

La era del poder

La electrificación de la información y de la energía redefinen al poder

16 septiembre 2026

Daan Walter, Sam Butler-Sloss,
Kingsmill Bond, Antoine Issac

Resumen ejecutivo

El reto del siglo XXI es dominar al electrón

El mundo se sostiene sobre dos pilares: energía e información. La energía hace el trabajo; la información lo dirige. La revolución digital electrificó la información; la revolución electrotécnológica electrifica ahora también la energía.

La electrificación de la información. Más del 99% del almacenamiento y la comunicación ya es digital y funciona con electrones. Con la IA, ahora también el pensamiento pasa a los electrones.

La electrificación de la energía. La electricidad superó al petróleo como la mayor fuente de energía útil en 2007. Desde entonces, las renovables han abaratado los electrones, la digitalización y la IA los han vuelto inteligentes, y las baterías los han hecho móviles: todo ello acelera la electrificación.

Las dos revoluciones tienen mucho más en común de lo que se cree. Comparten historia, física, cadena de suministro, geografía y leyes de escala. Incluso las han construido las mismas personas, de Robin Zeng a Greg Jackson.

Un mismo stack tecnológico hace que las dos revoluciones muevan el mismo volante de inercia. Cinco componentes – chips, baterías, electrónica de potencia, motores y sensores – están dentro de las máquinas de ambas revoluciones, así que cada compra de un producto abarata los demás. El móvil abarató la batería lo suficiente para el coche; el coche, lo suficiente para la red eléctrica. Desde 1990, su costo conjunto ha caído un 99%.

Ahora cada revolución necesita a la otra. Los límites de la IA son cada vez más eléctricos: necesita potencia y conexión a la red, y rápido. Y la IA física necesita electrificar toda la economía, porque exige mucha más precisión y capacidad de respuesta de la que pueden dar los combustibles fósiles. Del mismo modo, los límites de la electrotécnología están cada vez más en la coordinación: suavizar un suministro variable y distribuido, flexibilizar una demanda ociosa y optimizar una red infrautilizada, un reto que la infotecnología ayuda a resolver.

Juntas, pueden desplomar los costos. Electrotécnología más optimización del consumo: los costos de funcionamiento del hogar caen hasta un 80%. Electrificación más conducción automatizada: los costos del transporte de mercancías y de taxi caen hasta un 70%. Electrificación más automatización avanzada: los costos de fabricación caen entre un 40% y un 70%.

Pocos países fusionan las dos revoluciones. La mayoría persigue una sola, o ambas por separado. EE. UU. lidera en IA pero va rezagado en electrotécnología; Europa lidera en renovables pero va por detrás en electrificación y apenas tiene IA. La gran excepción es China: desde 2010 ha más que duplicado su suministro eléctrico, ha llevado los vehículos eléctricos de cero a más del 60% de las ventas de coches nuevos, y ha construido la mayor flota de robots del mundo y la segunda mayor flota de centros de datos de IA.

Lo que está por venir. Crecimiento en esta década, disrupción en la década de 2030 y después un mundo nuevo.

Esta década: crecimiento con fricción. Los costos de la electrotécnología y la infotecnología seguirán cayendo, el rendimiento seguirá mejorando y el despliegue seguirá aumentando. Los cuellos de botella, las burbujas y la reacción en contra están prácticamente garantizados, pero no bastarán para frenar la marea del cambio.

La década de 2030: disrupción en cuatro fuentes de poder. La energía pasa de las moléculas a los electrones; la industria, de los actores establecidos a los innovadores; la geopolítica, de la geología a la tecnología; la defensa, de la concentración a los enjambres. Lo pequeño y rápido vence a lo grande y pesado, y el tamaño pasa de ser escudo a ser lastre.

El largo plazo: un nuevo mundo eléctrico. La energía y la inteligencia eléctricas prometen descentralización, una descarbonización más rápida, mayor soberanía y una abundancia inédita. Pero también podrían concentrar la fabricación, poner inteligencia peligrosa en cada bolsillo y afianzar la autarquía. Un mundo de energía e inteligencia ubicuas **puede ser más rico y más listo, pero no necesariamente más sabio.**

El electrón es ya el fundamento del poder mismo. El éxito depende de asegurar electricidad y capital baratos, de usar estas nuevas herramientas para construir soberanía energética y digital, y de tomar posiciones en la base electroindustrial.

Índice

01 Dos revoluciones entrelazadas

La electrificación de la información y la energía

02 El auge eléctrico

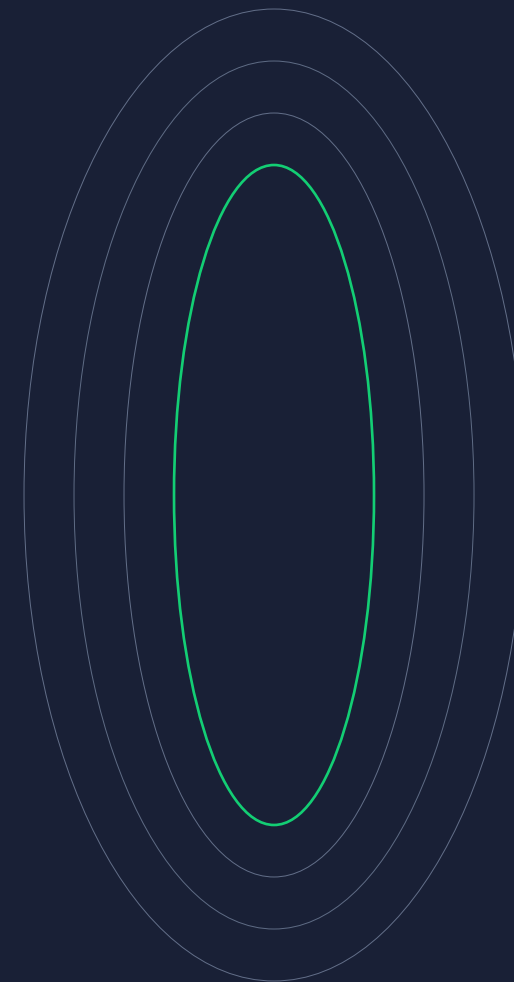
El auge de la infotecnología y la electrotecnología

03 Lo que está por venir

Las implicaciones de la convergencia de las dos revoluciones

04 Dimensionar la oportunidad

Cómo aprovechar la disrupción eléctrica que se avecina



La electrificación de la información y la energía

01

Una historia compartida

Durante casi 200 años, del telégrafo a la electricidad y a internet, hemos visto historias entrelazadas de crecimiento acelerado en infotecnología y electrotecnología. El desarrollo de cada una es el columpio del desarrollo de la otra.

02

Una cadena de suministro compartida

Ambos ámbitos dependen de electrominerales similares para la mayor parte de sus materiales. Comparten los mismos cinco componentes básicos: chips, sensores, electrónica de potencia, baterías y motores eléctricos.

03

Las mismas personas y los mismos lugares

En gran medida, la infotecnología y la electrotecnología, son desarrollados y fabricados por los mismos grupos de emprendedores (Elon Musk, Greg Jackson, Robin Zeng) en los mismos lugares (el este de China, el norte de Europa, las costas de EE. UU.).

04

La misma física y la misma economía

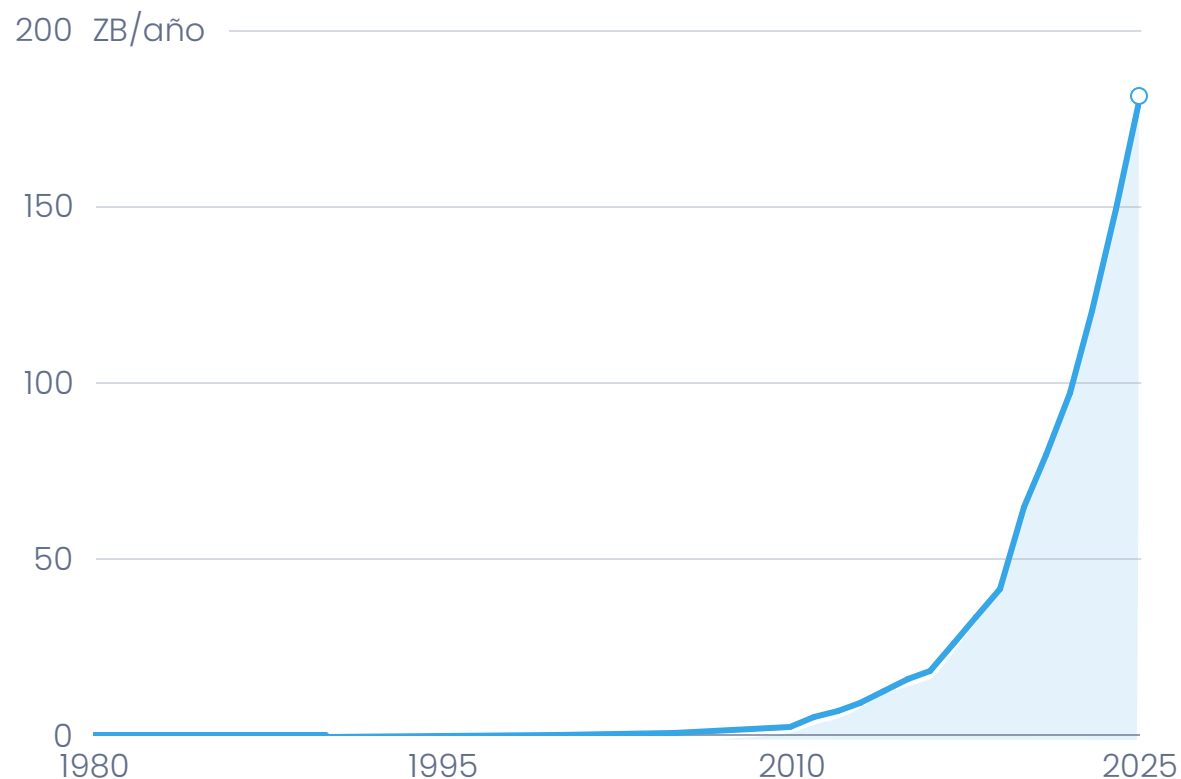
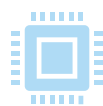
Ambas aprovechan los mismos avances científicos en electromagnetismo y se apoyan en tecnologías modulares de pequeño tamaño cuyo costo conjunto ha caído un 99% desde 1990. Cada reducción de costos abre una nueva vía de crecimiento.

El mundo vive una revolución de la información y de la energía

El pensamiento convencional las sigue tratando como dos historias separadas

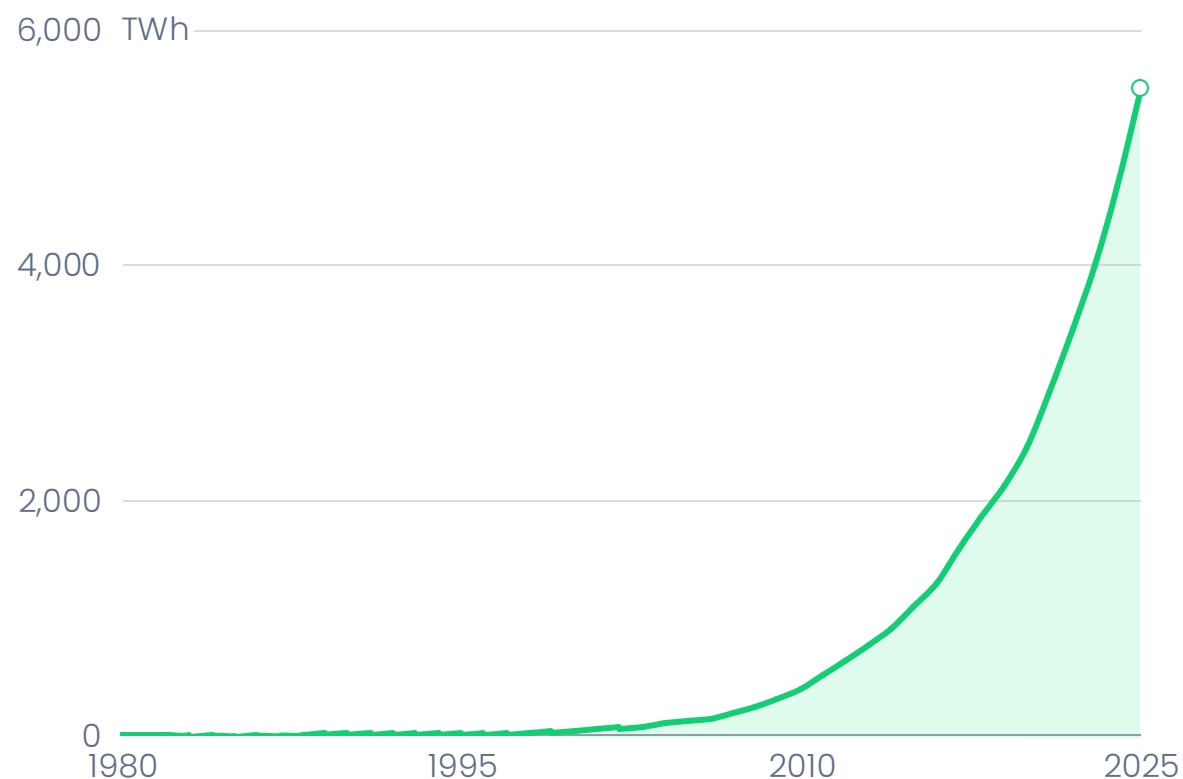
La revolución infotecnológica

Ejemplo: datos creados en el mundo



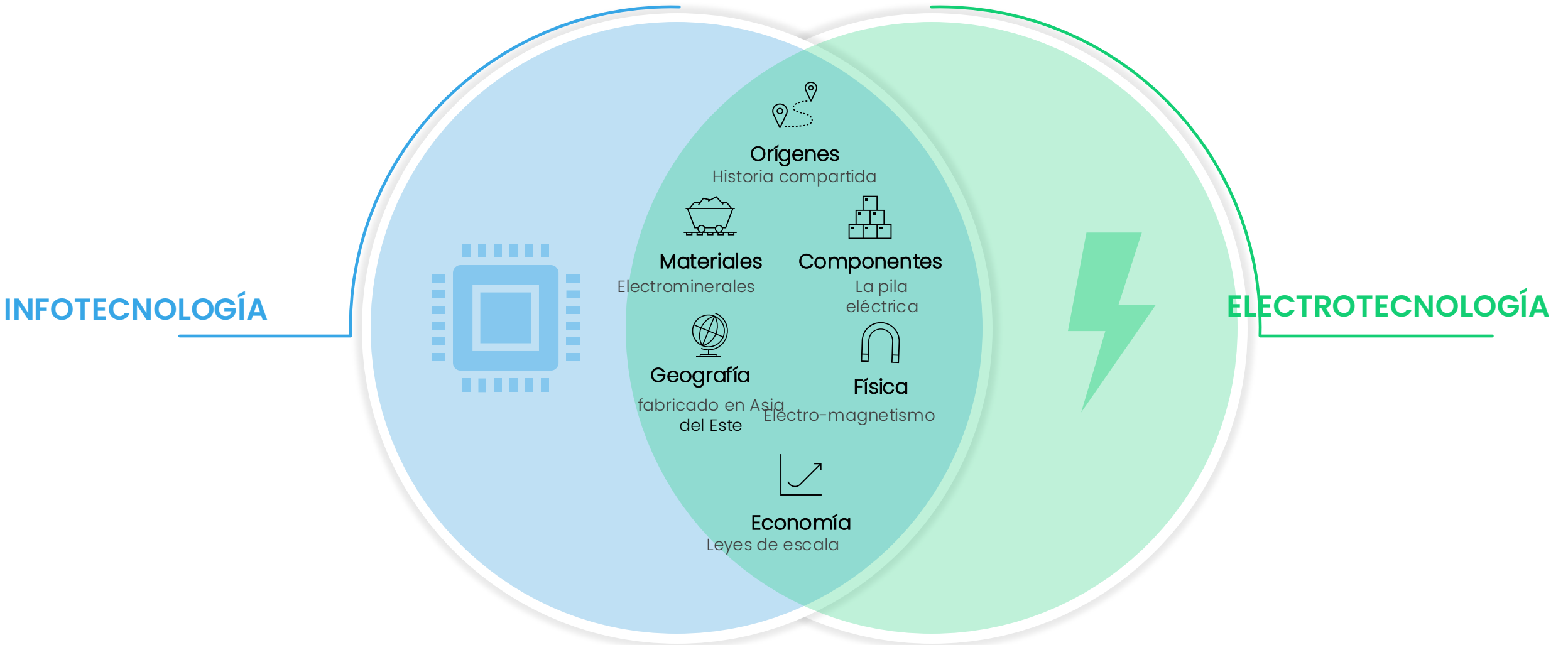
La revolución electrotécnológica

Ejemplo: generación solar y eólica en el mundo



Las dos revoluciones están profundamente entrelazadas

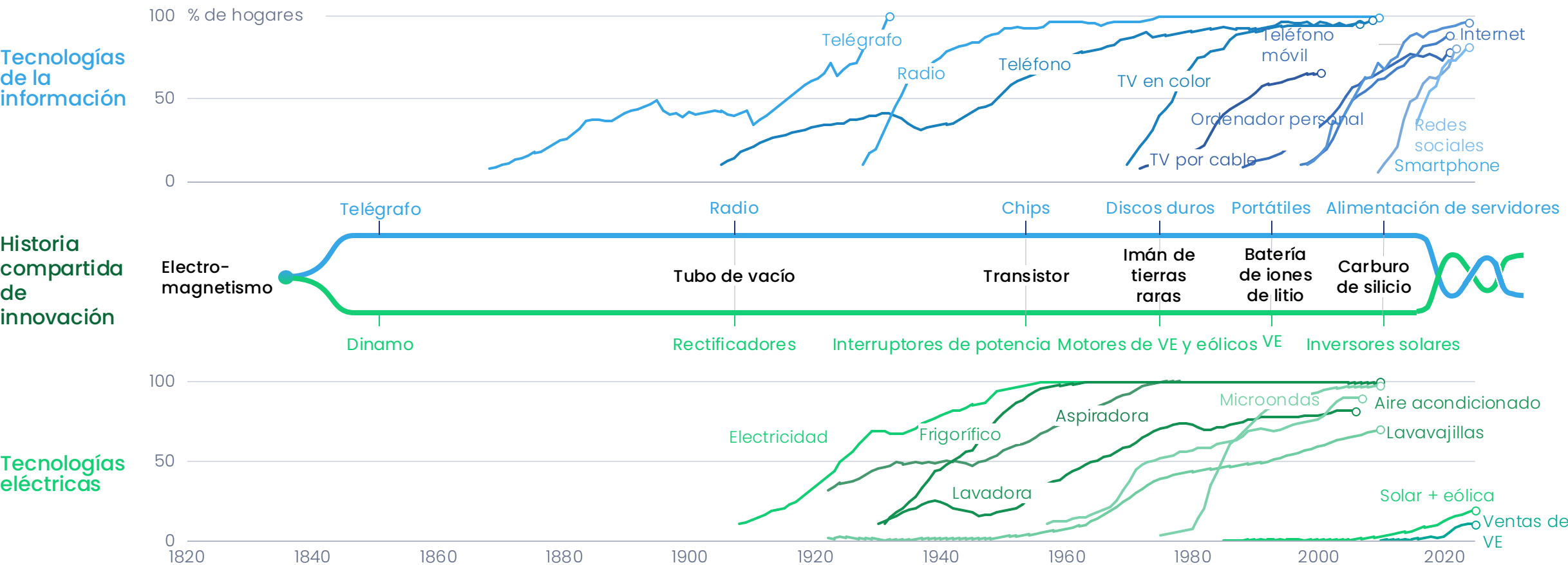
Comparten orígenes, materiales, componentes, geografía, física y economía



Una historia compartida

Del tubo de vacío a los transistores y a las baterías de iones de litio, la infotecnología y la electrotecnología se desarrollaron juntas

Adopción de infotecnología y electrotecnología, EE. UU.



Fuentes: Comin y Hobijn; AIE; Energy Institute; análisis de Ember • Nota: cada curva es el porcentaje de hogares estadounidenses que la han adoptado, salvo el telégrafo, indexado a su máximo de 1929; solar y eólica, porcentaje de la generación de EE. UU.; vehículos eléctricos, porcentaje de las ventas de coches nuevos en EE. UU. Cada curva termina en su máximo.

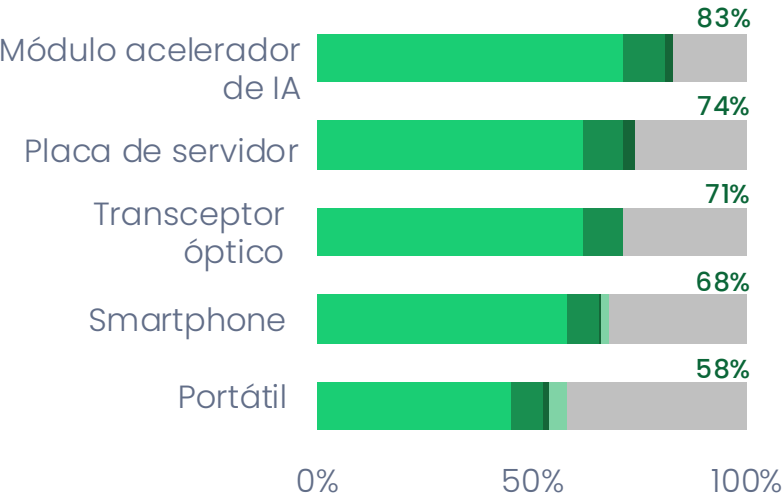
Hechas de los mismos minerales

La infotecnología y la electrotecnología están hechas en su mayor parte de electrominerales

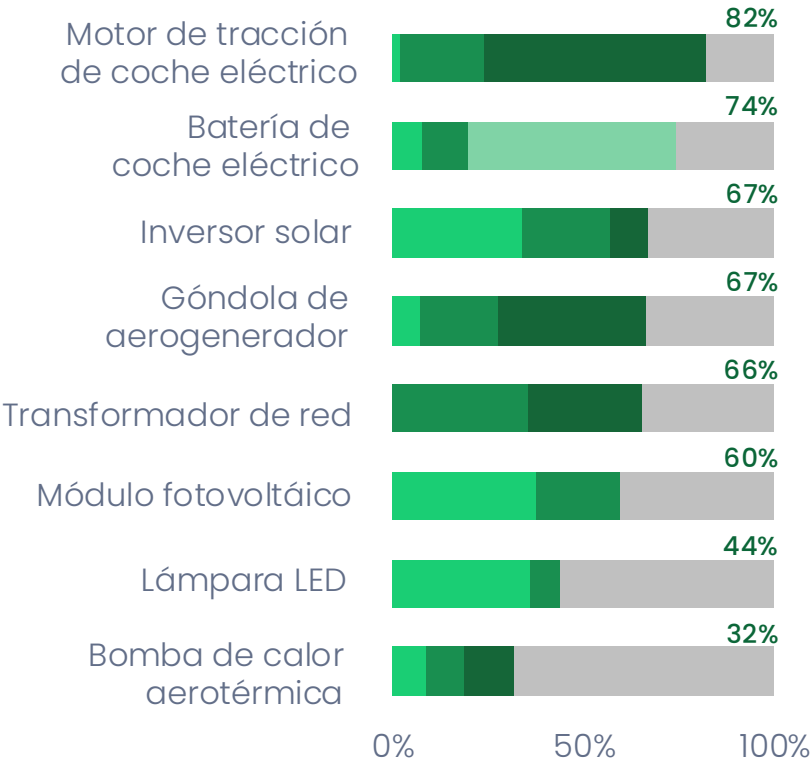
Lista de materiales por valor

Porcentaje del costo material unitario

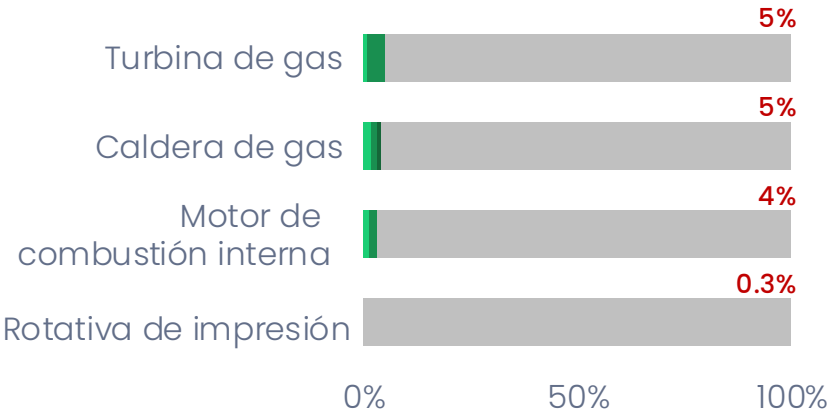
Tecnología de la información



Electrotecnología



Las máquinas a las que sustituyen

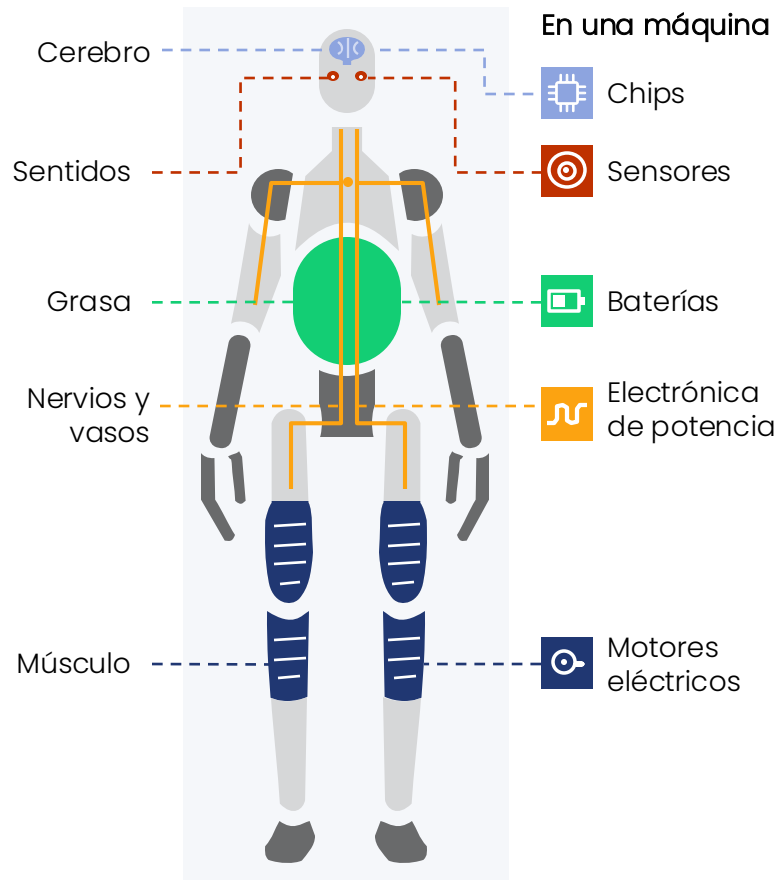


El mismo stack de componentes

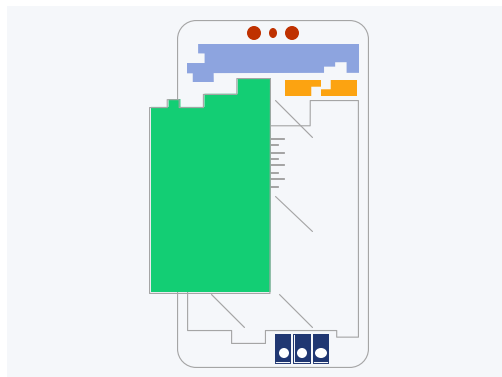
La infotecnología y la electrotecnología se construyen sobre chips, sensores, electrónica de potencia, baterías y motores

■ Chips ■ Sensores ■ Electrónica de potencia ■ Baterías ■ Motores eléctricos

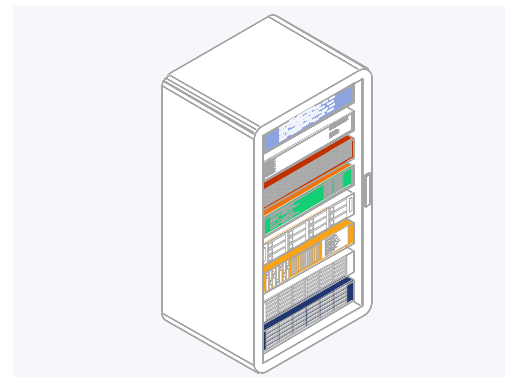
El cuerpo humanoide



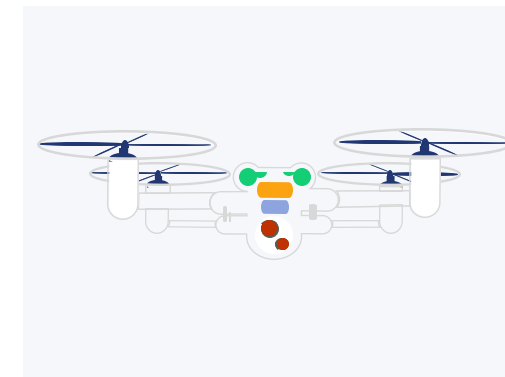
Smartphone



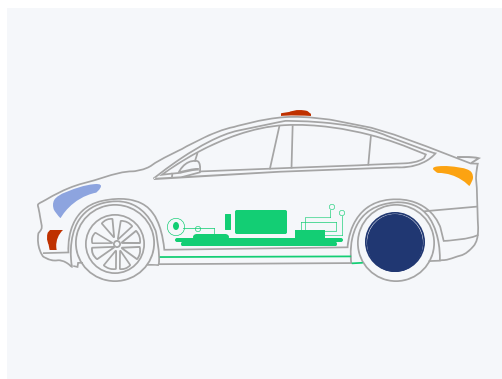
Servidor de IA



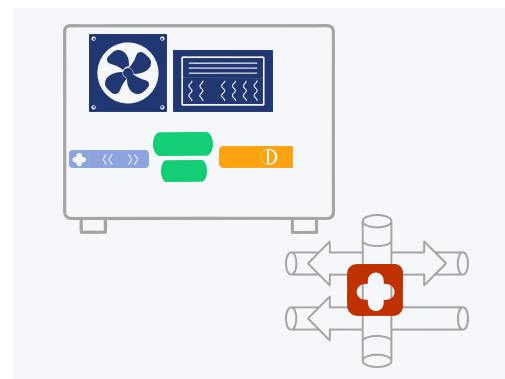
Dron



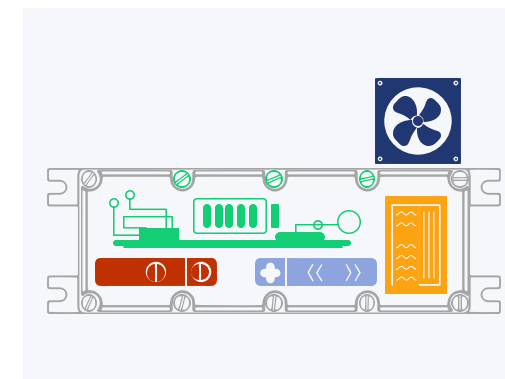
Coche eléctrico



Bomba de calor

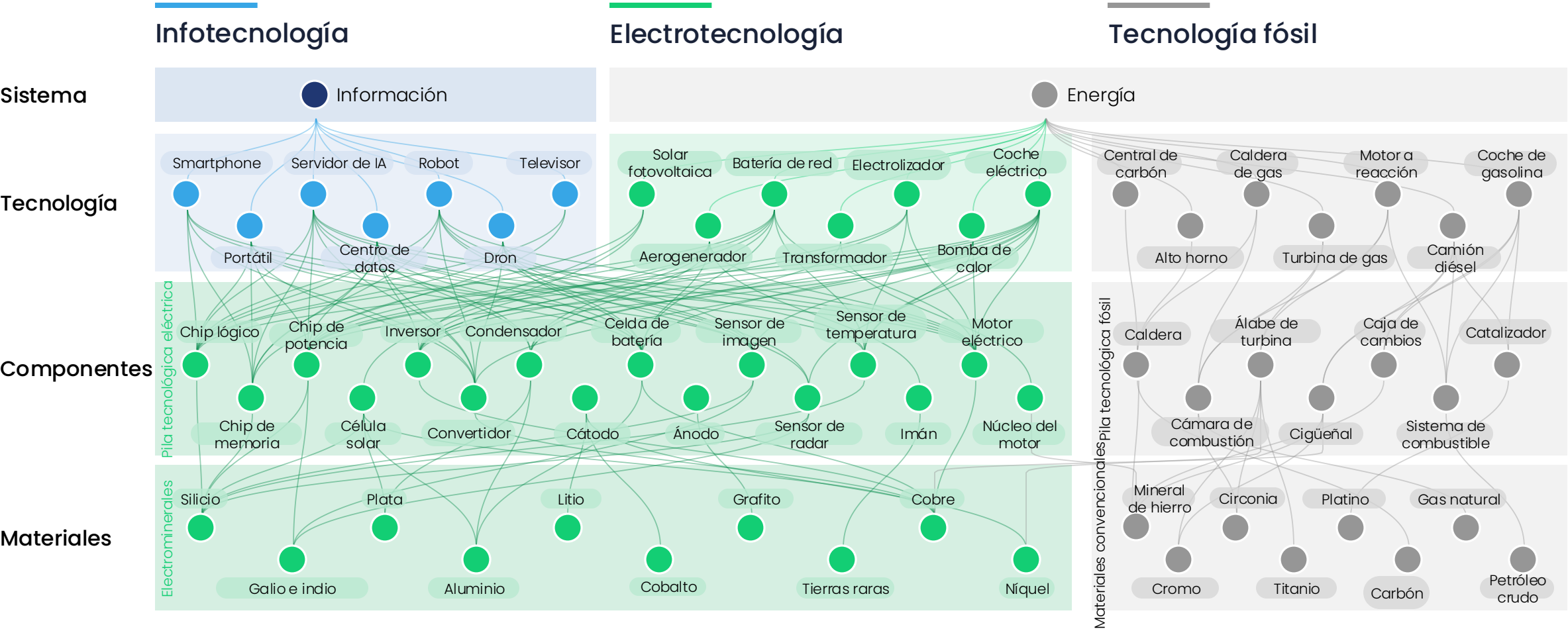


Batería de red



Una cadena de suministro compartida

Las cadenas de suministro de la infotecnología están mucho más entrelazadas con la electrotecnología que con el sistema fósil

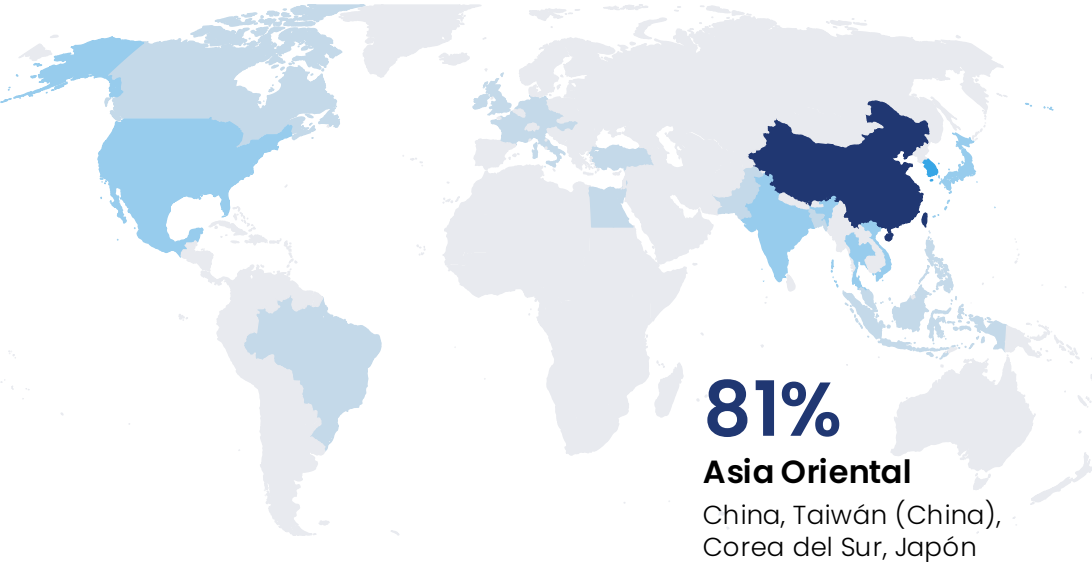


Fabricadas en los mismos lugares

Los focos mundiales de fabricación de infotecnología son también los focos de electrotecnología

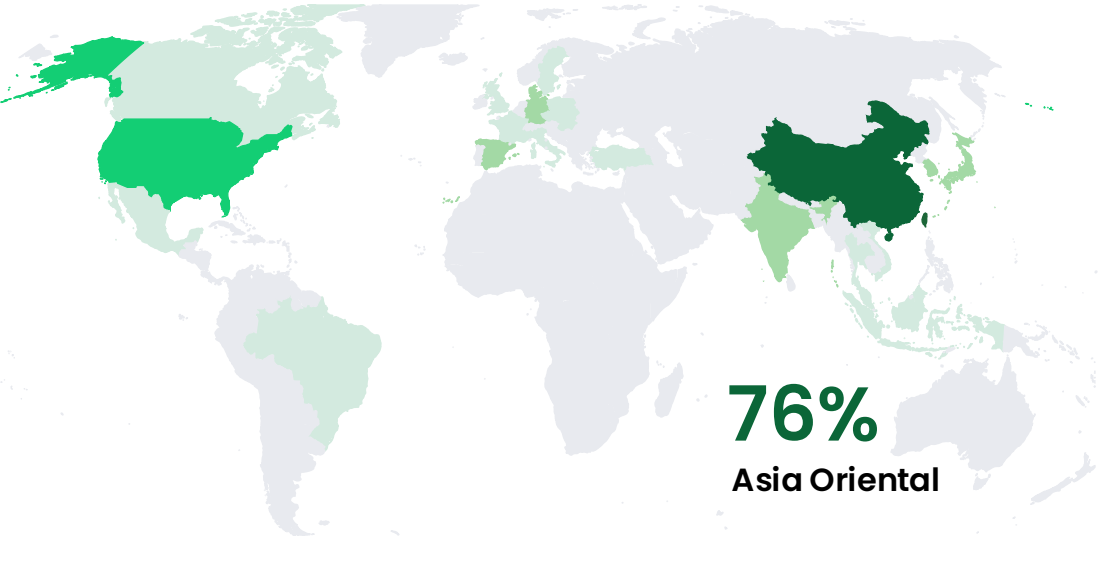
Fabricación de hardware digital

Compuesto de igual ponderación de infotecnologías seleccionadas, % de la capacidad mundial, 2024–25



Fabricación de hardware de electrotecnología

Compuesto de igual ponderación de electrotecnologías seleccionadas, % de la capacidad mundial, 2024



Construidas por las mismas personas

Muchos emprendedores de la electrotecnología empezaron en la infotecnología

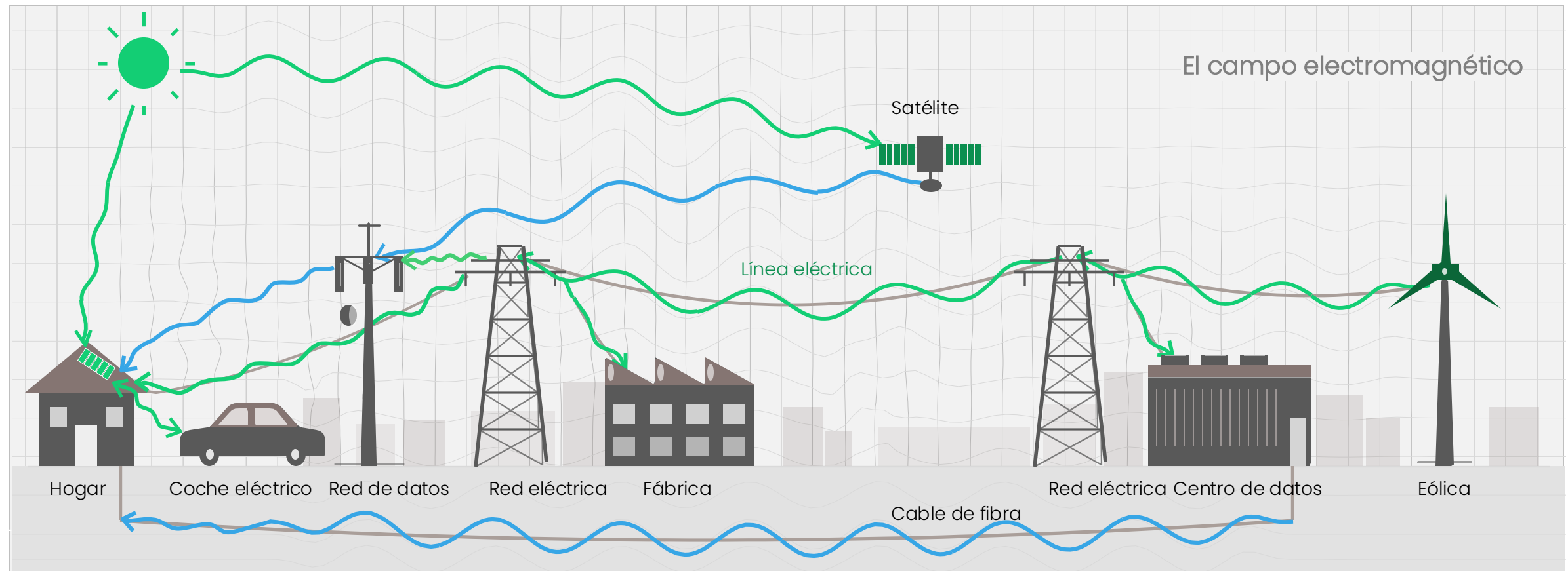


Física subyacente compartida

La infotecnología y la electrotecnología usan el campo electromagnético para transferir energía e información

 **Energía:** ondas que transportan energía

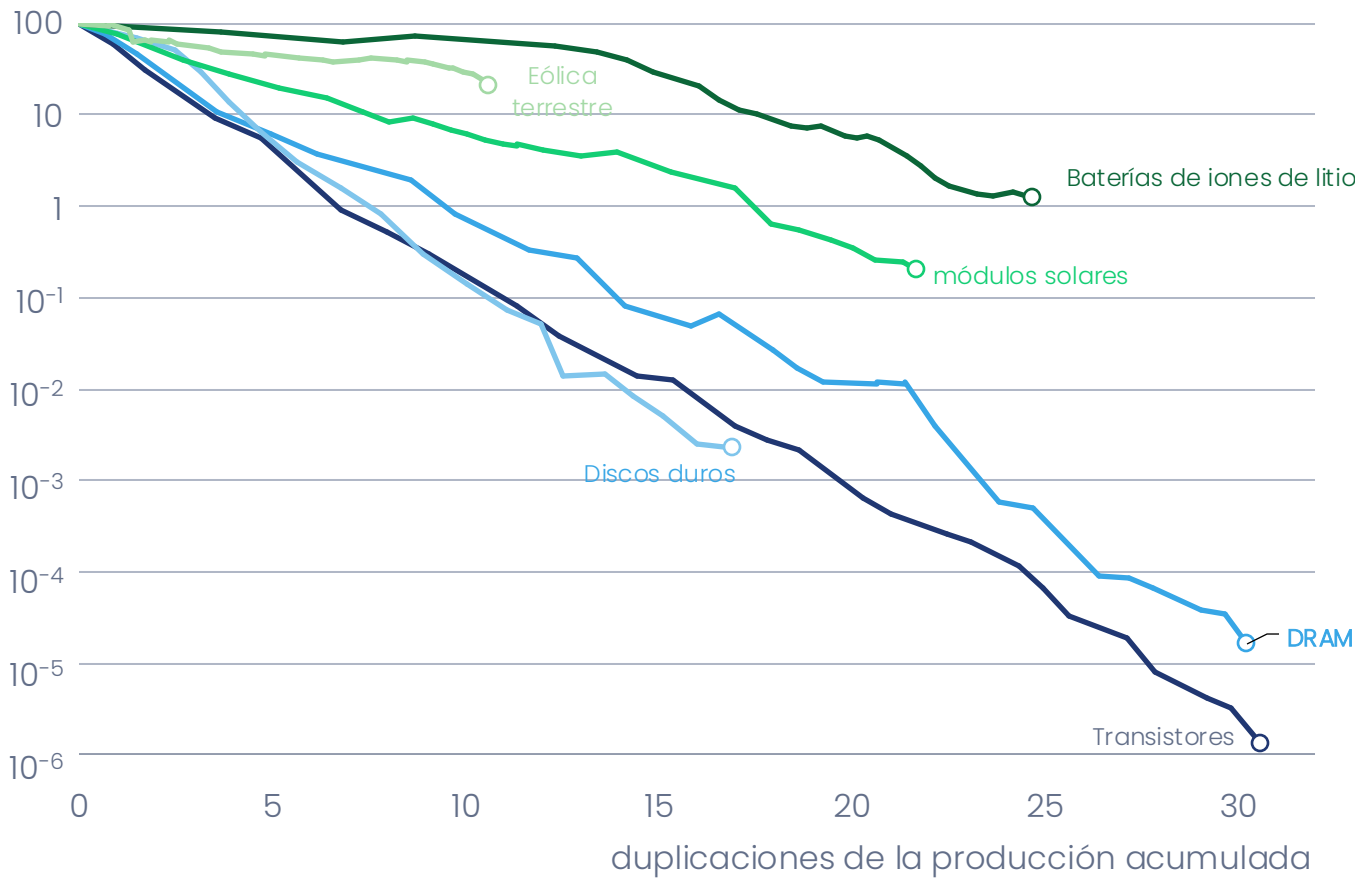
 **Información:** ondas que transportan información



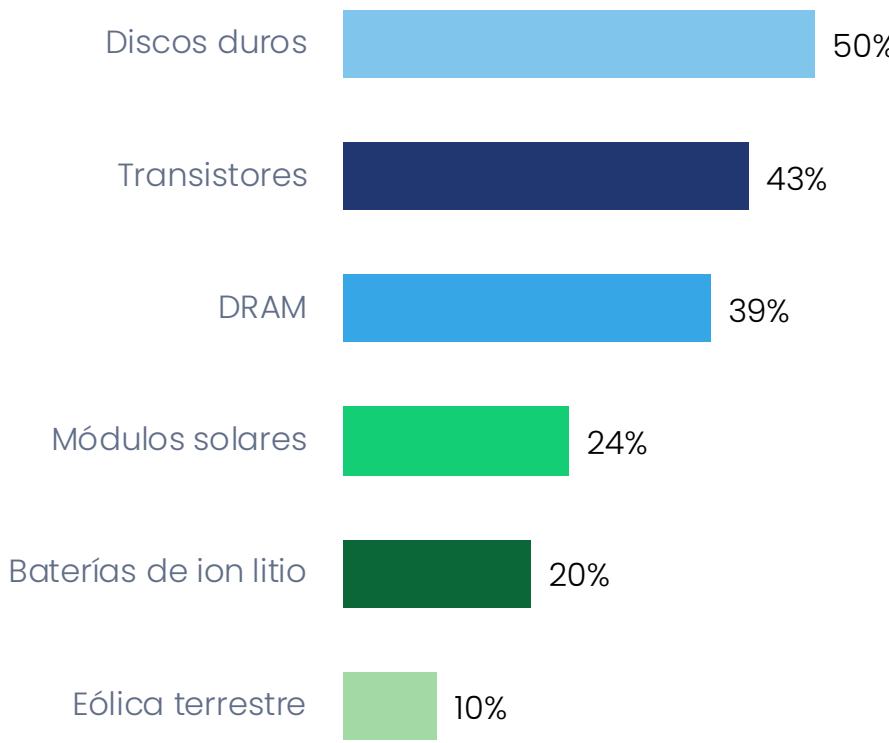
Economía del aprendizaje compartida

Los costos de la infotecnología y la electrotecnología caen rápidamente porque es tecnología pequeña y modular

Índice de costos, inicio=100, escala logarítmica



Tasa de aprendizaje: caída de costos por cada duplicación del despliegue



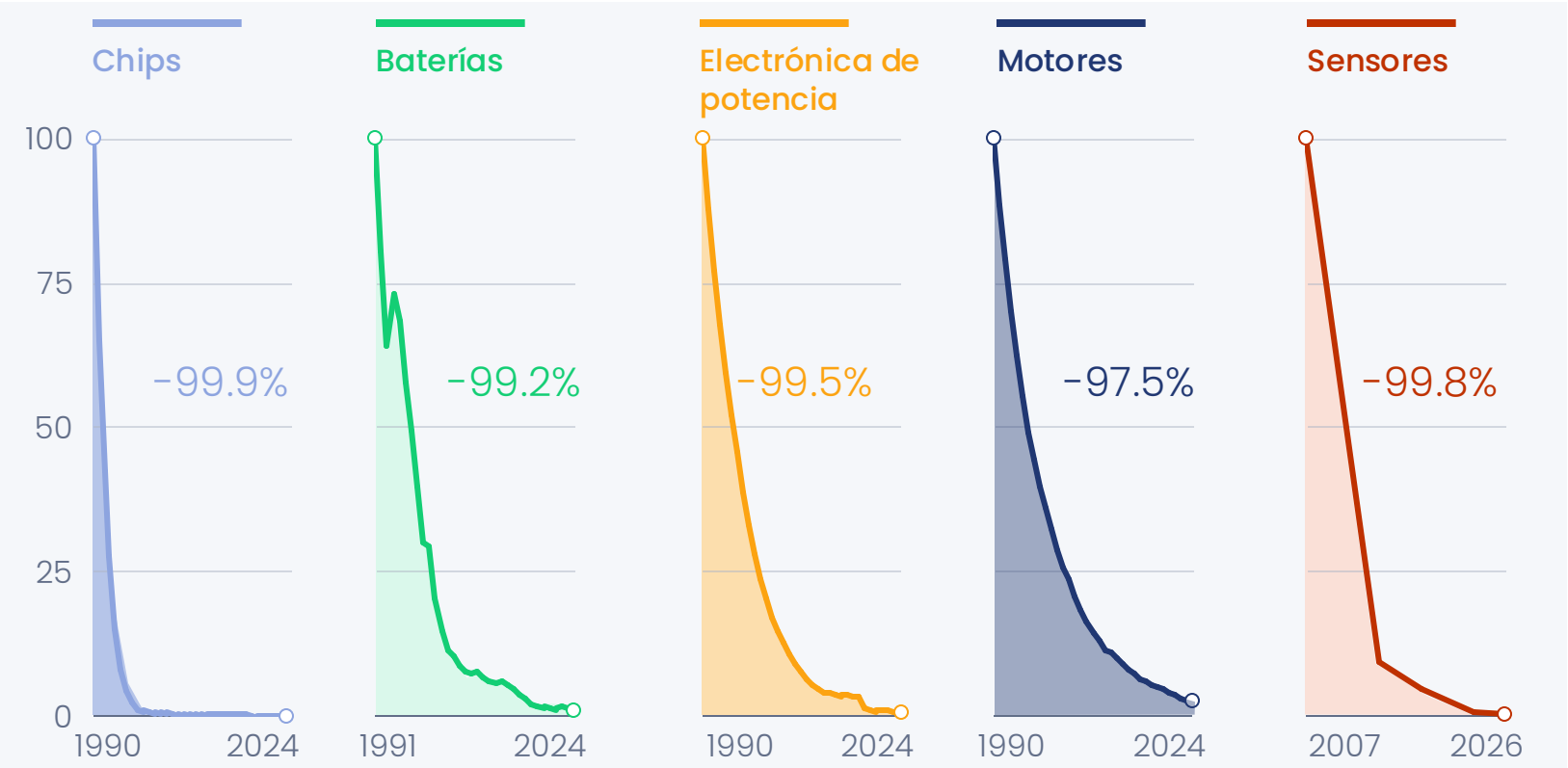
Fuentes: Santa Fe Performance Curve Database (Nagy et al.; Farmer y Lafond); OWID; Nemet; IRENA; BNEF; Ziegler y Trancik; McCallum y Epoch AI; análisis de Ember • Nota: la DRAM es un tipo de chip de memoria.

