



1 Digitalización, sostenibilidad y centros de datos

Índice

Resumen ejecutivo

1. Los centros de datos: actividad esencial en el siglo XXI

Procesos que ocurren dentro de los centros de datos

- Nuevos negocios, más economía digital
- Nuevas formas de producir
- Nuevas capacidades
- Nuevos canales de atención
- Nueva inteligencia: Monitorización en tiempo real y toma de decisiones
- Nuevos equilibrios geoestratégicos: seguridad y soberanía

2. La contribución de los centros de datos a una economía sostenible

Digitalización y sostenibilidad medioambiental: un binomio esencial

- Digitalización de la economía
- Innovaciones sectoriales habilitadas por procesos digitales en centros de datos

3. Los centros de datos contribuyen a la reducción global de la demanda energética

4. Infraestructuras digitales en España

Informe elaborado por Analistas Financieros Internacionales para ADigital y Digital Realty



Resumen ejecutivo

La digitalización es ya un factor muy determinante del crecimiento para las economías más desarrolladas. La Cuarta Revolución Industrial (o Industria 4.0) es ya una realidad, pues la relación entre crecimiento económico y peso de la digitalización es cada vez más tangible. En España, la contribución de la economía digital al PIB se incrementó 3,3 puntos porcentuales en 2020, hasta alcanzar el 22% del total del producto interior bruto.

El binomio digitalización-sostenibilidad ya es una evidencia. La digitalización es hoy en día condición necesaria para alcanzar la sostenibilidad medioambiental por su inigualable contribución a la descarbonización de la economía, esto es, la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera. De hecho, se constata que la digitalización¹ exhibe una relación de U-invertida con las emisiones de CO₂ per cápita. De este modo, las economías del mundo siguen un patrón sistemático de aumento de emisiones cuando estas se encuentran en niveles de baja digitalización que, tras alcanzar un umbral de digitalización invierten su tendencia y comienzan a descender.

Se ha confirmado en este trabajo dicho umbral o punto de inflexión, a partir del cual una mayor digitalización reduce las emisiones per cápita anuales. **En términos absolutos, un aumento del DESI en un punto conllevaría un descenso en las emisiones de CO₂ sobre el entorno de las 142.000 toneladas, equivalentes a las emisiones anuales del sector financiero.**

El binomio digitalización – sostenibilidad se materializa en todos los ámbitos de nuestra vida. La digitalización permite realizar actividades inconcebibles e inalcanzables hace apenas

unas décadas, o llevarlas a cabo sin recurrir a desplazamientos físicos o al consumo de bienes y servicios accesorios con una elevada huella ambiental en términos de consumo energético, emisiones de CO₂ y con un elevado coste de oportunidad en términos, por ejemplo, del tiempo dedicado a su realización en su modalidad analógica, de existir esta.

El teletrabajo, la digitalización de los servicios financieros o la capacidad de celebrar reuniones virtuales o híbridas son ejemplos cotidianos, actividades de la vida diaria, que han demostrado ser una versión **más medioambientalmente sostenible** a sus alternativas analógicas y tradicionales, además de contribuir a aumentar la productividad y la eficiencia. Añadir un día más de **teletrabajo** por semana en relación con los días de teletrabajo que se disfrutaran antes de la irrupción de la pandemia **ahorraría 406 toneladas de CO₂ diarias en Madrid o 612 toneladas diarias en Barcelona.** Una transacción con tarjeta de débito ahorra 0,8 gramos de emisiones CO₂. En conjunto, y **si todos los pagos en efectivo se realizaran con tarjeta de débito, el ahorro de emisiones superaría las 9.000 toneladas de CO₂ al año.** Transitar de las conferencias y **reuniones** en persona a una celebración en modalidad virtual puede reducir sustancialmente la huella de carbono en un 94% y el uso de energía en un 90%, con el transporte como el aspecto más crítico en términos ambientales.

Los centros de datos son una infraestructura esencial para el despliegue de la economía digital, son la parte física de esta economía.

Para que las economías se digitalicen, se necesita generar servicios digitales (*streaming*,

gaming, cloud, e-learning, e-banking, industria 4.0, etc.) que se desarrollan dentro de este mundo físico, en el centro de datos, el lugar donde se interconectan empresas y ciudadanos para prestar o recibir servicios digitales.

La digitalización está transformando sectores económicos enteros y su despliegue depende de la capacidad instalada de los grandes centros de datos, una infraestructura compleja, indispensable y especializada para habilitar las innovaciones, servicios y tecnologías digitales que dependen del procesamiento en la nube y de la interacción y comunicación de múltiples datos de múltiples fuentes en tiempo real.

El rápido crecimiento de los servicios que conforman la economía digital, la escala que han adquirido las plataformas que los soportan y la expansión geográfica han supuesto un cambio en las infraestructuras que soportan la economía. Los proveedores de servicios digitales demandan –porque a su

vez ellos deben ofrecer a sus clientes pyme, grandes empresas, integradores, outsourcers y también particulares- una mayor sofisticación de servicios, capacidad, disponibilidad y latencia. No en vano, las necesidades de espacio y potencia de estos proveedores globales, junto con las de previsibilidad y disponibilidad futura, están motivando un auge en la contratación de centros de datos de terceros (colocation).

El desarrollo de la economía del dato permitirá impulsar la digitalización del resto de sectores económicos, ayudando además a reducir su demanda energética e impacto medioambiental, y a optimizar los recursos que necesitan en sus procesos productivos. Las mejoras en el uso eficiente de los recursos que el sector TIC propicia sobre otros sectores lo convierten en una de las actividades con mayor capacidad para la reducción de emisiones de CO₂ en el conjunto de la economía. Según la Agencia Internacional de la Energía, entre los sectores con mayor



¹Medida a través del índice de TIC de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

margen de mejora en términos de consumo de energía y emisiones se encuentra el transporte por carretera, cuya digitalización contribuiría a reducir casi el 50% de su demanda energética, y el 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero de aquí a 2050. Otros sectores relevantes son la industria manufacturera, la agricultura, y la construcción.

En España, la digitalización de los principales sectores productivos permitiría reducir en 4,8 millones sus emisiones anuales de CO₂. A nivel nacional, las ganancias en eficiencia que el sector TIC habilita conducirían a un descenso en las emisiones anuales de CO₂ registradas por el sector energético, el del transporte y la industria manufacturera de 784, 1.662 y 2.061 miles de toneladas, respectivamente.

El binomio digitalización – sostenibilidad se materializa en todos los ámbitos de nuestra vida.

Los centros de datos son una infraestructura esencial para el despliegue de la economía digital



01 Los centros de datos

Actividad esencial en el siglo XXI

Los centros de datos son **infraestructuras dedicadas** al alojamiento centralizado, la interconexión y la explotación de equipos de tecnología de la información y telecomunicaciones en red. Prestan servicios de almacenamiento, procesamiento y transporte de datos, y cuentan con instalaciones para la distribución de energía y el control ambiental, con los niveles necesarios de resiliencia y seguridad para garantizar la disponibilidad permanente de servicios.

En ellos, las empresas y los proveedores *cloud*, telco e IT conectan usuarios y servicios digitales. Los centros de datos son hoy una infraestructura imprescindible para el desarrollo de los servicios digitales. A pesar de su carácter esencial, es un sector de actividad desconocido para la ciudadanía y las Administraciones públicas.

Los centros de datos, como el lugar físico donde se desarrollan los servicios digitales, son **activos inmobiliarios dedicados a la tecnología** que sustentan la acelerada **migración a la nube** de servicios IT promovida por los *Cloud Service Providers*², y accesibles a los contenidos generados en todos los rincones del mundo. La nube, en definitiva, es un lugar real con forma de enorme servidor (centros de datos) capaz de gestionar e interconectar, en tiempo real, millones y millones de terabytes de información de usuarios de todo el mundo.

Los *Cloud Service Providers* construyen sus propios centros de datos (hiperescalares) o usan centros de datos construidos y administrados por terceros (*colocation*) para ofrecer un mejor servicio a sus clientes en términos de variedad y **sofisticación de servicios, disponibilidad y latencia**. La conectividad (desde puntos neutros, cables submarinos o redes de comunicaciones) es un atributo clave ya que garantiza una mínima latencia para los servicios *cloud*.

El rápido crecimiento de los servicios digitales, muchos de ellos hoy esenciales – servicios online, plataformas, comunicaciones, streaming, gaming, API, etc.–, la escala que han adquirido las plataformas que soportan estos servicios y la expansión geográfica del despliegue de los nodos, han supuesto la irrupción de un **nuevo segmento de clientes consumidores de *colocation*: los proveedores globales de servicios *cloud***.

² Los principales proveedores de servicios globales en la nube (*Cloud Service Providers*) son AWS, Azure, Google, IBM, Oracle y Alibaba.



La expansión geográfica de los centros de datos es hoy condición necesaria por dos grandes motivos: para cumplir con la **normativa de protección de datos** de los países donde residen los usuarios que reciben los servicios digitales; y para **aproximar las plataformas a los clientes con aplicaciones que requieran baja latencia**.

El amplio despliegue de redes de fibra óptica en España, junto con su ubicación y peninsularidad son ventajas competitivas en términos de conectividad intercontinental (cables submarinos) para convertirse en el *hub* digital para el sur de Europa. Estos atributos suponen una menor latencia. La penetración de energías renovables es otro atributo competitivo destacado de España, Pero también existen obstáculos que dificultan la atracción de inversiones en centros de datos.



Procesos que ocurren dentro de los centros de datos

Son innumerables los procesos que suceden en el seno de los centros de datos, habilitadores de las innovaciones que forman hoy parte de todas las dimensiones de nuestra vida cotidiana, y que se han convertido en innovaciones esenciales en las cadenas de valor de todas las actividades económicas.

Nuevos negocios: más economía digital

Comercio electrónico

En el sector del comercio minorista son muchas las aplicaciones informáticas y plataformas digitales (*marketplaces*) que han aparecido y han cubierto un espacio no abordado por la distribución comercial más tradicional.

España ha visto multiplicar por siete el volumen de facturación del comercio electrónico desde el año 2010 (datos CNMC). En el año 2020 se registraron 1.038 millones de transacciones de comercio electrónico (un 20% más que las registradas en 2019) que supusieron un volumen de negocio cercano a los 52 mil millones de euros, un 6% más que en 2019.

En el detalle de las transacciones por origen y destino, se aprecia el predominio de las transacciones desde España con el exterior (57%), asociado a la importación de bienes y servicios adquiridos online cuyo peso ha crecido enormemente en el último año. Por su parte, las transacciones realizadas en el mercado doméstico se han mantenido inalteradas en términos relativos (32% del total). Se observa una caída de las transacciones registradas desde el exterior con España, esto es, de las exportaciones *e-commerce* (12%) que

interrumpe en 2020 el crecimiento gradual registrado desde 2010, año en el que alcanzaron el 20% del total. Por tanto, las exportaciones de *e-commerce* tienen en España un amplio margen de mejora y crecimiento.

Cultura y entretenimiento

La TV, los vídeos en *streaming* y las redes sociales a través de dispositivos inteligentes representan el 25% del total de cargas de datos a nivel mundial y más de la mitad del tráfico.

Todas ellas han tenido un crecimiento exponencial derivado de la pandemia de COVID-19, ya que en diciembre de 2021, el 82,8% de los españoles (32,2 millones) tenía acceso a contenidos de pago, un 60% tenía acceso a Netflix y un 53,7% a Amazon Prime Video³; desde 2020 plataformas como Twitch han aumentado un 45% interanual sus visualizaciones (desde las 3.114 miles de millones de horas en el primer trimestre de 2020 a las 6.129 registradas dos años después), según datos de la consultora Streamlabs⁴.

Otras nuevas innovaciones como el *gaming* (videojuegos y *e-sports*), la realidad virtual o las plataformas de comunidades abiertas que crean ecosistemas personalizados son parte de las nuevas industrias del entretenimiento.

Gaming

Consiste en la ejecución de aplicaciones especializadas (videojuegos) tanto en consolas dedicadas, como en ordenadores, smartphones u otros dispositivos electrónicos, e incluye actividades ligadas como la competición (*e-sports*). Los videojuegos se han posicionado como una de las opciones de ocio audiovisual y

cultural predilectas en España, aumentando su base de jugadores un 20% desde el inicio de la pandemia según datos de la Asociación Española de Videojuegos (AEVI).

