



ESTRATEGIAS DE
TECNOLOGÍA VERDE:
**INNOVACIÓN PARA
UN FUTURO DIGITAL
SOSTENIBLE**

Descargo de responsabilidad: Se utilizó un programa de inteligencia artificial para reformatear la imagen que ilustra este texto.



Copyright © 2025 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra fue desarrollada por el BID en colaboración con la Corporación Interamericana de Inversiones (BID Invest). Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deben cumplir los términos y condiciones indicados en el enlace URL y se debe otorgar el reconocimiento correspondiente al BID.

De acuerdo con la sección 8 de la licencia mencionada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan en virtud de dicha licencia se llevará a cabo de conformidad con las Reglas de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse de manera amistosa se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier propósito distinto del reconocimiento, así como el uso del logotipo del BID, estará sujeto a un acuerdo de licencia por escrito independiente entre el BID y el usuario, y no está autorizado como parte de esta licencia.

Tenga en cuenta que el enlace URL anterior incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

La información proporcionada en esta obra es únicamente con fines informativos generales. La información y opiniones contenidas en este documento no están destinadas a constituir, ni constituyen, asesoramiento legal, regulatorio o de inversión, ni ningún otro tipo de asesoramiento profesional de cualquier tipo, y no deben ser consideradas ni tratadas como un sustituto del asesoramiento profesional específico aplicable a cada circunstancia.

Ciertas partes de este trabajo pueden contener enlaces a sitios de Internet externos, y otros sitios de Internet externos pueden enlazar a esta publicación. El BID y BID Invest no respaldan ni se responsabilizan por el contenido de ninguna referencia externa. Aunque la información contenida en este documento proviene de fuentes que se consideran confiables, el BID y BID Invest no garantizan, representan ni aseguran la precisión, fiabilidad o integridad del contenido incluido en esta obra, ni de las conclusiones o juicios aquí descritos. Ni el BID, ni BID Invest, ni sus respectivos empleados serán responsables por omisiones, errores o declaraciones engañosas (incluidos, entre otros, errores tipográficos y técnicos) en el contenido, ni por la confianza depositada en él.

El BID y BID Invest se reservan el derecho de actualizar, modificar o eliminar la información contenida en esta obra y no asumen ninguna obligación de comunicar cambios o modificar los contenidos. La información está sujeta a cambios sin previo aviso y puede no estar actualizada.

Las conclusiones, interpretaciones, opiniones y juicios expresados en esta obra son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente las opiniones del Banco Interamericano de Desarrollo, de la Corporación Interamericana de Inversiones, de sus respectivos Directorios Ejecutivos o de los países que representan.



AUTORES

Lucía Latorre
Emeli Ozcoidi
Carlo Rivera
Nicolás Maffey

SUPERVISOR

Mariana Gutiérrez

COLABORADOR

Eduardo Rego
Belén Girardo

TechLab

Los TechReports son una iniciativa del Laboratorio de Tecnologías Emergentes del departamento de TI del BID, conocido como TechLab, que se encarga de explorar, experimentar y difundir información sobre nuevas tecnologías para conocer su impacto en el Grupo BID y la región de ALC.



Agradecimientos: El equipo del BID desea agradecer a todas las personas que participaron en entrevistas y brindaron información clave para este documento.



TABLA DE CONTENIDO

● RESUMEN EJECUTIVO	5
● INTRODUCCIÓN	6
● PANORAMA DE LA SOSTENIBILIDAD Y LA TECNOLOGÍA	8
Contaminación digital	10
La doble cara de las tecnologías emergentes	11
Compromiso de cero emisiones netas	12
● PRÁCTICAS DE SOSTENIBILIDAD EN IT	13
Mapeo de las emisiones de carbono	13
Virtualización	15
Computación en la nube y centros de datos sostenibles	15
Economía circular	16
Gestión de residuos electrónicos	17
● POTENCIAL DEL GREEN IT	20
Beneficios del Green IT	20
● SOSTENIBILIDAD Y TECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	23
● INICIATIVAS DE SOSTENIBILIDAD	25
Esfuerzos del Grupo BID	25
Otras iniciativas generales	26
● COMENTARIOS FINALES	28
● REFERENCIAS	30



RESUMEN EJECUTIVO

En un contexto global donde la digitalización avanza aceleradamente, el impacto ambiental del sector tecnológico ha cobrado una relevancia renovada.

El incremento en el uso de dispositivos electrónicos, la intensificación del tráfico de datos y la proliferación de servicios digitales han elevado la huella de carbono del sector, que ya representa hasta un 4% de las emisiones totales globales. Frente a este panorama, la computación sostenible —o Green IT— surge como un enfoque estratégico que busca reducir los efectos negativos de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) mediante prácticas orientadas a la eficiencia energética, la economía circular y la gestión responsable de residuos.

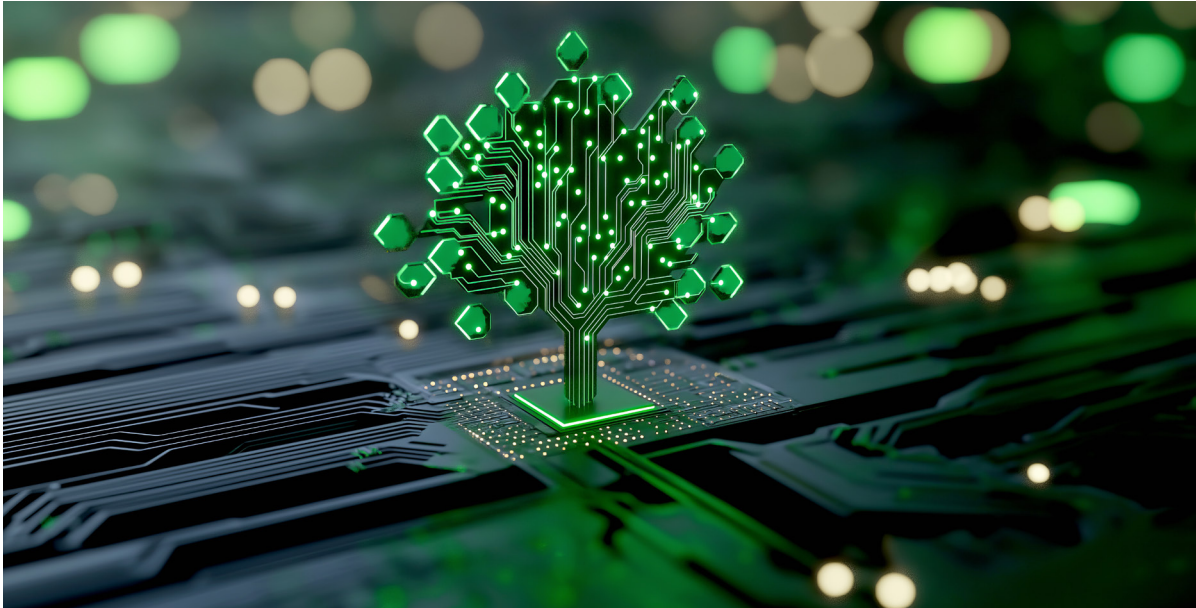
Este informe explora las principales áreas de intervención del Green IT, como el mapeo de emisiones de carbono en toda la cadena de valor, la virtualización de los recursos físicos, la adopción de servicios de computación en la nube y el diseño de green data centers que incluyan criterios de sostenibilidad. También se identifican riesgos y consecuencias asociadas a la mayor digitalización como el efecto rebote y el crecimiento del volumen de datos almacenados, incluso aquellos sin uso real (“datos oscuros”), así como el papel ambivalente de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el blockchain, cuyo potencial para generar mayor eficiencia y menor impacto ambiental convive con una alta demanda de energía y recursos.

La región de América Latina y el Caribe enfrenta desafíos particulares en este ámbito, vinculados al alto desperdicio electrónico versus la infraestructura limitada para su reciclaje, la dependencia de cadenas de suministro globales y la presión sobre los ecosistemas frágiles y vulnerables. En este sentido, el BID viene promoviendo iniciativas que fortalecen la sostenibilidad del ecosistema digital mediante asistencia técnica, inversiones verdes y la articulación de políticas públicas orientadas a mejorar la gestión de residuos, fomentar la innovación circular y acelerar la transición energética del sector.

El Green IT no solo permite mitigar el impacto del sector tecnológico, sino que representa una oportunidad para generar valor económico y competitivo, mejorar la reputación institucional y fortalecer el cumplimiento regulatorio. Alinearse con esta visión implica repensar el uso de recursos escasos, incorporar métricas ambientales en la toma de decisiones y aprovechar el potencial habilitador de las TIC en la transición hacia un modelo de desarrollo más sostenible.