Un stack tecnológico, dos revoluciones

La infotecnología y la electrotecnología se potencian mutuamente

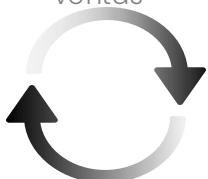
El stack de componentes eléctricos

Precio, primer año = 100



Precios más bajos para cada una

Los precios bajos reducen el costo final de la infotecnología y la electrotecnología, e impulsan las ventas



Más volumen conjunto

Tanto la infotecnología como la electrotecnología elevan la demanda y, por tanto, escalan la oferta, lo que reduce el costo de producción

Ejemplos de electrotecnología e infotecnología que usan los cinco componentes



Portátil y PC



Smartphone



Servidor de IA



Instalación solar



Vehículo eléctrico



Batería de red

Índice

01 Dos revoluciones entrelazadas

La electrificación de la información y la energía

02 El auge eléctrico

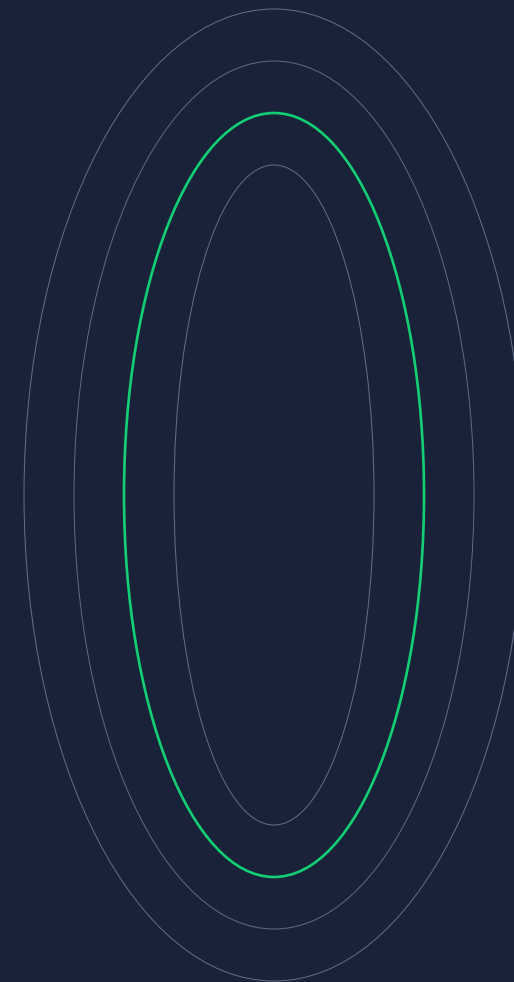
El auge de la infotecnología y la electrotecnología

03 Lo que está por venir

Las implicaciones de la convergencia de las dos revoluciones

04 Dimensionar la oportunidad

Cómo aprovechar la disrupción eléctrica que se avecina



El auge de la infotecnología y la electrotecnología

01

La información se electrifica rápidamente

La electrificación de sistemas informáticos disparó la memoria y las comunicaciones. El razonamiento es el siguiente paso, pero ya topa con límites: necesita más electricidad, conexiones más rápidas y más sectores donde desplegarse. La electrotecnología resuelve los tres.

02

La energía se electrifica rápidamente

La electrotecnología transforma cómo se suministra, conecta y usa la electricidad, y se abarata al escalar. Su límite ya no es el costo sino la coordinación: casar recursos variables y distribuidos. La infotecnología lo facilita con medidores inteligentes, redes digitales y control en tiempo real.

03

Combinar ambas acelera el cambio

Desplegadas juntas, la electrotecnología y la infotecnología recortan los costos de transporte hasta un 70%, los costos energéticos del hogar hasta un 80% y los de fabricación entre un 40% y un 70%. Cada avance en una eleva el techo de la otra.

04

Pocos países persiguen las dos

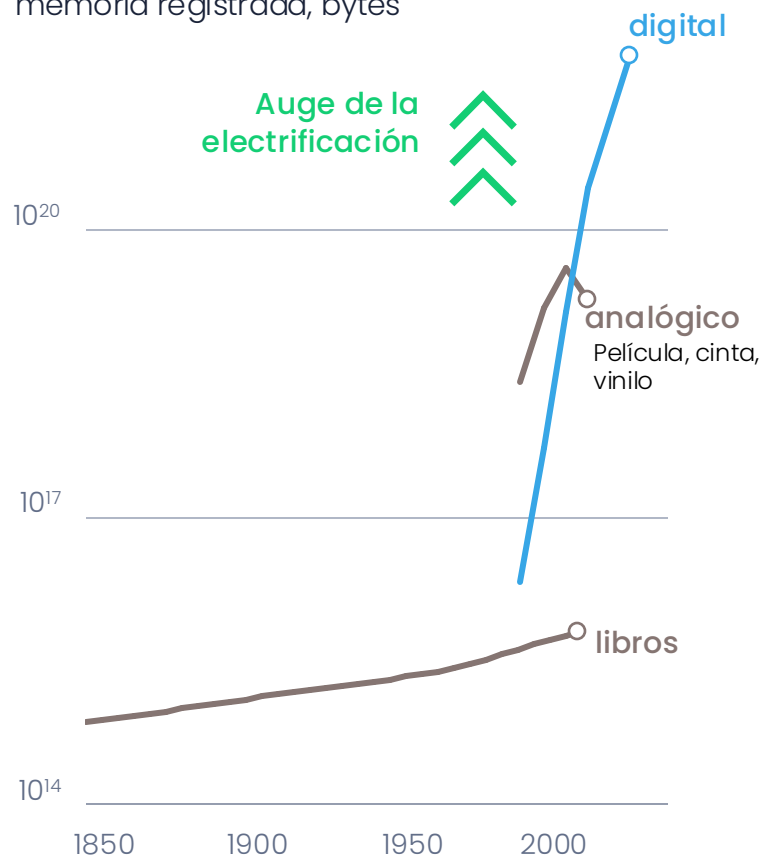
EE. UU. se enfoca en la frontera de la infotecnología: la IA. Europa lidera en las renovables. Solo China impulsa ambas, con el objetivo de liderar a la vez la electrificación y la automatización.

El salto eléctrico en los sistemas de información

Al electrificarse, la memoria, la comunicación y el razonamiento dispararon sus capacidades y su uso

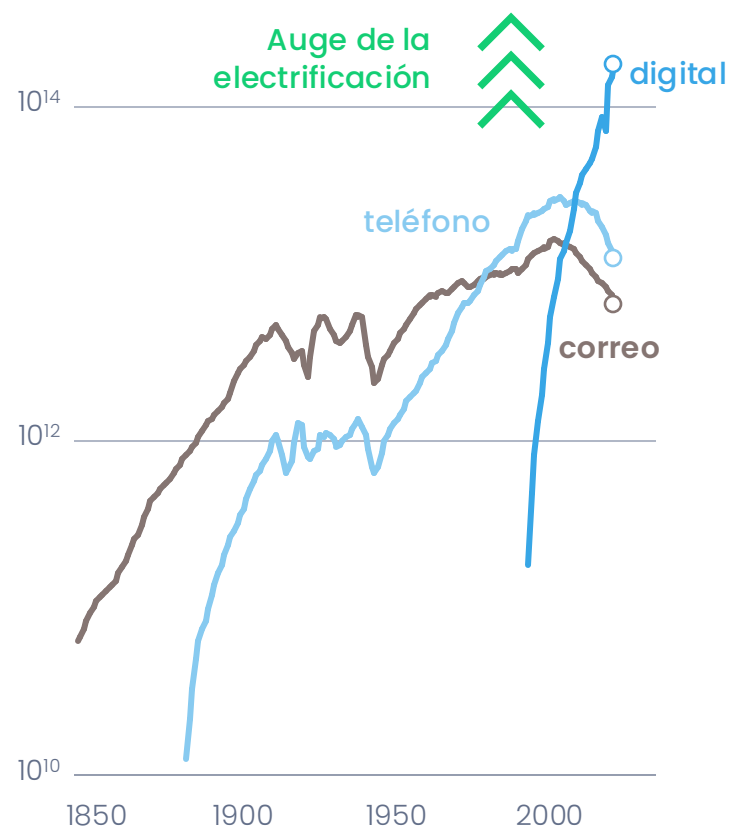
Memoria

memoria registrada, bytes



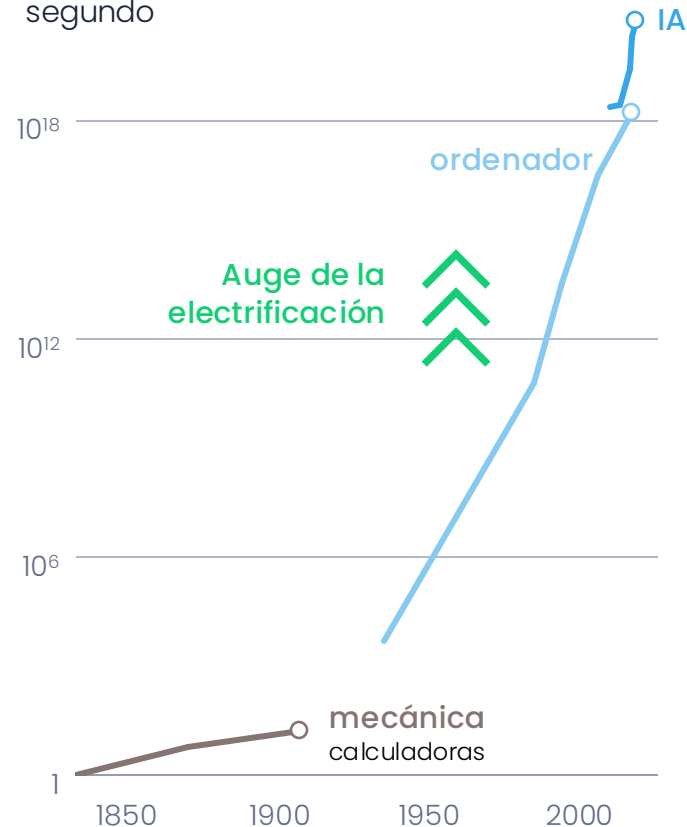
Comunicación

bytes de mensajes enviados al año, Alemania



Razonamiento

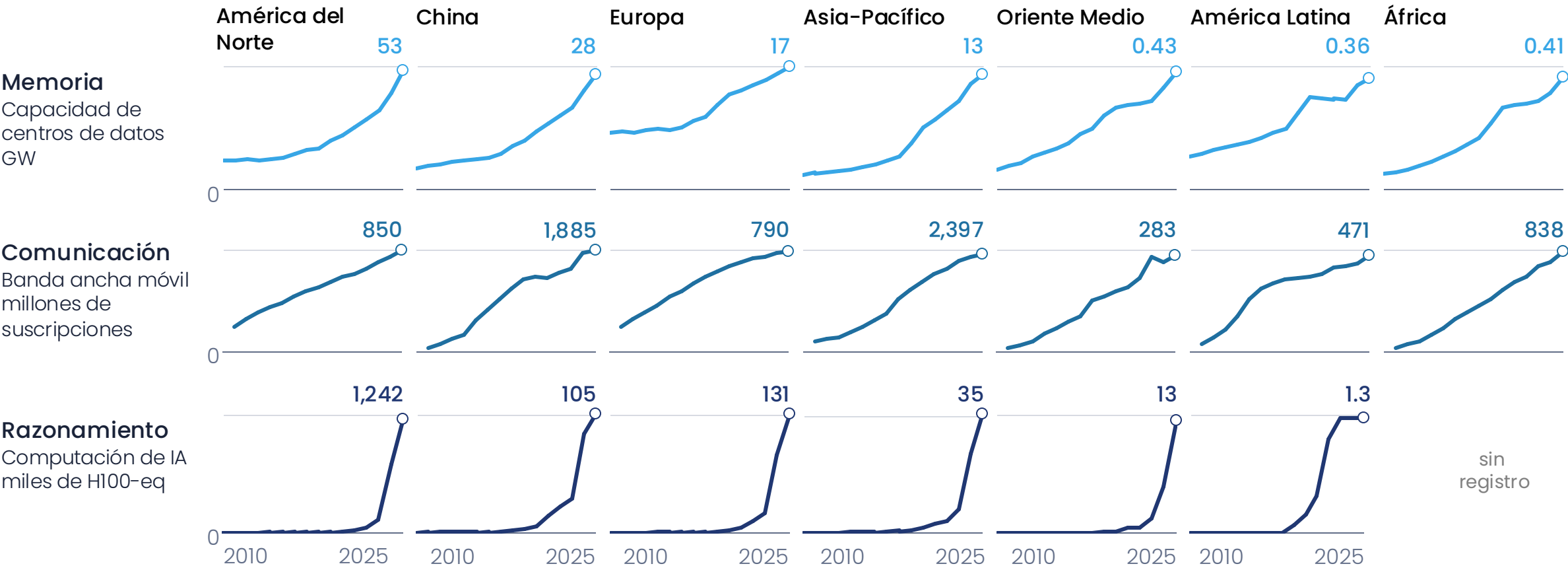
máquina más potente, operaciones por segundo



La infotecnología ha recorrido el mundo

Crecimiento acelerado en todas las regiones

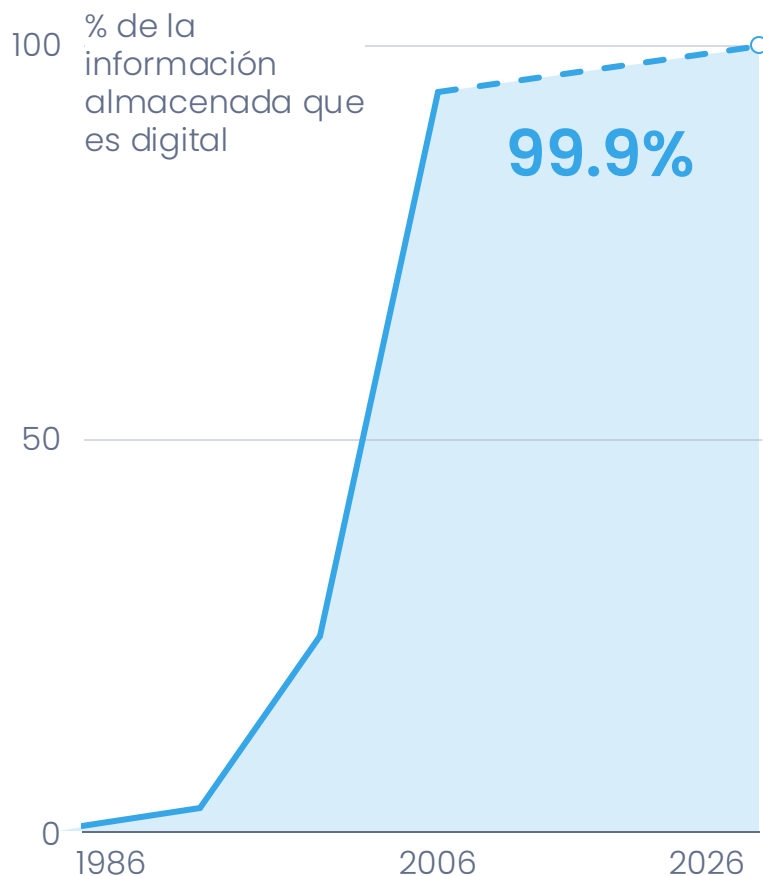
Auge de la infotecnología por región, 2010-2025



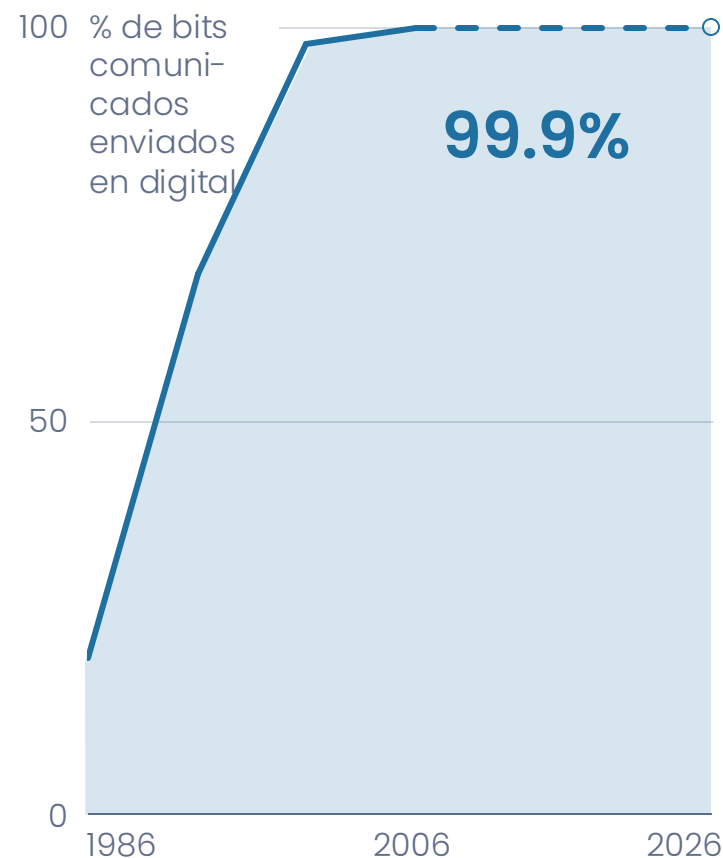
Memoria, comunicación y ahora razonamiento

La memoria y la comunicación ya están electrificadas; el razonamiento acaba de empezar

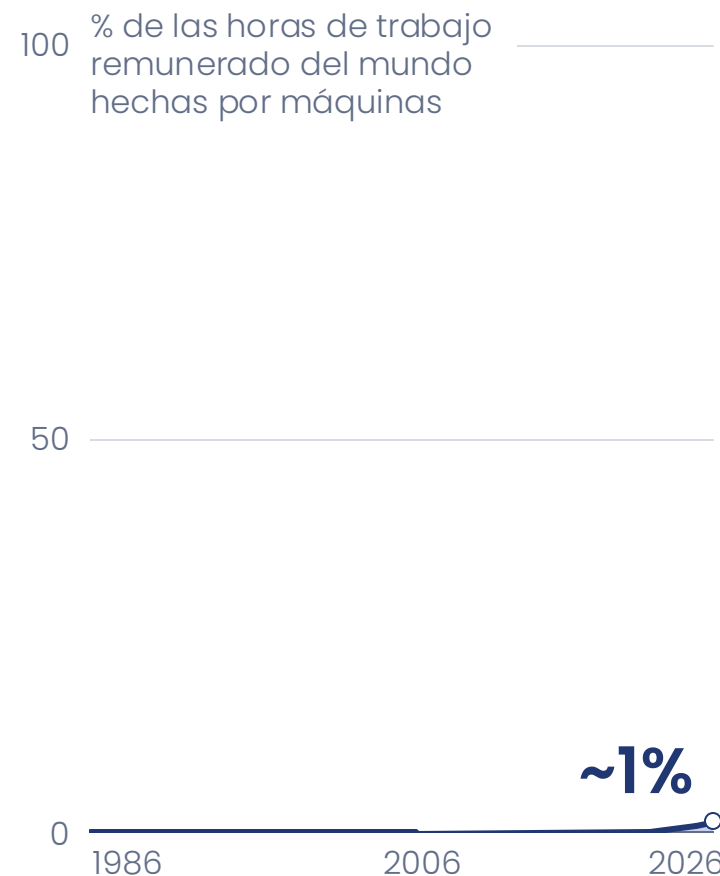
Memoria



Comunicación



Razonamiento



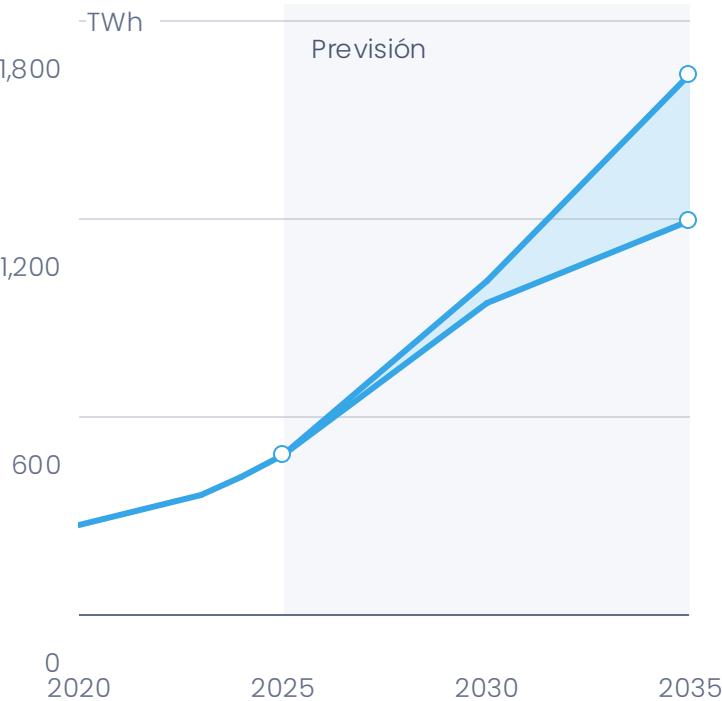
La frontera de la infotecnología choca con techos energéticos

La IA necesita más electricidad, conexiones más rápidas y más aplicaciones de uso final

Suministro

La IA necesita electricidad más rápido de lo que la red puede ampliar el suministro.

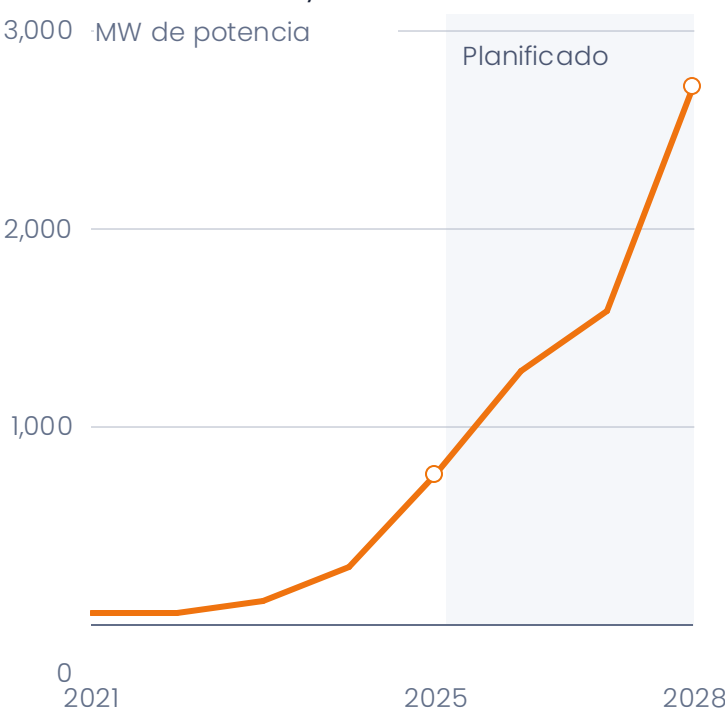
Demanda eléctrica mundial de los centros de datos



Conexión

Las cargas crecen más rápido de lo que la vieja red puede conectar.

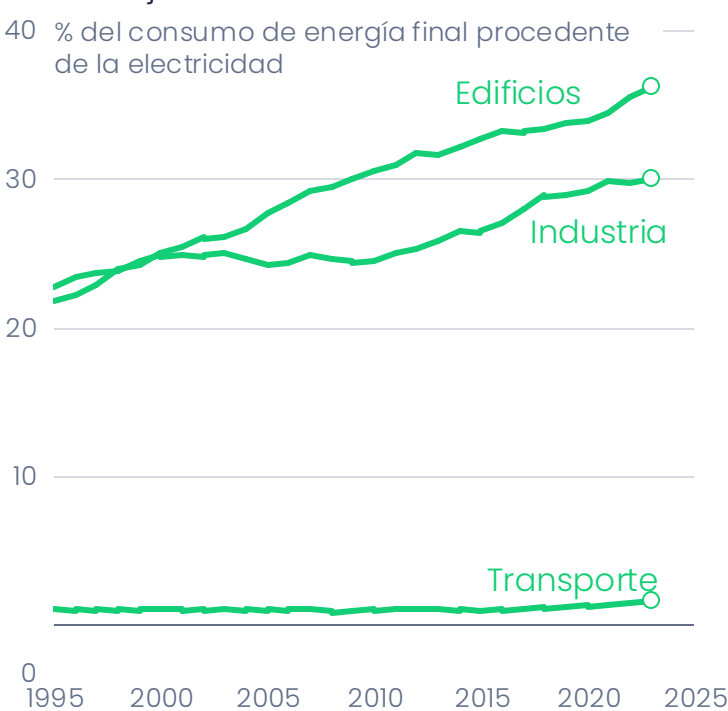
Tamaño de los mayores centros de datos



Demanda

La IA necesita nuevos mercados para rentabilizarse. Los rendimientos dependen de los nuevos mercados eléctricos.

Porcentaje de la economía electrificada



Entra en escena la revolución electrotécnológica

Nuevas tecnologías eléctricas revolucionan el suministro, la conexión y la demanda de energía

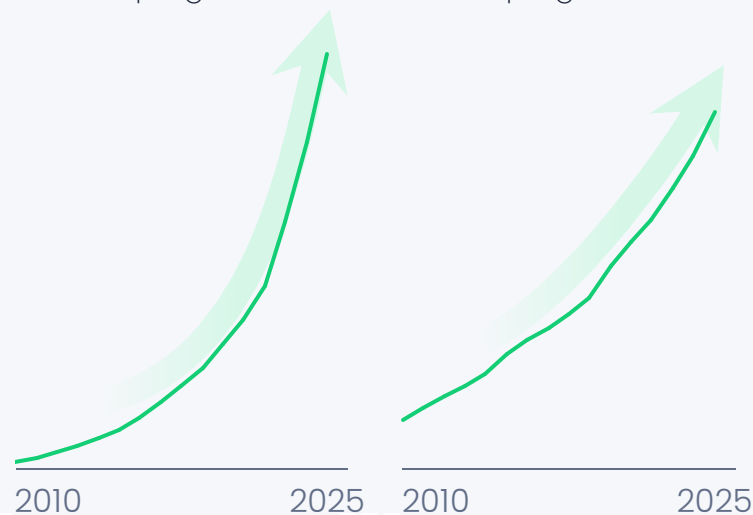
Suministro

Nuevas formas de generar electricidad

Renovables como vectores de cambio

Solar fotovoltaica
GW desplegados

Eólica
GW desplegados



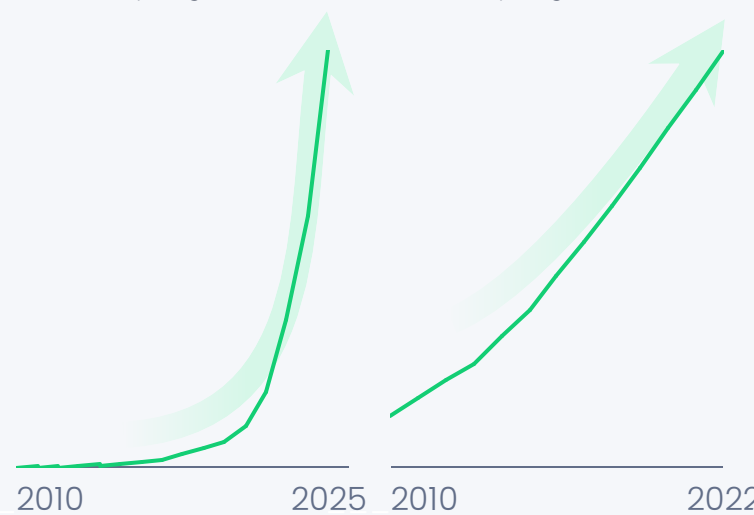
Conexiones

Nuevas formas de transportar y almacenar electricidad

Flexibilidad y redes como vectores de cambio

Baterías
GW desplegados

Líneas HVDC
km desplegados



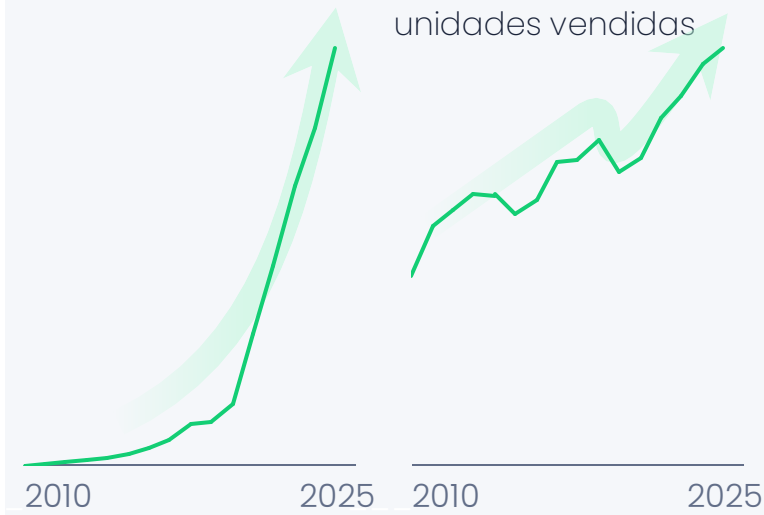
Demanda

Nuevas formas de usar la electricidad

Electrificación como vector de cambio

Ventas de coches eléctricos

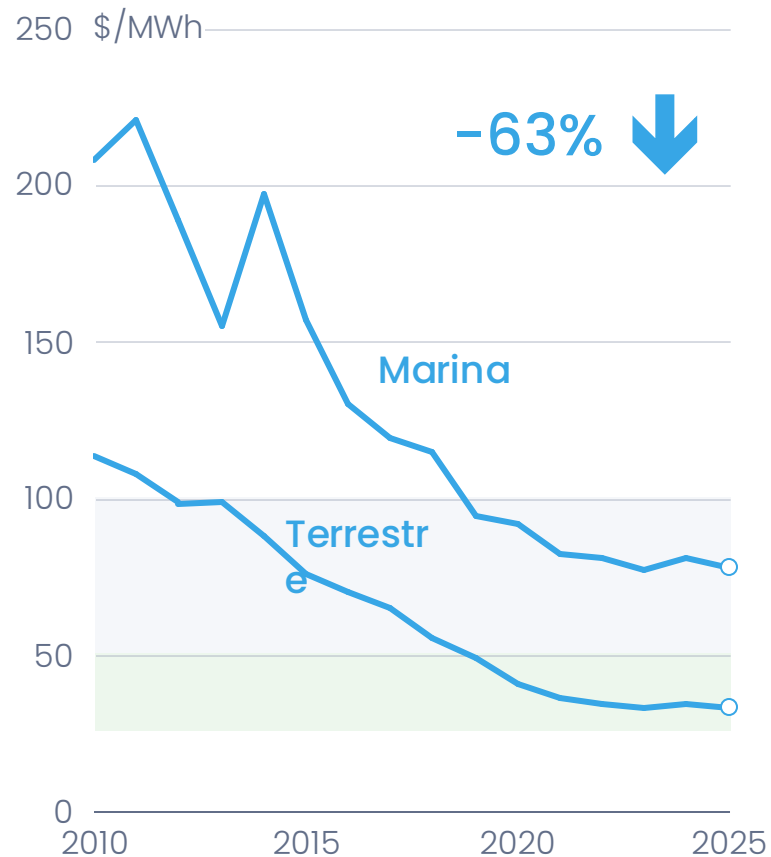
Aire acond. y bombas de calor
unidades vendidas



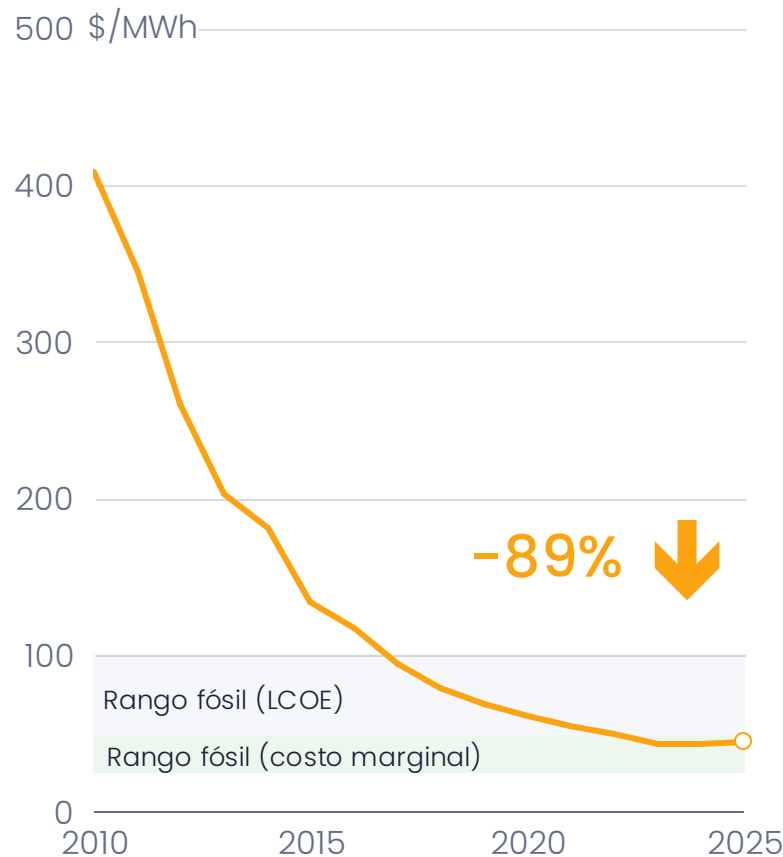
La electrotecnología se ha abaratado

Tras décadas de innovación en costos, la electrotecnología ya es más barata que otras tecnologías energéticas

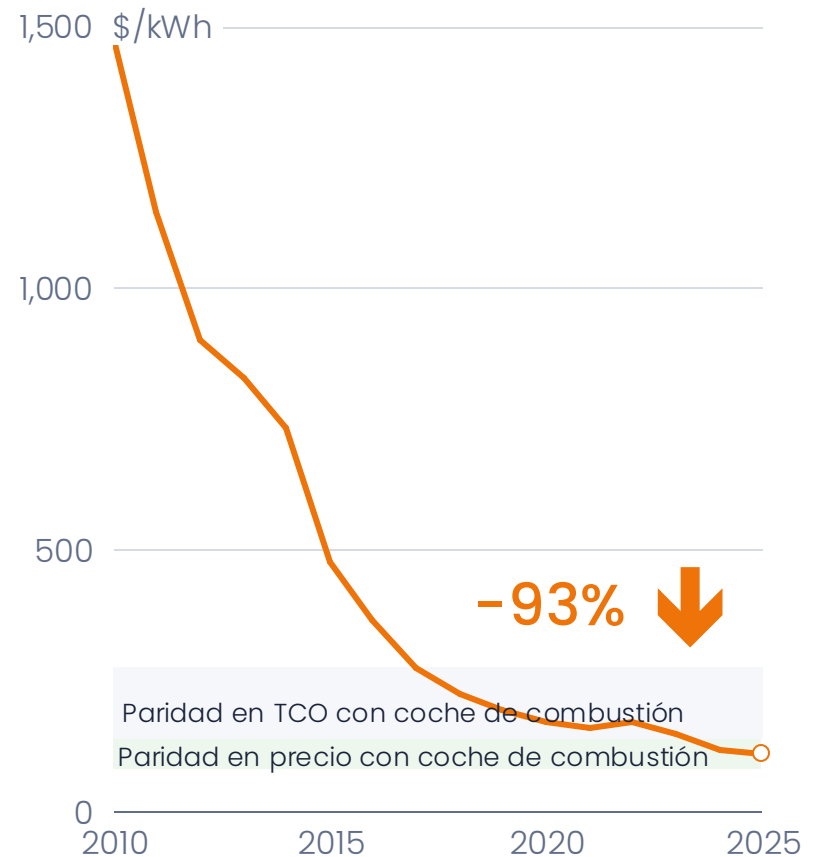
Eólica



Solar



Batería



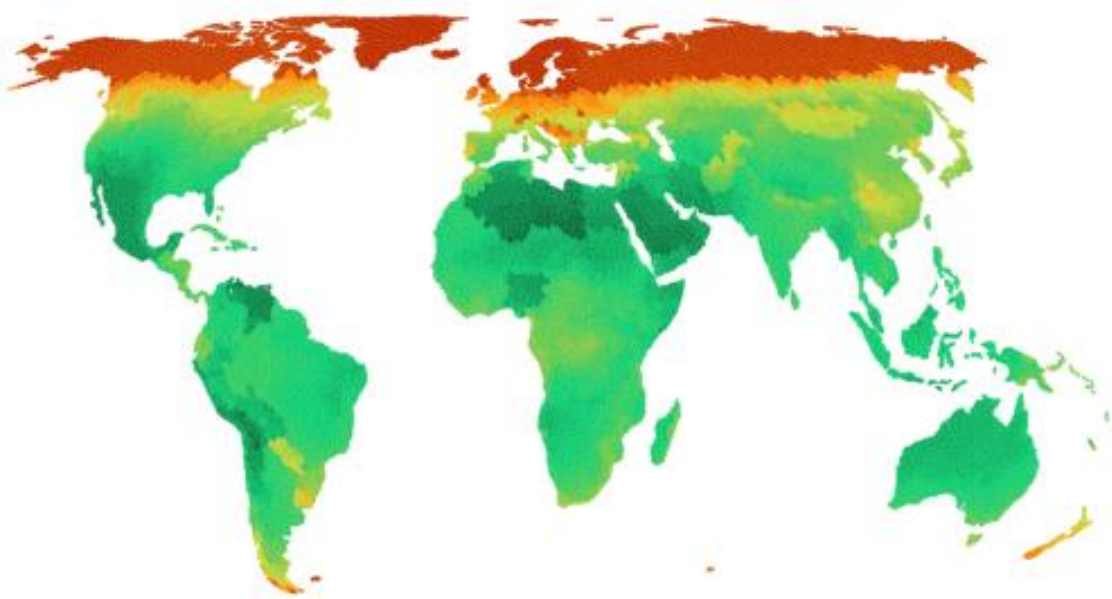
Fuentes: IRENA, BNEF, análisis de Ember • Notas: los valores son medias ponderadas mundiales en términos reales de 2025. La eólica y la solar se miden por el costo normalizado de la electricidad (LCOE). La caída de la eólica corresponde a la cifra marina de IRENA; la terrestre es del -71%.

