

IV ESTUDIO GREEN CLOUD

La nube: ciberseguridad y sostenibilidad



isms
forum

CSA

**Spanish
Chapter**

Participantes

Almudena Estecha

Angellen Barrios

Jesús Blanco

Jesús Valverde Romero

Jose Manuel Queiro de Diego

Jose Manuel Rivera

María Bascuñana

Ramon Baradat Marí

Ramses Gallego

Sara Rodriguez

Xavier Vila Espinosa

Coordinadores

Josep Bardallo

Beatriz García

Susana Marín

Diseño y maquetación

Susana Marín

Copyright: Todos los derechos reservados. Puede descargar, almacenar, utilizar o imprimir la presente IV Estudio Green Cloud. La nube: ciberseguridad y sostenibilidad, atendiendo a las siguientes condiciones: (a) la guía no puede ser utilizada con fines comerciales; (b) en ningún caso la guía puede ser modificada o alterada en ninguna de sus partes; (c) la guía no puede ser publicada sin consentimiento; y (d) el copyright no puede ser eliminado del mismo.

ÍNDICE

1. Prólogo	6		
2. Seguridad y Green Cloud	10		
2.1. Introducción: un triángulo estratégico	12		
2.2. Novedades y tendencias en 2024–2025	13		
2.3. Riesgos emergentes: la paradoja de la eficiencia	15		
2.4. Implicaciones para Green Cloud	16		
2.5. Sostenibilidad, Seguridad y Resiliencia Digital: cinco claves para una gobernanza integrada del Green Cloud	17		
3. Evolución de métricas, estándares y certificaciones	20		
3.1. Certificaciones de Ciberseguridad	22		
3.2. Certificaciones ambientales	30		
3.3. Normativas	35		
3.4. Otras iniciativas	39		
4. Economía Circular en 2025: Una Estrategia Integral para el Ecosistema Cloud	42		
4.1. Introducción	44		
4.2. Tendencias clave en la economía circular digital	45		
4.3. Centros de datos circulares: del concepto a la práctica	46		
4.4. Gobernanza y trazabilidad de activos digitales	46		
4.5. Indicadores emergentes y marcos de evaluación	47		
4.6. Colaboraciones y cadenas de valor circulares	47		
4.7. Principales desafíos para 2025	48		
4.8. Otros desafíos emergentes en 2025	49		
5. Green Cloud Engineering	50		
5.1. Motivación: El problema del consumo energético global del cloud computing	52		
5.2. Datos actuales sobre emisiones de CO ₂ asociadas a las Tecnologías de la Información	54		
5.3. Objetivos de sostenibilidad de proveedores cloud como AWS, Google Cloud y Microsoft Azure	55		
5.4. Definición de Green Cloud Engineering	58		
5.5. Métricas clave	60		
5.6. Arquitectura de Sistemas Verdes	61		
5.7. Otras estrategias para minimizar la huella	65		
5.8. Retos y barreras	65		
5.9. Futuro del Green Cloud Engineering	66		
6. Inteligencia Artificial y Green Cloud	70		
6.1. Impacto medioambiental de la IA	73		
6.2. Potencial de la IA para acelerar la sostenibilidad	74		
6.3. Buenas prácticas en la implementación de IA sostenible	76		
6.4. Gobernanza y regulación en la IA sostenible	78		
6.5. Casos de éxito y aplicaciones prácticas	80		
6.6. Desafíos y recomendaciones para el futuro	81		
6.7. Conclusiones	82		
7. Green Cloud, soberanía de los datos y los retos de su ubicación	84		
7.1. ¿Qué es Green Cloud? Sostenibilidad y Eficiencia en la Nube	86		
7.2. Soberanía de los Datos: Control y Regulación en la Era Digital	87		
7.3. Retos de la Ubicación de los Datos	89		
7.4. Hacia un Futuro Equilibrado	92		
8. Nuevas tendencias en Green Cloud (FinOps, FaaS, etc.)	94		
8.1. FinOps: Gestión Financiera para la Eficiencia, la Sostenibilidad y su evolución hacia GreenOps.	96		
8.2. FaaS (Function as a Service): Eficiencia Energética con Arquitecturas Serverless	101		
8.3. Infraestructura como Código y Sustentabilidad	105		
9. Riesgos ESG – Greenwashing	112		
9.3. Riesgos de incumplir los ESG	114		
9.4. ¿Por dónde empezar?	117		
9.5. ¿Por dónde seguir?	118		
9.6. Preguntas que hacer	119		
ANEXO: ESTUDIO DE PROVEEDORES	122		
Referencias	144		

1. PRÓLOGO



El presente documento constituye la 4ª edición del Estudio Green Cloud.

Una iniciativa que desde sus inicios ha buscado analizar el papel de la sostenibilidad en el ecosistema digital, con especial atención al entorno de la computación en la nube.

Esta serie de estudios, desarrollada en el marco de los trabajos impulsados desde el CSA por ISMS Forum, ha permitido visibilizar los avances,

tensiones y oportunidades en la intersección entre tecnología, eficiencia energética y compromiso ambiental.

La primera edición del estudio¹ ofreció un diagnóstico inicial sobre el impacto ambiental del cloud computing, alertando sobre el crecimiento del consumo energético y la necesidad de establecer métricas claras. La segunda² edición amplió el enfoque hacia las infraestructuras críticas y los centros de datos, incorporando una visión más holística del ciclo de vida de los recursos digitales. La tercera³ edición, publicada en 2024, marcó un punto de inflexión al introducir con mayor profundidad conceptos como Green Cloud Engineering, inteligencia artificial sostenible y modelos de gobernanza para la descarbonización digital.

Esta cuarta edición consolida el enfoque sistémico propuesto en las entregas anteriores e incorpora elementos clave que permiten avanzar hacia un modelo de nube más sostenible, seguro y resiliente. Entre los nuevos contenidos se destaca el análisis actualizado de la economía circular en el entorno cloud, la evolución de estándares y certificaciones ambientales, así como el rol estratégico de la inteligencia artificial en la eficiencia energética de los sistemas distribuidos.

El estudio también integra por primera vez los principios promovidos por el Pacto de Ciberseguridad Sostenible⁴, una iniciativa liderada por ISMS Forum que articula compromisos concretos para organizaciones públicas y privadas en materia de sostenibilidad digital.

¹ <https://master.ismsforum.es/wp-content/uploads/2024/09/estudio-green-cloud1663784543.pdf>

² <https://master.ismsforum.es/wp-content/uploads/2024/09/ii-estudio-green-cloud1705480911.pdf>

³ <https://master.ismsforum.es/wp-content/uploads/2024/09/green-cloud-plantilla-2024-final-1.pdf>

⁴ <https://www.figma.com/deck/spymxEdBdpSoKQMGVc4po5/Pacto-de-Ciberseguridad-Sostenible?-node-id=17-145&t=gDEYNyELK3gU5vVK-1>

Este pacto, disponible públicamente desde principios de 2025, propone una hoja de ruta para reducir la huella ecológica de las tecnologías de la información mediante la adopción de medidas en cinco ejes: eficiencia energética, compras responsables, economía circular, transparencia ambiental y gobernanza sostenible. Su incorporación al presente estudio refuerza la coherencia entre las reflexiones técnicas y las líneas de acción institucional que se proponen desde la comunidad experta.

La consolidación de este enfoque multidimensional refleja una transformación que ya está en marcha: la sostenibilidad ha dejado de ser un objetivo accesorio para convertirse en un criterio transversal en las decisiones estratégicas de las organizaciones. Esta evolución responde tanto a una mayor conciencia social como a un entorno regulatorio cada vez más exigente, donde la resiliencia, la transparencia y la eficiencia energética se convierten en activos fundamentales.

Green Cloud no es únicamente una perspectiva técnica, sino una forma de repensar la arquitectura digital desde principios de sostenibilidad ambiental y respon-

sabilidad social. Este documento se propone ofrecer herramientas, conceptos y buenas prácticas para avanzar hacia una computación en la nube que sea más eficiente, menos intensiva en recursos, y alineada con los compromisos climáticos globales.

Desde su publicación, el Estudio Green Cloud ha buscado construir un lenguaje común que conecte a los perfiles técnicos, responsables de sostenibilidad, equipos de ciberseguridad y liderazgos organizacionales. En esta edición, se profundiza en ese diálogo transversal, reconociendo que los desafíos ambientales del entorno cloud requieren soluciones colaborativas y marcos comunes de referencia.

En definitiva, **esta cuarta edición del Estudio Green Cloud renueva su compromiso con la divulgación técnica accesible, la promoción de buenas prácticas y la articulación de iniciativas como el Pacto de Ciberseguridad Sostenible, que permiten vincular el conocimiento técnico con la acción colectiva.** Su objetivo es acompañar a las organizaciones en el camino hacia un ecosistema digital más justo, más eficiente y más sostenible.

2. SEGURIDAD Y GREEN CLOUD

2.1. INTRODUCCIÓN: UN TRIÁNGULO ESTRATÉGICO

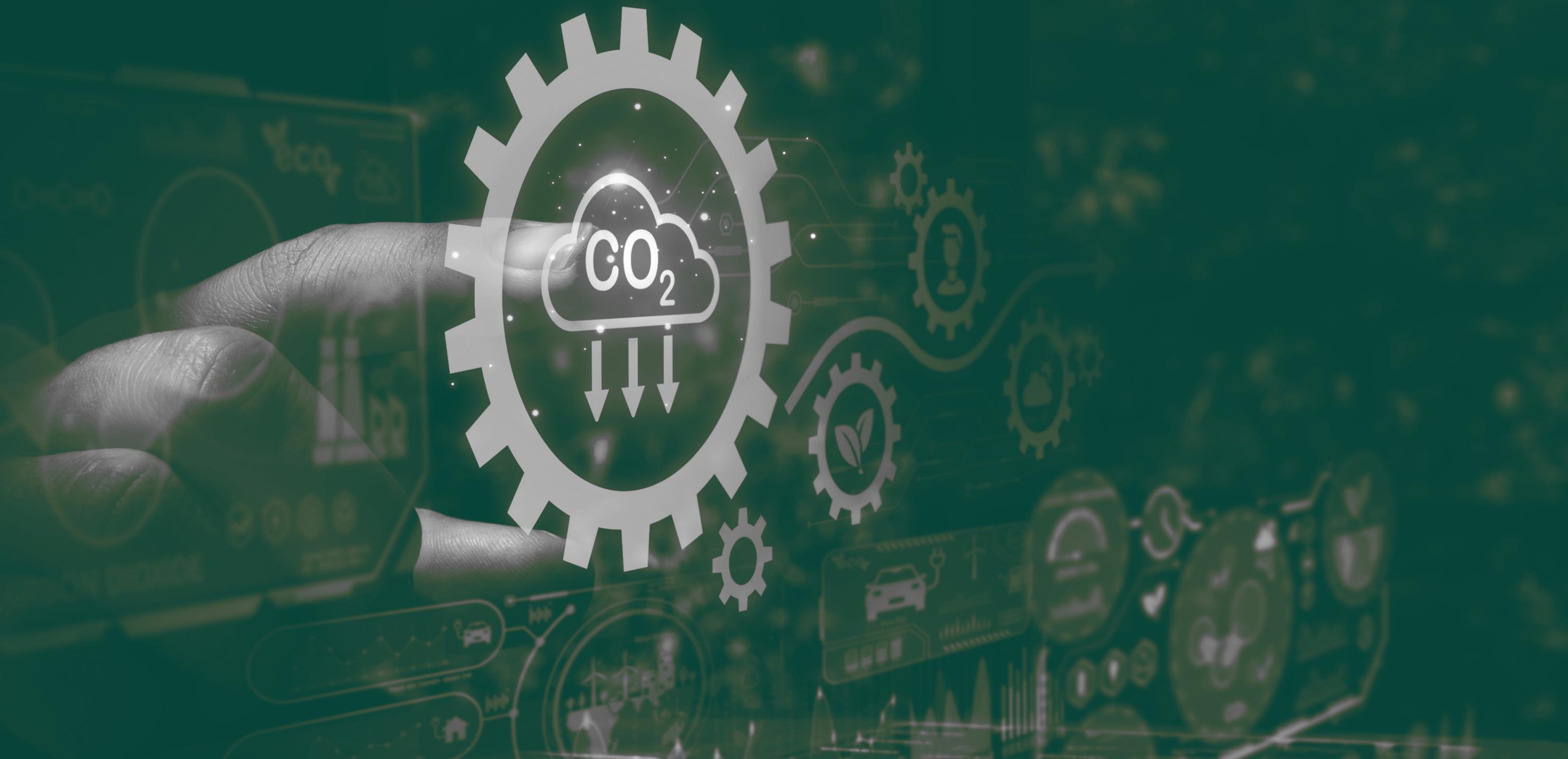
2.2. NOVEDADES Y TENDENCIAS EN 2024-2025

2.3. RIESGOS EMERGENTES: LA PARADOJA DE LA EFICIENCIA

2.4. IMPLICACIONES PARA GREEN CLOUD

2.5. SOSTENIBILIDAD, SEGURIDAD Y RESILIENCIA DIGITAL:

CINCO CLAVES PARA UNA GOBERNANZA INTEGRADA DEL
GREEN CLOUD



2.1. Introducción: un triángulo estratégico

La sostenibilidad ya no es solo una preocupación medioambiental, sino un vector de transformación tecnológica y organizativa. En la nube, seguridad y sostenibilidad se condicionan mutuamente: asegurar una

infraestructura cloud puede suponer un consumo energético importante, mientras que optimizar recursos sin controles adecuados puede generar vulnerabilidades críticas.

En un contexto global marcado por la creciente demanda de soluciones sostenibles y eficientes, el concepto de Green Cloud ha emergido como una respuesta clave a los desafíos ambientales asociados al uso intensivo de tecnologías digitales. Green Cloud se refiere a la adopción de prácticas y tecnologías en la computación en la nube que buscan reducir el impacto ambiental, optimizando el consumo energético, minimizando las emisiones de carbono y fomentando el uso de energías renovables.

La adopción de Green Cloud representa un paso significativo hacia la digitalización responsable y la reducción del impacto ambiental de las infraestructuras tecnológicas. Sin embargo, esta evolución hacia entornos energéticamente más eficientes y comprometidos con la sostenibilidad también plantea nuevos desafíos en materia de seguridad. **La seguridad en Green Cloud** no solo debe garantizar la *confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos*, sino también *asegurar que las prácticas ecológicas no comprometan la protección de los sistemas ni expongan a las organizaciones a riesgos cibernéticos*.

El objetivo del capítulo es proporcionar una guía práctica sobre cómo alinear políticas y soluciones de seguridad cloud con criterios de sostenibilidad y cumplimiento normativo, impulsando una transición tecnológica más resiliente, ética y respetuosa con el entorno.

2.2. Novedades y tendencias en 2024/2025

2.2.1.

Normativas que vinculan sostenibilidad y seguridad

CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive)

Es una directiva de la Unión Europea que obliga a las empresas a informar de manera más detallada y estandarizada sobre su impacto ambiental, huella de carbono, uso de recursos, gobernanza, y aspectos sociales (ESG, por sus siglas en inglés). Por lo que, en el contexto de riesgo operacional, obliga a las empresas a **reportar cómo gestionan la ciberseguridad y los riesgos ambientales**, incluyendo la infraestructura tecnológica. Entró en vigor el 5 de enero de 2023 y reemplaza a la anterior directiva NFRD (Non-Financial Reporting Directive).

Reglamento UE 2022/2554 sobre la Resiliencia Operativa Digital (DORA)

Es una normativa de la Unión Europea cuyo objetivo es asegurar que todo el sector financiero europeo pueda resistir, **responder y recuperarse de incidentes de ciberseguridad y fallos tecnológicos**. DORA no solo regula a los bancos, también impacta a sus proveedores de Cloud y TIC (*tecnologías de la información y la comunicación*), por lo tanto, estos últimos deben demostrar seguridad robusta, resiliencia operativa y capacidad de respuesta ante incidentes, de acuerdo con los estándares de DORA, lo que impulsa el uso de arquitecturas distribuidas, redundancia geográfica y centros de datos resilientes, que **deben alinearse con criterios de eficiencia energética para no incrementar el impacto ambiental**. Además, el espíritu de DORA encaja con prácticas de **gestión responsable del ciclo de vida tecnológico**, donde la **sostenibilidad empieza a incluirse en los procesos de due diligence de proveedores cloud**, por lo que favorece indirectamente a proveedores que adoptan prácticas sostenibles como ventaja competitiva. Entró en vigor en enero de 2023.

NIS2 - Directiva (UE) 2022/2555

Conocida formalmente como la *Directiva sobre medidas para un nivel común elevado de ciberseguridad en toda la Unión Europea*, cuyo objetivo principal es fortalecer la ciberseguridad de sectores críticos y esenciales, mejorar la gestión de riesgos, y elevar la capacidad de respuesta ante incidentes cibernéticos graves. Además, amplía la cobertura a sectores cloud y energéticos, incluyendo infraestructuras críticas de datos. Exige protección proactiva y resiliencia, que puede verse afectada por eventos climáticos y exige a los altos cargos y consejos de administración involucrarse en la gobernanza de la ciberseguridad. En muchas organizaciones, eso está convergiendo con las agendas ESG.

ISO 50001 + ISO/IEC 27001:2022

La *ISO 50001:2018* es la norma internacional de gestión de la energía, la cual mide, gestiona y mejora continuamente el rendimiento energético de una empresa. En contraste con la *ISO/IEC 27001:2022* la cual es la norma internacional que define los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI).

Por lo tanto, juntas permiten construir un Sistema de Gestión Integrado de Seguridad y Energía (SGI).

EUCS (Esquema de Certificación de Ciberseguridad Cloud de ENISA)

Forma parte de la Cybersecurity Act (Reglamento UE 2019/881), que establece la creación de esquemas de certificación europeos comunes para asegurar la confianza y la seguridad de productos y servicios TIC en toda la UE. Aún está en fase de adopción final (ENISA entregó la versión final a la Comisión Europea para su aprobación); dentro de sus objetivos principales se encuentran *la creación de un marco común y armonizado para certificar la ciberseguridad de los servicios Cloud*.

Estas normativas marcan un punto de inflexión: la sostenibilidad deja de ser un atributo opcional para convertirse en un criterio fundamental en la evaluación de riesgos, selección de proveedores y diseño de infraestructuras críticas. Las organizaciones deben adaptarse a este nuevo paradigma, en el que la seguridad digital se redefine como una condición habilitante para la sostenibilidad.

2.3. Riesgos emergentes: la paradoja de la eficiencia

El avance hacia una nube más sostenible se basa, en gran medida, en la **optimización del uso de recursos**: reducción del número de servidores físicos, virtualización avanzada, consolidación de cargas, reutilización de hardware y adopción de modelos de computación bajo demanda. Estas estrategias, aunque efectivas desde el punto de vista medioambiental, introducen **nuevas superficies de riesgo** y complejidades que deben ser gestionadas con un enfoque de seguridad adaptativo.

Este fenómeno se conoce como la **paradoja de la eficiencia**: a medida que se logra mayor sostenibilidad operativa, pueden emerger vulnerabilidades estructurales si no se refuerzan simultáneamente los controles de seguridad.

❖ Consolidación ≠ seguridad

Las **estrategias de eficiencia energética** (menos servidores físicos, mayor virtualización e infraestructura compartida) reducen el impacto ambiental, pero **umentan la superficie de ataque e introducen nuevos riesgos**. Los principales riesgos están asociados a: riesgos de multi-tenant, mayor superficie de ataque por virtualización, impacto en cascada y complejidad de la gestión.

❖ Infraestructura compartida y riesgos de “multi-tenant security”

Los entornos multi-tenant en nubes sostenibles comparten refrigeración, energía, red y almacenamiento. Una mala separación lógica puede provocar brechas laterales (ej; cross-tenant access)

❖ Mayor superficie de ataque por virtualización

La virtualización multiplica la cantidad de sistemas lógicos (máquinas virtuales, contenedores) sobre la misma infraestructura física. Un fallo de configuración o vulnerabilidad en el hipervisor o la plataforma de orquestación puede comprometer todas las cargas de trabajo alojadas.

🔗 Impacto en cascada

Si se compromete un nodo físico consolidado (servidor físico que aloja múltiples VMs o contenedores), un atacante podría: *escalar privilegios, acceder a datos de múltiples clientes o entornos aislados y generar una interrupción masiva* de servicios Cloud.

🔗 Riesgos de la economía circular

La economía circular busca reducir residuos, extender la vida útil de los productos y optimizar recursos. Esto es positivo desde el punto de vista ambiental y financiero, sin embargo, abre riesgos específicos de ciberseguridad, tales como:

1. Vulnerabilidades latentes en firmware no actualizado.
2. Fugas de datos por sanitización deficiente.
3. Cumplimiento GDPR en hardware reciclado

2.4. Implicaciones para Green Cloud

Green Cloud apuesta por la eficiencia energética y la sostenibilidad, se beneficia enormemente de la consolidación de recursos (menos hardware, más virtualización). Sin embargo, para evitar que esta eficiencia se convierta en una debilidad, es imprescindible adoptar medidas de seguridad específicas y reforzadas para entornos altamente consolidados. En este sentido:

- 🔗 Equilibrar los objetivos de consolidación y ahorro energético con medidas de seguridad robustas.
- 🔗 Implementar controles de aislamiento fuertes (hipervisores seguros, microsegmentación, políticas de red Zero Trust).
- 🔗 Monitorizar continuamente la integridad de la infraestructura virtualizada.

- 🔗 Diseñar estrategias de contención de fallos: redundancia, distribución de cargas, backups y planes de recuperación específicos para entornos consolidados.

La estrategia de consolidación debe ir acompañada de un diseño de seguridad integral. Esto significa que cada decisión orientada a optimizar recursos debe evaluarse considerando los riesgos asociados a la superficie de ataque ampliada y la posibilidad de fallos con impacto masivo. Para lograr este equilibrio, Green Cloud debe integrar la seguridad desde la arquitectura (security by design) y mantener una revisión continua de riesgos y controles.

2.5. Sostenibilidad, Seguridad y Resiliencia Digital: cinco claves para una gobernanza integrada del Green Cloud

La evolución hacia una nube verdaderamente verde y segura exige trascender los límites de la eficiencia técnico-operativa y avanzar hacia una gestión holística donde sostenibilidad y ciberseguridad se potencian mutuamente. Para que las organizaciones puedan afrontar los retos emergentes y capturar nuevas oportunidades en el contexto 2025, se recomienda incorporar las siguientes líneas de acción y reflexión:

🔗 Gobernanza y automatización sostenible

La automatización inteligente y la IA aplicada al cloud permiten optimizar recursos y reducir el consumo, pero traen consigo nuevos riesgos operativos y de seguridad. Es clave asegurar una supervisión rigurosa de todos los sistemas automáticos, aplicando auditorías regulares y controlando los algoritmos que gestionan la eficiencia, para minimizar manipulaciones o errores que puedan comprometer la integridad de la infraestructura.

Visibilidad, trazabilidad y transparencia

Impulsar la integración de métricas de sostenibilidad y seguridad en sistemas de monitorización unificada proporciona mayor visibilidad y facilita la detección temprana de anomalías tanto ambientales como cibernéticas. Se recomienda también el desarrollo de informes y auditorías combinadas —que incluyan tanto huella ecológica como posturas de seguridad—, garantizando la trazabilidad y transparencia a lo largo de toda la cadena de suministro, con especial atención a la verificación de prácticas verdes de terceros.

Identidad, APIs y políticas granulares

La consolidación de recursos multiplica la criticidad de una gestión de identidades minuciosa y de políticas de mínimo privilegio. Se deben fortalecer las estrategias de microsegmentación, privilegiar arquitecturas Zero Trust y asegurar el control exhaustivo de accesos a APIs, que se convierten en un punto clave de exposición en entornos altamente automatizados.

Resiliencia ante incidentes climáticos y continuidad sostenible

La resiliencia en el Green Cloud no puede limitarse a amenazas digitales: deben diseñarse planes de continuidad que contemplen tanto ciberincidentes como eventos climáticos extremos, considerando la variabilidad de recursos renovables y la huella hídrica del datacenter. Prácticas de backup eficientes, sistemas de reparto geográfico y simulacros de recuperación bajo diferentes escenarios ambientales refuerzan la adaptación ante un entorno en constante cambio.

Cultura y enfoque DevSecOps-Green

La transformación hacia un cloud resiliente y sostenible requiere también un cambio cultural. Es fundamental fomentar programas de concienciación y formación transversal, integrando tanto la sostenibilidad como la seguridad en el ADN de toda la organización. El enfoque DevSecOps debe evolucionar para incorporar KPIs verdes en sus revisiones, asegurando que las mejores prácticas ambientales sean parte integral del ciclo de desarrollo, integración y despliegue.

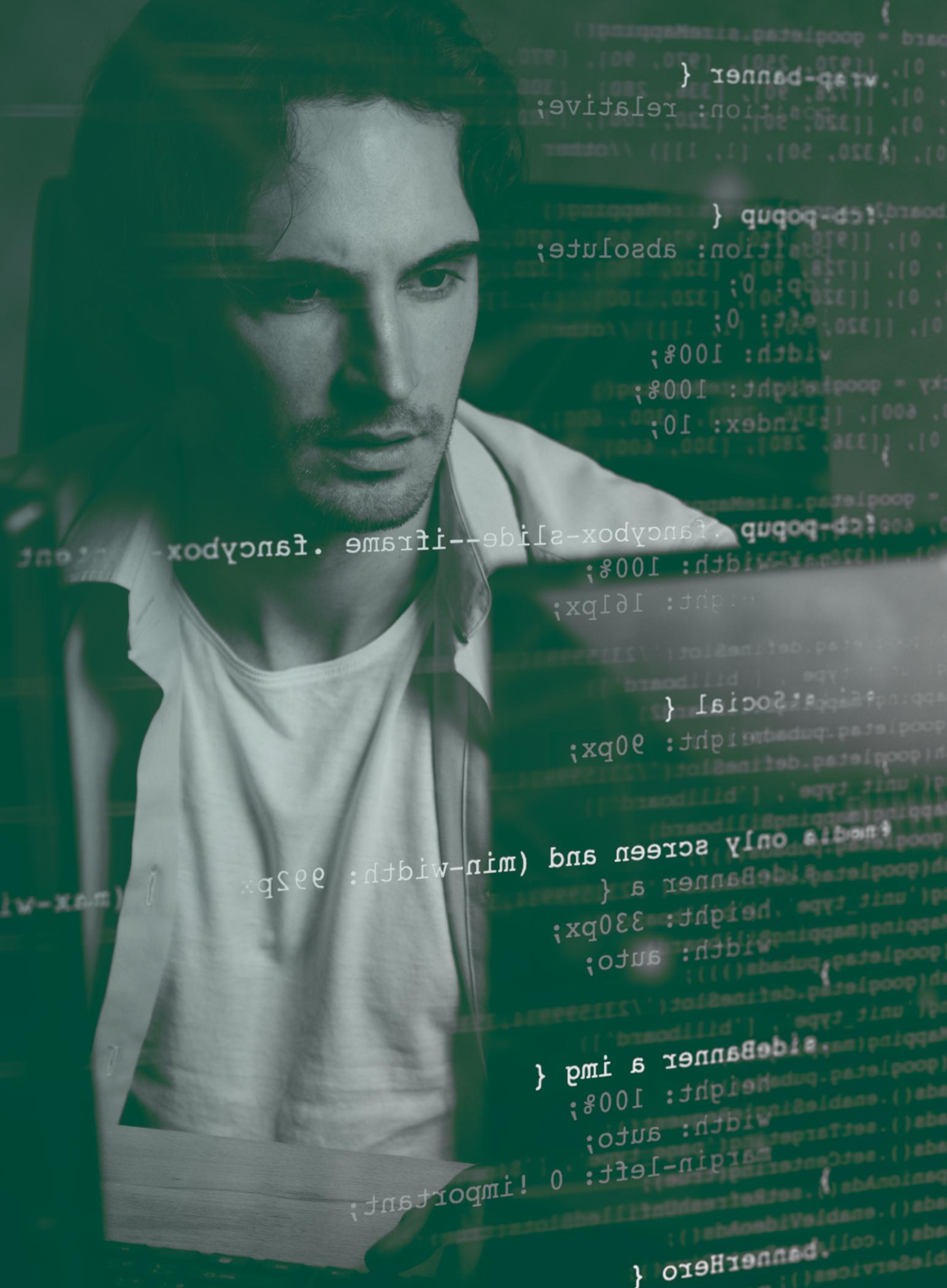
La madurez del Green Cloud radica en su capacidad para equilibrar eficiencia, sostenibilidad y seguridad de forma indisoluble. Solo así será posible construir infraestructuras tecnológicas verdaderamente responsables y preparadas para los desafíos del futuro digital y ambiental.