INTRODUCCIÓN



En un mundo cada vez más digital, donde cada componente tecnológico, desde diminutos microchips hasta gigantescos centros de datos, tiene implicancias medioambientales, la sostenibilidad emerge como un desafío ineludible. Al mismo tiempo, la tecnología se ha consolidado como una prioridad estratégica para gobiernos, empresas y organizaciones, evolucionando a un ritmo vertiginoso al tiempo que ofrece nuevas formas de allanar el camino hacia una era eco-digital.¹

El crecimiento exponencial del acceso a Internet ilustra esta evolución. El número de usuarios pasó de 413 millones en el año 2000 a casi 4.000 millones en 2020. Entre 2020 y 2023, según estimaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la cifra aumentó otro 35%, alcanzando los 5.400 millones de personas, es decir, el 67% de la población mundial. Este aumento de la conectividad ha ampliado la huella ambiental del sector, ejerciendo una presión creciente sobre los recursos energéticos, especialmente en países con infraestructura limitada. Aunque el efecto total es difícil de precisar, diversos estudios estiman que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son responsables de entre el 1,5% y el 4% de las emisiones globales de carbono, con consecuencias directas para el medio ambiente y el clima.²

Este impacto, a menudo subestimado, se ve agravado por el efecto rebote, un fenómeno en el que las mejoras en la eficiencia energética, en lugar de reducir la huella ambiental total, estimulan un mayor uso de productos y servicios tecnológicos, anulando así los beneficios iniciales de la eficiencia.³ Si esta tendencia continúa sin medidas correctivas, se estima que las TIC podrían representar hasta un tercio de las emisiones globales para 2050, lo que pone en evidencia la necesidad de una transformación estructural hacia un modelo más sostenible.^{4,5}

En este contexto, el Green IT, también conocido como computación sostenible, propone una visión integral que abarca todo el ciclo de vida de los productos tecnológicos: desde su diseño y fabricación hasta su uso, reciclaje y disposición final.⁶ Este enfoque busca reducir

emisiones, optimizar el consumo energético y promover prácticas responsables en cada eslabón de la cadena tecnológica.³ Su importancia radica no solo en su capacidad para responder a los retos ambientales, sino también en su potencial para generar beneficios económicos y sociales alineados con los compromisos y metas de las agendas multilaterales como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible⁷ y el Acuerdo de París.⁸

Lejos de limitarse a mitigar daños, las tecnologías digitales también actúan como catalizadoras de soluciones que permiten reducir emisiones en otros sectores mediante soluciones inteligentes.⁹ En este sentido, el Green IT no sólo representa una vía para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos, sino que también impulsa una cultura de conciencia ambiental con efectos a nivel individual, organizacional y global.¹⁰



PANORAMA DE LA **SOSTENIBILIDAD Y LA TECNOLOGÍA**



Los avances tecnológicos en conjunto con los nuevos hábitos digitales, sobre todo aquellos derivados de los confinamientos de la pandemia, han redefinido la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos.¹¹ Actualmente, existen más suscripciones móviles que personas en el mundo, lo que evidencia la magnitud del fenómeno.¹² La expansión de los dispositivos portátiles, el mayor uso de las redes sociales,¹³ el auge del big data y el creciente acceso a modelos de IA, especialmente la generativa desde su irrupción masiva en 2022,¹⁴ han ampliado el alcance de las TIC a una escala sin precedentes.

En este contexto, el poder habilitador de las tecnologías emergentes ofrece nuevas oportunidades para que los países y organizaciones desarrollen resiliencia ante amenazas, diversifiquen sus economías y avancen hacia trayectorias de desarrollo con una menor carga para el medio ambiente.¹⁵ Las empresas del sector privado, principales impulsoras de la innovación han comenzado a responder a los desafíos de sostenibilidad. A nivel global, el sector TIC representó el 60 % de las compras corporativas de energía renovable en 2021, y seis de las diez principales empresas compradoras de esta energía pertenecieron al ámbito tecnológico en 2022.¹⁶





No obstante, aunque la tecnología tiene el potencial de contribuir a la mitigación del cambio climático, muchas de las soluciones desarrolladas en las últimas décadas no han logrado revertir el daño ambiental. En algunos casos, incluso han sumado una carga adicional. Por ejemplo, gran parte de la electricidad utilizada en los data centers se destina a servidores inactivos u obsoletos que siguen consumiendo energía sin aportar valor.¹⁷ También existen otros impactos menos visibles, pero igualmente significativos, como el uso intensivo de agua y la generación de residuos durante la fabricación y

operación vinculadas a la producción tecnológica. Si bien gran parte del debate se ha centrado en las infraestructuras de procesamiento, los dispositivos físicos individuales representan un contribuyente muy significativo al problema.¹⁸ En este sentido, la gestión de residuos electrónicos continúa siendo una asignatura pendiente, y a medida que los costos de almacenamiento de información y de producción de dispositivos se reducen, la acumulación de datos y el reemplazo frecuente generan residuos a un ritmo que supera los esfuerzos actuales por contenerlos.^{19 20}

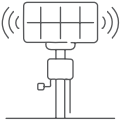
Esta dualidad conduce a la necesidad de aprovechar la tecnología como una fuerza positiva que contribuya a un entorno más saludable, seguro y sostenible.²¹ La ONU ha advertido que los compromisos actuales de reducción de emisiones rumbo a 2030 están lejos de cumplirse.²² En 2020, los sectores con mayores emisiones de GEI fueron la energía (34%), los materiales (21%) y la movilidad (19%). Se estima que, con una integración adecuada, las soluciones digitales podrían reducir hasta un 20% de las emisiones en estos tres sectores hacia 2050.²³ Aprovechar entonces las TIC de manera responsable es una de las claves para enfrentar los desafíos ambientales, mitigar los efectos del cambio climático y garantizar el bienestar del planeta y de las generaciones futuras. La transformación necesaria para alcanzar la sostenibilidad global no será posible sin aprovechar las oportunidades que brindan las tecnologías digitales, lo que subraya la importancia de incorporarlas en las estrategias verdes.²⁴

Algunas cifras globales

Los efectos de los dispositivos electrónicos comienzan antes de su uso.

-  El proceso de fabricación de un smartphone representa el 83% de su huella de carbono,²⁵ con una emisión promedio de 55 kg de CO₂.²⁶
-  En países como EE. UU., uno de los mayores consumidores de tecnología a nivel global, un hogar promedio tiene 11 dispositivos conectados²⁷ y los ciclos de reemplazo son cortos: 2,5 años para celulares y entre 3 y 5 años para tabletas o laptops.²⁸
-  Los data centers contribuyen al consumo de energía global. Actualmente, utilizan hasta el 1,5% de la electricidad mundial y son responsables de aproximadamente el 1% de las emisiones globales. Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA), esta proporción podría duplicarse hacia 2030.²⁹ Cerca de la mitad de esa energía se destina exclusivamente a sistemas de refrigeración y respaldo.³⁰ Uno de los factores que ha impulsado este aumento es la expansión de la IA. En 2022, los servidores destinados a tareas relacionadas con esta tecnología concentraron cerca del 24% de la demanda eléctrica total de los data centers.³¹
-  Los residuos electrónicos (RAEE) están en constante aumento. En 2022 se generaron 62 millones de toneladas, una cifra récord que podría alcanzar los 82 millones en 2030.³² Solo un 20% de estos residuos fue debidamente recolectado y reciclado, mientras que el resto fue gestionado de forma no conforme o desechado en vertederos.³³ Esto implica la pérdida de recursos valiosos que alcanzan unas 12 millones de toneladas de metales no recuperados debido a la ineficiencia en el reciclaje o la gestión inadecuada.³⁴

La producción de semiconductores también tiene una elevada carga ambiental.

-  Los semiconductores se encuentran en casi todos los dispositivos de uso diario, desde teléfonos y computadores, hasta automóviles. El 80% de sus emisiones proviene del uso directo de energía y gases en el proceso de fabricación.³⁵ ALC desempeña un rol protagónico, ya que el “triángulo del litio”, formado por Bolivia, Argentina y Chile, más de la mitad de las reservas mundiales de este mineral, crítico en la fabricación de semiconductores. Se prevé que la demanda se multiplique por 40 en los próximos años.³⁶

CONTAMINACIÓN DIGITAL

La contaminación digital hace referencia al impacto negativo que tiene el uso masivo de tecnologías digitales sobre el medio ambiente.^{37 38} Las actividades en línea más comunes, como el streaming de música o video y las videollamadas, exigen una infraestructura de recursos en funcionamiento constante. Se estima que estas acciones podrían ocupar hasta el 40% del presupuesto de carbono per cápita compatible con el objetivo de 1,5 °C propuesto por las Naciones Unidas.³⁹ Al mismo tiempo, el 55% de la cuota de recursos minerales y metálicos, el 20% del acceso a agua dulce y generar más del 10% de la contaminación atmosférica y del consumo de combustibles fósiles.^{40 41}

Dentro de esta problemática surge un nuevo riesgo para la sostenibilidad: los llamados “datos oscuros” (dark data). Se trata de información que las organizaciones recopilan y conservan, pero que rara vez se reutiliza.⁴² Su conservación suele estar motivada por exigencias normativas o por la facilidad que brindan los sistemas de almacenamiento en la nube.⁴³ Sin embargo, preservar estos datos conlleva más costos y riesgos que beneficios, además de aumentar la demanda energética para su mantenimiento. La electricidad consumida por esta información inactiva se convierte en una carga adicional para la red, desviando en muchos casos el uso de energías renovables hacia el soporte de contenidos sin utilidad práctica.^{44 45}

El crecimiento del big data ha potenciado la acumulación de dark data. Muchas empresas, especialmente las de tecnología, en lugar de clasificar y depurar sus bases, optan por almacenarlas de manera preventiva, sin evaluar su pertinencia.⁴⁶ La falta de políticas eficaces de gestión documental (records management) alineadas con metas sostenibles ha llevado a estimar que hasta un 88% de los datos resguardados por las compañías son redundantes, obsoletos o triviales. Abordar esta sobrecarga requiere una transformación en la manera de administrar la información, promoviendo prácticas de almacenamiento eficiente, eliminación de archivos innecesarios y una coordinación activa entre los equipos responsables.⁴⁷