El sector ha evolucionado en el tiempo: desde aquellos que se jugaban de forma aislada en consolas a juegos en línea con múltiples jugadores, que requieren de una fuerte infraestructura de servidores para brindar un buen servicio en términos de latencia y disponibilidad. El aumento de los requerimientos en potencia para ejecutar los videojuegos más exigentes se sirve del *cloud computing* para permitir a los jugadores invertir pocos recursos en ordenadores trasladando el verdadero peso de procesamiento a servidores dedicados.

Nuevas formas de producir

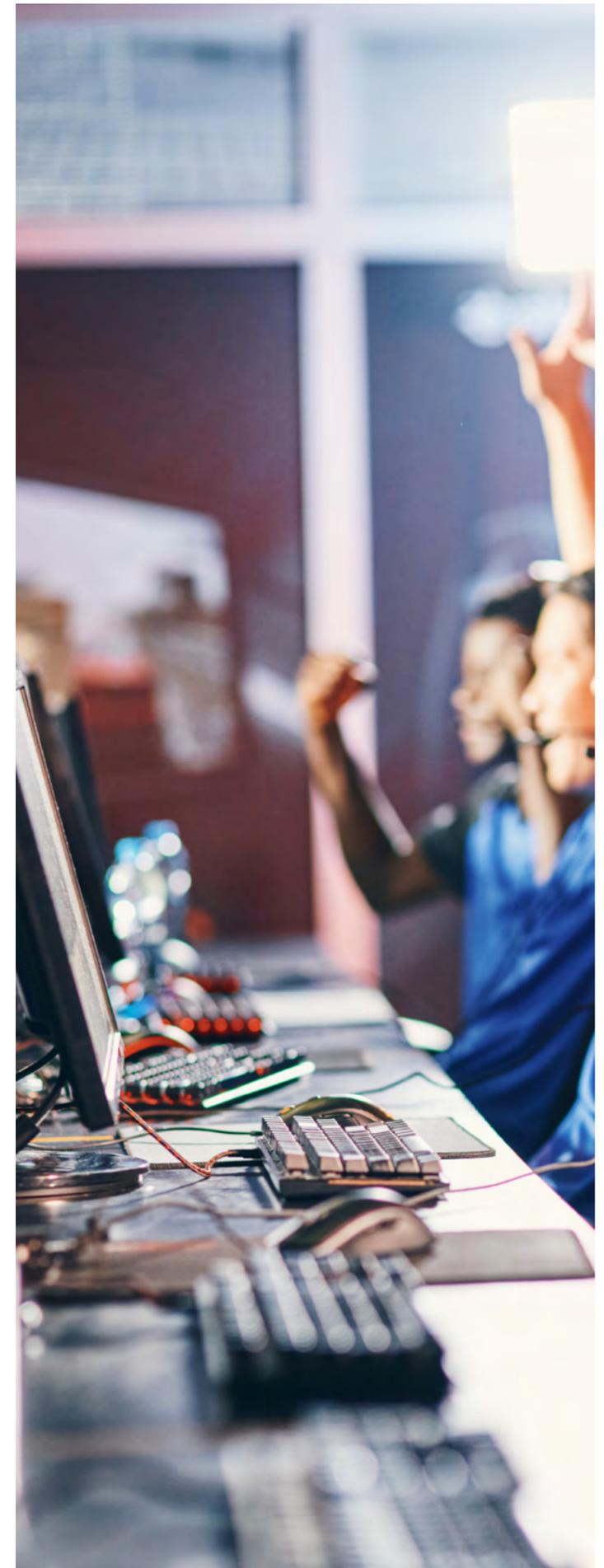
Industria 4.0 y la Internet Industrial de las Cosas

La Internet Industrial de las Cosas (IIoT) es el término que fue utilizado por primera vez por el Gobierno alemán y que describe una organización de los procesos de producción basada en la tecnología y en dispositivos que se comunican entre ellos de forma autónoma a lo largo de la cadena de valor (Smit et. al. 2016).

Su desarrollo, aún incipiente, se basa en el uso intensivo de tecnologías digitales a partir de sensores inteligentes, dispositivos interconectados (IoT), y la comunicación máquina a máquina, para desarrollar innovaciones como la fabricación virtual, la producción centrada en el cliente, o la impresora 3D, además de la optimización de procesos.

Edificios inteligentes

Son construcciones residenciales, administrativas o comerciales cuyas instalaciones y sistemas (de climatización,



³ <https://www.barloventocomunicacion.es/wp-content/uploads/2021/12/BAROMETRO-TV-OTT-Avance-4-ola-2021.pdf>

⁴ <https://streamlabs.com/content-hub/post/streamlabs-and-stream-hatchet-q1-2022-live-streaming-industry-report>

iluminación, electricidad, seguridad, telecomunicaciones, multimedia, informáticas, control de acceso, etc.) permiten una gestión y control integrados y automatizados, con el fin de aumentar:

- la eficiencia energética, en el consumo de agua y en la generación de residuos
- la usabilidad funcional, confortable y saludable para sus habitantes en términos acústicos, térmicos y atmosféricos
- la accesibilidad
- la sostenibilidad con materiales saludables y respetuosos con el medio ambiente
- la seguridad centralmente automatizado para optimizar su operación y gestión -O&M- en forma integrada y/o electrónica

Los sistemas de domótica son tecnologías para mejorar los sistemas de automatización inteligente de las viviendas. Recogen información de sensores (de presión, ópticos o acústicos) u otras fuentes que transmiten información a un ordenador encargado de tomar las decisiones de acuerdo con la programación realizada para cada situación, procesarlas y ejecutan acciones a través de actuadores (dispositivos capaces de accionar sistemas electromagnéticos) y de la inmótica (automatización integral de inmuebles con alta tecnología).

Nuevas capacidades

Comunicaciones: la C de las TIC

Desde la primera llamada telefónica hasta la actualidad ha pasado más de un siglo. Nuestra sociedad se encuentra hoy mucho más conectada gracias a la evolución de las telecomunicaciones, especialmente en la última década.

Contamos hoy con múltiples canales de comunicación (mensajería, correo electrónico, video llamadas, redes sociales, etc.) disponibles en la palma de nuestra mano (*smartphone*), para atender todas las preferencias y las necesidades del momento (comunicación por voz, texto, imagen, envío de documentos, incluso su firma).

Estos múltiples canales y formatos de

comunicación los utilizamos de forma cotidiana y ya han modificado muchos hábitos y sobre todo, nos ha dotado de nuevas capacidades de comunicación y por lo tanto, del don de la ubicuidad (estar en más de un sitio al mismo tiempo).

Teletrabajo

Según la Encuesta de Población Activa, en 2019 el porcentaje de personas ocupadas que trabajan desde casa (de forma cotidiana, o más de la mitad de los días) era del 4,8%, y de forma ocasional el 3,5%, esto es, un total de 8,3%.

2020 fue el año en el que toda persona ocupada que pudiera realizar su trabajo desde casa, lo hizo. En 2021, el teletrabajo, de acuerdo con la Encuesta de Equipamiento y Uso TIC de los hogares españoles, es la opción que practica el 17,6% de la población ocupada, el doble de lo que se practicaba antes de la pandemia.

Implementar el teletrabajo en una empresa es una oportunidad que supone riesgos y desafíos que la empresa debe minimizar por medio de la tecnología digital: herramientas *online* y *offline* para mejorar y potenciar la seguridad de los equipos y las conexiones, para la monitorización de los trabajos, para la comunicación entre equipos de trabajo y con clientes y otros grupos de interés; para la celebración de reuniones; el acceso remoto a los archivos y programas; gestión de proyectos en remoto; almacenamiento de la información y envío de archivos, herramientas anti-*malware*; control horario, y un largo etcétera.

Educación en línea

Es aquella en la que los docentes y estudiantes participan en un entorno digital a través de las nuevas tecnologías y de las redes de computadoras, haciendo uso intensivo de las facilidades que proporciona Internet y las tecnologías digitales.

En 1995, en España solo había una universidad online (UOC) y una a distancia (UNED). En 2021, todas las universidades españolas (83) usaron el *e-learning* de un modo u otro. Indudablemente, la pandemia de COVID-19 ha acelerado esta



revolución en el sector educativo, extendiéndose a niveles de educación primaria, secundaria y en definitiva, a cualquier entorno educativo y formativo. El mercado de cursos educativos en plataformas *online* tiene potencial para crecer, según Forbes, hasta los 325 mil de millones de dólares en 2025.

Nuevos canales de atención

Administraciones públicas

El Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia de España incorpora medidas para garantizar una administración orientada a la ciudadanía y una mejora de la interoperabilidad y los servicios públicos digitales que se prestan a los ciudadanos y las empresas; operaciones inteligentes y gestión de datos (p.e. contratación); e infraestructura digital y ciberseguridad. Contempla además medidas específicas para digitalizar de forma prioritaria la administración central en el sistema sanitario, en el sistema judicial, y en los servicios públicos de empleo; la inclusión, la seguridad social y la migración.

Todos los niveles de las AA.PP. están llamados a descansar sus estrategias en la digitalización. Por ejemplo, a nivel municipal, las ciudades

y sus administraciones locales ya confían su funcionamiento a la digitalización de multitud de funciones, desde la gestión del tráfico y la movilidad, hasta la gestión de los residuos urbanos.

Servicios financieros

Uno de los sectores donde la transformación digital se evidenció con mayor antelación fue en los servicios financieros. Históricamente se han utilizado canales electrónicos (cajeros automáticos) para atender al cliente. Más recientemente, la banca *online* y banca móvil ganan espacio a la atención presencial. Los servicios financieros minoristas han sido exponentes de dicha transformación digital, y es un ecosistema en el que de forma muy creciente participan agentes procedentes de otras industrias a los servicios financieros, como son los proveedores globales de tecnología (*bigtech*) y las *start-ups* del entorno *fintech* e *insurtech*.

Se espera que la generación de datos en el sector financiero exceda los 10 zettabytes en 2025 (de los que 9 tendrán que encriptarse por seguridad y 3,5 se gestionarán en tiempo real), según IDC 2018b. Es por ello que el sector financiero requiere de grandes capacidades digitales instaladas para habilitar de forma eficaz, inmediata, privada y segura las transacciones financieras a través de Internet.

Centros de datos



Los centros de datos son hoy una infraestructura imprescindible para el desarrollo de los servicios digitales.

Nueva inteligencia: monitorización en tiempo real y toma de decisiones

Salud

En cuidados de la salud, los dispositivos *smart* (relojes y móviles) monitorizan parámetros relacionados con la salud para que los pacientes puedan dar seguimiento, almacenar, transmitir y procesar sus datos sanitarios.

El *big data* puede utilizarse para predecir la probabilidad de desarrollar una enfermedad, para vigilar el funcionamiento de dispositivos médicos, para proporcionar diagnósticos más rápidos (mediante el uso de dispositivos portátiles), para ofrecer soluciones personalizadas de salud o para mejorar la eficacia de los tratamientos. Los sanitarios podrán usar técnicas de análisis de datos para realizar diagnósticos más rápidos y precisos. La realidad aumentada, por ejemplo, ofrece aplicaciones en la asistencia durante la cirugía (telecirugía) y puede ayudar durante las prácticas médicas (diagnóstico remoto).

Movilidad y transporte

Los sistemas de transporte inteligente están llamados a mejorar el sistema de operaciones, la seguridad, la eficiencia y el servicio de movilidad urbana e interurbana gracias a innovaciones digitales (algunas ya desplegadas, otras en fases previas a su masificación) como:

- Control y la optimización del tráfico a través de sensores inteligentes, aplicaciones geolocalizadas por GPS e infraestructura inteligente.
- Plataformas de *car-sharing* y *car-pooling*.
- Logística inteligente que conecta vehículos, productos y unidades de carga
- Conducción autónoma.

Todas estas innovaciones que habilitan la movilidad sostenible –menos contaminante y menos emisora de emisiones de gases de efecto invernadero– requieren de las capacidades instaladas en los centros de datos, donde los datos de diferentes fuentes, proveedores de servicios digitales, transacciones, etc. se interconectan para poder funcionar.