Estas recomendaciones abren nuevas líneas de actuación para que el sector evolucione hacia una digitalización no solo eficiente y segura, sino ética y sostenible, donde la innovación se convierta en aliada tanto del negocio como del planeta.



3. EVOLUCIÓN DE MÉTRICAS, ESTÁNDARES Y CERTIFICACIONES

- 3.1. CERTIFICACIONES DE CIBERSEGURIDAD
- 3.2. NOVEDADES Y TENDENCIAS EN 2024-2025
- 3.2. CERTIFICACIONES AMBIENTALES
- 3.3. NORMATIVAS
- 3.4. OTRAS INICIATIVAS



3.1. Certificaciones de seguridad

3.1.1.

European Union Cloud Services Scheme (EUCS)

Es el esquema de certificación desarrollado bajo el Reglamento de Ciberseguridad de la Unión Europea (Reglamento (UE) 2019/881), también conocido como el Cybersecurity Act. Este esquema es parte de los esfuerzos de la UE para aumentar la seguridad de los servicios en la nube y establecer un marco común de certificación que facilite la evaluación y comparación de la seguridad de los servicios en la nube ofrecidos en el mercado europeo.

3.1.2.

Estado del EUCS hasta septiembre del 2024

Desarrollo y aprobación

El desarrollo del EUCS ha sido coordinado por ENISA (Agencia de la Unión Europea para la Ciberseguridad) en colaboración con actores relevantes del sector, incluyendo proveedores de servicios en la nube, organismos de normalización, y otras partes interesadas.

Hasta septiembre del año pasado se llevaron a cabo consultas públicas y se han revisado múltiples borradores del esquema para incorporar comentarios y mejorar su aplicabilidad y efectividad.

Objetivos del EUCS

El esquema EUCS tiene varios objetivos clave:

- **Aumentar la confianza:** Proporcionar un marco confiable que permita a los usuarios evaluar la seguridad de los servicios en la nube.
- **Mejorar la transparencia:** Facilitar la comparación de las medidas de seguridad implementadas por diferentes proveedores.
- **Asegurar el cumplimiento:** Establecer requisitos claros y uniformes que los proveedores deben cumplir para obtener la certificación.
- **Promover la armonización:** Establecer un marco común que se aplique en toda la Unión Europea, reduciendo la fragmentación del mercado.

Niveles de certificación

El EUCS contempla varios niveles de certificación que reflejan la madurez y robustez de las medidas de seguridad implementadas:

- **Nivel Básico:** Requisitos de seguridad fundamentales adecuados para servicios de menor riesgo.
- **Nivel Sustancial:** Medidas de seguridad avanzadas que cubren una gama más amplia de amenazas.
- **Nivel Alto:** Requisitos de seguridad estrictos para servicios críticos y de alta sensibilidad.

Componentes clave del esquema

- **Requisitos de Seguridad:** Definición clara de controles de seguridad específicos que deben implementarse.
- **Evaluación y Certificación:** Proceso detallado para la evaluación de la conformidad con los requisitos establecidos, realizado por organismos de evaluación de conformidad acreditados.
- **Supervisión y Revisión:** Mecanismos para la supervisión continua de los servicios certificados y revisión periódica del esquema para asegurar su relevancia y efectividad.

Implementación Formal (2024)

- **Aprobación Final:** La Comisión Europea y los estados miembros de la UE finalizaron y aprobaron formalmente el esquema EUCS.
- **Publicación del Esquema:** ENISA publicó los detalles del esquema, incluyendo los requisitos de certificación y las guías para proveedores de servicios en la nube y organismos de evaluación de conformidad.

Post-Implementación (2024-2025)

- **Acreditación de Organismos de Evaluación:** Los organismos nacionales de ciberseguridad comenzarán a acreditar a los organismos de evaluación de conformidad que llevarán a cabo las auditorías y certificaciones bajo el EUCS.
- **Capacitación y Concienciación:** ENISA y otros organismos relevantes organizarán talleres, seminarios y programas de capacitación para proveedores de servicios en la nube y otros interesados para familiarizarlos con el esquema y sus requisitos.
- **Primera Ronda de Certificaciones:** Se espera que los primeros proveedores de servicios en la nube comiencen el proceso de certificación, y los primeros certificados podrían emitirse a lo largo de 2025. Se esperaba que el EUCS se publicase a finales de 2024. Sin embargo, en abril de 2025 se ha lanzado la última consulta por parte de la Comisión Europea para la modificación.

Mediano Plazo (2025-2027)

- **Expansión de la Certificación:** Se anticipa un aumento en el número de proveedores de servicios en la nube que buscan y obtienen la certificación EUCS. Se realizarán revisiones y auditorías periódicas de los servicios certificados.
- **Mejora y Actualización del Esquema:** basándose en la retroalimentación y la evolución de las tecnologías y amenazas de ciberseguridad, ENISA actualizará y mejorará el esquema EUCS para asegurar su relevancia y efectividad.
- **Monitorización y Evaluación:** ENISA y los organismos nacionales de ciberseguridad supervisarán la implementación del esquema, evaluando su impacto y efectividad en la mejora de la seguridad de los servicios en la nube.

Largo Plazo (2027 en adelante):

- **Revisión Estratégica:** se realizará una revisión estratégica del esquema para evaluar su impacto global en la ciberseguridad del sector de servicios en la nube y hacer ajustes significativos si es necesario.
- **Integración con otras Iniciativas:** el EUCS podría integrarse con otros esquemas y normas de ciberseguridad y sostenibilidad para proporcionar un enfoque más holístico a la seguridad y sostenibilidad de los servicios en la nube.
- **Beneficios esperados**
 - **Confianza del Usuario:** Los usuarios de servicios en la nube podrán confiar más en la seguridad de los servicios certificados bajo el EUCS.
 - **Reducción de Riesgos:** Los proveedores de servicios en la nube que cumplan con los estándares del EUCS estarán mejor preparados para enfrentar amenazas de ciberseguridad.
 - **Competitividad del Mercado:** Un marco de certificación común fomentará una competencia más justa y transparente entre los proveedores de servicios en la nube en Europa.



3.1.3.

Estado actual y últimas consultas:

Consulta pública sobre las especificaciones para la certificación EUICC bajo el esquema EUCC (noviembre de 2024):

ENISA ha publicado las especificaciones para la evaluación y certificación de tarjetas de circuito integradas universales (eUICC) integradas bajo el esquema europeo de certificación de ciberseguridad basado en criterios comunes (EUCC). Reconociendo el papel potencial de las eUICC en la cartera de identidad digital europea (EUDI), ENISA lanzó una consulta pública para recabar las opiniones de las partes interesadas. Esta consulta tuvo como objetivo evaluar el interés en especificar, desarrollar, evaluar, certificar o utilizar eUICC e identificar posibles plazos para estas actividades.

Consulta pública de la Comisión Europea para la modificación del Reglamento (UE) 2019/881, también conocido como el Cybersecurity Act, lanzada en abril de 2025 y abierta hasta junio de 2025:

El 11 de abril de 2025, la Comisión Europea («la Comisión») inició una consulta pública sobre la revisión del Reglamento (UE) 2019/881 relativo a la Agencia de la Unión Europea para la Ciberseguridad (ENISA) y a la certificación de la ciberseguridad de las tecnologías de la información y la comunicación (Cybersecurity Act).

La iniciativa revisará el Cybersecurity Act, aclarará el mandato de la Agencia Europea de Ciberseguridad (ENISA) y mejorará el Marco Europeo de Certificación de la Ciberseguridad para lograr una mayor resiliencia.

La iniciativa también pretende optimizar, simplificar y complementar la legislación de la UE para que la implementación del marco de ciberseguridad de la UE sea más sencilla para los usuarios y las empresas, y priorizar las medidas que respalden los objetivos de la UE de desarrollar una cadena de suministro segura y resiliente, incluida la base industrial de ciberseguridad de la UE.



La consulta actual se divide en tres partes principales y abarca los siguientes temas:

- **Sección 1: Mandato de ENISA.** La Comisión solicita la opinión de las partes interesadas sobre diversas cuestiones relativas al mandato actual y al funcionamiento de ENISA, incluyendo la importancia de las tareas de ciberseguridad encomendadas a ENISA y el valor añadido que aporta; el papel de ENISA en la prestación de apoyo técnico para la aplicación del Derecho de la Unión Europea (UE), así como la trayectoria de la institución en la cooperación con otros organismos institucionales y partes interesadas.
- **Sección 2: Funcionamiento del Marco Europeo de Certificación de la Ciberseguridad (ECCF).** La consulta explora diversos temas relacionados con el funcionamiento del ECCF, desde temas de base como las opiniones sobre el marco legislativo actual, el alcance, los objetivos y los elementos del ECCF, las áreas para una mayor armonización con otros esquemas europeos de certificación de ciberseguridad, hasta la consideración de una posible certificación europea obligatoria de ciberseguridad para determinados productos, servicios, procesos o servicios de seguridad gestionada.

La consulta también examina la evaluación del desempeño de ENISA en la ejecución de sus mandatos en el marco del ECCF, incluyendo la participación de las partes interesadas y las posibles áreas de mejora en este ámbito.

Por último, la Comisión también considera en la consulta cuestiones relacionadas con la seguridad de la cadena de suministro de las TIC.

• Sección 3: Simplificación de las obligaciones de ciberseguridad y notificación de incidentes⁵

La última sección del documento de consulta se centra en la simplificación, y la Comisión solicita la opinión de las partes interesadas sobre la simplificación de la legislación europea en ciberseguridad, en particular en el contexto de la notificación de incidentes. La consulta pública se cerró el 20 de junio de 2025, y se espera que la Comisión presente su propuesta legislativa de modificación del Cybersecurity Act a finales del cuarto trimestre de 2025.

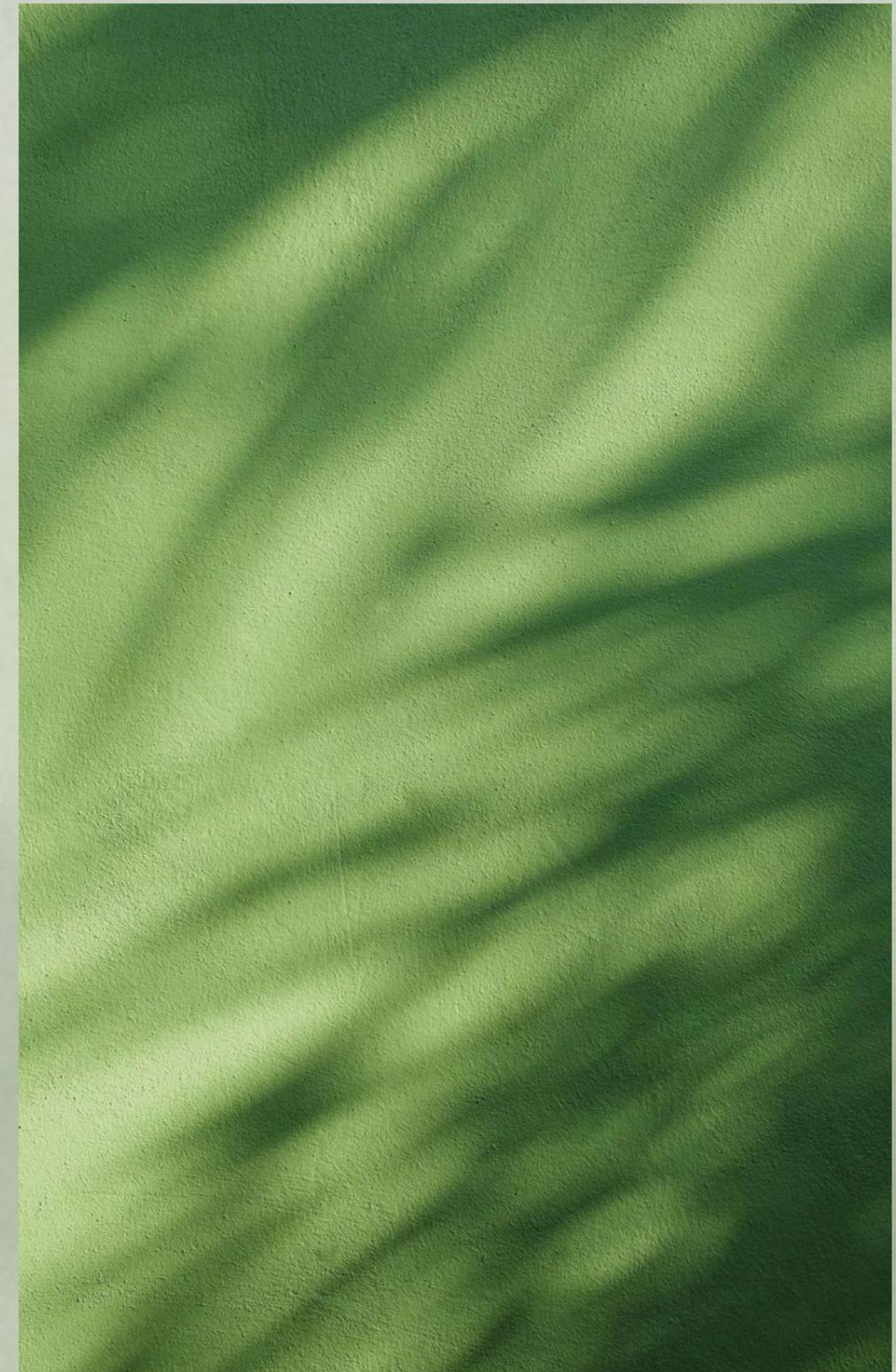
Las primeras certificaciones ambientales específicas para Centros de Datos se introdujeron alrededor del año en 2008, y muchas compañías como **Google, Microsoft, Amazon o Meta** ya cuentan con ellas en sus data centers. El hecho de certificarse en centros de datos ecológicos es un concepto relativamente nuevo, pero es una forma para que los profesionales del sector demuestren que están contribuyendo efectivamente por y para el medio ambiente.

Las normativas más populares son las de **Uptime Institute, The Green Grid e ISO 50001**. Las certificaciones como **LEED** (*Leadership in Energy and Environmental Design*), **BREEAM** (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) y **Six-Star GreenStar** han aportado valiosas ideas sobre lo que se puede hacer para que los centros de datos sean más ecológicos.

Cabe destacar que estas certificaciones se hacen cada vez más necesarias tras la implementación de la inteligencia artificial en los centros de datos, ya que los cálculos de IA generan mucho más calor debido a la alta potencia de procesamiento de las GPU⁶. Esto hace que se requieran soluciones de refrigeración avanzadas, como la refrigeración líquida, para mantener la eficiencia y evitar el sobrecalentamiento, lo que modifica también los posibles impactos ambientales de los mismos respecto a los centros tradicionales.

⁵ Comisión europea (https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14578-The-EU-Cybersecurity-Act_en) y ENISA (<https://www.enisa.europa.eu/publications/public-consultation-on-specifications-for-euicc-certification-under-the-eucc-scheme>)

⁶ <https://www.rcrwireless.com/20250327/fundamentals/ai-data-center-difference#:~:text=As%20a%20result%20AI%20data,maintain%20efficiency%20and%20prevent%20overheating.&text=Traditional%20data%20centers%3A%20These%20facilities,storage%20servers%20and%20cloud%20environments>



3.2. Certificaciones ambientales

Las certificaciones ambientales actuales más significativas que afectan a los centros de datos,

independientemente de que éstos hayan integrado o no la inteligencia artificial, son las siguientes:

3.2.1.

LEED⁷ (Leadership in Energy and Environmental Design)

Organización	U.S. Green Building Council (USGBC).
Descripción	LEED es una certificación internacionalmente reconocida que evalúa la sostenibilidad de los edificios, incluyendo centros de datos, en diversas categorías como eficiencia energética, uso de agua, calidad ambiental interior y materiales.
Niveles de certificación	Certificado, Plata, Oro, Platino.

⁷ RTS. (s.f.). ¿Qué es la certificación LEED? Obtenido el 11 de abril de 2025, del sitio Web: <https://www.rts.com/resources/guides/what-is-leed-certification/>
 RTS. (sin fecha). Edificios con certificación LEED: Guía de ventajas y proceso. Obtenido el 11 de abril de 2025, del sitio web: <https://www.rts.com/blog/leed-certified-buildings/>
 Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos. (s.f.). Building air quality: A guide for building owners and facility managers. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/building-air-quality-guide-guide-building-owners-and-facility-managers>
 Consejo de la Construcción Ecológica de Estados Unidos. (sin fecha). LEED. <https://www.usgbc.org/leed>
 Consejo de la Construcción Ecológica de Estados Unidos. (sin fecha). LEED v5. <https://www.usgbc.org/leedv5>

En 2023 se publicó una nueva versión de LEED, LEED (v5), que se enfocaba en la descarbonización, tomando en cuenta las principales fuentes generadoras de emisiones de carbono en la construcción de edificaciones, así como, las emisiones generadas en la operación por la energía que se utiliza en su funcionamiento, incluso las emisiones asociadas al transporte hacia y desde el edificio. A diferencia de las versiones anteriores, que se centraban principalmente en la eficiencia energética y el comportamiento medioambiental, LEED v5 tiene una misión más amplia: promover edificios sostenibles, conscientes de las emisiones de carbono, socialmente equitativos y ecológicamente restauradores.

Esta nueva certificación está comenzando a utilizarse ahora en 2025 y cuenta con 4 pilares fundamentales:

- **Descarbonización:** fomenta la descarbonización a través de estrategias como la electrificación, el uso de materiales bajos en carbono, el seguimiento de las emisiones de Alcance 3, la eficiencia energética y la planificación de la resiliencia climática a largo plazo.
- **Calidad de vida:** desde la premisa de que los edificios no son sólo lugares para trabajar o vivir, sino que son espacios que influyen directamente en la salud y el bienestar, pone mayor énfasis en el confort de los ocupantes, la calidad del aire, el acceso a la luz natural y el bienestar general para elevar y energizar a los usuarios.
- **Conservación y restauración ecológicas:** conservación de los ecosistemas durante la construcción, la minimización de las alteraciones del lugar y la restauración de los paisajes dañados. Fomenta el uso de vegetación autóctona, la gestión eficiente del agua y las estrategias para mejorar la biodiversidad. Considera los sistemas de evacuación de aguas pluviales, los hábitats de polinizadores y las zonas de amortiguación ecológica.
- **Equidad:** Los edificios sostenibles deben estar al servicio de todos, independientemente de sus ingresos, capacidades o procedencia. De este modo se fomenta un compromiso significativo con la comunidad, un diseño accesible y una programación social que satisfaga las necesidades de todos los usuarios.

3.2.2. Energy Star for Data Centers

Organización	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)
Descripción	Energy Star es una certificación que identifica y promueve productos y edificios que ahorran energía sin sacrificar las características o funcionalidad. Aunque es una certificación estadounidense, se reconoce y adopta en muchos centros de datos en Europa.
Niveles de certificación	Estas certificaciones y estándares aseguran que los centros de datos en Europa operen de manera sostenible, mejorando su eficiencia energética y reduciendo su impacto ambiental. En la actualidad se ha modificado el sistema de puntuación del Energy Star ⁸ . Se rumorea que la Administración Trump quiere cerrar el proyecto Energy Star pero por el momento no hay ninguna decisión en firme.

⁸ <https://www.energystar.gov>

3.2.3. BREEAM⁹ (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

Organización	Building Research Establishment (BRE)
Descripción	BREEAM es una de las certificaciones de sostenibilidad más reconocidas en Europa. Evalúa los impactos ambientales de los edificios en varias categorías, incluyendo gestión, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, residuos, uso del suelo y ecología, y contaminación.
Niveles de certificación	Aprobado, Bueno, Muy Bueno, Excelente, Excepcional. Se espera el lanzamiento de la versión 7 a finales de año con un enfoque al carbono a lo largo de la vida del edificio.

3.2.4. CEEDA (Certified Energy Efficient Datacenter Award)

Organización	Data center Dynamics (DCD).
Descripción	CEEDA es una certificación especializada para centros de datos que reconoce la eficiencia energética en el diseño, construcción y operación.
Niveles de certificación	Bronce, Plata, Oro. CEEDA mantiene un listado de los data centers que se encuentran certificados y que es accesible desde su página web ¹⁰

⁹ <https://breeam.es>

¹⁰ <https://www.datacenterdynamics.com/en/ceeda>

3.2.5. Certificación TIER

Organización	Uptime Institute
Descripción	Originalmente los certificados Tier del Uptime Institute estaban más orientados a la forma de trabajo y mantenimiento de los centros de datos, pero en la actualidad se consideran diferentes niveles de certificación considerando también el medio ambiente y la sostenibilidad. La certificación está más centrada en los componentes del centro de datos (si cuentan o no con energías auxiliares, necesidades de refrigeración o control de temperaturas, etc.) que, en parámetros de sostenibilidad, si bien también cuentan con buenas prácticas al respecto.
Niveles de certificación	Tier I, II, III y IV. La mayoría de los centros de datos se diseñan para tener un Tier III. Tres principios fundamentales definen lo que se necesita para cumplir con el Nivel III: Reducir la energía al mínimo absoluto, Reducir el calor residual al mínimo absoluto y Eliminar el exceso de calor de las instalaciones.

3.3. Normativas

ISO 14001

Sistemas de gestión ambiental

Proporciona un marco que las organizaciones pueden seguir para establecer un sistema de gestión ambiental efectivo. En 2024 incluyó una adenda para la consideración del cambio climático.

ISO 14040: 2006

Gestión ambiental — Evaluación del ciclo de vida — Principios y marco de referencia.

Esta norma proporciona los principios y el marco de referencia para la evaluación del ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés). Define las fases de una LCA, incluyendo:

- **Definición del objetivo y alcance:** Establecer claramente lo que se pretende lograr con la evaluación.
- **Análisis del inventario del ciclo de vida (LCI):** Recopilar datos sobre los inputs y outputs del sistema evaluado.
- **Evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA):** Evaluar los impactos ambientales asociados con los datos del LCI.
- **Interpretación del ciclo de vida:** Análisis de resultados, identificando las oportunidades de mejora.

ISO 14044: 2006

Gestión ambiental — Evaluación del ciclo de vida — Requisitos y directrices

Esta norma especifica los requisitos y proporciona directrices para la realización de una LCA. Amplía los detalles proporcionados en ISO 14040, cubriendo aspectos más específicos como:

- Requisitos para la definición del objetivo y alcance.
- Directrices para la elaboración del análisis de inventario (LCI).
- Procedimientos para la evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA).
- Requisitos para la interpretación del ciclo de vida.

Su finalidad es ofrecer un conjunto de requisitos detallados y directrices prácticas para la realización de LCAs, asegurando consistencia, calidad y transparencia.

ISO 14067: 2018

Gases de efecto invernadero — Huella de carbono de productos — Requisitos y directrices para la cuantificación.

Esta norma se centra en la huella de carbono de los productos (CFP, por sus siglas en inglés). Establece principios, requisitos y directrices para cuantificar y reportar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de un producto a lo largo de su ciclo de vida.

Incluye: Métodos para la cuantificación de emisiones de GEI. Requisitos para la recopilación de datos y el análisis del ciclo de vida. Directrices para la comunicación de la huella de carbono del producto.

Tiene como propósito ayudar a las organizaciones a medir y gestionar las emisiones de GEI de sus productos, promoviendo la transparencia y la comparabilidad.

ISO 50001

Sistemas de gestión de la energía

Ayuda a las organizaciones a establecer sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía.

PAS 2050: 2011

Especificación para la evaluación de la huella de carbono de bienes y servicios

La PAS 2050 es una especificación desarrollada por el British Standards Institution (BSI) para evaluar la huella de carbono de bienes y servicios. Proporciona un método consistente para medir las emisiones de GEI a lo largo del ciclo de vida de productos y servicios, abarcando:

- Criterios para la evaluación del ciclo de vida de las emisiones de GEI.
- Requisitos específicos para la cuantificación y reporte de las emisiones.
- Métodos para la recopilación y el análisis de datos. De esta forma, se define una metodología estandarizada para evaluar y comunicar la huella de carbono de productos y servicios, facilitando la comparabilidad y la gestión de emisiones.

Serie de normas EN 50600

Tecnologías de la información. Instalaciones e infraestructuras de centros de datos.

- Las normas de esta serie establecen los requisitos y recomendaciones para apoyar a las distintas partes involucradas en el diseño, planificación, adquisición, integración, instalación, operación y mantenimiento de instalaciones e infraestructuras dentro de los centros de datos.

Varias de ellas están relacionadas con el desempeño ambiental, como el control ambiental (EN 50600-2-3) o el uso de la energía (EN 50600-2-2, EN 50600-4-2 y EN 50600-4-3).

Reglamento EMAS

Eco-Management and Audit Scheme que establece las bases de sistemas de gestión ambientales, voluntario y sólo para empresas de la Unión Europea, muy similar a la ISO 14001.

Establece también un marco de indicadores homogéneos para las empresas certificadas que permite la comparación para las diferentes empresas de los mismos sectores. Es un instrumento que fomenta la mejora continua y la transparencia a través de la comunicación pública de información ambiental verificada.

Estas normas y especificaciones son herramientas esenciales para las organizaciones que buscan entender, gestionar y reducir sus impactos ambientales, especialmente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos asociados a sus productos y servicios.

3.4. Otras iniciativas

Distintas instituciones de la Unión Europea y entidades privadas han promovido iniciativas relacionadas con la sostenibilidad de centros de datos. Éstas están diseñadas para asegurar que los centros de datos operen de manera eficiente y sostenible, reduciendo su impacto ambiental. A continuación, se recogen las principales iniciativas:

3.4.1.

The European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency

Organización	Comisión Europea
Descripción	<p>El Código de Conducta para la eficiencia energética de los centros de datos¹¹ es una iniciativa voluntaria creada por el Centro Común de Investigación (JRC, Joint Research Centre) en respuesta al creciente consumo energético en los centros de datos y al consiguiente impacto medioambiental, económico y de seguridad del suministro energético que se deriva.</p> <p>El objetivo es informar y alentar a los operadores y propietarios de centros de datos para que reduzcan el consumo de energía de una manera rentable sin comprometer las funciones críticas de estas instalaciones. Definidas en el :2025 Best Practice Guidelines for the EU Code of Conduct on Data Centre Energy Efficiency</p> <p>Este código de conducta establece una serie de mejores prácticas para mejorar la eficiencia energética de los centros de datos. No es una certificación formal, pero muchas empresas se adhieren a él para demostrar su compromiso con la sostenibilidad.</p>
Componentes clave	<p>Medidas operativas para mejorar la eficiencia.</p> <p>Directrices para el diseño y operación sostenible.</p>

¹¹ <https://e3p.jrc.ec.europa.eu/en/groups/data-centres-code-conduct>

3.4.2.