Las renovables firmes ya están aquí

Cerca del 75% del planeta puede tener suministro firme de solar + batería + respaldo por menos de \$100/MWh

LCOE de solar, batería y respaldo en el mundo, 2026

Sistema más barato con disponibilidad del 100%

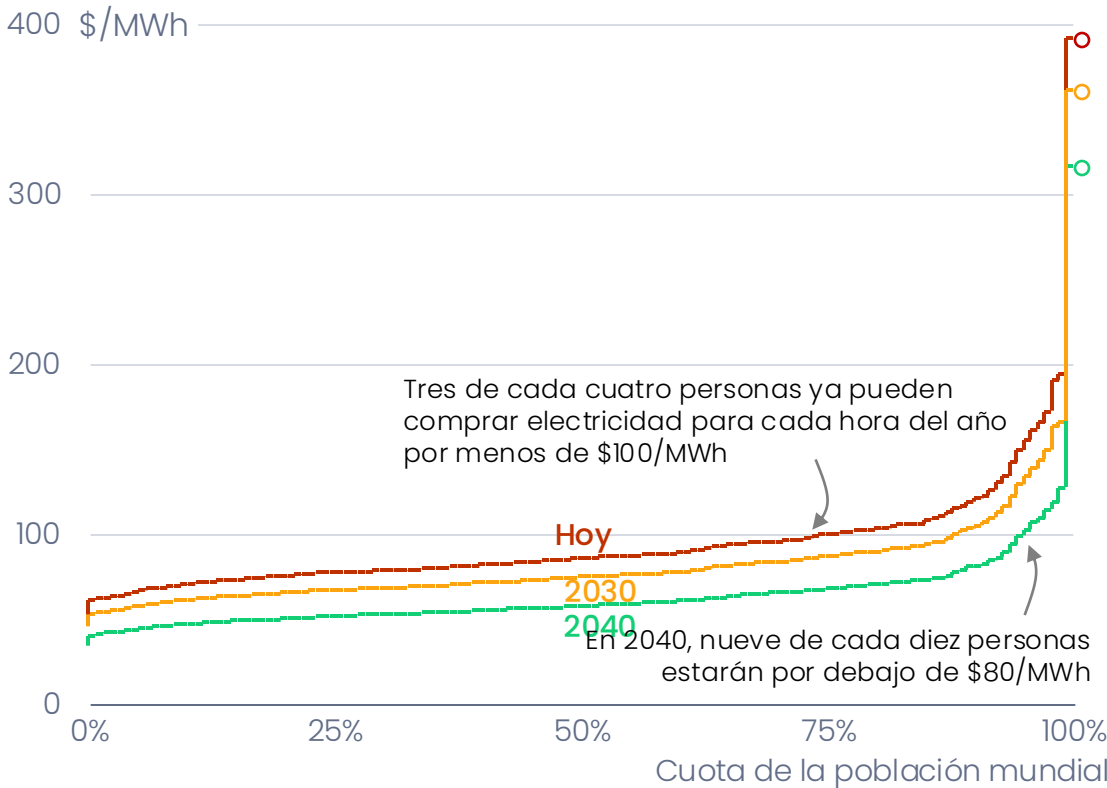


LCOE para una disponibilidad del 100%;
de la cual más del 80% es solar + batería



Proporción de población por costo de la electricidad 24/7

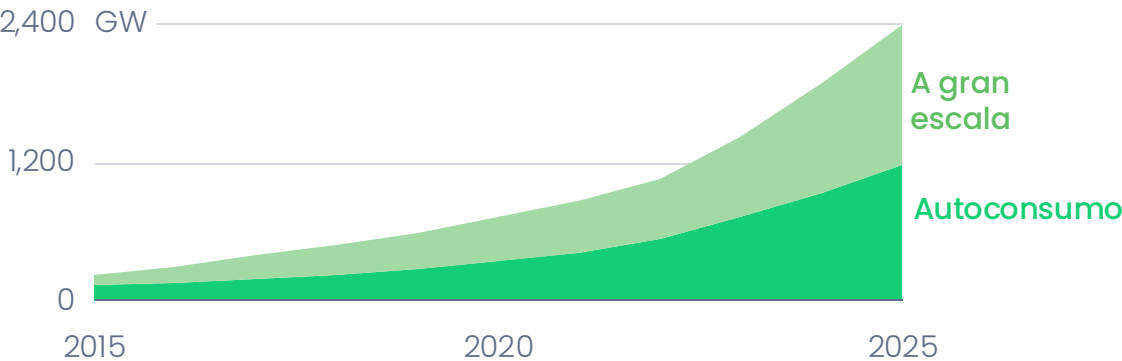
Acumulado, empezando por la región más barata



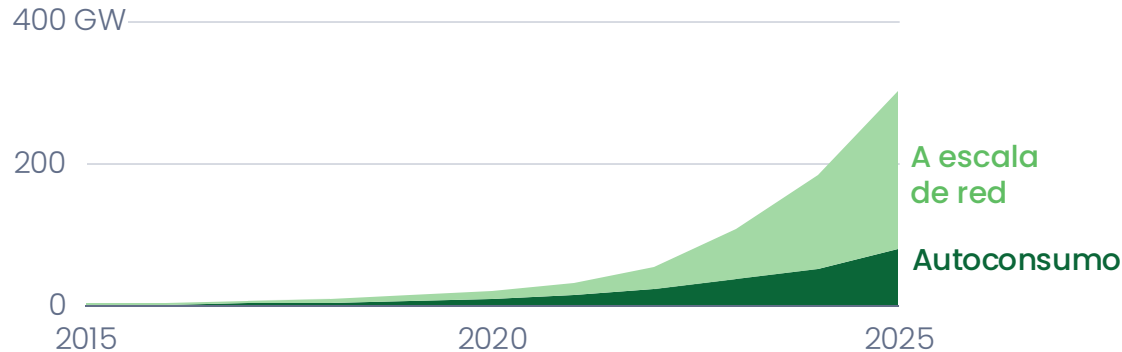
La electrotecnología descentraliza el suministro

La mitad de la generación solar mundial corresponde al autoconsumo; la solar en tejado y las baterías ya representan el 12% de la capacidad mundial

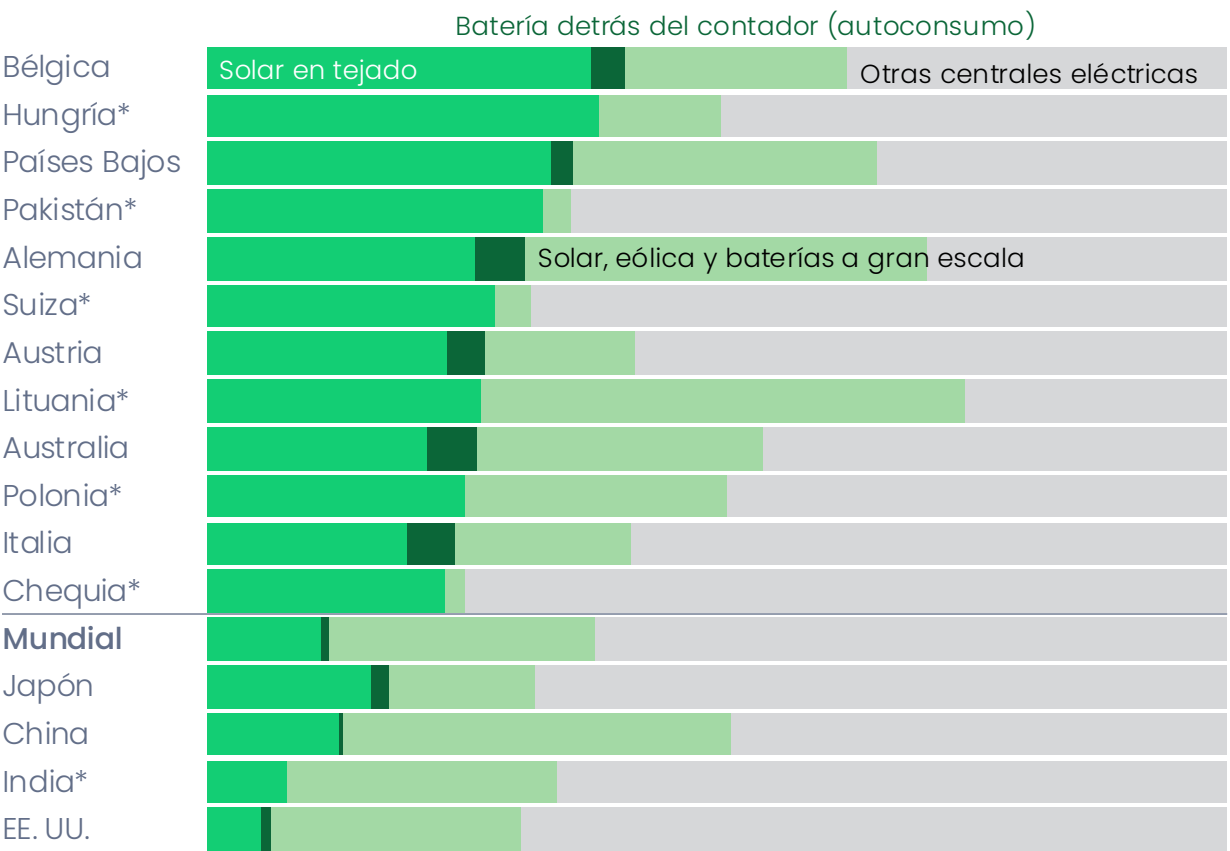
Capacidad solar, mundial



Capacidad de baterías, mundial

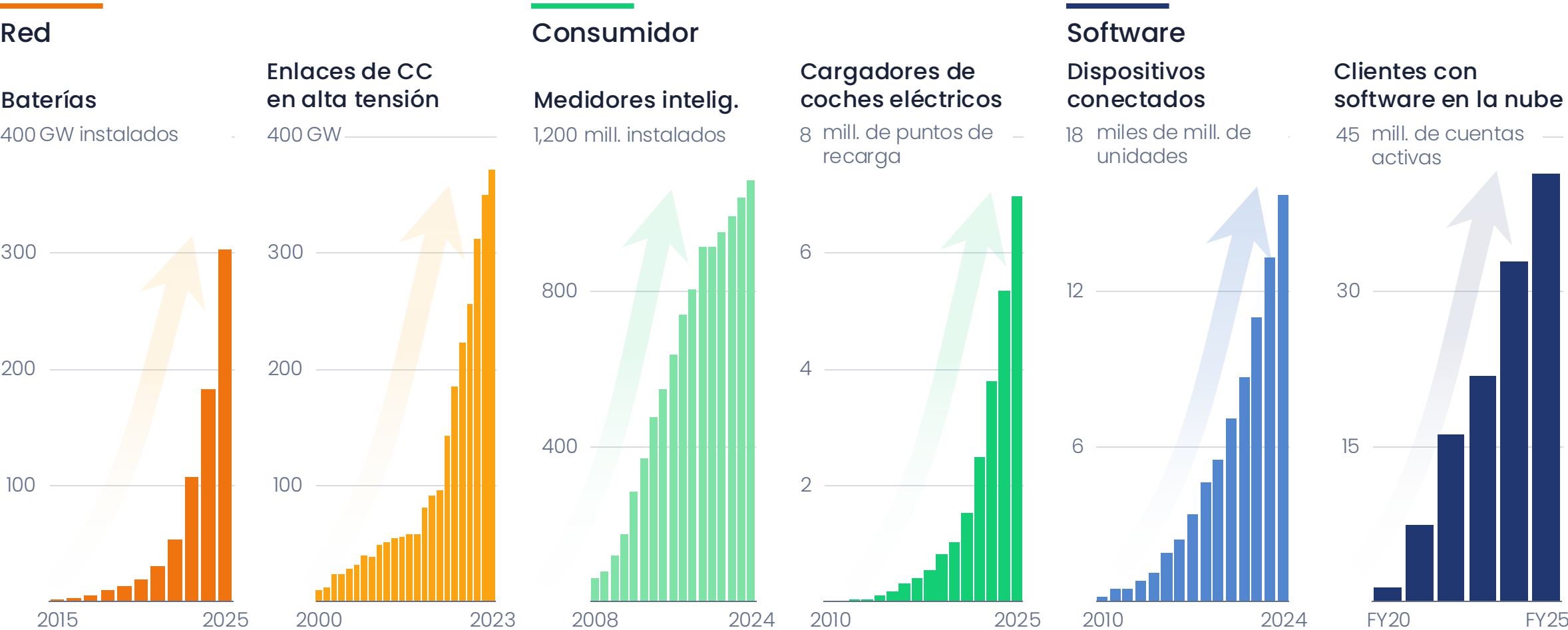


Capacidad total instalada por país
2025



La infraestructura de conexión crece a gran velocidad

Almacenamiento, redes inteligentes, demanda flexible y el software que lo une todo



La oportunidad de la conexión es enorme

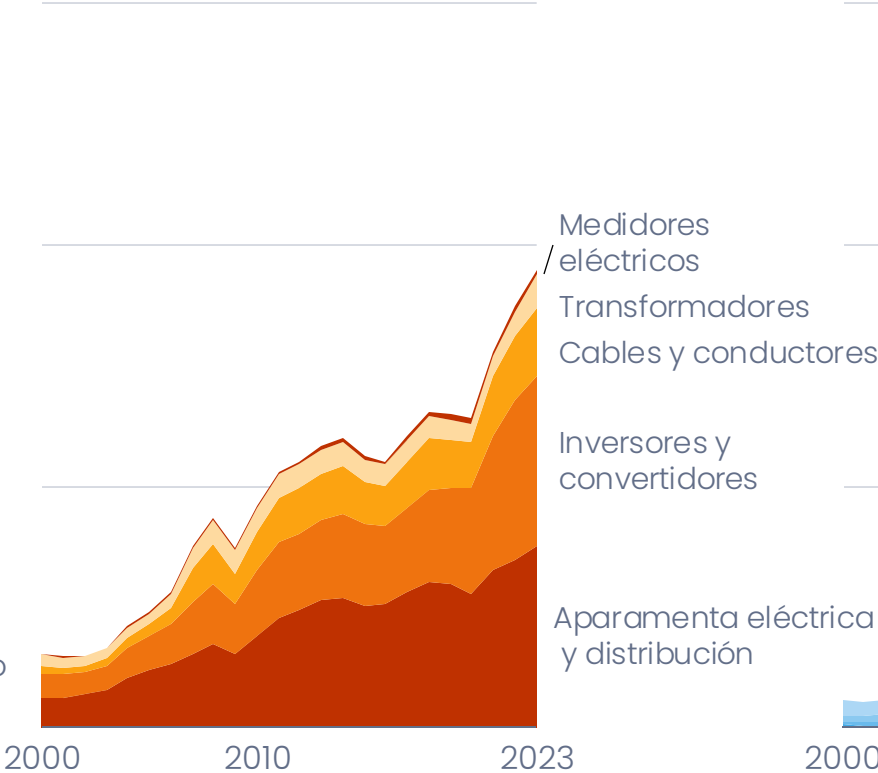
El comercio de tecnologías de conexión es tres veces mayor que el de paneles solares

Exportaciones de electrotecnología entre bloques comerciales

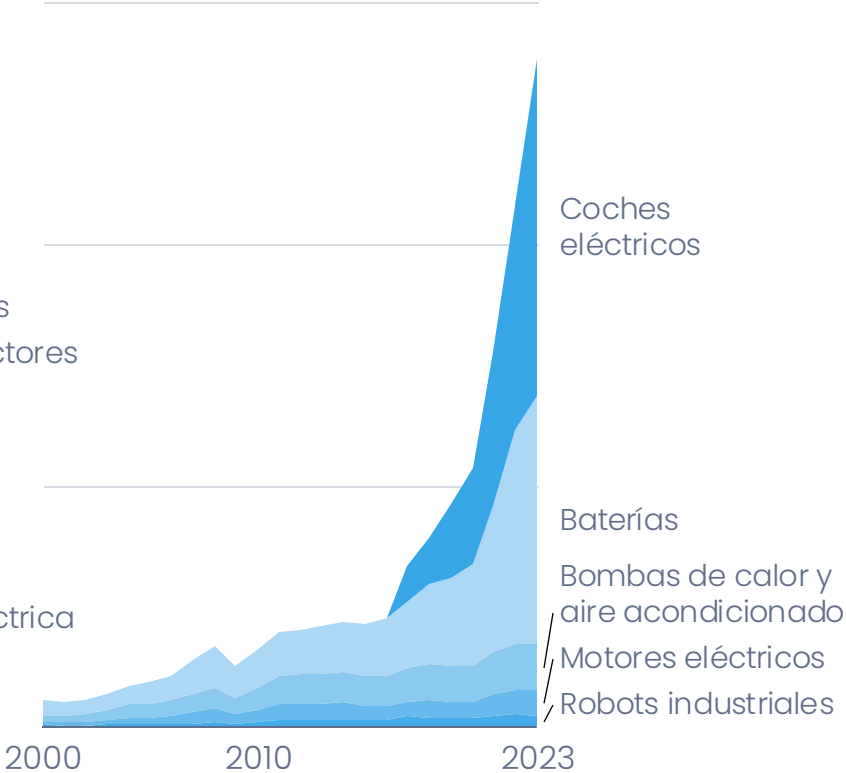
Tecnología de suministro



Tecnología de conexión



Tecnología de demanda

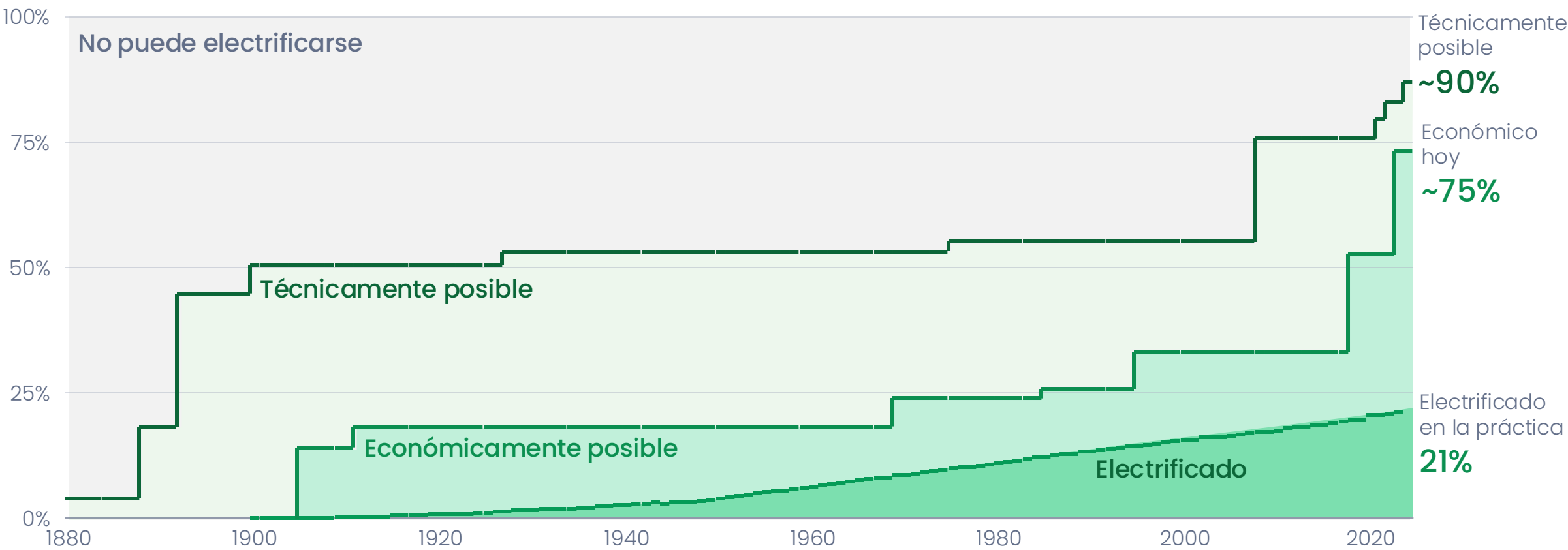


Fuentes: UN Comtrade; análisis de Ember • Nota: datos del comercio entre bloques comerciales (como se muestra en la diapositiva 34) para evitar la doble contabilización, por ejemplo en Europa. Comtrade no especifica buena parte del comercio de equipos eólicos, por lo que las exportaciones eólicas están infravaloradas.

La larga marcha a la electrificación

Tres cuartas partes de la demanda de energía final pueden electrificarse de forma económica

Porcentaje de la energía final

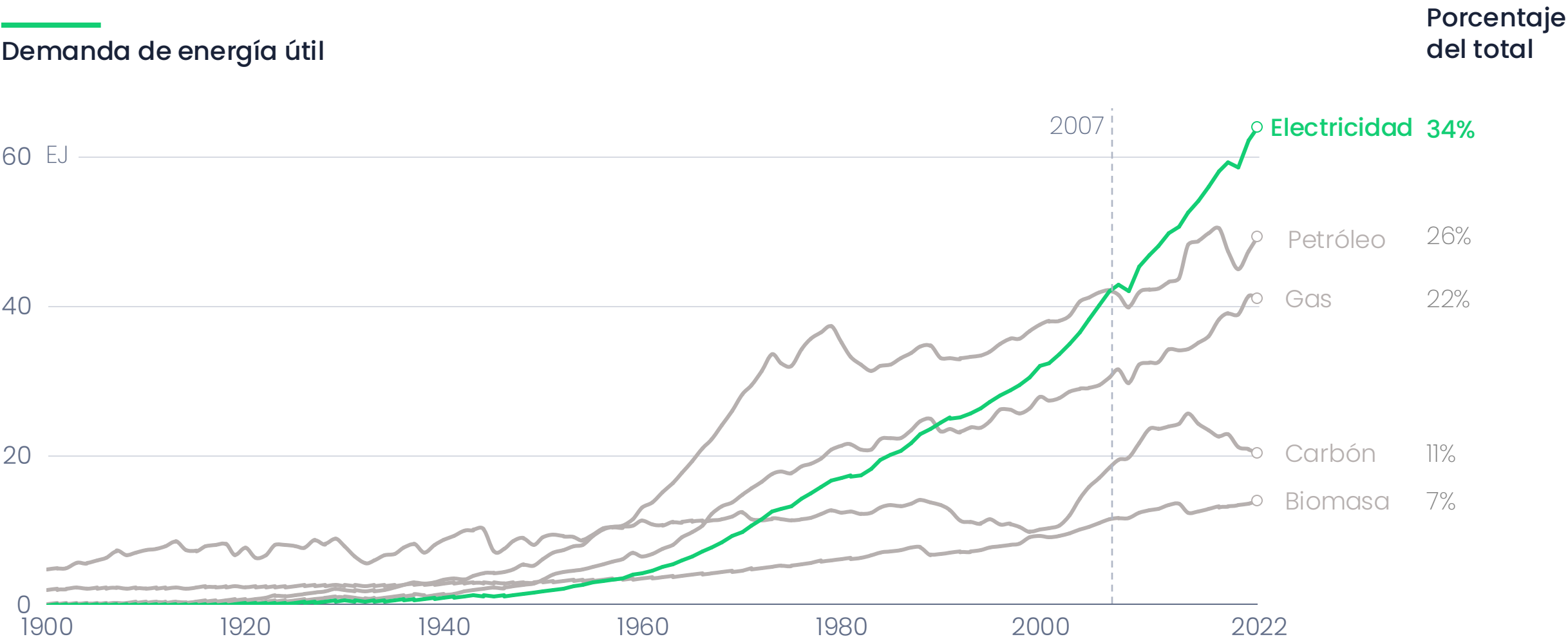


Fuentes: IIASA; AIE; Devine; HYBRIT; Coolbrook; BASF; SABIC; Linde; NEEP; ICCT; análisis de Ember • Nota: “técnicamente posible” indica la fecha en que se realizó la primera vía eléctrica operativa para cada tarea, a escala piloto o superior; “económico” es el primer año en que la solución eléctrica fue mejor que la fósil establecida en términos del costo del ciclo de vida.

En términos útiles, la electricidad ya domina

La electricidad superó al petróleo en 2007 y ya es la mayor fuente de demanda de energía útil

Demanda de energía útil



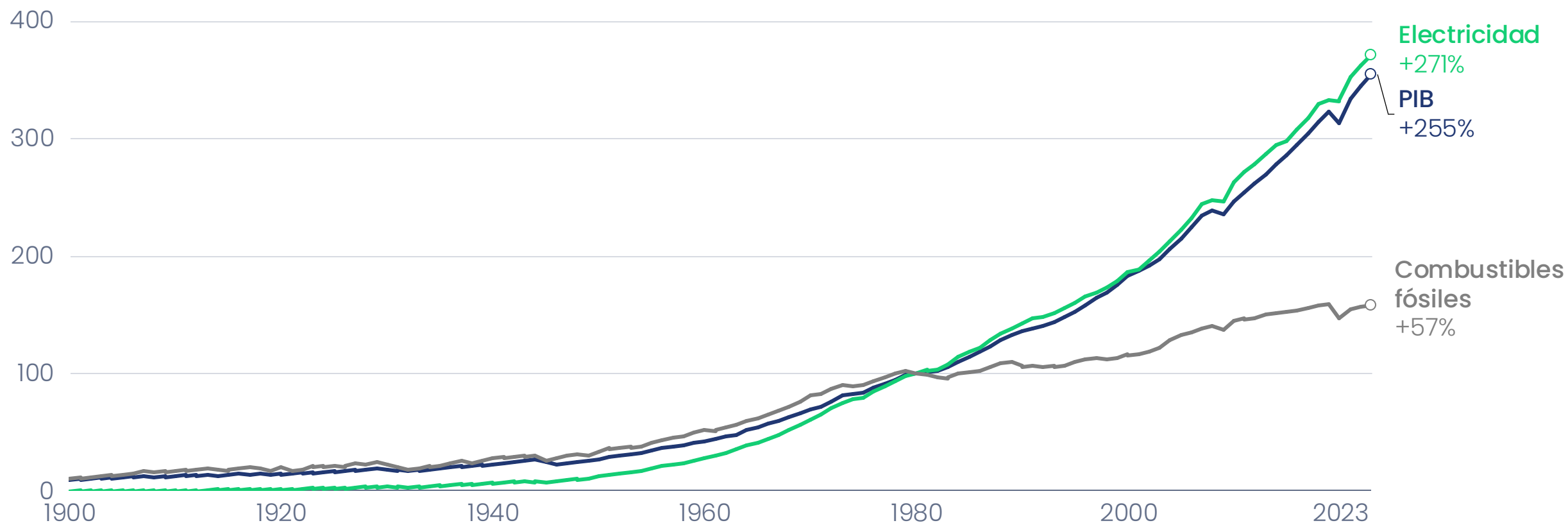
Fuentes: IIASA; AIE; análisis de Ember • Nota: excluye el uso como materia prima. La energía útil es la que realiza la tarea, una vez descontadas las pérdidas de conversión. Es una medida más precisa de la energía, ya que la conversión de combustibles fósiles desperdicia mucho.

La electricidad es el fundamento del crecimiento económico moderno

El crecimiento del PIB se separó del consumo final de energía fósil en los años ochenta

PIB mundial, electricidad y combustibles fósiles en la energía final

Índice, 1980 = 100. Energía final, excluido el uso para fines no energéticos

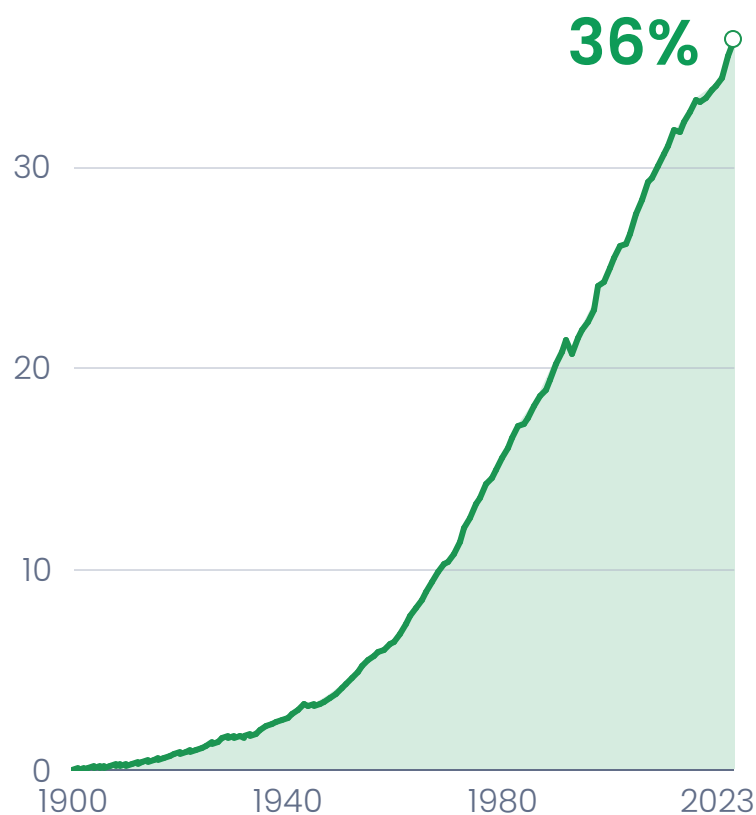


La electrificación ha avanzado de forma constante en edificios e industria

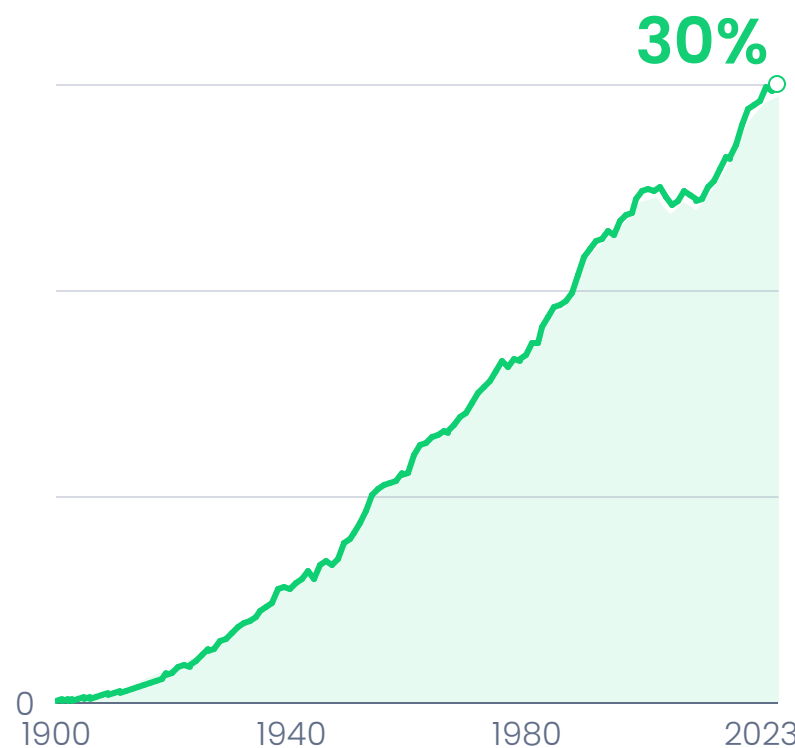
Pero el transporte apenas empieza, solo está electrificado en un 1.5%

Edificios

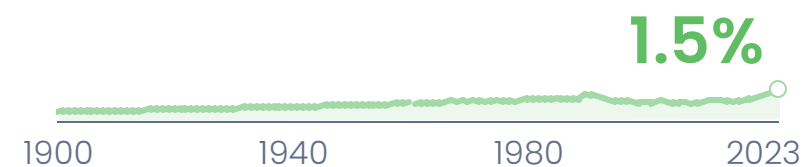
40 % de la energía final procedente de la electricidad



Industria

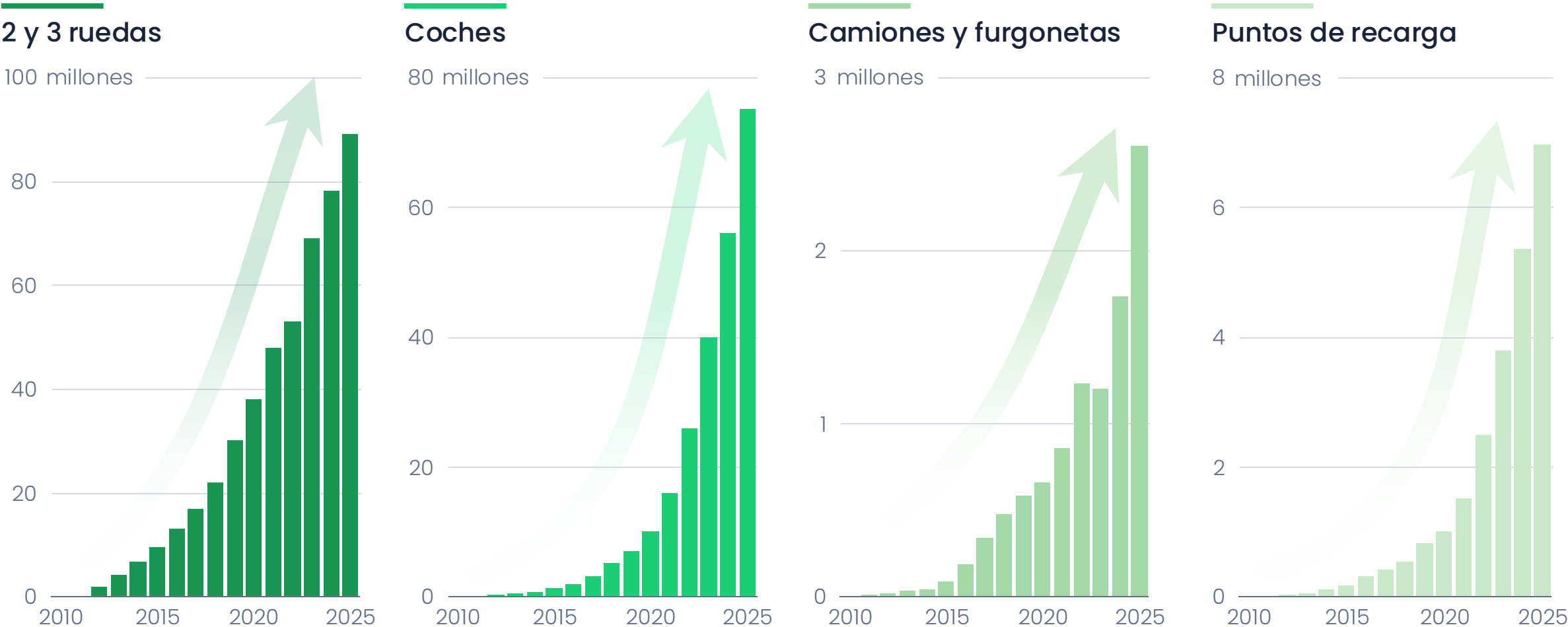


Transporte



Ahora, el transporte se une a la fiesta de la electrificación

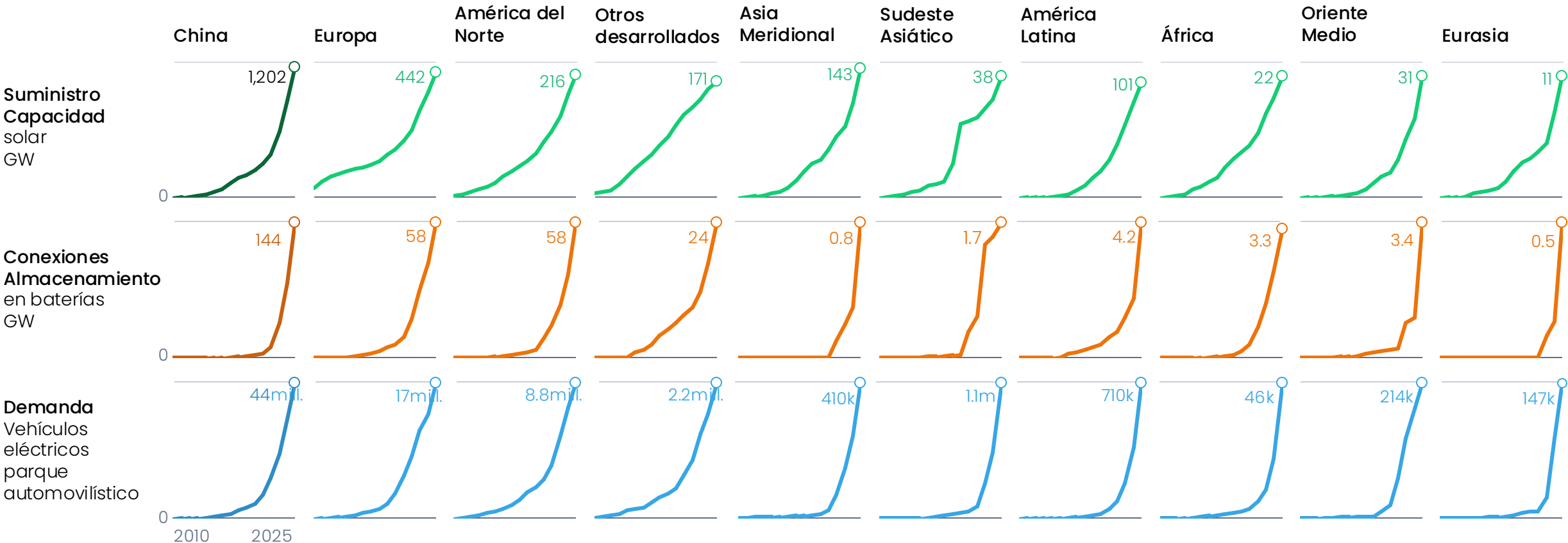
La movilidad eléctrica crece exponencialmente en todos los tamaños de vehículos



El auge de la electrotecnología es global

Aunque China y la energía solar dominan las noticias, la historia es mucho más amplia

Adopción regional de electrotecnología, 2010–2025

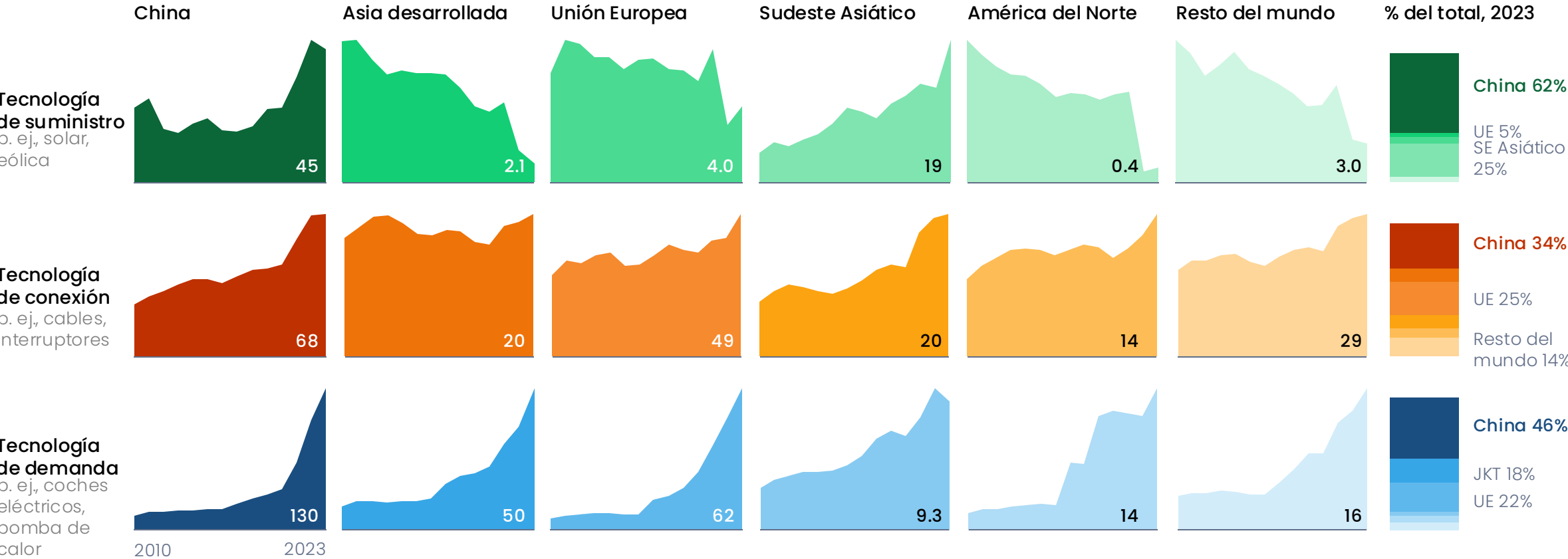


Fuentes: IRENA, Energy Institute, BNEF, AIE, documentos de proyectos del BAD/IFC/BERD; análisis de Ember • Nota: cada celda tiene su propia escala. "Otros desarrollados" incluye Australia, Japón, Nueva Zelanda, Singapur y Corea del Sur.

La carrera global por fabricar electrotecnología

Se abren nuevas oportunidades y nichos en todo el mundo

Exportaciones de electrotecnología entre bloques comerciales, por bloque, miles de millones de US\$, 2010-2023



La electrotecnología choca con techos de información

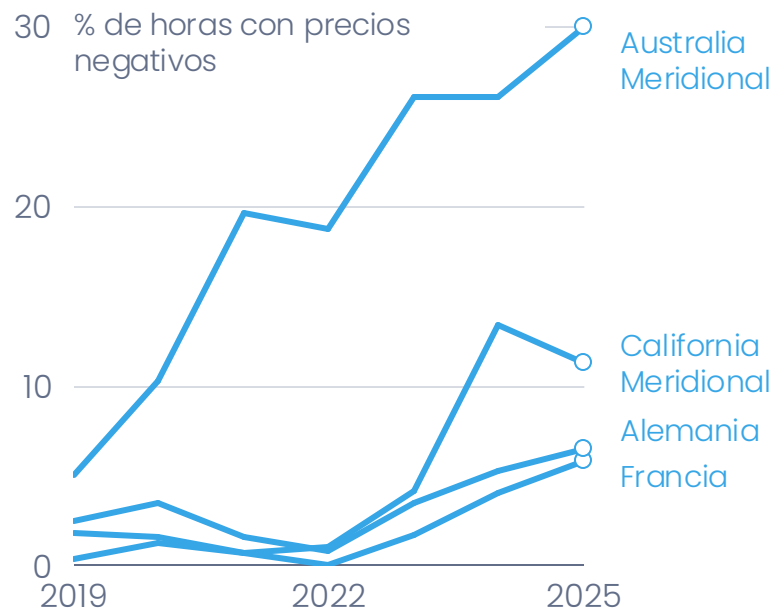
El crecimiento en los países pioneros se frena por la mala coordinación entre suministro, conexiones y demanda

Suministro

Los precios negativos y los vertidos crecientes dañan la financiación de proyectos: **no porque haya demasiada oferta, sino porque nada la coordina con la demanda y el almacenamiento.**

Precios negativos

Mercados seleccionados

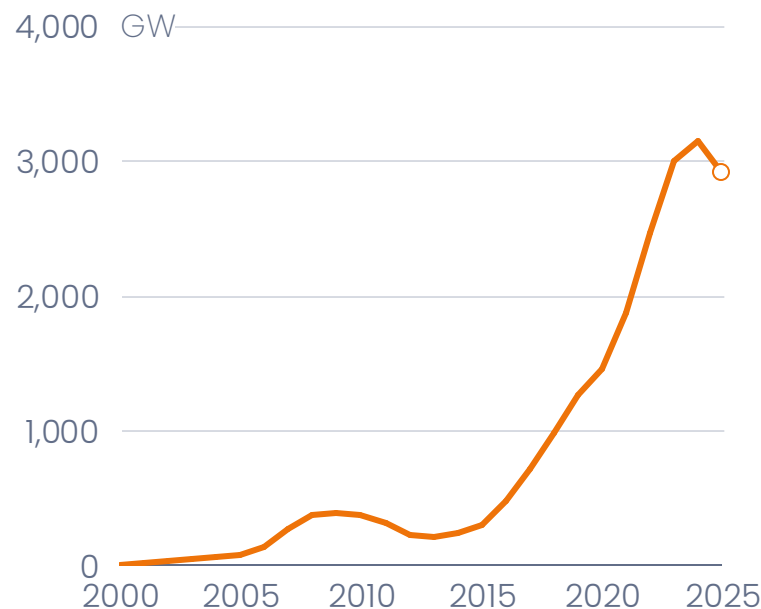


Conexiones

Las colas de acceso y conexión se alargan porque **los permisos y los estudios de integración se eternizan, y la capacidad de las líneas se fija según el peor día de la década, no de forma dinámica.**

Cola de conexión

Global

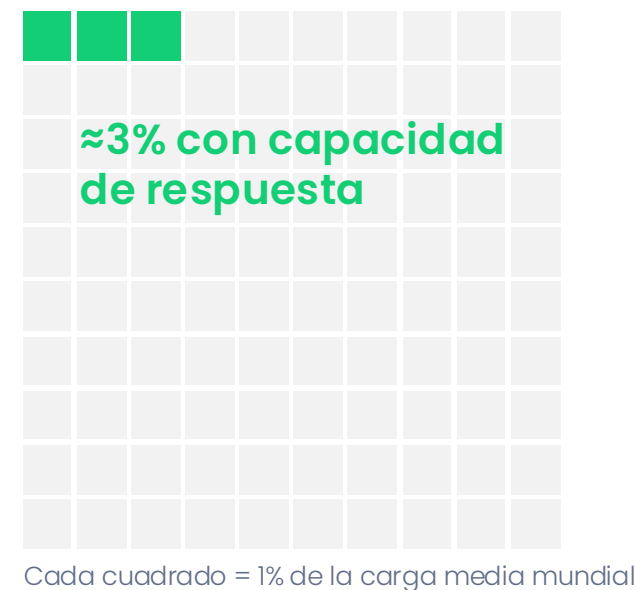


Demanda

Buena parte de la electrotecnología podría **funcionar con flexibilidad y electricidad más barata, pero sin señal de precio ni controles no lo hará** y renuncia a esa competitividad.

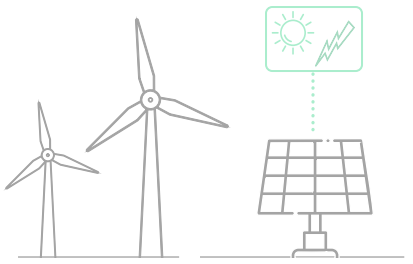
Demanda flexible

Capacidad de respuesta frente a carga media, 2024



La infotecnología ofrece nuevas soluciones a la electrotecnología

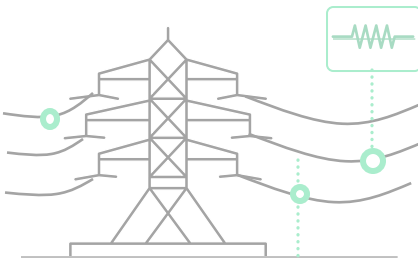
En suministro, redes, almacenamiento y flexibilidad, demanda e incluso fabricación y financiamiento



Suministro

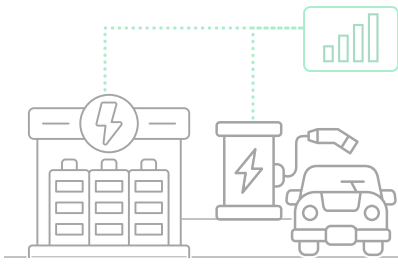
Lo que cambia lo digital

La producción variable se vuelve lo bastante predecible como para programarla



Red

Los cables existentes transportan más y las averías se detectan antes de propagarse



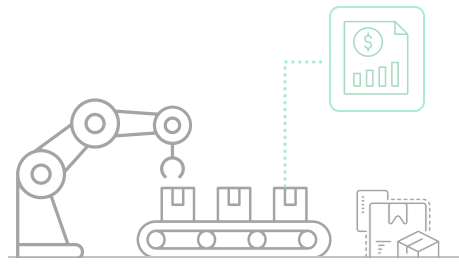
Almacenamiento y flexibilidad

Millones de pequeños activos funcionan como una sola máquina gestionable



Demanda

La demanda puede desplazarse para casar con el suministro



Fabricación y financiamiento

Los equipos se abaratan y el crédito llega a quien no tiene banco

Ejemplos en funcionamiento hoy



Previsión eólica y solar



Inversores formadores de red



Inspección de instalaciones con



Capacidad dinámica de línea



Estudios automatizados de



Predicción de incendios y



Trading algorítmico de baterías



Centrales eléctricas virtuales



Recarga inteligente de coches eléctricos



Refrigeración de centros de datos y desplazamiento de carga



Optimización de procesos



Gestión energética de edificios



Robótica en gigafábricas



Descubrimiento de materiales



Crédito solar de pago por uso

El techo de lo posible es alto, y sigue subiendo

Cada vez más se puede electrificar y automatizar. Cada tendencia potencia a la otra.

ILUSTRATIVO

Porcentaje del valor añadido mundial por tarea y penetración de la automatización

2025

Bajo potencial de automatización

Puede mejorarse con automatización

Difícil de automatizar

Ya automatizado



Oficina y trabajo del conocimiento

Personas y trabajo de cuidados

Trabajo físico y de producción

La electrificación es más barata con automatización

La automatización de muchas tareas físicas requiere su electrificación

Porcentaje de la demanda mundial de energía final por subsector y potencial de electrificación

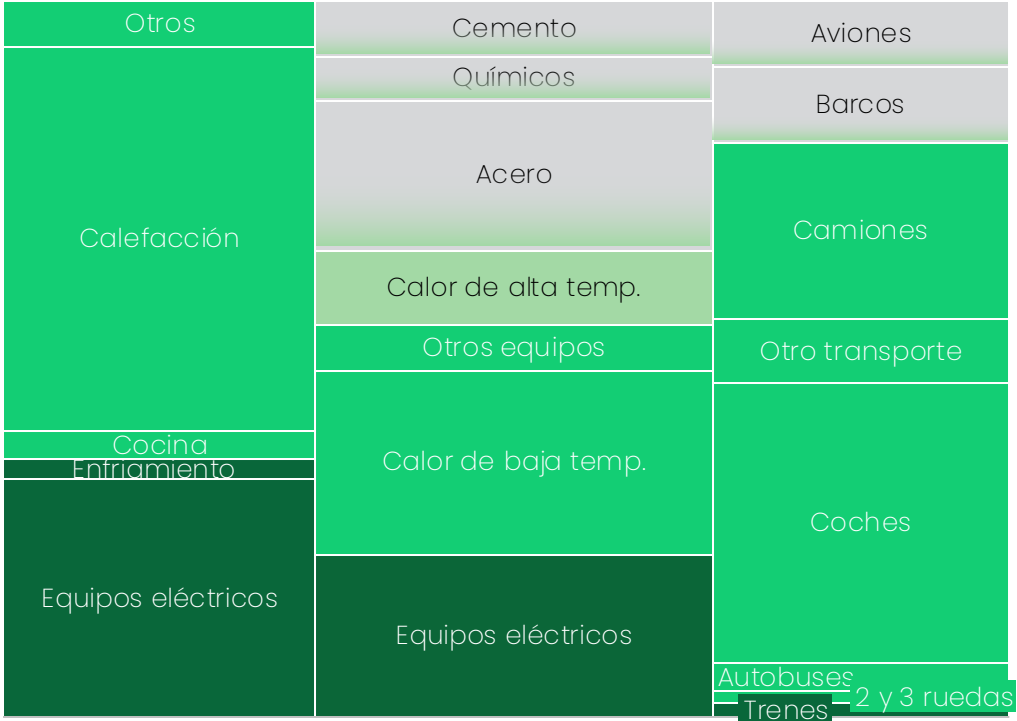
2025

Ya electrificado

Económicamente posible

Técnicamente posible

Aún no posible



Edificios

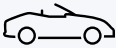
Industria

Transporte

Un matrimonio de necesidad

La infotecnología y la electrotecnología se necesitan mutuamente. Su sincronización, su precisión y su capacidad es requisito para poder manejar la complejidad.