Existen herramientas públicas y gratuitas que pueden apoyar a las organizaciones en su transición hacia la neutralidad de carbono. Por ejemplo, la Universidad de Loughborough y The London Data Company han desarrollado soluciones como cuadros de mando interactivos y herramientas de pronóstico que permiten evaluar el costo en carbono de los requerimientos de datos en nuevos proyectos. Cabe destacar que las herramientas de código abierto cumplen un rol fundamental al ofrecer marcos accesibles para tomar decisiones informadas sobre la creación, uso, almacenamiento e intercambio de datos,

contribuyendo así a una gestión más sostenible de la información.⁴⁸

Las actividades digitales diarias generan micro-emisiones que parecen insignificantes pero que son acumulativas:

Las actividades digitales diarias generan micro-emisiones que parecen insignificantes pero que son acumulativas:

- Cada búsqueda en Google emite hasta 1,45 gramos de CO₂.⁴⁹
- Visitar un sitio web promedio genera 1,76 gramos de CO₂.⁵⁰
- Enviar un correo electrónico produce 4 gramos de CO₂, y mantenerlo almacenado en un servidor, 10 gramos por año.⁵¹
- Navegar durante un minuto en redes sociales puede emitir hasta 3 gramos de CO₂, y publicar una foto en Instagram genera unos 0,15 gramos de CO₂.⁵²
- Una hora de reproducción en YouTube emite cerca de 28 gramos de CO₂, y una hora de transmisión en Netflix entre 56 y 114 gramos.⁵³
- Una llamada de Zoom produce hasta 1 kg de CO₂ y requiere hasta 12 litros de agua en el proceso.⁵⁴

LA DOBLE CARA DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES

Las tecnologías emergentes desempeñan un rol ambivalente en el ámbito de la sostenibilidad. Por un lado, habilitan soluciones innovadoras que permiten reducir emisiones, optimizar recursos y mejorar la eficiencia de sistemas críticos; por el otro, su adopción acelerada y creciente demanda de infraestructura generan nuevas presiones sobre el medio ambiente, especialmente en términos de consumo energético, uso de materiales críticos y emisiones asociadas.

El caso de la IA es ilustrativo de esta tensión. Su capacidad para transformar sectores productivos, prever patrones climáticos y optimizar prácticas agrícolas la posiciona como una herramienta valiosa para enfrentar el cambio climático.⁵⁵ Sin embargo, el avance vertiginoso y exponencial de la IA generativa, particularmente desde que modelos como ChatGPT y Gemini cobraran importancia, ha puesto en evidencia su elevado costo ambiental. El entrenamiento y la ejecución de estos algoritmos requieren grandes volúmenes de electricidad, lo que ha despertado preocupación sobre su sostenibilidad a mediano plazo.⁵⁶

El crecimiento de la IA ha intensificado, además, la demanda de semiconductores, componentes esenciales para el funcionamiento de estas tecnologías. Se estima que uno

de los principales fabricantes podría desplegar hasta 1,5 millones de servidores de IA por año hacia 2027. Si operaran a plena capacidad, consumirían alrededor de 85 TWh anuales, una cifra superior al consumo eléctrico total de varios países pequeños.⁵⁷ Aun así, los semiconductores también son piezas fundamentales para una economía más limpia, ya que habilitan tecnologías como los paneles solares, los vehículos eléctricos y los sistemas inteligentes de gestión energética a través de IoT, promoviendo un uso más eficiente de la electricidad en los dispositivos del día a día.⁵⁸

Esta misma lógica se observa en otras tecnologías. El blockchain, por ejemplo, puede fortalecer la transparencia y trazabilidad de las emisiones a lo largo de las cadenas de valor,⁵⁹ apoyar sistemas de monitoreo en tiempo real mediante su integración con sensores y drones, y sentar las bases para mercados voluntarios de carbono más confiables y escalables.⁶⁰ No obstante, ciertas aplicaciones, como la minería de criptomonedas basadas en pruebas de trabajo (PoW), han generado controversia por su elevado consumo de electricidad y agua, junto con factores sociales como trabajo informal y contaminación sonora en las poblaciones aledañas.⁶¹ La minería de Bitcoin, en particular, ha sido señalada por su potencial para superar por sí sola los objetivos de emisiones definidos en el Acuerdo de París, además de contribuir a la degradación ambiental a través de la deforestación y el uso intensivo del suelo.⁶²

COMPROMISO DE CERO EMISIONES NETAS

Cada vez más países y empresas adoptan estrategias orientadas a reducir su presión sobre el medio ambiente.⁶³⁶⁴ Un paso más ambicioso es el concepto de “cero neto”, que va más allá de la simple compensación. Su objetivo es minimizar las emisiones hasta niveles residuales, de modo que cualquier cantidad remanente pueda ser absorbida de manera permanente por sumideros naturales o tecnologías de eliminación, logrando así un balance atmosférico neutro.⁶⁵ Esta visión está alineada con los objetivos del Acuerdo de París y traza un camino concreto hacia la descarbonización global.⁶⁶

En los últimos años, el sector tecnológico ha asumido un rol más activo, especialmente entre las grandes empresas del rubro, que han anunciado compromisos públicos para alcanzar el cero neto. No obstante, el ritmo de avance en el conjunto del sector es todavía lento y desigual.⁶⁷ Parte de la dificultad radica en que el sector enfrenta desafíos particulares para lograr emisiones cero, como la acelerada expansión de la demanda de servicios digitales, la complejidad de sus cadenas de suministro y la dificultad de descarbonizar ciertos procesos operativos. Aun así, el potencial de la tecnología para escalar rápidamente permite que incluso cambios incrementales puedan traducirse en efectos amplificados sobre millones de usuarios.⁶⁸

Para orientar y validar estos esfuerzos, han surgido distintas iniciativas. La Science Based Targets initiative (SBTi) ofrece un marco para alinear los objetivos empresariales con escenarios compatibles con un aumento máximo de 1,5 °C en la temperatura global en el corto plazo.⁶⁹ Otras propuestas como Breakthrough Energy⁷⁰ y el Climate Innovation Fund⁷¹ se orientan al desarrollo de soluciones con emisiones negativas. Estas acciones se ven fortalecidas por alianzas multisectoriales, como Transform to Net Zero, que buscan consolidar una hoja de ruta común para alcanzar estos objetivos de forma colaborativa.⁷²



PRÁCTICAS DE **SOSTENIBILIDAD EN IT**



El enfoque del Green IT ha evolucionado en los últimos años, desplazando la atención desde las estrategias de ahorro energético doméstico hacia soluciones aplicadas en sistemas empresariales, especialmente en máquinas cliente y servidor. Esta transición ha dado paso al desarrollo de prácticas que alinean los procesos y las operaciones tecnológicas con los principios fundamentales de sostenibilidad: reducir, reutilizar y reciclar.

Además, promueve el uso innovador de la tecnología dentro de las operaciones corporativas, generando beneficios tanto a nivel organizacional como en su ecosistema más amplio. Entre las prácticas más frecuentes se destacan el mapeo integral de emisiones, la virtualización, la computación en la nube, los centros de datos sostenibles y la prolongación del ciclo de vida de los dispositivos.⁷³

MAPEO DE LAS EMISIONES DE CARBONO

Uno de los principales desafíos en el camino hacia la sostenibilidad es la gestión de las emisiones indirectas, generadas por actores secundarios de la cadena de valor, como proveedores, operadores logísticos o los mismos usuarios finales. Aunque escapan al control directo de las organizaciones, son resultado de sus decisiones operativas y, en muchos sectores, constituyen el mayor porcentaje de su huella ambiental, especialmente aquellas actividades vinculadas a los procesos logísticos y de suministro.⁷⁴

Un obstáculo adicional es la falta de datos confiables sobre estas. A diferencia de otros sectores intensivos, como transporte, energía o agricultura, que cuentan con sistemas de medición consolidados, las emisiones de las TIC han sido históricamente menos monitoreadas. Esta escasez de información dificulta un análisis preciso y la implementación de estrategias de mitigación efectivas.⁷⁵

Para abordar este reto, el primer paso consiste en realizar un mapeo completo de las emisiones con el objeto de identificar los eslabones más críticos y orientar las intervenciones hacia las áreas con mayor potencial de mejora.⁵¹ En ese sentido, el Estándar Corporativo del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, desarrollado por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), es una herramienta orientativa que clasifica las emisiones de GEI de una empresa en tres alcances:⁷⁶

Alcance 1 Emisiones directas provenientes de fuentes que son propiedad o están controladas por la empresa. Estas resultan principalmente de actividades como generación de electricidad, calor o vapor; procesos físicos o químicos; transporte de materiales, productos, residuos y empleados; y emisiones fugitivas, como fugas en equipos a través de empaques y válvulas.

Alcance 2 Emisiones indirectas de la generación de electricidad, calefacción y refrigeración adquiridas por la empresa.

Alcance 3 Todas las demás emisiones indirectas que ocurren a lo largo de la cadena de valor. Esto incluye las relacionadas con la compra y uso de bienes, servicios, energía y capital en el proceso de producción, así como las vinculadas principalmente al transporte, procesamiento, uso y disposición de los productos vendidos. También comprende las asociadas a servicios como activos arrendados, franquicias e inversiones.

Este último grupo presenta la mayor complejidad, pero abarca el impacto más amplio de las operaciones empresariales.⁷⁷ Su medición es especialmente relevante en sectores donde los efectos no provienen tanto del uso directo de recursos como de la energía consumida por centros de datos o de los componentes adquiridos. En el caso de los productos y servicios TIC, la evaluación implica desafíos particulares debido a las extensas cadenas de suministro de hardware, la diversidad de servicios ofrecidos y el uso compartido de infraestructuras.