Pacto Verde Europeo¹² (European Green Deal)

Descripción	Lanzado en diciembre de 2019, el Pacto Verde Europeo es una hoja de ruta para hacer que la economía de la UE sea sostenible mediante la transformación de los desafíos climáticos y ambientales en oportunidades en todas las áreas de políticas y haciendo que la transición sea justa e inclusiva para todos.
Objetivos principales	<ul style="list-style-type: none"> Alcanzar la neutralidad climática en 2050. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 55% para 2030 (objetivo aumentado en el Plan de Objetivo Climático 2030). Desvincular el crecimiento económico del uso de recursos. No dejar atrás a ninguna persona ni región.
Componentes clave	<ul style="list-style-type: none"> Ley Climática Europea: Para consagrar el objetivo de neutralidad climática de 2050 en la legislación. Estrategia de Biodiversidad para 2030: Proteger y restaurar la biodiversidad. Estrategia “De la Granja a la Mesa” (Farm to Fork): transformar el sistema alimentario europeo para que sea más saludable y sostenible. Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente: Desarrollar un sistema de transporte verde y digitalizado.

¹² https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

3.4.3.

Green Grid

Organización	The Green Grid Association
Descripción	The Green Grid proporciona herramientas y métricas para la mejora de la eficiencia y sostenibilidad de los centros de datos.
Componentes clave	<p>Aunque no es una certificación en sí misma, The Green Grid ha desarrollado una forma de evaluación comparativa y un proceso similar a una certificación que las empresas pueden utilizar para validar su desempeño según las siguientes métricas:</p> <ol style="list-style-type: none"> Índice de Eficiencia Energética (EER) Efectividad del Uso de la Energía (EUE) Eficiencia en el Uso de Energía (PUE) Eficiencia en el Uso de Carbono (CUE)

3.4.4.

Programa Nacional de Algoritmos Verdes¹³ (PNAV)

El impacto ambiental de los modelos de inteligencia artificial (IA) ha sido objeto de investigaciones cada vez más exhaustivas: Estudio inicial de Strubell et al. sobre emisiones de CO2, Evaluación del ciclo de vida por Luccioni et al. y el Impacto del despliegue en la nube: Estudio de BLOOM.

Desde el 2 de febrero de 2025 el **Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial (RIA)** es aplicable, aunque de forma parcial. El RIA, publicado el 12 de julio de 2024, constituye la primera norma en el mundo sobre IA. Considerando este marco, en España se ha definido el **Programa Nacional de Algoritmos Verdes (PNAV)**, centrado en reducir la huella ecológica de la IA, complementan los objetivos del RIA al promover soluciones prácticas y sostenibles, como el diseño de algoritmos más eficientes en términos energéticos, y la determinación de estándares de calidad que evalúen la huella ambiental.

¹³ <https://algoritmosverdes.gob.es/es>

4. ECONOMÍA CIRCULAR EN 2025: UNA ESTRATEGIA INTEGRAL PARA EL ECOSISTEMA CLOUD

- 4.1. INTRODUCCIÓN
- 4.2. TENDENCIAS CLAVE EN LA ECONOMÍA CIRCULAR DIGITAL
- 4.3. CENTROS DE DATOS CIRCULARES: DEL CONCEPTO A LA PRÁCTICA
- 4.4. GOBERNANZA Y TRAZABILIDAD DE ACTIVOS DIGITALES
- 4.5. INDICADORES EMERGENTES Y MARCOS DE EVALUACIÓN
- 4.6. COLABORACIONES Y CADENAS DE VALOR CIRCULARES
- 4.7. PRINCIPALES DESAFÍOS PARA 2025
- 4.8. OTROS DESAFÍOS EMERGENTES EN 2025

4.1. Introducción

En 2025, la economía circular se consolida como un eje estratégico en la transformación sostenible del sector tecnológico.

En 2025, la economía circular se consolida como un eje estratégico en la transformación sostenible del sector tecnológico. Frente al crecimiento exponencial de datos, dispositivos conectados y consumo energético, el modelo lineal de “producir-usar-desechar” resulta insostenible. En este contexto, la economía circular emerge como una solución sistémica que permite reducir el impacto ambiental, optimizar recursos y cumplir con las exigencias regulatorias europeas¹⁴.

Para el ecosistema digital, y especialmente para la computación en la nube, este enfoque implica rediseñar la forma en que se desarrollan, operan y desmantelan los activos tecnológicos. Lejos de ser una cuestión meramente técnica, la economía circular se convierte en una estrategia empresarial que integra eficiencia operativa, responsabilidad corporativa y resiliencia normativa¹⁵.

¹⁴ European Environment Agency. (2025). ETC CE Report 2025⁸ – A just transition to circular economy. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-ce/products/etc-ce-report-2025-8-a-just-transition-to-circular-economy>

¹⁵ GreenBiz. (2025). Circularity 2025: Scaling circular cloud infrastructure. <https://www.greenbiz.com>

4.2. Tendencias clave en la economía circular digital

En 2025, destacan varias líneas de acción que configuran el nuevo marco de circularidad en el sector cloud:

- **Revalorización de residuos tecnológicos:** los componentes electrónicos y servidores fuera de uso se consideran recursos reutilizables, integrables en nuevos ciclos productivos.
- **Extensión de la vida útil del hardware:** las organizaciones adoptan políticas de mantenimiento preventivo, reacondicionamiento y actualización modular para reducir la necesidad de nuevas adquisiciones.
- **Economía de rendimiento (XaaS, Everything as a Service):** el modelo basado en el uso, más que en la propiedad, permite una gestión más eficiente de los recursos, con compromisos explícitos sobre reciclaje y eficiencia energética.
- **Diseño ecológico y uso de materiales sostenibles:** el ecodiseño se incorpora en dispositivos y centros de datos, priorizando la desmontabilidad, modularidad y reciclabilidad.

Estas tendencias se ven reforzadas por normativas como el Reglamento sobre diseño ecológico para productos sostenibles (Reglamento ESPR) y los indicadores¹⁶ de circularidad propuestos por la Comisión Europea.

¹⁶ European Commission. (2025). State of the Digital Decade 2025. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/state-digital-decade-2025-report>

4.3. Centros de datos¹⁷ circulares: del concepto a la práctica

Los centros de datos son espacios clave para aplicar principios de economía circular. En 2025, los principales proveedores cloud implementan sistemas automatizados de diagnóstico y reacondicionamiento mediante inteligencia artificial (IA) y machine learning, reduciendo errores humanos y mejorando la eficiencia.

Surge la figura del Circular Operations Officer, encargado de supervisar métricas de circularidad, coordinar con recicladores certificados y garantizar la trazabilidad de los materiales reutilizados.

Además, el diseño de nuevos centros de datos incorpora materiales de baja huella ambiental, estructuras desmontables y soluciones modulares que permiten su reubicación sin necesidad de nuevas construcciones.

4.4. Gobernanza y trazabilidad de activos digitales

La circularidad también se extiende al plano digital. Licencias, máquinas virtuales y configuraciones de red pueden gestionarse bajo principios de reutilización y eficiencia.

En 2025, tecnologías como blockchain de bajo consumo permiten mapear el ciclo de vida de activos físicos y digitales, facilitando el cumplimiento normativo y la toma de decisiones basada en datos reales. Los gemelos digitales (digital twins) se utilizan para planificar el reacondicionamiento de infraestructuras cloud, anticipando puntos críticos en su ciclo de vida.

¹⁷ International Energy Agency. (2025). Data centres and energy: 2025 outlook. <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-energy-2025>

4.5. Indicadores emergentes y marcos de evaluación

Se consolidan herramientas clave para medir la circularidad:

- Circular Transition Indicators (**CTI v4.0**) del World Business Council for Sustainable Development (**WBCSD**).
- Digital Product Passport (**DPP**) de la Unión Europea.
- Cloud Sustainability Scorecard, desarrollado por Green Software Foundation y Cloud Native Computing Foundation (**CNCF**).

Estos marcos permiten a las organizaciones justificar inversiones verdes, informar a sus partes interesadas y alinearse con la Directiva de Reporte de Sostenibilidad Corporativa (**CSRD**).

4.6. Colaboraciones y cadenas de valor circulares

La economía circular requiere colaboración sectorial. En 2025, destacan iniciativas como:

- **Circular Electronics Partnership (CEP)**: promueve estándares comunes de reutilización.
- **CEDaCI (Circular Economy for the Data Centre Industry)**: mejora la gestión de materias primas críticas (CRMs) en centros de datos europeos.
- **Alianzas público-privadas** en países como Francia, Finlandia y Alemania, que incentivan la reparación y reacondicionamiento mediante políticas fiscales y compras públicas responsables.

4.7. Principales desafíos de 2025

A pesar del progreso, en 2025 persisten barreras que dificultan la adopción plena de modelos circulares en el entorno cloud:

- **Limitaciones normativas:** la legislación aún no ofrece una armonización completa entre reciclaje, protección de datos y eficiencia energética.
- **Falta de estandarización:** la diversidad de métricas, metodologías y certificaciones dificulta la comparación objetiva entre proveedores.
- **Transparencia insuficiente:** no todos los actores del mercado publican datos claros sobre el impacto ambiental de sus operaciones.
- **Riesgos de seguridad:** como ya se detalló en las ediciones anteriores, el reacondicionamiento de hardware conlleva riesgos si no se aplican procedimientos estrictos.
- **Desigualdad en la madurez digital:** las pequeñas y medianas organizaciones a menudo carecen de los recursos técnicos y económicos para aplicar modelos circulares avanzados sin apoyo externo.
- **Obsolescencia programada y diseño cerrado:** muchos dispositivos no están diseñados para ser reparados, reacondicionados o desmontados.

Frente a estos retos, las organizaciones más avanzadas en sostenibilidad digital adoptan enfoques proactivos mediante políticas de compras responsables, auditorías de circularidad y alianzas estratégicas.

4.8. Otros desafíos emergentes en 2025

Además de los desafíos mencionados, en 2025 surgen otros retos que las organizaciones deben considerar:

- **Falta de incentivos económicos claros:** la ausencia de subvenciones o modelos de negocio adaptados puede frenar la inversión en circularidad.
- **Complejidad en la trazabilidad de componentes:** a pesar de los avances en blockchain y pasaportes digitales, rastrear el ciclo completo de los componentes sigue siendo un reto.
- **Desalineación entre innovación tecnológica y ciclos de vida sostenibles:** la rápida obsolescencia, impulsada por la innovación en IA y hardware especializado, dificulta una planificación sostenible.

5. GREEN CLOUD ENGINEERING



5.1. MOTIVACIÓN: EL PROBLEMA DEL CONSUMO ENERGÉTICO GLOBAL DEL CLOUD COMPUTING

5.2. DATOS ACTUALES SOBRE EMISIONES DE CO₂ ASOCIADAS A LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

5.3. OBJETIVOS DE SOSTENIBILIDAD DE PROVEEDORES CLOUD

5.4. DEFINICIÓN DE GREEN CLOUD ENGINEERING

5.5. MÉTRICAS CLAVE

5.6. ARQUITECTURA DE SISTEMAS VERDES

5.7. OTRAS ESTRATEGIAS PARA MINIMIZAR LA HUELLA

5.8. RETOS Y BARRERAS

5.9. FUTURO DEL GREEN CLOUD ENGINEERING

5.1. Motivación: El problema del consumo energético global del cloud computing¹⁸

El crecimiento exponencial del uso de tecnologías basadas en la nube y la inteligencia artificial han transformado radicalmente la manera en que las organizaciones almacenan, procesan y acceden a la información.

Sin embargo, este auge ha venido acompañado de un considerable incremento en el consumo energético global, aproximadamente el 1,5% del consumo eléctrico mundial (415 TWh) según el último informe de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) sobre datos de 2024, y se espera que se duplique en los próximos 5 años.

El uso cada vez más extensivo e intensivo de la Inteligencia Artificial ha aumentado aún más la demanda de servicios cloud, lo que implica un uso cada vez más intensivo de servidores, almacenamiento de datos, sis-

temas de refrigeración, y redes de comunicaciones, y por consiguiente se ha intensificado el consumo de energía para su operación y mantenimiento.

En este contexto, surge la necesidad urgente de repensar la ingeniería cloud desde una perspectiva verde, adoptando prácticas que reduzcan el consumo energético y la huella de carbono de los servicios digitales. Así nace el concepto de Green Cloud Engineering, una disciplina que busca armonizar el desarrollo tecnológico con la sostenibilidad ambiental.

¹⁸ <https://www.swissinfo.ch/spa/la-demanda-de-electricidad-para-los-centros-de-datos-se-duplicará-con-creces-a-causa-de-la-ia/69150081>
IEA, World Energy Outlook 2024 Free Dataset, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-outlook-2024-free-dataset>, Licence: CC BY NC SA 4.0

El concepto de Green Cloud Engineering se refiere a la aplicación de medidas y buenas prácticas en el campo de la ingeniería en la nube desde la perspectiva de la sostenibilidad ambiental.

En concreto, Green Cloud Engineering incluye el diseño, construcción, despliegue y operación de soluciones en la nube de manera que se minimice el impacto ambiental, es decir, optimizar el uso de recursos (almacenamiento y computación) para minimizar el consumo energético asociado a los servicios cloud y por consecuencia reducir las emisiones de carbono.

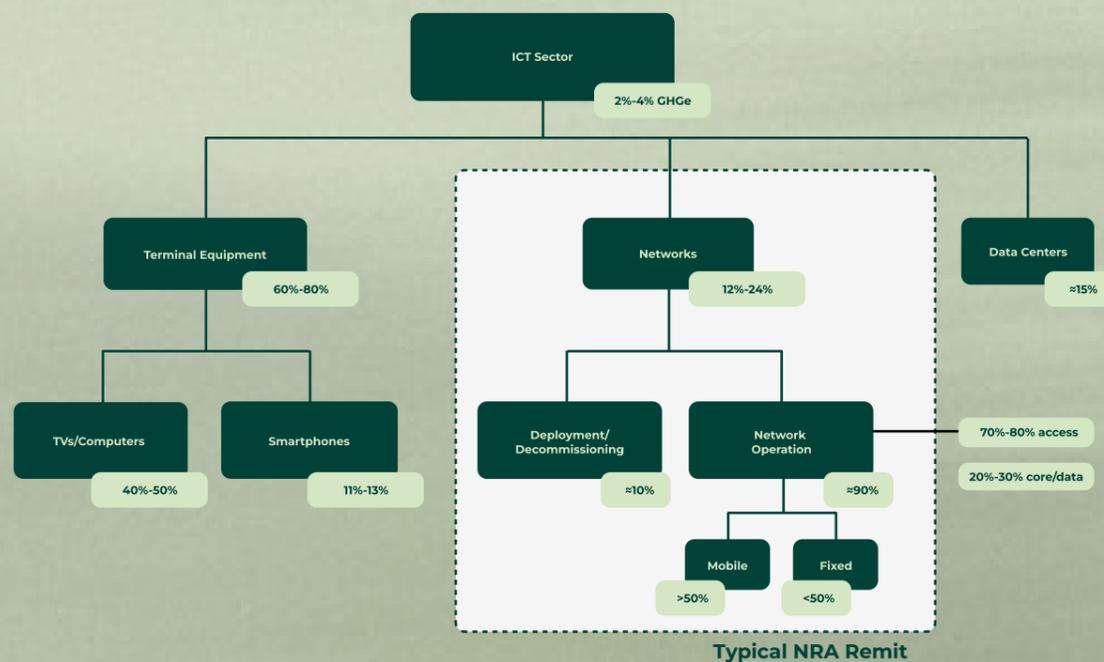
Los principios y buenas prácticas en el campo del Green Cloud Engineering combinan habilidades en arquitectura cloud, DevOps, FinOps, ingeniería del software y sostenibilidad:

- **Eficiencia energética:** Desarrollar aplicaciones que consuman menos recursos de cómputo y que aprovechan mejor la infraestructura.
- **Optimización del almacenamiento:** Evitar duplicidad de datos y utilizar formatos y tecnologías que reduzcan el espacio.
- **Uso de proveedores de nube sostenibles:** Elegir operadores que utilicen energías renovables o tienen compromisos de carbono neutral.
- **Escalabilidad inteligente:** Diseñar arquitecturas que escalen dinámicamente según la demanda, evitando infraestructuras sobredimensionadas.
- **Apagar lo innecesario:** automatizar el apagado de servicios o máquinas virtuales cuando no se usan (por ejemplo, en entornos de desarrollo o pruebas).
- **Medición y transparencia:** incluir métricas de consumo de carbono en la monitorización de las aplicaciones y sistemas.

5.2. Datos actuales sobre emisiones de CO₂ asociadas a las Tecnologías de la Información

Según la **Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC)**, se estima que entre el 2% y el 4% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂) proceden del sector digital, un porcentaje similar al generado por la industria aérea mundial. De este total, los centros de datos son responsables de cerca del 15% de las emisiones del sector TI¹⁹.

Desglose de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector digital (Informe BEREC, pag. 10):



¹⁹ <https://blog.cnmc.es/2022/11/28/como-medir-la-huella-de-carbono-digital/>

El aumento en la demanda energética podría llevar a un incremento de las emisiones de CO₂ asociadas a los centros de datos, pasando de 180 millones de toneladas en 2024 a 300 millones en 2035.

No obstante, la eficiencia energética de los operadores de centros de datos ha mejorado significativamente en la última década, quienes además se encuentran entre los compradores más activos de energías sostenibles. Se estima que el crecimiento total esperado en

su demanda de energía sea de aproximadamente un 50% del aumento global esperado de suministro de energía desde fuentes de electricidad sostenible. En consecuencia, resulta factible que puedan satisfacer dicho aumento mediante fuentes de energía renovable.

5.3. Objetivos de sostenibilidad de proveedores cloud como AWS, Google Cloud y Microsoft Azure

Según la **Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC)**, se estima que entre el 2% y el 4% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂) proceden del sector digital, un porcentaje similar al generado por la industria aérea mundial. De este total, los centros de datos son responsables de cerca del 15% de las emisiones del sector TI.

5.3.1.

Amazon Web Services (AWS)²⁰

AWS se ha comprometido y asegura estar cumpliendo el plan para alimentar todas sus operaciones globales con energía 100% renovable en este año 2025. Además, forma parte de The Climate Pledge, una iniciativa cofundada con Global Optimism, en la que se compromete a alcanzar la neutralidad de carbono para 2040, una década antes del objetivo establecido en el Acuerdo de París. AWS también trabaja en la innovación de tecnologías de refrigeración más eficientes y en la optimización de sus cargas de trabajo para minimizar el uso de recursos. A través de Sustainability Data Fabric, permite integrar, analizar y actuar sobre datos ambientales.

5.3.2.

Microsoft Azure²¹

Microsoft ha adoptado un enfoque integral hacia la sostenibilidad. La empresa ha prometido ser carbono negativo para 2030, lo que significa que eliminará más carbono del que emite. Además, ha establecido el objetivo de retirar del medio ambiente, para 2050, todo el carbono que ha emitido directa e indirectamente desde su fundación en 1975. Azure ha implementado centros de datos alimentados exclusivamente con energías renovables y ha desarrollado herramientas específicas como Microsoft Cloud for Sustainability, que permiten a las organizaciones medir y gestionar su huella de carbono digital.

²⁰ <https://aws.amazon.com/es/energy/transition1>
<https://www.aboutamazon.com/planet/climate-pledge>
<https://www.globaloptimism.com>
<https://aws.amazon.com/solutions/sustainability/sustainability-data-fabric/>

²¹ <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030>
<https://azure.microsoft.com/en-us/explore/global-infrastructure/sustainability>
<https://www.microsoft.com/es-es/sustainability/cloud>

5.3.3.

Google Cloud Platform (GCP)²²

Google Cloud ha sido pionera en la integración de la sostenibilidad en sus operaciones. Desde 2017, toda la electricidad que consume Google proviene de fuentes de energía renovable. Además, la compañía se ha fijado el objetivo de operar con energía libre de carbono de manera continua (24/7) en todas sus regiones de operación para el año 2030, una meta aún más ambiciosa que la adoptada por sus competidores. Google Cloud proporciona a sus clientes herramientas como Carbon Footprint, que les permiten monitorizar y optimizar el impacto ambiental de sus servicios cloud.

MÉTRICA	AWS	MICROSOFT AZURE	GOOGLE CLOUD PLATFORM (GCP)
Objetivo de energía 100% renovable	2025	2025	2017
Objetivo de Emisiones Cero de Carbono	2040	2030	2030
Herramientas de edición	Sustainability Data Fabric	Cloud for Sustainability	Carbon Footprint
Certificaciones	EcoVadis Plata (2024)	ISO 14001, ISO 50001	ISO 14001, ISO 50001

²² <https://sustainability.google/intl/es-419/operating-sustainably/stories/announcement-100>
<https://sustainability.google/reports/247-carbon-free-energy/>
<https://cloud.google.com/sustainability/region-carbon>
<https://cloud.google.com/blog/topics/sustainability/new-tools-to-measure-and-reduce-your-environmental-impact>

5.4. Definición de Green Cloud Engineering

Green Cloud Engineering es un enfoque multidisciplinar dentro de la ingeniería de software y sistemas que integra principios de sostenibilidad ambiental en el diseño, implementación y operación de infraestructuras y servicios en la nube. Su objetivo principal es minimizar el impacto ecológico de los sistemas cloud a lo largo de todo su ciclo de vida, sin comprometer el rendimiento, la escalabilidad o la resiliencia del servicio.

Este enfoque va más allá de la eficiencia energética puntual y promueve un rediseño sistémico que considera aspectos como la arquitectura de software, la gestión dinámica de recursos, la elección de proveedores sostenibles, y la integración de métricas ambientales en la toma de decisiones. En esencia, Green Cloud Engineering representa una evolución del paradigma cloud tradicional hacia una nube que no solo sea técnicamente robusta, sino también ambientalmente responsable.

5.4.1. Principios del diseño sostenible en infraestructuras cloud

La sostenibilidad en entornos cloud se aborda desde el hardware y la infraestructura física, si bien requiere además de un diseño integral basado en los siguientes principios:

- **Eficiencia energética desde la arquitectura:** Diseñar aplicaciones que escalen dinámicamente, optimicen el uso de recursos y minimicen el desperdicio computacional (por ejemplo, mediante autoscaling, serverless o arquitecturas orientadas a eventos).
- **Elasticidad consciente del impacto:** Implementar estrategias de aprovisionamiento y desasignación automática que respondan a la demanda real sin sobreconsumo energético.
- **Ubicuidad verde:** Seleccionar regiones cloud en función no solo de latencia o coste, sino también de la composición de las fuentes de energía que se utilizan y la disponibilidad de fuentes renovables.
- **Diseño para la eficiencia operacional:** Reducir ciclos de cómputo innecesarios, evitar procesamiento redundante y promover la eficiencia en transferencias de datos.
- **Apagar lo innecesario:** automatizar el apagado de servicios o máquinas virtuales cuando no se usan (por ejemplo, en entornos de desarrollo o pruebas).
- **Transparencia y trazabilidad ambiental:** Integrar herramientas que permitan medir, visualizar y reportar el impacto ambiental de forma continua, para facilitar decisiones informadas.

Este enfoque promueve una evolución conjunta entre la tecnología y la sostenibilidad, generando beneficios tanto para el planeta como para los modelos operativos de las organizaciones en forma de eficiencias y reducción de costes.

5.5. Métricas clave

El Power Usage Effectiveness (PUE) es una métrica desarrollada por The Green Grid que mide la eficiencia energética de un centro de datos. Se define como la relación entre el total de energía consumida por la instalación y la energía utilizada exclusivamente para alimentar los equipos de TI:

$$\text{PUE} = \text{Energía total del centro de datos} / \text{Energía consumida por TI}$$

Un PUE ideal sería 1.0, lo que indica que toda la energía se utiliza directamente en procesos computacionales. Sin embargo, valores típicos en la industria varían entre 1.1 y 1.8. Las estrategias de Green Cloud Engineering buscan reducir esta relación mediante mejoras en refrigeración, distribución eléctrica, y eficiencia operativa.

La huella de carbono (CO₂e) representa el total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), expresadas en toneladas de CO₂ equivalente (CO₂e), generadas directa o indirectamente por la operación de servicios cloud.

El uso de energías renovables mide el porcentaje del consumo energético total que proviene de fuentes renovables. El uso de regiones cloud alimentadas predominantemente por energías limpias es una estrategia directa para reducir el impacto ambiental de una solución tecnológica.

El Software Carbon Intensity (SCI) es una métrica emergente propuesta por el Green Software Foundation que busca cuantificar el impacto ambiental de una aplicación software a lo largo del tiempo. Su fórmula combina variables como:

- **Emisiones directas e indirectas del uso de la aplicación.**
- **Consumo de recursos (CPU, memoria, red).**
- **Cantidad de usuarios y tiempo de ejecución.**
- **Energía embebida en las dependencias y ciclos de vida del software.**

El objetivo del SCI es permitir a los ingenieros de software tomar decisiones de diseño, arquitectura y operación que reduzcan el impacto ambiental de las aplicaciones.

5.6. Arquitectura de Sistemas Verdes

La arquitectura de sistemas cloud juega un papel central en la sostenibilidad digital. Se enfoca en cómo están diseñadas las aplicaciones, cómo se utilizan los recursos y qué decisiones arquitectónicas permiten reducir el consumo energético y las emisiones de carbono sin comprometer el rendimiento.

5.6.1.

Diseño de Sistemas Cloud Orientados a Eficiencia

Según un estudio de NRDC²³ y WSP (2014), los servidores infrautilizados en centros de datos empresariales podían llegar al 30%, es decir, no realizan ningún trabajo útil pero continúan consumiendo energía las 24 horas del día, lo que representa una oportunidad crítica de optimización energética. [NRDC, 2014]

²³ <https://www.fmlink.com/articles/nrdc-data-center-report-up-to-30-of-servers-no-longer-used-yet-consume-vast-amounts-of-energy/>

Los principios de eficiencia en el diseño de arquitecturas cloud verdes se basan en:

- **Elasticidad:** Adaptar el consumo de recursos a la demanda en tiempo real evita el sobredimensionamiento.
- **Multi-tenancy:** Compartir recursos entre aplicaciones o clientes reduce la infrautilización de la infraestructura.
- **Optimización del ciclo de vida del servicio:** Desde la arquitectura hasta el despliegue y la monitorización, pasando por el uso de prácticas como Infrastructure as Code (IaC) para reproducibilidad y eficiencia operativa.
- **Automatización de apagado de recursos no utilizados:** Políticas de idle shutdown o auto-scaling ayudan a reducir el uso innecesario de instancias.
- **Ubicación geográfica de cargas:** seleccionar regiones con mayor proporción de energía renovable puede reducir la huella de carbono de las operaciones cloud.

5.6.2.

Virtualización, Contenedores, Serverless: ¿Qué Modelo es Más Verde?²⁴

Un estudio de Berkeley Lab para la U.S. Department of Energy concluyó que el cloud computing puede reducir el consumo energético en un 87% frente a soluciones locales, especialmente cuando se usa en modelos de ejecución bajo demanda.
[Shehabi et al., 2016]

La elección del modelo de computación afecta de forma directa al consumo energético y a la eficiencia operativa:

- **Virtualización tradicional (VMs):** Proporciona aislamiento y escalabilidad, pero con mayor sobrecarga de recursos debido al hypervisor y la necesidad de reservar recursos de forma estática.
- **Contenedores (Docker, Kubernetes, etc.):** Permiten una mayor densidad de ejecución con menos sobrecarga, mejorando el uso de CPU y memoria. Facilitan el escalado horizontal y la eficiencia operativa, siendo más ligeros que las VMs.
- **Serverless computing (FaaS):** es el modelo más eficiente desde la perspectiva de uso energético, ya que ejecuta código únicamente cuando se necesita (event-driven), sin necesidad de servidores en espera. Sin embargo, introduce desafíos como latencia en cold starts y menor control sobre la infraestructura subyacente.