Nuevos equilibrios geoestratégicos: seguridad y soberanía

La definición de soberanía de los datos se basa en el concepto de que la información creada o almacenada de forma digital está sujeta a las leyes y regulaciones del país en que dicha información se encuentra localizada. El gobierno de los datos y su adscripción a las jurisdicciones donde estos se generan (o donde radican las personas físicas, jurídicas o activos que los producen) es un aspecto crítico.

Los principales temas de debate en esta dimensión son el cumplimiento normativo a nivel doméstico (confidencialidad, disponibilidad, retención, auditoría), la jurisdicción reclamada por terceros países; las fugas de datos y los riesgos de privacidad, la responsabilidad, el remedio, las garantías, los seguros, y la consistencia legal entre jurisdicciones. Estos temas se traducen, en términos prácticos, en la decisión de la ubicación de los centros de datos.

La soberanía en términos de política industrial y dependencia de proveedores críticos fuera de las fronteras ha obligado a sectores tan relevantes (y haciendo un paralelismo con los centros de datos) como el de los microchips y semiconductores, a reorientarse estratégicamente.

La '*Chips Act*' es la directiva europea que quiere posicionar a Europa como potencia en la producción de semiconductores, hoy en manos de países asiáticos en un 80%. Tiene como meta alcanzar para 2030 el 20% de la producción mundial de chips, doblando el nivel actual del 10%. Destina 43.000 millones de euros para financiar planes de inversión (pública y privada) en semiconductores. El mayor fabricante chino de semiconductores SMIC ha anunciado una inversión de 8.900 millones de dólares en una planta en Shanghái. El plan de la Administración Biden para impulsar los chips es de 50.000 millones de dólares e Intel invertirá 20.000 millones de dólares en una fábrica en Ohio, la que será la más grande del mundo.

02 La contribución de los centros de datos a una economía sostenible

Una contribución al bienestar

Los centros de datos son una actividad esencial para la economía digital y su contribución al bienestar puede analizarse desde múltiples perspectivas. La que se considera en este trabajo es la de su condición de habilitador y garante de crecimiento de la economía digital, que en sí misma demuestra contribuir al bienestar y a la sostenibilidad; y finalmente, compartiendo relevancia con las anteriores perspectivas, habilitador también de una economía medioambientalmente sostenible.



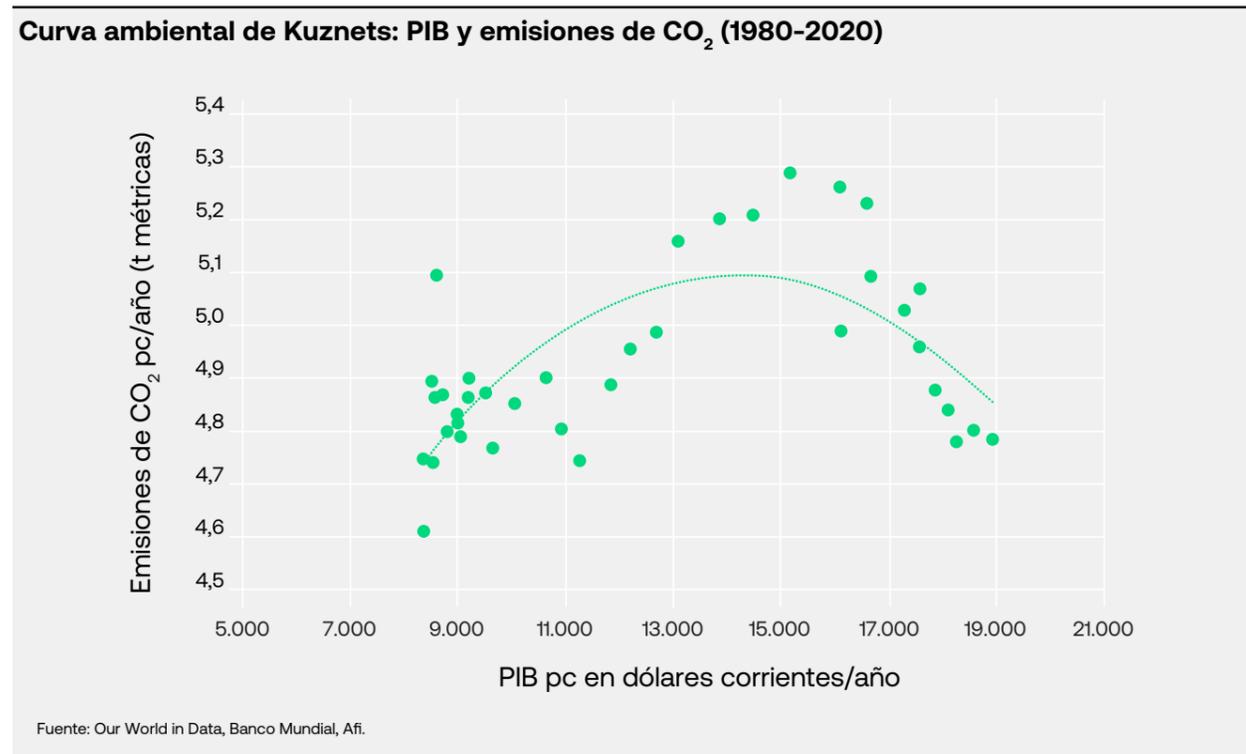
Digitalización y sostenibilidad medioambiental: un binomio esencial

La contribución de la digitalización a la sostenibilidad es, quizás, una de las cuestiones más relevantes en la agenda política y social hoy. Hay quienes argumentan que la digitalización es una fuente adicional de contaminación en el mundo, y que cualquier mejora en el ámbito digital viene a costa de mayores emisiones de gases de efecto invernadero, de mayores ineficiencias en el uso y distribución energéticas, y en exacerbar la crisis climática a la que nos enfrentamos.

Estos argumentos, sin embargo, cuentan con poco respaldo teórico y empírico, ya que frecuentemente ignoran las ganancias en eficiencia que acontecen fruto de la digitalización (a través de, por ejemplo, economías de red), y los resultados de varios estudios publicados en revistas académicas que han analizado esta relación a través de múltiples metodologías, para grupos muy heterogéneos de países o regiones, en diferentes décadas, y siempre bajo la robustez empírica que sólo puede dar la revisión paritaria (peer-reviews) a las que se ven expuestos.

La Ilustración 1 muestra la **relación que existe entre el PIB per cápita y las emisiones de CO₂** (medidas en toneladas métricas anuales) entre los años 1980 y 2020. La línea de tendencia sugiere una clara relación de parábola entre ambas variables. Esta curva, conocida como curva ambiental de Kuznets, sugiere una relación positiva entre las emisiones y el PIB per cápita cuando esta última variable es inferior a los 14.000 dólares por persona. Esta relación, sin embargo, se vuelve negativa cuando el PIB per cápita supera este límite; por lo que, **a partir de este nivel de ingresos, a mayor renta por habitante, menos emisiones.**

Ilustración 1



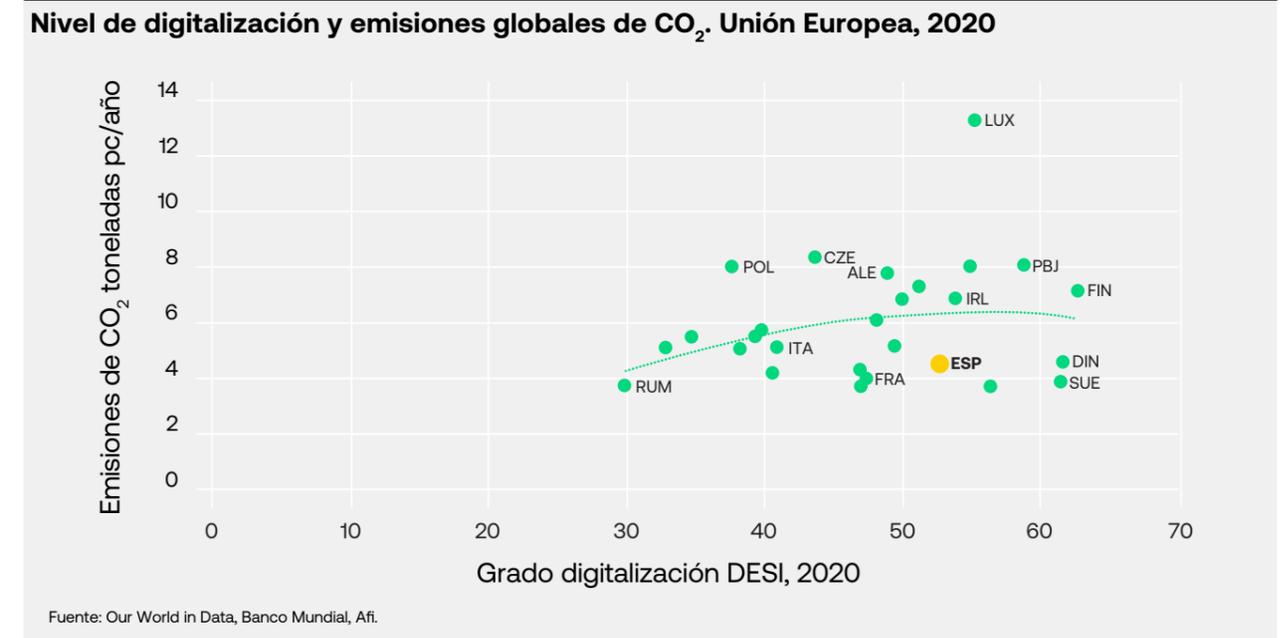
Grossmann & Krueger⁵ (1995) propusieron por primera vez una relación de U-invertida entre la renta y la evolución medioambiental cuando analizaron el impacto de los acuerdos de NAFTA sobre la contaminación. Esta relación ya había sido advertida en otros estudios, entre los que destacan los de Shafik & Bandyopadhyay⁶ (1992), y el de Panayotou⁷ (1993). Asimismo, de entre las explicaciones teóricas para este fenómeno destaca la que otorga un creciente nivel de atención al medioambiente a partir de cierto nivel de ingresos, lo que implica una concienciación social ante esta problemática, y una reacción en este sentido.

Además de la relación entre el desarrollo económico y la sostenibilidad, una parte importante de la literatura académica ha intentado integrar la digitalización en la ecuación. Gouvea et al⁸ (2018) y Matei & Savulescu⁹ (2012) encontraron una relación positiva y estadísticamente significativa entre el desarrollo del sector TIC y los niveles de sostenibilidad medioambiental: **cuanto mayor es el sector TIC o mejores las infraestructuras de telecomunicaciones, también son mejores los resultados en variables de sostenibilidad.**

Aunque quizás el trabajo más completo en este aspecto es el publicado por Añón Higón et al¹⁰ (2017), quien realiza una estimación con datos de panel para 142 países (116 en desarrollo, y 26 desarrollados) para el periodo 1995-2010. Según esta estimación, la digitalización (medida a través del índice de TIC de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, ITU por sus siglas en inglés) también exhibe una relación de U-invertida con las emisiones de CO₂ per cápita; incluso incluyendo variables de control como el PIB per cápita, el peso de la industria sobre el PIB total (en porcentaje), el nivel de educación de la población, la densidad de población, las reservas de petróleo, y el número de vehículos matriculados en circulación, entre otras.

De este modo, existe también una **relación cuadrática** (o en forma de parábola) **entre el grado de digitalización y las emisiones de CO₂ por habitante.** A priori, antes de aplicar un método econométrico para derivar causalidad, la curva de tendencia en la Ilustración 2 muestra la forma que podría tomar esta relación para los países de la Unión Europea.

Ilustración 2



⁵ Grossman G, Krueger A. 'Economic growth and the environment'. Quarterly Journal of Economics; 1995, 110 (2) p.353-377.
⁶ Shafik N, Bandyopadhyay S. 'Economic growth and environmental quality: Time series and cross-country evidence' Background Paper for the World Development Report. The World Bank, Washington, DC; 1992.
⁷ Panayotou T. 'Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development'. ILO, Technology and Employment Programme, Ginebra; 1993.
⁸ Gouvea, R., Kapelianis, D., & Kassicieh, S. (2018). Assessing the Nexus of sustainability and information & communications technology. Technological Forecasting and Social Change, 130, 39-44.
⁹ Matei, A., & Savulescu, C. (2012). Towards sustainable economy through information and communication technologies development: Case of the EU. Journal of Security and Sustainability Issues, 2(2), 5-17.
¹⁰ Higón, A., Dolores, R. G., & Shirazi, F. (2017). ICT and environmental sustainability: A global perspective. Telematics and Informatics, 34(4), 85-95.