Para avanzar, organismos como la UIT y la Global Enabling Sustainability Initiative (GeSI) han desarrollado lineamientos técnicos basados en el Alcance 3 del protocolo GHG, que podrían reducir hasta un 45% las emisiones del sector para 2030.⁷⁸ Estas herramientas metodológicas se complementan con normativas como las ISO 14040 e ISO 14044, orientadas al análisis de ciclo de vida; la PAS 2050 del British Standards Institution, centrada en la cuantificación de GEI; y la ISO 14067, especializada en huella de carbono de productos. Asimismo, la metodología ITU L.1410 proporciona criterios para evaluar el impacto ambiental de bienes, redes y servicios TIC, mientras que el informe de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC TR 62725) detalla la medición en todas sus etapas.⁷⁹ En conjunto, estos sistemas de medición permiten avanzar hacia una contabilidad más rigurosa y transparente de las emisiones, facilitando decisiones orientadas a la descarbonización efectiva de las cadenas de valor del sector IT.

VIRTUALIZACIÓN

La virtualización es una solución que posibilita que una misma computadora comparta sus recursos de hardware entre diversos entornos digitales mediante un software específico conocido como hipervisor.⁸⁰ A diferencia de los servidores convencionales, que requieren espacio físico y mantenimiento constante, la virtualización abstrae la funcionalidad del hardware, facilitando cierta escalabilidad de la infraestructura comparable a la de una aplicación web.⁸¹ Gracias a estas ventajas, se ha consolidado como un estándar en las arquitecturas de TI y se integra fluidamente con soluciones de computación en la nube.⁸² En ese sentido, al disminuir la necesidad de servidores físicos, la virtualización no solo mejora la flexibilidad en la gestión de recursos, sino que también reduce el consumo energético y la huella de carbono.⁸³

Entre los beneficios de su aplicación se encuentran:



Optimización de recursos: Permite alojar múltiples máquinas virtuales en un solo equipo físico, lo que libera espacio y reduce costos de energía y refrigeración.⁸⁴



Automatización de servicios: Simplifica la gestión del software, posibilita flujos de trabajo automatizados y mejora la eficiencia operativa.⁸⁵



Recuperación acelerada: Acorta los tiempos de respuesta ante fallas, favoreciendo una recuperación casi inmediata y mayor continuidad operativa.⁸⁶

COMPUTACIÓN EN LA NUBE Y CENTROS DE DATOS SOSTENIBLES

La computación en la nube es un modelo de prestación de servicios digitales que ofrece, vía Internet, recursos informáticos escalables, flexibles y bajo demanda.⁸⁷ Este ecosistema se apoya en una vasta red de centros de datos (cloud data centers) generalmente operados por proveedores globales, conocidos como hiperescaladores, entre los que destacan Amazon Web Services (AWS), Google Cloud, Microsoft Azure, IBM y Oracle, los cuales suministran potencia de cálculo y almacenamiento sin que las empresas tengan que adquirir ni mantener hardware local.⁸⁸ Gracias al pago por uso y a la capacidad de escalar automáticamente, las organizaciones pueden optimizar su consumo de energía, además de reducir inversiones iniciales y costos de mantenimiento.⁸⁹

Más allá de la eficiencia operativa, el entorno cloud ha demostrado un gran potencial para impulsar iniciativas de sostenibilidad. Un informe de McKinsey indica que la migración a servicios en la nube podría acelerar casi la mitad de las acciones necesarias para limitar el calentamiento global a 1,5 °C hacia 2050 y evitar hasta 32 gigatoneladas de carbono, cerca de la mitad del total requerido para alcanzar emisiones netas cero. Asimismo, en algunos casos

permite abaratar en hasta un 10% los esfuerzos de descarbonización.⁹⁰ Sin embargo, los data centers siguen demandando volúmenes significativos de electricidad y agua, y dependen de infraestructuras físicas complejas con sistemas redundantes para garantizar la disponibilidad continua.⁹¹ Aunque incorporan técnicas como virtualización, consolidación de cargas y optimización de recursos, se calcula que estas instalaciones pueden consumir hasta 50 veces más energía que un edificio convencional, según informa el Departamento de Energía de Estados Unidos,⁹² y figuran entre los mayores usuarios de agua para refrigeración, lo que representa un riesgo en regiones con estrés hídrico.⁹³ También pueden generar contaminación acústica, afectando la calidad de vida de las comunidades cercanas.⁹⁴

En este contexto, han comenzado a popularizarse los green data centers, estructuras concebidas desde el diseño para integrar criterios de sostenibilidad en cada componente: sistemas de climatización de alta eficiencia, fuentes renovables, reutilización del calor residual, reciclaje de equipos y reducción de residuos.⁹⁵ La elección de emplazamientos con acceso a redes eléctricas robustas y la incorporación de generación y almacenamiento in situ les permiten además flexibilizar la gestión energética.⁹⁶

Para medir y mejorar su desempeño ambiental, se emplean métricas estandarizadas como Power Usage Effectiveness (PUE), que relaciona la energía total consumida con la destinada exclusivamente a los equipos de TI⁹⁷ y la Carbon Usage Effectiveness (CUE), que cuantifica las emisiones de CO₂ por unidad de energía utilizada.⁹⁸ Complementariamente, la especificación ANSI/TIA-942, originalmente diseñada para definir requisitos de infraestructura, diseño y seguridad en data centers, ha incorporado nuevos criterios de eficiencia ambiental, adopción de IA y gestión de grandes volúmenes de datos, configurándose como un marco de referencia integral para la certificación de instalaciones sostenibles.⁹⁹

ECONOMÍA CIRCULAR

Frente a la creciente volatilidad en el precio de las materias primas, su escasez y regulaciones ambientales más exigentes, el modelo lineal de fabricar-usar-desechar ha demostrado ser insostenible. En respuesta, la economía circular plantea un sistema de producción restaurativo y regenerativo que busca prolongar el valor de productos, componentes y materiales a través de ciclos técnicos y biológicos.¹⁰⁰

Este enfoque va más allá que las técnicas de reciclaje tradicional, que solo intervienen al final de la vida útil de los productos, al integrar todas las fases, desde el diseño con materias responsables y la producción, hasta la comercialización, el uso, la renovación, el reacondicionamiento y el reciclaje.¹⁰¹ De esta manera, las organizaciones reducen su dependencia de recursos naturales, refuerzan la resiliencia de sus cadenas de suministro y abren paso a modelos de negocio como la servitización (producto como servicio o PaaS).¹⁰²

Los modelos de economía circular se apoyan en tres pilares fundamentales: minimizar residuos y emisiones, extender la vida útil de los activos y regenerar los ecosistemas. Estos objetivos no solo contribuyen a frenar el cambio climático y proteger la biodiversidad, sino también a mejorar la competitividad y la rentabilidad de las empresas al optimizar la utilización de materiales y reducir costos operativos.¹⁰³

En este contexto, las tecnologías digitales funcionan como habilitadoras al proporcionar visibilidad, trazabilidad y capacidad de optimización a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto.¹⁰⁴ En la fase de captura de datos, herramientas como RFID e Internet de las

Cosas (IoT) permiten rastrear en tiempo real el movimiento de materiales, facilitando su reutilización, reparación o remanufactura. Esos datos luego se unifican en plataformas integradas como las ERP o CRM, creando un repositorio único que respalda decisiones alineadas con los principios circulares. Finalmente, el análisis avanzado de grandes volúmenes de datos, a través de técnicas como big data o modelos avanzados de IA es posible anticipar las demandas, optimizar procesos industriales y diseñar simulaciones para maximizar la recuperación de recursos.¹⁰⁵

Avanzar hacia la circularidad en el sector tecnológico implica adoptar diseños modulares que faciliten actualizaciones y reparaciones de los consumidores finales, incorporar criterios de sostenibilidad en todas las áreas (I+D, fabricación y operaciones), explorar nuevos materiales y procesos, y establecer alianzas estratégicas a lo largo de la cadena de valor.¹⁰⁶

GESTIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS

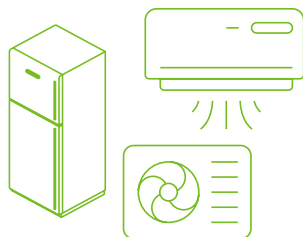
Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), también conocidos como e-waste, se generan cuando un dispositivo es descartado sin intención de reutilización. Estos aparatos comprenden una gama de productos que requieren una fuente de energía eléctrica o batería para operar, como computadoras, teléfonos móviles, electrodomésticos, herramientas eléctricas, servidores, juguetes y dispositivos médicos, entre muchos otros.¹⁰⁷

Su uso ha crecido rápidamente en paralelo al desarrollo tecnológico, al aumento del consumo global y a los periodos cada vez más cortos de obsolescencia programada. Además de su presencia masiva en hogares y oficinas, estos equipos están cada vez más integrados en sectores como el transporte eléctrico, las energías renovables y las ciudades inteligentes. Esta expansión ha dado lugar a un flujo de RAEE constante, con una composición cada vez más compleja que incluye tanto materiales valiosos, como sustancias peligrosas, exigiendo procesos especializados para su manejo y disposición final.¹⁰⁸

FIGURA 1. CATEGORÍAS DE APARATOS

1. APARATOS DE INTERCAMBIO TÉRMICO:

Habitualmente denominados aparatos de refrigeración o congelación, esta categoría comprende frigoríficos, congeladores, aparatos de aire acondicionado y bombas de calor, entre otros.