Comparativa simplificada:

Modelo	Carga	Utilización eficiente	Green Score (↑ mejor)
VM	Alto	Bajo-Medio	●●○○○
Contenedores	Medio	Medio-Alto	●●●●○
Serverless	Bajo	Alto	●●●●●

²⁴ https://crd.lbl.gov/assets/pubs_presos/ACS/cloud_efficiency_study.pdf

5.6.3.

Cloud Distribuida vs. Centralizada vs. Edge

La distribución de los centros de datos también tiene implicaciones clave:

- **Las arquitecturas centralizadas permiten una mayor eficiencia operativa y energética gracias a economías de escala y optimización del PUE (Power Usage Effectiveness), especialmente si están ubicados en regiones con acceso a energías renovables y climas fríos.**
- **Las arquitecturas distribuidas pueden mejorar la resiliencia y reducir la latencia, pero su eficiencia energética suele ser menor por el tamaño reducido y mayor dispersión de recursos.**
- **El edge computing lleva el procesamiento a la periferia, más cerca del usuario final o de los dispositivos IoT. Aunque reduce el tráfico en red y mejora la latencia, introduce complejidad en la gestión energética y suele tener un mayor PUE por unidad de cómputo.**

Desde una perspectiva de sostenibilidad, la ubicación y arquitectura del procesamiento tienen un impacto significativo en el consumo energético. Las aplicaciones con alta demanda de procesamiento centralizado, como big data y machine learning, se benefician de ejecutarse en centros de datos optimizados y centralizados, donde es posible alcanzar mayores niveles de eficiencia energética gracias a economías de escala y tecnologías avanzadas de refrigeración y gestión.

En contraste, las aplicaciones sensibles a la latencia, como los vehículos autónomos o la salud conectada, requieren procesamiento en el edge para garantizar tiempos de respuesta mínimos. Sin embargo, esta descentralización implica nuevos retos, por lo que deben implementarse estrategias específicas de eficiencia energética para garantizar que el modelo distribuido no comprometa la sostenibilidad global del sistema.

5.7. Otras estrategias para minimizar la huella²⁵

Una de estas estrategias es el diseño de políticas de despliegue y balanceo de carga ecológicas, que asignan dinámicamente las cargas de trabajo a recursos energéticamente eficientes, evitando la sobreaprovisionamiento y reduciendo el consumo innecesario de energía.

Otra táctica efectiva es la programación de tareas basada en la disponibilidad de energía. Al programar tareas intensivas en energía durante períodos de mayor disponibilidad de energía renovable, se puede reducir significativamente el impacto ambiental.

5.8. Retos y barreras

La adopción de estrategias de Green Cloud Engineering enfrenta diversos desafíos que dificultan su implementación efectiva y generalizada. Entre los principales retos se encuentran:

Coste vs sostenibilidad

Uno de los mayores obstáculos para la adopción de soluciones sostenibles en la nube es la percepción y realidad del coste asociado. Implementar infraestructuras y prácticas que prioricen la eficiencia energética y el uso de energías renovables puede requerir inversiones iniciales significativas. Además, la optimización para sostenibilidad a veces puede entrar en conflicto con demandas de rendimiento o disponibilidad, generando dilemas en la asignación de recursos y presupuestos. Aunque a medio y largo plazo la sostenibilidad puede generar ahorro operativo, el coste inicial y la incertidumbre en el retorno pueden frenar la adopción.

²⁵ Kleiminger, W., Beck, M., & Santini, S. (2020). Cost and energy trade-offs in cloud sustainability. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 27, 100412. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2020.100412>
Rong, C., Xiong, N., & Liu, Z. (2021). Standardization challenges for green cloud computing. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124345. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124345>
Shehabi, A., et al. (2016). *United States Data Center Energy Usage Report*. Lawrence Berkeley National Laboratory. <https://eta.lbl.gov/publications/united-states-data-center-energy-usage>
Uptime Institute (2022). *Data Center Sustainability Report*. <https://uptimeinstitute.com/sustainability-report>

Falta de estandarización

Actualmente no existe un marco estandarizado y universal para medir, reportar y comparar la sostenibilidad de servicios cloud. La diversidad en métricas (como PUE, SCI, huella de carbono), metodologías de cálculo y certificaciones dificulta que las organizaciones tomen decisiones informadas y objetivas sobre proveedores o arquitecturas más sostenibles. Esta ausencia de estandarización también limita la transparencia y puede generar desconfianza o “greenwashing”.

Transparencia de los proveedores

La información sobre el impacto ambiental de los centros de datos y servicios cloud sigue siendo en muchos casos limitada o poco accesible. Si bien grandes proveedores como AWS, Microsoft Azure y Google Cloud están avanzando en publicar datos sobre consumo energético y uso de renovables, no todos los actores del mercado comparten el mismo nivel de transparencia. Esta falta de datos claros dificulta la evaluación del impacto real y la comparación entre opciones, obstaculizando una transición hacia modelos más sostenibles.

5.9. Futuro del Green Cloud Engineering

El futuro del Green Cloud Engineering no se limita únicamente a la optimización energética de los centros de datos actuales, sino que apunta hacia una transformación más holística. Este nuevo paradigma integra principios de sostenibilidad profunda, como la economía circular, la inteligencia artificial verde, y la adopción de modelos arquitectónicos innovadores como el cloud federado y descentralizado.

5.9.1.

Integración con la economía circular

La economía circular propone un modelo económico restaurativo y regenerativo por diseño. En el contexto de la computación en la nube, esto implica rediseñar toda la cadena de suministro y operación de infraestructura tecnológica para minimizar el desperdicio y maximizar el uso eficiente de los recursos.

Uno de los mayores desafíos de sostenibilidad en el cloud es el impacto ambiental asociado al hardware. Los centros de datos requieren servidores, sistemas de refrigeración, baterías, y otros componentes cuya producción implica el uso intensivo de energía, agua y minerales escasos (como tierras raras). Para contrarrestar esto, los proveedores cloud deberían aplicar principios de la economía circular, como:

- ▶ Modularidad y reutilización de hardware cuando sea posible.
- ▶ Reciclaje responsable.
- ▶ Compra responsable de materiales con proveedores que cumplan estándares de sostenibilidad y minimizan el impacto en las comunidades de origen de los materiales.

Más allá del hardware, el diseño de software también puede ajustarse a esta lógica a través del uso de arquitecturas desacopladas, microservicios y funciones serverless que permiten actualizar partes de la aplicación sin reinvertir recursos en todo el sistema.

5.9.2.

IA verde aplicada a la gestión cloud

El uso de la inteligencia artificial para optimizar las operaciones cloud ya es una realidad. Esta tendencia conocida como “IA verde” tiene como objetivo principal reducir el impacto ambiental de los sistemas digitales.

Las principales iniciativas son:

- Optimización energética en tiempo real. Aplicando algoritmos de aprendizaje se pueden ajustar automáticamente los sistemas de refrigeración, pudiendo alcanzar una reducción de hasta el 40% en el consumo.
- Predicción de demanda. A través de modelos de Machine Learning se pueden prever picos de tráfico o de uso de CPU para dimensionar recursos dinámicamente, evitando el sobredimensionamiento y el desperdicio.
- Programación de tareas en función del origen energético. Programar tareas en horas y regiones donde la energía disponible proviene de fuentes renovables.
- Reducción del coste energético del entrenamiento de modelos. Nuevos algoritmos como TinyML o arquitecturas como EfficientNet y DistilBERT permiten entrenar modelos con menor uso de cómputo y memoria.

La IA también puede ayudar a decidir qué cargas migrar a la nube, cuáles mantener en edge, y cómo balancear en función del impacto ambiental.

5.9.3.

Cloud federado y descentralizado como oportunidad sostenible

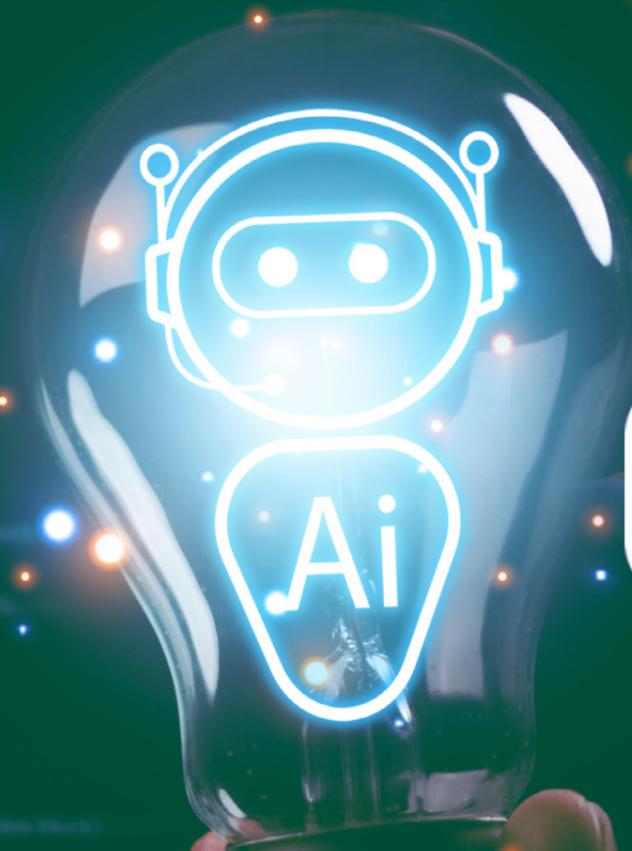
El modelo tradicional de cloud computing se basa en grandes centros de datos centralizados, a menudo operados por hiperescaladores. Aunque eficientes en escala, estos pueden implicar altos costos energéticos por transporte de datos y una gran dependencia de infraestructuras específicas.

El futuro apunta hacia modelos federados y descentralizados, donde múltiples nodos colaboran para ofrecer servicios cloud bajo estándares compartidos. Estos modelos ofrecen varios beneficios desde el punto de vista de la sostenibilidad:

- **Reducción de latencia y transporte de datos:** al acercar el procesamiento al origen de los datos (edge computing), se reduce el uso de redes de larga distancia y se ahorra energía.
- **Resiliencia energética:** el cloud descentralizado permite elegir ubicaciones en función del origen energético, optimizando el uso de renovables.

Ya existen iniciativas como Gaia-X en Europa o EdgeNet en el ámbito académico que muestran el potencial de estos modelos.

6. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y GREEN CLOUD



- 6.1. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA IA
- 6.2. POTENCIAL DE LA IA PARA ACELERAR LA SOSTENIBILIDAD
- 6.3. BUENAS PRÁCTICAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE IA SOSTENIBLE
- 6.4. GOBERNANZA Y REGULACIÓN EN LA IA SOSTENIBLE
- 6.5. CASOS DE ÉXITO Y APLICACIONES PRÁCTICAS
- 6.6. DESAFÍOS Y RECOMENDACIONES PARA EL FUTURO
- 6.7. CONCLUSIONES

La inteligencia artificial (IA) aplicada al entorno cloud y a la sostenibilidad se define como el conjunto de técnicas y modelos de aprendizaje automático que, desplegados sobre infraestructuras en la nube, permiten medir, predecir y optimizar el uso de recursos energéticos y materiales con el objetivo de reducir la huella ambiental de los servicios digitales²⁶.

En este contexto, la IA aprovecha el escalado dinámico de la nube para ajustar automáticamente la asignación de capacidad de cómputo, lo que favorece tanto el rendimiento como la eficiencia energética.

Durante el último año, la demanda de servicios de IA ha experimentado un crecimiento exponencial, impulsada por casos de uso tan diversos como la gestión predictiva de la demanda eléctrica, la optimización de sistemas de refrigeración en centros de datos y la simulación de procesos industriales mediante la creación de gemelos digitales. Esta expansión plantea nuevos retos: **el entrenamiento e inferencia de grandes modelos de lenguaje o visión consumen cantidades significativas de electricidad, por lo que es necesario replantear las estrategias de aprovisionamiento energético y fomentar tecnologías de refrigeración avanzadas²⁷.**

Para abordar este desafío, las organizaciones aplican arquitecturas híbridas y serverless que reducen la sobrecarga de recursos ociosos e incorporan políticas de «informática consciente de la huella de carbono» que programan las cargas de trabajo en momentos de mayor disponibilidad de energía renovable. La evolución de estos enfoques durante el último año ha mostrado mejoras en la relación entre exajulios de computación y emisiones de CO₂, sentando las bases para futuros avances en eficiencia operativa.

De cara a 2025, se prevé la convergencia de la IA y las energías renovables para impulsar micro-redes inteligentes, así como el desarrollo de procesadores específicos de bajo consumo para la inferencia en el edge. Estas innovaciones allanan el camino hacia un modelo de nube verdaderamente sostenible, en el que la IA no solo consume menos recursos, sino que también actúa como catalizador de la transición hacia economías circulares y descarbonizadas.

²⁶ Future-Proofing the Cloud: Sustainable Computing Strategies for Executives. Shakudo. White Paper, octubre 2024.

²⁷ Accelerating Sustainability with AI: A Playbook. Amy Luers et al. (Microsoft). Microsoft Research, noviembre 2023.

6.1. Impacto medioambiental de la IA

Durante el último año, la IA ha sobrepasado la capacidad energética y medioambiental de las infraestructuras en la nube. El proceso de entrenamiento de modelos de gran escala, que combina miles de GPU o TPUs durante días o semanas, consume tanta electricidad como la demanda de pequeñas ciudades.

Algunas fuentes sitúan estos entrenamientos en el centro de la discusión sobre sostenibilidad, ya que muestra cómo un proyecto de modelo avanzado puede aumentar la huella energética de un centro de datos hasta un 20% por encima de las cargas convencionales de cómputo intensivo⁽¹⁾.

Este coste se ve amplificado cuando, una vez finalizado el entrenamiento, los sistemas de inferencia mantienen los mismos recursos de hardware en funcionamiento para responder consultas en tiempo real, lo que prolonga el uso de ventilación asistida o refrigeración líquida y eleva tanto el consumo eléctrico como el despilfarro de recursos hídricos.

Frente a este panorama, los centros de datos tradicionales suelen registrar un **PUE (Power Usage Effectiveness)** medio de 1,4, lo que implica que por cada kilovatio de potencia útil consumen 0,4 kilovatios adicionales en sis-

temas de climatización y servicios auxiliares. Sin embargo, el informe «Future-Proofing the Cloud» señala que las plataformas diseñadas para IA, al incorporar TPU de última generación y flujos de trabajo dinámicos, logran reducir el PUE hasta 1,1-1,2, lo que se traduce en mejoras de eficiencia energética de entre el 15% y el 30% para la misma carga de trabajo. Además, la adopción de arquitecturas serverless y políticas de «informática consciente de la huella de carbono» ha permitido, en proyectos re-

cientes, desplazar hasta un cuarto de las inferencias a ventanas de alta penetración renovable, atenuando la intensidad de carbono de estas operaciones.

La huella de carbono de la IA va más allá del consumo operativo: estudios señalan que la fabricación, el transporte y la disposición final del hardware añaden al cómputo un 30% adicional de emisiones de CO₂ a lo largo del ciclo de vida de los servidores que participan en tareas de IA²⁸.

²⁸ Dell Technologies: Developing An End-to-End Approach to Sustainable AI. Curtis Price (IDC). Spotlight Paper, Dell Inc., septiembre 2024.

Paralelamente, un análisis sobre arquitecturas sostenibles revela que incluso un modelo de visión por ordenador de tamaño medio puede generar entre doscientas y trescientas toneladas de CO₂ equivalente durante todo su periodo de servicio, incluyendo tanto el entrenamiento inicial como las sucesivas fases de inferencia²⁹. Estas cifras ponen de manifiesto la necesidad de optimizar no solo la fase de cómputo, sino también la cadena de suministro y la gestión de residuos de los componentes.

Los grandes proveedores no son ajenos a esta situación. A comienzos de 2025, la prensa tecnológica destacó la necesidad de regular la transparencia en el consumo energético de los centros de datos ante el auge de la IA y subrayó que Google Cloud y Microsoft Azure constituyen dos de los actores con mayor demanda de potencia y emisiones asociadas³⁰.

Mientras estas plataformas avanzan en la adquisición de energía renovable y en la renovación de flotas con chips de bajo consumo, sigue siendo imprescindible implantar técnicas de destilación de modelos, poda de parámetros y cuantización, así como mejorar los indicadores de eficiencia (PUE y WUE), para alinear el imparable crecimiento de la IA con los objetivos de descarbonización globales.

6.2. Potencial de la IA para acelerar la sostenibilidad

Durante el último año, la IA ha dejado de ser una promesa para convertirse en una herramienta esencial que acelera la sostenibilidad de las infraestructuras en la nube. **Gracias a algoritmos avanzados, las organizaciones pueden optimizar el uso de recursos energéticos y materiales, al tiempo que impulsan soluciones innovadoras que reducen el impacto medioambiental.**

En el ámbito de la gestión energética, proveedores como Microsoft, Google y AWS han desplegado sistemas de IA que analizan en tiempo real multitud de variables (temperatura, carga de trabajo, dis-

ponibilidad de energía renovable, etc.) para ajustar dinámicamente el consumo de sus centros de datos. Microsoft, por ejemplo, emplea modelos de machine learning para anticipar picos de demanda y

²⁹ Sustainable Cloud Computing: AI-Driven Solutions for Resource Efficiency. Lorenzaj Harris. ResearchGate article, octubre 2024.

³⁰ Call to make tech firms report data centre energy use as AI booms. The Guardian, 7 febrero 2025.

redistribuir tareas hacia servidores menos cargados o más eficientes, lo que reduce el gasto energético diario hasta en un 10%. Google, por su parte, ha integrado redes neuronales en la supervisión de sus sistemas de refrigeración, lo que ha permitido reducir el consumo de energía destinada al enfriamiento

en un 40%. AWS complementa estas prácticas con arquitecturas serverless y funciones de autoescalado que minimizan el tiempo en el que los recursos permanecen ociosos, mejorando la relación entre la capacidad provisionada y la usada sin sacrificar la disponibilidad del servicio.

Más allá de la eficiencia operativa, **la IA permite crear soluciones sostenibles que transforman sectores completos.** En el sector de las energías renovables, los algoritmos predictivos mejoran la gestión de las redes eléctricas y la optimización del almacenamiento: modelos de previsión basados en datos históricos e Internet de las cosas (IoT) anticipan la generación solar y eólica con precisión, de modo que las baterías pueden almacenar electricidad cuando la producción supera la demanda y liberarla en horas punta. Esta técnica ha demostrado que puede incrementar la autonomía de sistemas aislados hasta en un 20%³¹.

El III Estudio Green Cloud de ISMS Forum destacaba que estas iniciativas responden a un cambio cultural en la industria, ya que ahora se busca aumentar la capacidad de cómputo de forma responsable. La adopción de técnicas como el cooling inteligente, el balanceo de carga automático y la orquestación sin servidores, junto con la integración de energías limpias y la gestión circular de activos, está impulsando un nuevo estándar de operación en la nube³². De cara al futuro, la apuesta continuará por desarrollar procesadores especializados de bajo consumo y ampliar la capacidad de la IA en la periferia de la red, es decir, cerca del origen de los datos, para reducir las emisiones asociadas al transporte de información.

En resumen, el potencial de la IA para acelerar la sostenibilidad se traduce en una optimización continua de recursos y en la creación de soluciones innovadoras que promueven un uso más responsable de la tecnología. Este enfoque, respaldado por casos reales y estudios de referencia, sentará las bases para que la nube del mañana sea tanto potente como respetuosa con el entorno.

³¹ Global Omnium y Telefónica Tech se unen con Google Cloud para impulsar un nuevo salto tecnológico en el agua gracias a la IA. Cadena SER, 23 abril 2025.

³² III Estudio Green Cloud: La nube: ciberseguridad y sostenibilidad. ISMS Forum, septiembre 2024.

6.3. Buenas prácticas en la implementación de IA sostenible

La adopción de prácticas que prioricen la sostenibilidad en la implementación de la IA se ha convertido en un imperativo para los proveedores de servicios en la nube. En el último año, hemos visto cómo las arquitecturas de computación de borde han permitido desplazar parte del procesamiento hacia nodos más cercanos al origen de los datos, lo que reduce la latencia y, sobre todo, el consumo energético asociado a la transmisión masiva de información hacia grandes centros de datos. Paralelamente, el modelo serverless ha madurado, lo que facilita que las funciones de IA escalen automáticamente en función de la demanda y se apaguen cuando no se utilizan, mitigando así el sobredimensionamiento de recursos y evitando mantener infraestructura ociosa.

El avance más notable en la optimización operativa ha llegado de la mano de la «IA dirigida por orquestación», una capa de gestión inteligente que agrupa métricas de rendimiento, temperatura y costes energéticos para reubicar las tareas de entrenamiento e inferencia en los servidores más eficientes. Estas soluciones equilibran la carga de trabajo y priorizan los nodos alimentados por fuentes renovables en momentos de alta generación solar o eólica.

En cuanto al uso de energías limpias, **los grandes hyperscalers han acelerado su integración durante este año.** Google Cloud ha anun-

ciado acuerdos de compraventa de energía renovable que cubren más del 70% de su consumo eléctrico, lo que garantiza que una parte significativa de los procesos de IA se ejecuten con electricidad libre de emisiones. Microsoft, por su parte, ha completado proyectos similares y ha incrementado su inversión en certificados de energía renovable para cubrir el cien por cien de su huella operativa, incluidas las cargas de IA. AWS también ha firmado nuevos contratos a largo plazo para la adquisición de energía eólica y solar que respaldan el funcionamiento de sus instancias optimizadas para *machine learning*³³.

³³ The Intersection of AI and IT Sustainability: How Asset Life-Cycle Management Can Advance Innovation. Lara Greden, Elaina Stergiades & Rob Brothers (IDC). White Paper sponsored by Iron Mountain, mayo 2024.

El software sostenible, también conocido como Green AI, se ha consolidado como otra pieza clave. Durante el último año, las prácticas de desarrollo han incorporado el diseño de modelos con poda de parámetros, cuantización y destilación de conocimiento, técnicas que reducen drásticamente el tamaño de los modelos y el número de operaciones necesarias para la inferencia, con ahorros energéticos que oscilan **entre el 20 y el 30%**. Estas estrategias optimizan el cómputo y, al mismo tiempo, permiten desplegar IA en Dispositivos de borde con un consumo mínimo que amplían el alcance de la analítica sin sacrificar la sostenibilidad.

Por último, la gestión circular del hardware asociado a la IA ha dado un paso adelante gracias a iniciativas como los «Circular Centers» de Microsoft. En estas instalaciones, los servidores que han completado su ciclo de vida se desmontan y sus componentes reutilizables, como placas base y sistemas de refrigeración, se recondicionan para integrarse en nuevos productos o proyectos internos, alcanzando una tasa de reutilización del 90% para 2025³⁴. Este modelo de economía circular reduce la demanda de materias primas, prolonga la vida útil de los activos y disminuye el impacto ambiental de la cadena de suministro de la IA.

En conjunto, estas buenas prácticas —*infraestructura edge y serverless, orquestación inteligente, uso masivo de energías renovables, IA ecológica y reciclaje de hardware*— están configurando un estándar de IA sostenible en la nube. Al incorporarlas, no solo se mejora la eficiencia y se reducen los costes, sino que también se alinea el crecimiento exponencial de la IA con los compromisos globales de descarbonización.

³⁴ II Estudio Green Cloud: La nube: ciberseguridad y sostenibilidad. ISMS Forum, septiembre 2023.

6.4. Gobernanza y regulación en la IA sostenible

En el último año, la gobernanza y regulación de la IA en entornos en la nube han cobrado especial protagonismo, impulsados por la necesidad de conciliar innovación y sostenibilidad.

En Europa, el Reglamento (UE) de Inteligencia Artificial establece requisitos estrictos en materia de transparencia y evaluación de riesgos, incluyendo el impacto energético de los sistemas de alto riesgo. Este marco refuerza la obligación de realizar evaluaciones del ciclo de vida antes de desplegar soluciones de IA, fomentando la integración de criterios medioambientales desde el diseño. Paralelamente, en Estados Unidos se han fortalecido las directrices federales sobre informes de sostenibilidad, alentando a las organizaciones a adoptar métricas comparables a las europeas.

A escala internacional, una iniciativa destacada es la propuesta del Reino Unido para obligar a las grandes tecnológicas a informar del consumo energético de sus centros de datos en tiempo real, como respuesta al auge de la IA y su elevado requerimiento eléctrico. Esta medida, impulsada por el National Energy Performance Committee (NEPC), busca crear un sistema de alerta temprana que permita ajustar la demanda y potenciar el uso de energías renovables en los picos de carga, contribuyendo así a la descarbonización de la red.

Dado el volumen de activos implicados en proyectos de IA, la gestión responsable del ciclo de vida del hardware se ha convertido en un pilar fundamental de la gobernanza sostenible. El enfoque de IDC, centrado en la gestión de activos TI, recomienda políticas que incluyan auditorías periódicas para valorizar el equipo, planes de reacondicionamiento y reciclaje, así como certificaciones de destrucción de datos segura antes de su desmantelamiento. Esta visión integral, aplicada en diversas organizaciones en 2024, ha permitido reutilizar componentes críticos con una mejora de hasta el 40%, reduciendo la demanda de materias primas y la generación de residuos electrónicos.

A nivel corporativo, la tendencia ha sido establecer políticas claras de gobernanza sostenible que vayan más allá de los requisitos regulatorios. En su «Playbook» de sostenibilidad con IA, Microsoft aboga por la creación de comités interdisciplinarios en los que ingeniería, operaciones y sostenibilidad compartan métricas de eficiencia energética y huella de carbono, y vincula estos indicadores a los objetivos de compensación y compra de energía renovable. Google ha implementado procesos similares, integrando informes de emisiones en cada etapa del despliegue de modelos, desde su entrenamiento hasta la inferencia en producción.

En España, el ISMS Forum ha fomentado estas prácticas en sus últimos estudios, proponiendo la adaptación de marcos internacionales a la normativa local y la creación de registros de consumo energético que permitan

comparaciones anuales entre proveedores de servicios en la nube. Asimismo, aboga por la transparencia en la adquisición de energía renovable certificada y la publicación de mapas de calor que muestren el uso energético de la IA, herramientas que facilitan la rendición de cuentas y la participación ciudadana.

En resumen, la evolución de la normativa y la proliferación de iniciativas de reporte están orientando a la industria hacia una IA verdaderamente sostenible. La integración de evaluaciones de impacto energético en la fase de diseño, la gestión circular de activos de TI y las políticas corporativas de gobernanza constituyen un ecosistema regulatorio y ético que, en el último año, ha permitido avanzar de manera tangible en la reducción de la huella ambiental de la IA.

6.5. Casos de éxito y aplicaciones prácticas

Durante el último año, los proyectos de IA han demostrado su capacidad para transformar sectores tan diversos como la gestión del agua, la prevención de desastres y la optimización interna de infraestructuras corporativas.

Un ejemplo destacado es la colaboración entre Global Omnium, Telefónica Tech y Google Cloud para renovar la gestión del agua en la Comunidad Valenciana. Aprovechando datos en tiempo real de sensores distribuidos, los algoritmos de IA identifican patrones de presión y consumo que indican fugas o ineficiencias. Gracias a este enfoque, las compañías han logrado reducir las pérdidas de agua en un 5%, prolongar la vida útil de las infraestructuras y disminuir el consumo energético asociado al bombeo.