Como se aprecia en la Ilustración 2, a la izquierda, los países con menos digitalización también muestran bajos niveles de emisiones per cápita (por ejemplo, Rumanía). Sin embargo, a medida que la digitalización se incrementa, también lo hacen las emisiones; hasta que se alcanza un punto de inflexión en el que altos niveles de digitalización conllevan también menores emisiones de CO₂ per cápita (en 2020, estos países son eminentemente nórdicos).

Con el objetivo de calcular el punto de inflexión de la parábola (cuando la relación entre la digitalización y las emisiones de CO₂ per cápita se vuelve negativa), para posicionar a España dentro de esta relación (si ya ha alcanzado este punto de inflexión), se ha realizado una estimación econométrica similar a la definida por Añón et al. (2017).

De este modo, se ha estimado, mediante el uso de datos de panel, la relación entre emisiones de CO₂ per cápita, PIB per cápita, grado de digitalización (DESI), y el peso de la industria sobre el total del PIB. La estimación incluye datos para todos los países de la Unión Europea, e incluye el periodo temporal comprendido entre 2016-2020. La Tabla 1 resume las variables incluidas, junto con una definición y la fuente estadística utilizada en la descarga.

Tabla 1. Variables utilizadas y fuentes de datos

Variable	Descripción	Fuente de datos
Emisiones CO₂ per cápita	Emisiones de CO ₂ por habitante en toneladas métricas	Ritchie, H., Roser, M. & Rosado, P. (2020). "CO ₂ and Greenhouse Gas Emissions"
Índice DESI	Índice de Economía y Sociedad Digital elaborado anualmente por la Comisión Europea que refleja con una puntuación entre 0 y 100% el rendimiento digital para cada país.	Comisión Europea (Agenda Digital)
PIB per cápita	PIB per cápita real a precios corrientes, en euros	Eurostat (2022)
Peso de la Industria (% PIB)	Valor añadido del sector industrial (incluyendo construcción) como porcentaje del PIB	WDI (World Bank, 2022)

Fuente: Afi

La especificación del **modelo econométrico** utilizada es la siguiente:

$$\text{Emisiones CO}_2 \text{ pc}_{it} =$$

$$\beta_1 \text{ Índice Desi}_{it} + \beta_2 \text{ Índice Desi}_{it}^2 + \beta_3 \text{ PIB pc}_{it} + \beta_4 \text{ Peso de la industria}_{it}$$

Factor i: relativo a los individuos de los 27 países miembros de la Unión Europea que forman la base de datos.
Factor t: refleja el año de la variable, de 2016 a 2020.
Panel de datos formado por un total de 135 observaciones.

Cabe destacar que la inclusión en términos lineales y cuadráticos del DESI, se debe a que a bajos niveles de digitalización las emisiones crecen cuando se incrementa la inversión en su mejora. Este hecho se debe en parte al crecimiento parejo de la economía en general. Sin embargo, tras alcanzar un punto máximo las emisiones comienzan a descender con mayores niveles de implantación digital. Superado este punto de inflexión de la curva, las emisiones siguen experimentando una trayectoria creciente pero cada vez a tasas menores hasta hacerse negativas, es decir, **a altos niveles de digitalización las emisiones de CO₂ se reducen con pequeños incrementos en la inversión.** Por tanto, este patrón de evolución aporta relevancia a la inversión amplia en desarrollo digital para aquellos países que busquen la reducción de sus emisiones, confirmando el binomio digitalización-sostenibilidad como solución a muchos de los problemas medioambientales.

Tabla 2. Resultados de la estimación del modelo

Aumento de las variables del modelo **Emisiones CO₂ (t métrica)**

+1 pp DESI	+0,1416
+1 pp DESI ²	-0,03
+1 pp PIB per cápita	+0,0001
+1 pp Peso de la industria (%PIB)	+0,1640

pp= punto porcentual
Observaciones 135 R² 0,3565 R² ajustada 0,3418 F estadística 227,8577

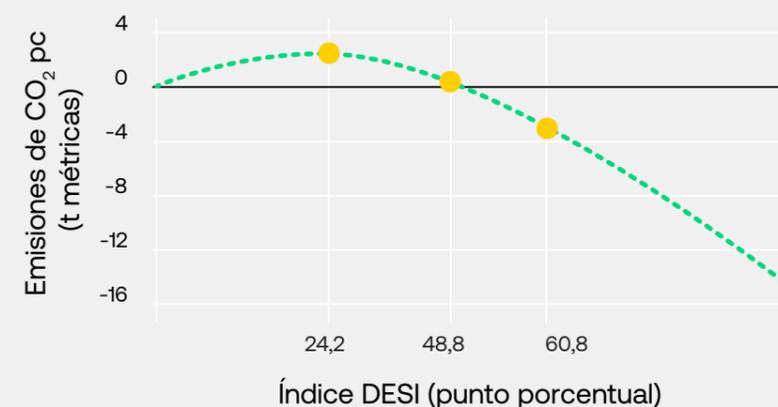
Fuente: Afi, elaboración propia

De los resultados de la estimación realizada para este estudio se puede concluir que efectivamente, la digitalización tiene un efecto inicial creciente y lineal sobre las emisiones de CO₂ per cápita, incrementando cada punto porcentual adicional en el DESI las emisiones de CO₂ en 0,14.

Este "efecto digitalización", una vez alcanza un punto máximo comienza a ser negativo sobre el nivel de emisiones, aunque de forma más lenta por cada punto porcentual en el que se incrementa el DESI: un punto de crecimiento en el DESI reduce las emisiones per cápita en 0,003 toneladas métricas.

Ilustración 3

Relación entre las emisiones de CO₂ per cápita y el Índice DESI



Fuente: Afi, elaboración propia.

El crecimiento de las emisiones en función del avance de la digitalización alcanza su punto máximo cuando el DESI tiene un valor de 24,2; a partir de entonces las emisiones continúan creciendo, pero a tasas menores. Es a partir de un índice DESI de 48,8 cuando el crecimiento de las emisiones invierte su tendencia y comienza a decrecer. Es decir, superado este umbral de desarrollo digital la contaminación por emisiones de CO₂ se reduce continuamente a mayor implantación digital.

España presentó en 2022, en el último de los índices DESI publicado, una puntuación de 60,8, y superó esta barrera de decrecimiento de las emisiones ya en el 2019. Países aun alejados de este punto de inflexión son Bulgaria, Grecia y Rumanía con índices por debajo de 40. En la otra cara de la moneda, países que desde 2016 ya superaban esta puntuación son Dinamarca y Finlandia, y cuya trayectoria no ha hecho más que seguir mejorando, reflejando puntuaciones en torno a los 70 puntos.

A partir de estos resultados, se ha desagregado el índice DESI en sus cuatro componentes. Mediante el análisis de estas dimensiones, se han diseñado escenarios de futuro para el caso español, que sugieren una hoja de ruta que maximizaría los beneficios de la digitalización en la sostenibilidad en nuestro país. Así, el índice está compuesto de cuatro dimensiones principales equiponderadas:

- 1. Capital Humano
- 2. Conectividad
- 3. Integración de la tecnología digital
- 4. Servicios públicos digitales

Cada una de estas dimensiones se divide en un número diferente de sub-dimensiones, que ponderan de forma diferente sobre el 25% de cada bloque y que, a su vez contienen distinto número de indicadores, también aportando distinto valor al índice global (Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores del DESI según la dimensión y sub-dimensión a la que pertenece

Dimensión	Subdimensión	Indicador
1. Capital Humano	1a. Habilidades de uso de internet	1a1. Competencias digitales, al menos de nivel básico 1a2. Competencias digitales por encima del nivel básico 1a3. Conocimientos de creación de contenido, nivel básico
	1b. Habilidades avanzadas y desarrollo	1b1. Especialistas en TIC 1b2. Mujeres especialistas en TIC 1b3. Empresas que proporcionan formación en TIC 1b4. Titulados en TIC
2. Conectividad	2a. Implantación de banda ancha fija	2a1. Implantación global de banda ancha fija 2a2. Implantación de banda ancha fija al menos 100 Mbps 2a3. Implantación de al menos 1 Gbps
	2b. Cobertura fija de banda ancha	2b1. Cobertura banda ancha de nueva generación (NGA) 2b2. Cobertura de la red fija de muy alta capacidad 2b3. Cobertura fibra óptica hasta las instalaciones (FTTP)
	2c. Banda ancha móvil	2c1. Espectro de 5G 2c2. Cobertura 5G 2c3. Implantación de banda ancha móvil
	2d. Precios de banda ancha	2d1. Índice de precios de banda ancha
3. Integración de la tecnología digital	3a. Intensidad digital	3a1. Pymes con un nivel básico de intensidad digital
	3b. Tecnologías digitales para las empresas	3b1. Intercambio electrónico de información 3b2. Redes sociales 3b3. Macro datos (Big data) 3b4. Nube (Cloud) 3b5. Inteligencia Artificial 3b6. TIC para la sostenibilidad medioambiental 3b7. Facturación electrónica
	3c. E-Commerce	3c1. Pymes que realizan ventas en línea 3c2. Volumen de negocios del comercio electrónico 3c3. Venta transfronteriza en línea
4. Servicios públicos digitales	4a. Administración electrónica	4a1. Usuarios de la administración electrónica 4a2. Formularios pre cumplimentados 4a3. Servicios públicos digitales para los ciudadanos 4a4. Servicios públicos digitales para las empresas 4a5. Datos abiertos

Fuente: Afi, a partir del Índice DESI 2022 (CE).

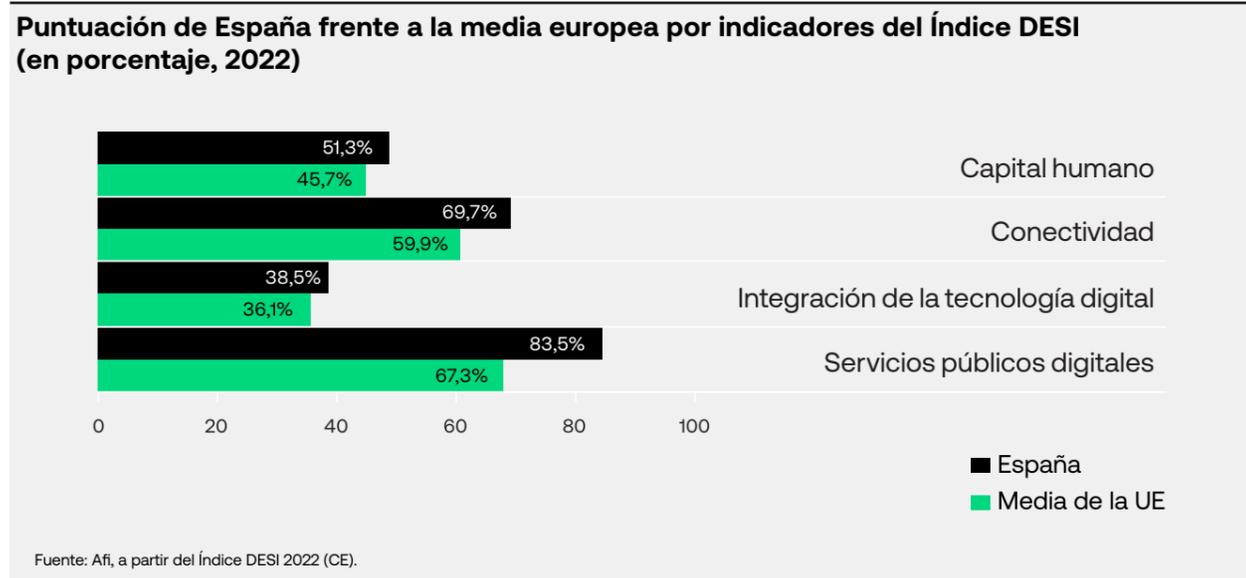
Del cálculo del peso específico que cada uno de los indicadores aporta al total se deduce que los tres más relevantes son:

- 1a1 Competencias digitales al menos de nivel básico
- 4a3 Servicios públicos digitales para los ciudadanos
- 4a4 Servicios públicos digitales para las empresas

Por lo tanto, el DESI está construido como un indicador más centrado en el ámbito social y educativo del desarrollo de competencias digitales, que en la provisión y garantía de infraestructuras que faciliten el proceso de digitalización para toda la población.