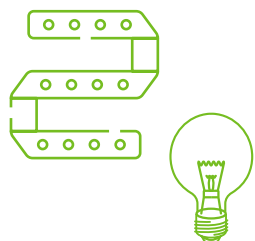
2. PANTALAS Y MONITORES:

Esta categoría incluye habitualmente televisores, monitores, ordenadores portátiles o móviles y tabletas.



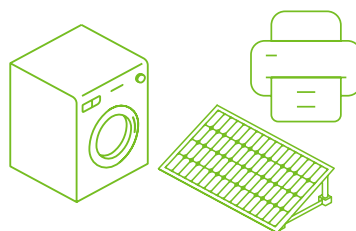
3. LÁMPARAS:

Habitualmente denominados aparatos de refrigeración o congelación, esta categoría comprende frigoríficos, congeladores, aparatos de aire acondicionado y bombas de calor, entre otros.



4. APARATOS DE GRAN TAMAÑO:

Esta categoría incluye habitualmente televisores, monitores, ordenadores portátiles o móviles y tabletas.



5. APARATOS DE PEQUEÑO TAMAÑO:

Esta categoría incluye habitualmente aspiradoras, hornos microondas, tostadoras, hervidores eléctricos, afeitadoras eléctricas, balanzas electrónicas, calculadoras, dispositivos radiofónicos, cámaras de vídeo, juguetes eléctricos o electrónicos, pequeñas herramientas eléctricas o electrónicas, dispositivos médicos de pequeño tamaño, instrumentos de vigilancia y control de pequeño tamaño y cigarrillos electrónicos.



6. PEQUEÑOS EQUIPOS INFORMÁTICOS Y DE TELECOMUNICACIONES:

Esta categoría comprende teléfonos móviles o de otro tipo, computadores personales, dispositivos GPS, encaminadores de red e impresoras, entre otros aspectos.



Fuente: [The global E-waste Monitor 2024](#)

A pesar del volumen que se genera, solo una fracción de estos es reciclada formalmente bajo estándares ambientales adecuados. El resto suele ser desechado en vertederos o tratado mediante canales informales, provocando la pérdida de recursos recuperables y la liberación de contaminantes al medio ambiente. En contextos con infraestructura limitada, lo anterior representa un riesgo preocupante para la salud pública y los ecosistemas aledaños. Parte de este riesgo se relaciona con los contaminantes orgánicos persistentes (COP), es decir, compuestos tóxicos, bioacumulables y resistentes a la degradación, capaces de transportarse a grandes distancias a través del aire o el agua.¹⁰⁹

Otro de los aspectos problemáticos es el procesamiento de metales, que representa una fuente importante de emisiones de GEI y suele ser complejo. En este contexto, el reciclaje se presenta como una estrategia prioritaria, dado que permite reducir la contaminación y

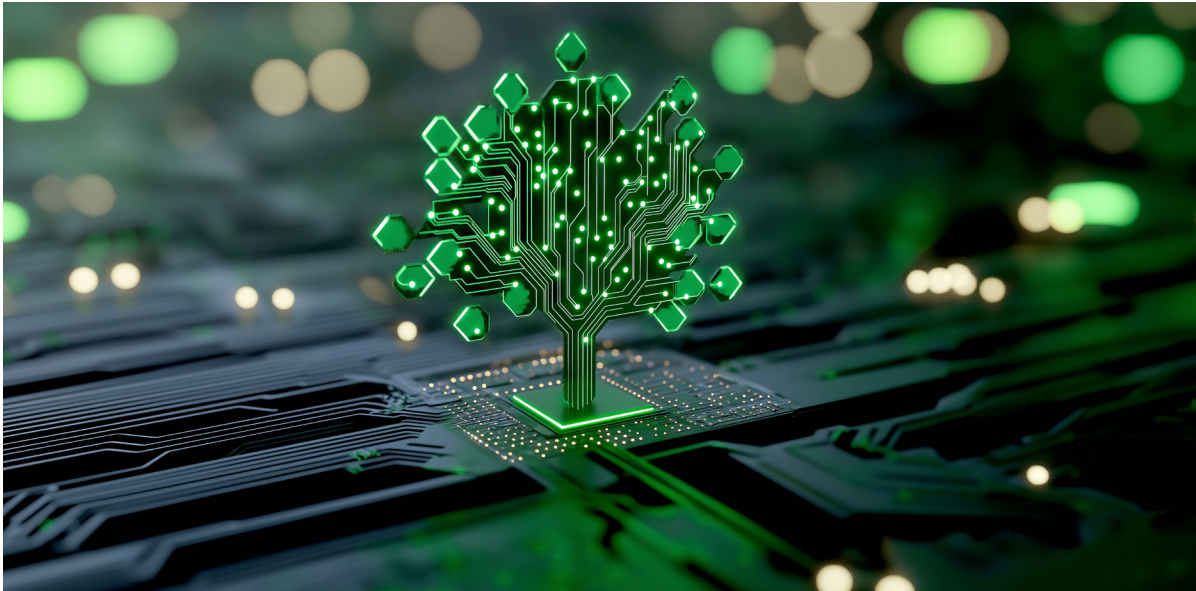
la huella respecto de la producción primaria.¹¹⁰ Por ejemplo, se estima que la producción secundaria de aluminio genera hasta 25 veces menos emisiones que la extracción y procesamiento inicial.¹¹¹ Estas diferencias refuerzan la necesidad de conservar recursos existentes y diseñar procesos que maximicen su aprovechamiento.¹¹² A esta dimensión se suma la necesidad de gestionar cada vez mayores volúmenes de equipos que almacenan información sensible. La implementación de protocolos formales es uno de los pilares que permite garantizar tanto la eliminación segura de los dispositivos como la protección de los datos que contienen.¹¹³

La gestión eficaz y responsable de los RAEE requiere marcos regulatorios claros y específicos, sistemas de recolección accesibles y políticas que fomenten la reparación, la reutilización y la reducción de residuos pensados desde el diseño de los productos. Sin embargo, la mayoría de los países, la normativa aún se encuentra en una etapa incipiente y suele enfocarse principalmente en la disposición final, sin abordar con suficiente profundidad la prevención ni las estrategias de circularidad. De acuerdo con el Monitor Global de Residuos Electrónicos de la UIT, el desarrollo de marcos legales se ha desacelerado en los últimos años. A nivel mundial, solo el 42% de los países disponía de políticas, legislación o normativas sobre RAEE en 2023, una cifra inferior al objetivo del 50% establecido para ese año.¹¹⁴

En este escenario, mecanismos como la responsabilidad extendida del productor (ERP), que asigna a los fabricantes la responsabilidad sobre la gestión de los residuos generados por sus productos al final de su vida útil, adquieren un rol central. En conjunto con la adhesión a acuerdos internacionales como los Convenios de Basilea y Rotterdam, estas herramientas no solo promueven una gestión más segura y trazable del e-waste, sino que también refuerzan una lógica de corresponsabilidad compartida a lo largo de toda la cadena de valor, en línea con los principios de la economía circular.



POTENCIAL DEL **GREEN IT**



El impacto del Green IT se manifiesta de diversas maneras, y cada empresa debe contar con un plan sostenible adaptado a su contexto particular.¹¹⁵ Al integrar prácticas responsables, las organizaciones no solo promueven un entorno más saludable, sino que también fortalecen su reputación y la relación con sus clientes. Este enfoque abre espacios para la innovación y transforma la manera en que operan y compiten en el mercado.

El Hype Cycle for Environmental Sustainability 2024 de Gartner identifica algunas tecnologías emergentes que podrían redefinir el abordaje de las organizaciones frente a los desafíos ambientales actuales. Algunas, como la adopción del Estándar de Alcance 3, los green data centers y la economía circular en el ámbito de IT, aún se encuentran en etapas tempranas de implementación, lo que indica que su adopción está en proceso de consolidación. Mientras que la eficiencia energética se encuentra en una fase más avanzada de implementación, muchas iniciativas prácticas y¹¹⁶la adquisición de equipos informáticos reacondicionados o la mejora de la experiencia de usuario sostenible.¹¹⁷¹¹⁸

Para avanzar, resulta necesario que las compañías puedan equilibrar las expectativas de rendimiento a corto plazo y sus compromisos de sostenibilidad a largo plazo. Integrar métricas de sostenibilidad en la toma de decisiones permitirá alinear los resultados ambientales con los objetivos financieros, abordando los desafíos climáticos sin comprometer la viabilidad.¹¹⁹

BENEFICIOS DEL GREEN IT

La aplicación de Green IT proporciona una serie de aspectos ambientales, sociales y económicos que repercuten positivamente en las organizaciones y en la sociedad en general, entre los que se encuentran¹²⁰

Ambientales: Busca reducir la huella ecológica de las operaciones.



Permite Reducción de emisiones: Disminuir las emisiones de carbono es el punto clave de las estrategias de impacto medioambiental. Según las Naciones Unidas, para limitar el calentamiento global, es necesario reducir las emisiones mundiales en un 7,6 % cada año hasta 2030.¹²¹



Menos e-waste: La reutilización y reacondicionamiento de equipos informáticos es una alternativa más sostenible y, a menudo, más económica que la adquisición de nuevos productos.¹²² A la vez, minimizar el e-waste ayuda a crear un ambiente más limpio y reduce la exposición a materiales dañinos.

Sociales: Enfatizando el efecto de la tecnología en la sociedad, abordando preocupaciones éticas y esforzándose por mejorar la calidad de vida de las personas.



Responsabilidad social empresarial (RSE): Al implementar prácticas de Green IT y comunicar su uso, las empresas se convierten en ejemplos a seguir en sus sectores, fomentando la RSE y las decisiones basadas en el beneficio financiero y la rentabilidad, y las consecuencias de sus acciones en sus comunidades y en el mundo en general.¹²³



Lealtad del cliente: Muchos consumidores prefieren a las empresas socialmente responsables. Esto no solo atrae a clientes, sino que también fomenta su lealtad a largo plazo.¹²⁴

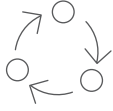


Cultura corporativa: El Green IT demuestra a los empleados que trabajan para una empresa ética, lo que puede mejorar la moral y aumentar la retención del personal. La sostenibilidad también ofrece oportunidades para la productividad y el compromiso general.¹²⁵

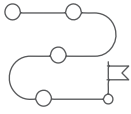
Económicos: Entre las ventajas del Green IT se encuentra la posibilidad de crear beneficios financieros y asegurar la sostenibilidad económica a largo plazo dentro de las operaciones de IT en diferentes organizaciones.



Ahorro de costos: Las organizaciones que adoptan soluciones de Green IT, como hardware sostenible y green coding, pueden reducir su consumo energético y generar ahorros.¹²³ Además, la reutilización de dispositivos disminuye el costo de materias primas en la producción.¹²⁴ Tecnologías como la nube y la virtualización también reducen la necesidad de hardware, lo que contribuye a menores consumos de energía y gastos de mantenimiento.



Mantenimiento prolongado: Los productos informáticos ecológicos y reutilizables permiten ciclos de mantenimiento más largos y reducen la necesidad de reemplazo frecuente, clave en organizaciones con estructuras amplias.¹²⁵



Competitividad: Cuando las empresas se esfuerzan por mejorar sus prácticas de gobernanza verde, generalmente necesitan encontrar soluciones nuevas y creativas para desafíos complejos. Este enfoque puede conducir al desarrollo de productos, servicios y procesos innovadores que contribuyan a la sostenibilidad y brinden nuevas vías para el crecimiento y la rentabilidad.¹²⁶



Cumplimiento regulatorio (compliance): Las normativas sobre eliminación de e-waste y consumo de energía son cada vez más estrictas. Establecer una estrategia de Green IT ayuda a cumplir con las regulaciones en materia ambiental.¹²⁷



SOSTENIBILIDAD Y TECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



América Latina y el Caribe (ALC) se encuentran en un momento decisivo, en el que la sostenibilidad y la tecnología convergen para configurar nuevas posibilidades de desarrollo. La región posee una riqueza natural y energética, junto con un ecosistema de innovación en expansión, que la posicionan estratégicamente para avanzar hacia modelos más sostenibles. No obstante, convive con vulnerabilidades estructurales y desafíos ambientales urgentes, que exigen una mirada integral sobre cómo implementar soluciones que respondan al contexto local sin reproducir inequidades ni profundizar daños ecológicos.

Uno de los ejes de esta transición es el aprovechamiento de las fuentes renovables. En la última década, la capacidad instalada de energías limpias ha crecido cerca de un 70%, representando más de la mitad de la generación eléctrica regional hacia finales de 2021. Iniciativas como RELAC (REnovables en América Latina y el Caribe) impulsada por el BID, y la coalición Net Zero 2050 de Naciones Unidas reflejan un firme compromiso regional con la transición, con metas de elevar la participación de renovables al 70% y avanzar hacia una cadena libre de emisiones netas. Pese a los avances en adopción tecnológica y energías renovables, persisten obstáculos como la variabilidad en la generación fotovoltaica y eólica, junto con requerimientos de optimización en eficiencia y rentabilidad de alternativas emergentes como el hidrógeno. También, los sistemas de almacenamiento y distribución enfrentan dificultades para abaratar tecnologías de acumulación energética e implementar redes inteligentes (smart grids) que cumplan con parámetros globales¹²⁸¹²⁹

En este panorama, el litio se presenta como una oportunidad para reducir la dependencia de combustibles fósiles.¹³⁰ La creciente demanda de baterías de iones de litio, impulsada

por la expansión de las energías renovables, los dispositivos electrónicos y los vehículos eléctricos, coloca a ALC en una posición estratégica, ya que la región alberga casi un 70% de las reservas mundiales de este mineral.¹³¹ No obstante, su extracción plantea serios desafíos ambientales, como el uso intensivo de agua en zonas con altos niveles de estrés hídrico¹³² y la posible degradación de ecosistemas vulnerables, como los ubicados en el Salar de Atacama y el Salar de Uyuni.¹³³ Además, actualmente la cadena de valor sigue dominada por países asiáticos, lo que limita la capacidad de los países latinoamericanos para capturar valor añadido de la producción de baterías para mejorar su participación y conectividad.¹³⁴

La expansión tecnológica reciente en ALC ha generado un efecto colateral crítico, donde el incremento descontrolado de residuos electrónicos ha posicionado a la región entre los mayores contribuyentes globales de e-waste. Solo en 2022, se registraron 5 millones de toneladas métricas (8.2% del total mundial), revelando una crisis de gestión cuando el 97% de estos desechos carecen de tratamiento adecuado. Esta falla de infraestructura no solo amenaza ecosistemas, sino que desperdicia recursos valiosos. Se estima que los materiales recuperables en estos residuos superaban los USD 1.700 millones en 2019.¹³⁵ La distribución regional del e-waste revela contrastes, y mientras Brasil, México y Argentina generan los mayores volúmenes absolutos, países como Aruba, República Dominicana y Puerto Rico presentan las tasas más altas por habitante. Esta situación se ve exacerbada por la escasa regulación específica, ya que solo algunos países cuentan con sistemas de responsabilidad extendida del productor para gestionar estos residuos, lo que frena la implementación efectiva de modelos de economía circular en la región¹³⁶

Aun así, existen señales alentadoras. Proyectos liderados por organismos internacionales han contribuido significativamente a mejorar las capacidades institucionales, fortalecer las infraestructuras de reciclaje y fomentar alianzas público-privadas. Un ejemplo de ello es el proyecto coordinado por la ONUDI y financiado por el FMAM, que concluyó tras seis años de trabajo con 13 países de la región. Esta iniciativa logró fortalecer políticas públicas, mejorar infraestructuras de reciclaje, desarrollar herramientas técnicas como el primer E-Waste Monitor regional y promover actividades de sensibilización. Además, se procesaron aproximadamente 700.000 equipos electrónicos y se gestionaron 230 toneladas métricas de residuos.¹³⁷

Por otro lado, el sector privado también está marcando la diferencia. Startups como la colombiana BATx se dedican al diagnóstico, reacondicionamiento y reutilización de baterías provenientes de vehículos eléctricos, con el objetivo de extender su vida útil y reducir los impactos derivados de su disposición. A través de servicios como reparación, ensamblaje de sistemas de almacenamiento y capacitaciones técnicas, esta compañía fomenta una economía circular, y ha permitido mitigar 221.000 kg de emisiones de CO₂, revalorizar 9.000 kg de materiales peligrosos y optimizar 72.000 kWh de consumo energético.¹³⁸ De manera similar, Recicli en Brasil aplica biotecnología avanzada para recuperación mineral con un 85% de eficiencia. Su proceso limpio extrae metales valiosos (oro, plata, litio, níquel, cobre y paladio) de desechos industriales, sin generar contaminantes secundarios. Esta solución beneficia especialmente a sectores con alta huella ambiental como minería, automotriz y manufactura electrónica mediante esquemas de logística inversa¹³⁹¹⁴⁰



INICIATIVAS DE **SOSTENIBILIDAD**



ESFUERZOS DEL GRUPO BID

El BID ha situado la acción climática en el centro de su estrategia institucional, con un enfoque integral que abarca la protección de ecosistemas clave para la región, como la Amazonia, la reducción de emisiones y la conservación de la biodiversidad.¹⁴¹ En 2016, el Grupo adoptó la “Resolución de las Bahamas”, comprometiéndose a destinar al menos el 30% de sus aprobaciones a proyectos relacionados con el clima en ALC. Este compromiso se refleja en su Plan de Acción en Materia de Cambio Climático, que promueve la integración de medidas de adaptación en la planificación de proyectos y la aceleración de soluciones transversales orientadas a la sostenibilidad.¹⁴²

En línea con estos compromisos, el Departamento de Tecnología de la Información (ITE) inició en 2023 su programa de Green IT, enfocado en reducir el impacto ambiental de sus operaciones digitales. Una de las acciones fue establecer una línea base para medir las emisiones de gases de GEI atribuibles al funcionamiento de soluciones y servicios tecnológicos, tanto en la sede como en las oficinas en los países. Esta medición permitirá monitorear el progreso hacia los objetivos de reducción de emisiones y orientar las futuras decisiones operativas hacia criterios de sostenibilidad.

Durante el mismo año, se intensificaron los esfuerzos para reducir los residuos electrónicos a través de una estrategia de uso más eficiente de la tecnología. Esto incluyó el desmantelamiento de equipos obsoletos, la consolidación de recursos informáticos y una mayor adopción de servicios en la nube. En simultáneo, en alianza con el programa de relaciones comunitarias, se implementó una iniciativa de reacondicionamiento y donación de dispositivos que conservaban potencial de uso. Estos equipos fueron

entregados a escuelas y organizaciones sociales, promoviendo el acceso equitativo a la tecnología y extendiendo la vida útil de los dispositivos.

Consumo de energía inteligente Iniciativa de apoyo a BIA, una empresa colombiana que busca reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂. Lo hace mediante una solución tecnológica que combina medidores inteligentes con algoritmos de ML para analizar el consumo energético de las empresas y ofrecerles información valiosa para optimizarlo.¹⁴³

Residuos convertidos en recursos Proyecto de apoyo a GAIA Vitare, una empresa colombiana que busca ampliar su planta de reciclaje y automatizar sus procesos para gestionar e-waste, incluyendo plásticos de ingeniería. Con este proyecto, se espera reducir las emisiones de CO₂, contribuyendo a la economía circular y al desarrollo sostenible en Colombia.¹⁴⁴

Facilitando el acceso a D-RECs Prototipo para incentivar la generación de energía solar y reducir la emisión de GEI a través de una solución que facilita el acceso a Certificados de Energía Renovable Distribuida (D-REC) para pequeños generadores. La propuesta se centra en el desarrollo de una plataforma que conectará a pequeños generadores con inversores, automatizando la emisión de certificados D-REC mediante blockchain y utilizando IA para optimizar el rendimiento de los sistemas.¹⁴⁵

Gestión de e-waste Cooperación técnica que recopila datos sobre la generación y composición de RAEE en Trinidad y Tobago, Suriname y Guyana. Incluye la identificación de partes interesadas, rutas actuales de eliminación y condiciones de mercado para la recuperación de materiales reciclables. Con el análisis relevado se elaborarán informes de evaluación, se diseñará una propuesta de manejo de RAEE con enfoque subregional y se desarrollarán módulos de capacitación para el personal que implementará la solución y un plan de negocios que respalde su ejecución sostenible.¹⁴⁶

OTRAS INICIATIVAS GENERALES

WIPO GREEN Esta plataforma, desarrollada por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), facilita el intercambio de tecnologías amigables con el medio ambiente, conectando a proveedores y solicitantes que buscan soluciones sostenibles. Al fomentar la colaboración en la creación y adopción de tecnologías verdes, contribuye al avance de la sostenibilidad, permitiendo a las empresas acceder a nuevas oportunidades y acelerar la transición hacia soluciones bajas en carbono.¹⁴⁷

EnvironmentGPT Esta aplicación utiliza modelos de lenguaje de gran tamaño (LLMs) entrenados específicamente para abordar cuestiones medioambientales. Los datos utilizados en su desarrollo provienen de fuentes de datos validadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), para garantizar la integridad, la calidad y la confianza de la información.¹⁴⁸

ML para la eficiencia energética

Una startup chilena especializada en soluciones CleanTech, utiliza algoritmos de ML para optimizar la eficiencia energética y la calidad del aire en entornos industriales y comerciales. Su enfoque se centra en la automatización de los sistemas HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado), lo que permite reducir el consumo energético y las emisiones de carbono. Además, ofrece una plataforma para el monitoreo de contaminantes ambientales, facilitando a las empresas la gestión y reducción de su impacto ecológico, apoyando la transición hacia modelos de negocio más sostenibles y responsables con el medio ambiente.¹⁴⁹

Reciclaje de cables de cobre

Esta iniciativa global, con abordaje en ALC, promueve el reciclaje responsable de cables de cobre. El proceso incluye la entrega de bolsones para la recolección del material, que luego es procesado de manera certificada para garantizar el cumplimiento con los estándares ambientales. Como incentivo, las empresas que participen reciben un “Cheque Verde” que pueden canjear por productos nuevos, lo que refuerza la economía circular y la reutilización de materiales valiosos.¹⁵⁰

Reciclaje modular de ULIB

Una empresa colombiana ha desarrollado una tecnología propia para el reciclaje de baterías de iones de litio (ULIB) mediante un proceso electromecánico en atmósfera inerte, sin el uso de reactivos químicos. Este enfoque permite la recuperación eficiente de materiales valiosos para la fabricación de nuevas baterías, así como cobre, aluminio y sales de litio. El proceso se adapta a las características químicas específicas de cada lote de baterías, asegurando un alto rendimiento en la recuperación de minerales esenciales.¹⁵¹

Productos electrónicos sostenibles

Una startup especializada en la fabricación de dispositivos electrónicos sostenibles, como audífonos, cargadores y altavoces, utiliza e-waste reciclado con un enfoque en el ecodiseño. También, promueve la economía circular a través de alianzas con empresas de reciclaje y programas como la colaboración con Recicla Electrónicos México (REMSA) y el programa Junta, Entrega y Recicla (JER), que ofrece recolección gratuita. Además, utiliza plásticos reciclados certificados y trabaja en la reducción de la huella de carbono de sus productos, contribuyendo a la sostenibilidad y a la minimización de residuos electrónicos en ALC.¹⁵²



COMENTARIOS FINALES



La urgencia de abordar las externalidades del sector tecnológico ha situado al Green IT como una estrategia para encaminar la transformación digital hacia un modelo más sostenible. A medida que crece el uso de dispositivos, datos y servicios digitales, también se amplifican los efectos colaterales y la huella ambiental. En este escenario, el Green IT permite repensar la relación entre tecnología y sostenibilidad a través de prácticas que no solo mitigan el impacto ambiental, sino que también ofrecen beneficios operativos, económicos y sociales tanto para las organizaciones como para las naciones.

El potencial de estas estrategias radica en su capacidad para integrarse a lo largo de toda la cadena de valor tecnológica. Desde el diseño de hardware modular más duradero y reparable, hasta la adopción de software eficiente, la virtualización, la consolidación de cargas en ecosistemas cloud y el diseño de data centers sostenibles, el Green IT busca redefinir los parámetros tradicionales de eficiencia vinculados a las TIC. También fomenta la economía circular mediante el reacondicionamiento y la reutilización de equipos, y promueve la gestión del e-waste compartiendo la responsabilidad entre los diferentes actores involucrados. Estas acciones no solo disminuyen las emisiones de carbono y el uso de recursos, sino que amplían la vida útil de los productos, mejoran la resiliencia organizacional y abren nuevas oportunidades de innovación.

Sin embargo, aún existen obstáculos para su adopción a mayor escala. La infraestructura necesaria es limitada y los costos de implementación y capacitación para estas prácticas pueden ser elevados, especialmente en regiones menos desarrolladas como América Latina y el Caribe. También la falta de políticas específicas, la baja inversión en I+D, y la ausencia de incentivos para adoptar modelos sostenibles restringen su avance a un ritmo mayor. A esto se suman las contradicciones inherentes al uso de tecnologías que, si bien ofrecen herramientas poderosas para enfrentar múltiples desafíos de sostenibilidad,

también presentan requerimientos energéticos y de recursos naturales intensivos para su desarrollo y funcionamiento que suelen pasar desapercibidos. Por ello, resulta sumamente importante la integración de métricas de sostenibilidad desde la toma de decisiones, el fomento de una cultura organizacional responsable y la priorización del uso de herramientas digitales responsables, para monitorear y optimizar el uso de recursos, así como para garantizar transparencia en las cadenas de valor.

Frente a este panorama, el rol de los organismos multilaterales es fundamental. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha comenzado a integrar principios de sostenibilidad en sus operaciones tecnológicas mediante iniciativas como el mapeo de emisiones, la donación de equipos reacondicionados y el apoyo a startups que trabajan en eficiencia energética o reciclaje electrónico. Estos esfuerzos contribuyen a sentar las bases para una agenda verde en el ámbito digital y posicionan al BID como un socio estratégico en la promoción del Green IT en la región.

En conclusión, avanzar hacia una transformación digital sostenible requiere un esfuerzo para cambiar la forma en que se produce, utiliza y desecha la tecnología sin considerar su impacto final. El Green IT ofrece una vía concreta para alinear la innovación tecnológica con los compromisos ambientales, fortaleciendo la capacidad de respuesta frente a la crisis climática sin renunciar a la evolución de la era digital.



REFERENCIAS

- 1 [Why 2024 is the year sustainability develops a business case | World Economic Forum](#)
- 2 [Measuring the Emissions and Energy Footprint of the ICT Sector World Bank](#)
- 3 [ACM TechBrief: Computing and Climate Change](#)
- 4,5 [Examining the role of green IT/IS innovation in collaborative enterprise-implications in an emerging economy - ScienceDirect](#)
- 6 [Recent Trends in Green Computing](#)
- 7 [THE 17 GOALS | Sustainable Development](#)
- 8 [The Paris Agreement | UNFCCC](#)
- 9 [ICT Sector Guidance built on the GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard](#)
- 10 [Examining the role of green IT/IS innovation in collaborative enterprise-implications in an emerging economy - ScienceDirect](#)
- 11 [Emerging technology: 10 years of top tech trends and how they've changed the world](#)
- 12 [Charted: There are more mobile phones than people in the worl.](#)
- 13 [Here's how technology has changed the world since 2000](#)
- 14 [Tech Report BID: AI](#)
- 15 [Technology and Innovation Report 2023 | UNCTAD](#)
- 16 [Measuring the Emissions and Energy Footprint of the ICT Sector World Bank](#)
- 17 [\(PDF\) Green IT: An Analysis of Eco-Friendly Information Technology Strategies](#)
- 18 [Much of the tech world's climate impact is still being overlooked, and it's accelerating](#)
- 19, 20 [Green IT: An Analysis of Eco-Friendly Information Technology Strategies](#)
- 21 [Digitalization for Sustainability | UNEP - UN Environment Programme](#)
- 22 [Nations must close huge emissions gap in new climate pledges and deliver immediate action, or 1.5°C lost](#)
- 23 [Digital technologies can cut global emissions by 20%. Here's how | World Economic Forum](#)
- 24 [Digitalization for Sustainability | UNEP - UN Environment Programme](#)
- 25 [Environmental impact of smartphones | Deloitte Insights](#)
- 26 [Examining the Carbon Footprint of Devices - Sustainable Software](#)
- 27 [Examining the Carbon Footprint of Devices - Sustainable Software](#)
- 28 [Examining the Carbon Footprint of Devices - Sustainable Software](#)
- 29 [Data centres & networks - IEA](#)
- 30 [How data centres and new power semiconductor technologies can support decarbonization](#)

- 31 [Data centres will use twice as much energy by 2030, driven by AI - IEA](#)
- 32 [The global E-waste Monitor 2024 – Electronic Waste Rising Five Times Faster than Documented E-waste Recycling: UN](#)
- 33 [Global E-waste Statistics Partnership](#)
- 34 [Global E-waste Statistics Partnership](#)
- 35 [Sustainability in semiconductor operations: Toward net-zero production](#)
- 36 [Lithium and Latin America are key to the energy transition | World Economic Forum](#)
- 37 [Five tips for reducing your digital footprint | UNICEF](#)
- 38 [Digital sustainability - Iberdrola](#)
- 39 [1.5°C: what it means and why it matters | United Nations](#)
- 40, 41 [The environmental sustainability of digital content consumption | Nature Communications](#)
- 42 [Definition of Dark Data - IT Glossary | Gartner](#)
- 43 [What Is Dark Data? | IBM](#)
- 44, 45 [How digital waste is polluting the planet](#)
- 46 [What Is Dark Data? | IBM](#)
- 47 [How digital waste is polluting the planet](#)
- 48 [Digital Carbon Footprint Toolkit](#)
- 49 [The growing energy footprint of artificial intelligence: Joule](#)
- 50 [Digital sustainability - Iberdrola](#)
- 51 [Digital sustainability - Iberdrola](#)
- 52 [Social Carbon Footprint Calculator | Compare the Market](#)
- 53 [Digital sustainability - Iberdrola](#)
- 54 [Turn off that camera during virtual meetings, environmental study says | ScienceDaily](#)
- 55 [9 ways AI is helping tackle climate change](#)
- 56 [AI's Climate Impact Goes beyond Its Emissions | Scientific American](#)
- 57 [The AI Boom Could Use a Shocking Amount of Electricity | Scientific American](#)
- 58 [The Role of Semiconductors in the Renewable Energy Transition](#)
- 59 [Blockchain for climate action | Shaping Europe's digital future](#)
- 60 [Blockchain for Scaling Climate Action | World Economic Forum](#)
- 61 [Economic estimation of Bitcoin mining's climate damages demonstrates closer resemblance to digital crude than digital gold | Scientific Reports](#)
- 62 [UN Study Reveals the Hidden Environmental Impacts of Bitcoin: Carbon is Not the Only Harmful By-product | United Nations University](#)
- 63, 64 [Carbon neutral, carbon offsets and carbon credits, explained | FairPlanet](#)
- 65 [Net Zero Coalition | United Nations](#)
- 66 [Carbon neutral, carbon offsets and carbon credits, explained | FairPlanet](#)
- 67 [Information Technology - Net Zero Climate](#)

- 68 [Information Technology - Net Zero Climate](#)
- 69 [What is net zero? | National Grid Group](#)
- 70 [Breakthrough Energy](#)
- 71 [Climate Innovation Fund | Microsoft CSR](#)
- 72 [Transform to Net Zero](#)
- 73 [Green Computing: A Study on Future Computing and Energy Saving Technology](#)
- 74 [Decarbonizing logistics: Charting the path ahead](#)
- 75 [Measuring the Emissions and Energy Footprint of the ICT Sector World Bank](#)
- 76 [GHG Protocol](#)
- 77 [GHG Scope 3](#)
- 78 [Guidance for ICT Companies setting Science-Based Targets.](#)
- 79 [ICT Sector Guidance built on the GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard](#)
- 80 [¿Qué es la virtualización? - Explicación de la virtualización de la computación en la nube - AWS.](#)
- 81 [¿Qué es la virtualización? - Explicación de la virtualización de la computación en la nube - AWS.](#)
- 82 [¿Qué es la virtualización? | IBM](#)
- 83 [The Benefits Of Virtualization | IBM](#)
- 84 [¿Qué es la virtualización? - Explicación de la virtualización de la computación en la nube - AWS.](#)
- 85 [¿Qué es la virtualización? | IBM](#)
- 86 [¿Qué es la virtualización? - Explicación de la virtualización de la computación en la nube - AWS.](#)
- 87 [What Is Cloud Computing? | Microsoft Azure.](#)
- 88 [Cloud computing's real-world environmental impact | TechTarget](#)
- 89 [CURRENT PERSPECTIVES ON SUSTAINABILITY IN CLOUD COMPUTING: A COMPREHENSIVE REVIEW](#)
- 90 [Cloud-powered technologies for sustainability - McKinsey](#)
- 91 [The Staggering Ecological Impacts of Computation and the Cloud | The MIT Press Reader](#)
- 92 [Data Centers and Servers | Department of Energy](#)
- 93 [Engineers often need a lot of water to keep data centers cool | ASCE](#)
- 94 [The Staggering Ecological Impacts of Computation and the Cloud | The MIT Press Reader](#)
- 95 [What Is a Green Data Center? | IBM](#)
- 96 [Data centres will use twice as much energy by 2030, driven by AI - IEA](#)
- 97 [PUE: Powering Change Across the ICT Industry Infographic | The Green Grid](#)
- 98 [Sustainable Data Centers: A survey of enabling techniques and technologies](#)

- 99 [TIA's ANSI/TIA-942 Standard | TIA Online](#)
- 100 [The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review](#)
- 101 [Basic Information about Electronics Stewardship | US EPA](#)
- 102 [Circular economy model enables sustainability and resilience | TechTarget](#)
- 103 [What is a circular economy?](#)
- 104 [The circular economy: Moving from theory to practice | Sustainability | McKinsey & Company](#)
- 105 [The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review](#)
- 106 [Electronics can trigger a more circular, sustainable world – here's how](#)
- 107 [The Regional E-waste Monitor for Latin America](#)
- 108 [Europe's consumption in a circular economy: the benefits of longer-lasting electronics — European Environment Agency](#)
- 109 [Europe's consumption in a circular economy: the benefits of longer-lasting electronics — European Environment Agency](#)
- 110 [The Future of Metal Recycling: Emerging Technologies and Innovations](#)
- 111 [The circular economy: Moving from theory to practice | Sustainability | McKinsey & Company](#)
- 112 [The circular economy: Moving from theory to practice | Sustainability | McKinsey & Company](#)
- 113 [What is a circular economy?](#)
- 114 [The Global E-waste Monitor 2024 ITU](#)
- 115 <https://www.forbes.com/sites/technology/article/sustainable-technology/>
- 116 [Gartner flags missed opportunities for enterprises to make cost-effective green IT gains | Computer Weekly](#)
- 117, 118 [Gartner Says Most Cost-Effective Sustainable IT Initiatives Are Underutilized](#)
- 119 [Exploring Technology's Role in Efficiency and Sustainability | Energy Magazine](#)
- 120 [What is green IT \(green information technology\) and why is it important?](#)
- 121 [Facts about the climate emergency | UNEP - UN Environment Programme](#)
- 122 [What is green IT \(green information technology\) and why is it important?](#)
- 123 [Engaging Employees to Create a Sustainable Business](#)
- 124 [Ramping Up Green Computing to Drive Down Energy Use and Cost](#)
- 125 [Green Computing and Its Role in Reducing Cost of the Modern Industrial Product](#)
- 126 [What Is Green Computing? | IBM](#)
- 127 [Green computing is more than a trend, it's a necessity](#)
- 128 [What is Green IT and why is it Important in 2024? | Evernex](#)
- 129, 130 [Cómo las nuevas tecnologías están transformando la energía en América Latina y el Caribe](#)
- 131 [Lithium and Latin America are key to the energy transition | World Economic Forum](#)

- 132 [Reciclaje y reúso de baterías de litio en América Latina y el Caribe: revisión analítica de prácticas globales y regionales](#)
- 133 [The Lithium Triangle: Where Chile, Argentina, and Bolivia Meet](#)
- 134 [The world needs 2 billion electric vehicles to get to net zero. But is there enough lithium to make all the batteries?](#)
- 135 [Lithium in Latin America: A new quest for “El Dorado”? | United Nations Development Programme](#)
- 136 [The Regional E-waste Monitor for Latin America 2022](#)
- 137 [THE GLOBAL E-WASTE MONITOR 2024](#)
- 138 [Proyecto regional sobre residuos electrónicos en América Latina ONUDI](#)
- 139 [Batx Colombia](#)
- 140, 141 [Recicli Brasil](#)
- 142 [BID | Estrategia Institucional](#)
- 143 [Inter-American Development Bank Group Climate Change Action Plan 2021-2025](#)
- 144 [BID | BIA: Consumo de energía inteligente](#)
- 145 [GAIA Vitare: Valorizando los Residuos para Convertirlos en Recursos a través de una Economía Circular que Protege el Medio Ambiente](#)
- 146 [Testeando el potencial de los mercados voluntarios de certificados de energía renovable como incentivos para los pequeños generadores](#)
- 147 [Gestión de Desechos Electrónicos en Guyana, Suriname, y Trinidad y Tobago](#)
- 148 [WIPO GREEN – The Marketplace for Sustainable Technology](#)
- 149 [Digitalization for Sustainability | UNEP - UN Environment Programme](#)
- 150 [Bluetek Chile](#)
- 151 [Responsabilidad Socioambiental](#)
- 152 [Altero Colombia](#)
- 153 [Hune tecnología sustentable](#)