En el ámbito de la protección contra incendios, Microsoft AI for Good ha aplicado modelos predictivos para anticipar focos de riesgo mediante el cruce de datos meteorológicos, de vegetación y de actividad humana. Durante el pasado año, esta iniciativa proporcionó a comunidades de California y Australia alertas tempranas que permitieron desplegar brigadas de intervención con hasta veinte

horas de antelación respecto a los métodos tradicionales. Este margen extra ha permitido reducir el área afectada por incendios forestales en un 40% y ahorrar en costes operativos de extinción.

Dell Technologies, por su parte, ha implementado internamente un enfoque integral de IA sostenible. En sus centros de datos, la compañía utiliza machine learning para ajustar dinámicamente la refrigeración de los servidores, lo que reduce el consumo energético de la climatización hasta en un 15%. Además, ha implementado políticas de gestión de activos que incluyen auditorías periódicas y reacondicionamiento de hardware, y ha alcanzado una tasa de reutilización del 40% en los componentes destinados a actualización durante 2024. Esta estrategia de economía circular minimiza la extracción de materias primas y reduce la huella de carbono derivada del ciclo de vida del equipamiento.

Estos casos de éxito revelan que la IA, cuando se impulsa desde un enfoque sostenible, no solo optimiza procesos y reduce costes, sino que también genera beneficios medioambientales tangibles. La combinación de análisis predictivo, gestión inteligente de activos y economía circular está sentando las bases de una nueva era en la que la innovación tecnológica y la protección del planeta van de la mano. la generación de residuos electrónicos.

6.6. Desafíos y recomendaciones para el futuro

Durante el último año, la implementación de la IA sostenible se ha encontrado con múltiples desafíos técnicos, regulatorios y éticos que requieren atención inmediata. En el ámbito técnico, la creciente complejidad de los modelos de IA contrasta con la necesidad de reducir el consumo energético y las emisiones de carbono. A pesar de los avances en optimización, como la poda, la cuantización y la destilación de modelos, coexistir con cargas de trabajo intensivas en recursos sigue siendo una barrera para muchas organizaciones. La fragmentación de los estándares regulatorios entre regiones, donde Europa avanza con su Reglamento (UE) de Inteligencia Artificial mientras Estados Unidos alienta directrices voluntarias, dificulta la adopción de políticas uniformes de reporte energético y gobernanza.

La ética y la sostenibilidad convergen en la gestión del ciclo de vida de los activos de IA. La responsabilidad de minimizar el impacto ambiental no se limita a la eficiencia operativa, sino que implica gestionar adecuadamente la fabricación, el uso, la renovación y la disposición final del hardware, reduciendo los residuos electrónicos y recuperando materias primas valiosas. Sin una gobernanza clara que articule estas prácticas, el riesgo de obsolescencia prematura y reciclaje inadecuado permanece latente, lo que pone en duda la propia sostenibilidad que se pretende impulsar.

Para avanzar, son fundamentales varias recomendaciones concretas.

- En primer lugar, las empresas deben institucionalizar la optimización de modelos de IA desde la fase de diseño, integrando métricas de eficiencia energética y huella de carbono en sus ciclos de desarrollo.
- En segundo lugar, es imprescindible adoptar marcos de gestión de activos TI inspirados en las buenas prácticas de IDC, que incluyan auditorías regulares, reacondicionamiento y reciclaje seguro de componentes.
- Tercero, las organizaciones pueden beneficiarse de la orquestación inteligente y de arquitecturas serverless, que escalonan automáticamente los recursos y programan las cargas de trabajo en momentos de alta penetración renovable. Por último, es esencial establecer políticas corporativas de transparencia y reporte, alineadas con las mejores guías internacionales, y formar comités interdisciplinarios que integren las áreas de ingeniería, operaciones y sostenibilidad en la toma de decisiones.

Solo mediante un enfoque holístico, que combine innovación técnica, una gobernanza sólida y responsabilidad social, la IA podrá consolidarse como una palanca real de sostenibilidad en la nube, alineando el progreso digital con la preservación del entorno.

6.7. Conclusiones

El vertiginoso avance de la IA en la nube durante el último año ha puesto de manifiesto la urgencia de encontrar un equilibrio entre la gran demanda de procesamiento de datos y la responsabilidad medioambiental. Si bien los modelos de IA han demostrado su capacidad para generar eficiencias récord y habilitar soluciones transformadoras, también han impulsado un aumento significativo del consumo energético y de las emisiones asociadas. Esta dualidad convierte a la sostenibilidad en un pilar imprescindible para la adopción de la IA, por lo que es necesario integrar criterios medioambientales desde el diseño de los algoritmos hasta la fase final de vida útil de los activos.

Las prácticas emergentes, como la optimización dinámica de cargas mediante «informática consciente de carbono», el uso de arquitecturas serverless y edge, y la implementación de técnicas de poda y cuantización de modelos, demuestran que es posible reducir notablemente la huella de carbono sin renunciar al rendimiento. Al mismo tiempo, la incorporación de energías renovables en centros de datos y la gestión circular del hardware ofrecen un marco tangible para reducir tanto el gasto energético operativo como las emisiones indirectas derivadas de la fabricación y disposición de equipos.

No obstante, para superar los desafíos técnicos y regulatorios identificados se requiere un compromiso proactivo. Las organizaciones deben elevar sus métricas de éxito más allá de la pura eficiencia de cómputo, incluyendo indicadores claros

de consumo energético, uso del agua y reciclaje de componentes, alineados con objetivos de descarbonización a medio y largo plazo. Asimismo, es fundamental que los equipos de ingeniería, sostenibilidad y gobernanza colaboren de forma continua para actualizar las políticas internas y garantizar la transparencia en sus informes.

En este contexto, la necesidad de actuar con determinación es evidente: solo mediante la adopción sistemática de buenas prácticas, la inversión en I+D de arquitecturas verdes y la rendición de cuentas permanente se podrá conjugar el imparable crecimiento de la IA con la protección del entorno. El reto es mayúsculo, pero las iniciativas que ya muestran un impacto positivo pintan un horizonte donde la innovación digital y el cuidado del planeta avanzan de la mano.

7. GREEN CLOUD, SOBERANÍA DE LOS DATOS Y LOS RETOS DE SU UBICACIÓN



7.1 ¿QUÉ ES GREEN CLOUD? SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA EN LA NUBE

7.2. SOBERANÍA DE LOS DATOS: CONTROL Y REGULACIÓN EN LA ERA DIGITAL

7.3. RETOS DE LA UBICACIÓN DE LOS DATOS

7.4. HACIA UN FUTURO EQUILIBRADO

7.1. ¿Qué es Green Cloud? Sostenibilidad y Eficiencia en la Nube

El Green Cloud o nube verde se refiere a la implementación de prácticas sostenibles

en la infraestructura de la computación en la nube.

Los centros de datos, que son la columna vertebral de los servicios en la nube, consumen cantidades masivas de energía para operar servidores, sistemas de enfriamiento y redes. Según estudios recientes, los centros de datos representan aproximadamente el 1-2% del consumo global de electricidad, una cifra que podría duplicarse en la próxima década si no se adoptan medidas sostenibles.

El Green Cloud busca minimizar el impacto ambiental mediante:

- **Eficiencia energética:** Uso de hardware optimizado, sistemas de enfriamiento avanzados (como refrigeración líquida) y algoritmos que reducen el consumo energético.
- **Energías renovables:** Alimentar centros de datos con fuentes de energía solar, eólica o hidroeléctrica.
- **Arquitecturas optimizadas:** Diseños que maximizan el uso de recursos, como la virtualización y la consolidación de servidores.
- **Reciclaje y economía circular:** Gestión responsable de equipos obsoletos para reducir residuos electrónicos.

El Green Cloud, o computación en la nube sostenible, integra prácticas y tecnologías que minimizan el impacto ambiental de los centros de datos y servicios cloud. Su objetivo principal es reducir el consumo energético y la huella de carbono, optimizando el uso de recursos mediante:

- Inversión en servidores de bajo consumo y sistemas de refrigeración avanzados.
- Uso de energías renovables en los centros de datos.
- Consolidación y virtualización de recursos para aumentar la eficiencia operativa.
- Cumplimiento de normativas ambientales y mejora de la reputación corporativa.
- Fomento de la economía circular, promoviendo la reutilización y reciclaje de infraestructuras tecnológicas.

Esta visión va más allá de la simple eficiencia energética: implica rediseñar procesos, incorporar inteligencia artificial para la gestión de recursos y adoptar modelos de negocio que prioricen la sostenibilidad como ventaja competitiva.

Empresas líderes como Google, Microsoft y Amazon han anunciado metas ambiciosas para que sus centros de datos sean neutros en carbono o incluso operen con energía 100% renovable. Sin embargo, el Green Cloud no sólo se trata de tecnología, sino también de decisiones estratégicas sobre dónde y cómo se almacenan los datos, lo que nos lleva de manera inexorable al tema de la soberanía de los datos.

7.2. Soberanía de los Datos: Control y Regulación en la Era Digital

La soberanía de los datos se refiere a la capacidad de los países y organizaciones para controlar cómo y dónde se almacenan, procesan y gestionan sus datos digitales. Esto implica que los datos están sujetos a las leyes y regulaciones del país donde residen físicamente los servidores que los alojan.

Se refiere, desde otro ángulo, al principio de que los datos generados en un país o región deben estar sujetos a sus leyes y regulaciones, garantizando que los gobiernos, empresas o ciudadanos mantengan el control sobre ellos. Este concepto ha cobrado relevancia en un contexto donde la privacidad, la seguridad y la geopolítica son preocupaciones crecientes.

En la Unión Europea, por ejemplo, el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) establece estrictas normas sobre cómo las empresas deben manejar los datos personales, incluyendo dónde se almacenan y procesan. Otros países, como China y Rusia, han implementado leyes que exigen la localización de datos, obligando a las empresas a mantener los datos de sus ciudadanos dentro de sus fronteras.

La soberanía de los datos plantea un dilema para los proveedores de servicios en la nube, que tradicionalmente han distribuido sus centros de datos globalmente para optimizar costos y rendimiento. Si los datos deben permanecer en un país específico, las empresas deben invertir en infraestructura local, lo que puede entrar en conflicto con los objetivos de sostenibilidad del Green Cloud.

Este concepto es especialmente relevante en sectores regulados (salud, finanzas, administración pública), donde la privacidad, la seguridad y el cumplimiento normativo son críticos. La soberanía de los datos busca:

- **Garantizar que los datos sensibles no salgan de la jurisdicción nacional sin autorización.**
- **Cumplir con normativas como el RGPD en Europa o leyes de protección de datos locales.**
- **Permitir a los titulares de los datos (personas, empresas o gobiernos) decidir sobre su uso, acceso y transferencia.**

El auge del cloud soberano responde a la necesidad de mantener el control sobre los datos, combinando los beneficios de la nube (escalabilidad, eficiencia, sostenibilidad) con altos estándares de seguridad, privacidad y cumplimiento normativo.

7.3. Retos de la Ubicación de los Datos

La ubicación física de los datos en la nube plantea retos complejos que afectan tanto a la sostenibilidad como a la soberanía:

- **Latencia y eficiencia:** Tradicionalmente, los centros de datos se ubicaban cerca de grandes áreas urbanas para reducir la latencia. Sin embargo, la búsqueda de fuentes de energía renovable y entornos fríos (que reducen la necesidad de refrigeración artificial) está impulsando la construcción de centros en ubicaciones más remotas.
- **Acceso a energías renovables:** La proximidad a parques eólicos, solares o geotérmicos permite reducir el impacto ambiental y estabilizar los costes energéticos, pero puede alejar los datos de los usuarios finales, incrementando la latencia.
- **Cumplimiento normativo y privacidad:** La dispersión geográfica de los datos complica el cumplimiento de normativas internacionales y locales, ya que los datos pueden estar sujetos a múltiples jurisdicciones simultáneamente.
- **Efecto 'Data Gravity':** La acumulación masiva de datos en determinados lugares dificulta su movilidad y puede limitar la eficiencia del procesamiento, la interconexión y la escalabilidad de las aplicaciones de inteligencia artificial y big data.
- **Continuidad del negocio y resiliencia:** La ubicación también debe considerar riesgos naturales (terremotos, inundaciones) y la capacidad de recuperación ante desastres, lo que impulsa el diseño modular y el uso de materiales avanzados en los centros de datos.

La ubicación de los centros de datos es, en consecuencia, un factor crítico que conecta el Green Cloud y la soberanía de los datos. Elegir dónde construir o mantener estas instalaciones implica equilibrar múltiples factores, cada uno con sus propios desafíos:

1. Sostenibilidad vs. Localización

Los centros de datos ubicados en regiones con acceso a energías renovables, como los países nórdicos (con abundante energía hidroeléctrica y eólica), son ideales para el Green Cloud. Sin embargo, estas ubicaciones pueden estar lejos de los usuarios finales, lo que aumenta la latencia y puede no cumplir con los requisitos de soberanía de datos. Por ejemplo, un país como Brasil podría exigir que los datos de sus ciudadanos se almacenen localmente, pero su matriz energética, aunque incluye fuentes renovables, sigue dependiendo en parte de combustibles fósiles, lo que complica los objetivos de sostenibilidad.

2. Costes Operativos

Construir centros de datos en regiones específicas para cumplir con la soberanía de datos puede incrementar los costes. Las ubicaciones con climas fríos, como Islandia o Canadá, reducen los gastos de enfriamiento, pero pueden no ser viables si las leyes locales exigen infraestructura en regiones más cálidas o densamente pobladas, donde la energía y el espacio son más caros.

3. Regulaciones y Cumplimiento

Las leyes de protección de datos varían ampliamente entre países. Por ejemplo, la UE impone multas significativas por incumplimiento del RGPD, mientras que otros países pueden tener regulaciones menos estrictas, pero con requisitos de localización estrictos. Los proveedores de nube deben navegar este mosaico regulatorio, lo que puede limitar la flexibilidad para elegir ubicaciones óptimas desde el punto de vista ambiental.

4. Seguridad y Resiliencia

La ubicación de los centros de datos también afecta su vulnerabilidad a desastres naturales, ciberataques o interrupciones de energía. Por ejemplo, un centro de datos en una región propensa a huracanes o terremotos puede requerir medidas adicionales de resiliencia, lo que incrementa el consumo energético y desafía los objetivos de Green Cloud.

5. Demanda de Latencia Baja

Las aplicaciones modernas, como la inteligencia artificial, el gaming o el Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), requieren tiempos de respuesta ultrarrápidos. Esto empuja a los proveedores a construir centros de datos cerca de los usuarios, lo que puede entrar en conflicto con las ubicaciones ideales para la sostenibilidad o la soberanía de datos.

Tabla Comparativa: Green Cloud vs. Soberanía de los Datos

Aspecto	Green Cloud	Soberanía de los Datos
Objetivo principal de los datos	Minimizar el impacto ambiental y optimizar recursos	Controlar y proteger los datos
Medidas clave	Energías renovables, eficiencia, economía circular	Cumplimiento normativo, localización
Beneficio empresarial	Reducción de costos, reputación, innovación	Seguridad, confianza, cumplimiento legal
Retos principales	Inversión inicial, migración tecnológica	Complejidad regulatoria, latencia
Relación con la ubicación	Búsqueda de entornos sostenibles y fríos	Necesidad de mantener datos localmente

La convergencia entre Green Cloud y la soberanía de los datos, en definitiva, representa el futuro de la gestión digital responsable. Adoptar una estrategia que equilibre sostenibilidad, eficiencia, seguridad y cumplimiento normativo exige una planificación cuidadosa de la ubicación de los datos y una inversión continua en innovación tecnológica. Las organizaciones que logren integrar estos pilares estarán mejor preparadas para afrontar los retos regulatorios, ambientales y operativos de la economía digital global.

7.4. Hacia un Futuro Equilibrado

Resolver los retos de la ubicación de los centros de datos en el contexto del Green Cloud y la soberanía de los datos requiere un enfoque multidimensional:

- **Innovación tecnológica:** Desarrollar tecnologías que reduzcan aún más el consumo energético, como servidores de bajo consumo o sistemas de enfriamiento basados en inteligencia artificial.
- **Colaboración público-privada:** Los gobiernos pueden incentivar el uso de energías renovables en centros de datos locales mediante subsidios o regulaciones favorables, alineando la soberanía de datos con la sostenibilidad.
- **Edge Computing:** La computación ‘en el borde’, ‘en la frontera’, que acerca el procesamiento de datos a los usuarios puede reducir la latencia y cumplir con los requisitos de soberanía, aunque plantea nuevos retos en términos de eficiencia energética.
- **Transparencia y estándares globales:** Establecer estándares internacionales para la sostenibilidad y la gestión de datos podría facilitar la interoperabilidad y reducir conflictos entre regulaciones locales.

Podemos decir, en conclusión, que Green Cloud y la soberanía de los datos son dos pilares fundamentales para el futuro de la computación en la nube, pero su implementación plantea desafíos complejos, especialmente en lo que respecta a la ubicación de los centros de datos.

Encontrar un equilibrio entre sostenibilidad, cumplimiento normativo y rendimiento técnico requiere innovación, colaboración y una visión estratégica. A medida que la demanda de servicios en la nube sigue creciendo, las empresas y los gobiernos deberán trabajar juntos para garantizar que la tecnología no sólo sea eficiente y segura, sino también respetuosa con el medio ambiente y con las leyes locales. Solo así se podrá construir una nube verdaderamente verde y soberana.



8. NUEVAS TENDENCIAS EN GREEN CLOUD

8.1. *FINOPS: GESTIÓN FINANCIERA PARA LA EFICIENCIA, LA SOSTENIBILIDAD Y SU EVOLUCIÓN HACIA GREENOPS.*

8.2. *FAAS (FUNCTION AS A SERVICE): EFICIENCIA ENERGÉTICA CON ARQUITECTURAS SERVERLESS*

8.3. *INFRAESTRUCTURA COMO CÓDIGO Y SUSTENTABILIDAD*



La evolución de la computación en la nube ha dado lugar a un conjunto de prácticas y tecnologías emergentes que, además de aportar eficiencia operativa y económica, están siendo clave en la estrategia de sostenibilidad digital de las organizaciones. En este contexto, están surgiendo nuevas tendencias que abordan el reto de reducir el impacto ambiental del consumo cloud desde distintos ángulos: financiero, arquitectónico, operativo y tecnológico.

Estas innovaciones responden a una necesidad creciente de alinear las operaciones en la nube con los compromisos ambientales, incorporando criterios de eficiencia energética, automatización inteligente y optimización del uso de recursos. A lo largo de este capítulo se examinan estas tendencias y su papel en la transformación hacia entornos cloud más sostenibles, resilientes y responsables.

8.1. FinOps: Gestión Financiera para la Eficiencia, la Sostenibilidad y su evolución hacia GreenOps.

FinOps —acrónimo de **Financial Operations**— es una práctica que combina principios de finanzas, operaciones y tecnología para gestionar de forma eficaz los costes asociados al uso de servicios en la nube. Se basa en la colaboración entre equipos de negocio, ingeniería y finanzas, promoviendo una toma de decisiones basada en datos reales de consumo cloud.

Aunque inicialmente centrado

en el control y la optimización de costes, FinOps ha evolucionado hacia un enfoque más transversal, incorporando indicadores de eficiencia energética y sostenibilidad como parte integral de la estrategia de gestión financiera cloud. Cuando se combina con ESG y se calcula el impacto medio ambiental el término emergente para designar esta práctica es llamada GreenOps.

La práctica se estructura en torno a tres fases principales:

- **Informar:** visibilidad sobre el uso y gasto cloud.
- **Optimizar:** identificación de oportunidades para reducir costes y consumo.
- **Operar:** gobernanza continua, integración de métricas y automatización.

En su esencia, FinOps permite una alineación directa entre el uso eficiente de la nube y la estrategia de sostenibilidad corporativa, funcionando como un catalizador para la adopción de prácticas Green Cloud. En un contexto donde las organizaciones se enfrentan al doble desafío de controlar costes y reducir su huella ambiental, FinOps ofrece una plataforma operativa que posibilita ambas cosas de forma estructurada.

Al aplicar principios FinOps, los equipos pueden transformar el consumo cloud en un sistema medible, optimizable y gobernado, donde cada decisión técnica tiene implicaciones financieras y ambientales claras. Esto convierte a FinOps en una herramienta clave no solo para ahorrar dinero, sino también para avanzar en los compromisos ESG (Environmental, Social and Governance) y en los marcos regulatorios emergentes sobre sostenibilidad digital.

La contribución de FinOps al Green Cloud se manifiesta en varios niveles:

1. Alineación estratégica:

Las decisiones de infraestructura cloud (tipo de servicio, región, proveedor) pueden basarse en su perfil de sostenibilidad, y no solo en el coste o rendimiento.

2. Optimización operativa:

La identificación de recursos ineficientes —como instancias infrautilizadas, almacenamiento sin uso, cargas de trabajo sobredimensionadas— se traduce en una reducción directa del consumo energético.

3. Accountability ambiental:

Permite distribuir métricas de consumo y emisiones por equipo, aplicación o unidad de negocio, fomentando la responsabilidad compartida y el cambio de comportamiento organizacional.

4. Transparencia e informes ESG:

FinOps facilita la generación de reportes integrados donde se visualiza no solo el gasto económico, sino también el impacto ambiental del uso de servicios cloud, fundamentales para auditorías, reguladores o inversionistas.

En este sentido, FinOps no es solo una técnica de control presupuestario, sino un motor de transformación cultural y operativa hacia una nube responsable y sostenible.

8.1.1.

Métricas clave y gobernanza

La implementación efectiva de FinOps con enfoque sostenible (GreenOps) requiere definir y medir un conjunto de métricas que reflejen no solo el gasto monetario, sino también el consumo de recursos y el impacto ambiental asociado. A esto se suma la necesidad de una gobernanza robusta que asegure que las decisiones técnicas y financieras se alineen con las metas climáticas de la organización.

KPIs en una estrategia GreenOps

1: Costo energético por carga de trabajo: permite identificar qué funciones, servicios o productos digitales consumen más energía relativa a su valor entregado.

Ejemplo: €/transacción + kWh/transacción.

2. CO₂ por servicio, región o proveedor: se puede calcular usando APIs proporcionadas por los proveedores cloud o herramientas de terceros. Ejemplo: gramos de CO₂ por hora de uso de instancias en AWS Virginia vs. Frankfurt.

5. Automatización verde:

Con FinOps se pueden automatizar acciones como el apagado de recursos inactivos, la migración a regiones con mayor uso de energía renovable o la priorización de servicios menos intensivos en carbono, bajo criterios definidos previamente.

3. Tasa de utilización de recursos provisionados: mide la proporción de capacidad aprovisionada que realmente se usa. Valores bajos indican sobredimensionamiento y desperdicio energético.

4. Porcentaje de recursos etiquetados con criterios ESG: facilita el rastreo y la imputación de impactos por unidad de negocio o producto.

5. Ratio de instancias optimizadas (on-demand vs. spot/reservadas): refleja la eficiencia en la elección del modelo de consumo cloud.

Gobernanza orientada a sostenibilidad

- **Políticas FinOps con restricciones sostenibles:** Por ejemplo, limitar el uso de regiones con alta intensidad de carbono salvo justificación técnica.
- **Ciclos de optimización continua:** Automatizar revisiones mensuales de recursos ociosos, ajustar presupuestos y aplicar recomendaciones basadas en datos de carbono.

8.1.2.

Herramientas y marcos de referencia

Para implementar un modelo FinOps con visión sostenible, se recomienda el uso conjunto de herramientas financieras, energéticas y de gobernanza que permitan una visión completa del impacto de la nube.

Herramienta	Función	Sostenibilidad integrada
Cloud Carbon Footprint	Medición del impacto ambiental del consumo cloud (multi-cloud)	Visualización de CO ₂ y kWh
AWS Cost Explorer + AWS Customer Carbon Footprint Tool	Análisis de coste y emisiones específicas por servicio	Comparación por región
Azure Sustainability Calculator	Estimación de emisiones por tenant y servicio	Reportes ESG
Google Cloud Carbon Footprint API	API para integración directa en dashboards FinOps	Métricas por proyecto

8.1.3.

Recomendaciones para su adopción

Adoptar FinOps como motor de sostenibilidad cloud requiere más que herramientas: implica un cambio cultural, organizativo y estratégico. La alineación con ESG y aprovechar las capacidades de DevSepOps y modelos de control ya implantados en la compañía son aliados clave para apalancar el cambio real.

Algunas recomendaciones para comenzar su adopción serían:

- Incluir métricas de carbono y energía como KPIs clave en la estrategia de FinOps** desde el inicio.
- Asignar ownership a cada equipo técnico y de negocio**, responsabilizándolos no solo por el coste, sino por el impacto ambiental de sus cargas.
- Habilitar visibilidad transversal** mediante dashboards integrados accesibles por finanzas, operaciones, sostenibilidad y liderazgo.
- Establecer revisiones continuas de eficiencia energética y coste**, idealmente cada sprint o release, como parte del ciclo DevSecOps.

8.2. FaaS (Function as a Service): Eficiencia Energética con Arquitecturas Serverless

Function as a Service (FaaS) es un modelo de computación dentro del paradigma serverless en el que los desarrolladores despliegan funciones independientes que se ejecutan bajo demanda, sin necesidad de gestionar infraestructura subyacente. Las plataformas FaaS más conocidas son AWS Lambda, Azure Functions, Google Cloud Functions y IBM Cloud Functions.

En este modelo, el proveedor cloud se encarga del provisioning automático, el escalado instantáneo, la gestión de alta disponibilidad y el apagado de recursos cuando no se están utilizando. Esto no solo

reduce la complejidad operativa, sino que también representa una oportunidad significativa para mejorar la eficiencia energética de los sistemas.

El modelo FaaS habilita una computación altamente optimizada desde el punto de vista energético, convirtiéndose en un componente relevante dentro de una estrategia Green Cloud. Su arquitectura nativa sin servidor permite consumir recursos solo cuando realmente se necesitan, lo que contrasta con los enfoques tradicionales basados en máquinas virtuales persistentes o incluso contenedores activos continuamente.

Retos técnicos y organizativos en la adopción de FaaS desde modelos tradicionales

Aunque Function as a Service (FaaS) presenta ventajas claras en términos de sostenibilidad, elasticidad, eficiencia operativa y seguridad, su adopción no está exenta de desafíos. Para muchas organizaciones, especialmente aquellas con arquitecturas tradicionales o procesos de desarrollo heredados, la transición hacia un modelo serverless implica tanto transformaciones técnicas como cambios culturales y organizativos.



Retos técnicos

- **Rediseño de arquitecturas:** El paso de arquitecturas monolíticas o microservicios pesados a funciones desacopladas requiere rediseñar flujos de negocio y dependencias, fragmentando funcionalidades en unidades pequeñas, estáticas y orientadas a eventos.
- **Gestión del estado y orquestación:** FaaS es intrínsecamente stateless, lo que obliga a externalizar el estado en sistemas como bases de datos o colas, e implementar mecanismos adicionales de coordinación (por ejemplo, Step Functions o Workflows).
- **Problemas de rendimiento (cold starts):** Las funciones pueden sufrir demoras significativas al ser invocadas por primera vez tras un periodo de inactividad, especialmente en entornos con altas exigencias de latencia.
- **Observabilidad distribuida:** La trazabilidad y el monitoreo de funciones dispersas y efímeras es más compleja que en entornos centralizados. Requiere el uso de herramientas avanzadas de logging, tracing y APM (Application Performance Monitoring) como Datadog, X-Ray o OpenTelemetry.
- **Testing y depuración locales:** El ciclo de desarrollo y pruebas en FaaS es menos directo, ya que muchas funciones dependen del contexto de ejecución cloud y de eventos asíncronos.
- **Gestión de dependencias y paquetes ligeros:** Es necesario reducir el tamaño de las funciones, eliminar bibliotecas innecesarias y evitar cargas redundantes, lo que implica un refactor considerable en algunos casos.