Del análisis del desglose de la puntuación obtenida por España en 2022 se puede concluir que España presenta un mayor grado de desarrollo que la media europea. La puntuación española supera ampliamente a la media europea en las dimensiones 2 (conectividad) y 4 (servicios públicos digitales), concretamente se sitúa en 9,8 y 16,2 p.p. por encima. En la dimensión 1 (capital humano y competencias digitales), España aventaja a la UE en 5,6 p.p. En cuanto a la dimensión 3 (integración de la tecnología digital), las puntuaciones alcanzadas son más similares a la media europea (2,4 p.p. de diferencia). De igual forma, el margen de mejora aún es amplio, especialmente en las dimensiones 2 y 4.

Ilustración 4



Es relevante señalar que de esta extensa lista de indicadores **ninguno se centra en la medición de la presencia o el desarrollo de los centros de datos**, una infraestructura esencial para el avance de la digitalización. Por tal motivo, sería oportuno la integración de indicadores que permitan conocer y evaluar su alcance. A falta de dichos indicadores más precisos, para continuar con el análisis **se han seleccionado tres indicadores a modo de proxy, por formar parte asimismo del concepto de infraestructuras digitales desplegadas o disponibles:**

2c1 Espectro de 5G

Como el porcentaje del espectro asignado en relación con el espectro de 5G total armonizado.

2c2 Cobertura 5G

Porcentaje de áreas pobladas con cobertura de 5G.

3b4 Nube (Cloud)

Medido como el porcentaje de empresas que compran servicios intermedios o sofisticados en la nube.

Como se ha mencionado anteriormente, España ya ha superado el umbral del DESI en el que mayores niveles de digitalización reducen las emisiones de CO₂ (48,8). Por lo tanto, **lograr un punto más en dicho índice reduciría las emisiones de CO₂ per cápita en 0,003 toneladas métricas**, manteniendo el resto de las variables constantes.

Mediante la implementación independiente de las siguientes iniciativas relacionadas con los indicadores 2c2 y 3b4 podría lograrse un punto más en el DESI de España. En particular:

- Un incremento de 20 puntos porcentuales en las áreas pobladas con cobertura de 5G, inversión que elevaría el indicador de áreas pobladas cubiertas por 5G desde el actual 59%, hasta el 79%.
- Un incremento en algo más de 28 puntos porcentuales (28,6%) en el porcentaje de empresas españolas que utilizan algún servicio en la nube. De esta forma, el uso del cloud a nivel empresarial crecería desde un 27% hasta ser usado por más la mitad de los negocios (55,6%). Cabe destacar que este es un indicador “posterior”, es decir, el uso de la nube por parte de las empresas requiere de una inversión inicial a nivel global en la infraestructura requerida para poder llevar a cabo este uso de forma óptima. Mientras que los otros dos indicadores seleccionados, sí se refieren a la provisión de infraestructura y servicios para su consumo.

Por cada punto adicional en el índice DESI, España reduciría sus emisiones de CO₂ en 0,003 t por habitante.

La situación es diferente para el indicador que evalúa la asignación del espectro de 5G (2c1). En este caso particular, para lograr un punto más en el DESI, teniendo en consideración el peso que aporta al indicador global, este necesitaría incrementarse en 40 puntos porcentuales. Pero España ya tiene un 65% del espectro 5G asignado, por lo que su margen de mejora está limitado a 35 puntos porcentuales. De este modo, aun consiguiendo la asignación máxima del espectro armonizado de 5G, repercutiría en 0,9 puntos adicionales en el DESI, contribuyendo a una reducción de las emisiones de CO₂ per cápita en 0,0027 toneladas métricas (2,7 kg menos per cápita al año).

Otro posible escenario sería **implementar las tres iniciativas de forma simultánea**. Así, **el DESI se incrementaría en 2,9 puntos porcentuales**, logrando que España se sitúe casi en los 64 puntos, que equivale al registro de Suecia, que ocupa la cuarta posición del ranking europeo. De forma análoga, aplicando el coeficiente derivado de la estimación (0,003 toneladas métricas de CO₂ per cápita), estos avances en digitalización conducirían a la **reducción de las emisiones per cápita en 0,0087 toneladas métricas anuales** (8,7 kg de CO₂ per cápita al año = 412.690 t de CO₂).

En conclusión, resulta evidente que **la digitalización es una solución real para la construcción de una economía más sostenible**. España se encuentra en un momento privilegiado en este proceso, habiendo alcanzado niveles significativos de desarrollo digital que garantizan, desde 2019, una relación positiva entre una mayor intensidad digital y la reducción de emisiones de CO₂.

Reducción anual de emisiones de CO₂

+1

Punto DESI

-142.000

t CO₂ año

+2,9

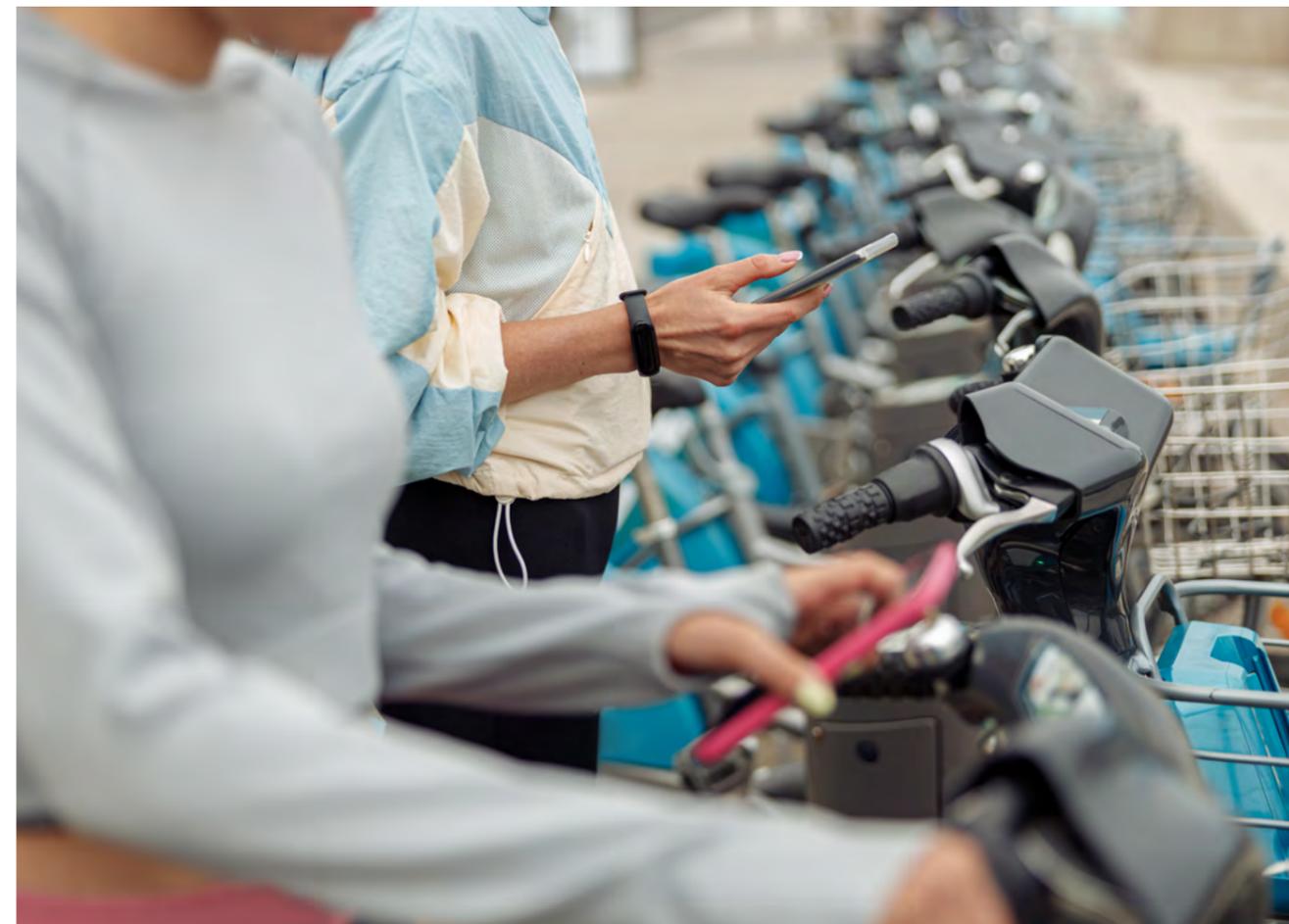
Puntos DESI

-412.700

t CO₂ año

Fuente: Afi

Existe una relación positiva entre la intensidad digital y la reducción de emisiones de CO₂



La digitalización es una solución real para la construcción de una economía más sostenible.

Digitalización de la economía

La actual y cuarta revolución industrial está sustentada en los datos así como todas aquellas innovaciones, tecnologías, canales, modelos de negocio y desarrollos de *hardware* y *software* que buscan solucionar problemas, habilitar nuevas capacidades analíticas, robóticas, de comunicación, marketing, educativas, etc. con inmediatez y ubicuidad.

La digitalización permite realizar actividades antes inconcebibles:

- sin desplazamientos físicos (reuniones y viajes de negocios),
- sin acudir a un lugar concreto para realizar dichas actividades (educación, trabajo, entretenimiento, compras, transacciones financieras, firma de documentación, etc.),
- sin implicar movimiento de bienes y mercancías (email. vs correo postal de documentación);

Así como acciones cotidianas antes impensables como:

- guardar, editar, comparar y consultar todo tipo de información, en todo tipo de formato (textos, imágenes, sonidos, etc.),
- la comunicación oficial con las administraciones públicas, proveedores de servicios, etc.

Y además, todas estas actividades y acciones pueden realizarse en la actualidad reduciendo, en contraposición a su versión exclusivamente analógica:

- el consumo energético global
- las emisiones de CO₂
- la contaminación
- el tiempo dedicado a la ejecución
- el coste asociado a los desplazamientos de personas y bienes.

Pero la digitalización no solo supone una mejora en determinadas actividades o una reducción en los recursos que utiliza; además impacta directamente en el PIB de los países.

En 2019, el sector de las TIC en la Unión Europea representaba el 4,89% del PIB, destacando países como Suecia (6,48%), según datos de Eurostat¹². En 2020, según estimaciones del Bureau of Economic Analysis de Estados Unidos¹³, el peso de la economía digital alcanzaba el 10,2% del PIB del país. En España la contribución directa de la economía digitalizada en 2020 representó el 10,9% del PIB, según un estudio de Adigital¹⁴ (Ilustración 5).