Sincronización

Coches eléctricos autónomo

El chip debe transmitir **más de 100 órdenes** de control por segundo

Requerido

3/s
Respuesta máxima de un motor de combustión

200/s
Tiempo de respuesta del motor eléctrico

No hay conducción autónoma con un coche de gasolina

Precisión

Soldadura automatizada

El sistema puede apuntar a **decenas de puntos de soldadura por cm** o más

Requerido

<1/cm
Soplete de gas – la llama dispersa el calor

50/cm
Bobina eléctrica

No hay soldadura robótica de precisión con gas

Complejidad

Clasificación y distribución

La preparación automatizada de pedidos exige flotas automatizadas densas; **cientos por acre**

Requerido

<20/acre
Carretillas diésel

600/acre
Robots eléctricos

No hay almacén automatizado con diésel

Recarga rápida de baterías

La recarga rápida exige reajustar la corriente de entrada hasta **1,000 veces por segundo**

Requerido

0/s
Enchufe analógico

1,000x /s
Recarga controlada por chip

No hay recarga rápida sin un chip

Rotación del aerogenerador

El rendimiento máximo exige que la góndola siga la dirección del viento **decenas de veces al día**

Requerido

0/día
Palas estáticas

100/día
Orientado por sensores + chip

No hay rendimiento eólico óptimo sin software

Generación distribuida

La solar y las baterías distribuidas exigen gestionar **miles de activos de forma sincronizada**

Requerido

200 activos
Máximo habitual de una sala de control humana

Más de 100,000 activos
Despacho automatizado de una VPP con IA

No hay recursos distribuidos inteligentes sin IA

La infotecnología necesita a la electrotecnología

La electrotecnología necesita a la infotecnología

La doble revolución en el transporte

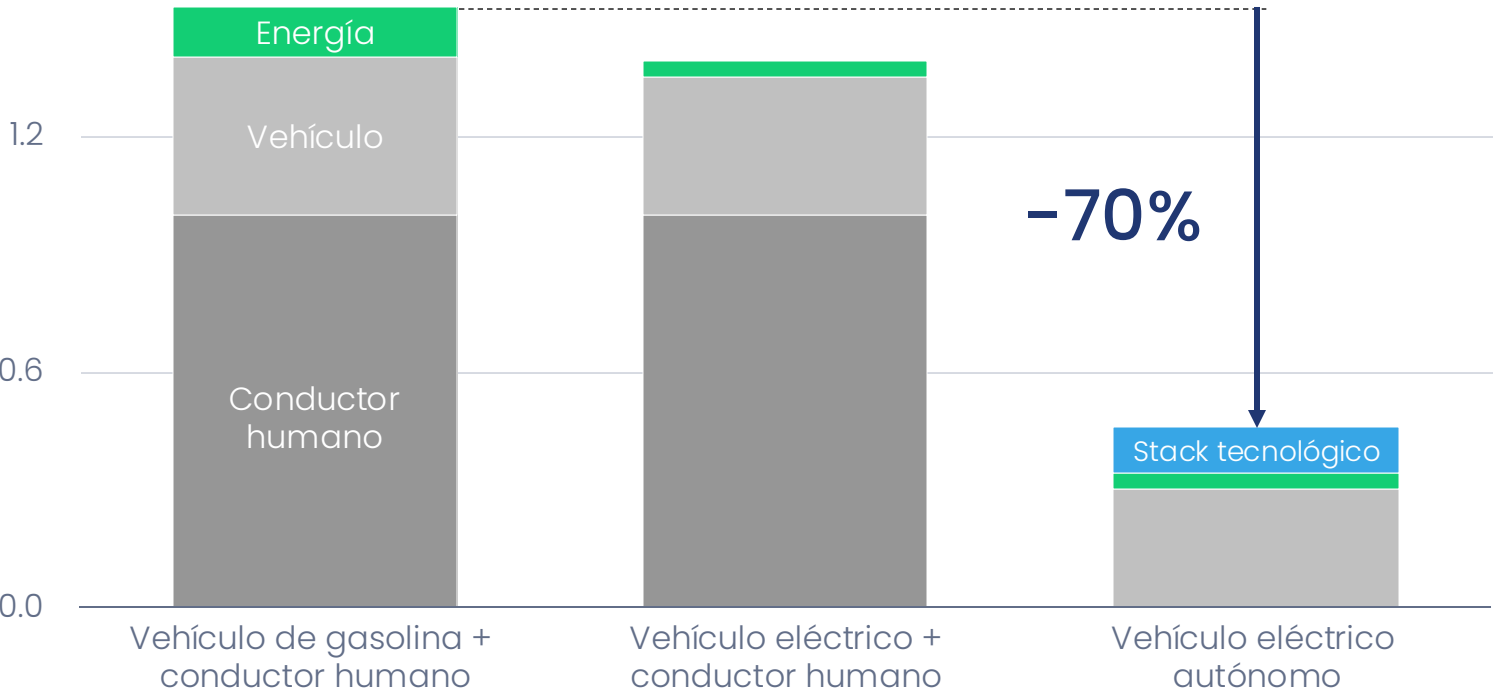
Las nuevas infotecnología y electrotecnología pueden reducir el costo del transporte hasta un 70%

Costo por milla recorrida

Ciudad de EE. UU., 2026 – desglose estilizado para un servicio de VTC

INDICATIVO

1.8 \$ por milla-vehículo



Otras ventajas

94%

menos accidentes con heridos graves

Nota: 1.2 millones de personas mueren al año en las carreteras

385,000

mueres al año por gases de escape

Pueden reducirse a cero con vehículos eléctricos

95%

del día está estacionado un coche

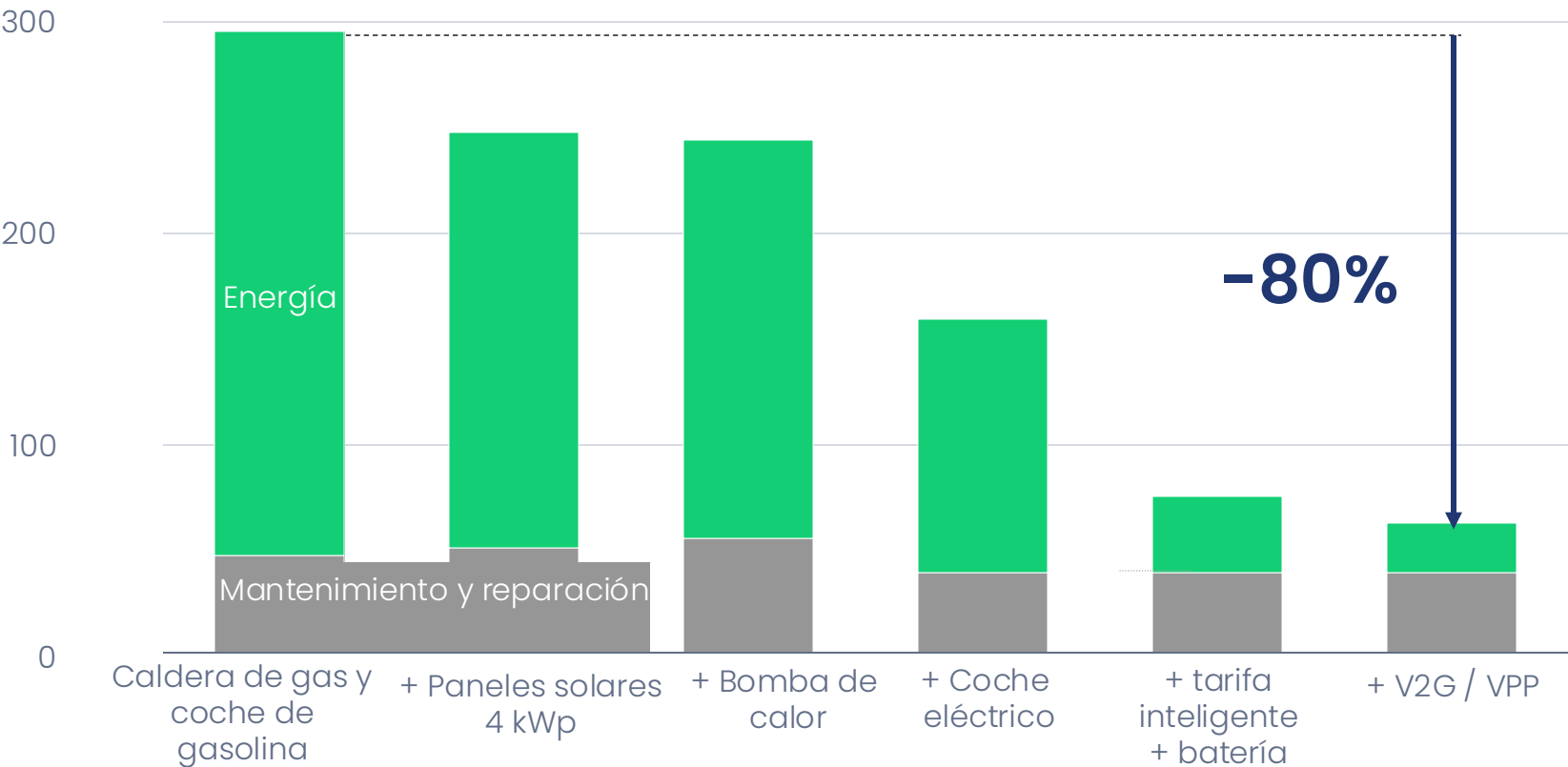
Las flotas autónomas liberan espacio valioso

La doble revolución para los hogares

Las nuevas infotecnología y electrotecnología pueden reducir la factura doméstica hasta un 80%

Facturas mensuales de energía de un hogar en el Reino Unido

£ al mes a precios de 2026 en el Reino Unido



Otras ventajas

13%
del asma infantil en EE. UU se atribuye a cocinar con gas
Puede evitarse con cocinas eléctricas

3 millones
de hogares se sobrecalientan sin forma de enfriarse en Inglaterra
Las bombas de calor pueden calentar y enfriar

75%
de las cargas de vehículos eléctricos se hacen en casa o en el trabajo
Así que ya no hacen falta viajes a la gasolinera

La doble revolución en la industria

Las nuevas infotecnología y electrotecnología pueden reducir los costos de fabricación entre un 40% y un 70%

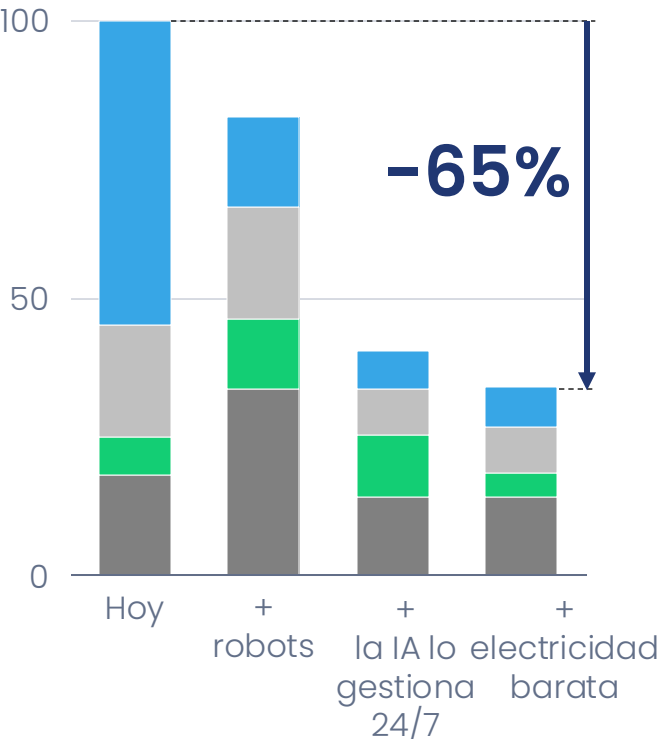
Costo de convertir materiales en producto

Costo por unidad buena, índice: hoy = 100, excluidos los materiales comprados

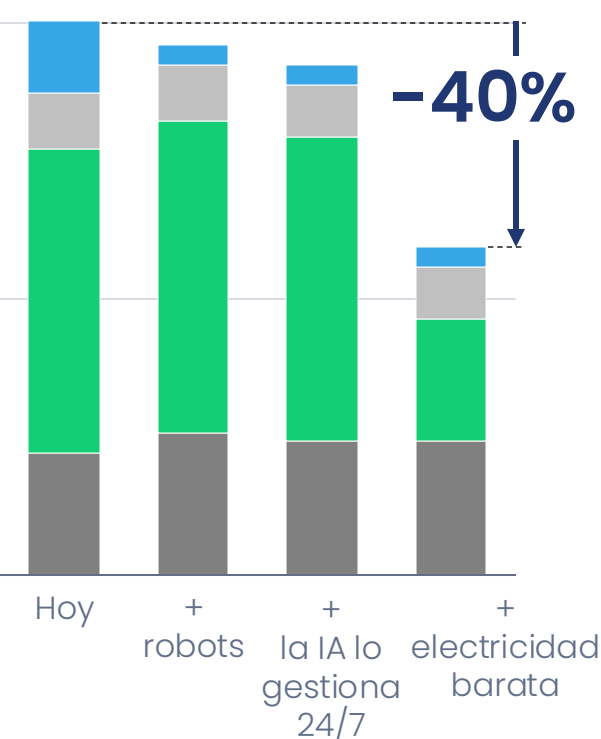
INDICATIVO

Capital Energía Costo fijo Mano de obra

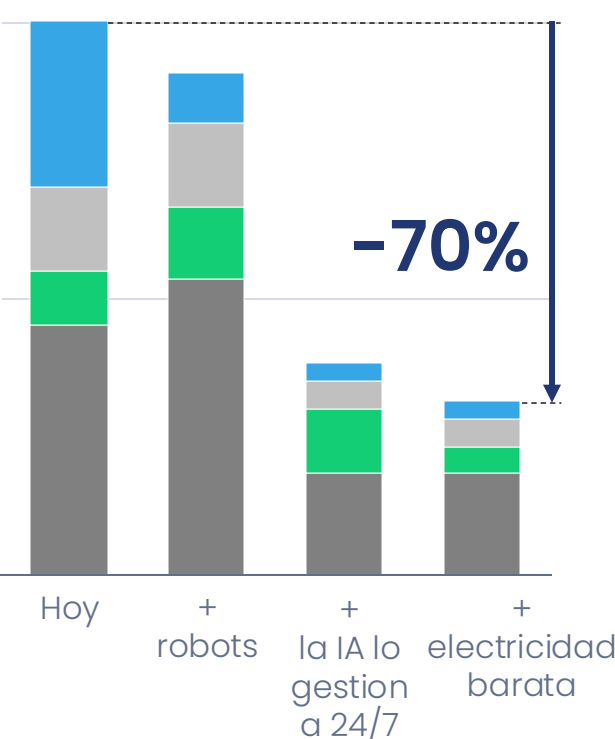
Intensivo en mano de obra



Intensivo en energía



Intensivo en capital



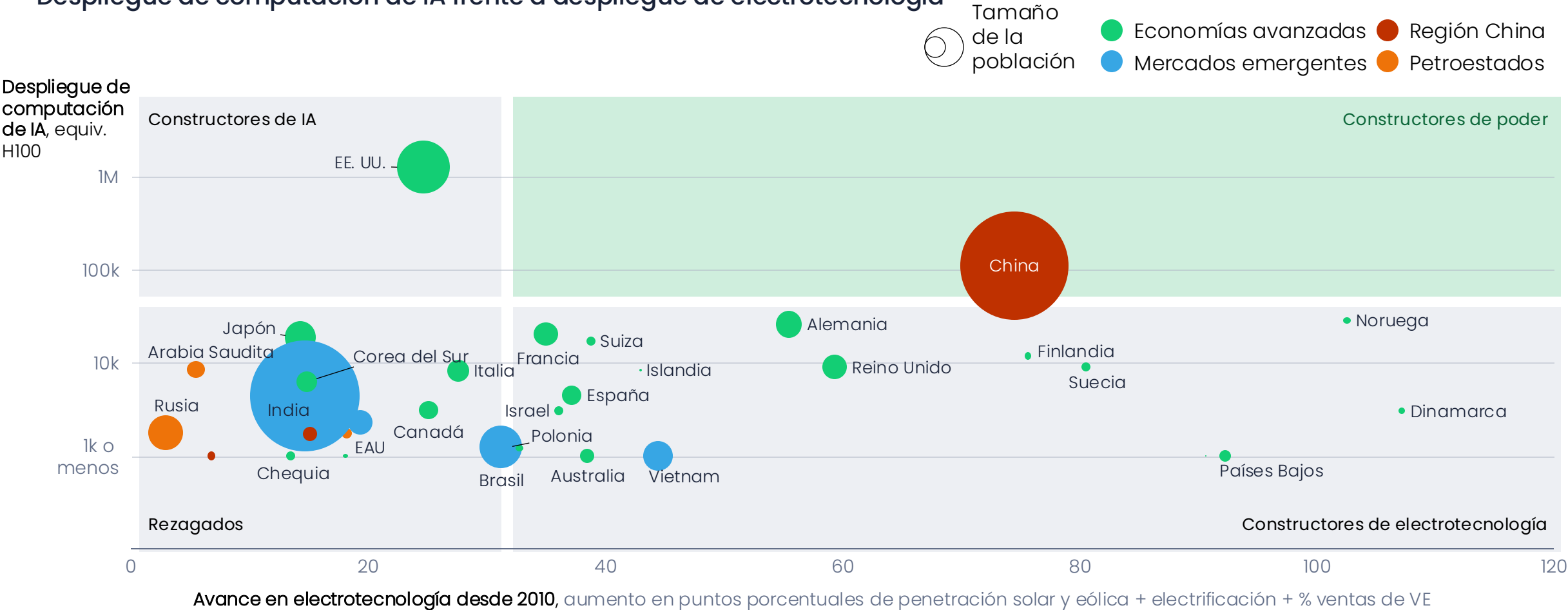
Otras ventajas

- 99% de los defectos detectados por visión artificial
un inspector humano típico detecta el 80%
- 40% de paradas no planificadas
Mantenimiento predictivo con IA
- +20% de vida útil de la máquina
así el capital rinde aún más

Pocos países han entendido las dos revoluciones

China lidera y amplía la frontera tanto en electrotecnología como en IA

Despliegue de computación de IA frente a despliegue de electrotecnología

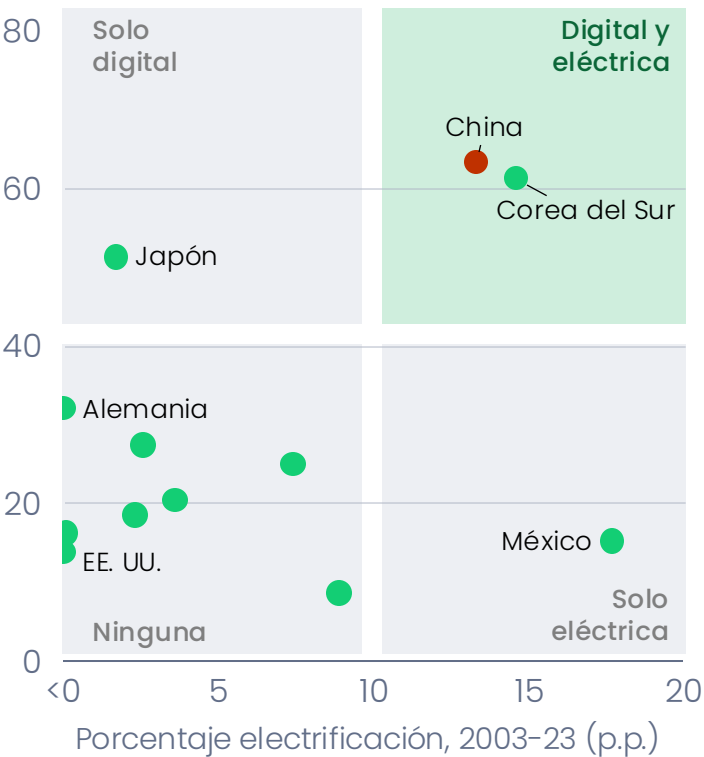


Pocos países electrifican y digitalizan a la vez

Solo China lo hace de forma consistente en todos los sectores

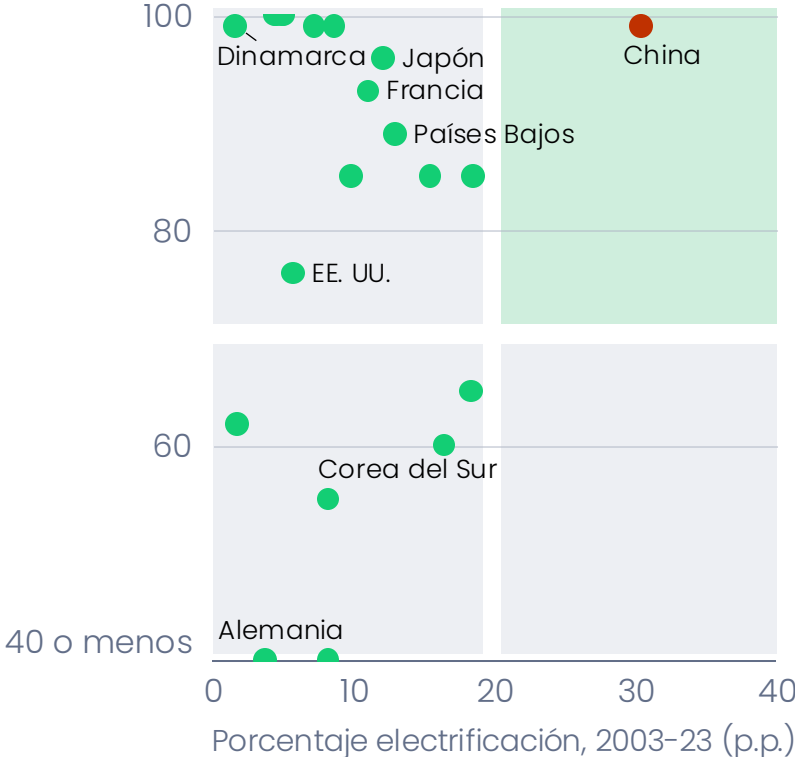
Industria: robots

Robots instalados por cada mil mill. \$ de valor añadido



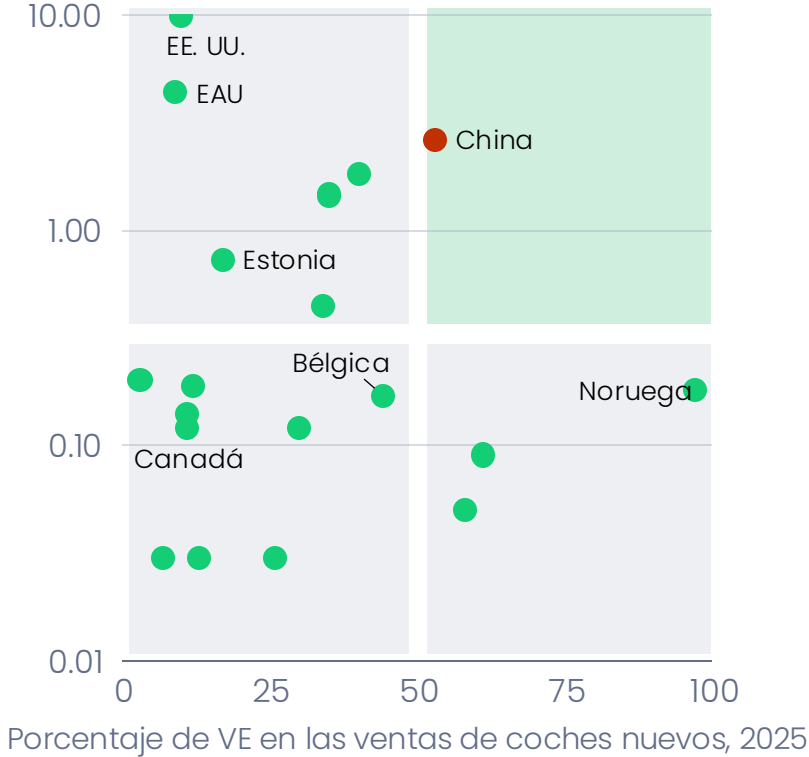
Edificios: medidores inteligentes

Medidores inteligentes, % de puntos de medida



Movilidad: autonomía

Vehículos autónomos por millón de habitantes, escala logarítmica



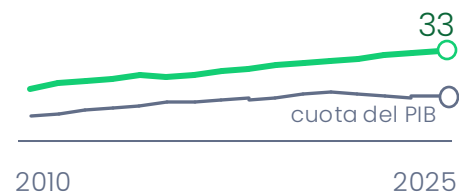
China pesa desproporcionadamente en ambas revoluciones

Es una potencia en electrotecnología e infotecnología

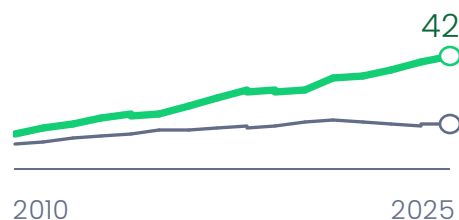
Cuota de China en el total mundial frente a su cuota en el PIB mundial, %

Electrotecnología

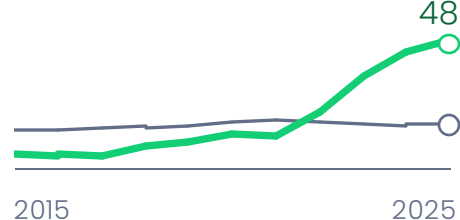
Generación eléctrica



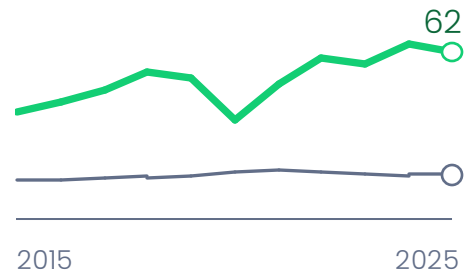
Generación eólica y solar



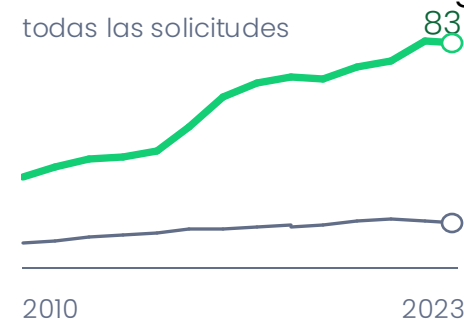
Baterías en red capacidad instalada



Ventas de coches eléctricos unidades vendidas

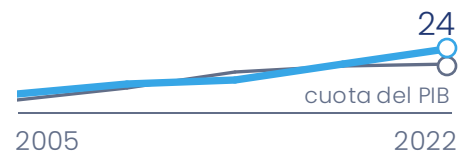


Patentes de electrotecnología todas las solicitudes

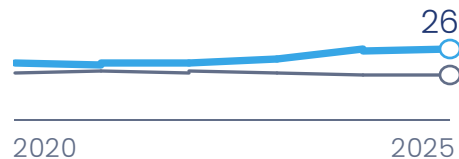


Infotecnología

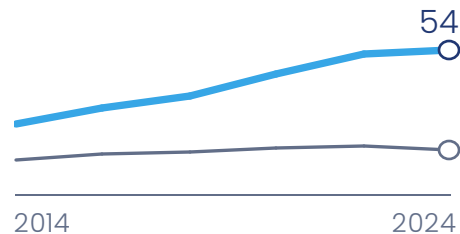
Capacidad de fabricación de chips



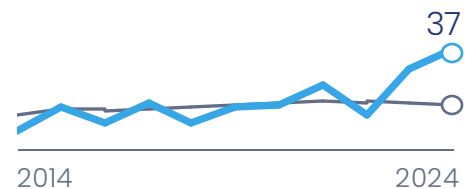
Centros de datos consumo eléctrico



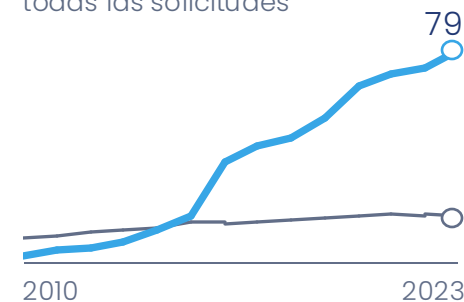
Instalaciones de robots anuales



Modelos de IA Todos los modelos



Patentes de IA todas las solicitudes



Índice

01 Dos revoluciones entrelazadas

La electrificación de la información y la energía

02 El auge eléctrico

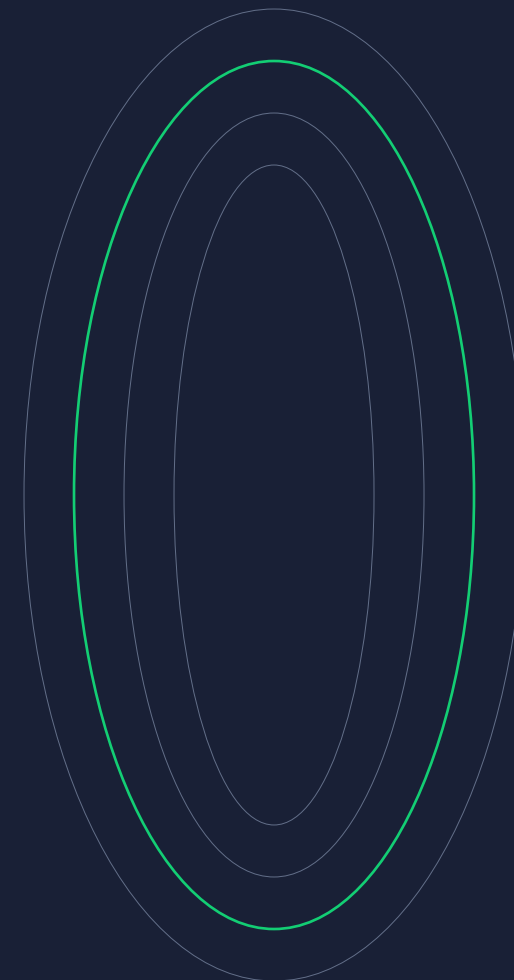
El auge de la infotecnología y la electrotecnología

03 Lo que está por venir

Las implicaciones de la convergencia de las dos revoluciones

04 Dimensionar la oportunidad

Cómo aprovechar la disrupción eléctrica que se avecina



Lo que está por venir

Las implicaciones de las dos revoluciones en tres horizontes del tiempo



Crecimiento continuado a pesar de resistencias y ruido

Los próximos 5 años

Los costos tecnológicos seguirán disminuyendo y la calidad seguirá elevando, lo que sostendrá el crecimiento pese a muchas resistencias y retos.



La gran disrupción

Principios de la década de 2030

La electrotecnología y la nueva infotecnología, como la IA, alcanzan un tamaño suficiente para reducir de forma significativa la demanda de los actores establecidos y provocar una gran disrupción en los sistemas energéticos e industriales, la geopolítica e incluso la defensa nacional.



El mundo eléctrico emergente

Mediados y finales de los 2030

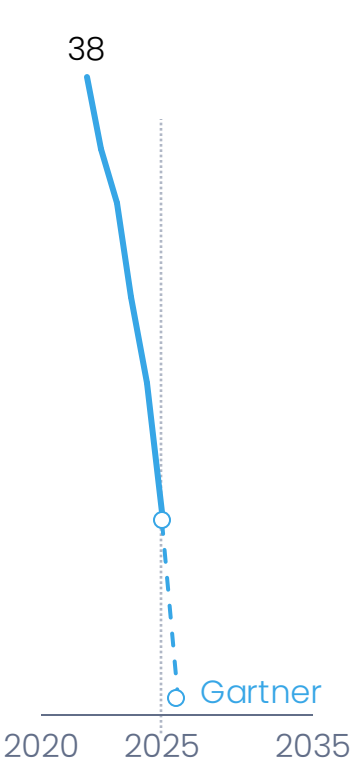
El mundo eléctrico promete soberanía, democratización, energía e información abundantes, y descarbonización. Esas promesas conllevan un riesgo equivalente: autarquía en lugar de comercio, nuevos poderes con posibilidades destructivas, oligopolio entre los pocos que fabrican las tecnologías, y dislocación para quienes sean desplazados más rápido de lo que pueden adaptarse.

Los costos seguirán disminuyendo

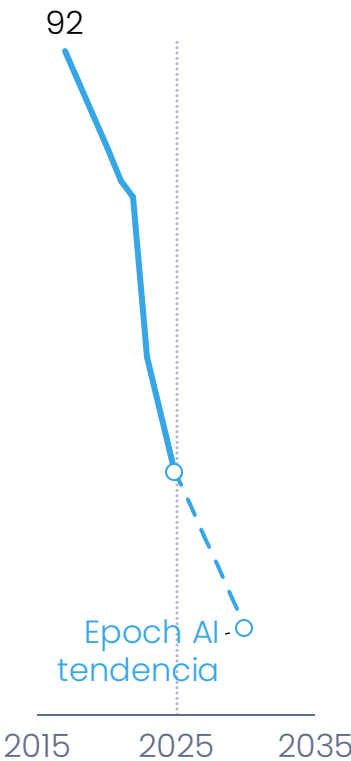
Lo que hoy es barato será irresistible en 2030

Infotecnología

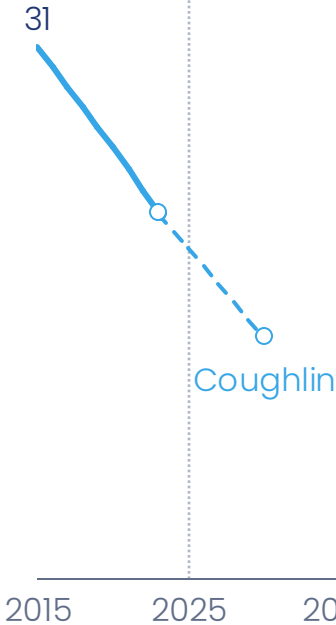
Inferencia de IA
US\$ por 1M de tokens



Computación
US\$ por TFLOP/s

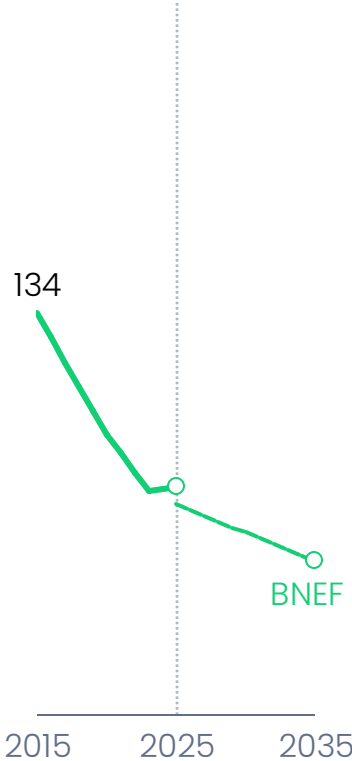


Almacenamiento de datos
US\$ por terabyte, disco

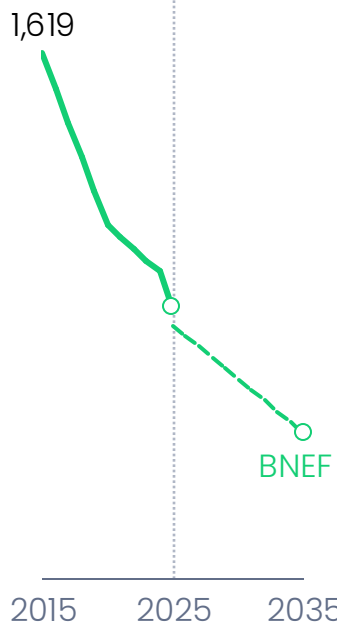


Electrotecnología

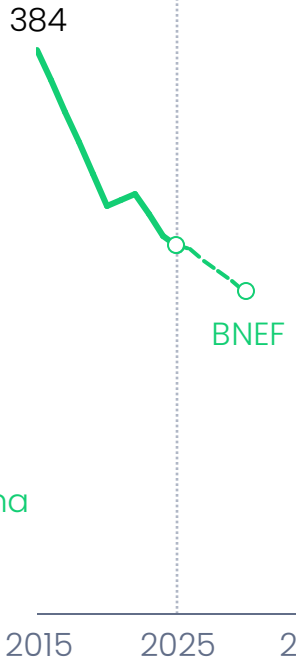
Electricidad solar
US\$ por MWh



Almacenamiento en baterías
US\$ por kWh instalado



Baterías de coche
US\$ por kWh

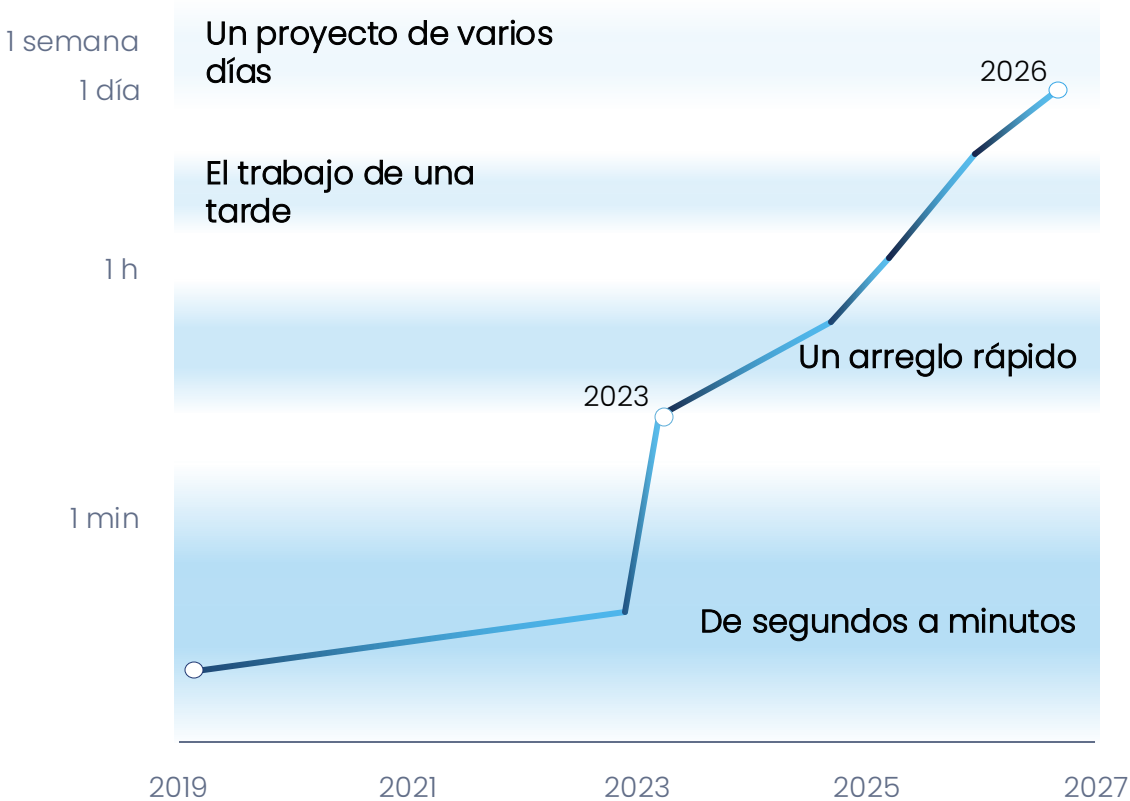


Así el cambio se propaga de un mercado al otro

A medida que mejora la infotecnología y la electrotecnología, se abren nuevos mercados

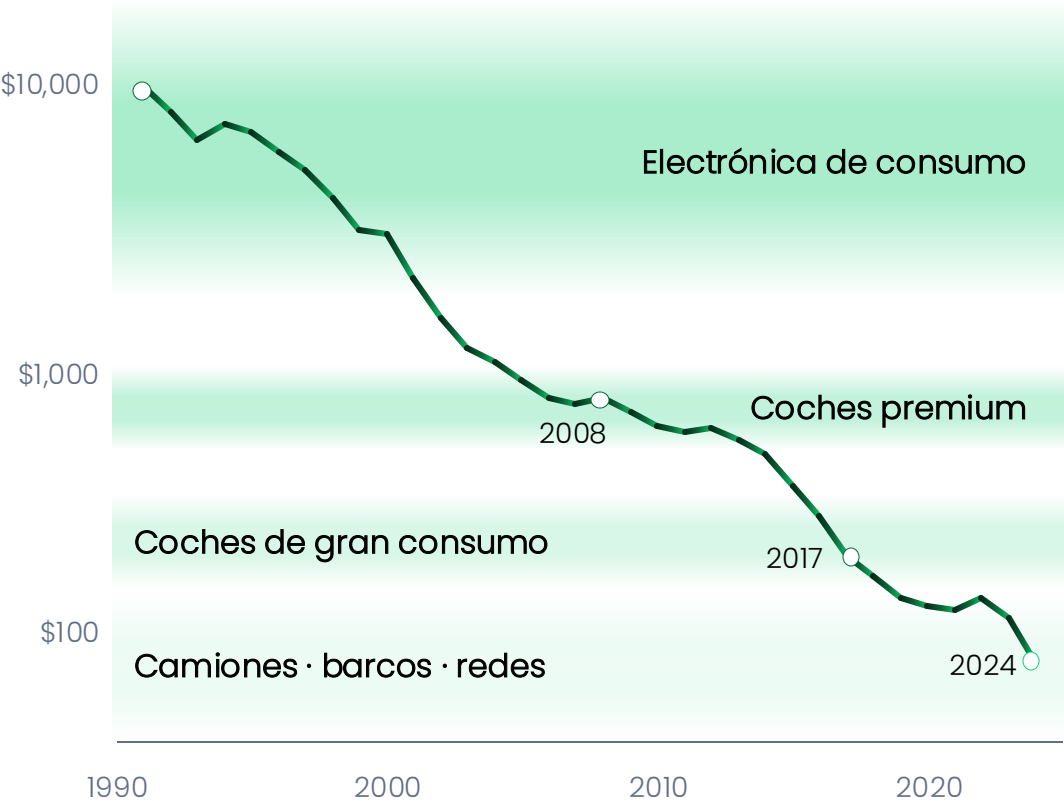
Usos de la IA por capacidad

Duración de una tarea humana de software igualada la mitad de las veces (METR)



Usos de las baterías por precio

Celda de iones de litio, US\$ constantes de 2024 por kWh

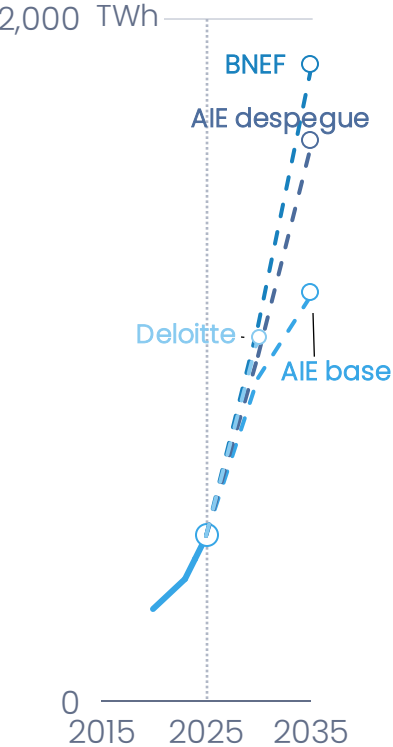


El rápido crecimiento continuará

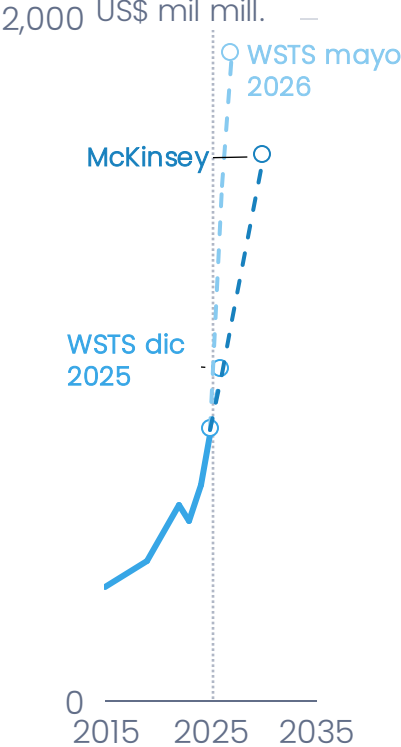
La pregunta se reduce a ser crecimiento rápido o *más rápido*

Infotecnología

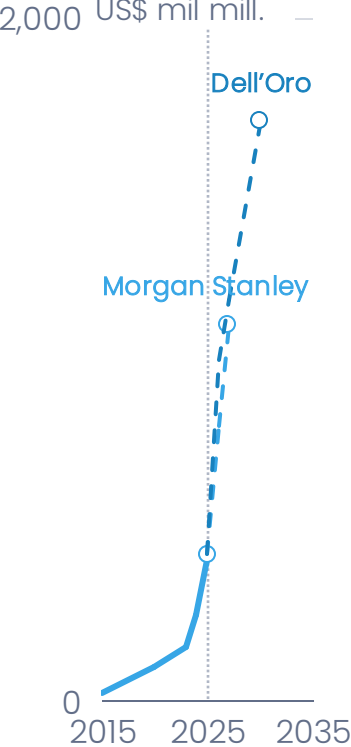
Demanda eléctrica de los centros de datos



Ventas de semiconductores

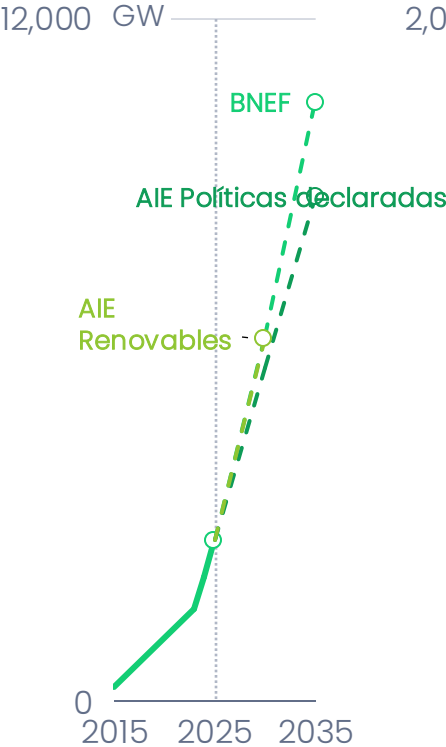


Capex de centros de datos



Electrotecnología

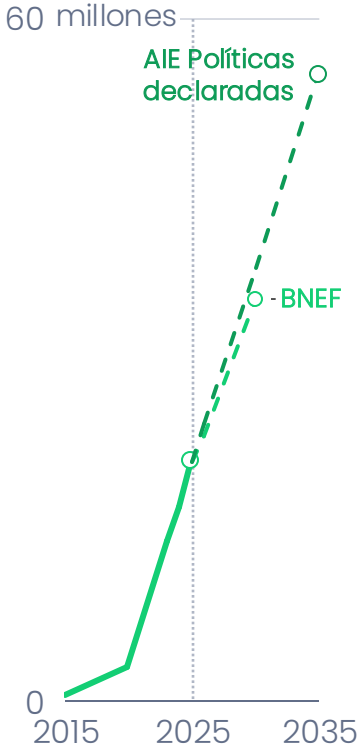
Parque solar instalado



Almacenamiento en baterías en la red



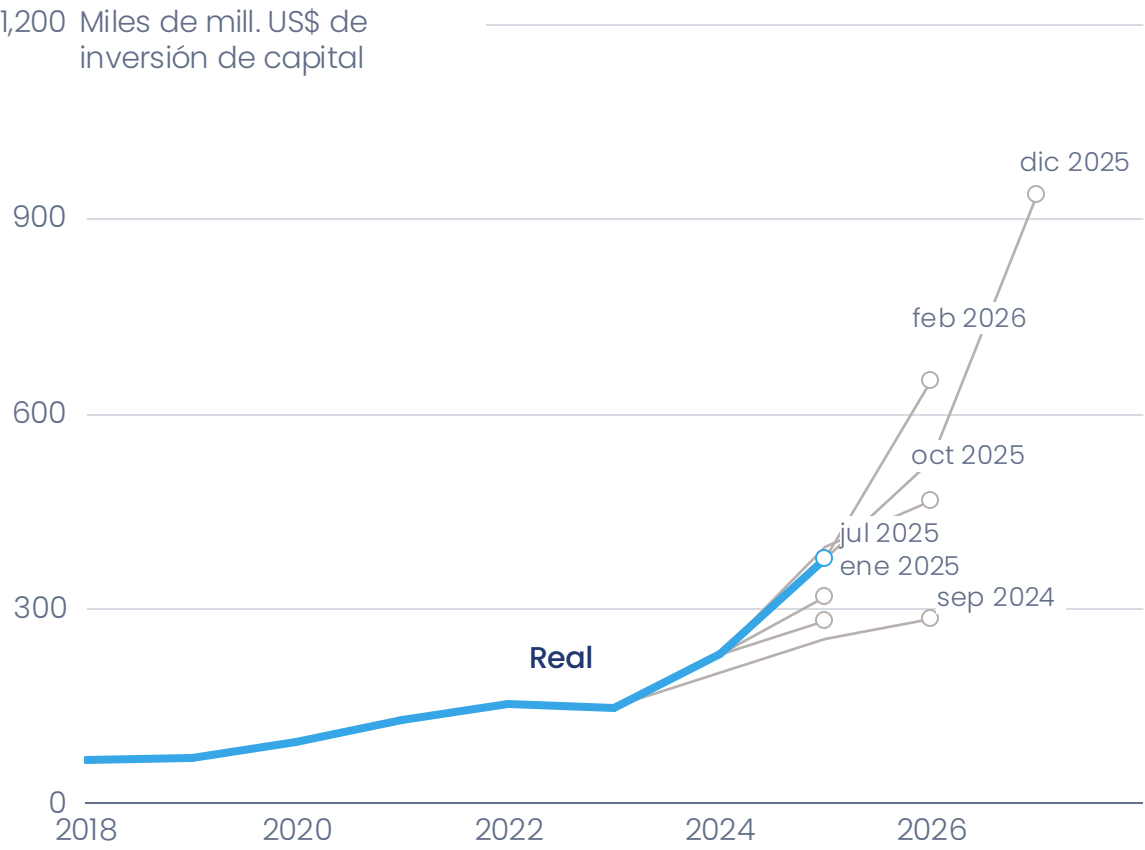
Coches eléctricos vendidos cada año



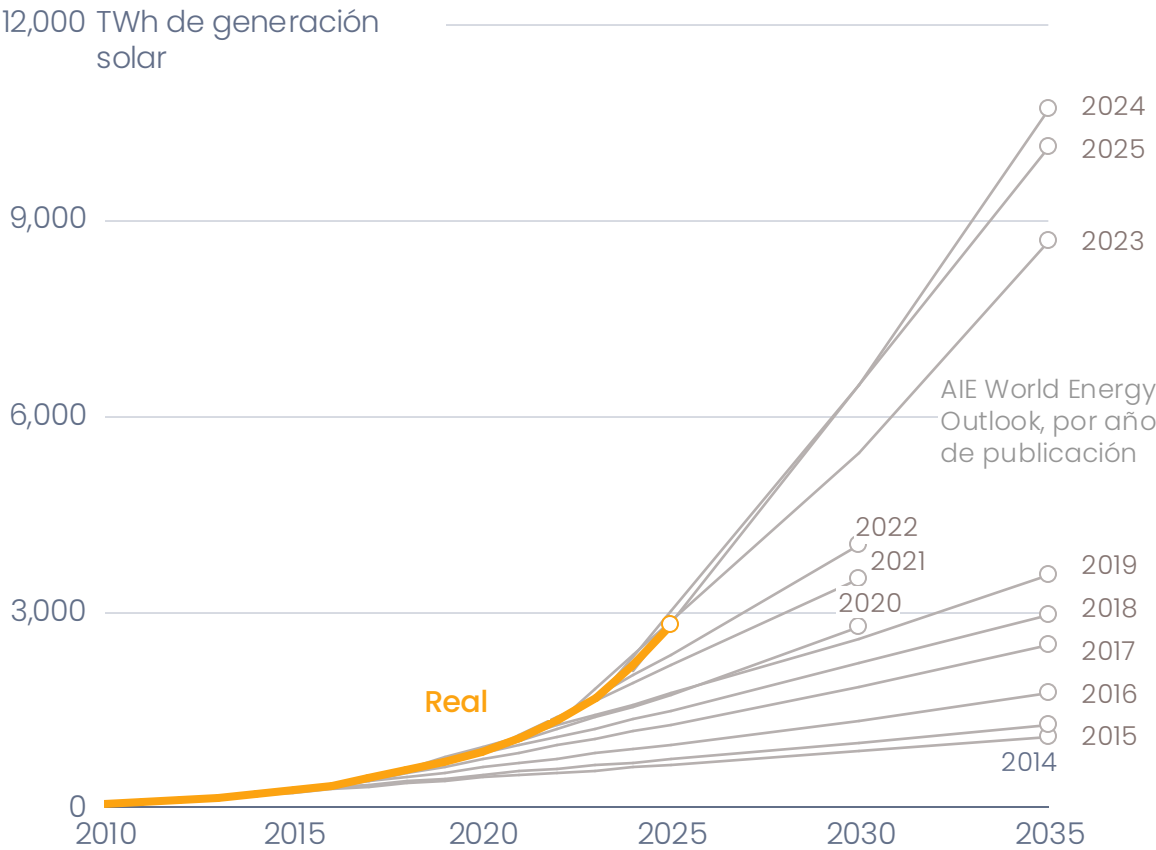
El cambio llegará más rápido de lo esperado

Los analistas han subestimado estructuralmente la velocidad del cambio

Capex en IA: pronósticos de analistas frente a la realidad



Generación solar: pronósticos de la AIE frente a la realidad

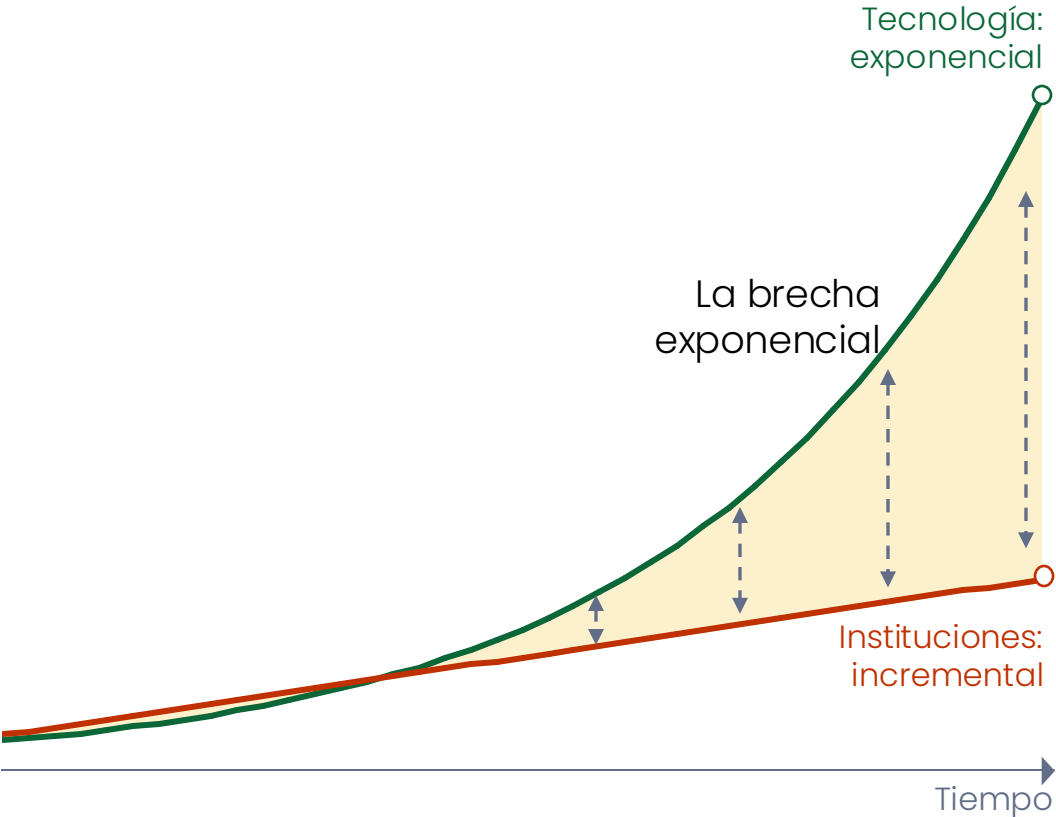


La brecha exponencial se ampliará

Las instituciones tendrán dificultades para seguir el ritmo del cambio; no todas lo lograrán

Tecnologías exponenciales frente a instituciones lineales

Cambio a lo largo del tiempo



Ejemplos donde la brecha ya aprieta

	La tecnología puede	Las instituciones siguen...
Conexiones flexibles	Aceptar interrupciones durante un puñado de horas pico	Planificando cada conexión como si necesitara potencia firme 24/7
Capacidad de red	Liberar mucha capacidad de los cables existentes con sensores y GET	Recurriendo por defecto a nuevas líneas con procesos de autorización que tardan años
Velocidad de conexión	Construir solar y baterías en meses	Tardando más de 5 años en conectarlas a la red
Flexibilidad distribuida	Coordinar millones de coches eléctricos, baterías y bombas de calor en tiempo real	Operando mercados diseñados en torno a un puñado de grandes centrales
Almacenamiento multiuso	Cambiar al instante entre consumo, generación y apoyo a la red	Encajando las baterías en categorías regulatorias pensadas para consumidores o para generadores
Electrificación	Entregar unas 3 veces más energía útil por cada unidad de energía	Gravando la electricidad más que los combustibles fósiles a los que sustituye

Altibajos locales, pero una ola clara a nivel global

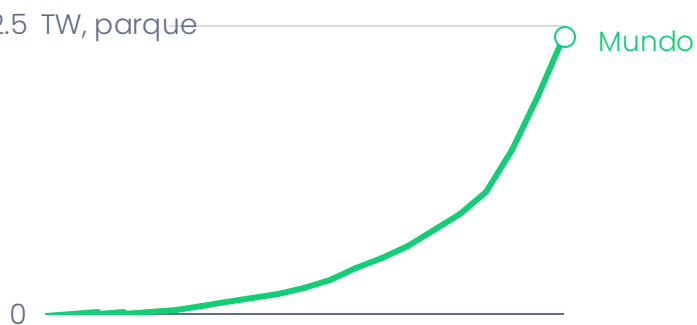
Los países afrontarán reveses y avances aunque el crecimiento mundial siga siendo constante

El mundo
aumenta
sin pausa

Solar fotovoltaica

capacidad instalada

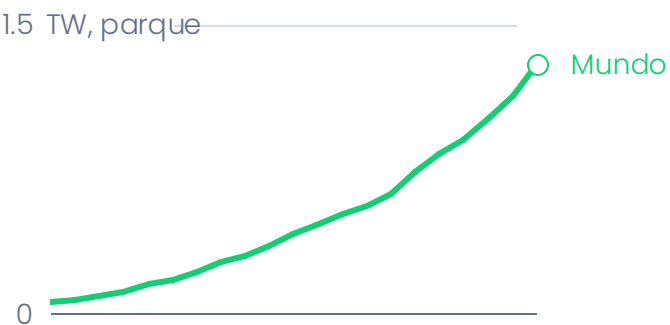
2.5 TW, parque



Eólica

capacidad instalada

1.5 TW, parque



Coches eléctricos

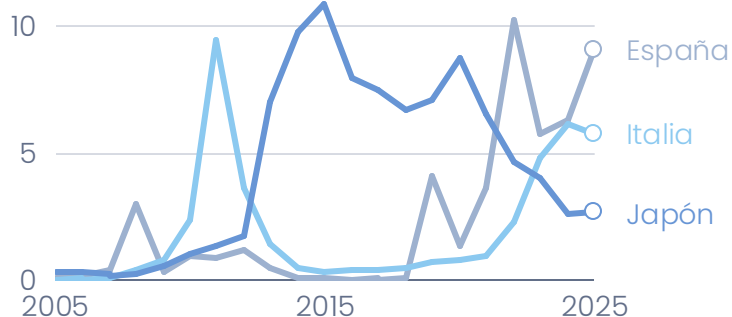
Porcentaje de las ventas de coches nuevos

25 % de ventas de coches nuevos que son VE

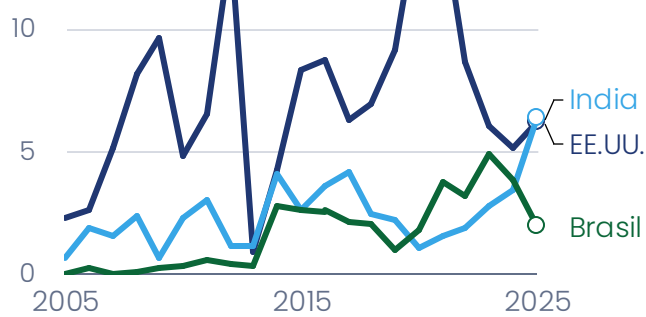


Los
países
pueden
vivir
altibajos

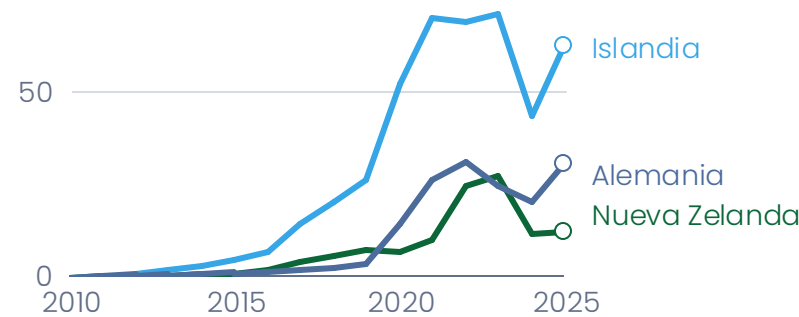
15 GW, adiciones anuales



15 GW, adiciones anuales



100 % de ventas de coches nuevos que son VE



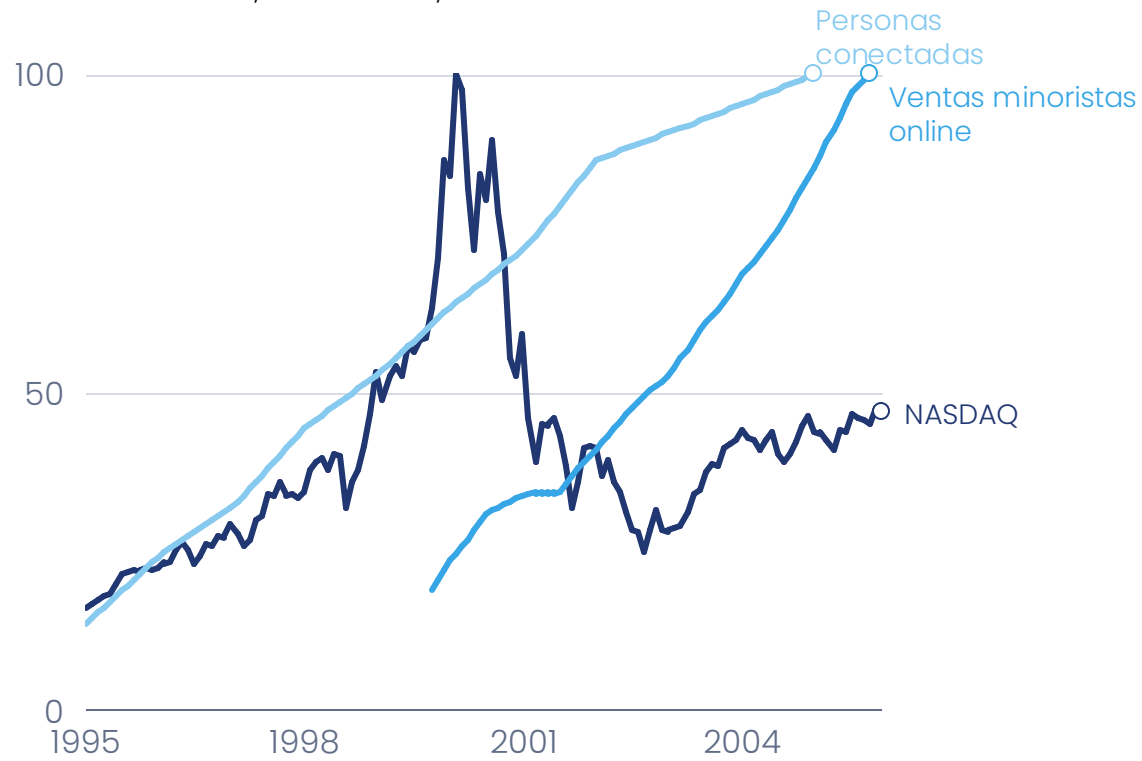
Las burbujas se forman y estallan en transiciones rápidas

Pero las tecnologías superiores tienden a seguir creciendo de cualquier manera

Dos revoluciones, dos burbujas, dos tendencias tecnológicas que continúan

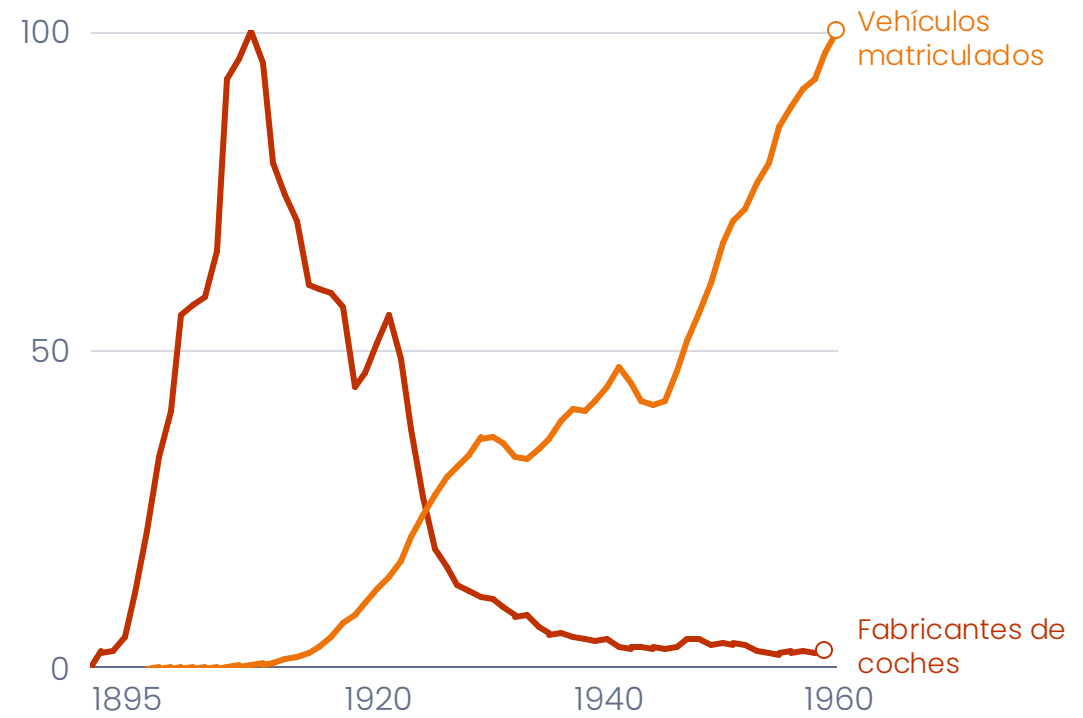
La burbuja de las puntocom

Estados Unidos, 1995–2005, 100 = máximo



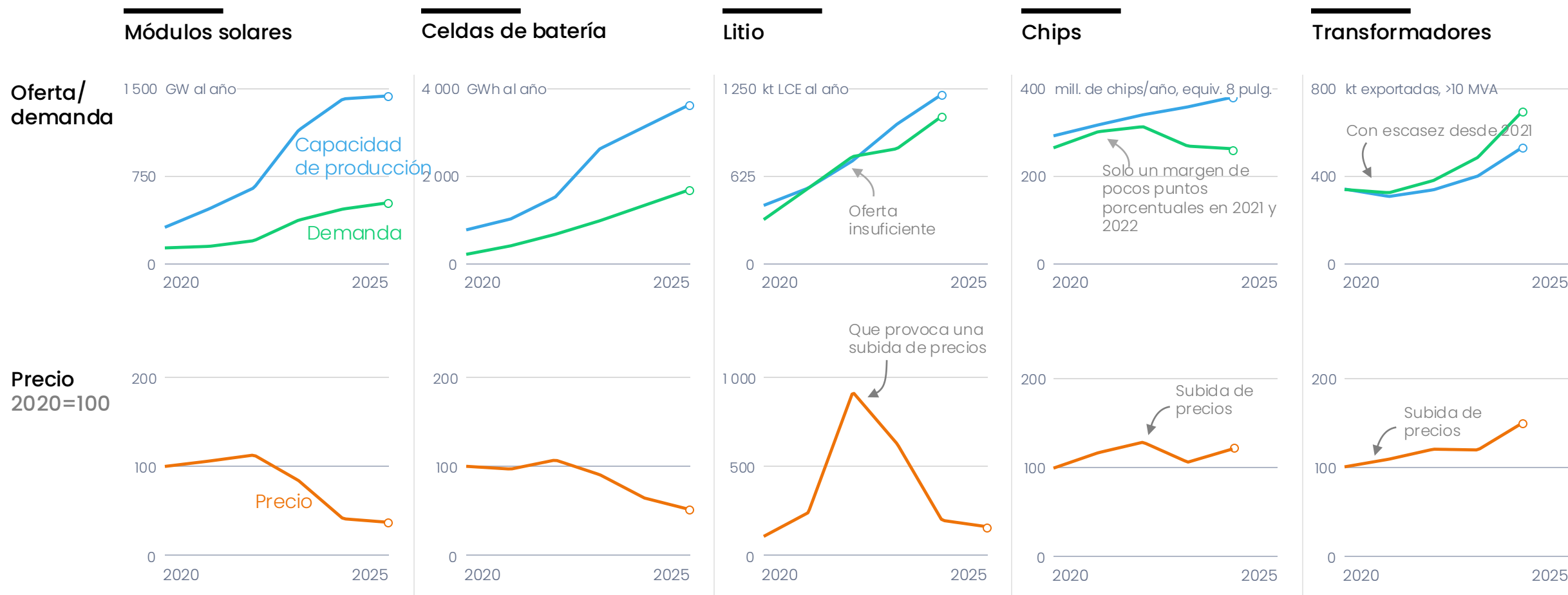
La criba del automóvil

Estados Unidos, 1895–1960, 100 = máximo



Los cuellos de botella son inevitables, pero transitorios

Los precios se disparan en los eslabones de la cadena de suministro que no se anticipan al salto de la demanda



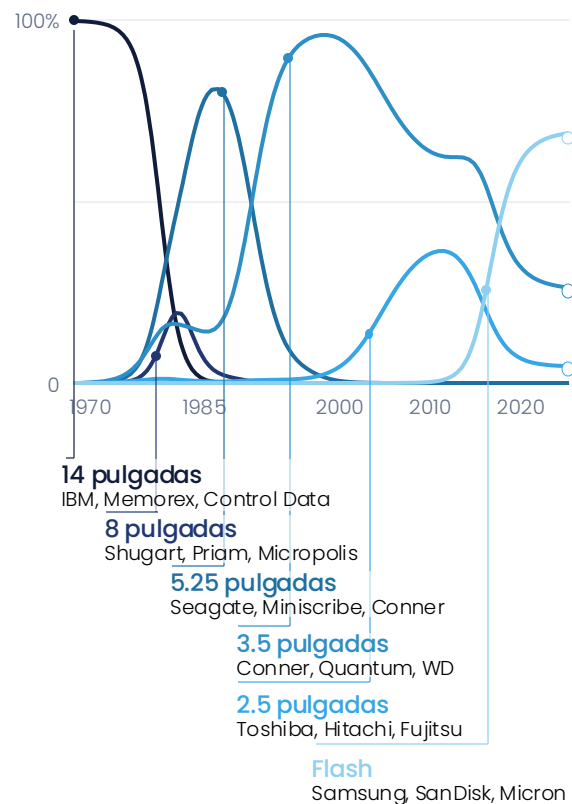
Las revoluciones también devoran a sus hijos

Cada generación la ganan empresas nuevas: los gigantes de hoy siempre pueden ser las quiebras de mañana

Infotecnología

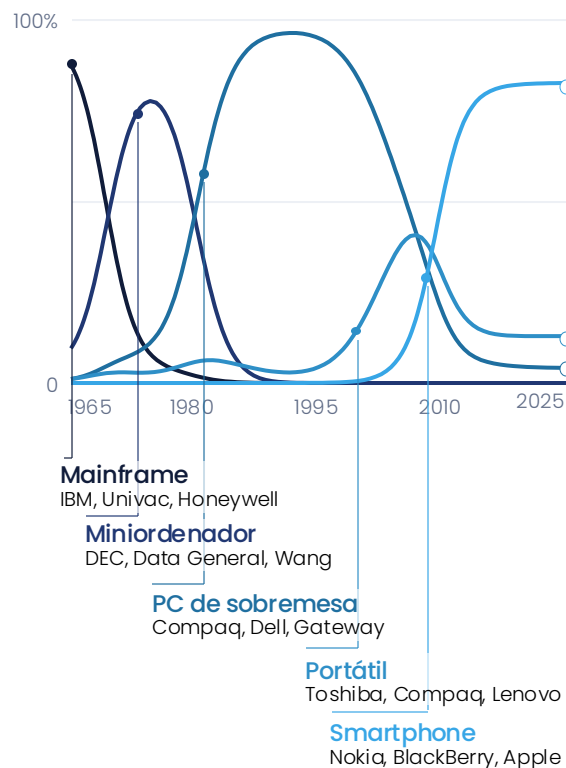
Discos duros

por formato · % de unidades enviadas



Ordenadores

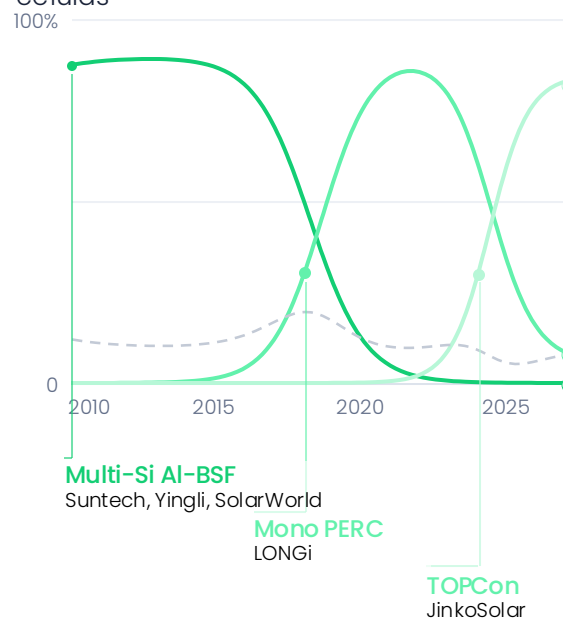
por categoría · % de unidades enviadas



Electrotecnología

Células solares

por arquitectura · % de la producción de células



Celdas de iones de litio

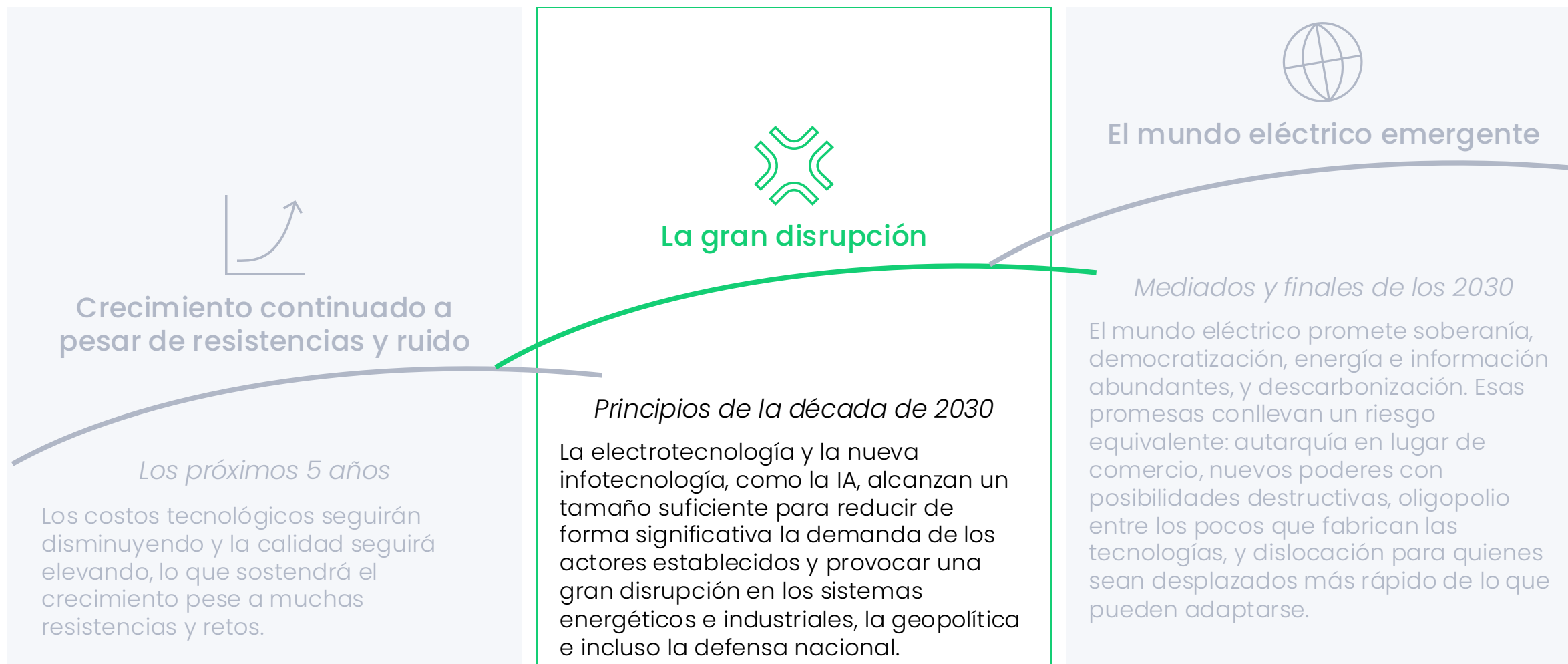
por química · % de celdas fabricadas



INDICATIVO

Lo que está por venir

Las implicaciones de las dos revoluciones en tres horizontes temporales

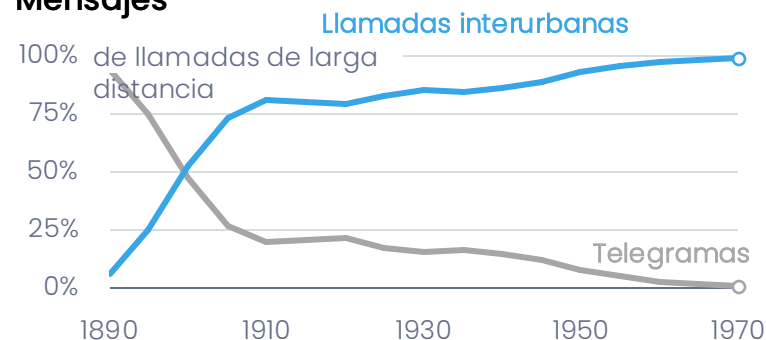


Adiós a lo viejo, bienvenido lo nuevo

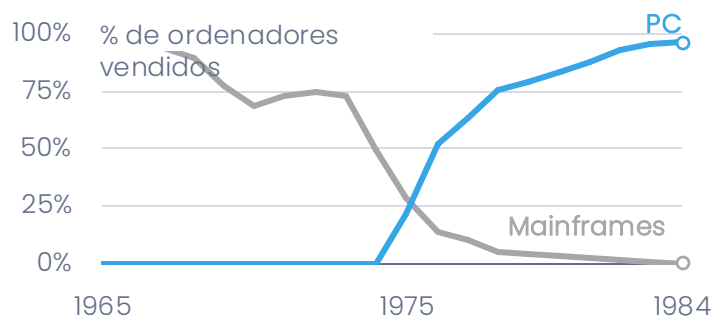
A lo largo de la historia, cuando lo nuevo deja obsoleto a lo viejo, lo viejo puede perder cuota de mercado rápidamente

Información

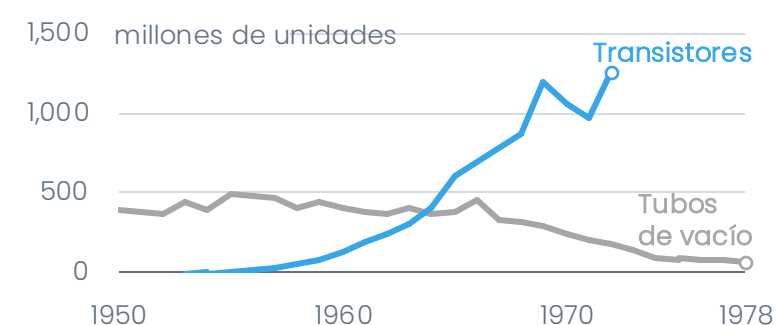
Mensajes



Ordenadores

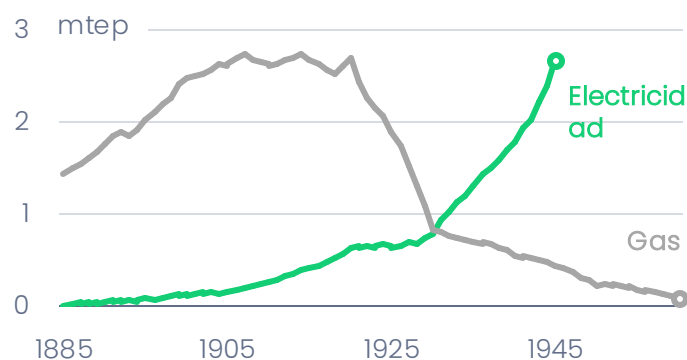


Electrónica

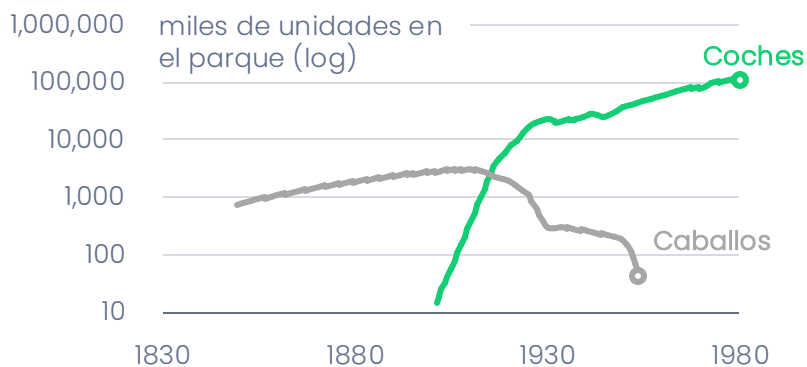


Energía

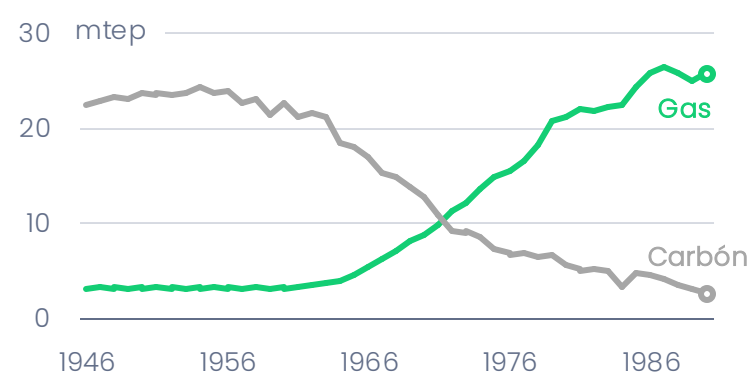
Iluminación: del gas a la electricidad



Transporte terrestre: del caballo al coche

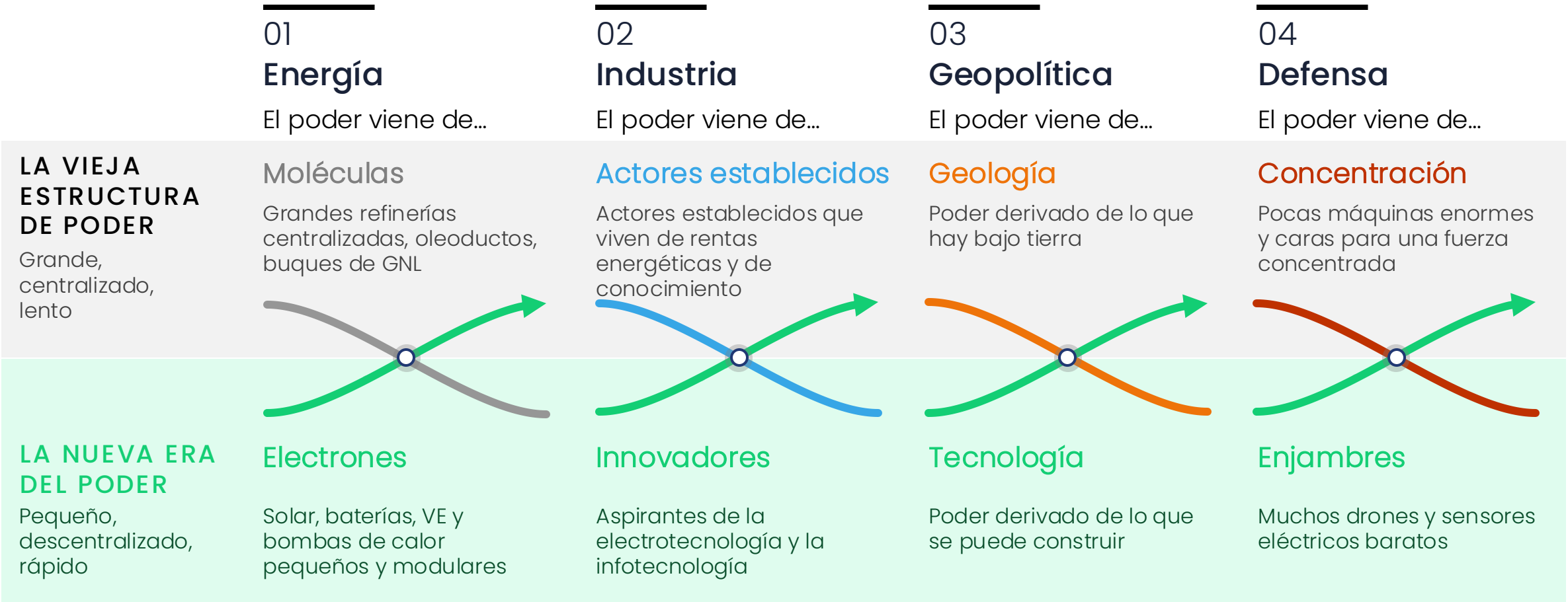


Calefacción: del carbón al gas



Cuatro disrupciones remodelarán el poder mundial

El viejo orden del poder lento y centralizado se ve desplazado por tecnologías pequeñas, rápidas y descentralizadas



El declive fósil ha empezado a asentarse en todo el mundo

A medida que escala la electrotecnología, la demanda de combustibles fósiles ha tocado techo en gran parte del mundo

Cuotas fósiles regionales, desde 1990

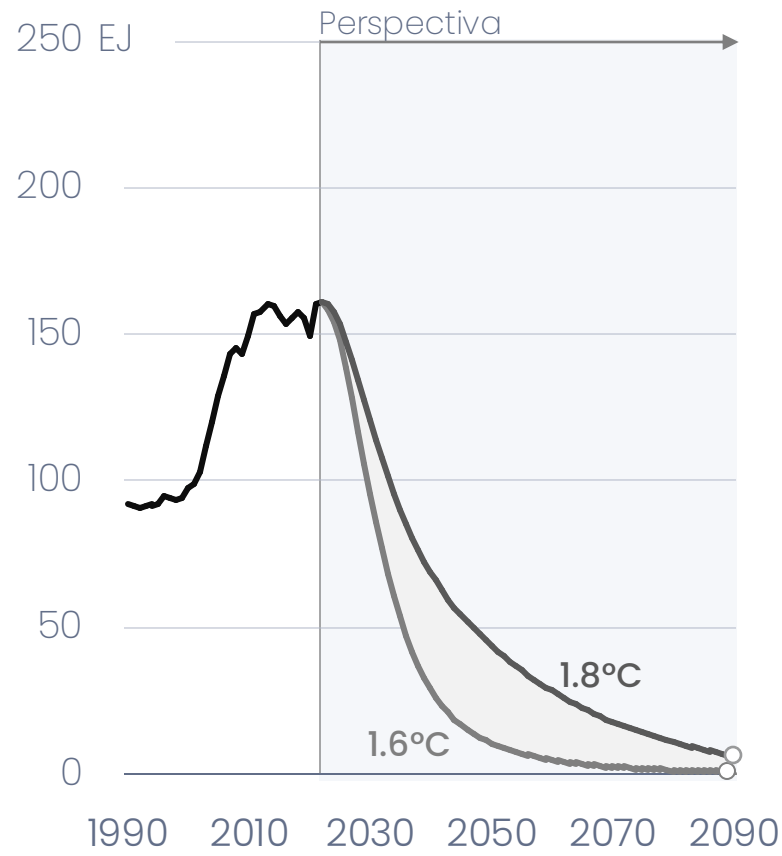


Fuentes: Ember; AIE; análisis de Ember. • Nota: la energía final excluye el uso no energético. Los máximos mundiales se suman por país, medidos por demanda total de electricidad y de energía final respectivamente. "Otros desarrollados" incluye Australia, Japón, Nueva Zelanda, Singapur y Corea del Sur.

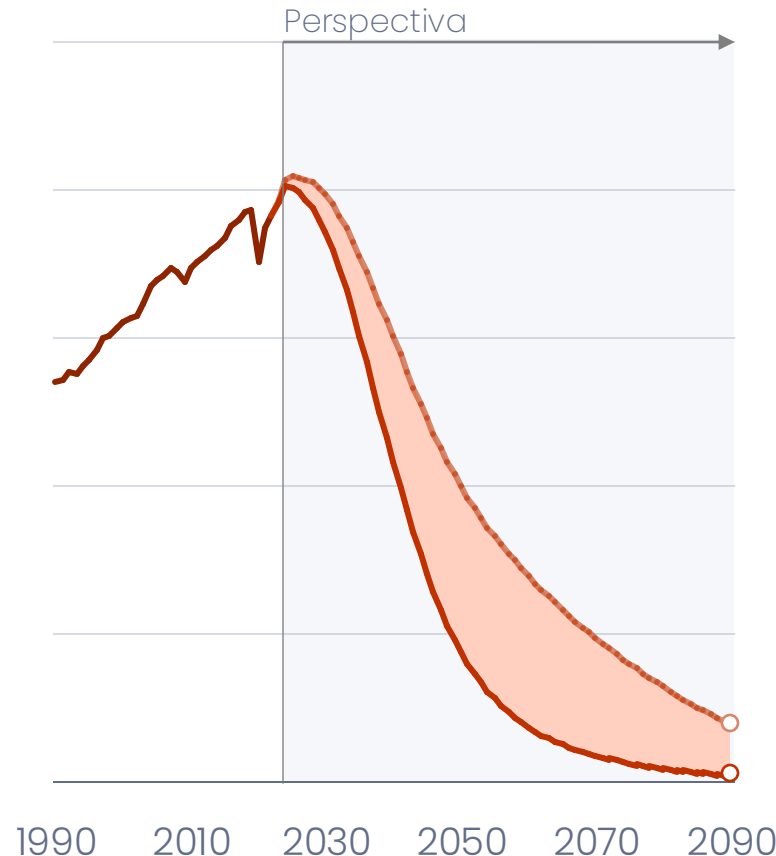
La electrotecnología crece y los fósiles declinan

Los fósiles declinarán claramente hacia 2030

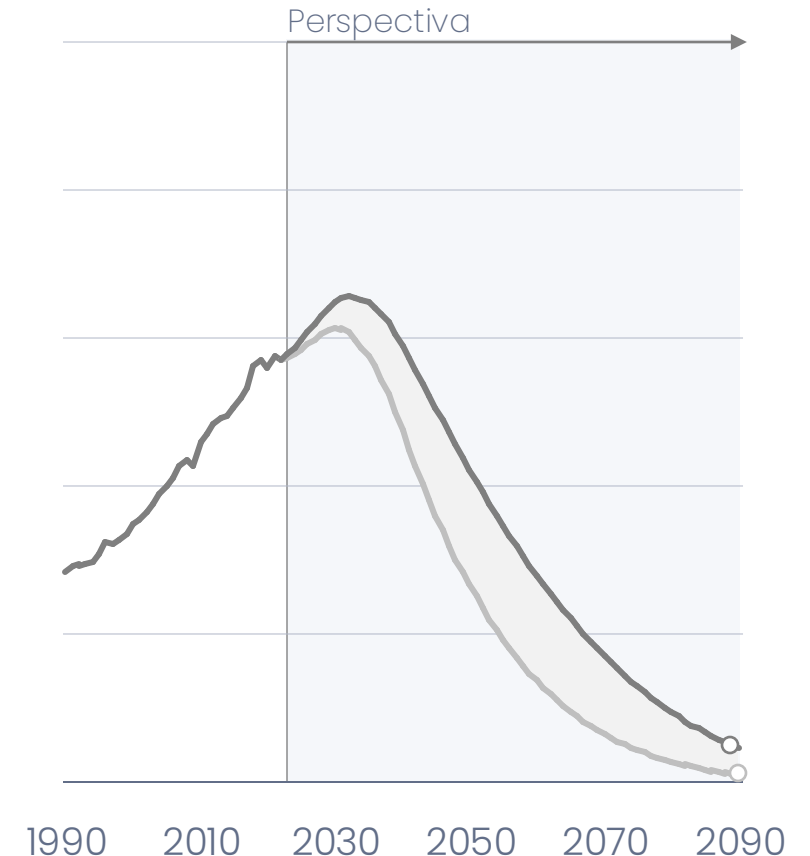
Demanda mundial de carbón



Demanda mundial de petróleo



Demanda mundial de gas

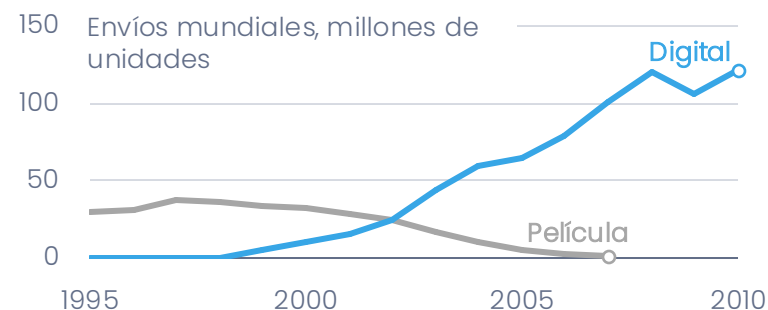


La innovación ya desplaza a los actores establecidos

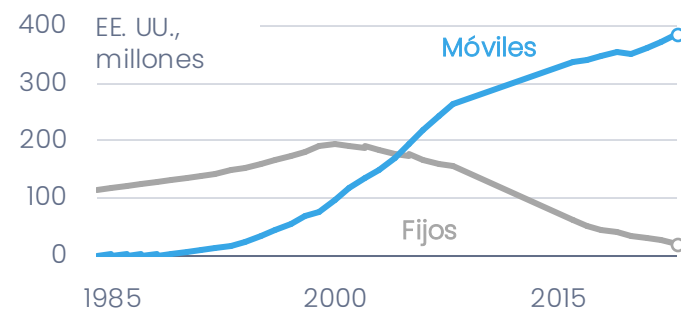
Como ocurrió con las cámaras digitales y los móviles, ahora con la IA y la electrotecnología

Información

Cámaras



Teléfonos

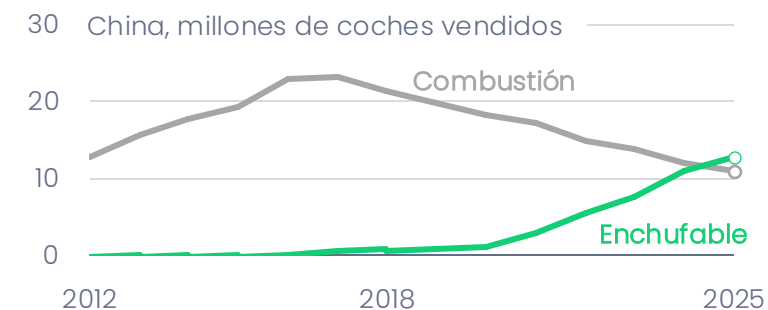


Preguntas y respuestas de programación

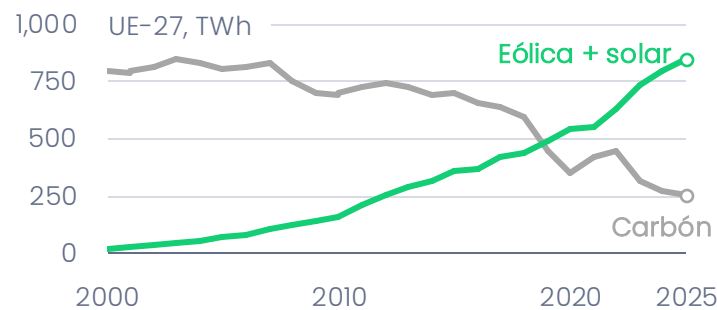


Energía

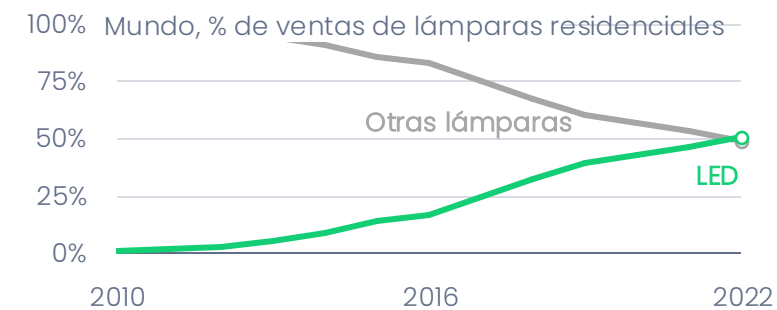
Coches



Electricidad



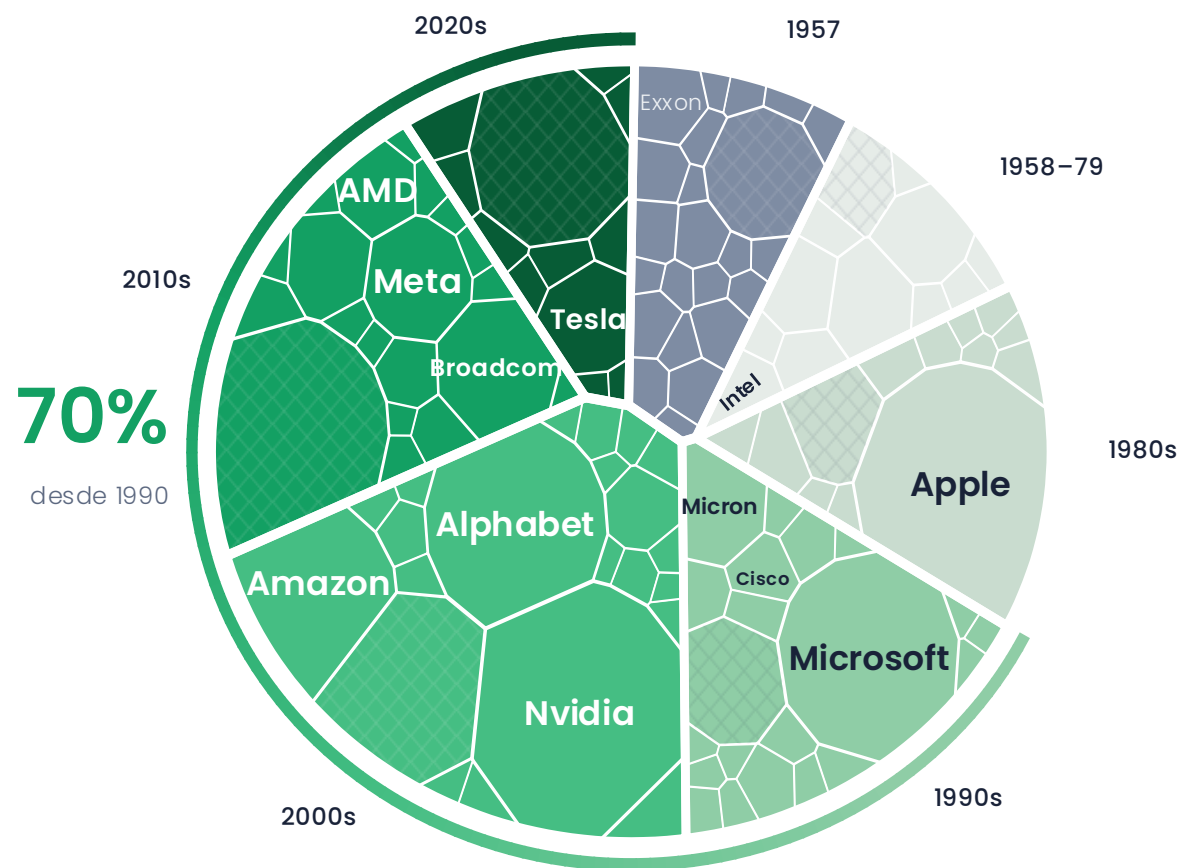
Iluminación



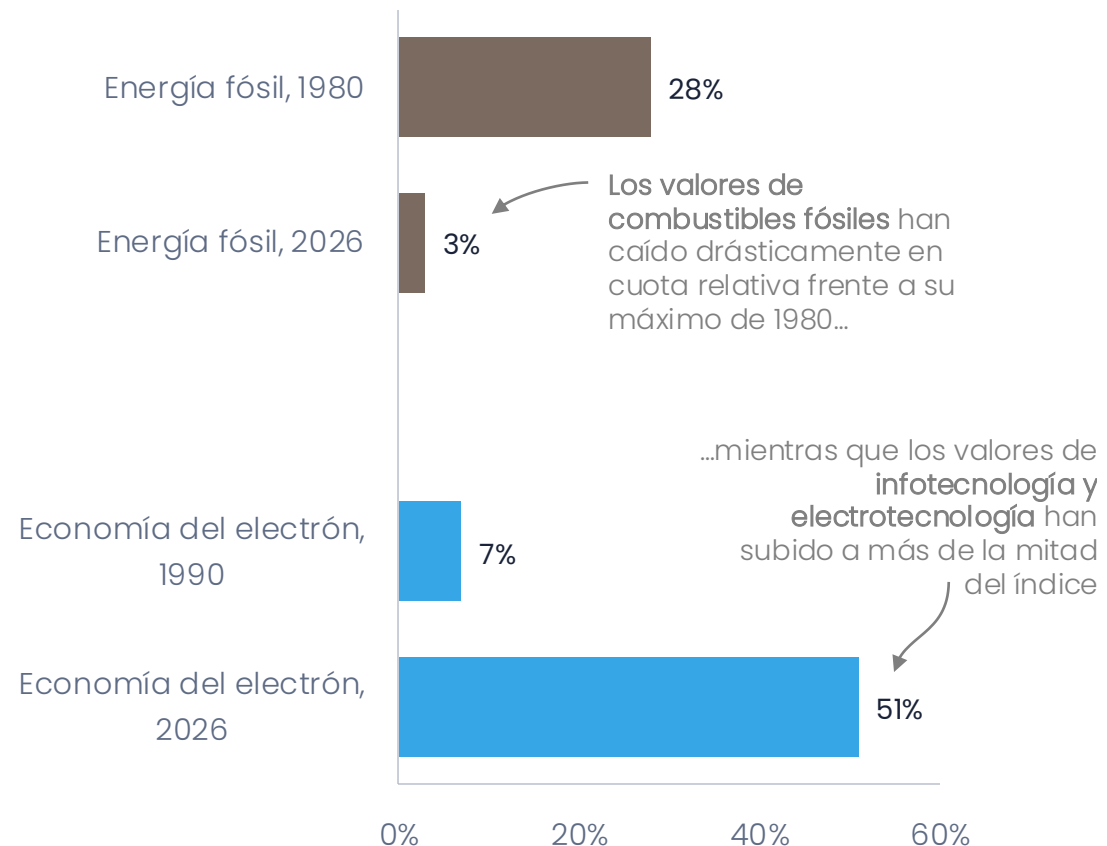
Las revoluciones tecnológicas aumentan el valor total disponible

El S&P 500 ya está compuesto en su mayoría por empresas de infotecnología y electrotecnología; esto solo se acelerará

Cuota del S&P 500 por momento de entrada



Cuota del valor de mercado del índice



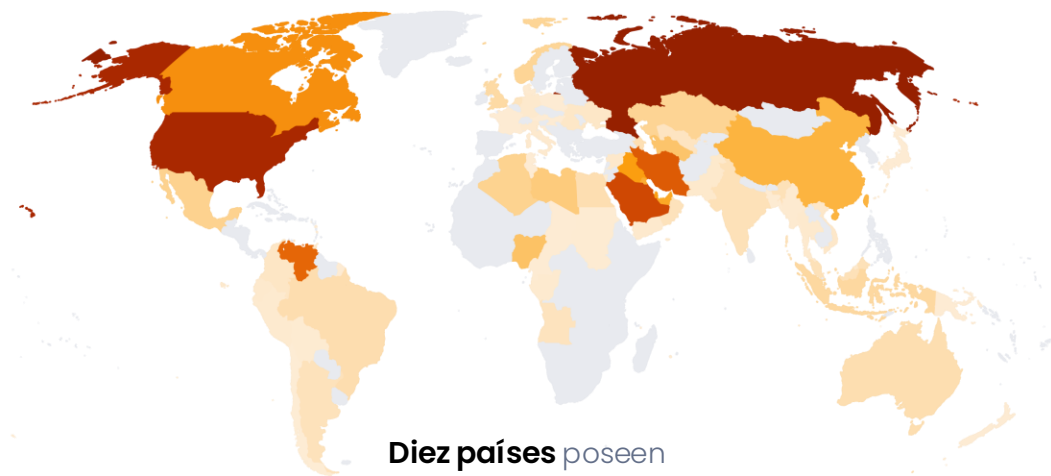
Fuentes: S&P 500; Wikipedia; CME Group; análisis de Ember. Las celdas son empresas, dimensionadas por su peso en el índice; las 384 más pequeñas se agrupan por cohorte, como muestran las cuadrículas. Economía del electrón = el sector de tecnología de la información del GICS más Alphabet, Amazon, Meta y Tesla; energía fósil = el sector energético del GICS.

La electrotecnología frenará el poder de los petroestados

Diez países poseen tres cuartas partes del petróleo y el gas, pero casi todos los países tienen sol y viento suficientes

La geología concentra el poder

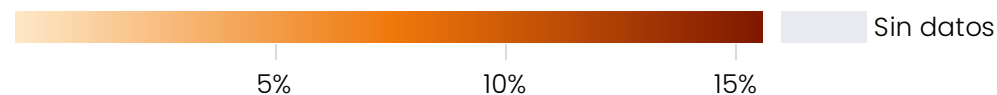
Petróleo y gas extraídos hasta la fecha y reservas probadas, % del mundo



Diez países poseen

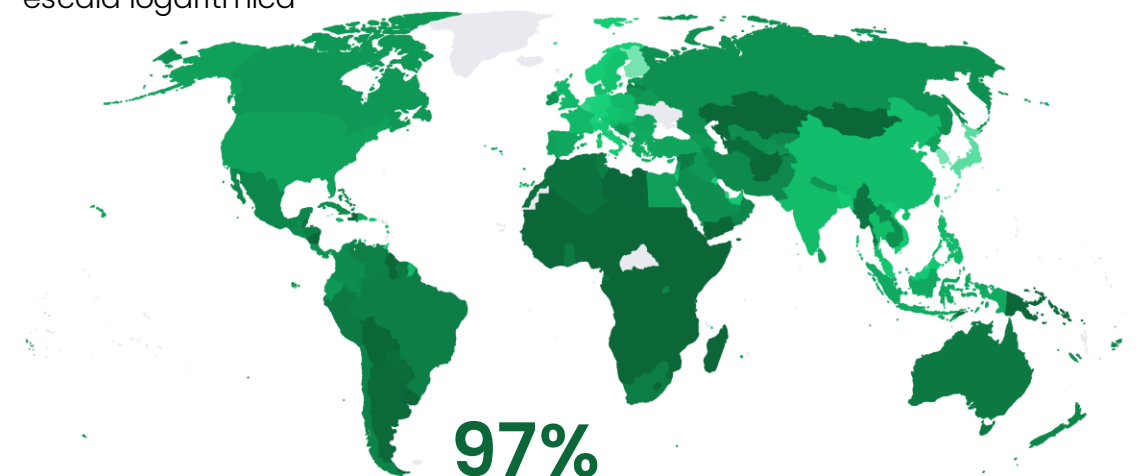
73%

de todo el petróleo y el gas descubiertos



La electrotecnología lo reparte

Potencial eólico y solar nacional como múltiplo de la demanda eléctrica, escala logarítmica



97%

de la población mundial

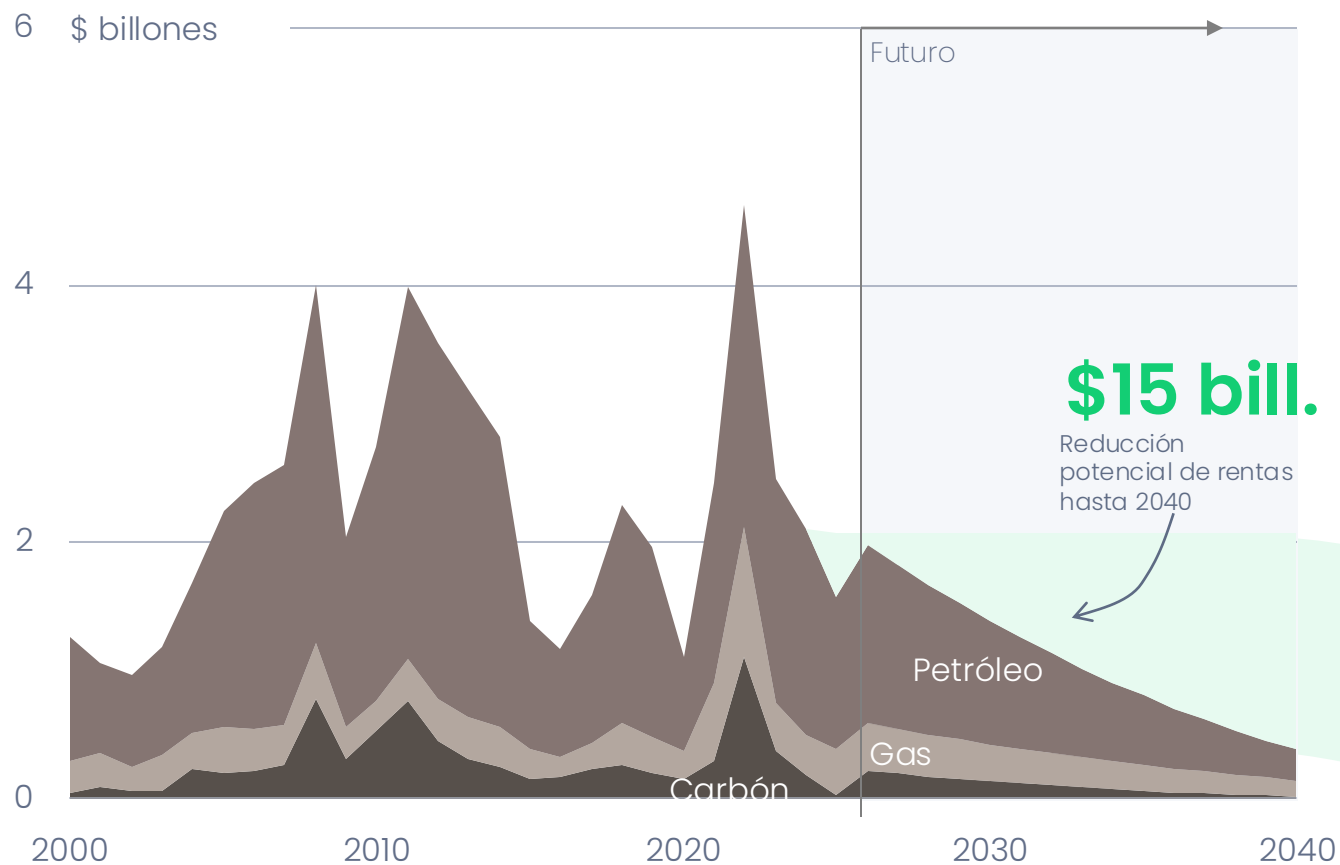
vive en un país con un potencial solar y eólico de más de diez veces su actual demanda eléctrica



Las rentas fósiles se redistribuirán

Hasta 15 billones de dólares pueden pasar de productores a consumidores en 2040

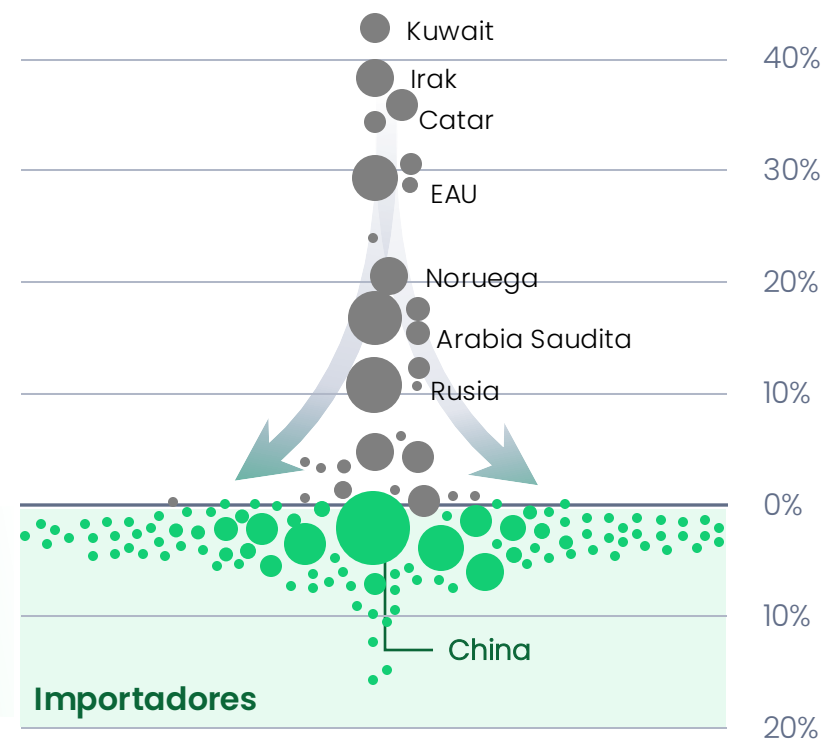
Rentas fósiles mundiales



Exportadores e importadores actuales

Comercio fósil neto, % del PIB, 2024;
área del marcador = miles de mill. \$

Exportadores

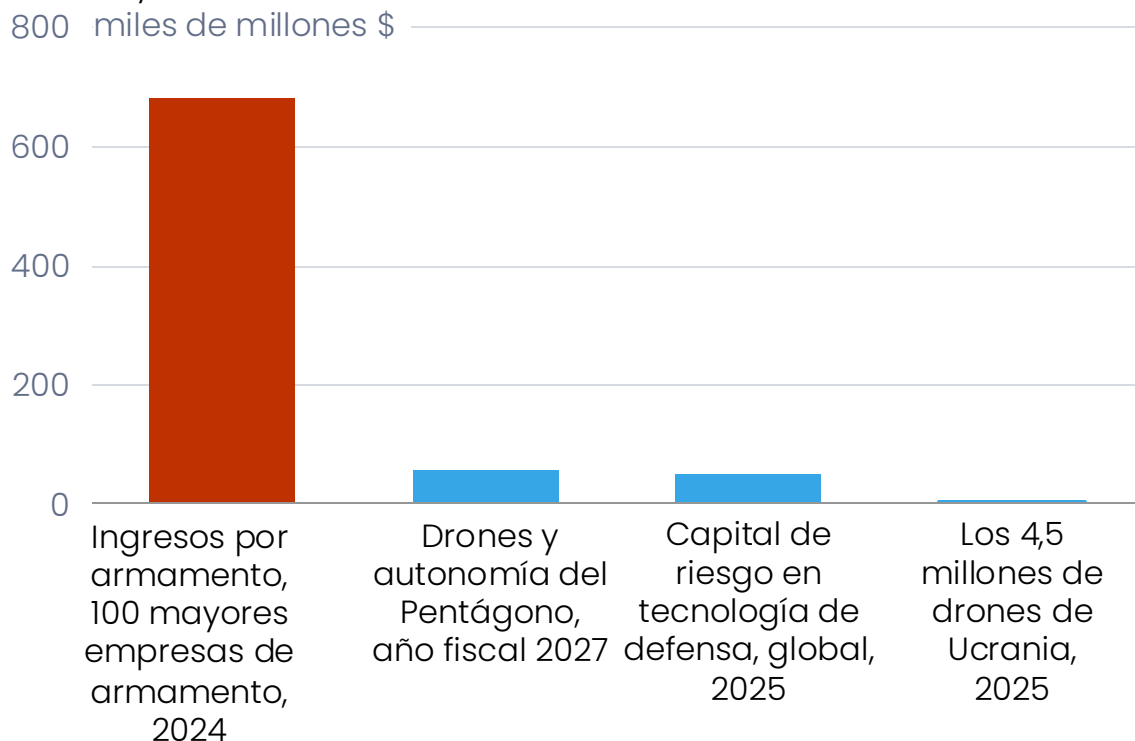


Los próximos activos varados son activos de defensa

Los equipos grandes y caros pierden frente a tecnología de defensa eléctrica y barata

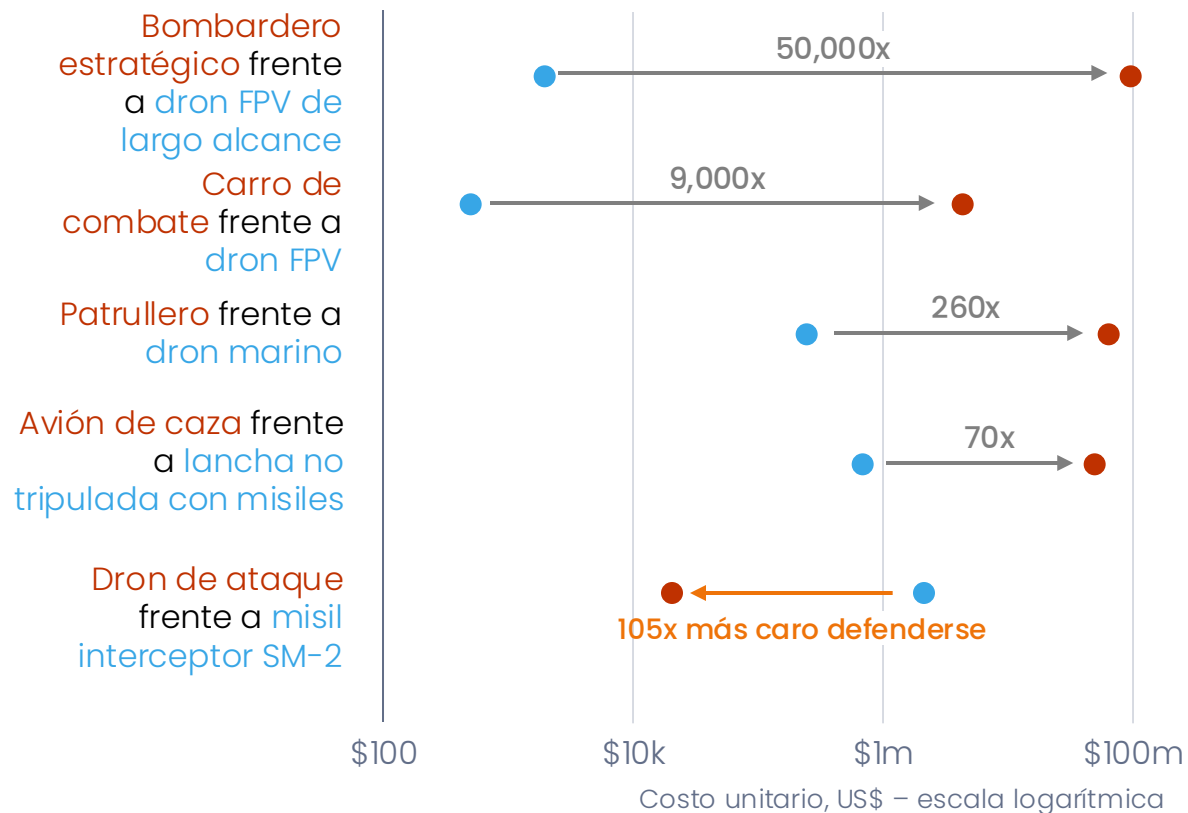
El dinero de la defensa: la vieja guardia empequeñece a los aspirantes

Ingresos anuales de la industria armamentística frente al gasto en drones y autonomía



Guerra asimétrica: drones baratos, objetivos caros

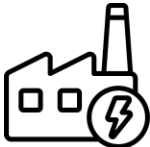
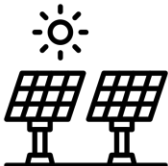
El costo del **objetivo** frente al **equipo atacante**



Fuentes: SIPRI; solicitud presupuestaria del Pentágono; PitchBook; OTAN; SBU; Militaryny; USNI; Inteligencia de Defensa ucraniana; Armada de EE. UU.; CSIS; análisis de Ember • Nota: los ratios son indicativos, extraídos de costos unitarios publicados e informes de incidentes de fuentes abiertas.

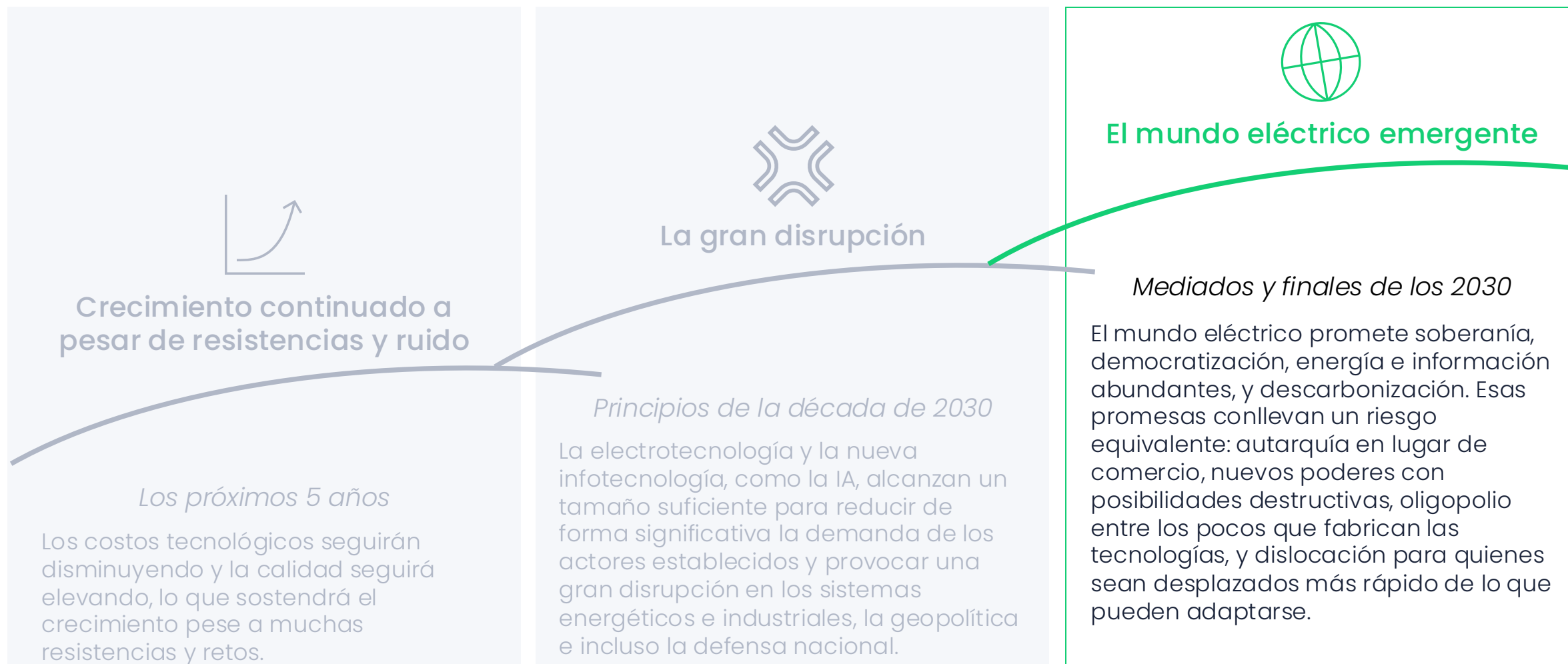
DERfensa

Los recursos energéticos distribuidos (DER, por sus siglas en inglés) hacen la infraestructura energética menos vulnerable ante la guerra moderna

		Costo	Energía suministrada al año	Tiempo de reparación tras un ataque grave
 1 dron de ataque bien dirigido de \$500-\$5k puede dejar fuera de servicio...	 1 refinería	\$7 mil mill.	150 TWh/año	6-18 meses
	 1 central de gas, 600 MW	\$600 mill.	3 TWh/año	12-36 meses
	 1 planta solar, 20 MW	\$30 mill.	42 GWh/año	1-6 meses
	 1 instalación solar DER	\$5k	5 MWh/año	<1 mes

Lo que está por venir

Las implicaciones de las dos revoluciones en tres horizontes temporales



Las cuatro promesas de la infotecnología y la electrotecnología

01

Soberanía

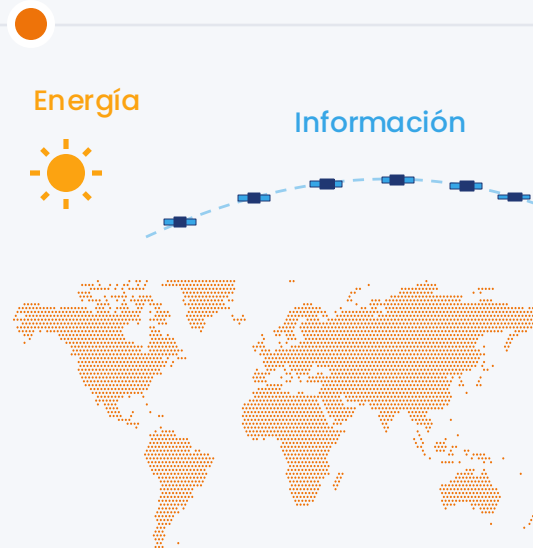
Sistemas de información y energía gestionados en el propio país



02

Democratización

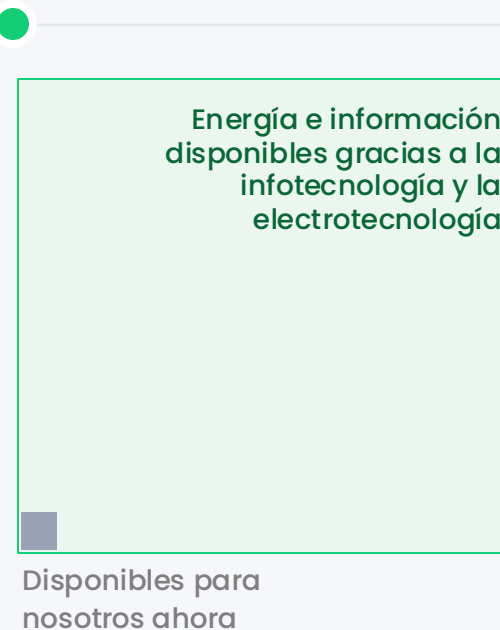
Energía en tu tejado, inteligencia en tu bolsillo



03

Abundancia

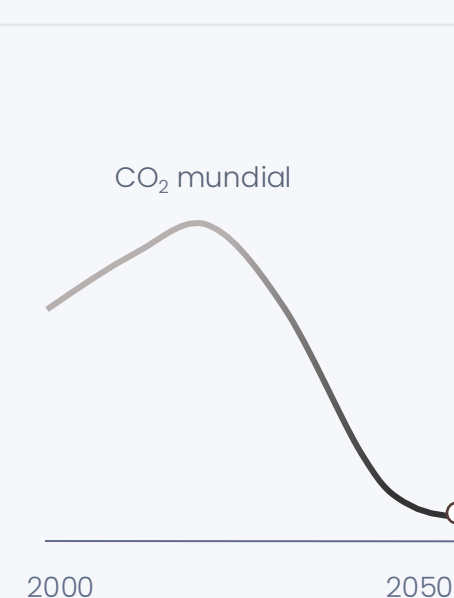
Acceso a órdenes de magnitud más de energía e información



04

Descarbonización

Caída rápida de las emisiones mundiales y un clima estable

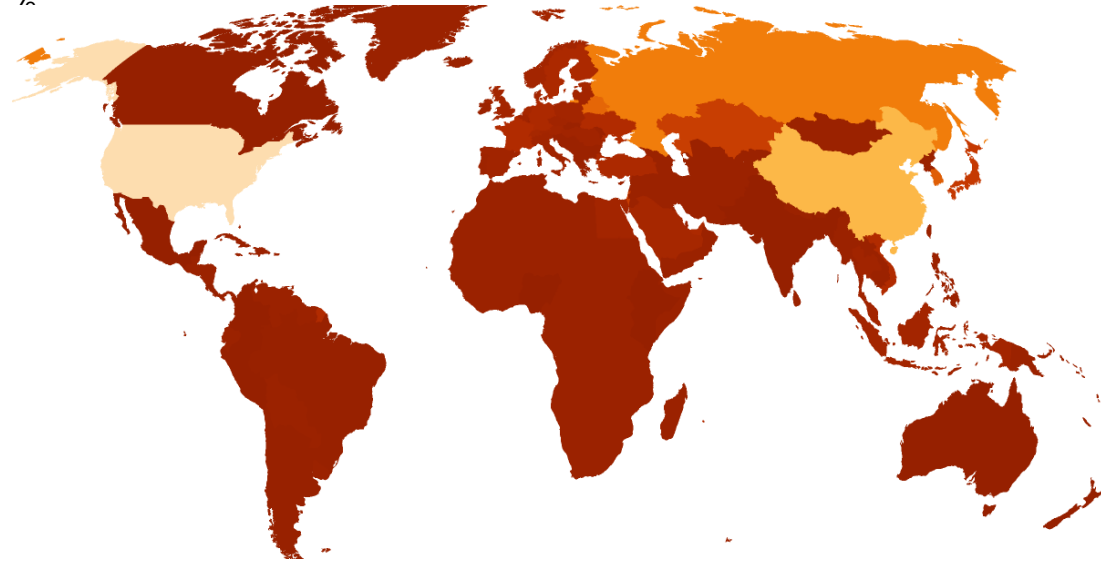


Vivimos en un mundo de dependencia centralizada

Buena parte del mundo funciona con nubes extranjeras y energía importada; la soberanía en ambas es difícil de alcanzar

Dependencia de nubes extranjeras

Infraestructura en la nube operada por proveedores extranjeros, %



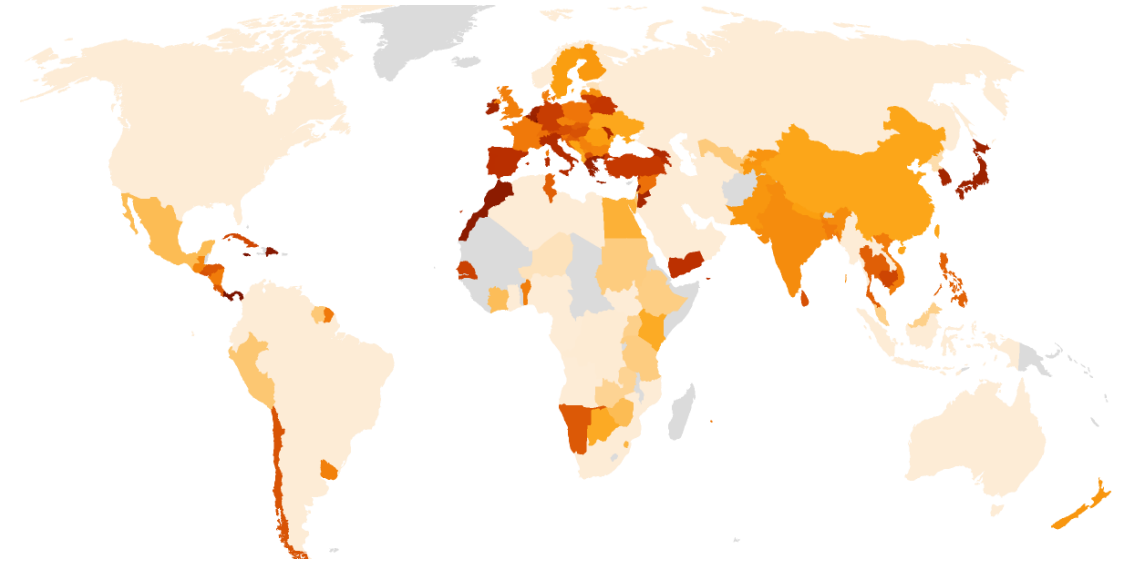
78% de la población mundial vive en países que dependen en más de un 20% de nubes extranjeras

Dependencia, %

0	25	50	75	100	sin datos
---	----	----	----	-----	-----------

Dependencia de importaciones energéticas

Importaciones netas de energía, % del suministro energético total



71% de la población mundial vive en países importadores netos de energía

La IA reduce la barrera para construir software soberano

Una IA potente debilita los monopolios de software, y la IA de pesos abiertos debilita los monopolios de IA.

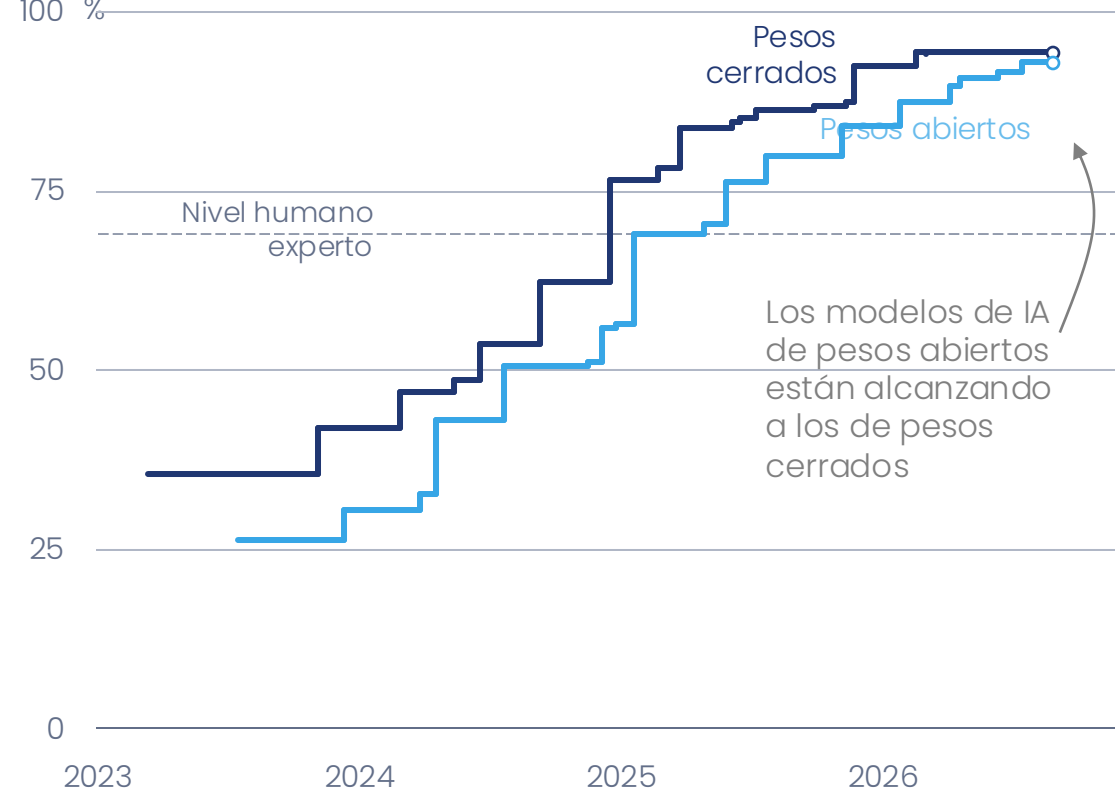
Duración de la tarea de software que la IA completa sin ayuda

Tiempo de trabajo humano por tarea, tasa de éxito del 50%, escala logarítmica



Capacidad del modelo de IA

% de preguntas científicas de nivel experto respondidas correctamente



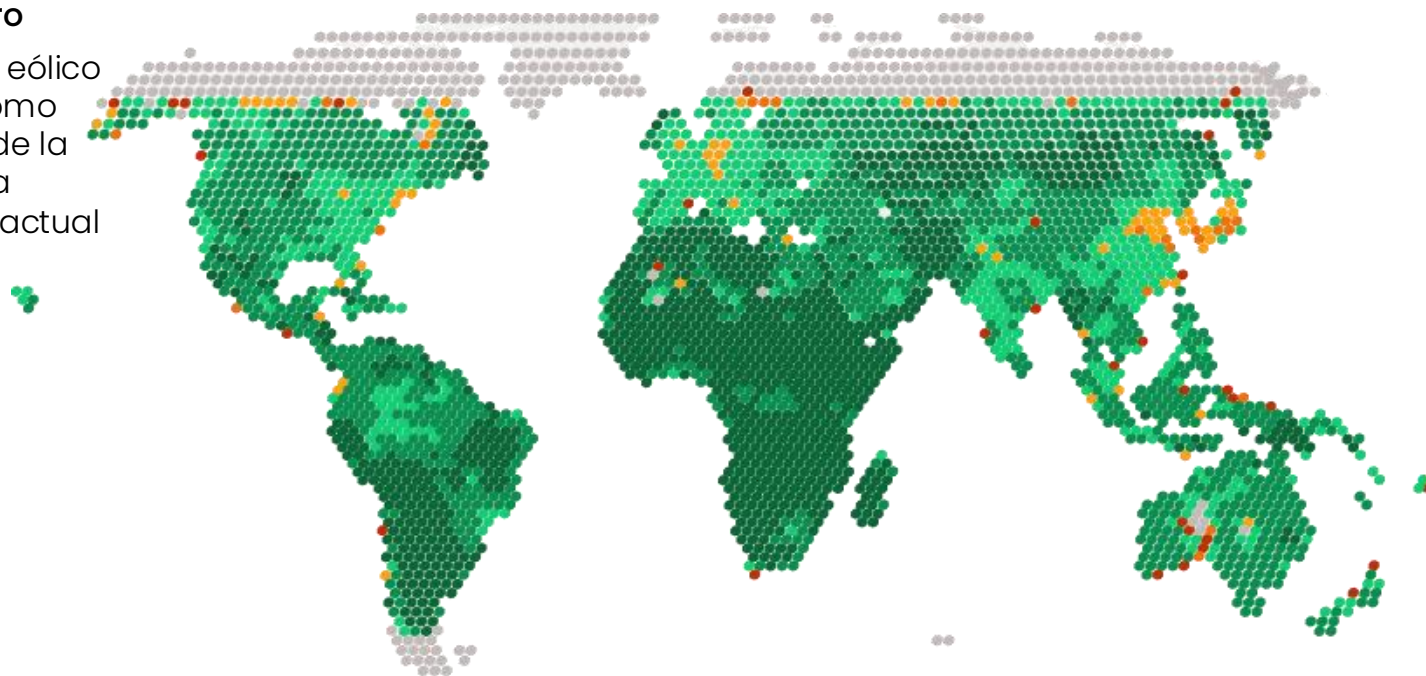
Cada región del mundo puede ser independiente en energía

La energía renovable nacional es abundante y casi toda la economía puede usarla

Renovables como múltiplo de la demanda eléctrica

Suministro

Potencial eólico y solar como múltiplo de la demanda eléctrica actual

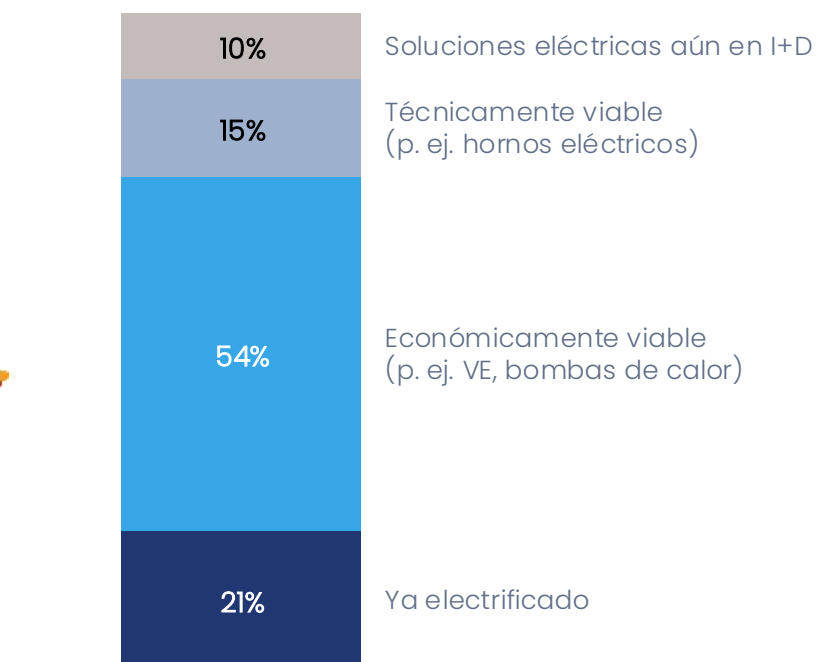


Múltiplo

■ <1x ■ 1-3x ■ 3-10x ■ 10-100x ■ 100-1000x ■ >1000x ■ Sin datos

Demanda

Porcentaje de la energía final mundial, 2025

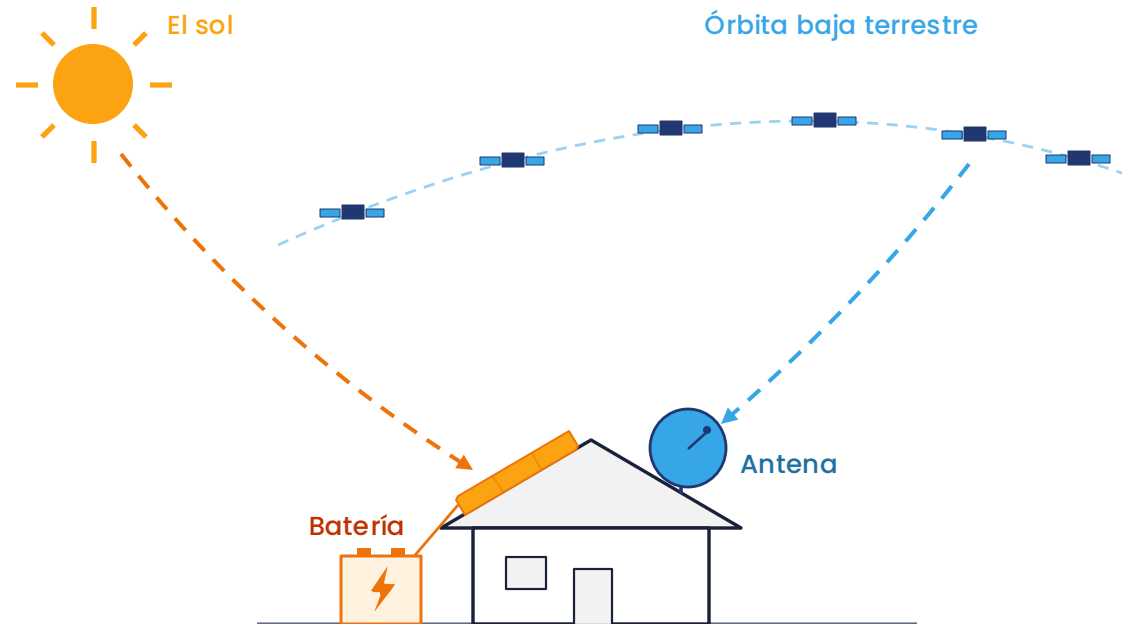


La energía y la información se volverán ubicuas

Electricidad del sol y datos desde la órbita

Ambas caen del cielo

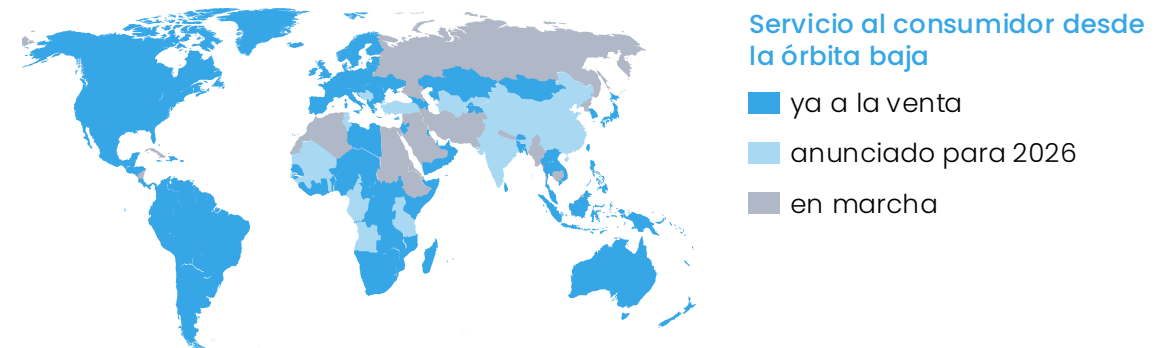
La luz del sol a un panel y una batería; la órbita baja a una antena y un terminal



Irradiación solar



Disponibilidad de banda ancha por satélite

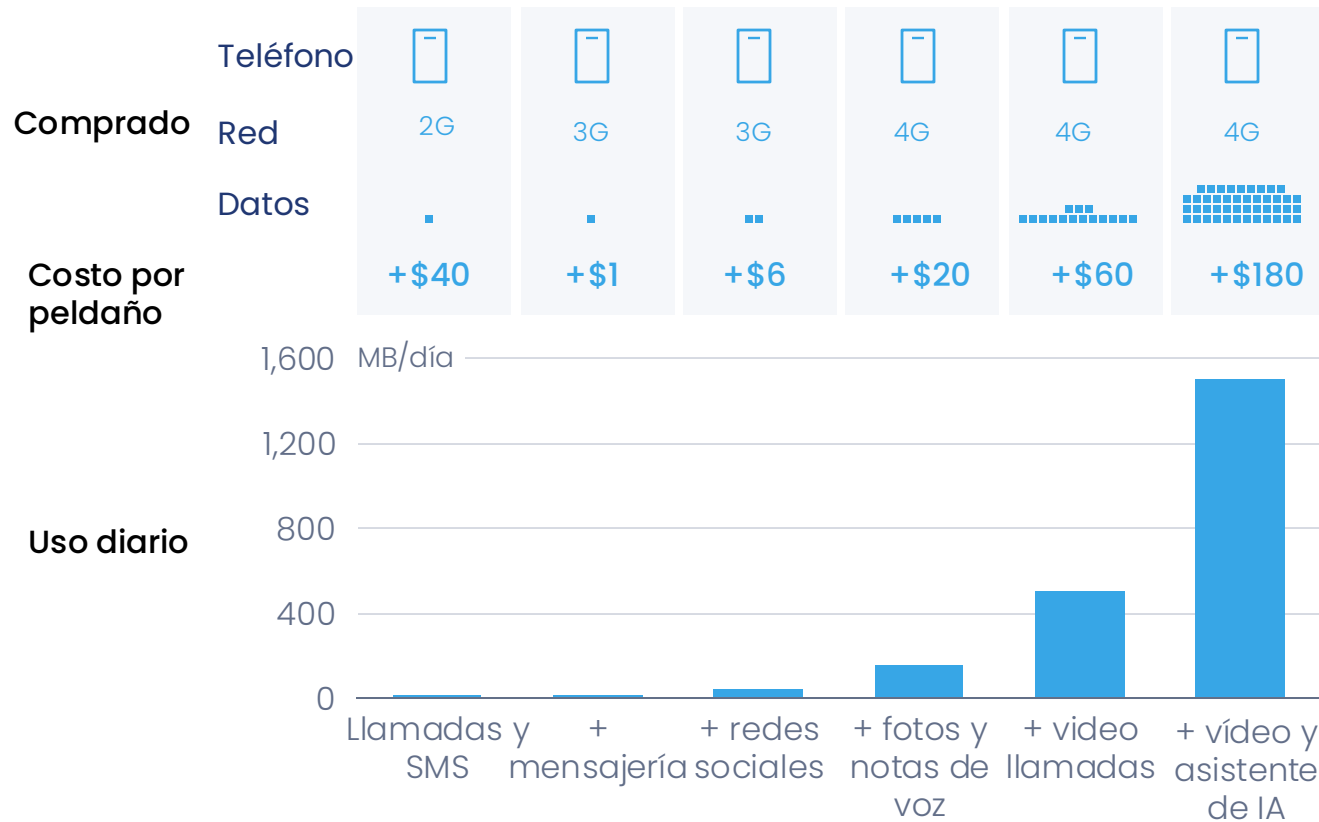


Los mercados emergentes tienen una nueva herramienta de desarrollo

La tecnología pequeña y modular permite avanzar mediante ahorro o pago por uso

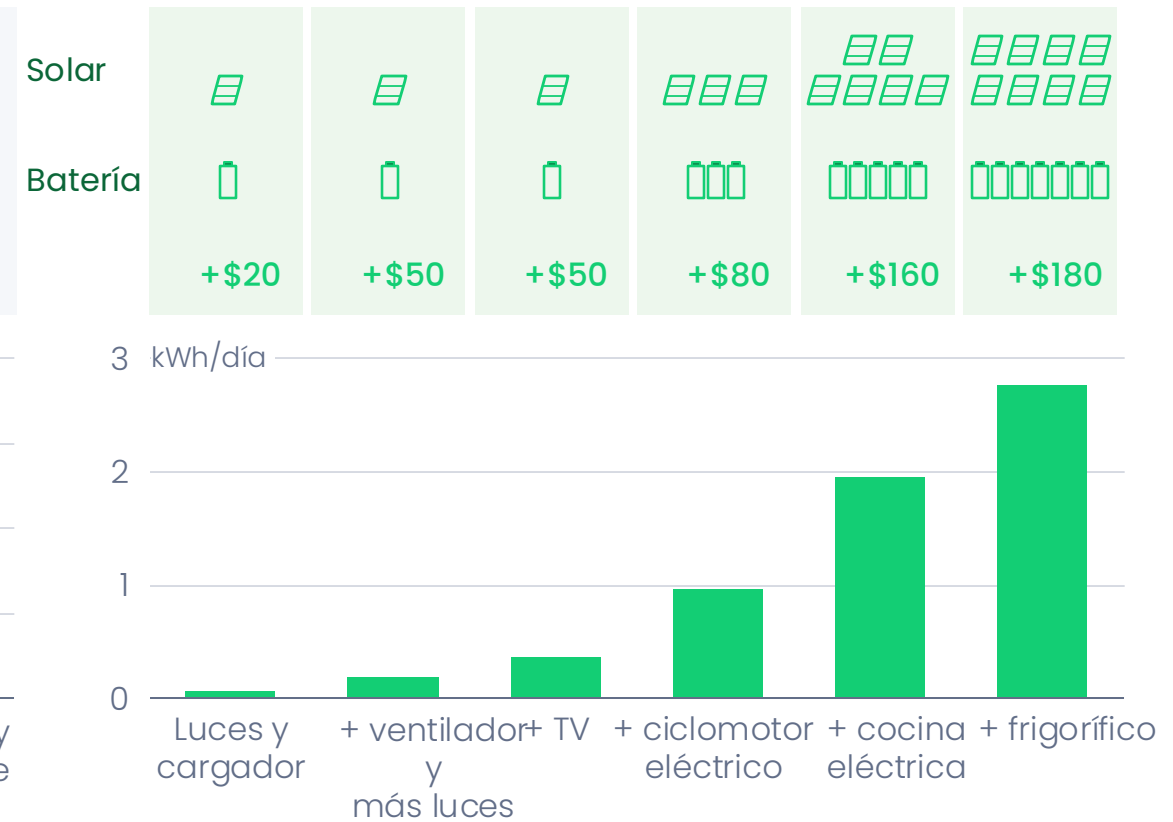
Escalera de la información

cada cuadrado es 1 GB al mes



Escalera de la electricidad

cada panel 100 W, cada celda 250 Wh

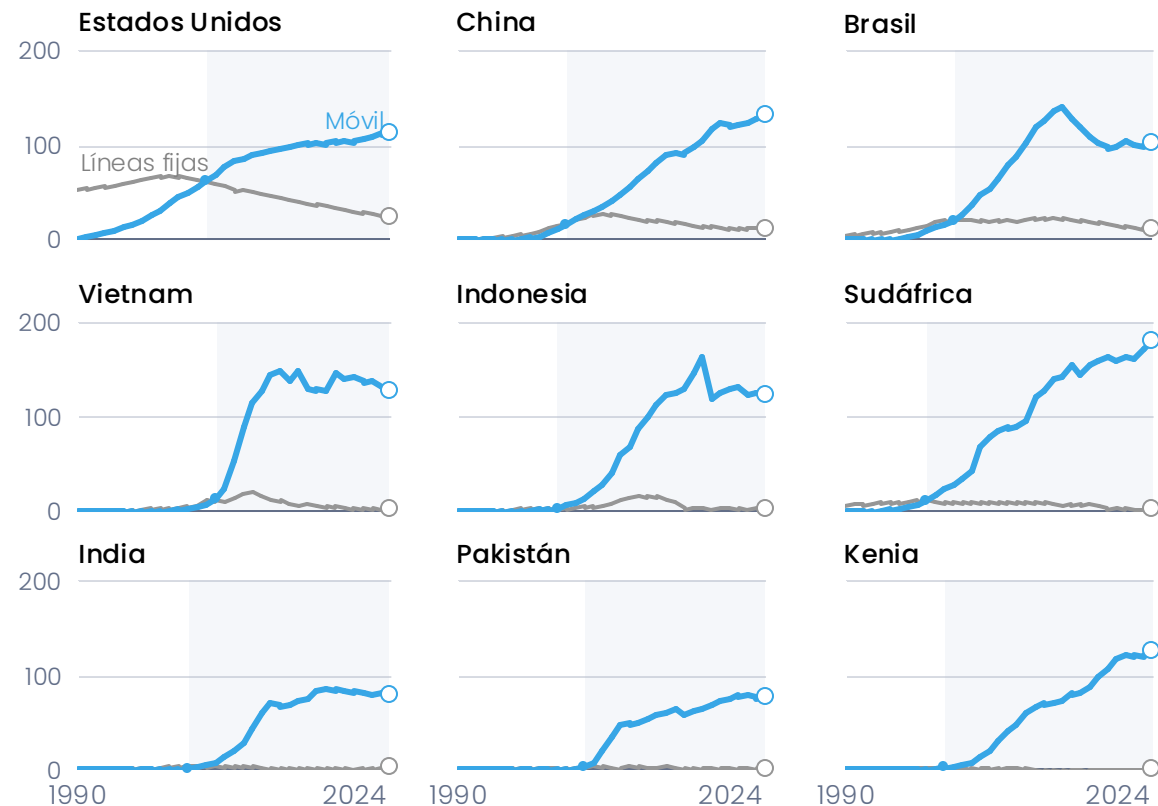


Los mercados emergentes pueden brincar directamente a mejores soluciones

El ejemplo son los teléfonos móviles, y así puede ocurrir con la energía solar

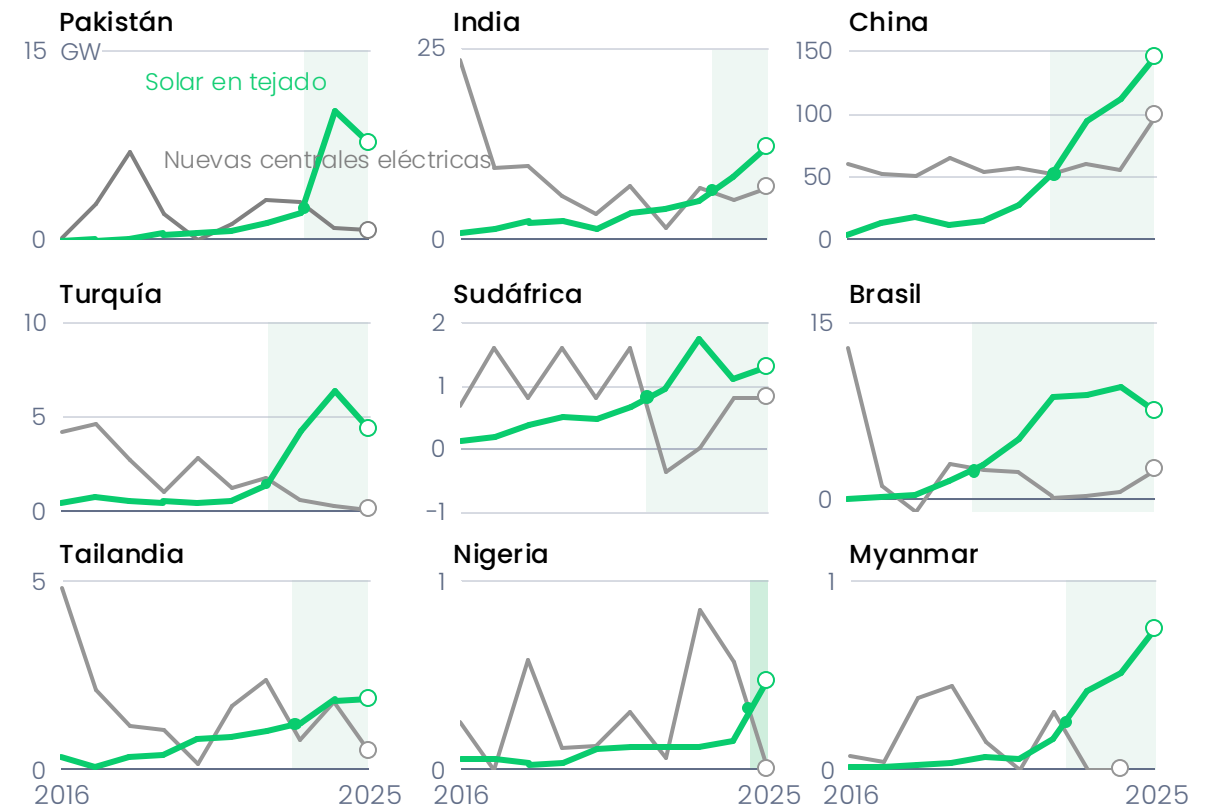
El móvil supera a la línea fija

Suscripciones por cada 100 habitantes



Los tejados superan a las centrales en lo que se construye

GW netos añadidos cada año

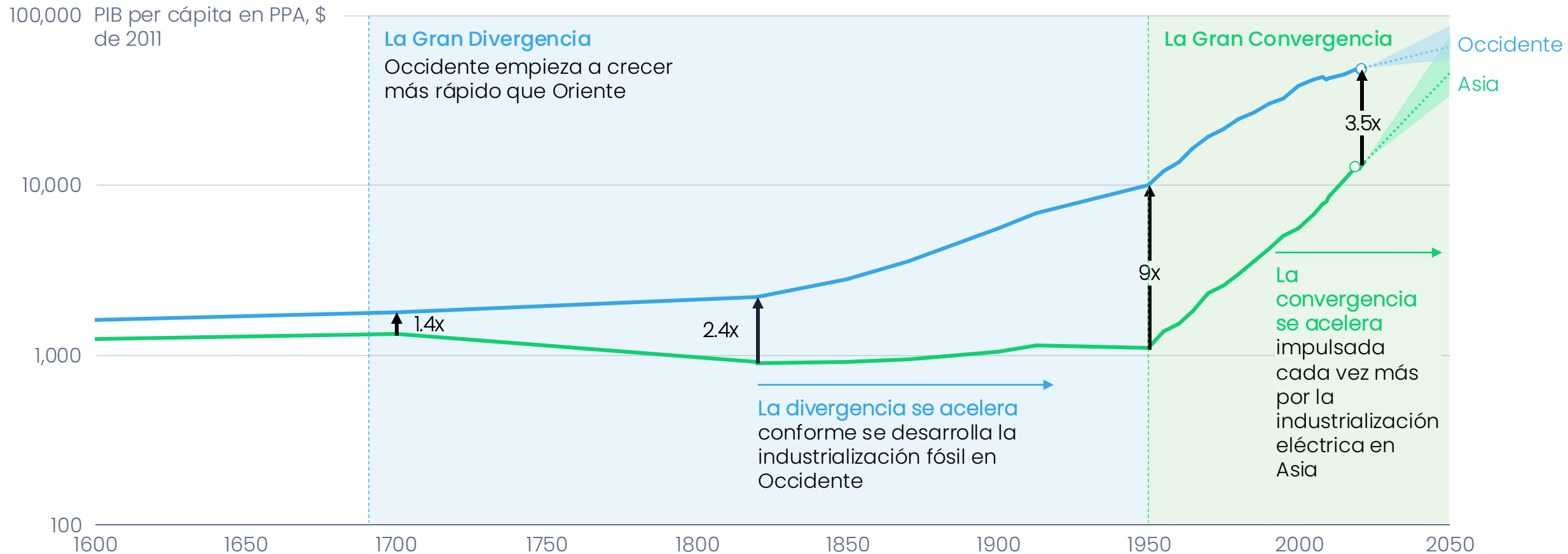


Fuentes: Banco Mundial; UIT; Energy Institute; análisis de Ember • Notas: la capacidad por debajo de cero es retirada neta; la solar en tejado incluye toda la situada detrás del contador; las centrales eléctricas incluyen generación fósil, hidráulica, nuclear y bioenergía. En el lado derecho, cada celda tiene su propia escala.

La doble revolución acelera la Gran Convergencia

Los combustibles fósiles impulsaron la divergencia de Occidente; la electrotecnología y la infotecnología ayudan a impulsar la convergencia de Asia

PIB per cápita, Occidente frente a Asia, 1600–2050



Infotecnología y electrotecnología abren una nueva abundancia

Energía e información en órdenes de magnitud sobre el sistema analógico y fósil

ILUSTRATIVO

Información

Información primaria disponible por persona

El sistema
analógico y
fósil

Información disponible a través del
periódico y la biblioteca local, 25
gigabytes de texto

El sistema
digital y
eléctrico

Información en
internet disponible para todos:
100 millones de gigabytes

Energía

Energía primaria disponible por persona

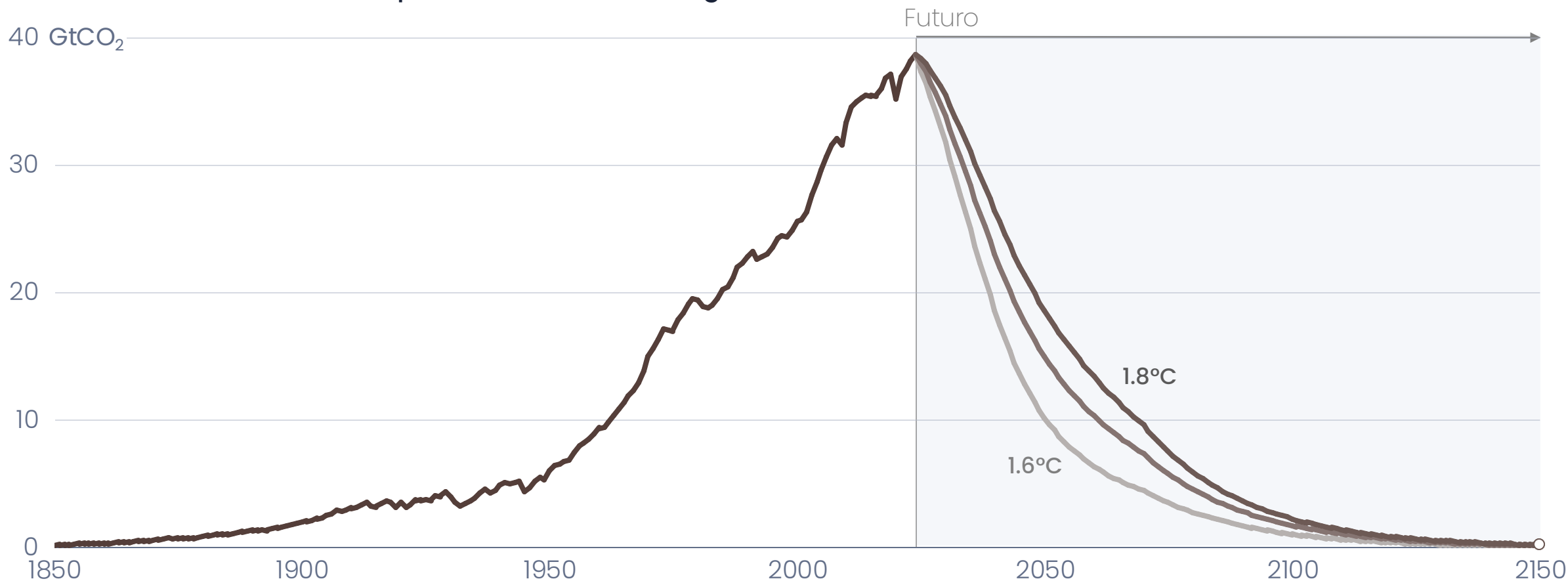
Extracción fósil por persona
17.5 MWh al año

Potencial solar y eólico
por persona:
790 MWh al año

La adopción de electrotecnología reducirá las emisiones

Y la infotecnología ayudará a acelerar el auge de la electrotecnología

Emisiones mundiales de CO₂ procedentes de la energía

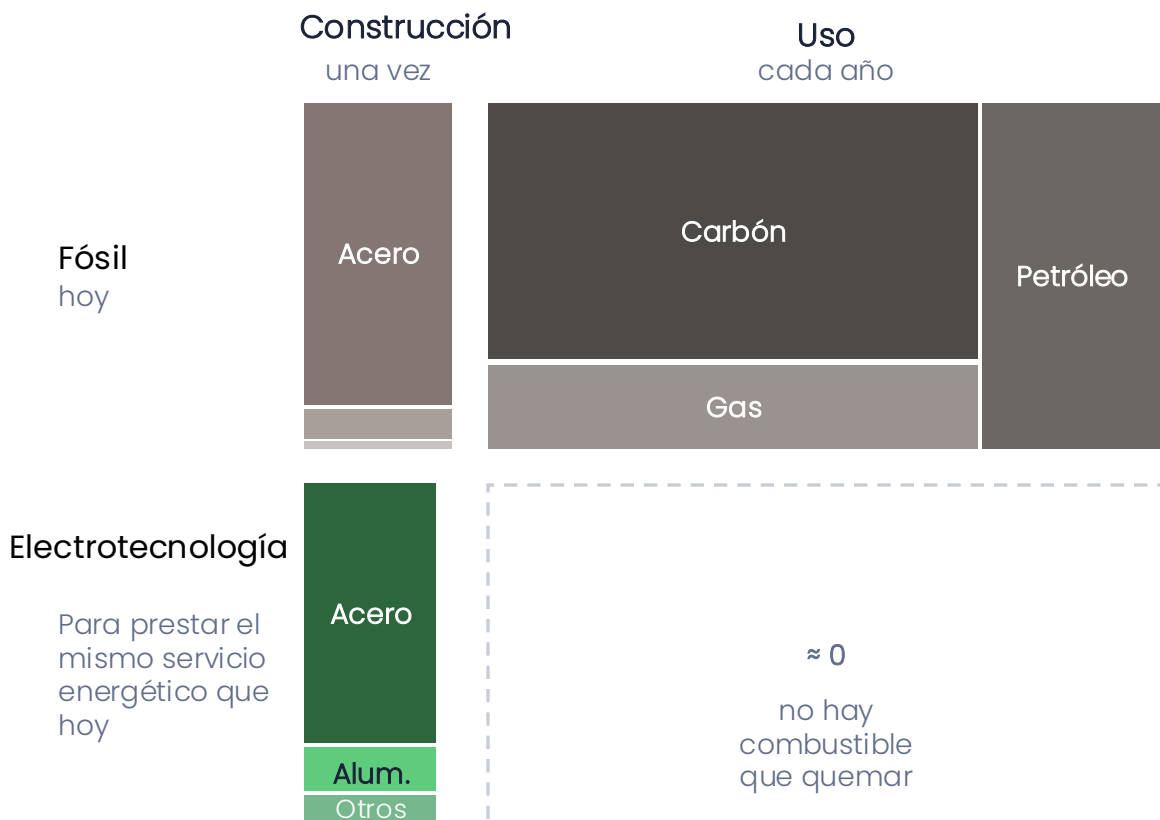


Desmaterialización

La infotecnología y la electrotecnología casi no necesitan materiales para construirse y funcionar, en comparación con el viejo sistema

Energía

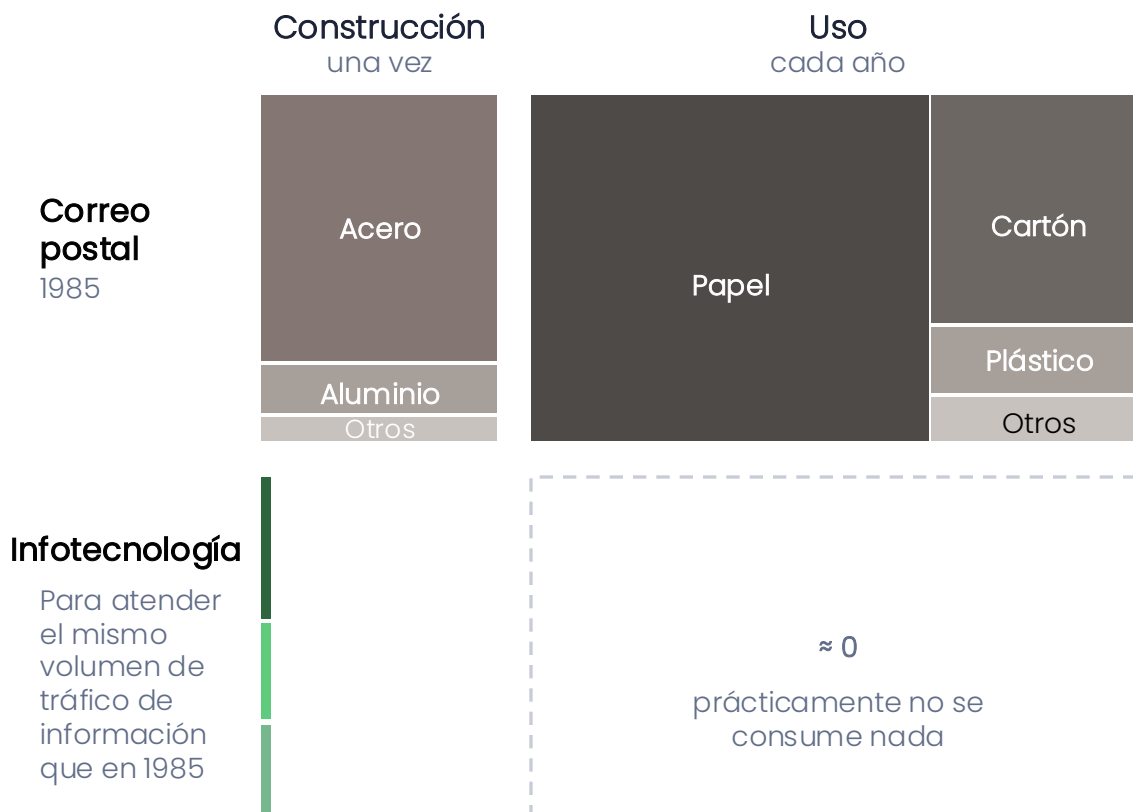
Millones de toneladas de combustible y metal



Información

Miles de toneladas

INDICATIVO



Prestado, no quemado

Los materiales usados para construir tecnologías pueden reciclarse

Recuperado hoy

cuota del material retirado que se recicla

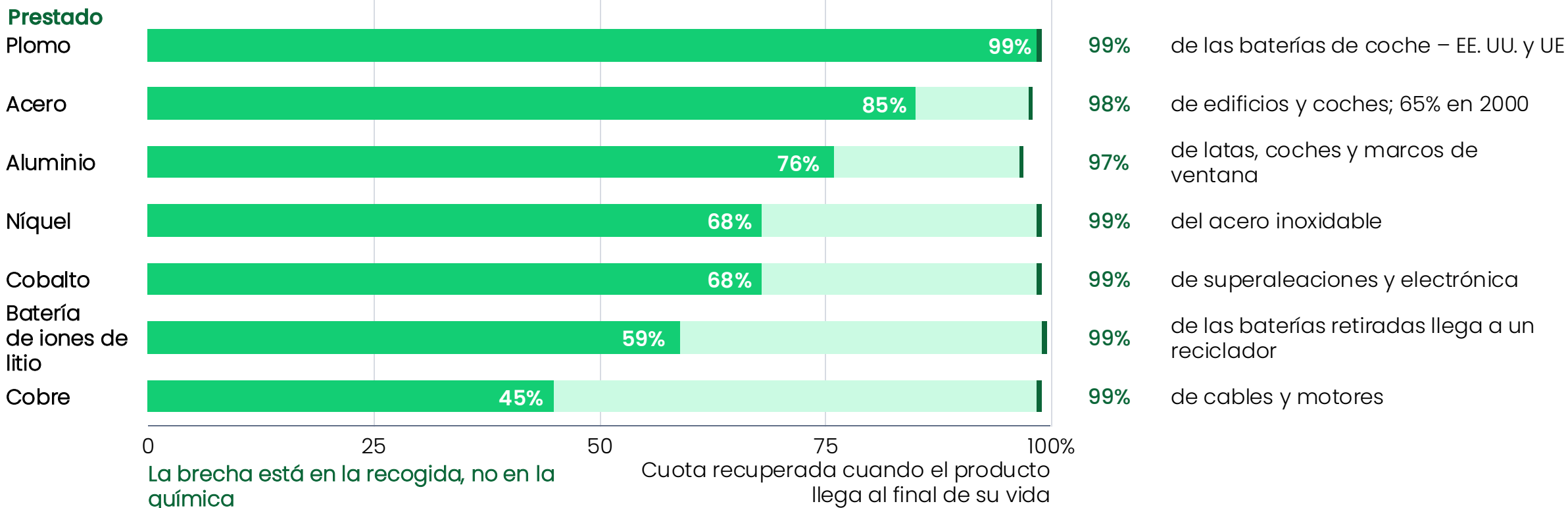
El techo del reciclaje

potencial técnico de reciclaje

Quemado

Carbón, petróleo y gas

0% Nada se recicla



Cada promesa lleva aparejado un riesgo

Las oportunidades creadas por las infotecnologías y electrotecnologías también presentan riesgos

La promesa



Soberanía

Suministro nacional, fuera del alcance de los cárteles



Democratización

Energía e inteligencia baratas en miles de millones de manos



Abundancia

Energía e información abundantes



Descarbonización

Un mundo que se descarboniza rápidamente y consume menos materiales vírgenes

Riesgos



Autarquía

Cada país mira hacia dentro y prioriza la autosuficiencia energética y tecnológica sobre el comercio abierto



Armamentización

Una inteligencia formidable en manos de todos plantea nuevos riesgos, en ciberseguridad y más allá



Oligopolio

La producción se concentra en unas pocas empresas aunque el consumo se extienda entre muchos



Desestabilización

La descarbonización rápida puede dejar varados industrias, empleos, regiones e ingresos nacionales más rápido de lo que pueden ajustarse

Hay una paradoja en el corazón de la Era del Poder

Una gran democratización del uso es posible gracias a una gran centralización de la producción

La gran centralización

Fábricas y plantas enormes, en unos pocos lugares

Fábricas de chips
3 empresas ≈ 80% de la producción

Gigafábricas
7 empresas ≈ 80% de la producción

Plantas de fabricación solar
~10 empresas ≈ 80% de la producción

Centros de datos de IA
~10 empresas ≈ 80% de la producción

La escala reduce el costo

Lo que pone el precio al alcance de más gente y abre nuevos mercados

Mercados mayores impulsan la demanda

Lo que permite construir fábricas aún mayores

La gran democratización

Energía e inteligencia en miles de millones de manos

Índice

01 Dos revoluciones entrelazadas

La electrificación de la información y la energía

02 El auge eléctrico

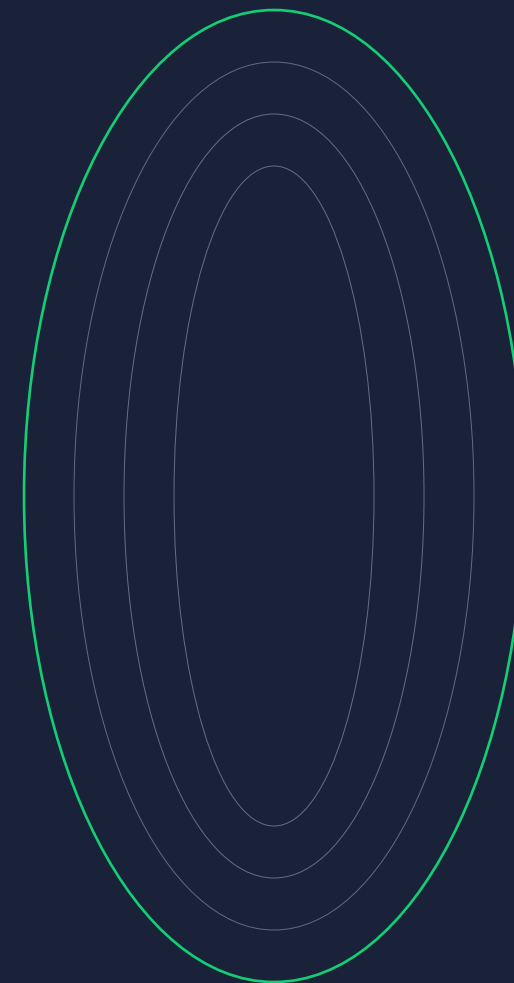
El auge de la infotecnología y la electrotecnología

03 Lo que está por venir

Las implicaciones de la convergencia de las dos revoluciones

04 Dimensionar la oportunidad

Cómo aprovechar la disrupción eléctrica que se avecina



Cómo aprovechar la disrupción eléctrica que se avecina

01

Construir una estrategia integrada

Todo país necesita una estrategia conjunta para la electrotecnología y la infotecnología. Dentro de la electrotecnología, eso significa renovables y electrificación; dentro de la infotecnología, centros de datos e IA física.

02

Hacer de la agilidad tu ventaja

Los sistemas de información y energía cambian más rápido que nunca. La regulación y los incentivos deben moverse igual de rápido, o las instituciones se convertirán en el cuello de botella.

03

Bajar los dos costos que importan

Esta es una revolución eléctrica e intensiva en capital. Quien quiera triunfar necesita bajar tanto los precios de la electricidad como el costo del capital.

04

Construir el stack tecnológico y el escudo eléctrico

Los países necesitan construir el stack tecnológico eléctrico y encontrar los nichos donde puedan tener ventaja. Esa misma base manufacturera puede convertirse en un escudo eléctrico para la soberanía y la seguridad.

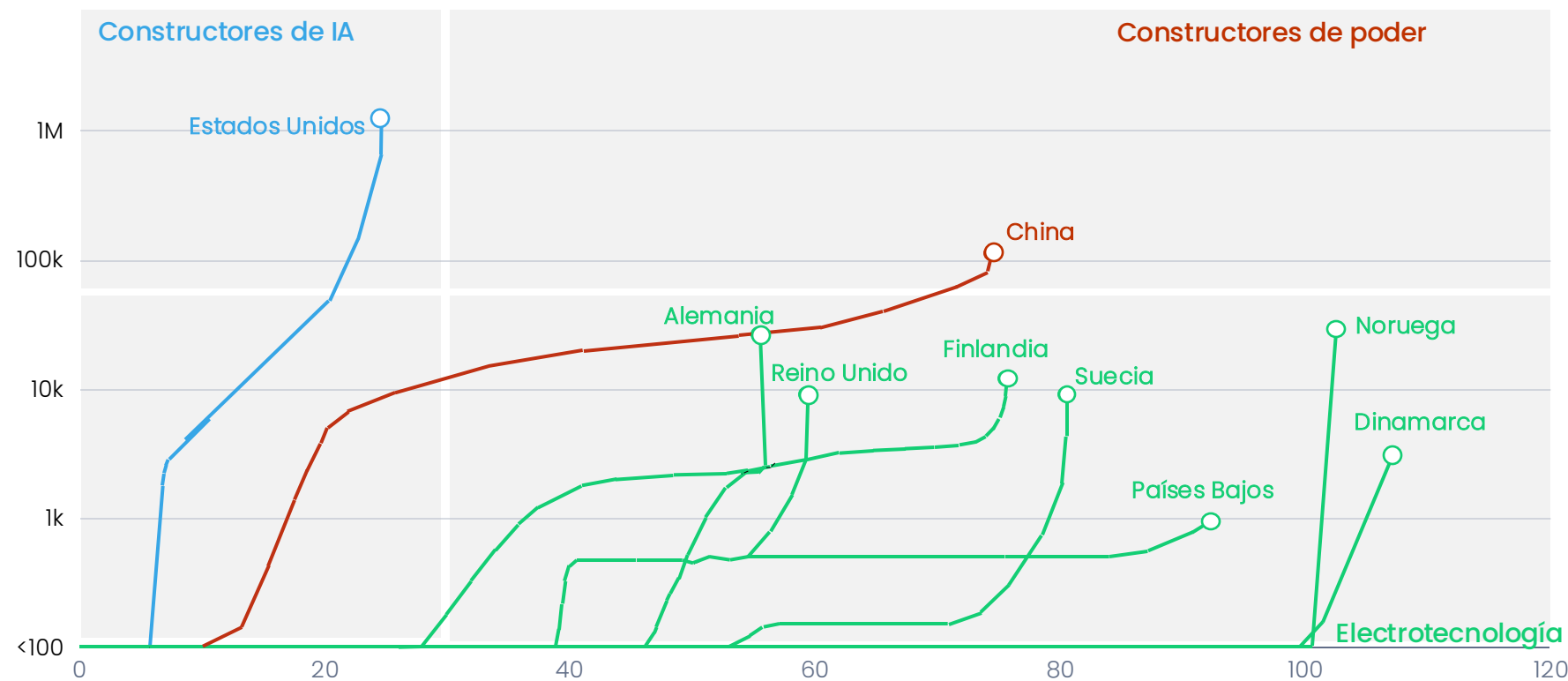
Una estrategia integrada de electrotecnología e infotecnología

Para ganar en cualquiera de las dos, los países deben jugar en la frontera de ambas

Dos carreras macro: despliegue de IA y de electrotecnología, la línea muestra 2010-2025

Computación de IA desplegada, equiv. H100

NO EXHAUSTIVO



IA sin electrotecnología

La IA se construye, pero dispara los precios al chocar con el muro de un viejo sistema eléctrico que no puede escalar lo suficientemente rápido, y con mercados físicos de uso final no preparados para implantar la IA

Electrotecnología con poca IA

Las renovables y la demanda flexible chocan con un muro de integración: necesitan mucha más coordinación de la que pueden ofrecer los viejos sistemas de control eléctrico.

Constructores de poder

Escalar la electrotecnología y la IA juntas permite que cada una se alimente de la otra, y acelera el crecimiento de ambas.

Avance en electrotecnología desde 2010, p.p. de penetración solar y eólica + electrificación + ventas de VE

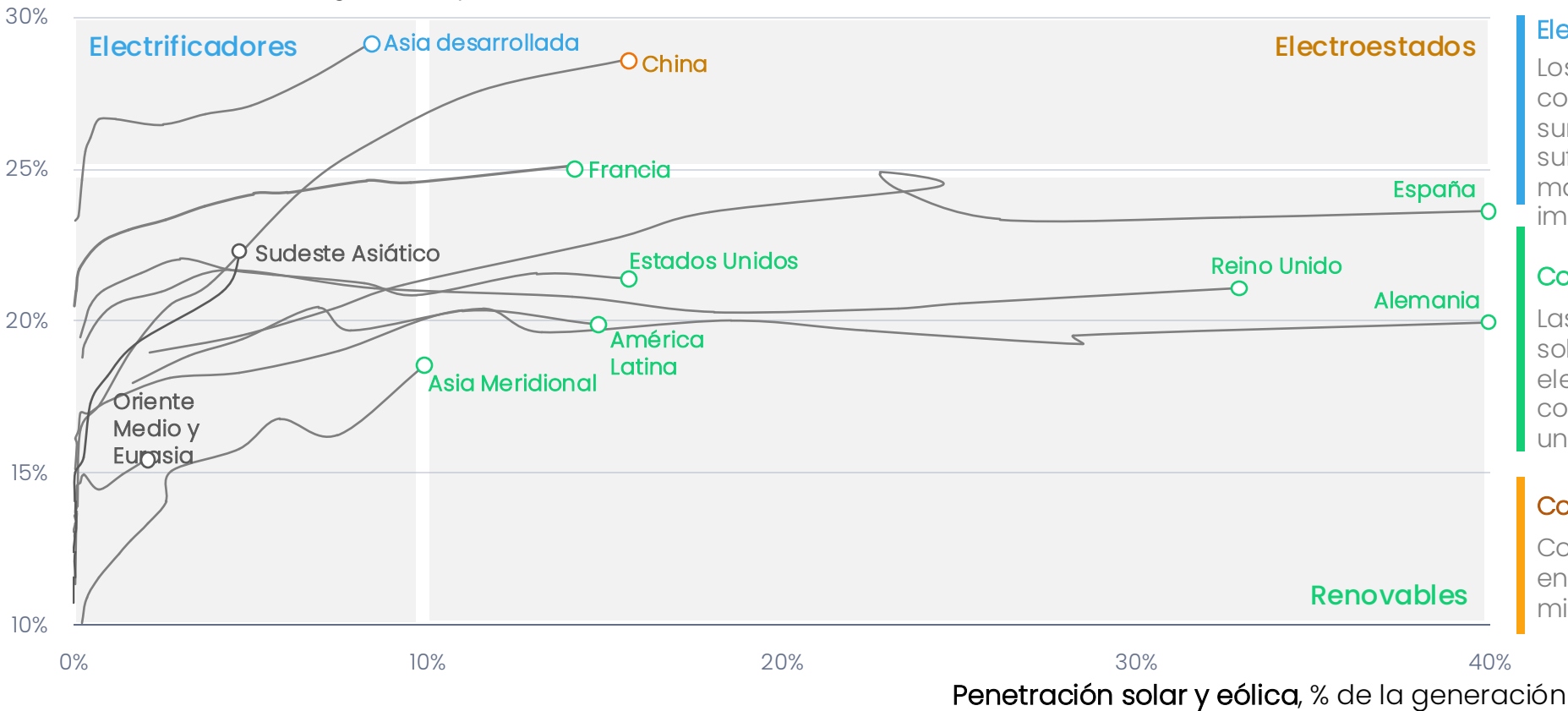
Correr las dos carreras de la electrotecnología

Muchos países se centran en construir renovables; pocos están electrificando

Dos carreras: electrificación y construir solar y eólica, la línea muestra 2000-2023

Electrificación, % de energía final que es electricidad

NO EXHAUSTIVO



Electrificadores

Los países que solo electrifican topan con un muro: la vieja tecnología de suministro no escala lo suficientemente rápido y, para la mayoría, esto significa más importaciones y menos seguridad.

Constructores de renovables

Las renovables escalan rápido, pero solo alcanzan al 20-30% de la demanda electrificada. Y poca demanda convencional es flexible, lo que dificulta una penetración alta.

Constructores de electroestados

Construir las renovables y poner esa energía a trabajar electrificando al mismo tiempo

La IA física consumirá mucho más que los centros de datos

Los centros de datos son solo el comienzo de una gran ola de electrificación que la IA ayuda a desbloquear

Demanda eléctrica de centros de datos / «IA física», finales de la década de 2030, escenario indicativo

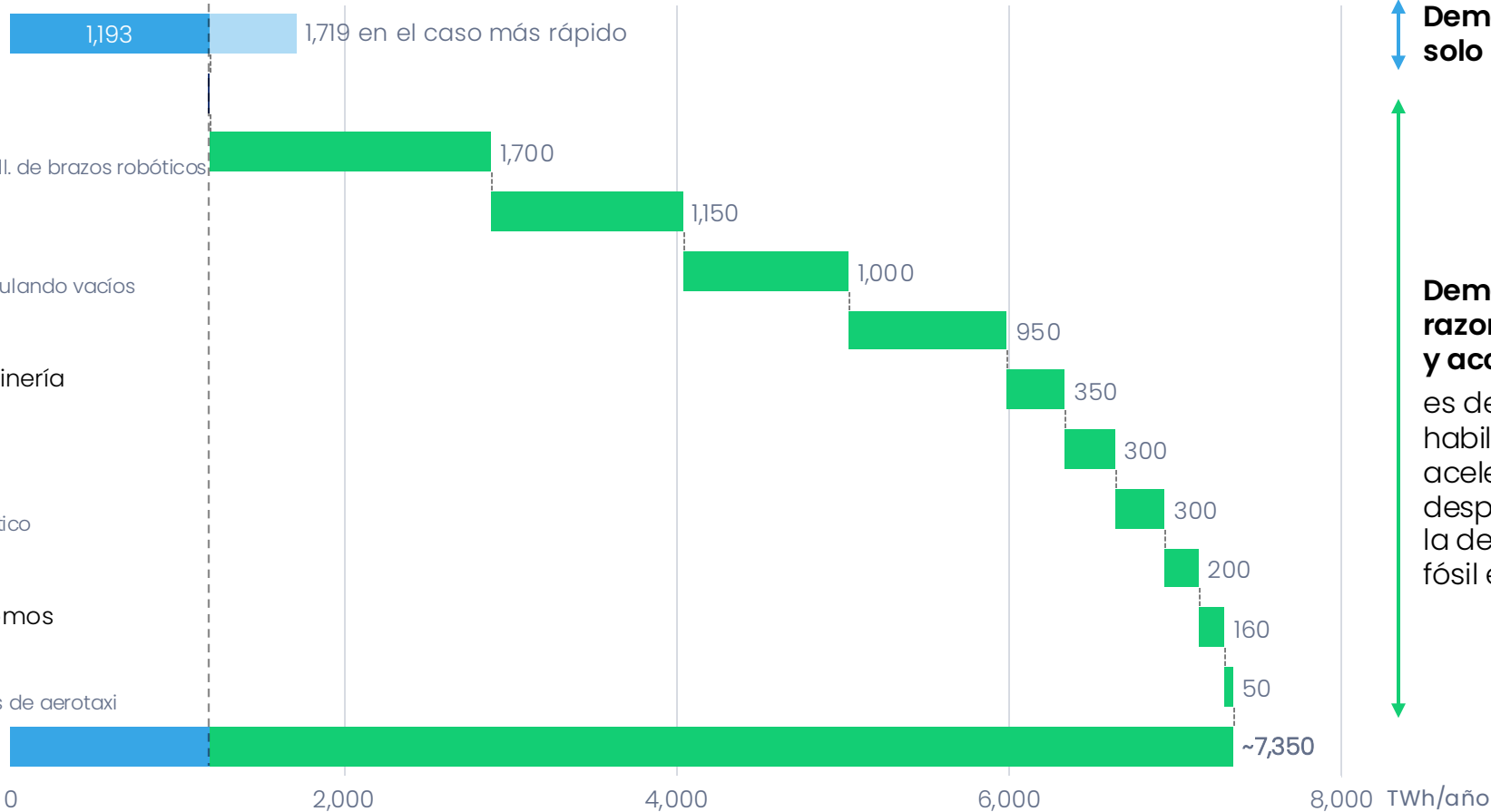
NO EXHAUSTIVO

Centros de datos
caso base de la AIE

IA física

- Fábricas electrificadas sin personal
una décima parte del combustible fabril, más 23 mill. de brazos robóticos
- Camiones eléctricos sin conductor
un tercio del recorrido en camión
- Robotaxis y coches autónomos
un tercio del recorrido en coche, más un cuarto circulando vacíos
- Robots humanoides
100 millones, a 1.2 kW durante 20 horas al día
- Maquinaria eléctrica de construcción y minería
toda la flota electrificada y automatizada
- Maquinaria agrícola autónoma
la mitad del diésel agrícola
- Furgonetas de reparto y robots de acera
la mitad del recorrido en furgoneta pasa a ser robótico
- Almacenes, puertos y robots logísticos
50 millones de robots móviles
- Autobuses y lanzaderas eléctricos autónomos
la mitad del recorrido en autobús
- Drones y aviación autónoma
100,000 millones de entregas, 500 millones de vuelos de aerotaxi

Total



Demanda de solo razonamiento

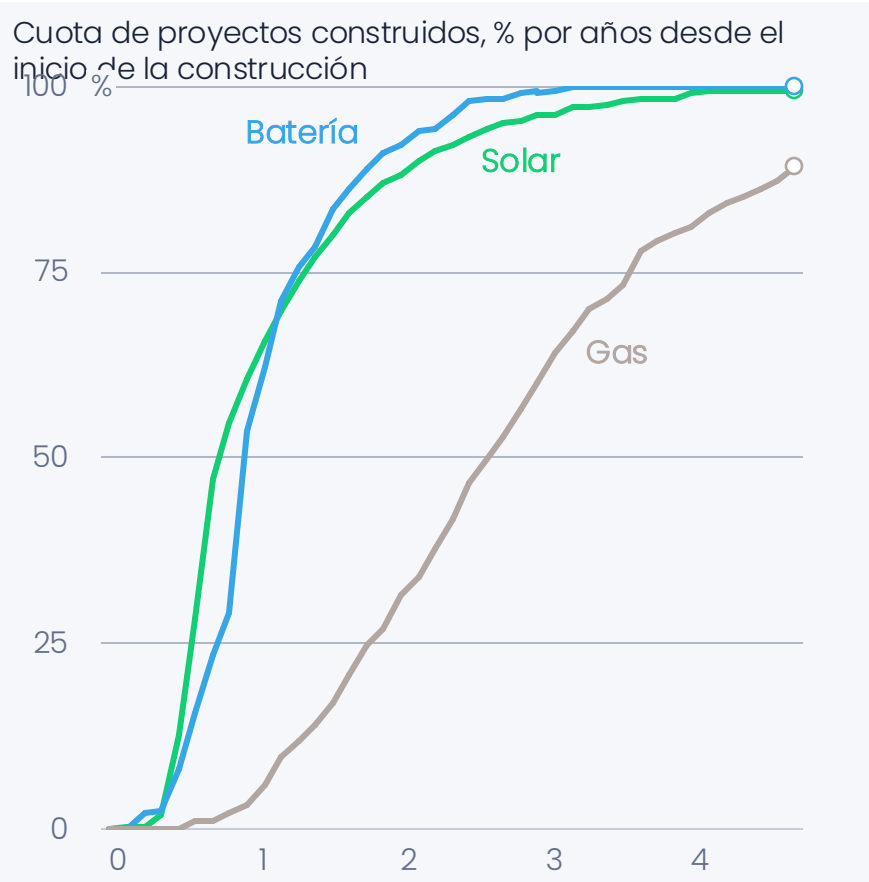
Demanda de razonamiento y acción

es decir, electrificación habilitada/ acelerada, que desplaza sobre todo la demanda de energía fósil existente

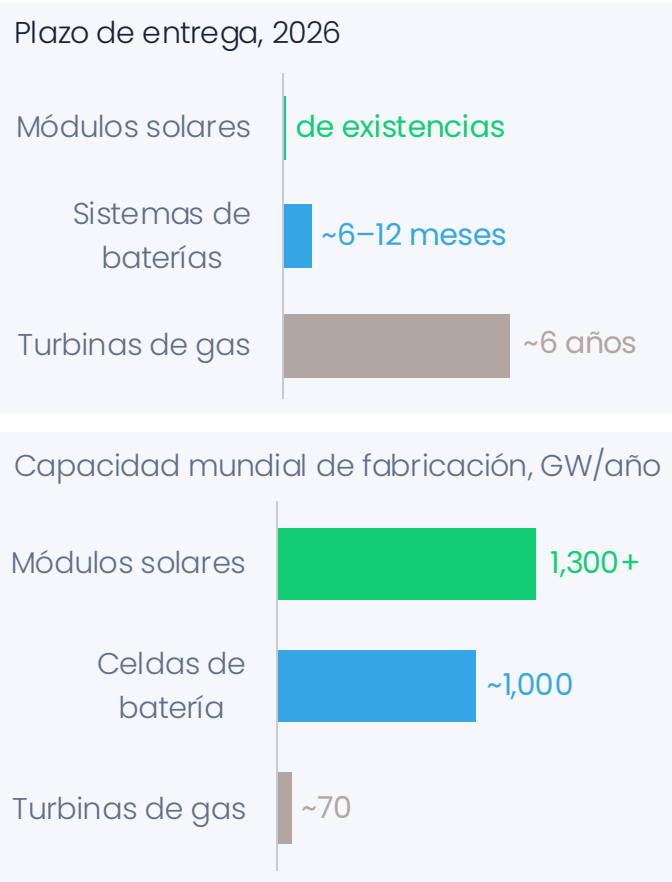
El gas es solo un parche para la sed eléctrica de la IA

El gas se construye más despacio, está vendido durante años y ya no es más barato que las renovables firmes

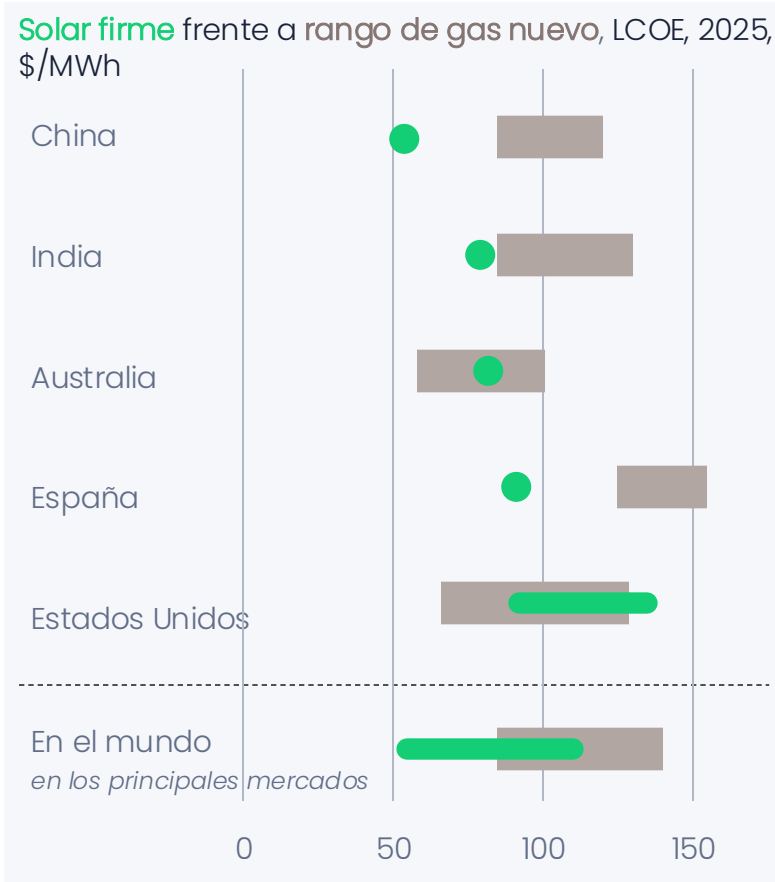
Demasiado lento



Vendido



Ya no es más barato



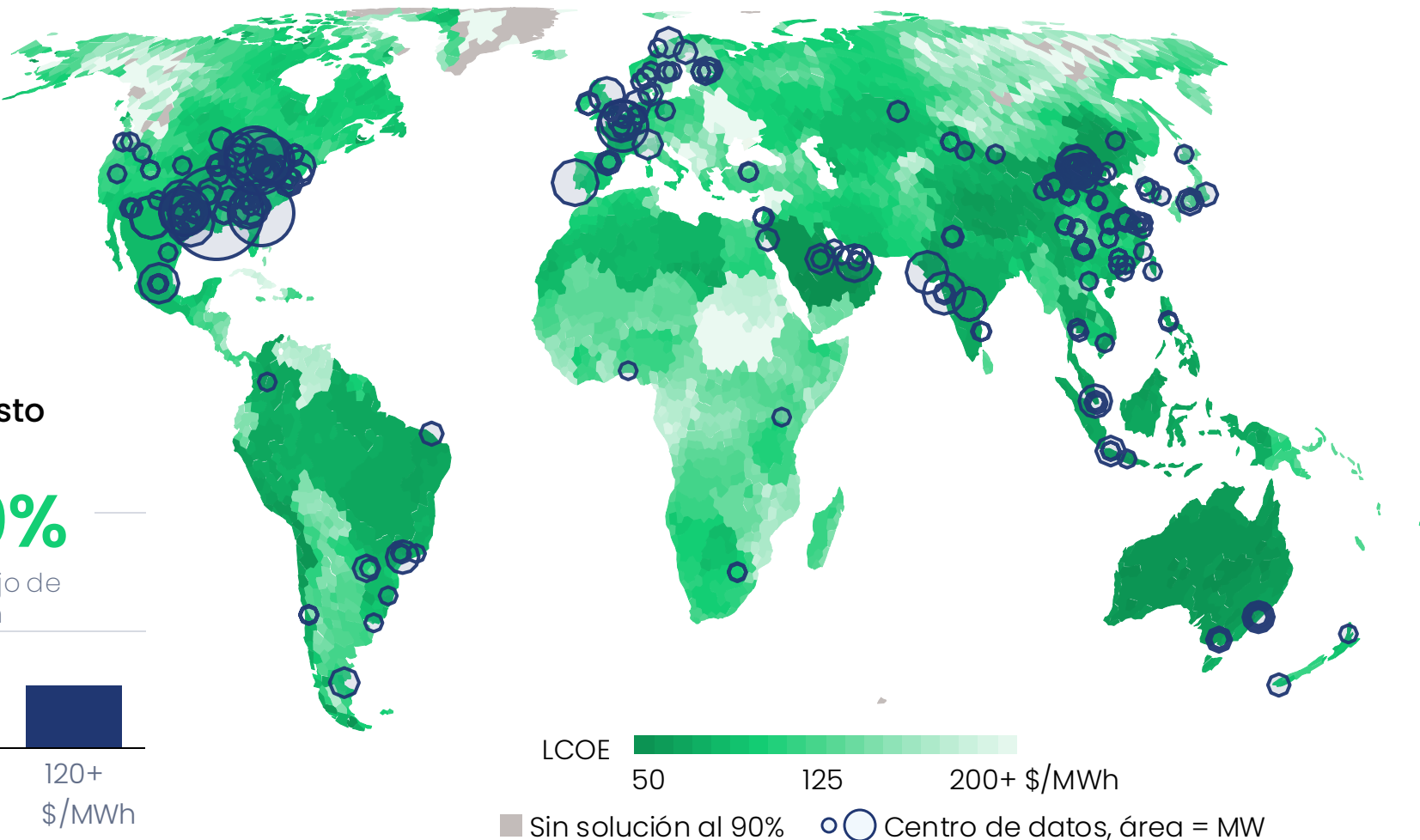
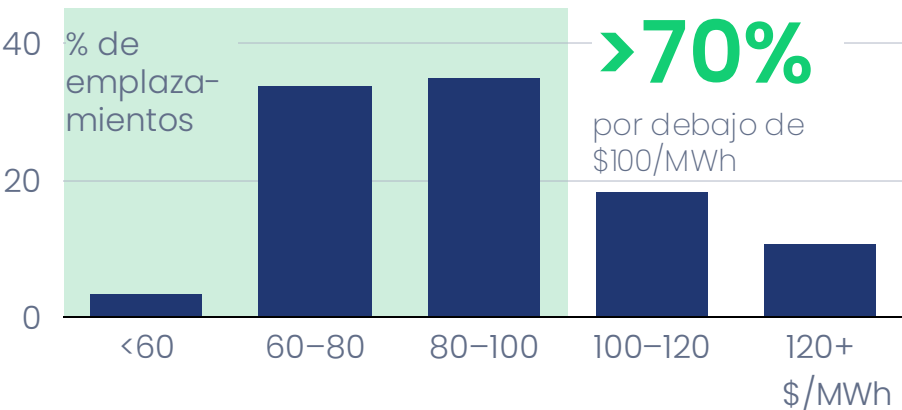
La IA puede funcionar con renovables

Las renovables ya se firman de forma barata y son las más abundantes

Renovables firmes frente a capacidad de centros de datos

Electricidad 24/7 al menor costo con solar, eólica, baterías y respaldo, con más del 90% de solar y eólica

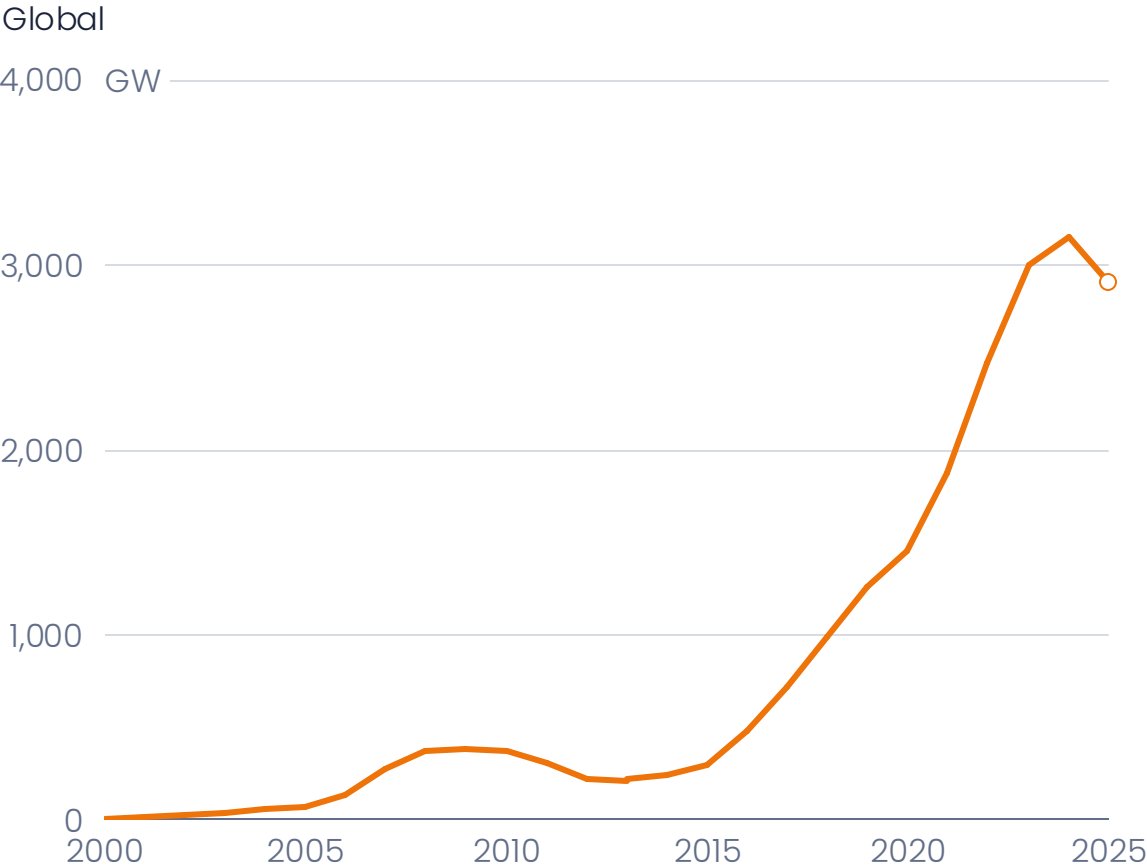
Capacidad de centros de datos por costo de electricidad renovable firme



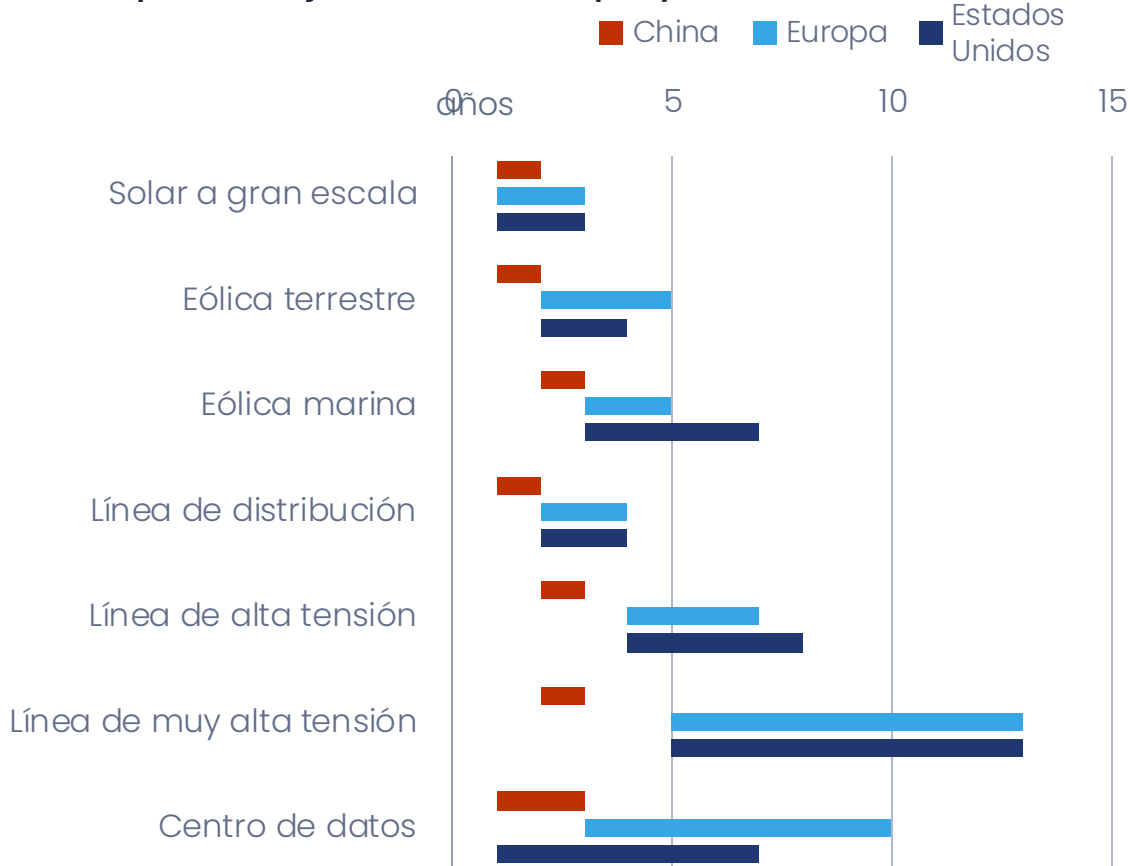
Muévete rápido y desmonta las viejas estructuras regulatorias

La regulación es un diferenciador clave entre países. Si tú no cambias, lo hará tu competencia

Cola de conexión



Plazo típico de ejecución de un proyecto

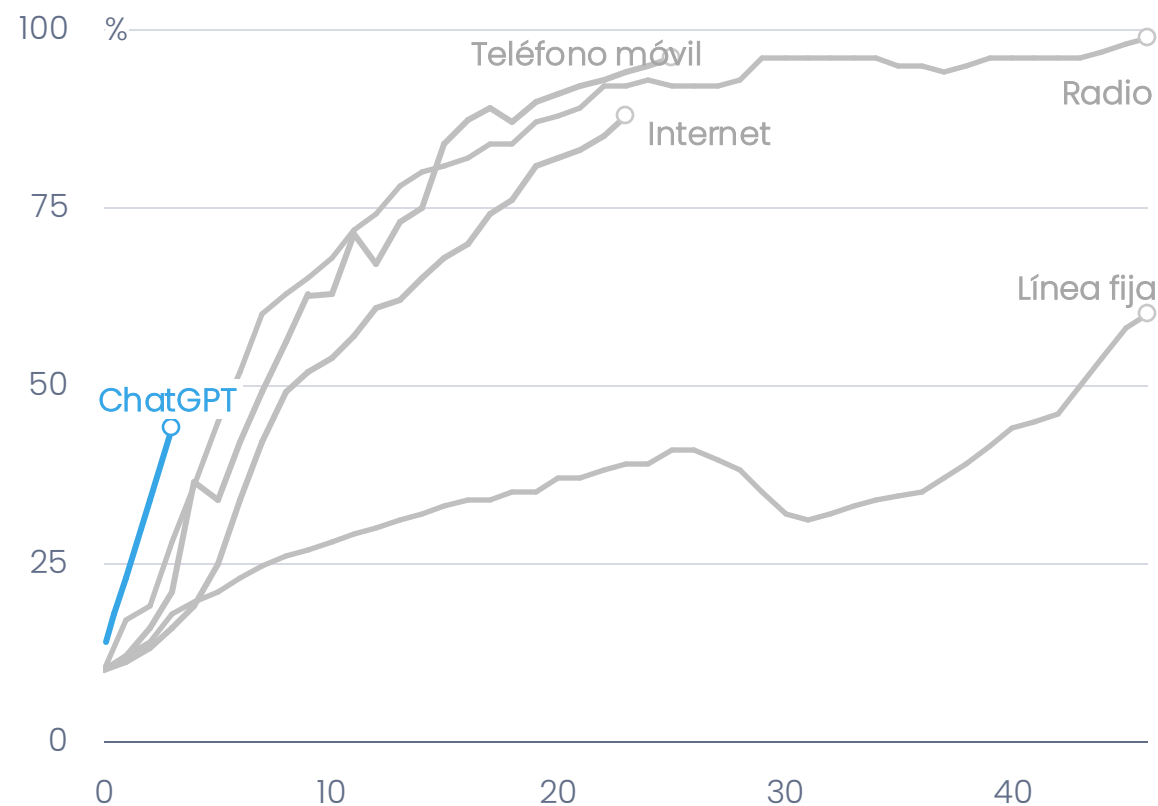


La agilidad es poder

El cambio se produce a niveles sin precedentes y solo los ágiles sobrevivirán

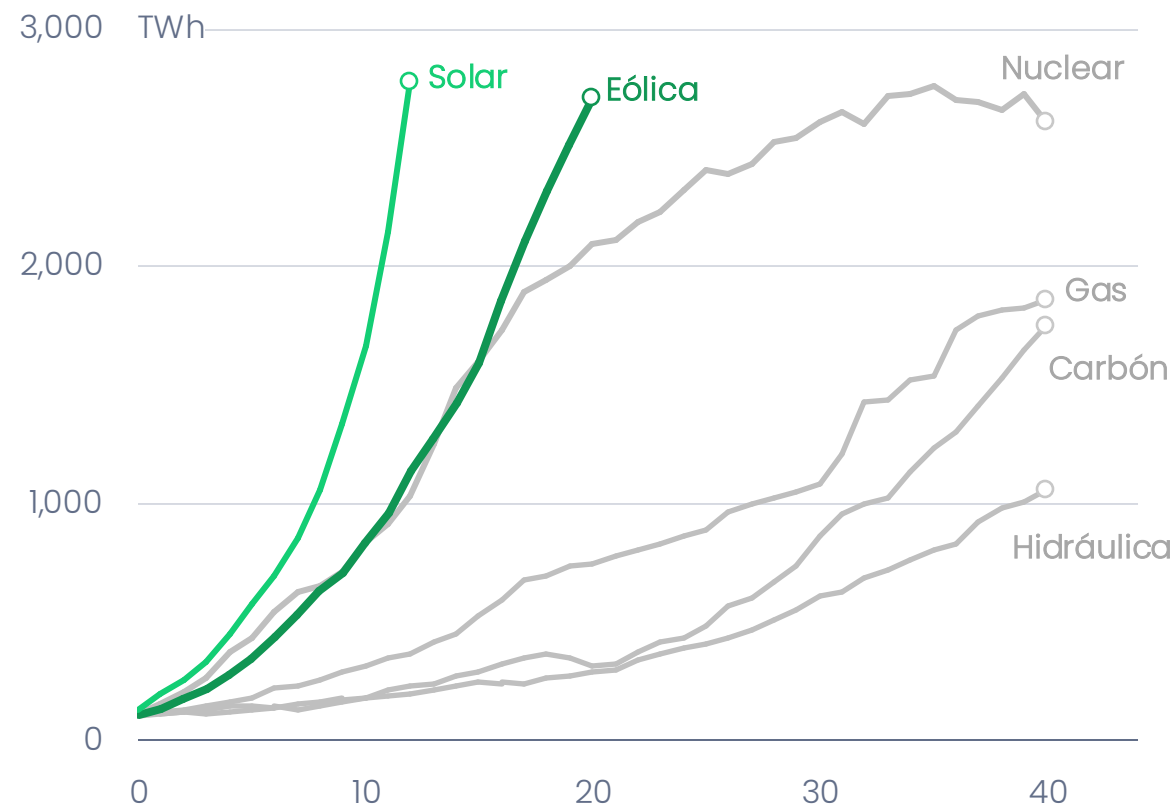
Tecnología de la información

Cuota de hogares de EE. UU., por años desde alcanzar el 10%



Tecnología eléctrica

Generación mundial, por años desde superar los 100 TWh

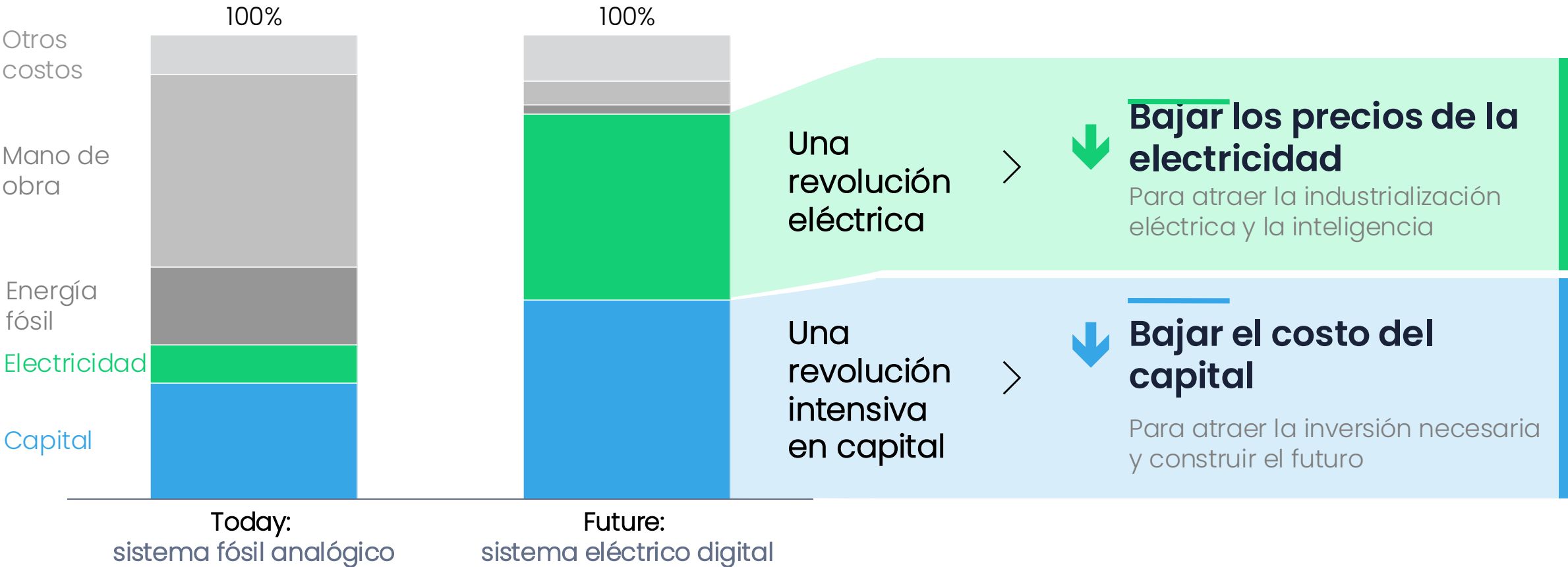


Esta es una revolución eléctrica e intensiva en capital

Los dos motores macro clave son el precio de la electricidad y el coste del capital

ILUSTRATIVO

Cambios en la estructura de costos industriales – indicativo



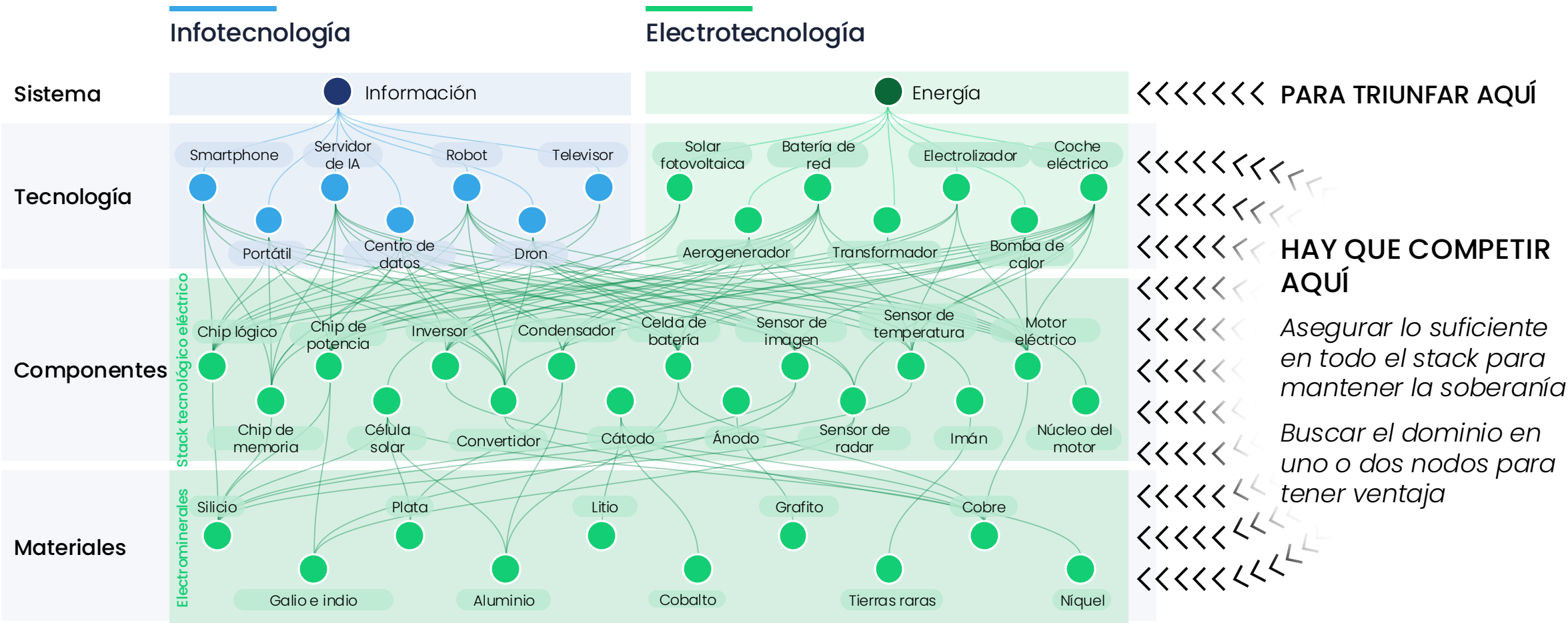
Cómo habilitar el crecimiento

Bajar los precios de la electricidad y el costo del capital exige un esfuerzo concertado

Objetivos centrales	01	Autorizar rápido y de forma predecible	Menos retraso, menos riesgo de proyecto
↓ Bajar los precios de la electricidad	02	Ampliar y modernizar la red eléctrica	Más capacidad con nuevos cables y redes más inteligentes
	03	Dejar de gravar en exceso la electricidad	Que los electrones baratos compitan en igualdad
↓ Bajar el costo del capital	04	Mantener estables las reglas del mercado	Menos incertidumbre, menor WACC
	05	Fomentar la competencia	Bajar los costos de equipos y de electricidad
	06	Reducir el riesgo macro y cambiario	P. ej., la electrificación recorta las importaciones fósiles y puede fortalecer la moneda
	07	Ampliar el horizonte de inversión	Evitar la trampa de invertir para el próximo trimestre o las próximas elecciones; invertir a una década vista

Construir una base electroindustrial

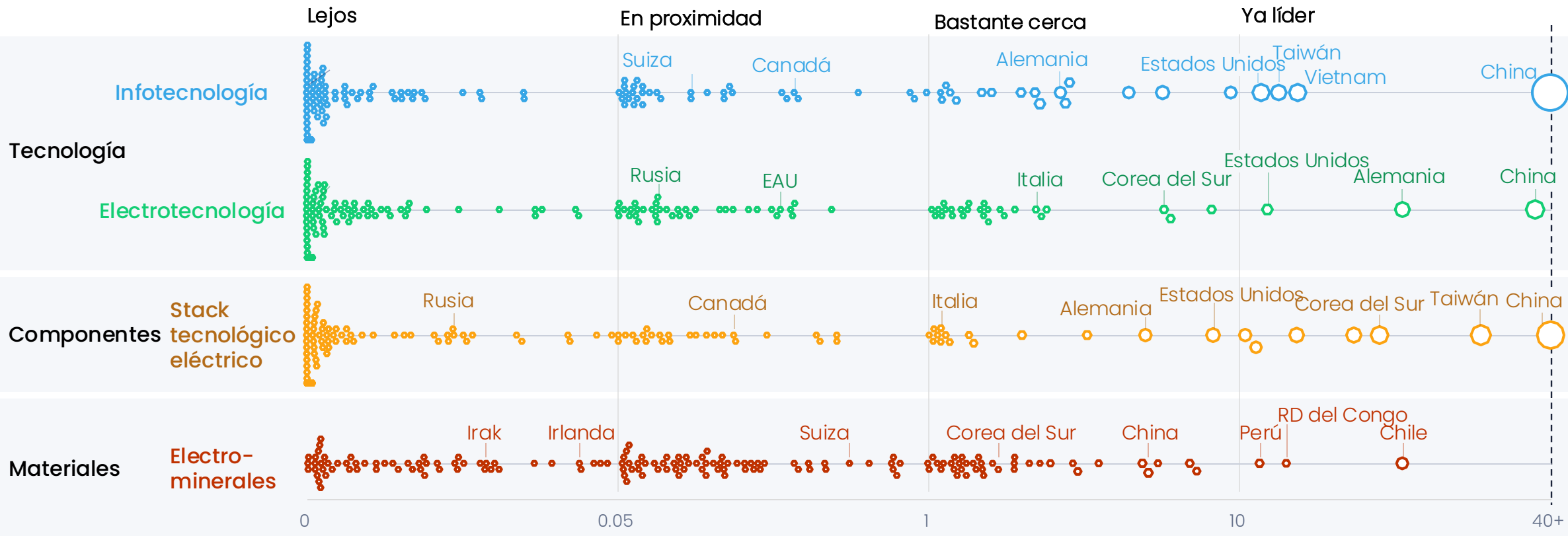
Para ganar el futuro de los sistemas de información y energía hay que construir su base industrial



Encuentra tu nicho

Cada país necesita encontrar un papel en los nuevos sistemas de energía e información

Proximidad de las exportaciones de la economía de un país a los productos de una capa del stack



Proximidad de las exportaciones de una economía en 2024 a cada capa, ponderada por escala · índice, economía media = 1

Construir un electroescudo

En la era del poder, la electrotecnología permite a los países ganar soberanía de cuatro formas

La cadena de suministro es crucial

Controlar la base industrial que sostiene la economía eléctrica y digital



Acceso a mercados

Usar la demanda, los estándares y la escala para dar forma a los mercados globales, desde los chips hasta los vehículos eléctricos

Seguridad energética

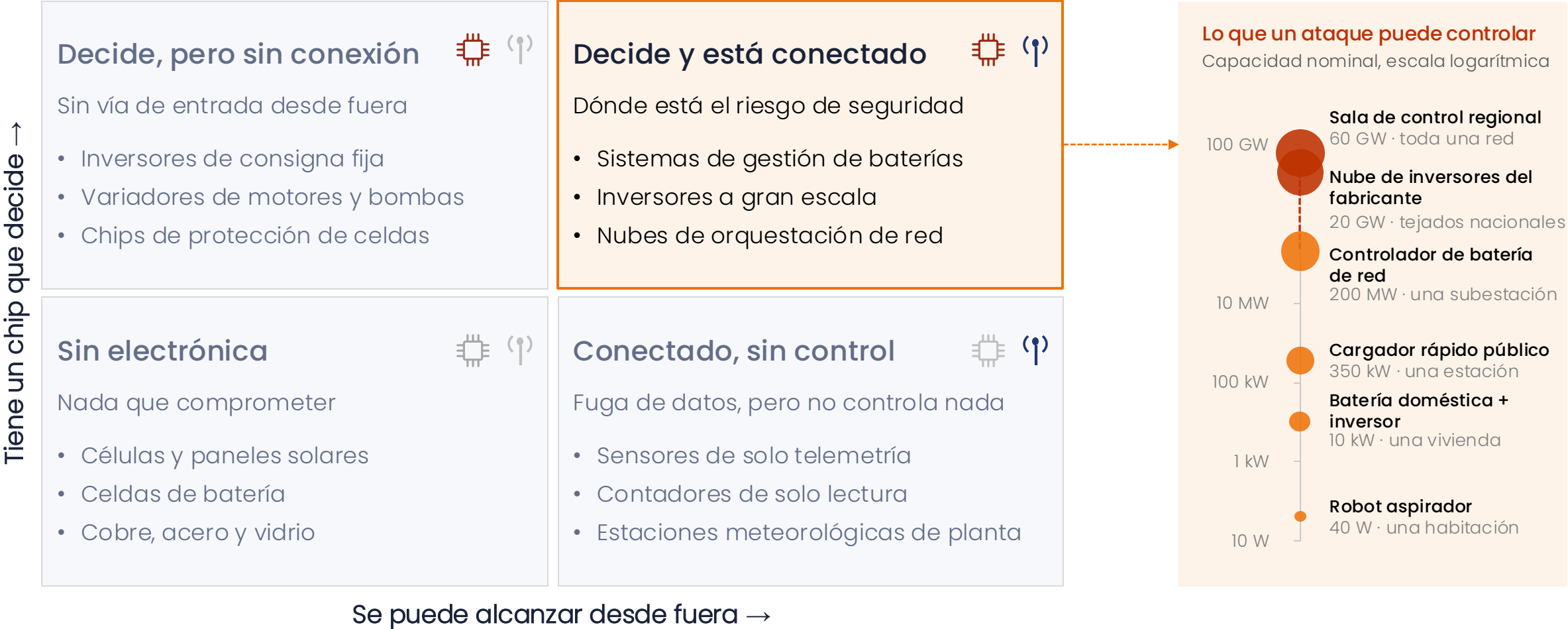
Basar la economía en electricidad generada en el propio país, no en combustibles importados

Preparación para la defensa

Construir capacidades con un propósito doble y que sirven para la seguridad moderna, de los drones a la IA

Protégete de las amenazas al cerebro

Solo una pequeña parte de las importaciones de infotecnología y electrotecnología representa un riesgo real de seguridad

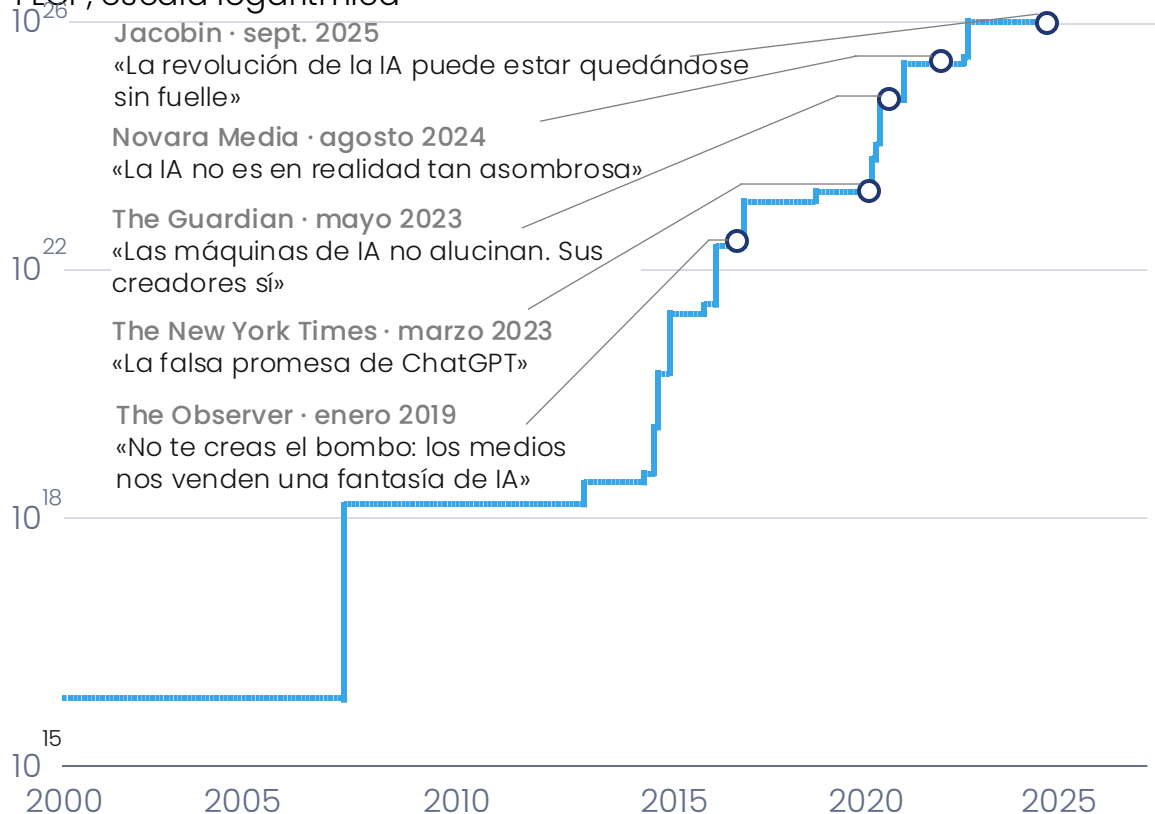


No te distraigas con las guerras culturales

Muchos partidarios de la IA están en contra de la electrotecnología, y viceversa; la realidad es que están profundamente ligadas

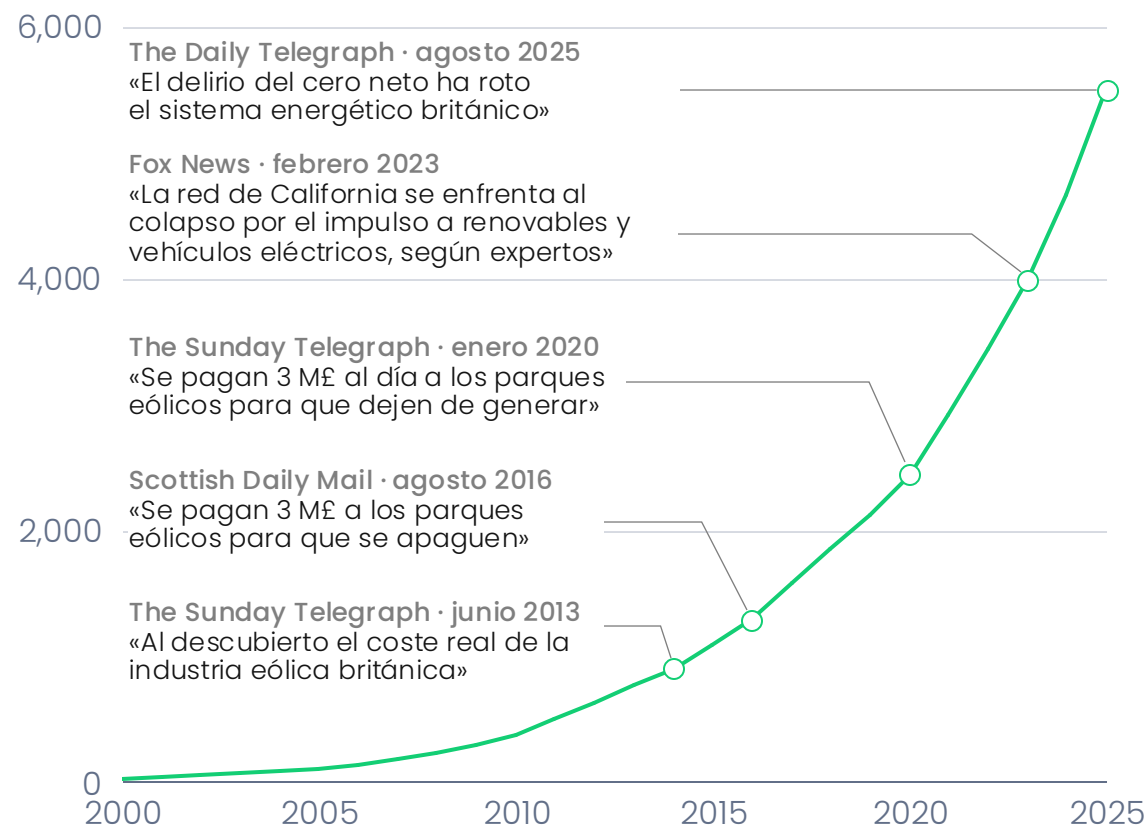
Computación de entrenamiento del mayor modelo de IA, 2000–2025

FLOP, escala logarítmica



Generación solar y eólica mundial, 2000–2025

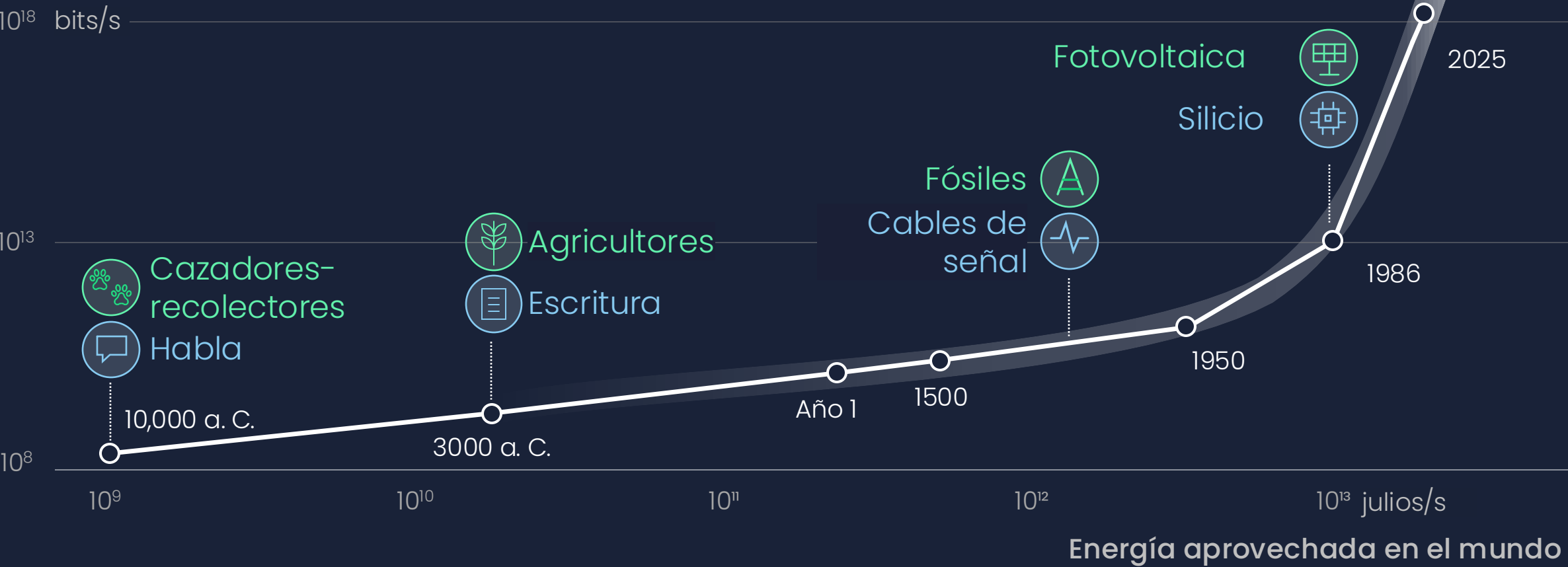
TWh



Este es un momento decisivo en la historia humana

La abundancia está llegando. Que se use bien depende de nosotros.

Información transferida en el mundo



Sobre Ember

Ember es un think tank independiente y global sin fines de lucro que busca acelerar la transición hacia la energía limpia con datos transparentes y políticas innovadoras. Su visión es un mundo con un clima seguro, impulsado por un sistema energético limpio y electrificado para todos.

El equipo



Kingsmill Bond
Director



Daan Walter
Principal



Sam Butler-Sloss
Gerente de
investigación



Jardine Wall
Gerente de
alianzas



Antoine Issac
Analista

Sobre Ember Futures

Ember Futures es una nueva iniciativa de investigación creada para ayudar a los líderes a navegar el auge de la electrotecnología y lo que significa para la energía, los mercados financieros y la geopolítica.

Con agradecimiento a

Amory Lovins, Ardhi Arsala Rahmani, Bill McKibben, Biqing Yang, Bruce Douglas, Bryony Worthington, Caroline Cook, Chris Nelder, Dave Jones, Dimitri Zenghelis, Emily Nurse, Francisco Laverón, Hannah Broadbent, Hannah Ritchie, Harry Benham, Harry Krejsa, Jules Kortenhorst, Mark Campanale, Michael Collins, Mike Hemsley, Phil MacDonald, Phoebe Benich, Rashmi Mishra, Rini Sucahyo, Simon Sharpe, Thijs Van de Graaf, Thomas Kwan, Tim Buckley, Vincent Petit.

Suscríbete en Substack



Suscríbete [aquí](#)