Retos organizativos

- **Cambio cultural hacia “event-driven” y modularidad:** Los equipos deben adoptar una nueva mentalidad de diseño orientada a eventos y reactividad, alejándose del enfoque procedural o por capas. Esto requiere formación, mentoría y tiempo de adopción.

- **Adaptación de equipos y roles:** El modelo FaaS rompe las fronteras tradicionales entre infraestructura y desarrollo. Se espera que los desarrolladores se encarguen del despliegue, monitoreo y optimización de sus funciones (Aplicando DevOps con un nivel de madurez muy alto), lo que exige nuevas competencias y redefinición de responsabilidades.
- **Gestión de costes impredecibles:** Aunque FaaS puede ser más económico, su modelo de facturación por invocación puede generar costes variables difíciles de anticipar si no se aplican prácticas FinOps y controles para evitar su abuso desde el inicio.
- **Cumplimiento y seguridad distribuida:** El control de acceso, el cumplimiento normativo y la gestión de secretos deben redefinirse a nivel función, lo que incrementa la superficie de ataque y la complejidad del cumplimiento regulatorio.
- **Desafíos en la gobernanza del ciclo de vida:** La proliferación de funciones sin control puede generar “serverless sprawl”: decenas o cientos de funciones mal documentadas, sin ownership claro, lo que afecta la mantenibilidad y sostenibilidad operativa. Gestión del estado y orquestación:

Ventajas principales en términos de sostenibilidad:

1. **Ejecución bajo demanda:** Las funciones solo utilizan CPU, memoria y red durante el tiempo exacto de ejecución. No hay energía malgastada en servidores inactivos.
2. **Escalado granular automático:** A diferencia del autoscaling de instancias o contenedores, FaaS escala a nivel de función, sin necesidad de mantener nodos en espera.
3. **Alta densidad multi-tenant:** Los proveedores cloud agrupan múltiples funciones de distintos clientes en la misma infraestructura, maximizando la eficiencia energética del data center.
4. **Menor complejidad operativa = menos recursos indirectos:** No se necesitan procesos de aprovisionamiento, mantenimiento ni monitorización de infraestructura, lo que reduce consumo indirecto de energía y recursos de soporte.
5. **Tiempo de vida reducido de los procesos:** En promedio, una función en FaaS se ejecuta en segundos, lo que minimiza el uso continuo de recursos computacionales.

Herramientas complementarias para FaaS sostenible

Dependiendo de tu cloud de referencia, tienes herramientas que pueden ser usadas en las tres mayores, así como opciones de software abierto o en herramientas como firewall de nueva generación que empiezan a ofertar soluciones de computación en el edge muy interesantes.

Herramienta	Funcionalidad	Aplicación en sostenibilidad
AWS Lambda Power Tuning	Ajuste automático de recursos para optimizar coste y rendimiento	Minimiza tiempo de ejecución y consumo energético por invocación
Azure Monitor + Application Insights	Seguimiento de ejecución, métricas y logs por función	Identificación de cuellos de botella y sobreaprovisionamiento
Google Cloud Functions + Carbon Footprint API	MicroVMs ligeras utilizadas por Lambda para ejecución aislada y eficiente	Arranque rápido, bajo coste, mayor densidad por servidor físico, menor consumo
Firecracker	API para integración directa en dashboards FinOps	Minimiza tiempo de ejecución y consumo energético por invocación
Cloudflare Workers	Plataforma serverless edge altamente optimizada y distribuida globalmente	Procesamiento cercano al usuario, sin servidores dedicados, mínimo uso de recursos



Recomendaciones para su adopción

- **Adoptar una mentalidad “event-driven y bajo demanda”:** Identificar procesos que no requieren ejecución continua y transformarlos en funciones reactivas.

- **Incorporar el análisis energético en el ciclo DevSecOps:** Añadir métricas de tiempo, memoria y emisiones por función en los pipelines CI/CD.
- **Automatizar la optimización de funciones:** Integrar herramientas de tuning que ajusten dinámicamente la asignación de recursos en función de patrones de uso reales.
- **Diseñar con modularidad y propósito:** Cada función debe tener un único propósito y duración limitada, para reducir costes y facilitar su escalado eficiente.
- **Evitar patrones serverless que generen alta frecuencia o uso constante:** Por ejemplo, polling continuo, cron jobs excesivos o funciones que actúan como backends de alto tráfico que no se apagan nunca.
- **Fomentar el uso de regiones verdes:** Establecer como política predeterminada el despliegue en regiones con uso elevado de energía renovable.

8.3. Infraestructura como Código y Sustentabilidad

La **Infraestructura como Código (IaC)** es un enfoque que permite definir, desplegar y gestionar recursos de infraestructura de forma declarativa y automatizada, usando lenguajes y herramientas como **Terraform, Pulumi, AWS CloudFormation, Azure Bicep o Ansible**. Este paradigma es esencial en entornos cloud modernos porque permite reproducibilidad, escalabilidad, trazabilidad y consistencia en los entornos.

Desde una perspectiva de sostenibilidad, IaC representa una oportunidad única para incorporar criterios ambientales directamente en el diseño y la operación de los entornos cloud, automatizando decisiones responsables desde el inicio del ciclo de vida de la infraestructura. En lugar de corregir excesos o ineficiencias después del despliegue, se pueden prevenir activamente mediante políticas automatizadas y validaciones inteligentes.

Infraestructura como Código habilita la creación de entornos optimizados por defecto, minimizando el consumo innecesario de recursos y permitiendo:

- **Despliegues reproducibles y auditables** que evitan configuraciones manuales no documentadas, fuente común de sobreaprovisionamiento.
- **Configuración basada en plantillas sostenibles** que utilizan tipos de instancia eficientes, almacenamiento adaptado, y selección automática de regiones con menor huella de carbono.
- **Versiónado e historial de cambios** para evaluar el impacto de cada modificación de infraestructura.
- **Integración en pipelines CI/CD** donde se pueden aplicar validaciones de sostenibilidad antes del despliegue real (shift-left energético).

La importancia de los guardarraíles y el “shift left” del compliance sostenible

En la gestión moderna de entornos cloud, especialmente en escenarios multicloud o con despliegues automatizados mediante IaC, **el enfoque tradicional de compliance basado en auditoría posterior ya no es suficiente**. Las configuraciones pueden cambiar cientos de veces por día, los recursos pueden surgir y desaparecer en minutos, y el riesgo de generar **infraestructura ineficiente o insostenible** es alto si no se establecen límites preventivos.

Es aquí donde cobran relevancia los **guardarraíles**: políticas, validaciones y restricciones automatizadas que se aplican **durante el diseño y despliegue de la infraestructura**, y no después. Este enfoque proactivo, también conocido como **“shift left”**, implica mover los controles de cumplimiento y gobernanza **lo más cerca posible del origen del cambio**.

Aplicado a la sostenibilidad cloud, este modelo permite:

- **Evitar configuraciones no eficientes antes de que lleguen a producción:** por ejemplo, evitar el despliegue de instancias sobredimensionadas o en regiones con alta huella de carbono.

- **Reducir la dependencia de enfoques reactivos basados en herramientas como CSPM (Cloud Security Posture Management)**, que, si bien son útiles, actúan una vez que el recurso ya está en uso, con un impacto ambiental y financiero ya generado.
- **Automatizar el cumplimiento de políticas ESG o marcos normativos** desde el pipeline de CI/CD, con trazabilidad completa y validación por código.
- **Educar a los desarrolladores** para que tomen decisiones sostenibles desde el inicio, sin fricción ni necesidad de revisión manual constante.

Aplicar guardarraíles sostenibles permite crear una infraestructura cloud alineada por defecto con las políticas ambientales de la organización, sin depender de auditorías periódicas o correcciones reactivas que llegan demasiado tarde.

8.3.1.

Open Policy Agent (OPA) como guardarraíl de sostenibilidad

Open Policy Agent (OPA) es un motor de políticas open source que permite definir, validar y aplicar reglas en múltiples sistemas, incluido Terraform, Kubernetes y servicios cloud. En el contexto de IaC, se suele usar en conjunto con **Terraform + OPA (a través de Conftest o Sentinel)** para validar configuraciones antes de ser aplicadas.

Desde el punto de vista de sostenibilidad, OPA puede actuar como un **guardarraíl preventivo** que garantiza que los despliegues cumplan con políticas energéticas, medioambientales o ESG definidas por la organización.

Ejemplos de políticas sostenibles aplicadas con OPA

Restricción de tipos de instancia

```
deny[msg] {  
  
  input.resource.type == "aws_instance"  
  
  input.resource.instance_type == "m5.4xlarge"  
  
  msg := "No se permite usar instancias de alta capacidad sin justificación técnica."  
}
```

Promueve el uso de instancias más pequeñas y eficientes por defecto.

Validación de regiones cloud sostenibles

```
deny[msg] {  
  
  input.resource.region == "us-east-1"  
  
  msg := "La región us-east-1 tiene baja disponibilidad de energía renovable. Usa eu-west-1 si es posible."  
}
```

Fomenta el despliegue en zonas con menor huella de carbono.

Control de almacenamiento infrautilizado

```
deny[msg] {  
  
  input.resource.type == "aws_ebs_volume"  
  
  input.resource.size > 100  
  
  msg := "Evitar volúmenes mayores a 100 GB salvo justificación."  
}
```

Minimiza el consumo innecesario de almacenamiento y energía asociada

Política de apagado automático para entornos de no producción

A través de etiqueta y recursos como Lambda o Azure Automation, se puede validar que se incluye lógica de apagado programado.

Rechazo de recursos no etiquetados ambientalmente

```
deny[msg] {  
  
  not input.resource.tags["carbon_tracking"]  
  
  msg := "Todo recurso debe tener etiquetado de seguimiento de emisiones (carbon_tracking)."  
}
```

Garantiza trazabilidad del impacto ambiental de cada recurso, aunque puede no estar disponible en todas las nubes, debe usarse siendo conscientes de esto.

8.3.2. Herramientas y ecosistema para laC sostenible

Tenemos muchas alternativas para poder medir nuestra sostenibilidad a la vez que hacemos un shift left y prevenimos el uso no deseado de recursos. Las que se presenta a continuación ponen el foco en identificar y prevenir, aunque muchas soluciones de CSPM empiezan a ofrecer marcos de compliance de referencia que seguir a la hora de dar pasos en la dirección correcta con la infraestructura como código.

Herramienta	Funcionalidad	Aplicación en sostenibilidad
Terraform + OPA (Conftest)	Validación de políticas antes del despliegue	Previene despliegues no sostenibles y promueven patrones eficientes
Infracost	Estimación de costes de infraestructura desde IaC	Permite valorar el coste y la eficiencia de cada cambio, incluyendo consumo
Cloud Carbon Footprint (con IaC parser)	Análisis de impacto ambiental por archivo Terraform	Identifica recursos intensivos en carbono antes del despliegue
Terraform Modules con buenas prácticas sostenibles	Reutilización de plantillas optimizadas	Acelera despliegue de infraestructuras con menor impacto
Pulumi + Policy as Code	IaC con soporte para múltiples lenguajes y políticas sostenibles en TypeScript/Python	Facilita validaciones personalizadas energéticas en pipelines DevOps

Recomendaciones para su adopción

- **Establecer políticas de sostenibilidad codificadas como parte del pipeline CI/CD**, usando OPA o herramientas equivalentes.
- **Desarrollar módulos reutilizables con defaults sostenibles** (instancias eficientes, almacenamiento ajustado, tagging ambiental).
- **Incorporar revisiones automáticas de IaC como parte del proceso de code review**, no solo para seguridad o coste, sino también para consumo energético.
- **Educar a los equipos de infraestructura y plataforma en el impacto ambiental de sus decisiones**, incluyendo el rol de regiones, tipos de instancia y patrones de almacenamiento.
- **Realizar auditorías periódicas de infraestructura ya desplegada** para eliminar drift, recursos huérfanos y cargas subutilizadas.



9. RIESGOS ESG - GREENWASHING

- 9.1. RIESGOS DE INCUMPLIR LOS ESG
- 9.2. ¿POR DÓNDE EMPEZAR?
- 9.3. ¿POR DÓNDE SEGUIR?
- 9.4. PREGUNTAS QUE HACER

9.1. Riesgos de incumplir los ESG

En órganos de dirección, es frecuente analizar los riesgos asociados al incumplimiento de los criterios ESG. A continuación, se detallan dichos riesgos en sus principales dimensiones

Los riesgos ambientales derivados del incumplimiento de los ESG incluyen impactos regulatorios, operativos y reputacionales.

Riesgos Ambientales (E)

- **Mayor huella de carbono:** La falta de adopción de una mentalidad verde, el uso de centros de datos ineficientes puede aumentar el consumo energético y las emisiones de CO₂, pudiendo llegar a incumplir regulaciones climáticas de donde estén ubicados los centros de datos.
- **Sanciones regulatorias:** Incumplir normativas como el Pacto Verde Europeo (EU Green Deal)¹, la Directiva de Informes de Sostenibilidad Corporativa (CSRD)² o impuestos al carbono (como el EU Carbon Border Tax³) con sus sanciones asociadas de cada una de las normativas.
- **Daño reputacional:** Los clientes y socios, entre otras partes interesadas, pueden penalizar a organizaciones percibidas con bajo compromiso sostenible.

En el ámbito social, la falta de adherencia a los ESG puede afectar la relación con grupos de interés y la competitividad.

Riesgos Sociales (S)

- **Presión de grupos de interés:** Inversionistas, empleados y clientes priorizan empresas sostenibles. No cumplir con ESG puede afectar la atracción de talento, la lealtad del cliente o, incluso, sufrir acciones de activistas climáticos, dando lugar a una imagen no recomendada.

- **Desventaja competitiva:** Organizaciones con infraestructura en nube sostenible que lo puedan demostrar, pueden ganar más contratos públicos y privados con cláusulas verdes al cumplir unos requisitos que, se espera, ganen en criticidad con el tiempo.

La gobernanza deficiente en materia ESG genera consecuencias como falta de transparencia y mayores costos operativos.

Riesgos de Gobernanza (G)

- **Falta de transparencia:** Si no se reporta el impacto ambiental de la nube (ej.: mediante estándares como GHG Protocol o ISO 14001), puede haber acusaciones de greenwashing, dando una imagen no adecuada.
- **Mayores costos operativos:** La ineficiencia energética en TI genera gastos elevados a largo plazo, mientras que tratamiento correcto de los costes energéticos, a la larga, optimiza recursos y, por tanto, ahorra costes.



Consecuencias adicionales

- **Exclusión de índices sostenibles:** Empresas que claramente incumplen los ESG pueden ser eliminadas de índices como Dow Jones Sustainability Index⁴ (en adelante DJSI) o FTSE4Good⁵, pudiendo llegar a afectar a su valoración bursátil.
- **Dificultad para obtener financiamiento:** Bancos y fondos de inversión priorizan proyectos alineados con criterios ESG (ej.: Préstamos vinculados a sostenibilidad (SLL)⁶ como los destinados a mejora de eficiencia energética).

El concepto de **greenwashing** (lavado en verde o lavado de cara ambiental) es una estrategia de marketing engañosa en la que una empresa u organización exagera, falsifica o distorsiona de forma algo exagerada sus prácticas ambientales para aparentar ser más sostenible de lo que realmente es y tratar de cambiar la percepción de la gente hacia ellos.

Al otro lado está el concepto del **greentrusting**, son las acciones de marketing donde una empresa realmente comprometida que apuesta por la sostenibilidad lo comunica de forma responsable. Un objetivo es buscar una ventaja comercial y reputacional buscando generar confianza. Es lo deseable.

Los informes hechos anualmente muestran lo que se denomina **greenhushing**, un concepto que viene a querer decir que las empresas prefieren no comunicar o minimizar los comunicados sobre sus esfuerzos en sostenibilidad y evitar así repercusiones negativas y posibles críticas.

Este capítulo proporciona herramientas para identificar prácticas engañosas en sostenibilidad a cualquier persona interesada para poder ser parte activa y poder pedir a las organizaciones proveedoras qué es lo que están haciendo realmente en el ámbito de la sostenibilidad. Conviene considerar que, por lo que se ha detectado durante estos años, la ausencia de una norma única, unas medidas más o menos estandarizadas para mostrar, con lo que cada proveedor muestra los números que le son más propicios, ocultando el resto, aunque se está aceptando el protocolo GHG1 como un estándar para la medición de las emisiones.

El objetivo no es señalar a organizaciones proveedoras concretas pues si no todas, casi todas, por alguna razón no hacen las cosas como deberían, aunque hay otras que sí lo hacen, por ejemplo, algunas proveedoras que han afirmado usar energía 100% renovable en sus data centers de una zona concreta, pero estudios independientes detectaron discrepancias en el mix energético real de sus data centers. O que un proveedor que indicó que compensaba sus emisiones con protección de bosques que, se descubrió, que esos ya estaban protegidos según una investigación independiente.

9.2. ¿Por dónde empezar?

La primera recomendación es la de buscar certificaciones de terceros, en la edición del año 2024 del informe Green Cloud ya comentamos algunas de las certificaciones, que junto a las de este año son válidas. Las certificaciones internacionales, auditadas por un tercero neutral suelen una buena referencia.

Hay certificados como los **Renewable Energy Certificates (REC)** usados para rastrear y verificar la energía renovable generada e inyectada en una red eléctrica. Son usados por las empresas de servicios cloud para “demostrar” que compran energía limpia, pero pueden no ser aplicados correctamente. Los certificados de Garantías de origen (GO)

Los **certificados REC** son certificados que indican la generación de MWh eléctrica renovable (solar, eólica, etc.) El problema es que se puede comprar por separado de la energía física, es decir, por ejemplo, se pueden comprar RECs de Noruega para decir que se usan, por ejemplo, en España, donde se utiliza la electricidad generada, mayoritariamente, por carbón.

Los **certificados GO** certifican cada MWh de energía verde generada en la UE. El problema es que estos GO se usan como pago por un “título verde” de una hidroeléctrica antigua, no genera energía nueva, solamente etiqueta la ya existente como energía limpia. Se pueden comprar GOs “baratos” de una empresa nórdica para “lavar” el consumo de energía fósil.

Hay un certificado, **EKOenergy2**, poco usada por las grandes empresas de servicios cloud, por lo riguroso que es. Pro la parte pública en su web se ve bastante extenso y se centra, entre otras cosas, en que la energía verde que se compra es la que se usa en los data center, algo que muchos evitan, o si lo hacen, lo hacen parcialmente.

9.3. ¿Por dónde seguir?

Se está estableciendo el protocolo GHG como una medida estándar de facto para medir y gestionar las emisiones y éste consta de varias partes y consideraciones.

Este protocolo tiene en cuenta que normalmente los informes se centran en parte de las emisiones, las que suelen ser más fáciles de reducir, pero se suele ocultar el resto, por eso este protocolo diferencia 3 ámbitos por los que se puede pedir referencias, estas son:

- **Scope 1:** Emisiones directas. Emisiones que son propiedad de la empresa, un ejemplo son la propia flota de vehículos, los generadores de emergencia que suelen ser de diésel, etc. Este scope suele ser el que más se puede reducir y más se propaga, pero en el entorno cloud suele ser el menos importante, llegando, como mucho, al 5% del total de las emisiones.
- **Scope 2:** Emisiones indirectas. Energía comprada. Suele incluir la energía usada por los data centers. La clave principal es saber el mix energético de la región para saber si el proveedor compra energía verde como la solar o tiene una red alimentada por carbón. Se suele mostrar el valor del data center estrella del proveedor cloud, pero suelen ocultar la del resto, que no tiene un proveedor energético tan limpio. También se suelen comprar algunos certificados verdes para etiquetar la energía usada como “verde” sin cambiar el grid energético.
- **Scope 3:** Otras emisiones indirectas. La oveja negra. Incluye la cadena de suministro, pues estas emisiones provienen, principalmente de la fabricación de servidores, chips, infraestructura, transporte como viajes de empleados, residuos electrónicos o el uso de los productos por parte de los clientes. Este Scope suele influir entre el setenta y el ochenta por ciento de las emisiones totales.

Lo más normal es no declarar estas emisiones, se habla del scope 2 (energía renovable), pero esta parte se suele obviar.

Hay organizaciones proveedoras (no diremos nombre) que se publicitan como 100% renovable (Scope 2), pero en los informes de un año solamente reportó el 11% de sus emisiones como Scope 3, otras tienen Data centers en regiones donde el grid energético está generado a base de carbón y esto no está desagregado en el informe del Scope 3. Solamente por poner algún ejemplo.

9.4. Preguntas que hacer

La idea es dotar de herramientas o una guía para poder preguntar al proveedor cloud y así, al recibir varias peticiones, tratar de forzarle a informar de forma veraz y correcta y que pase del greenwashing al greentrusting.

Las siguientes preguntas permiten evaluar la transparencia del proveedor en materia de sostenibilidad:



Sobre Energía Renovable

- “¿Su ‘100% renovable’ incluye energía consumida en tiempo real, o se basa en compensaciones (RECs/GOs) adquiridas a posteriori?”
- “¿Qué porcentaje de la energía de sus data centers proviene directamente de Power Purchase Agreements (PPA) con granjas eólicas/solares, frente a certificados REC/GO?”
- “¿Publican datos horarios de coincidencia entre su consumo y la generación renovable local (24/7 Carbon-Free Energy)?”



Sobre Emisiones (Scope 1, 2, 3)

- “¿Reportan sus emisiones de Scope 3 (cadena de suministro, hardware, etc.)? Si es así, ¿qué porcentaje representan del total?”

- “¿Cómo reducen las emisiones de la fabricación de sus servidores (minería de metales, transporte, residuos electrónicos)?”
- “¿Compensan emisiones con créditos de carbono? De ser así, ¿usan proyectos de eliminación (ej: captura directa de CO₂) o solo evitación (ej: proteger bosques existentes)?”

Sobre Eficiencia y Diseño Sostenible

- “¿Qué métricas usan para medir la eficiencia energética de sus data centers (PUE, WUE, CUE)?”
- “¿Diseñan hardware modular para alargar su vida útil o reducir residuos electrónicos?”
- “¿Tienen programas de reutilización/reciclaje de servidores?”

Sobre Transparencia y Certificaciones

- “¿Sus informes de sostenibilidad siguen estándares como el GHG Protocol o están auditados por terceros como Science Based Targets initiative (SBTi) ó Carbon Disclosure Project (CDP)?”
- “¿Tienen certificaciones como ISO 14001, LEED Gold/Platinum o el Código de Conducta de la UE para data centers?”
- “¿Publican el mix energético específico de cada región donde operan data centers?”

Sobre Compromisos a Largo Plazo

- “¿Tienen un plan para alcanzar cero emisiones netas (incluyendo Scope 3) antes de 2030? ¿O solo neutralidad de carbono?”
- “¿Invierten en I+D para reducir el consumo energético de la computación en núcleo (ej: chips de bajo consumo, refrigeración líquida)?”
- “¿Exigen a sus proveedores (ej: TSMC, Intel) que usen energía renovable en la fabricación de sus chips?”

Preguntas “trampa” para Identificar Greenwashing

- “¿Pueden demostrar que su crecimiento en capacidad de computación no aumenta su huella de carbono absoluta?” (Si evitan la pregunta, es señal de alarma).
- “¿Han reducido su consumo total de energía año tras año, a pesar de escalar operaciones?” (La mayoría no lo hace).
- “¿Qué porcentaje de sus ingresos destinan a proyectos de energía renovable adicionales (no solo compensaciones)?”

Es muy posible que busquen dar respuestas genéricas o sin responder directamente a la pregunta, para evitar dar una respuesta que sea negativa para la empresa. Esto suele significar que se está ocultando algo y se trata de ocultar con eufemismos. A continuación, algunos posibles ejemplos de respuestas que deberían ser tratados como red flags

- Si dicen algo como **“Usamos offsets para ser neutros en carbono”** Una respuesta así suele esconder que la organización tiene una falta de acción real y no saben o que harán en este tema.
- Si dicen que **“No publicamos datos por región”** suele significar que ocultan el uso de energía fósil en ciertas zonas y lo que muestran es de algún data center, no de la mayoría.
- **“Nuestros RECs cumplen la ley”**. Hay que recordar que cumplir la legalidad no implica buscar una sostenibilidad real, la ley actual no obliga a la sostenibilidad.
- **“Estamos buscando la neutralidad”** esta frase a menudo implica que sus acciones se basan en compensaciones, pero no suele ser que se busca una reducción real.