Ilustración 5

Contribución de la economía digital al PIB de España, 2019 y 2020 (%)

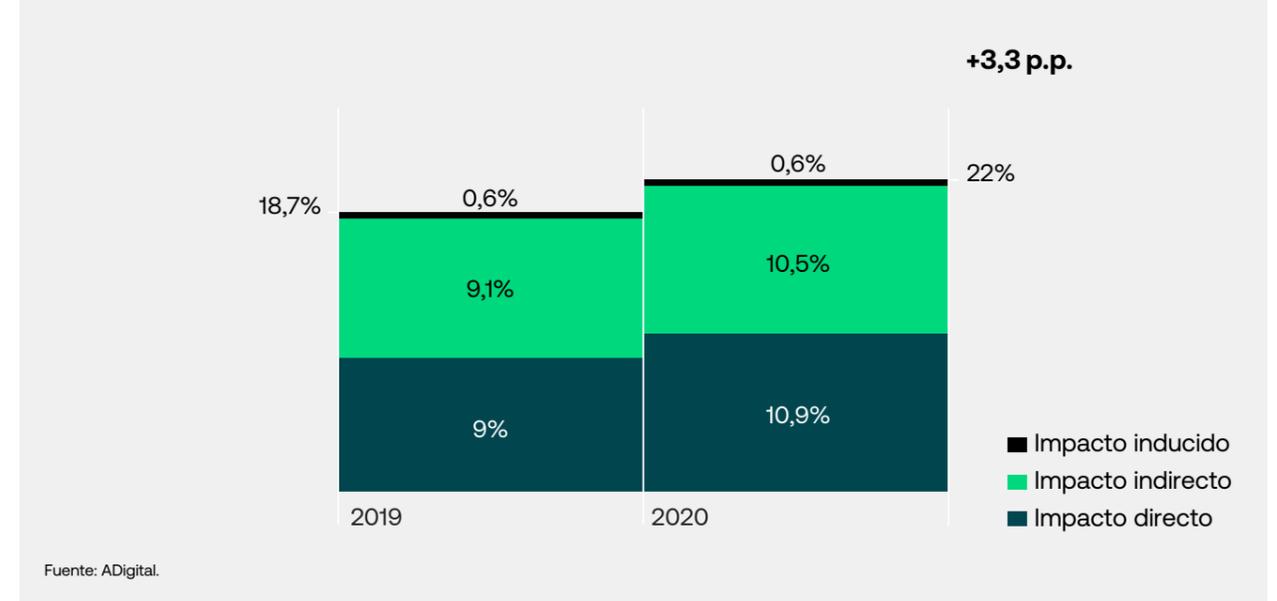
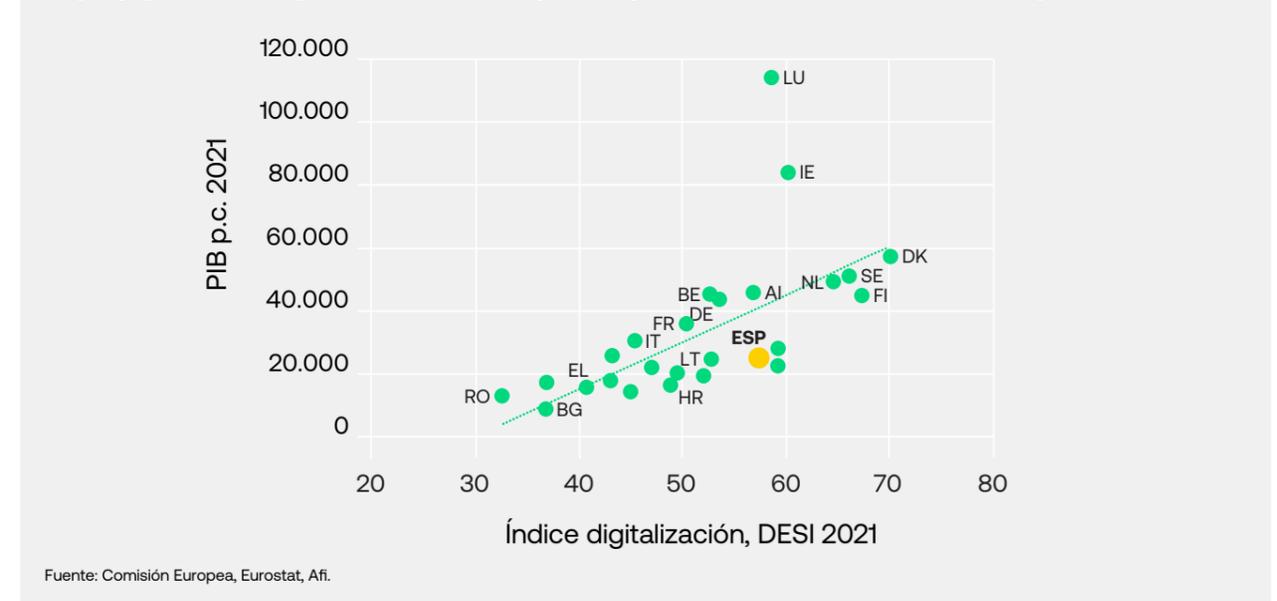


Ilustración 6

PIB pc y grado de digitalización de los países pertenecientes a la Unión Europea, 2021



Asimismo, el grado de desarrollo económico de los países está ligado a su nivel de digitalización, de forma que, a mayor PIB per cápita, el desarrollo digital se incrementa, en este caso (Ilustración 6) medido a través del DESI (Digital Economy and Society Index).

No es posible afirmar una relación causal única entre ambas variables, ya que el proceso de implantación digital depende de múltiples factores, pero no cabe duda en que existe una fuerte relación positiva y de beneficio mutuo entre ellas.

¹² <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tin00074/default/table?lang=en>

¹³ <https://www.bea.gov/system/files/2022-05/New%20and%20Revised%20Statistics%20of%20the%20U.S.%20Digital%20Economy%202005-2020.pdf>

¹⁴ https://www.adigital.org/doc/202202_informe-economia-digital.pdf

Innovaciones sectoriales habilitadas por procesos digitales en los centros de datos

Son innumerables los ejemplos de innovaciones digitales aplicadas al sector productivo, y de la vida cotidiana, tanto personal como profesional, para los que la digitalización es una solución real para contribuir a que nuestra economía y nuestras acciones sean más sostenibles. En la Tabla 5 se muestran algunos de estos ejemplos de digitalización sectorial.

Tabla 5. Ejemplos de innovaciones sectoriales habilitados por procesos digitales en centros de datos

Sector	Innovación digital
Comercio	E-commerce
Cultura	Streaming, Gaming
Manufacturas	Industria 4.0 y el IoT
Inmobiliario	Edificios inteligentes, entornos colaborativos para la construcción
TIC	Nuevas formas de comunicación
Educación	Aprendizaje en línea y universidades online
AA.PP.	Atención remota al ciudadano
Finanzas	Bigtech, Fintech e Insurtech
Salud	Telecirugía, diagnóstico remoto
Transporte	Planificación de flotas en tiempo real, Smart citis, movilidad compartida
General	Teletrabajo

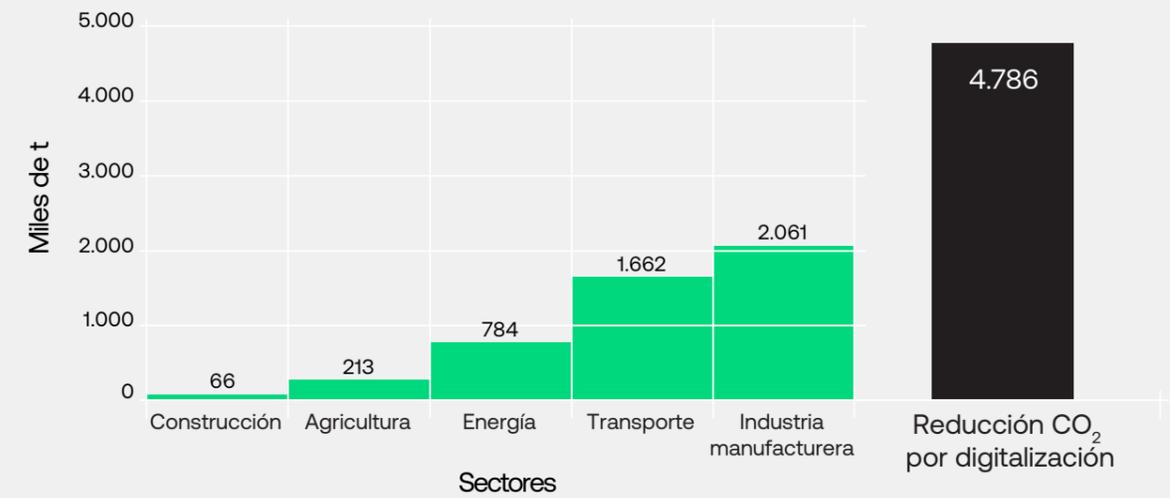
Fuente: Afi

Las diferentes actividades económicas de nuestro tejido productivo se están viendo beneficiadas de los avances digitales.

Como se muestra en la Ilustración 7, a nivel nacional, las ganancias en eficiencia que la digitalización habilita, conducirían a un descenso en las emisiones anuales de CO₂ registradas.

Ilustración 7

Potencial de reducción de las emisiones de CO₂ por sector en España, según las cifras de emisiones registradas en 2019, (miles de t)



Fuente: Afi, GeSI & Accenture Strategy (2015), #SMARTer2030, Cuentas de Emisiones a la Atmósfera (INE).

Se han seleccionado tres ejemplos motivados por su cotidianeidad, por ser actividades o acciones tan presentes en nuestro día a día que resulta fácil entender las bondades del binomio digitalización-sostenibilidad:

- 1 Dinero en efectivo frente a pagos digitales
- 2 Reuniones presenciales frente a virtuales o híbridas
- 3 Trabajo presencial frente a teletrabajo

Dinero en efectivo frente a pagos digitales

En octubre de 2018, el Banco Nacional Holandés (DNB) publicó su documento de trabajo 610, «Evaluación del ciclo de vida de los pagos en efectivo» para identificar el impacto medioambiental del uso de las monedas y los billetes en una economía, uno de los primeros en comparar el impacto ambiental del dinero en efectivo con los pagos con tarjeta de débito. Su análisis utilizó el método de impacto ReCiPe endpoint (H), uno de los métodos de evaluación de impacto más recientes y actualizados disponibles para practitioners del Life-Cycle-Analysis (LCA) o Análisis del Ciclo de Vida (ACV), el habitual para este tipo de estimaciones.

Aunque los resultados se basan en la situación en los Países Bajos, también son relevantes para otros países dentro y fuera de la zona del euro, como es el caso de España.

Estudios anteriores consideraron el impacto ambiental solo de los billetes (sin incluir las monedas como el referido en este ejemplo): Wettstein et al. (2000) realizó un ACV sobre los billetes suizos y el BCE (2005) sobre los billetes en euros, y desvelaron que la fase de operación es la que concentra el mayor impacto ambiental, derivado del transporte de billetes y el uso de energía de los cajeros automáticos.

Para poner en perspectiva el impacto ambiental y el potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) de una transacción en efectivo promedio en los Países Bajos en 2015, se comparan los impactos con los de su sustituto más cercano, es decir, una transacción de pago con tarjeta de débito.

Los resultados muestran que el impacto ambiental de una transacción promedio con dinero en efectivo en los Países Bajos en 2015 fue un 36% más alto y su GWP fue un 21% más alto (4,6 g de CO₂e) que el de una transacción promedio con tarjeta de débito (3,8 g CO₂e).

El impacto relativamente mayor del efectivo en el medio ambiente se debe en gran medida a la influencia del uso de metales para la producción de monedas, y su traslado, uno de los puntos críticos en el sistema de pago en efectivo.

Una similitud interesante entre el dinero en efectivo y las tarjetas de débito es que para ambos tipos de transacciones el uso de energía en el tiempo de espera o *stand-by* (cajeros automáticos para efectivo y terminales de pago POS para tarjetas de débito) es inevitable, dado que siempre están disponibles (nunca se apagan).

El estudio también compara los impactos ambientales y climáticos del sistema de pago en efectivo en su conjunto con los del sistema de tarjetas de débito. En este caso, la diferencia entre el efectivo y el sistema de pago con tarjeta de débito con respecto a sus GWP asciende al 42%.

Las diferencias en los impactos a nivel del sistema son mayores que a nivel de transacción, ya que aún hay más transacciones (incluidas las transacciones p2p) en el sistema de pago en efectivo que, en el sistema de pago con tarjeta de débito, una tendencia que está cambiando en toda Europa. En España, si cabe, las diferencias serían mayores porque el uso del dinero en efectivo es muy superior a la media de Europa, tal como quedó reflejado en el “Study on the payment attitudes of consumers in the euro area (SPACE)” elaborado por el Banco Central Europeo en 2020.

En definitiva, y a la luz de los resultados de las investigaciones, la sustitución gradual de pagos en efectivo por pagos con tarjeta de débito puede mejorar la sostenibilidad del sistema de pago minorista en su conjunto.

GWP pago efectivo

4,6
g CO₂e

GWP pago con tarjeta

3,8
g CO₂e

Ahorro emisiones CO₂

-21%
-0,8 g/transacción

GWP global pago efectivo (2015)

17.000
t CO₂e

GWP global pago con tarjeta (2015)

12.000
t CO₂e

Ahorro emisiones CO₂

-42%
-5.000 t 2n 2015

Fuente: Afi, a partir de “Life cycle assessment of cash payments”



Reuniones presenciales frente a virtuales o híbridas

Desde 2020, la pandemia de COVID-19 ha fomentado a los convocantes de reuniones, conferencias y eventos a recurrir a su celebración en modalidad online.

Un reciente estudio (“Trend towards virtual and hybrid conferences may be an effective climate change mitigation strategy”) publicado en la revista Nature Communications y elaborado por investigadores de la Universidad Cornell, The American Center for Life Cycle Assessment y el Sustainable Process Integration Laboratory de la República Checa en 2021, destaca el potencial de esta modalidad de conferencias para la reducción de emisiones de carbono, el principal gas de efecto invernadero por su impacto acelerador del cambio climático.

A estas alturas del 2022, es de sentido común admitir, por experiencia propia personal, que las conferencias virtuales e híbridas son alternativas más ecológicas a las conferencias en persona. Sin embargo, su sostenibilidad ambiental no se había evaluado completamente hasta la fecha de este estudio. En él, el equipo investigador informa de los resultados comparativos desde una perspectiva de ACV teniendo en cuenta no solo el impacto del transporte, sino también el alojamiento, la alimentación o catering, la preparación, la ejecución, los medios TIC que implican una (presencial) y otras (virtuales e híbridas) modalidades de conferencia, considerando también las compensaciones en términos de huella de carbono entre las reuniones presenciales e híbridas.

Constatan que **transitar de las conferencias y reuniones en persona a una celebración en modalidad virtual puede reducir sustancialmente la huella de carbono en un 94% y el uso de energía en un 90%**. Y aun velando por un objetivo de mantenimiento de aproximadamente el 50% de la participación en modalidad presencial, demuestran asimismo que

las conferencias híbridas tienen el potencial de reducir la huella de carbono y el uso de energía en dos tercios. De este modo, reducir aún más la huella de carbono de las conferencias y reuniones virtuales pasa casi exclusivamente por mejorar la eficiencia energética del sector de las TIC, y de considerar opciones de catering más intensivas en verduras y productos de proximidad.

Los estudios anteriores de ACV se centraban en cuantificar la huella de carbono de las conferencias presenciales. Alrededor de la mitad de ellos se centraron exclusivamente en el transporte (viaje de ida y regreso).

Debido a las diferencias en los supuestos asociados con las conferencias en persona (por ejemplo, duración, tamaño de audiencia y ubicaciones de la conferencia, distribución geográfica de los participantes, modo de transporte, etc.), la huella de carbono oscila entre 92 y 3.540 kg de CO₂ equivalente per cápita. **Todos estos estudios identificaron el transporte como el punto crítico en términos ambientales.** Y es que el lugar de la conferencia y la distribución geográfica de los participantes determinan la distancia recorrida y el modo de transporte utilizado por las personas participantes, por lo que la ubicación de la conferencia también es importante para determinar la modalidad de transporte, dadas las diferencias en la disponibilidad de opciones sostenibles, como el tren.

Los estudios recientes que comparan la huella de carbono de las conferencias presenciales y virtuales asumen, en unos casos, la neutralidad de carbono para la conferencia virtual; otros calculan la huella de carbono a partir de la electricidad necesaria para dispositivos y servidores; otros consideran las emisiones relacionadas con la red, el ordenador portátil y el servidor de videoconferencias (Zoom u otros).

Emisiones CO₂

-94%

en una reunión virtual

Uso de energía

-90%

en una reunión virtual

Emisiones CO₂

-60-70%

en una reunión híbrida

Uso de energía

-60-70%

en una reunión híbrida



Trabajo presencial frente a teletrabajo

Desde 2020, la pandemia de COVID-19 ha fomentado la adopción del teletrabajo.

Un reciente estudio de Greenpeace España (marzo 2021) (“Un año de teletrabajo: su impacto en la movilidad y en las emisiones de CO₂”) estima cuántas emisiones podría ahorrar la implantación del teletrabajo en España, reconociendo que su implantación masiva no es factible teniendo en cuenta que sólo una parte de los empleos pueden realizarse en remoto, desde casa. Por ese motivo Greenpeace España asume dos panoramas para el teletrabajo en la era post-covid para esas ocupaciones que sí son susceptibles de realizarse en remoto, centrando su análisis en Madrid y Barcelona.

Para poder estimar el potencial de ahorro de emisiones del teletrabajo, calculan el total de emisiones de los desplazamientos laborales, que viene determinado por el total de pasajeros-kilómetro empleados en esta modalidad de movilidad, a partir de los datos de las autoridades de transporte de Madrid (CRTM) y Barcelona

(ATM), y lo multiplican por el factor de emisión específico para cada modo de transporte.

Bajo la hipótesis que denominan “moderada”, consistente en **añadir un día más de teletrabajo** por semana en relación a los días de teletrabajo que se disfrutaran antes de la irrupción de la pandemia, **podría ahorrar 412 toneladas de CO₂ diarias en Madrid o 605 toneladas diarias en Barcelona**. Así, la rutina del teletrabajo **podría contribuir a una reducción del 7-8 % en las emisiones diarias** motivadas por desplazamientos al lugar de trabajo y alrededor de un 3% de las emisiones asociadas al transporte de viajeros en general.

Bajo la hipótesis “avanzada”, esto es, **añadiendo dos días más de teletrabajo por semana**, la cantidad ahorrada cada día sería de **790 toneladas en Madrid y 1.153 en Barcelona**, equivalente a un 14-15% de ahorro de emisiones provenientes de desplazamientos laborales o un 5-6 % de las emisiones producidas por la movilidad de personas en dichas ciudades.

Potencial de ahorro de emisiones por extender el teletrabajo en Madrid y Barcelona

	MADRID		BARCELONA	
	+1 día extra	+2 día extra	+1 día extra	+2 día extra
Emisiones del vehículo privado	339	649	547	1042
Emisiones del transporte público	74	141	58	111
Total emisiones CO ₂ evitadas	412	790	605	1153
% sobre las emisiones del transporte	-2,8%	-5,4%	-3,1%	-5,8%
% sobre las emisiones de viajes al trabajo	-7,8%	-15%	-7,2%	-13,8%

Fuente: Un año de teletrabajo: su impacto en la movilidad y en las emisiones de CO₂. Greenpeace España, marzo 2021.

t CO₂ en Madrid

-412

por 1 día adicional de teletrabajo

t CO₂ en Barcelona

-605

por 1 día adicional de teletrabajo

t CO₂ en Madrid

-790

por 2 días adicionales de teletrabajo

t CO₂ en Barcelona

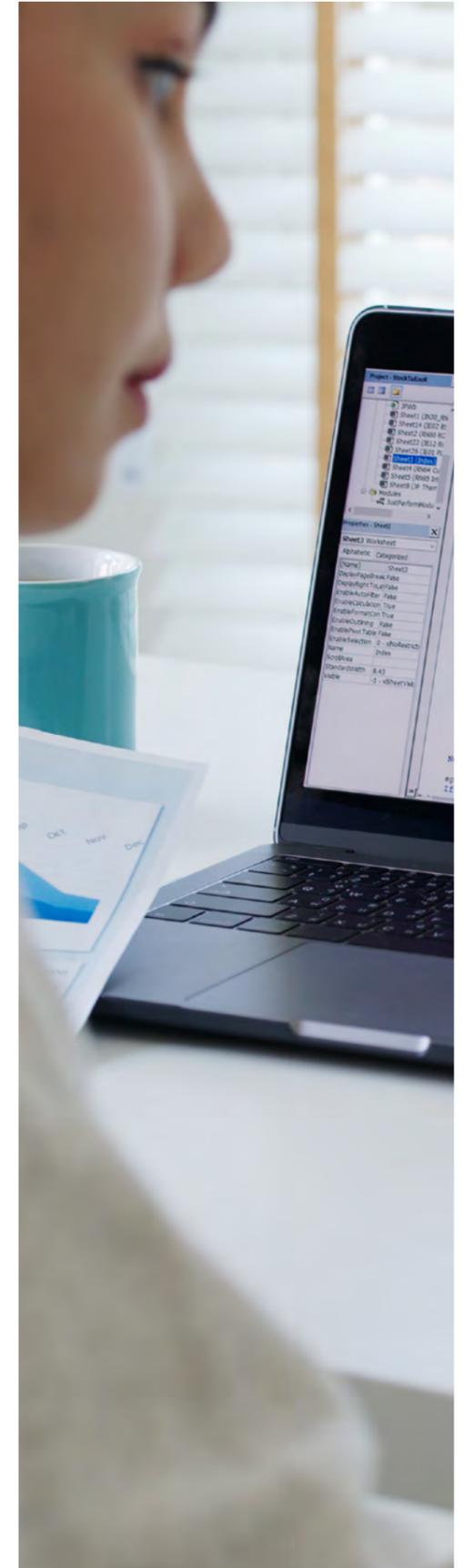
-1.153

por 2 días adicionales de teletrabajo

Ahorro en emisiones

7-15%

de CO₂



03 Los centros de datos contribuyen a la reducción global de la demanda energética

Eficiencia energética para reducir la demanda

Se han señalado las ganancias de eficiencia energética a las que contribuyen los procesos que suceden en el seno de los centros de datos y que conducirían a su vez a un notable descenso en las emisiones anuales de CO₂ registradas por los sectores de actividad más intensivos hoy en el uso de energía (sector energético, transporte e industria manufacturera).

Concretamente, y según la Agencia Internacional de la Energía (IEA), entre los sectores con mayor margen de mejora en términos de consumo de energía y emisiones se encuentra el transporte por carretera, cuya digitalización contribuiría a reducir casi el 50% su demanda energética y el 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero de aquí a 2050. De la misma manera, el uso de datos en tiempo real en edificios (sean oficinas o viviendas) podría reducir el consumo de energía hasta el año 2040 en un 10% suponiendo un ahorro total de 65 PWh, equivalente a la energía consumida por los países de la OCDE en 2015.

A esta positiva contribución de la digitalización, se une el hecho constatado de la **eficiencia energética de los centros datos profesionales** (*colocation* o *cloud*) que reducen significativamente la demanda energética.

Estos centros de datos y su modelo de funcionamiento generan poderosas economías de escala y por ello contribuyen al uso eficiente de los recursos. La variable que mide la eficiencia del uso de energía, PUE *Power Usage Effectiveness*, constata que mientras que un centro de datos corporativo cuenta con un PUE entre 2 y 3, los centros de datos de colocation y los de cloud se diseñan y operan con variables de eficiencia de 1,2 - 1,5 reduciendo la demanda de energía en un 60%.

Aunque los centros de datos corporativos siguen siendo los más comunes en la UE, a medida que crecen la demanda de procesos digitales y el procesamiento de datos en tiempo real se constata (de acuerdo a los datos de IEA, Ilustración 8) un movimiento de las cargas IT desde estos centros tradicionales o corporativos a los de colocation (que han crecido un 26%) o a los hiperescalares o cloud que han crecido un 231%.

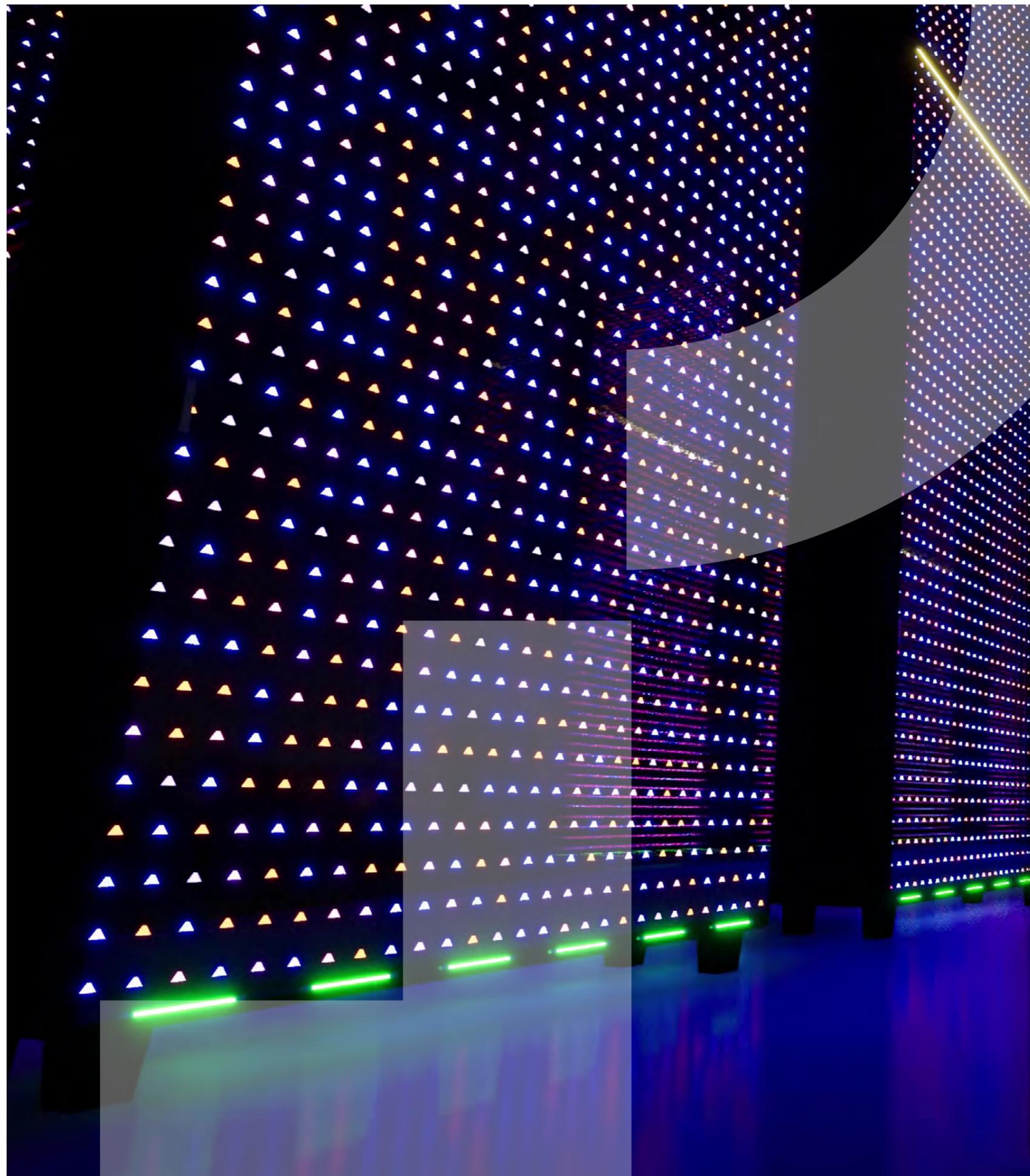
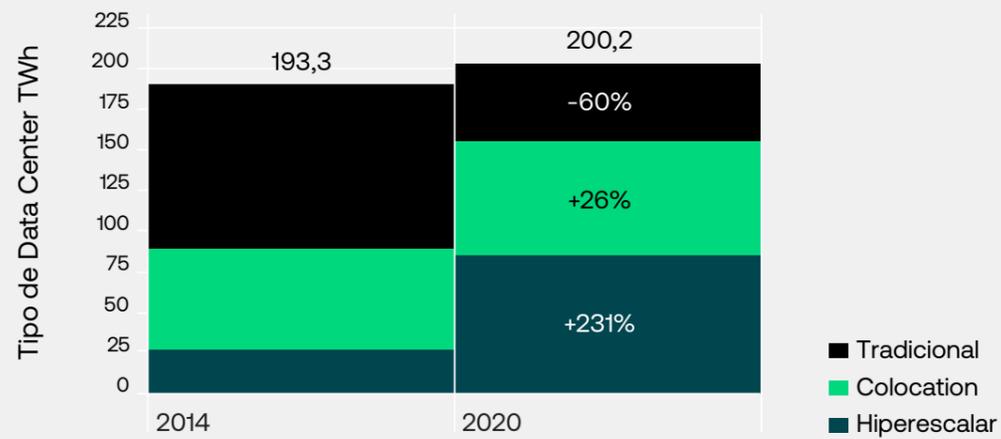


Ilustración 8

Evolución de la tipología de centros de datos (2014-2020)



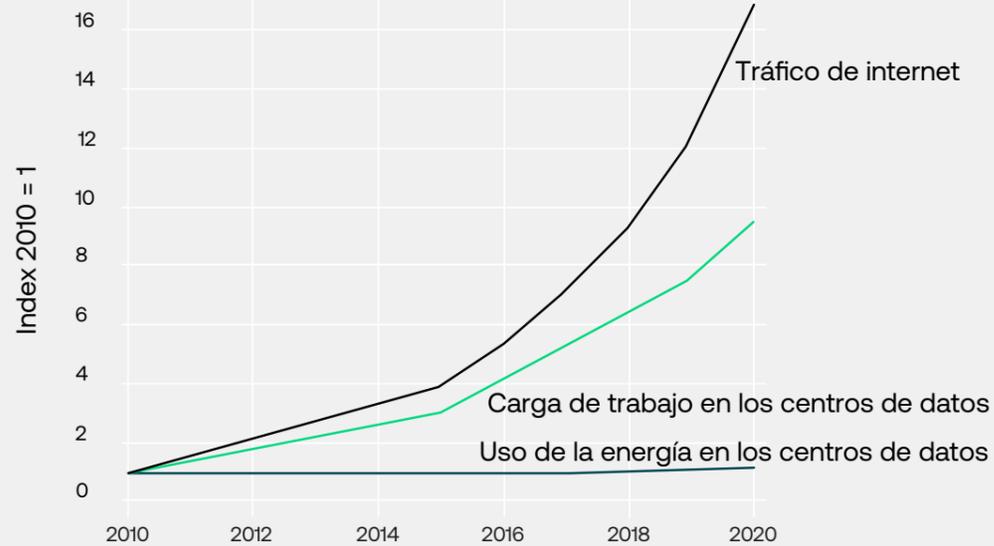
Fuente: <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>

Esta migración de los procesos digitales a los centros de datos de colocation ha supuesto entre 2016 y 2020, tal y como confirma la IEA, una reducción del uso de la energía (Ilustración 9).

El consumo de energía de los centros de datos se ha mantenido estable mientras que la explosión en la generación de datos y el tráfico de internet se ha multiplicado por dos y la carga que estos reciben, almacenan y procesan se ha triplicado. De esta forma, el incremento en la generación y procesamiento de datos ha sido mucho mayor que el aumento del consumo energético en términos relativos, por la superior eficiencia energética de los primeros (colocation e hiperescalares) sobre los segundos (tradicionales).

Ilustración 9

Evolución del consumo energético y la carga de los centros de datos aparejado al crecimiento del tráfico en internet, 2010-2020



Fuente: <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>

Reducción global de la demanda energética gracias a la digitalización



La eficiencia de los centros de datos profesionales (colocation o cloud) reduce la demanda de energía en un 60%.

04 Infraestructuras digitales en España

España como parte de la economía del dato

“Si España quiere ser competitiva en la economía del dato necesita de la nube, servicios de infraestructura para almacenar y procesar datos, una arquitectura de compartición de datos entre los diferentes actores y de una conectividad de alta capacidad, segura, resiliente y fiable, impulsar el despliegue del 5G y el *edge computing*, las tecnologías de procesamiento en privacidad y las futuras generaciones de infraestructuras y servicios cloud”. Esta afirmación, recogida en una reciente manifestación de interés emitida por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital del Gobierno de España¹⁵, reconoce de forma explícita y detallada una aspiración estratégica, y de forma tácita que su consecución descansa en un importante despliegue de centros de datos de colocation.

España, ¿hub digital? Una cuestión de capacidades y de oportunidades.

La actual y cuarta revolución industrial está sustentada en los datos y todas aquellas innovaciones, tecnologías, canales, modelos de negocio y desarrollos de *hardware* y *software* que, a partir de su captura, almacenamiento, análisis, procesamiento e intercambio, habilitan nuevas capacidades, nuevos canales y formas de producir y consumir con inmediatez y ubicuidad.

Que España sea territorio anfitrión de la industria de centros de datos es una oportunidad estratégica. En 2021 había 8.000 centros de datos en todo el mundo¹⁶, el 77% del total ubicados en países OCDE, el 64% en países miembros de la OTAN y más de la mitad en EE.UU., Reino Unido, Alemania, China y Holanda.

La decisión de ubicación de los centros de datos está motivada por múltiples factores. Según el Data Center Location Index (Arcadis, 2021) destacan el tamaño del mercado doméstico y el PIB per cápita, la facilidad para obtener permisos de construcción, el precio de la electricidad y la seguridad en el suministro energético; la ciberseguridad; la velocidad media de descarga y las suscripciones a banda ancha móvil por cada 100 habitantes. Adicionalmente, la necesidad de los proveedores de servicios digitales de aproximar sus

¹⁵ Manifestación de interés para la constitución del HUB español de GAIA-X y el establecimiento de un hub específico de datos en el sector turístico: <https://portal.mineco.gob.es/ca-es/ministerio/participacionpublica/consultapublica/Paginas/mdi-gaia-x.aspx>

¹⁶ Según los datos de CloudScene de 110 países con información disponible



plataformas de servicios a sus clientes con baja latencia, y de cumplir con la normativa de protección de datos de los países donde residen sus clientes, son hoy condicionantes de mercado.

Del conjunto de factores destacados por el Data Center Location Index para aspirar a un despliegue planificado y masivo de centros de datos a medio y largo plazo en nuestro país, hay algunos que minoran el apetito inversor.

En particular, aquellos que se refieren a la seguridad en el suministro energético, por no ser reconocido sector electro intensivo e impulsor de la generación de energías renovables; y la facilidad para la obtención de suelo industrial y permisos de construcción adecuados a esta tipología de instalaciones.

Ser protagonista de la economía digital es una oportunidad irrepetible para España, además de plausible, porque el país reúne los cuatro atributos imprescindibles para convertirse en el *hub* digital para el sur de Europa, en el núcleo de referencia en infraestructura, innovación y negocios digitales:

- **Es una economía con un elevado nivel de digitalización a todos los niveles**, tal como refleja el DESI, en la que la economía de los datos permea en todos los ámbitos. Y en aquellos ámbitos en los que existen ámbitos de mejora (p.e. las habilidades digitales de la población y el capital humano digital), las autoridades públicas han diseñado políticas y planes para implementarlas.
- **Es un territorio con una elevada capilaridad en ancho de banda fija y móvil y despliegue de la red 5G**, situándolo en posiciones de liderazgo como resultado de decisiones de inversión muy acertadas del pasado.

- **Es una ubicación estratégicamente privilegiada como punto de conexión y distribución de datos con Europa, África y América a través de cableado submarino.** El aumento exponencial del tráfico y la generación de datos por parte de grandes empresas tecnológicas ya no circulan exclusivamente por las redes de telecomunicaciones de los operadores tradicionales. Las compañías tecnológicas crean y operan redes propias, que son principalmente cables submarinos que conectan continentes, a modo de autopistas intercontinentales de Internet.
- **Es destino de inversión para los principales proveedores de infraestructuras esenciales para la interconexión y el libre intercambio de tráfico de datos.** doméstica y europea como son los centros de datos. Con el diseño y desarrollo de la actual infraestructura, la neutralidad de interconexión de los centros de datos garantiza el libre intercambio de tráfico sin favorecer el uso de una red determinada.

Que España sea un *hub* digital contribuye, además, a la consecución de los objetivos climáticos. El apoyo que la Comisión Europea ha exhibido al Pacto de centros de datos climáticamente neutros, que compromete a los actores de la industria a lograr la neutralidad climática para 2030, es garantía de que dicha industria contribuirá positivamente a los objetivos climáticos de España.

Con todo ello, los centros de datos son una pieza esencial de las infraestructuras que sustentan la economía digital y sostenible, y fundamentales para el despliegue de las capacidades del resto de sectores económicos en el siglo XXI.

España como infraestructura digital



Los centros de datos son pieza esencial de las infraestructuras que sustentan la economía digital y sostenible del siglo XXI.



Acerca de Digital Realty:

Digital Realty reúne a empresas y datos mediante la más amplia gama de soluciones de centros de datos, colocation e interconexiones. PlatformDIGITAL®, la plataforma global de centros de datos de la compañía, proporciona a los clientes un punto de encuentro seguro para sus datos así como una probada metodología de soluciones para la arquitectura extendida de centros de datos (PDX™) para impulsar la innovación y gestionar con eficiencia los desafíos del efecto data gravity. Digital Realty brinda a sus clientes acceso a comunidades conectadas en +300 centros de datos ubicados en 50 regiones metropolitanas en 27 países y 6 continentes.

Para más información, visite www.digitalrealty.com o síganos en **LinkedIn** y **Twitter**.