ANEXO: ESTUDIO DE PROVEEDORES

COMPAÑÍA	PUE 2023	PUE 2024
Alibaba	1.2	1.09
AWS	1.2	1.15
Arsys 1&1	1.2	1.25
Claranet	-	-
Colt Telecom	1.4	-
Digital Ocean	1.1	-
Dune Technology	-	1.2
Google Cloud	-	1.1
HP	1.4	1.04 - 1.4
IBM	1.4	1.46
Microsoft	1.1	1.12
NTT	1.7	-
Oracle Cloud	-	-
Orange	-	1.27
OVH Cloud	1.2	1.29
Telefónica	1.6	1.6
Tencent Cloud	1.2	1.35
Vodafone Cloud	-	-

ALIBABA CLOUD



NOMBRE		
ALIBABA CLOUD		
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS		
PUE PROMEDIO	CONSUMO DE ELECTRICIDAD LIMPIA	REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)
1.2 en los centros de datos autoconstruidos durante el año fiscal 2024, mejorando respecto al 1.215 publicado el año anterior.	56% en sus centros de datos autoconstruidos.	Disminución del 5.0% en las emisiones operativas durante el año fiscal 2024.
OBJETIVOS PUBLICADOS		
<ul style="list-style-type: none"> - Alcanzar la neutralidad de carbono para 2030 en sus operaciones propias. - Implementar el concepto de reducción de emisiones "Scope 3+" para impulsar la descarbonización en su ecosistema de plataformas. 		
OBSERVACIONES ADICIONALES		
Alibaba ha aumentado su consumo de electricidad limpia y ha mejorado la eficiencia energética de sus centros de datos, consolidando su liderazgo en Asia en términos de eficiencia energética.		
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES		
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL	
1.2	1.09	

AMAZON WEB SERVICES (AWS)



NOMBRE	
AMAZON WEB SERVICES	
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS	
PUE PROMEDIO	METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE PUE:
1.15 de PUE promedio, habiendo conseguido 1.04 en el centro de datos más eficiente en Europa, respecto al 1.215 publicado el año anterior.	Basada en los principios reconocidos internacionalmente de la Organización Internacional de Normalización (ISO)
OBJETIVOS PUBLICADOS	
<ul style="list-style-type: none"> - Alcanzar el 100% de energía renovable para 2025, y mantienen el objetivo de alcanzar cero emisiones netas de carbono para 2040. - Mejorar continuamente la eficiencia energética de sus centros de datos mediante nuevas tecnologías y estrategias sostenibles. 	
OBSERVACIONES ADICIONALES	
AWS ha anunciado por primera vez sus cifras de PUE global, destacando su compromiso con la transparencia y la sostenibilidad.	
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES	
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL
1.2	1.15



ARSYS 1&1

NOMBRE			
ARSYS 1&1			
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS			
PUE	SUMINISTRO ENERGÉTICO:	REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO:	CAPACIDAD DEL CENTRO DE DATOS:
El centro de datos de Arsys en Logroño ha alcanzado un PUE medio anual de 1,25 gracias a la implementación de sistemas de Inteligencia Artificial en la monitorización y control de las salas.	Desde 2015, Arsys utiliza energía 100% renovable en su centro de datos, certificada por entidades como RECS International y Bureau Veritas.	La compañía ha logrado reducir un 20% el consumo eléctrico de sus centros de datos, equivalente a unos 500.000 kWh al año.	Tras una ampliación, el centro de datos principal de Arsys tiene capacidad para alojar hasta 15.000 servidores físicos.
OBJETIVOS PUBLICADOS			
Arsys no ha publicado objetivos específicos cuantificables en materia de sostenibilidad. Sin embargo, ha manifestado un compromiso continuo con la eficiencia energética y la reducción de su huella de carbono, implementando medidas como la renovación tecnológica y el uso de hardware eficiente.			
OBSERVACIONES ADICIONALES			
ARSYS realiza una evaluación comparativa basada en métricas verdes como CUE (Carbon Usage Effectiveness), PUE: o WUE (Water Usage Effectiveness).			
<ul style="list-style-type: none"> • Certificaciones: El centro de datos de Arsys cuenta con la certificación Tier III, que garantiza altos estándares de rendimiento, fiabilidad y disponibilidad. • Diseño modular: El diseño modular del centro de datos permite una gestión eficiente del espacio y los recursos, contribuyendo a la sostenibilidad de las operaciones. • Reciclaje y renovación tecnológica: Arsys ha adoptado políticas de reciclaje del hardware según estándares internacionales y realiza renovaciones periódicas de sus equipos para mejorar la eficiencia energética. 			
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES			
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL		
1.2	1.09		



CLARANET

NOMBRE	
CLARANET	
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS	
PUE PROMEDIO	EFICIENCIA ENERGÉTICA
Claranet no ha publicado cifras específicas de PUE para sus centros de datos. Sin embargo, en su centro de datos de Barcelona, se menciona la integración de sistemas de refrigeración eficientes y la optimización del PUE para minimizar el impacto ambiental.	Comprometidos con la sostenibilidad, los centros de datos de Claranet incorporan sistemas de refrigeración energéticamente eficientes y optimización del PUE para reducir el impacto ambiental.
OBJETIVOS PUBLICADOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso con la sostenibilidad: Claranet ha lanzado su iniciativa "GreenOps", una oferta gestionada que utiliza herramientas de vanguardia para ayudar a los clientes a comprender mejor sus emisiones de carbono, mejorar los informes de sostenibilidad en toda su empresa y hacer recomendaciones de reducción de carbono con el apoyo del equipo de expertos de Claranet. 	
OBSERVACIONES ADICIONALES	
<p>GreenOps: Claranet ha anunciado su nueva capacidad "GreenOps", una oferta gestionada que utiliza herramientas de vanguardia para ayudar a los clientes a comprender mejor sus emisiones de carbono, mejorar los informes de sostenibilidad en toda su empresa y hacer recomendaciones de reducción de carbono con el apoyo del equipo de expertos de Claranet.</p> <p>Centros de datos en España: Claranet cuenta con dos centros de datos en Barcelona, donde se encuentran sus oficinas en España. Estos centros de datos, junto con el resto de centros de datos europeos, ofrecen servicios de cloud, hosting y conectividad a clientes de todos los sectores de actividad.</p>	
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES	
No hay evolución respecto al año pasado.	



COLT TELECOM

NOMBRE		
COLT TELECOM		
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS		
PUE PROMEDIO	REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI):	USO DE ENERGÍA RENOVABLE:
Colt DCS se esfuerza por lograr los valores de PUE más bajos posibles en su amplia red de centros de datos en Europa y Asia. Aunque no se especifican cifras exactas en los informes recientes, la empresa sigue directrices estándar para garantizar sistemáticamente la eficiencia energética en cada sitio.	En 2023, Colt DCS redujo sus emisiones globales absolutas de GEI en un 40% en comparación con su año base de 2019, avanzando hacia su objetivo climático de 1,5 grados Celsius para 2030, aprobado por la iniciativa Science-based Targets (SBTi).	La empresa ha logrado un suministro del 100% de electricidad renovable en Europa e India.
OBJETIVOS PUBLICADOS		
Colt Telecom no ha actualizado sus informes con indicadores de sostenibilidad desde el año pasado.		
<ul style="list-style-type: none"> Reducción de emisiones: Colt DCS se ha comprometido a reducir las emisiones absolutas de Alcance 1 y 2 en un 47% y las de Alcance 3 en un 28% para 2030, tomando como referencia el año 2019. Neutralidad de carbono: La empresa tiene como objetivo alcanzar la neutralidad de carbono para 2045. Energía renovable: Planea adquirir energía 100% renovable para todos sus sitios a nivel mundial para 2030. 		
OBSERVACIONES ADICIONALES		
<ul style="list-style-type: none"> Colaboración con proveedores y clientes: Colt DCS está priorizando la colaboración estrecha con sus proveedores y clientes para garantizar la descarbonización en toda su cadena de valor. Certificaciones y reconocimientos: La empresa ha sido reconocida por sus iniciativas de sostenibilidad y servicio al cliente por organizaciones líderes en evaluación comparativa y premios 		
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES		
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL	
1.4	No se especifica un valor exacto en los informes recientes; sin embargo, Colt DCS continúa esforzándose por lograr los valores de PUE más bajos posibles en sus centros de datos.	



DIGITAL OCEAN

NOMBRE	
DIGITAL OCEAN	
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS	
PUE PROMEDIO	USO DE ENERGÍA RENOVABLE:
DigitalOcean no ha publicado cifras específicas de PUE para sus centros de datos.	DigitalOcean se esfuerza por incorporar la sostenibilidad en su negocio siempre que sea posible, desde el desarrollo de productos hasta la selección de centros de datos.
OBJETIVOS PUBLICADOS	
<ul style="list-style-type: none"> Compromiso con la sostenibilidad: DigitalOcean busca incorporar prácticas operativas ambientalmente responsables que beneficien a inversores, clientes, empleados y socios por igual. 	
OBSERVACIONES ADICIONALES	
<ul style="list-style-type: none"> Transparencia: DigitalOcean está comprometido con la transparencia, publicando regularmente informes detallados sobre su impacto ambiental y los pasos tomados hacia la sostenibilidad, pero no llega a publicar en ninguno de sus informes de sostenibilidad objetivos concretos. 	
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES	
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL
1.4	No publicado.



GOOGLE

NOMBRE		
GOOGLE		
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS		
PUE PROMEDIO	ENERGÍA LIBRE DE CARBONO	EMISIONES DE CARBONO
<p>Google ha mantenido un PUE promedio global de 1.10 en sus centros de datos durante el último año, con algunos centros alcanzando valores inferiores a 1.06 en 2024.</p> <ul style="list-style-type: none"> Ver anexo de PUE por campus. 	<p>En 2023, Google logró que el 64% de la energía utilizada en sus centros de datos y oficinas proviniera de fuentes libres de carbono, con diez regiones de red alcanzando al menos un 90% de energía libre de carbono.</p>	<p>A pesar de mantener el 64% de energía libre de carbono, las emisiones de carbono de Google aumentaron un 13% en 2023, debido al crecimiento de la demanda energética, especialmente por las tecnologías de inteligencia artificial.</p>
OBJETIVOS PUBLICADOS		
<ul style="list-style-type: none"> Energía 24/7 libre de carbono: Google se ha comprometido a operar con energía libre de carbono las 24 horas del día, los 7 días de la semana, en todos sus centros de datos y campus para 2030. Neutralidad de carbono (Net-zero carbon): La empresa busca alcanzar emisiones netas cero en todas sus operaciones y cadena de valor para 2030. Gestión del agua (Water stewardship): Google ha apoyado 74 proyectos de gestión del agua en 46 cuencas hidrográficas, con el objetivo de reponer más agua de la que consume. 		
OBSERVACIONES ADICIONALES		
<ul style="list-style-type: none"> Transparencia: Google publica informes detallados sobre sostenibilidad, incluyendo métricas de eficiencia energética y emisiones de carbono. Innovación tecnológica: La empresa utiliza inteligencia artificial y herramientas avanzadas para optimizar el uso de energía y recursos en sus operaciones y cadenas de suministro. 		
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES		
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL	
No disponible.	1.10 (promedio global).	

PUE DE TODA LA FLOTA	PUE TRIMESTRAL	PUE EN LOS ÚLTIMOS 12 MESES
Flota	1.08	1.09

En comparación con la media del sector (1,58), Google publica que sus centros de datos consumen 5,8 veces menos energía por cada unidad de energía de los equipos informáticos.

CAMPUS	PUE TRIMESTRAL	PUE EN LOS ÚLTIMOS 12 MESES
Berkeley County, South Carolina	1.08	1.1
Central Ohio (Columbus), Ohio	1.05	1.06
Central Ohio (Lancaster), Ohio	1.04	
Central Ohio (New Albany), Ohio	1.05	1.07
Changhua County, Taiwan	1.12	1.13
Council Bluffs, Iowa	1.09	1.11
Council Bluffs, Iowa (2nd facility)	1.06	1.07
Douglas County, Georgia	1.08	1.09
Dublin, Ireland	1.08	1.08
Eemshaven, Netherlands	1.07	1.08
Fredericia, Denmark	1.07	1.07
Hamina, Finland	1.09	1.1
Henderson, Nevada	1.08	1.09
Inzai, Japan	1.15	
Jackson County, Alabama	1.09	1.1
Lenoir, North Carolina	1.08	1.13
Loudoun County, Virginia	1.07	1.09
Loudoun County, Virginia (2nd facility)	1.07	1.08
Mayes County, Oklahoma	1.09	1.11
Midlothian, Texas	1.08	1.1
Montgomery County, Tennessee	1.08	1.1
Papillion, Nebraska	1.08	1.09
Quilicura, Chile	1.09	1.09
RLF- New Campus	1.06	
Singapore	1.13	1.13
Singapore (2nd facility)	1.14	1.15
St. Ghislain, Belgium	1.07	1.08
Storey County, Nevada	1.11	1.16
The Dalles, Oregon	1.1	1.1
The Dalles, Oregon (2nd facility)	1.06	1.06



DUNE TECHNOLOGY

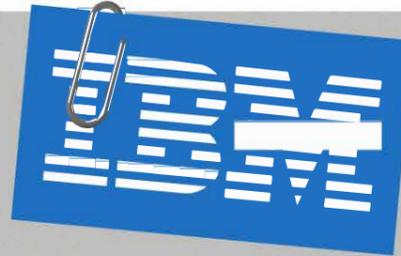
NOMBRE	DUNE TECHNOLOGY
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS	<p>No dispone de indicadores de sostenibilidad generales publicados en su web, aunque sí que en las distintas Webs de sus Centros de Datos por el mundo hacen referencia a los valores deseables para cada uno de ellos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ámsterdan: Por debajo de 1.2 - Hong Kong: Por debajo de 1.3 - Singapur: 1,34 con certificación LEED Gold con verificación independiente a plena potencia del centro de datos. - Londres: Por debajo de 1.2
OBJETIVOS PUBLICADOS	No se han identificado objetivos específicos globales a nivel de compañía.
OBSERVACIONES ADICIONALES	La información pública sobre las prácticas de sostenibilidad y eficiencia energética de Dune Technology es limitada.



HP

NOMBRE	HP	
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS	PUE PROMEDIO	ENERGÍA RENOVABLE
		EMISIONES DE CARBONO
	<p>HP no publica un valor promedio de PUE para sus centros de datos corporativos. Sin embargo, en sus soluciones de centros de datos modulares HP POD (Performance Optimized Datacenter), se han reportado valores de PUE que oscilan entre 1.05 y 1.4, dependiendo de la carga de TI y la ubicación.</p>	<p>HP ha implementado soluciones energéticamente eficientes en sus centros de datos, como diseños que permiten resultados de bajo PUE y alto DCiE (Data Center Infrastructure Efficiency).</p>
		<p>HP se ha comprometido a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de Alcance 1 y 2 en un 65% para 2025, tomando como referencia el año 2015.</p>
OBJETIVOS PUBLICADOS	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de emisiones: Reducir las emisiones de GEI de Alcance 1 y 2 en un 65% para 2025, en comparación con los niveles de 2015. • Neutralidad de carbono: HP busca alcanzar la neutralidad de carbono en toda su cadena de valor para 2040. • Economía circular: Incrementar el uso de materiales reciclados y renovables en sus productos y embalajes. 	
OBSERVACIONES ADICIONALES	<ul style="list-style-type: none"> • Innovación en eficiencia energética: HP ha desarrollado tecnologías como HP Thermal Logic, que permite la gestión dinámica de la energía en los centros de datos, y ha implementado soluciones de virtualización para optimizar el uso de servidores y reducir el consumo energético. • Programas de sostenibilidad: HP ha lanzado programas como HP Amplify Impact, que busca involucrar a sus socios en prácticas sostenibles y responsables. 	
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES	PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL
	1.4	Entre 1.05 y 1.4 en soluciones HP POD, dependiendo de la carga de TI y la ubicación.

IBM



NOMBRE		
IBM		
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS		
PUE PROMEDIO	ENERGÍA RENOVABLE	EMISIONES DE CARBONO
En 2024, IBM reportó un PUE promedio ponderado de 1.43 en sus centros de datos, mejorando un 16.4% en eficiencia de refrigeración respecto al valor base de 1.55 en 2019	En 2023, el 70.6% de la electricidad consumida por IBM a nivel mundial provino de fuentes renovables, acercándose a su objetivo del 75% para 2025.	IBM se comprometió a reducir sus emisiones operativas de gases de efecto invernadero (GEI) en un 65% para 2025, tomando como referencia el año 2010, y alcanzar emisiones netas cero para 2030.
OBJETIVOS PUBLICADOS		
<ul style="list-style-type: none"> Eficiencia energética: Mejorar la eficiencia de refrigeración de los centros de datos en un 20% para 2025, en comparación con 2019. Energía renovable: Alcanzar un 75% de electricidad proveniente de fuentes renovables para 2025 y un 90% para 2030. Emisiones de GEI: Reducir las emisiones operativas de GEI en un 65% para 2025 (base 2010) y lograr emisiones netas cero para 2030. Proyectos de conservación de energía: Implementar al menos 3,000 proyectos de conservación de energía entre 2021 y 2025, evitando el consumo de 275,000 MWh de energía. 		
OBSERVACIONES ADICIONALES		
<ul style="list-style-type: none"> Inversión en sostenibilidad: Según el informe "State of Sustainability Readiness 2024" de IBM, el 88% de los líderes empresariales planean aumentar la inversión en TI para sostenibilidad en los próximos 12 meses. Uso de IA: El 90% de los ejecutivos encuestados creen que la inteligencia artificial tendrá un impacto positivo en la consecución de objetivos de sostenibilidad, aunque el 56% aún no la utiliza activamente para este fin. 		
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES		
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL	
1.4	1.43	

En el informe de 2024, IBM ha continuado con su trayectoria de mejora en sostenibilidad y eficiencia energética, con avances significativos respecto a los datos de 2023. El PUE, que mide la eficiencia en el uso de energía en los centros de datos, ha mejorado aún más, alcanzando un promedio ponderado de 1.46 en 2023 y bajando a 1.43 en 2024. Este progreso demuestra un continuo refinamiento en la eficiencia operativa desde un PUE de 1.55 en 2019. La proporción de electricidad consumida a partir de fuentes renovables también ha visto un incremento sustancial, con un 70.6% en 2023 y aumentando a 72% en 2024. Este aumento es el resultado de la expansión en el uso de energía renovable en nuevos centros de datos y oficinas, manteniendo el esfuerzo para alcanzar el objetivo del 90% para 2030. Las emisiones operativas de GEI también han mostrado una disminución continua, con una reducción del 68.5% en 2023, que se ha acentuado con una reducción adicional al 71% en 2024, reafirmando el compromiso de IBM hacia la neutralidad de carbono para 2030. Sin embargo, el informe de 2024 indica un ligero aumento del 3.4% en las extracciones de agua en regiones con estrés hídrico en 2023, mientras que en 2024 se ha observado una estabilización de estas extracciones, sugiriendo que las iniciativas de conservación están empezando a tener un impacto más equilibrado. Estos datos reflejan la continuidad de IBM en su estrategia de sostenibilidad, con un enfoque renovado en mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental, mientras enfrentan desafíos persistentes en la gestión de recursos hídricos.

MICROSOFT



NOMBRE		
MICROSOFT		
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS		
PUE PROMEDIO	ENERGÍA RENOVABLE	EMISIONES DE CARBONO
Microsoft ha logrado un PUE de 1.12 en sus centros de datos de última generación. La compañía continúa trabajando para acercarse a un PUE de 1 en futuras instalaciones.	Microsoft se ha comprometido a utilizar energía 100% renovable para 2025. En 2023, el 61% de su consumo energético global provino de fuentes renovables.	La empresa mantiene su compromiso de ser carbono negativo para 2030. En 2023, las emisiones de Alcance 1 y 2 se redujeron en un 6.3% respecto al año anterior.
OBJETIVOS PUBLICADOS		
<ul style="list-style-type: none"> Carbono negativo: Microsoft busca eliminar más carbono del que emite para 2030, abordando las emisiones de Alcance 1, 2 y 3. Agua positiva: La compañía se ha propuesto reponer más agua de la que consume para 2030, mediante mejoras en eficiencia y proyectos de restauración. Cero residuos: Microsoft aspira a lograr cero residuos en todas sus operaciones para 2030, implementando prácticas de economía circular. 		
OBSERVACIONES ADICIONALES		
<ul style="list-style-type: none"> Innovación en refrigeración: En agosto de 2024, Microsoft lanzó un diseño de centro de datos que no utiliza agua para la refrigeración, empleando soluciones de enfriamiento a nivel de chip. Transparencia: La empresa publica anualmente su Informe de Sostenibilidad Ambiental, detallando avances y desafíos en sus objetivos medioambientales. 		
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES		
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL	
1.1	1,12 en centros de datos de última generación.	

NTT



NOMBRE		
NTT		
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS		
PUE PROMEDIO	ENERGÍA RENOVABLE	EMISIONES DE CARBONO
NTT no ha publicado un valor promedio de PUE global para 2024. Sin embargo, la empresa está implementando tecnologías de inteligencia artificial para optimizar la eficiencia energética en sus centros de datos, lo que sugiere un enfoque proactivo hacia la mejora del PUE. El último valor PUE publicado fue en 2022 con un PUE medio de 1,72.	En el año fiscal 2023, NTT Global Data Centers logró que el 51% de la energía utilizada en sus centros de datos (excluyendo la carga de TI) proviniera de fuentes renovables. Además, aseguraron 1,7 TWh de energía renovable mediante acuerdos de compra de energía (PPAs) para respaldar su transición hacia operaciones con emisiones netas cero para 2030.	NTT se ha comprometido a alcanzar emisiones netas cero en sus operaciones (alcances 1 y 2) para 2030 y en toda su cadena de valor (alcance 3) para 2040, adelantándose en diez años al cronograma establecido por el Acuerdo de París.
OBJETIVOS PUBLICADOS		
<ul style="list-style-type: none"> Neutralidad de carbono: Alcanzar emisiones netas cero en operaciones para 2030 y en toda la cadena de valor para 2040. Energía renovable: Utilizar 100% de energía renovable en sus centros de datos para 2030. Eficiencia energética: Mejorar la eficiencia energética mediante la implementación de tecnologías de inteligencia artificial para optimizar el enfriamiento y reducir el consumo energético. 		
OBSERVACIONES ADICIONALES		
<ul style="list-style-type: none"> Innovación en enfriamiento: NTT está avanzando en tecnologías de enfriamiento impulsadas por inteligencia artificial para optimizar la eficiencia energética en sus centros de datos. Reutilización de calor: En Alemania, NTT está reutilizando 2 MW de calor residual para suministrar calefacción y agua caliente a más de 1,000 edificios en el distrito comercial Marienpark de Berlín, con planes futuros para expandir esta iniciativa y extraer hasta 37 MW de salida térmica del campus en total. 		
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES		
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL	
1,7 (Publicado en 2022)	No se ha publicado un valor específico para 2024	

ORACLE CLOUD



NOMBRE		
ORACLE CLOUD		
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS		
PUE PROMEDIO	ENERGÍA RENOVABLE	EMISIONES DE CARBONO
Oracle no ha publicado un valor promedio de PUE global para 2024. Sin embargo, en su documento "Build a Sustainable Future with Oracle Cloud Infrastructure" se menciona que los proveedores de servicios en la nube han optimizado el uso de energía en sus centros de datos para acercarse a un PUE de 1.0, siendo este el objetivo ideal.	En 2023, el 86% del consumo energético global de Oracle Cloud Infrastructure (OCI) provino de fuentes renovables. Además, el 100% de los centros de datos de OCI en Europa y América Latina utilizan energía renovable. Oracle tiene como objetivo alcanzar el 100% de uso de energía renovable en todas sus operaciones, incluida Oracle Cloud, para 2025.	Oracle se ha comprometido a alcanzar emisiones netas cero para 2050.
OBJETIVOS PUBLICADOS		
<ul style="list-style-type: none"> Energía renovable: Alcanzar el 100% de uso de energía renovable en todas las operaciones, incluida Oracle Cloud, para 2025. Emisiones netas cero: Lograr emisiones netas cero para 2050. Proveedores sostenibles: Asegurar que el 100% de los proveedores clave tengan un programa ambiental en marcha y que el 80% tengan objetivos de reducción de emisiones establecidos. 		
OBSERVACIONES ADICIONALES		
<ul style="list-style-type: none"> Oracle Fusion Cloud Sustainability: En septiembre de 2024, Oracle presentó Oracle Fusion Cloud Sustainability, una nueva aplicación dentro de Oracle Fusion Cloud Applications Suite que ayuda a las organizaciones a gestionar y reportar eficazmente sobre sus iniciativas de sostenibilidad. Esta herramienta proporciona un marco flexible para capturar y analizar datos críticos de sostenibilidad, mejorando la generación de informes, ampliando los insights y acelerando el progreso hacia los objetivos medioambientales. Oracle Cloud EPM for Sustainability: Oracle también ha anunciado Oracle Cloud EPM for Sustainability, una solución incluida en Oracle Fusion Cloud Enterprise Performance Management (EPM) que ayuda a las organizaciones a medir y gestionar eficazmente las iniciativas de sostenibilidad. Esta herramienta permite a los líderes empresariales planificar, realizar el seguimiento y presentar información sobre las iniciativas y cumplir con las nuevas normas de información de manera eficaz. 		
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES		
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL	
No disponible	No se ha publicado un valor específico para 2024; sin embargo, Oracle indica que sus centros de datos están optimizados para acercarse a un PUE de 1.0.	



ORANGE

NOMBRE		
ORANGE		
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS		
PUE PROMEDIO	ENERGÍA RENOVABLE	EMISIONES DE CARBONO
Orange ha reportado un PUE promedio de 1.27 en sus centros de datos en Noruega y Suecia en 2023, destacando su compromiso con la eficiencia energética en estas instalaciones.	Orange ha firmado acuerdos de compra de energía (PPAs) con proveedores como Boralex, Engie y TotalEnergies para abastecer sus centros de datos con electricidad proveniente de fuentes renovables.	Entre 2015 y 2023, Orange logró una reducción del 37% en sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los alcances 1 y 2, superando su objetivo inicial del 30% para 2025.
OBJETIVOS PUBLICADOS		
<ul style="list-style-type: none"> Neutralidad de carbono: Orange se ha comprometido a alcanzar emisiones netas cero para 2040, adelantándose en diez años al objetivo establecido por la GSMA. Reducción de emisiones: Reducir las emisiones de GEI en un 45% en todos los alcances (1, 2 y 3) para 2030, en comparación con los niveles de 2020. 		
OBSERVACIONES ADICIONALES		
<ul style="list-style-type: none"> Certificaciones: Orange Business ha obtenido las certificaciones ISO 14001 e ISO 50001, reflejando su compromiso con la gestión ambiental y la eficiencia energética. Iniciativas de sostenibilidad: La empresa ha implementado el programa "Green Act" para reducir su huella ambiental y apoyar la transformación digital sostenible de sus clientes. No han publicado memoria de sostenibilidad en 2024, siendo la última memoria completa publicada la de 2023. 		
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES		
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL	
No disponible.	1.27 en centros de datos en Noruega y Suecia.	



OVH CLOUD

NOMBRE		
OVH CLOUD		
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS		
PUE PROMEDIO	ENERGÍA RENOVABLE	EMISIONES DE CARBONO
OVHcloud reporta un PUE promedio de 1.29 en sus centros de datos, con valores que oscilan entre 1.1 y 1.3, dependiendo de la ubicación y tecnología implementada.	La compañía ha implementado estrategias para mejorar el uso de recursos y aumentar la proporción de energía renovable en sus operaciones, como parte de su compromiso con la sostenibilidad.	OVHcloud se ha comprometido a alcanzar la neutralidad de carbono para 2030, implementando estrategias a corto, medio y largo plazo para reducir su huella de carbono.
OBJETIVOS PUBLICADOS		
<ul style="list-style-type: none"> Neutralidad de carbono: Alcanzar emisiones netas cero para 2030, mediante mejoras en el uso de recursos, aumento de energía renovable y adopción de tecnologías sostenibles. Eficiencia energética: Continuar optimizando la eficiencia energética de sus centros de datos, manteniendo un PUE competitivo en la industria. 		
OBSERVACIONES ADICIONALES		
<ul style="list-style-type: none"> Innovación en refrigeración: OVHcloud ha implementado sistemas de refrigeración por agua y aire exterior en sus centros de datos, lo que permite una mayor eficiencia energética y reducción del consumo eléctrico. Expansión global: La compañía ha inaugurado nuevos centros de datos en diversas regiones, incluyendo Sidney, donde se ha implementado un sistema de refrigeración innovador que utiliza una cantidad mínima de agua para enfriar los servidores, mejorando significativamente la eficiencia energética. 		
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES		
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL	
1.2	1.29 (promedio en 2024).	



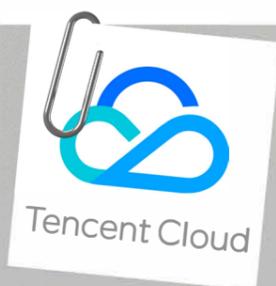
TELEFÓNICA

NOMBRE	
TELEFÓNICA	
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS	
PUE PROMEDIO	
Telefónica no ha publicado un valor promedio de PUE global para 2024. Sin embargo, la compañía ha implementado mejoras en la eficiencia energética de sus infraestructuras, incluyendo la optimización de más de 10 edificios en España durante 2024 en colaboración con Vertiv.	
OBJETIVOS PUBLICADOS	
<ul style="list-style-type: none"> Ver siguiente página 	
OBSERVACIONES ADICIONALES	
<ul style="list-style-type: none"> Optimización energética: Durante 2024, Telefónica, en colaboración con Vertiv, ha continuado optimizando más de 10 edificios en España, incluyendo ubicaciones en Madrid, Barcelona, Zaragoza, Coruña, Málaga y Valencia, para mejorar la eficiencia energética de sus infraestructuras. Centro de Datos de Alcalá: El Data Center de Telefónica en Alcalá de Henares es uno de los mayores centros de procesamiento de datos del mundo, proporcionando servicios de hosting y housing para sus clientes. 	
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES	
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL
1.6	No se ha publicado un valor específico para 2024; sin embargo, la empresa ha implementado mejoras en eficiencia energética en sus infraestructuras



TELEFÓNICA

NOMBRE																																									
TELEFÓNICA																																									
OBJETIVOS PUBLICADOS																																									
<p>Los objetivos específicos fijados por Telefónica en su ruta hacia el cero neto en 2040, el plan de descarbonización de Telefónica considera objetivos a corto, medio y largo plazo.</p>																																									
	<table border="1"> <tr> <th>Objetivo</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2040</th> </tr> <tr> <td>Reducción de emisiones de alcance 1 y 2</td> <td>-90%</td> <td>-90%</td> <td>-90%</td> </tr> <tr> <td>Reducción de emisiones de alcance 2</td> <td>-20%</td> <td>-54%</td> <td>-90%</td> </tr> <tr> <td>Compensación/Neutralización</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> </table>	Objetivo	2025	2030	2040	Reducción de emisiones de alcance 1 y 2	-90%	-90%	-90%	Reducción de emisiones de alcance 2	-20%	-54%	-90%	Compensación/Neutralización	100%	100%	100%																								
	Objetivo	2025	2030	2040																																					
Reducción de emisiones de alcance 1 y 2	-90%	-90%	-90%																																						
Reducción de emisiones de alcance 2	-20%	-54%	-90%																																						
Compensación/Neutralización	100%	100%	100%																																						
<p>Siendo éste su progreso actual:</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>2022</th> <th>2023</th> <th>Objetivo</th> <th>Progreso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reducción de las emisiones totales</td> <td>51%</td> <td>51%</td> <td>90% en 2040</td> <td>57%</td> </tr> <tr> <td>Reducción de las emisiones de alcance 1 y 2</td> <td>80%</td> <td>81%</td> <td>90% en 2030</td> <td>90%</td> </tr> <tr> <td>Reducción de las emisiones de alcance 2</td> <td>32%</td> <td>31%</td> <td>54% en 2030</td> <td>58%</td> </tr> <tr> <td>Reducción de las emisiones de alcance 1 y 2 (energías limpias)</td> <td>94%</td> <td>95%</td> <td>90% en 2025</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Compensación de las emisiones restantes de alcance 1 y 2 (energías limpias)</td> <td>61%</td> <td>65%</td> <td>100% en 2025</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Electricidad renovable en instalaciones propias</td> <td>82%</td> <td>84%</td> <td>100% en 2030</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Mejora del consumo de energía por unidad de tráfico (eficiencia energética)</td> <td>87%</td> <td>89%</td> <td>90% en 2025</td> <td>97%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	2022	2023	Objetivo	Progreso	Reducción de las emisiones totales	51%	51%	90% en 2040	57%	Reducción de las emisiones de alcance 1 y 2	80%	81%	90% en 2030	90%	Reducción de las emisiones de alcance 2	32%	31%	54% en 2030	58%	Reducción de las emisiones de alcance 1 y 2 (energías limpias)	94%	95%	90% en 2025	100%	Compensación de las emisiones restantes de alcance 1 y 2 (energías limpias)	61%	65%	100% en 2025	100%	Electricidad renovable en instalaciones propias	82%	84%	100% en 2030	100%	Mejora del consumo de energía por unidad de tráfico (eficiencia energética)	87%	89%	90% en 2025	97%
Categoría	2022	2023	Objetivo	Progreso																																					
Reducción de las emisiones totales	51%	51%	90% en 2040	57%																																					
Reducción de las emisiones de alcance 1 y 2	80%	81%	90% en 2030	90%																																					
Reducción de las emisiones de alcance 2	32%	31%	54% en 2030	58%																																					
Reducción de las emisiones de alcance 1 y 2 (energías limpias)	94%	95%	90% en 2025	100%																																					
Compensación de las emisiones restantes de alcance 1 y 2 (energías limpias)	61%	65%	100% en 2025	100%																																					
Electricidad renovable en instalaciones propias	82%	84%	100% en 2030	100%																																					
Mejora del consumo de energía por unidad de tráfico (eficiencia energética)	87%	89%	90% en 2025	97%																																					
<p>Desde el año 2015, la Compañía ha disminuido el 51% de sus emisiones totales gracias a la implementación de medidas concretas de reducción de emisiones. En el siguiente gráfico se puede ver la evolución de dichas medidas</p>																																									



TENCENT CLOUD

NOMBRE		
TENCENT CLOUD		
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS		
PUE PROMEDIO	ENERGÍA RENOVABLE	EMISIONES DE CARBONO
Tencent Cloud ha logrado reducir el PUE de sus centros de datos propios a un valor igual o inferior a 1.35, gracias a la implementación de su tecnología de cuarta generación T-Block y la optimización mediante inteligencia artificial.	En 2024, Tencent aumentó la proporción de energía renovable utilizada en sus operaciones al 22%, frente al 12.4% en 2023.	La compañía se ha comprometido a alcanzar la neutralidad de carbono en sus operaciones y cadena de suministro para 2030, con objetivos de reducción del 70% en emisiones de Alcance 1 y 2, y del 30% en Alcance 3, tomando 2021 como año base.
OBJETIVOS PUBLICADOS		
<ul style="list-style-type: none"> Neutralidad de carbono: Alcanzar emisiones netas cero en operaciones y cadena de suministro para 2030. Energía renovable: Utilizar un 100% de energía renovable en todas sus operaciones para 2030. Eficiencia energética: Continuar mejorando la eficiencia energética de sus centros de datos mediante tecnologías avanzadas y optimización con inteligencia artificial. 		
OBSERVACIONES ADICIONALES		
<ul style="list-style-type: none"> Innovación en centros de datos: Tencent ha desarrollado tecnologías propias como los centros de datos modulares T-Block y sistemas de gestión inteligente de infraestructuras (DCIM) para mejorar la eficiencia energética. Reutilización de energía: En su centro de datos de Tianjin, Tencent ha implementado un programa piloto para recuperar calor residual y utilizarlo en la calefacción de edificios de oficinas durante el invierno, logrando una reducción anual de consumo equivalente a aproximadamente 1,620 toneladas de carbón estándar. 		
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES		
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL	
1.2	≤1.35	



VODAFONE CLOUD

NOMBRE	
VODAFONE CLOUD	
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PUBLICADOS	
<ul style="list-style-type: none"> Vodafone España publica su Informe Integrado, realizado en periodos que comprenden de marzo de un año a marzo del siguiente. Los últimos datos publicados corresponden al periodo: marzo 2023 a marzo 2024. El Informe se puede consultar aquí: https://www.vodafone.es/c/statics/informe_integrado2023_24.pdf En el resumen ejecutivo se pueden ver de forma gráfica los objetivos. Consultable aquí: https://www.vodafone.es/c/statics/resumen_ejecutivo_2224.pdf 	
OBJETIVOS PUBLICADOS	
<ul style="list-style-type: none"> Neutralidad de carbono: Vodafone se ha comprometido a alcanzar emisiones netas cero en sus operaciones para 2030 y en toda su cadena de valor para 2040, con una reducción absoluta de al menos el 90% en las emisiones de alcance 1, 2 y 3 para 2040. Energía renovable: La empresa tiene como objetivo utilizar energía 100% renovable en todas sus operaciones globales para 2025. 	
OBSERVACIONES ADICIONALES	
<ul style="list-style-type: none"> Programa "re.connected": Vodafone ha lanzado el programa "re.connected", centrado en reducir emisiones, reutilizar dispositivos y restaurar entornos naturales en el Reino Unido. Colaboración con Microsoft: Vodafone ha establecido una asociación estratégica de diez años con Microsoft para ofrecer servicios en la nube y soluciones de inteligencia artificial, lo que podría tener implicaciones en la eficiencia energética y sostenibilidad de sus servicios en la nube. 	
COMPARACIÓN DATOS ANTERIORES	
PUE ANTERIOR	PUE ACTUAL
No disponible	No se ha publicado un valor específico para 2024; sin embargo, Vodafone indica que sus soluciones de colocación más eficientes reducen el consumo eléctrico en comparación con la eficiencia energética promedio regional de los centros de datos, gracias a un PUE mejorado.

REFERENCIAS

Accelerating Sustainability with AI: A Playbook. Amy Luers et al. (Microsoft). Microsoft Research, noviembre 2023. <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2023/11/16/accelerating-sustainability-ai-playbook/>

Accelerating Sustainability with AI: A Playbook. Amy Luers et al. (Microsoft). Microsoft Research, noviembre 2023. https://msblogs.thesourcemediaassets.com/sites/5/2023/11/Microsoft_Accelerating-Sustainability-with-AI-A-Playbook-1.pdf

Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos. (s.f.). ENERGY STAR. <https://www.energystar.gov>

Algoritmos Verdes. (s.f.). Algoritmos Verdes. 17 de junio de 2025, de <https://algoritmosverdes.gob.es/>

Alibaba Group. (2024). Alibaba Group 2024 ESG report. <https://www.alibabagroup.com/document-1752073403914780672>

Alibaba Group. (s.f.). Alibaba ESG portal. <https://www.alibabagroup.com/en-US/esg>

Alibaba Group. (s.f.). Last ESG report. <https://www.alibabagroup.com/en-US/esg?trk=test>

Amazon Web Services. (n.d.). Energy transition. <https://aws.amazon.com/es/energy/transition1>

Amazon Web Services. (n.d.). Sustainability Data Fabric. <https://aws.amazon.com/solutions/sustainability/sustainability-data-fabric/>

Amazon. (n.d.). The Climate Pledge. <https://www.aboutamazon.com/planet/climate-pledge>

Arsys. (s.f.). Sostenibilidad. <https://www.arsys.es/quienes-somos/sostenibilidad>

BREEAM España. (n.d.). BREEAM: Certificación de construcción sostenible. <https://breeam.es>

Call to make tech firms report data centre energy use as AI booms. The Guardian, 7 febrero 2025. <https://www.theguardian.com/technology/2025/feb/07/call-to-make-tech-firms-report-data-centre-energy-use-as-ai-booms>

CDP. (2023). CDP Climate Change Reports. <https://www.cdp.net/>

Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. (s.f.). Centro Común de Investigación (JRC). <https://ec.europa.eu/jrc/>

Claranet. (s.f.). Claranet takes net zero to its customers with “GreenOps” launch. <https://www.claranet.com/uk/news/claranet-takes-net-zero-its-customers-greenops-launch/>

Claranet. (s.f.). Nuestros data centers en Barcelona, Madrid, Londres, París.... <https://www.claranet.com/es/data-center-barcelona>

Colt Data Centres Services. (2024). Colt DCS sustainability highlights report 2023. <https://www.coltdacentres.net/en-GB/press-releases/data-centres/2024/06/2023-sustainability-highlights>

Colt Data Centres Services. (s.f.). Energy efficiency at Colt DCS [PDF]. <https://www.coltdacentres.net/en-GB/sustainability/sustainability-matters>

Colt Technology Services. (2024). Colt Group sustainability report 2023. Recuperado de <https://www.coltdacentres.net/en-GB/our-locations/data-centre-fundamentals/-/media/Files/guides/colt-dcs-wp-power-efficiency-pue-3.pdf>

Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. (2022, 28 de noviembre). ¿Cómo medir la huella de carbono “digital”? <https://blog.cnmc.es/2022/11/28/como-medir-la-huella-de-carbono-digital/>

Data Center Dynamics. (s.f.). Arsys ha obtenido la certificación ISO 14001 por su compromiso medioambiental. <https://www.datacenterdynamics.com/es/noticias/arsys-ha-obtenido-la-certificaci%C3%B3n-iso-14001-por-su-compromiso-medioambiental/>

Data Center Market. (s.f.). Iberdrola suministrará energía renovable a los CPD de Arsys. <https://www.datacentermarket.es/sostenibilidad/iberdrola-suministrara-energia-renovable-a-los-cpd-de-arsys/>

Data Centers. (s.f.). Claranet: Barcelona Data Center. <https://www.datacenters.com/claranet-barcelona>

Dell Technologies: Developing An End-to-End Approach to Sustainable AI. Curtis Price (IDC). Spotlight Paper, Dell Inc., septiembre 2024. <https://www.dell.com/en-us/blog/an-end-to-end-approach-to-sustainability-in-the-ai-era/>

DigitalOcean. (s.f.). ESG - Environmental. <https://investors.digitalocean.com/esg/esg-environmental/default.aspxinvestors.digitalocean.com+2investors.digitalocean.com+2investors.digitalocean.com+2>

EKOenergy. (2023). EKOenergy label for renewable energy. <https://www.ekoenergy.org/>

European Commission. (2025). State of the Digital Decade 2025. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/state-digital-decade-2025-report>

European Commission. (n.d.). The EU Cybersecurity Act. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14578-The-EU-Cybersecurity-Act_en

European Environment Agency. (2025). ETC CE Report 2025/8 – A just transition to circular economy. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-ce/products/etc-ce-report-2025-8-a-just-transition-to-circular-economy>

European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). (n.d.). Public consultation on specifications for EUCC certification under the EUCC scheme. <https://www.enisa.europa.eu/publications/public-consultation-on-specifications-for-euicc-certification-under-the-eucc-scheme>

Facilities Dive. (2024). Microsoft leans on PPAs. <https://www.facilitiesdive.com/news/microsoft-environmental-sustainability-report-facilities-decarbonization/697472>

Ferrovial. (s.f.). Data center de Telefónica. <https://www.ferrovial.com/es-es/negocio/proyectos/data-center-telefonica/Ferrovial>

FM Link. (2024, abril 10). NRDC data center report: up to 30% of servers no longer used yet consume vast amounts of energy. <https://www.fmlink.com/articles/nrdc-data-center-report-up-to-30-of-servers-no-longer-used-yet-consume-vast-amounts-of-energy/>

Futunn. (2024). Environmental, social and governance report 2024. <https://news.futunn.com/en/notice/304202250/environmental-social-and-governance-report-2024>

Future-Proofing the Cloud: Sustainable Computing Strategies for Executives. Shakudo. White Paper, octubre 2024. <https://www.shakudo.io/blog/llm-fine-tuning-domain-specific-ai-excellence>

GESAB. (s.f.). Arsys mejora hasta el 1.35 el PUE de su data center. <https://gesab.com/it/noticias/arsys-mejora-hasta-el-1-35-el-pue-de-su-data-center/>

Global Omnium y Telefónica Tech se unen con Google Cloud para impulsar un nuevo salto tecnológico en el agua gracias a la IA. Cadena SER, 23 abril 2025. <https://cadenaser.com/comunitat-valencia/2025/04/23/global-omnium-y-telefonica-tech-se-unen-con-google-cloud-para-impulsar-un-nuevo-salto-tecnologico-en-el-agua-gracias-a-la-ia-radio-valencia/>

Global Optimism. (n.d.). Global Optimism. <https://www.globaloptimism.com>

Google. (s.f.). Sustainability reports. <https://sustainability.google/reports/>

Google Cloud. (s.f.). Google Cloud sustainability. <https://cloud.google.com/sustainability>

Google. (2024). Google's 2024 environmental report. <https://sustainability.google/reports/google-2024-environmental-report/>

GreenBiz. (2025). Circularity 2025: Scaling circular cloud infrastructure. <https://www.greenbiz.com>

Greenpeace USA. (2023). Clicking Clean: Who is winning the race to build a green internet? <https://www.greenpeace.org/usa/reports/click-clean/>

HddClub. (s.f.). DigitalOcean's commitment to sustainability. <https://hddclub.us/digitaloceans-commitment-to-sustainability/>

HP. (s.f.). Sustainable Impact: Documents & Reports. <https://www.hp.com/us-en/sustainable-impact/document-reports.html>

HP. (s.f.). Green tech: Sustainable innovation. <https://www.hp.com/us-en/shop/tech-takes/hp-green-computing-initiative-overview>

HP. (s.f.). Impacto sostenible | HP® España. <https://www.hp.com/es-es/sustainable-impact.html>

HP. (s.f.). HP Performance Optimized Datacenter. En Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/HP_Performance_Optimized_Datacenter

HP. (s.f.). ¿Establece HP metas y objetivos de rendimiento medioambiental para sus operaciones?. <https://sustainability.ext.hp.com/es/support/solutions/articles/35000064537--establece-hp-metas-y-objetivos-de-rendimiento-medioambiental-para-sus-operaciones>

IBM. (s.f.). Energy and climate. <https://www.ibm.com/sustainability/environmental/energy-climate>

IBM. (s.f.). Environmental goals. <https://www.ibm.com/sustainability/environmental>

IBM. (2024). State of sustainability readiness report 2024. <https://www.ibm.com/think/reports/sustainability-readiness>

International Energy Agency. (2024, octubre). World Energy Outlook 2024 Free Dataset. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-outlook-2024-free-dataset>

International Energy Agency. (2024, octubre). World Energy Outlook 2024. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>

International Energy Agency. (2025). Data centres and energy: 2025 outlook. <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-energy-2025>

ISMS Forum. (2024). Estudio Green Cloud [PDF]. <https://master.ismsforum.es/wp-content/uploads/2024/09/estudio-green-cloud1663784543.pdf>

ISMS Forum. (2024). III Estudio Green Cloud [PDF]. <https://master.ismsforum.es/wp-content/uploads/2024/09/green-cloud-plantilla-2024-final-1.pdf>

ISMS Forum. (2024). II Estudio Green Cloud [PDF]. <https://master.ismsforum.es/wp-content/uploads/2024/09/ii-estudio-green-cloud1705480911.pdf>

ISMS Forum. (s.f.). Pacto de ciberseguridad sostenible [Presentación en Figma]. <https://www.figma.com/deck/spymxEdBdpSoKQMgVc4po5/Pacto-de-Ciberseguridad-Sostenible?node-id=17-145&t=g-DEYNyELk3gU5vVK-1>

Joint Research Centre. (n.d.). European Commission: Joint Research Centre (JRC). <https://ec.europa.eu/jrc/>

Kleiminger, W., Beck, M., & Santini, S. (2020). Cost and energy trade-offs in cloud sustainability. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 27, 100412. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2020.100412>

Masanet, E., Shehabi, A., Ramakrishnan, L., Liang, J., Ma, X., Walker, B., Hendrix, V., & Mantha, P. (2013).

The energy efficiency potential of cloud-based software: A U.S. case study. Lawrence Berkeley National Laboratory. https://crd.lbl.gov/assets/pubs_presos/ACS/cloud_efficiency_study.pdf

Microsoft. (2024). Sustainability report 2024. <https://www.microsoft.com/en-us/corporate-responsibility/sustainability/report>

Microsoft. (s.f.). Measuring energy and water efficiency for Microsoft datacenters. <https://datacenters.microsoft.com/sustainability/efficiency/>

Microsoft. (2024, diciembre 9). Sustainable by design: Next-generation datacenters consume zero water for cooling. <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-cloud/blog/2024/12/09/sustainable-by-design-next-generation-datacenters-consume-zero-water-for-cooling/>

Microsoft. (2024). 2024 environmental sustainability report: Data fact sheet. <https://cdn-dynmedia-1.microsoft.com/is/content/microsoftcorp/microsoft/msc/documents/presentations/CSR/2024-Environmental-Sustainability-Report-Data-Fact.pdf>

Microsoft. (2024, julio 12). Microsoft leans on PPAs to decarbonize facilities. <https://www.facilitiesdive.com/news/microsoft-environmental-sustainability-report-facilities-decarbonization/697472>

NTT DATA. (s.f.). Anuncia su primer informe de sostenibilidad para su división global de centros de datos. <https://services.global.ntt/en-US/newsroom/ntt-data-announces-first-sustainability-report-for-its-global-data-centers-division>

NTT DATA. (2024). Informe de sostenibilidad de NTT DATA 2024. <https://www.nttdata.com/global/en/about-us/sustainability/report>

NTT DATA. (s.f.). Datos medioambientales de NTT DATA Group. <https://www.nttdata.com/global/en/about-us/sustainability/esg-data/environment-data>

Nuevecuatrouno. (2023, enero 25). Un certificado avala el compromiso medioambiental de Arsys. <https://nuevecuatrouno.com/2023/01/25/empresas-arsys-certificado-compromiso-medioambiental/>

Oracle. (s.f.). Sustainability. <https://www.oracle.com/sustainability/>

Oracle. (s.f.). Clean Cloud OCI – Data sheet. <https://www.oracle.com/a/ocom/docs/corporate/citizenship/clean-cloud-oci.pdf>

Oracle. (2024, septiembre 11). Oracle helps customers accelerate progress on sustainability initiatives. <https://www.oracle.com/news/announcement/ocw24-oracle-helps-customers-accelerate-progress-on-sustainability-initiatives-2024-09-11/>

Oracle. (2024, marzo 14). Oracle helps organizations effectively manage sustainability initiatives. <https://www.oracle.com/es/news/announcement/oracle-helps-organizations-effectively-manage-sustainability-initiatives-2024-03-14/>

Oracle. (s.f.). Build a sustainable future with Oracle Cloud Infrastructure. <https://www.oracle.com/a/ocom/docs/cloud/sustainable-future-with-oci.pdf>

Orange Business. (s.f.). Digital Services – Environmental commitment. <https://digital.orange-business.com/en-en/environmental-commitment>

Orange. (s.f.). Net zero carbon by 2040. <https://www.orange.com/en/commitments/to-the-environment/net-zero-carbon-by-2040>

Orange. (s.f.). 2040 roadmap: Are we on track?. <https://www.orange.com/en/commitments/orange-commitment/to-the-environment/2040-roadmap-are-we-track>

Orange. (s.f.). Two new data centers. <https://newsroom.orange.com/two-new-orange-data-centers/>

Orange Business. (s.f.). Helping the environment. <https://www.orange-business.com/en/corporate/corporate-social-responsibility/helping-the-environment>

Orange Business. (s.f.). Digital Services – Environmental commitment. <https://digital.orange-business.com/en-en/environmental-commitment>

Orange. (s.f.). Net zero carbon by 2040. <https://www.orange.com/en/commitments/to-the-environment/net-zero-carbon-by-2040>

Orange. (s.f.). 2040 roadmap: Are we on track?. <https://www.orange.com/en/commitments/oranges-commitment/to-the-environment/2040-roadmap-are-we-track>

Orange. (s.f.). Two new data centers. <https://newsroom.orange.com/two-new-orange-data-centers/>

Orange Business. (s.f.). Helping the environment. <https://www.orange-business.com/en/corporate/corporate-social-responsibility/helping-the-environment>

OVHcloud. (s.f.). Compromiso con la sostenibilidad. <https://corporate.ovhcloud.com/en/sustainability/>

OVHcloud. (2024). Data centers and the cloud (Whitepaper 2024). https://us.ovhcloud.com/sites/default/files/external_files/ovhcloud-white-paper-data-centers-and-cloud-2024-v2.pdf

OVHcloud. (2024). Estrategias para un ecosistema digital sostenible. https://corporate.ovhcloud.com/sites/default/files/2024-12/carbon_balance_2024_ovhcloud-en.pdf

OVHcloud. (2024). Informe de sostenibilidad 2024. https://corporate.ovhcloud.com/sites/default/files/2024-12/carbon_balance_2024_ovhcloud-en.pdf

OVHcloud. (2024, mayo). Apertura de nuevo centro de datos en Sídney. <https://datacentrereview.com/2024/05/ovhcloud-opens-new-sydney-site/>

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2024, 13 de junio). Directiva (UE) 2024/1760 sobre diligencia debida de las empresas en materia de sostenibilidad. Diario Oficial de la Unión Europea. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2024-81037>

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2024, 28 de febrero). Directiva (UE) 2024/825, por la que se modifican las Directivas 2005/29/CE y 2011/83/UE en lo que respecta al empoderamiento de los consumidores para la transición ecológica. Diario Oficial de la Unión Europea. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2024-80326>

RepRisk. (2023). A turning tide in greenwashing? Exploring the first decline in six years. <https://www.reprisk.com/research-insights/reports/a-turning-tide-in-greenwashing-exploring-the-first-decline-in-six-years>

Rong, C., Xiong, N., & Liu, Z. (2021). Standardization challenges for green cloud computing. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124345. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124345>

RTS. (n.d.). ¿Qué es la certificación LEED? Retrieved April 11, 2025, from <https://www.rts.com/resources/guides/what-is-leed-certification/>

RTS. (n.d.). Edificios con certificación LEED: Guía de ventajas y proceso. Retrieved April 11, 2025, from <https://www.rts.com/blog/leed-certified-buildings/>

Shehabi, A., et al. (2016). United States data center energy usage report. Lawrence Berkeley National Laboratory. <https://eta.lbl.gov/publications/united-states-data-center-energy-usage>

Smith, B. (2020, 16 de enero). Microsoft will be carbon negative by 2030. Microsoft Blogs. Recuperado de <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030>

Swissinfo. (2025, 10 de abril). La demanda de electricidad para los centros de datos se duplicará con creces a causa de la IA. <https://www.swissinfo.ch/spa/la-demanda-de-electricidad-para-los-centros-de-datos-se-duplicar%C3%A1-con-creces-a-causa-de-la-ia/89142906>

Telefónica. (2022). Plan de acción climática de Telefónica [PDF]. Recuperado de <https://www.telefonica.com/es/wp-content/uploads/sites/4/2022/03/plan-accion-climatica-telefonica.pdf>

Telefónica. (2024). Informe de gestión y sostenibilidad 2024. Recuperado de <https://www.telefonica.com/es/accionistas-inversores/informacion-financiera/informe-anual-integrado-de-gestion/Telefonica>

Tencent. (2024). ESG report 2024. <https://www.tencent.com/en-us/esg/esg-reports.html>

Tencent. (s.f.). Running on sunshine: How Tencent is powering data centers sustainably. <https://www.tencent.com/en-us/articles/2201784.html>

Tencent Cloud. (s.f.). Global infrastructure sustainability. <https://www.tencentcloud.com/global-infrastructure/sustainability>

Tencent. (s.f.). Carbon neutrality target and roadmap report. <https://static.www.tencent.com/attachments/TencentCarbonNeutralityTargetandRoadmapReport.pdf>

Tencent. (2024). Environmental, social and governance report 2024. <https://news.futunn.com/en/notice/304202250/environmental-social-and-governance-report-2024>

The Green Web Foundation. (2023). Tools to track green energy use in tech. <https://www.thegreenwebfoundation.org/>

U.S. Green Building Council. (n.d.). LEED v5. <https://www.usgbc.org/leed/v5>

U.S. Green Building Council. (n.d.). LEED. <https://www.usgbc.org/leed>

United States Environmental Protection Agency. (n.d.). Building air quality: A guide for building owners and facility managers. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/building-air-quality-guide-guide-building-owners-and-facility-managers>

Vodafone. (s.f.). Sustainability reports. <https://www.vodafone.com/about-vodafone/reporting-centre/sustainability-reports>

Vodafone. (2024). ESG methodology 2024. <https://reports.investors.vodafone.com/view/197500047/>

Vodafone. (2024). Annual report 2024. <https://reports.investors.vodafone.com/view/197179846/>

Vodafone. (s.f.). Vodafone's commitment to the environment. <https://www.vodafone.com/about-vodafone/how-we-operate/suppliers/suppliers-purpose-overview/vodafone-commitment-environment>

Vodafone. (s.f.). Tackling carbon emissions. <https://www.vodafone.com/sustainable-business/protecting-the-planet/tackling-carbon-emissions>

Weiner, J. (2024, March 27). AI data centers vs traditional data centers: What's the difference? RCR Wireless News.

Wikipedia contributors. (s.f.). HP Performance optimized datacenter. Wikipedia. Recuperado de https://en.wikipedia.org/wiki/HP_Performance_Optimized_Datacenter

World Economic Forum. (2022, 1 de Noviembre). What is 'greenhushing' and is it really a cause for concern? <https://www.weforum.org/stories/2022/11/what-is-greenhushing-and-is-it-really-a-cause-for-concern/>

World Resources Institute (WRI) & World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2015). GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard. <https://ghgprotocol.org/>



Email
proyectos@ismsforum.es

Website
www.ismsforum.es

Teléfono
(+34) 636 69 13 92

RRSS:

