



Producción y transmisión de energía eléctrica

Javier Jorquera Copier



Javier Jorquera Copier

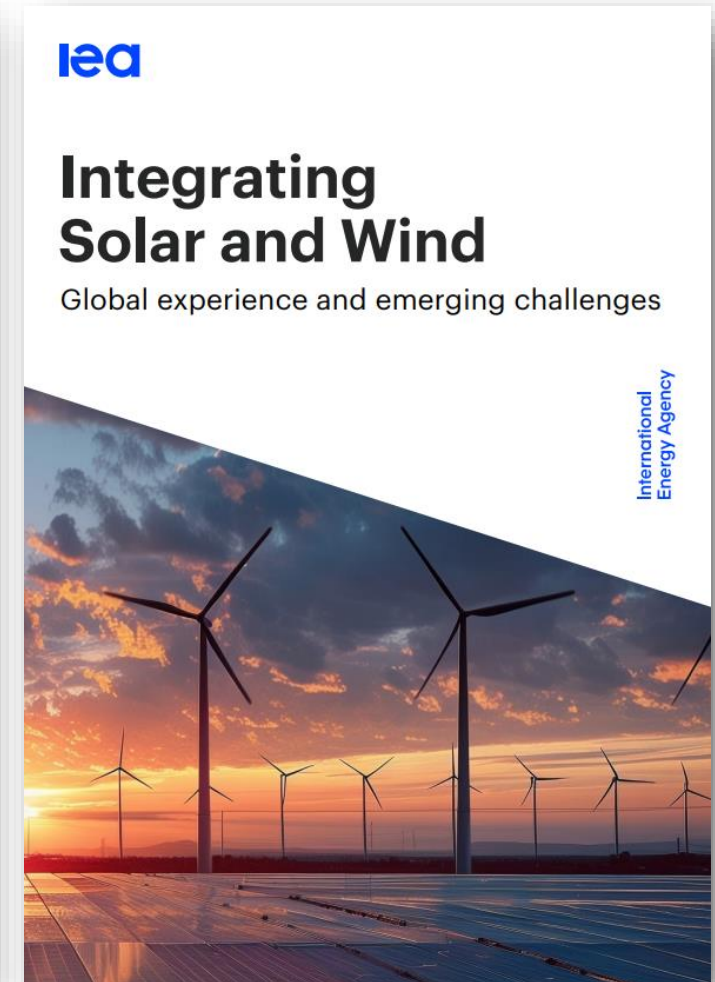
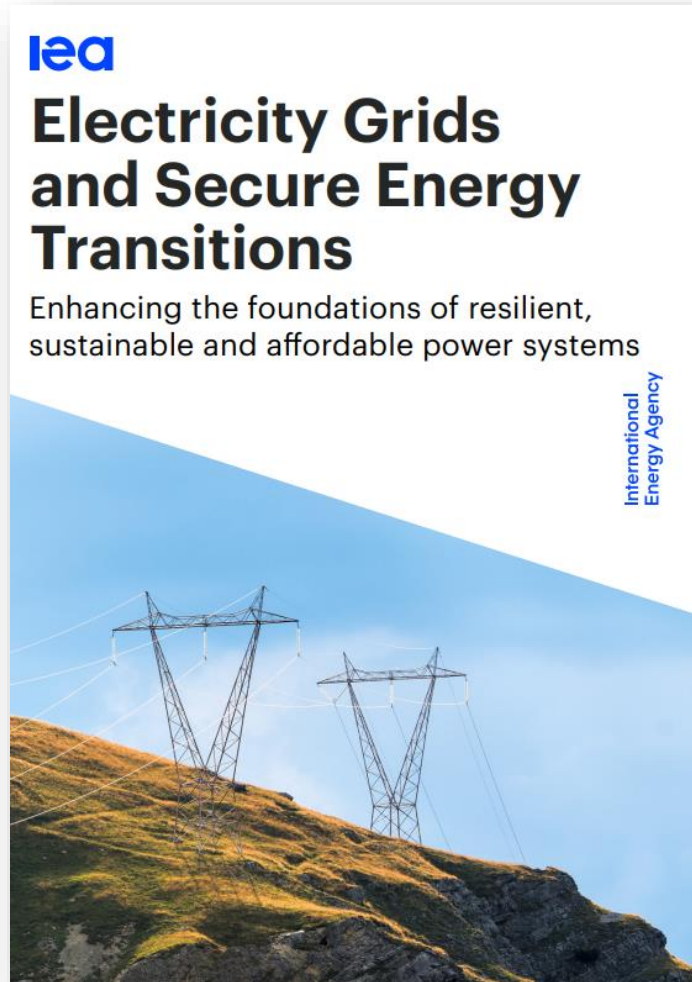
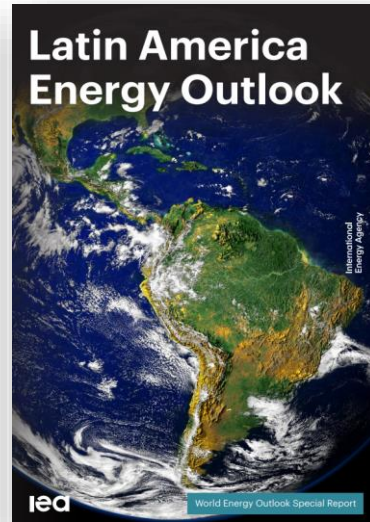
Energy Analyst, IEA

Msc. Ingeniería Eléctrica **Título profesional Ingeniería Industrial Eléctrica**

Javier inició su carrera profesional en 2020 como pasante en el Ministerio de Energía en Chile, donde colaboró con la elaboración de la Estrategia Nacional de Hidrógeno. Posteriormente, se enfocó en terminar sus estudios de maestría, que culminaron con una publicación académica sobre planificación de sistemas integrados electricidad-hidrógeno en la revista Energy Policy.

En 2021, se incorporó a la Agencia Internacional de Energía (AIE) como pasante del área de Latinoamérica, con un foco en hidrógeno. Desde fines de 2021 se enfoca en diversos temas relacionados con los sistemas y mercados de electricidad.

Principales temas en los que he trabajado en la IEA



- 1) Importancia del sector eléctrico para la transición energética
- 2) Generación de energía eléctrica
- 3) Almacenamiento de energía eléctrica
- 4) Integración de energías renovables
- 5) Redes eléctricas: transmisión y distribución
- 6) Integración eléctrica regional

1) Importancia del sector eléctrico para la descarbonización

Muchos servicios esenciales dependen del suministro eléctrico



Hospitales



Comunicaciones,
centros de datos



Semáforos



Bombeo de agua



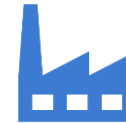
Bombas de
combustible



Transporte



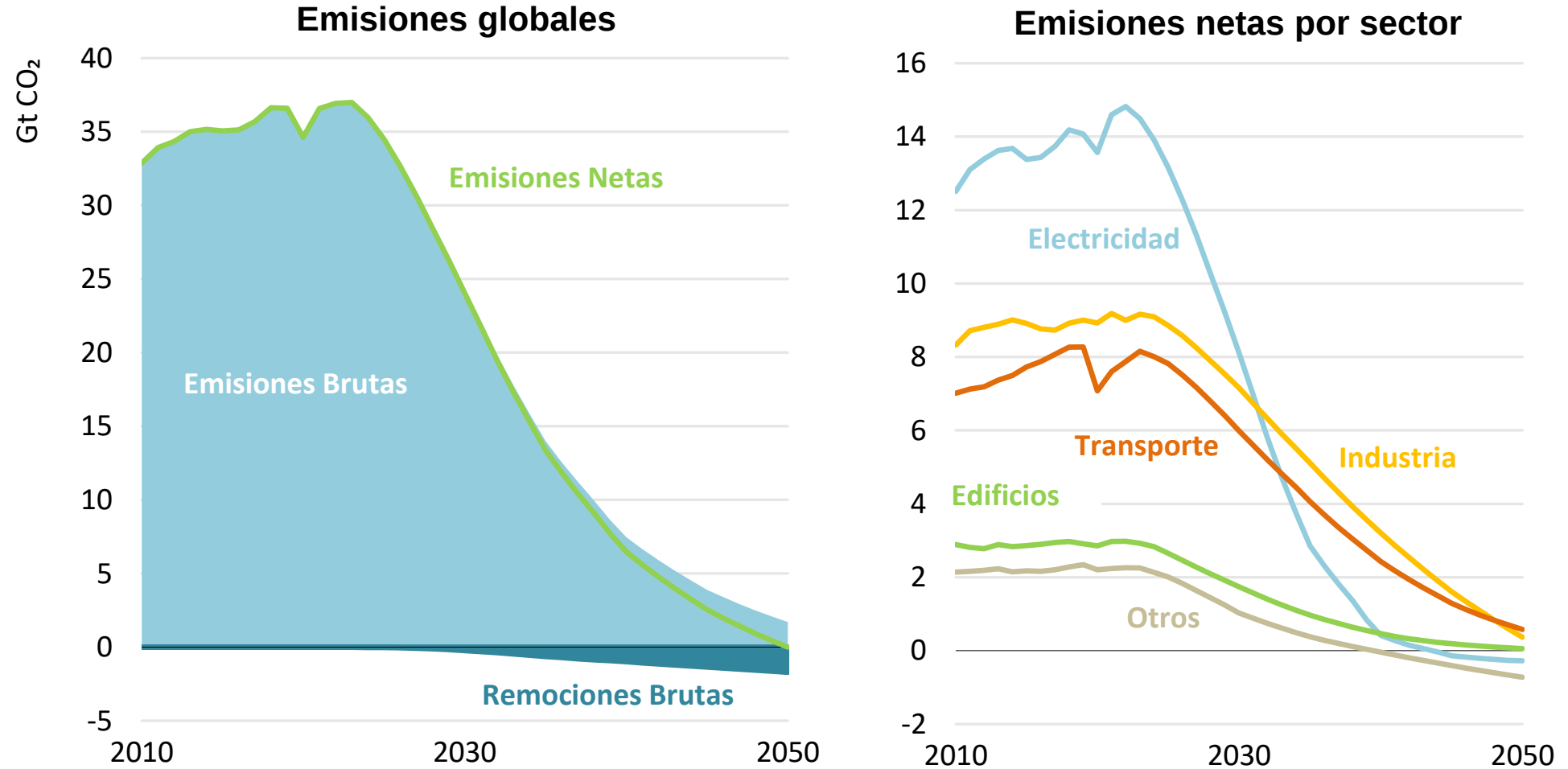
Calefacción y aire
acondicionado



Procesos
industriales

El sector eléctrico juega un rol clave en la descarbonización global

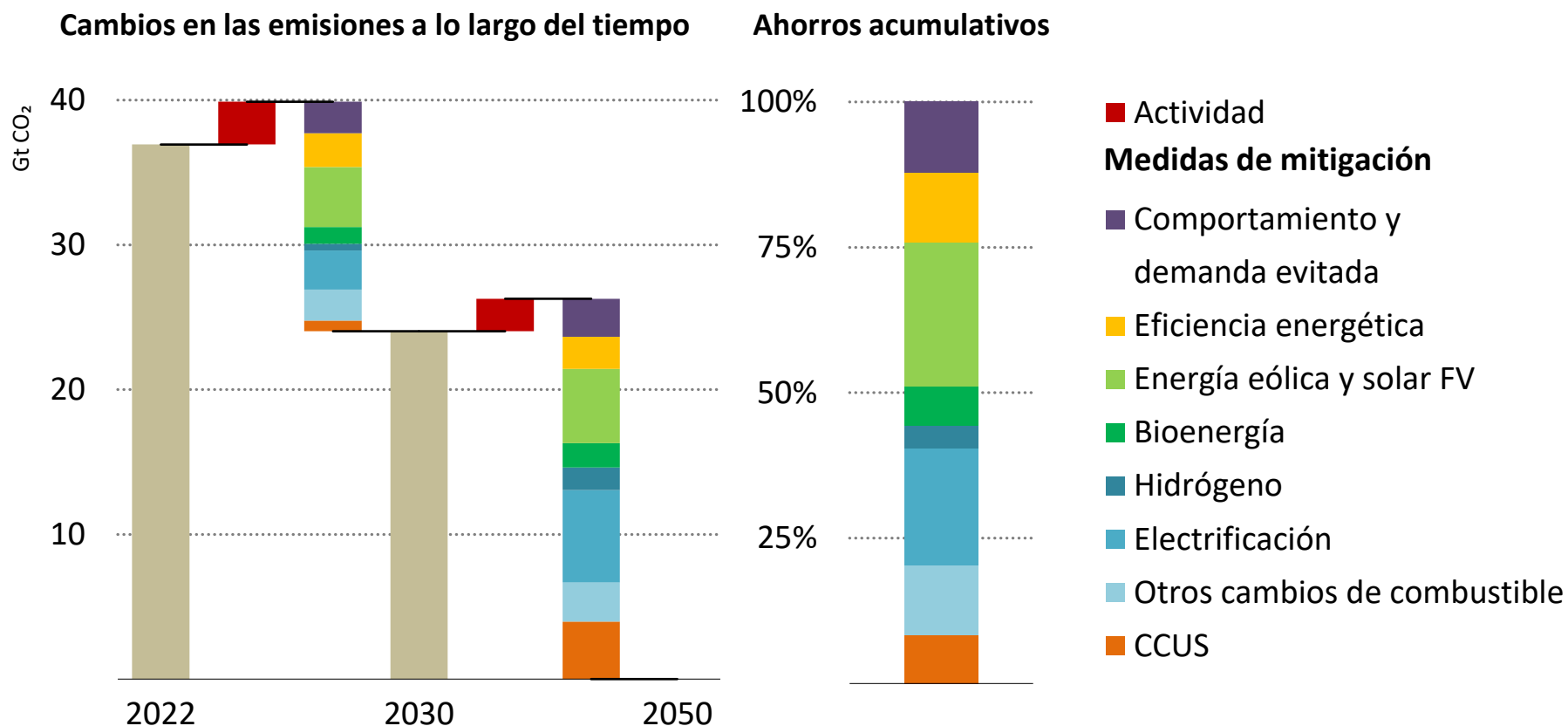
Emisiones de CO₂ globales del sector energía en el Escenario de Emisiones Netas Cero para 2050, 2010-2050



En nuestro escenario en línea con el cumplimiento del Acuerdo de París, el sector eléctrico pasa de ser el sector con mayores emisiones hoy en día a ser la punta de lanza de la descarbonización.

El sector eléctrico es un habilitante clave para muchas medidas de mitigación

Reducciones de emisiones de CO₂ por medida de mitigación en el escenario NZE, 2022-2050



El sector eléctrico va a ser un habilitante de muchas de estas medidas de mitigación, ya sea desde el lado de la generación o desde la demanda de electricidad.

2) Generación de energía eléctrica

Inicios de la industria del sector eléctrico

- La primera planta commercial de generación eléctrica fue abierta en 1882 en Manhattan, Nueva York.
- Inicialmente, esta planta en base a carbon suplía alumbrado para más de 80 clientes.
- En 1900, ya había al menos 30 compañías de electricidad en Manhattan
- Desde ese entonces, la cantidad y la eficiencia de las tecnologías de generación han crecido muchísimo.

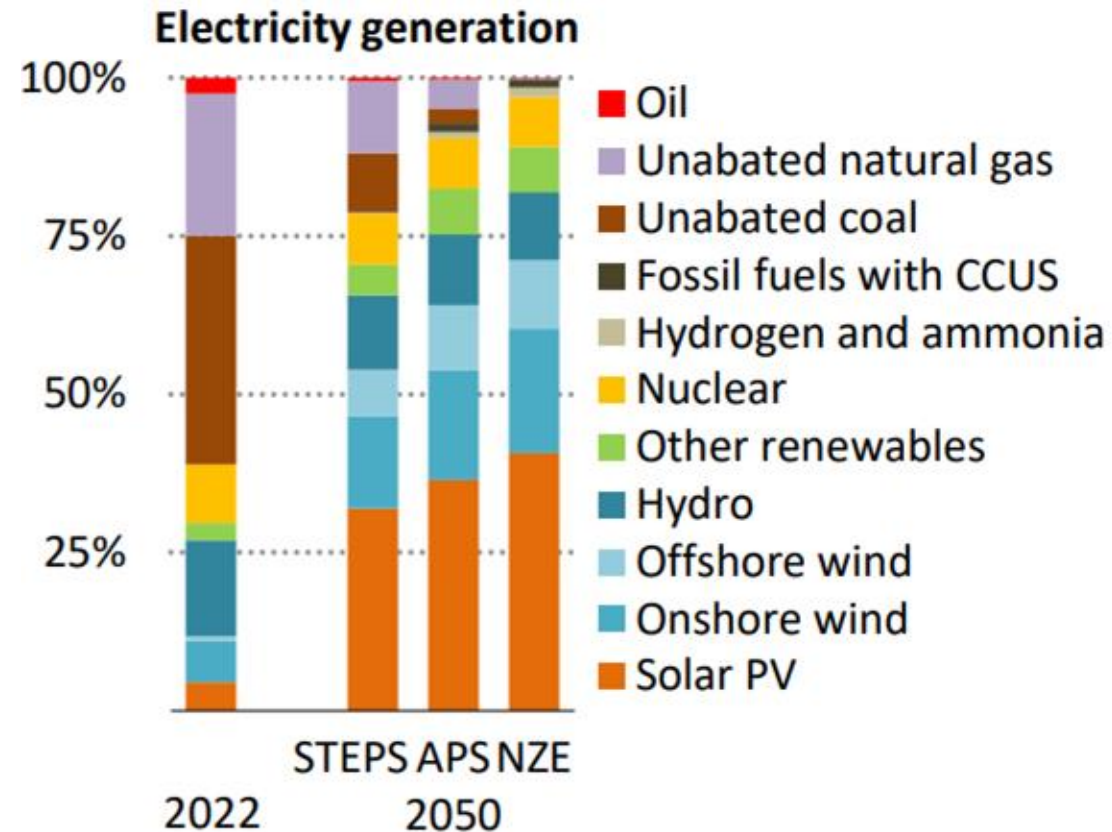


Pearl Street Station

- Térmicas
- Solar FV
- Hidroeléctrica
- Eólica
- Geotérmica
- Mareomotriz

El sector eléctrico progresa hacia una descarbonización profunda

Mix de generación eléctrica global por escenario, 2022-2050



Las fuentes bajas en emisiones representan alrededor de 30% de la generación hoy, pero llegan a suplir casi el 100% en uno de nuestros escenarios en 2050.

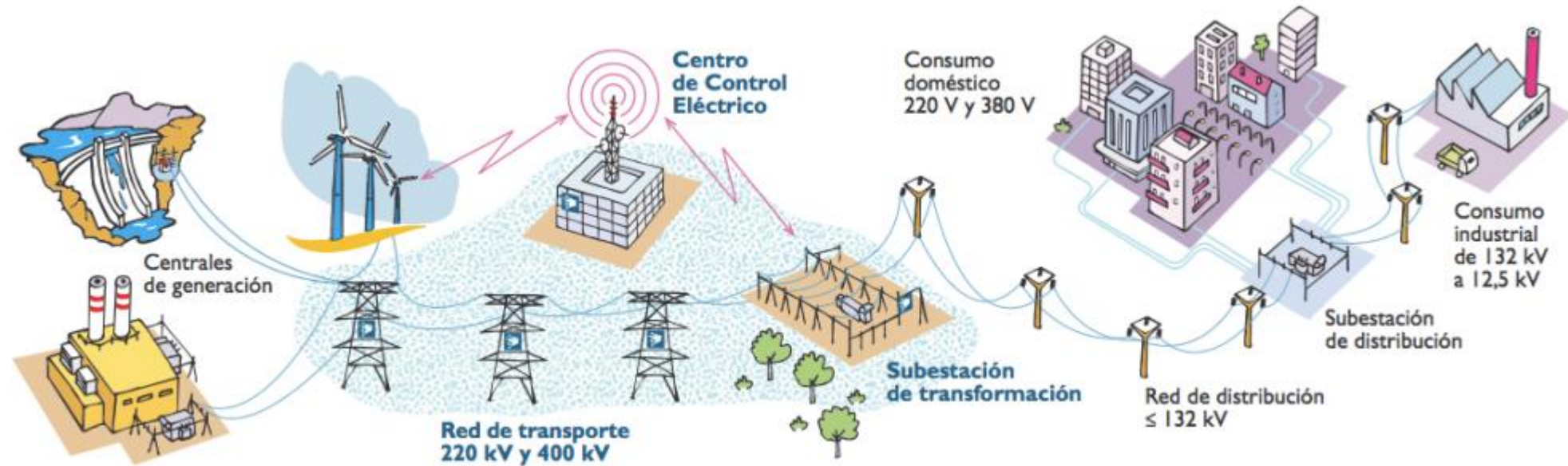
3) Almacenamiento de energía eléctrica

- Baterías
- Solar CSP
- Hidráulica de bombeo

- Baterías
- Solar CSP
- Hidráulica de bombeo

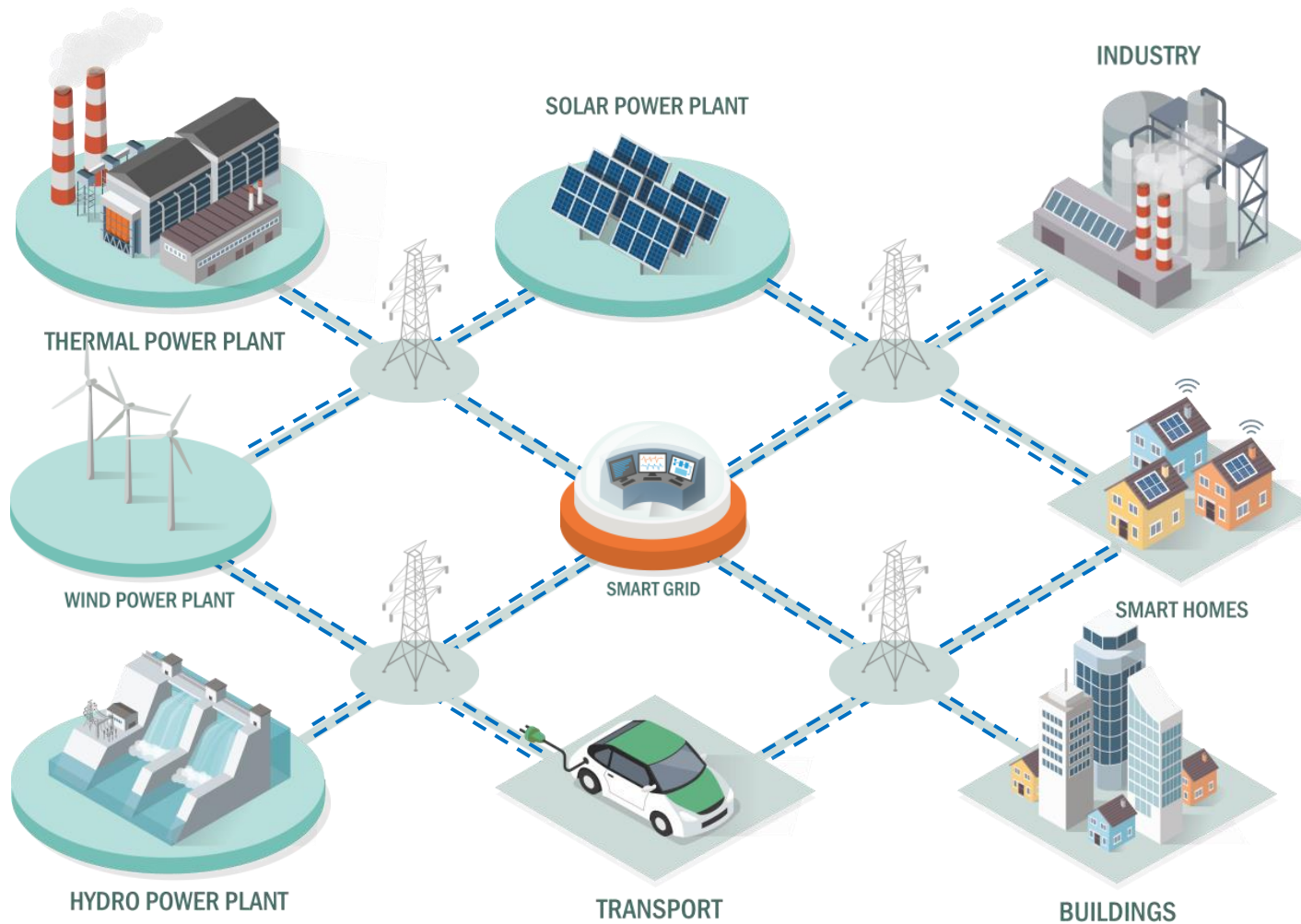
4) Redes eléctricas

Las redes eléctricas conectan generación con consumo eléctrico



Las redes eléctricas permiten transportar la electricidad desde donde se genera hacia donde se produce. Son sistemas complejos que involucran la interacción de muchos dispositivos y actores.

El panorama del sector eléctrico está cambiando profundamente



Sistema tradicional

Centralizado/despachable

Altos niveles de inercia y estabilidad

Planificación central

Flujos unidireccionales de energía/datos

Redes cerradas, pocos dispositivos



Nuevo paradigma

Generación variable y descentralizada

Baja inercia proveniente de máquinas giratorias

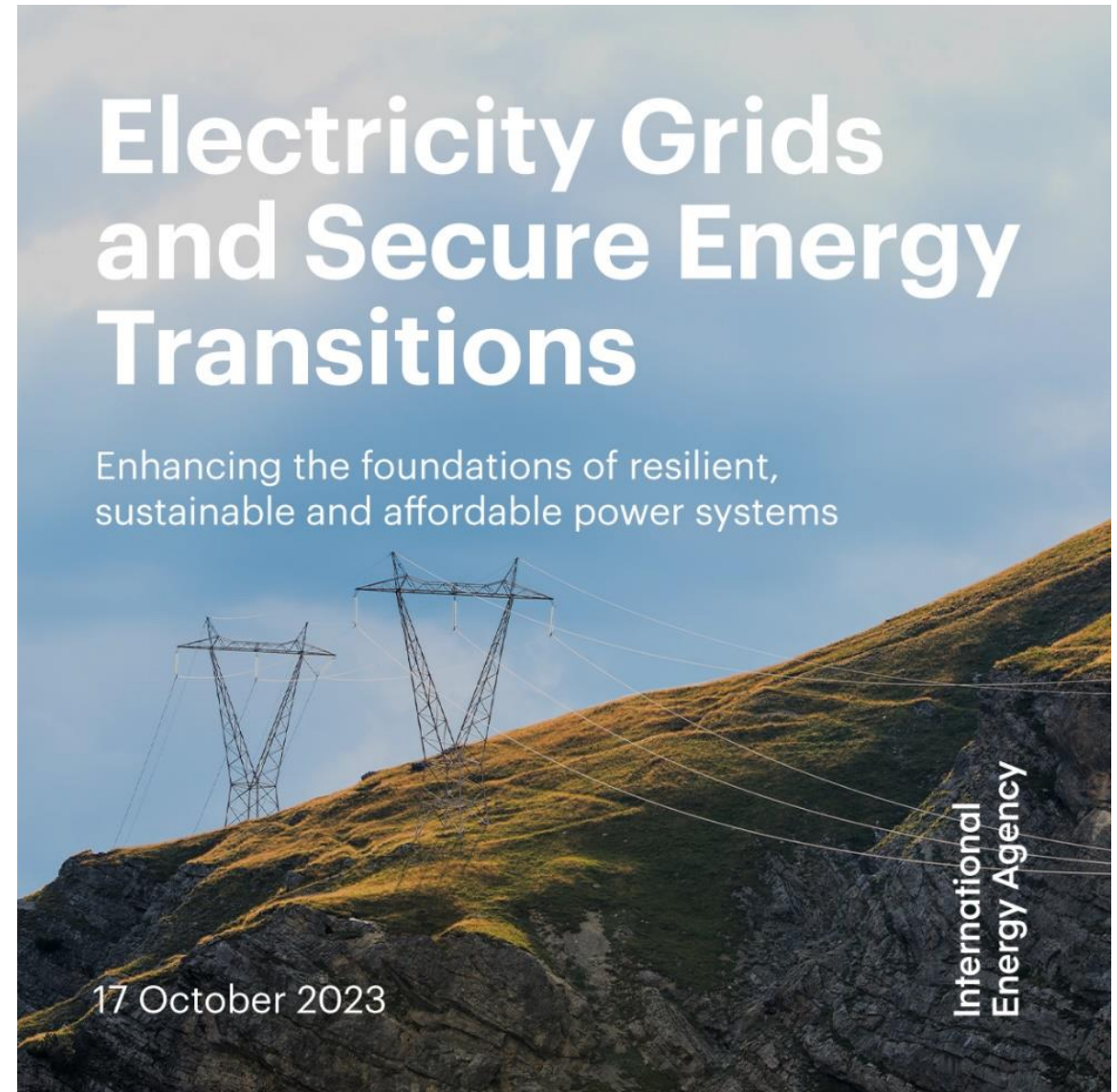
Actores múltiples/mercados competitivos

Flujos bidireccionales de energía/datos

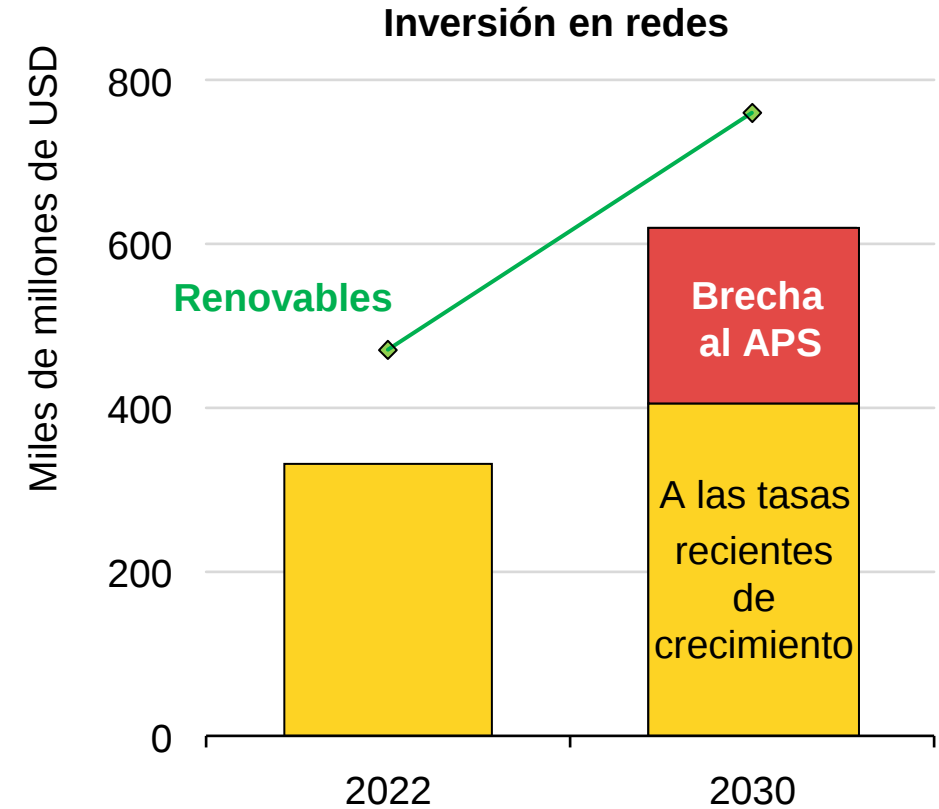
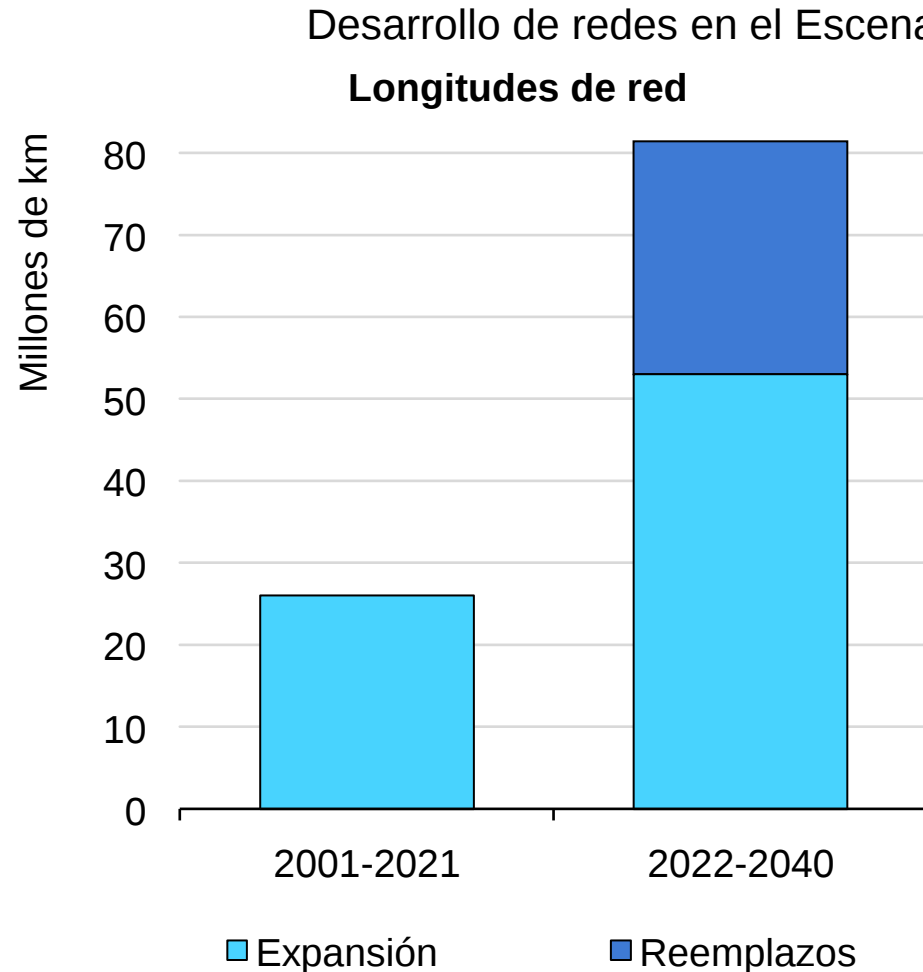
Redes abiertas y muchos dispositivos

Patrones climáticos cambiantes

- La importancia de las redes eléctricas está creciendo a medida que la demanda por electricidad limpia crece
- Hay signos de que las redes no están siguiendo el ritmo de crecimiento de la demanda y las renovables
- Se requieren inversiones en redes eléctricas por varias razones. Por ejemplo:
 - Para conectar más unidades renovables
 - Por aumento de la demanda asociado al crecimiento económico
 - Para expandir el acceso a la electricidad
 - Para conectar nuevas fuentes de demanda/generación, como vehículos eléctricos, procesos industriales



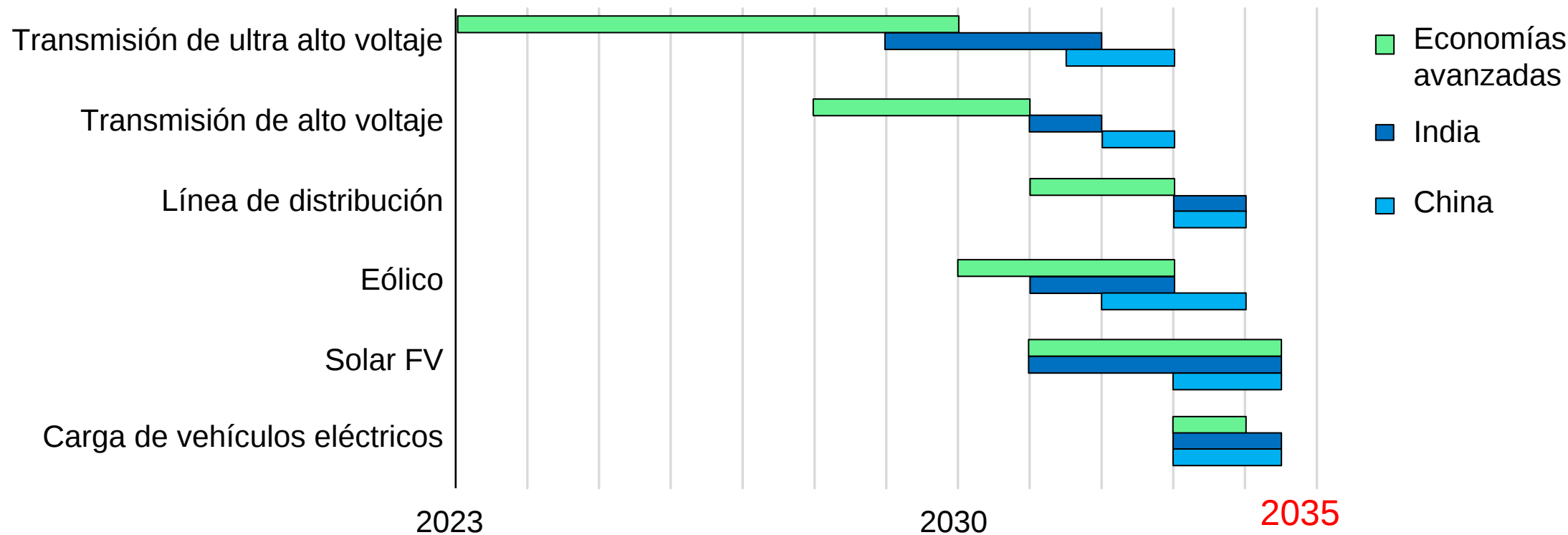
El desarrollo de redes debe acelerarse para seguir a las transiciones



En los próximos 20 años, 80 millones de km deben añadirse o renovarse, tanto como el largo global de las redes hoy. Esto requiere duplicar las inversiones a 2030, siguiendo a las renovables, aumentando necesidades de materiales.

Los largos tiempos de desarrollo requieren planificación avanzada

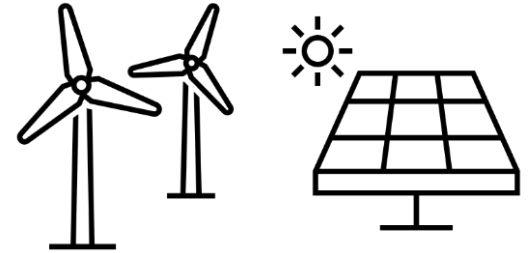
Tiempos de decisión para completar proyectos típicos en 2035 2035



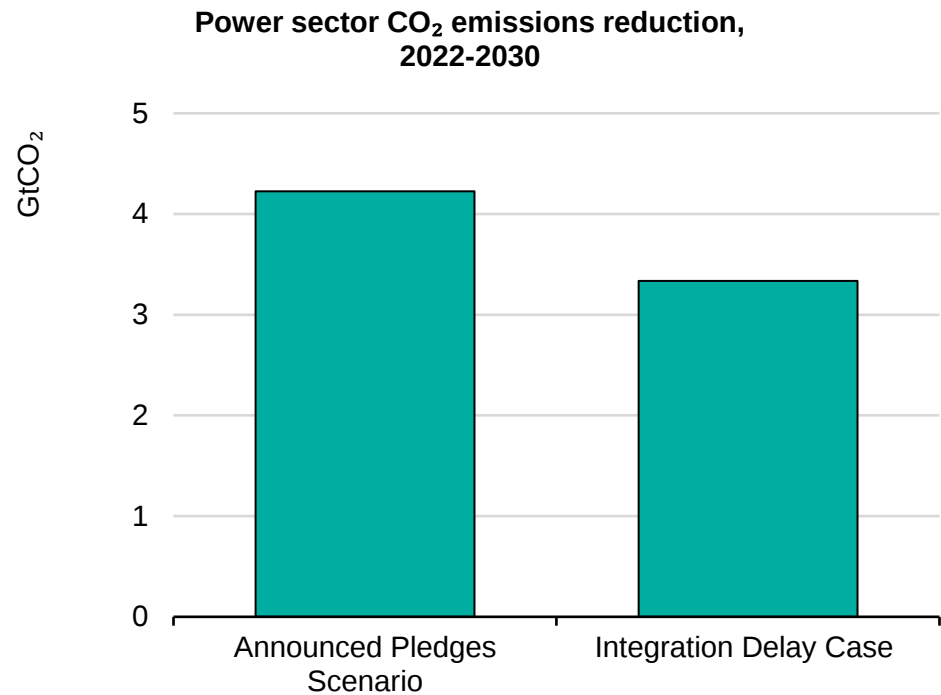
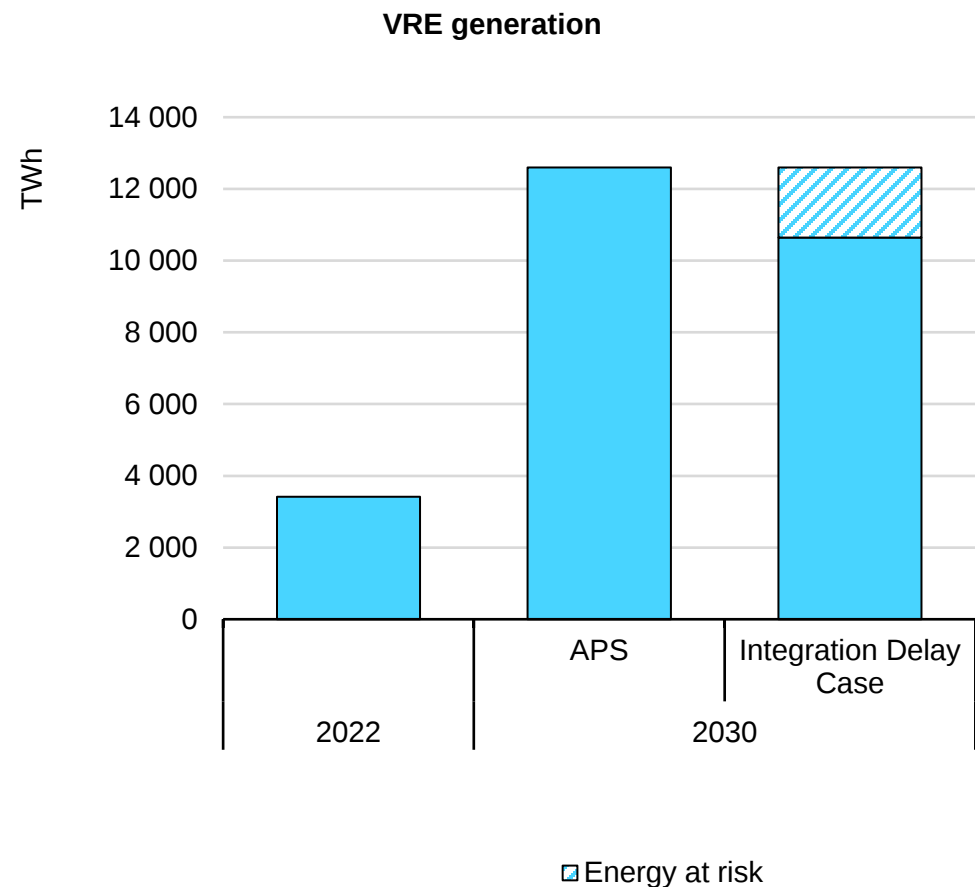
El desarrollo de redes eléctricas es complejo, involucra muchos actores, y puede tomar muchos años, requiriendo decisiones muy adelantadas para apoyar un despliegue más rápido de la electrificación y las renovables.

5) Integración de energías renovables

- Se necesita mantener siempre un balance entre producción y demanda eléctrica para garantizar la seguridad del suministro.
- 4 características
 - Variabilidad/incertidumbre: la irradiación solar y el viento son variables e inciertos
 - Desajuste geográfico: usualmente los mejores recursos están lejos de las ciudades
 - Decentralización: usualmente un mayor n° de unidades más pequeñas
 - Interfaz no síncrona: usando tecnología tradicional, no aportan tanto a la estabilidad como las fuentes tradicionales
- Muchos países ya han implementado exitosamente medidas en sus sistemas/mercados eléctricos que se hacen cargo de estas características



Delaying VRE integration can have significant consequences



APS = Announced Pledges Scenario

If this decrease is compensated by increased reliance on fossil fuels, it could lead to up to a 20% smaller reduction of CO₂ emissions in the power sector out to 2030, putting electricity affordability and climate targets at risk.

6) Integración eléctrica regional

Beneficio

Ejemplos



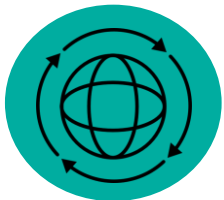
Eficiencia
(asequibilidad)

- 34 mil MM EUR de beneficios por la integración eléctrica regional en Europa en 2021
- Potencial ahorro de 2 mil MM USD/año con comercio ilimitado en Sudamérica hoy



Seguridad

- Exportación Uruguay-Brasil (2021)
- Exportación Colombia-Ecuador (2023)
- Francia: importador neto debido a problemas en flota nuclear (2022)

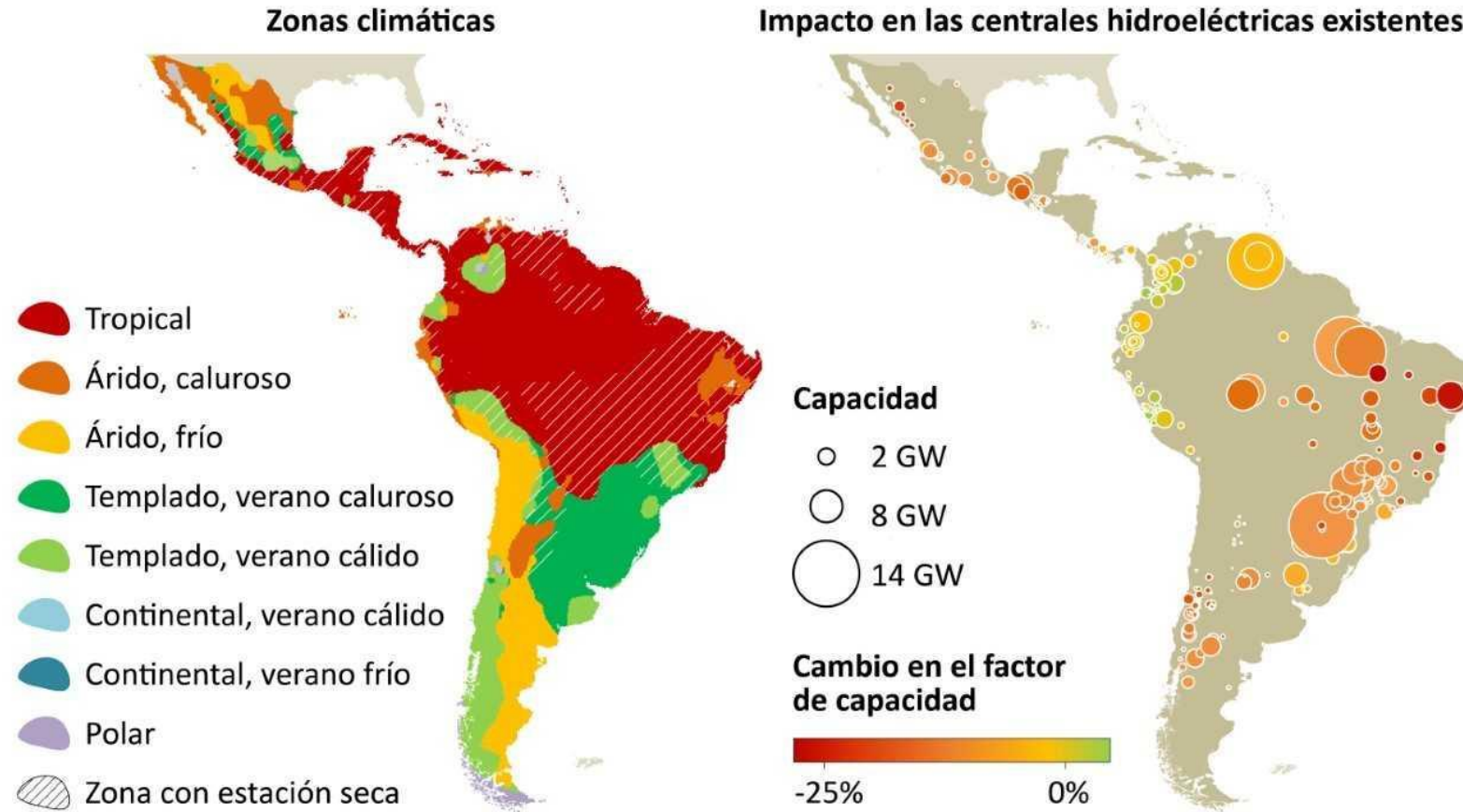


Descarbonización

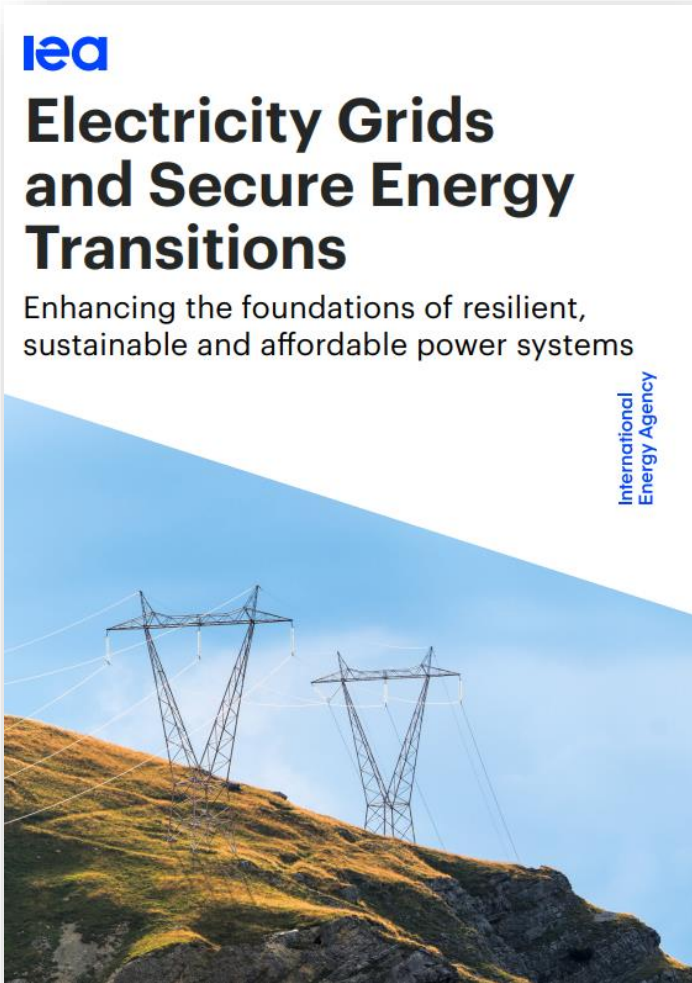
- Comercio de generación hidroeléctrica y geotérmica en Centroamérica

Una mayor integración eléctrica puede aportar resiliencia climática

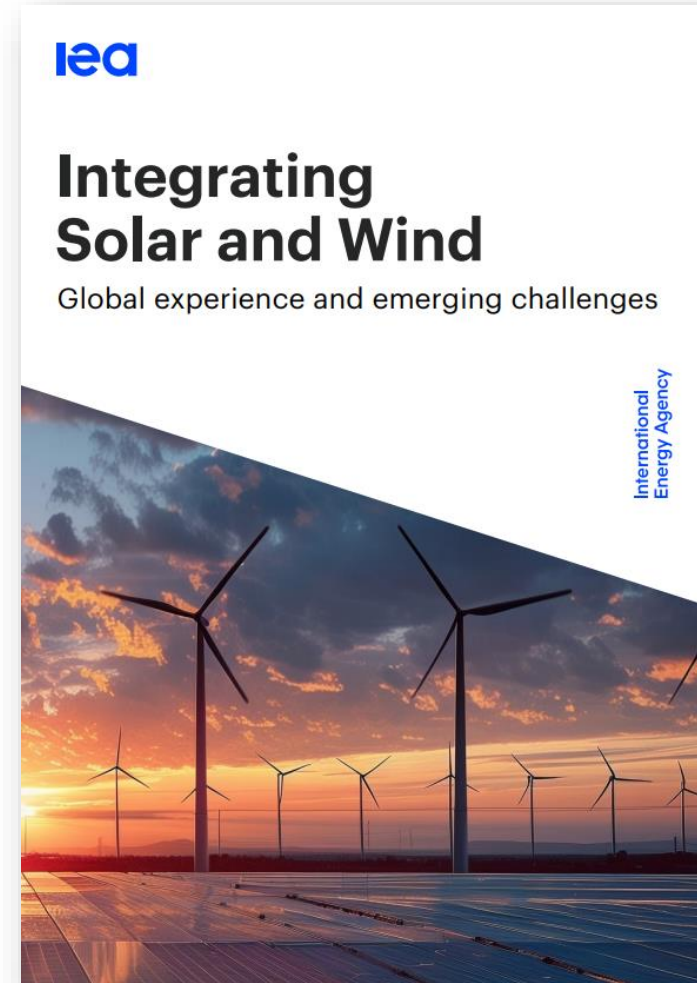
Zonas climáticas actuales (izquierda) y cambios operacionales en las centrales hidroeléctricas existentes en 2040-2060 en relación con 1970-2000, escenario de RCP 2,6 del IPCC (derecha)



Zonas climáticas cambiantes y posibles impactos del cambio climático en la hidroelectricidad sugieren beneficios de aumentar el comercio internacional de electricidad.



Electricity Grids and Secure Energy Transitions



Integrating Solar and Wind



ACADEMIA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

ORGANIZA



UNO.CINCO°



ORGANIZACIÓN
LATINOAMERICANA
DE ENERGÍA



Instituto
de Estudios
Internacionales

COLABORA



NDC 
PARTNERSHIP



iea
International
Energy Agency



Observatório
Latino Americano
da Geopolítica
Energética

**youth4
energy**

RedPE
Red de Pobreza Energética

II PÓLux
Agencia

VRE system costs: GRID costs and BALANCING costs



PV vs CCGT



- *Location constraints* of VRE can bring additional costs compared with a reference such as;
 - **Transmission network upgrade** to ensure sufficient capacity during peak generation
 - **Connection cost** to connect VRE plant to closest substation



these costs are called **GRID costs**



- *Uncertainty of VRE* can bring additional costs compared with a reference such as:

- **Efficiency penalty** at part-load operation to accommodate VRE
- **Start and shut-down** of thermal generators to accommodate VRE



these costs are called **BALANCING costs**



Widely adopted VRE integration measures are often straightforward



Power plant capability

- Retrofit conventional power plants
- Flexible offtake and upstream fuel contracts
- Increase VRE technical requirements



Forecasting

- VRE generation
- Net load
- Power flows



Demand side measures

- Industrial
- Commercial
- Residential
- Steer location of new demand



Grid capacity and use

- Increase redundancy
- Reinforcement
- Allow VRE curtailment
- Power flow control
- Steer location of new VRE
- Install stability support devices



System balancing

- Least-cost dispatch
- Allow VRE curtailment
- Higher granularity decision points
- Establish balancing/ancillary market
- Wide-area balancing
- Capacity mechanism



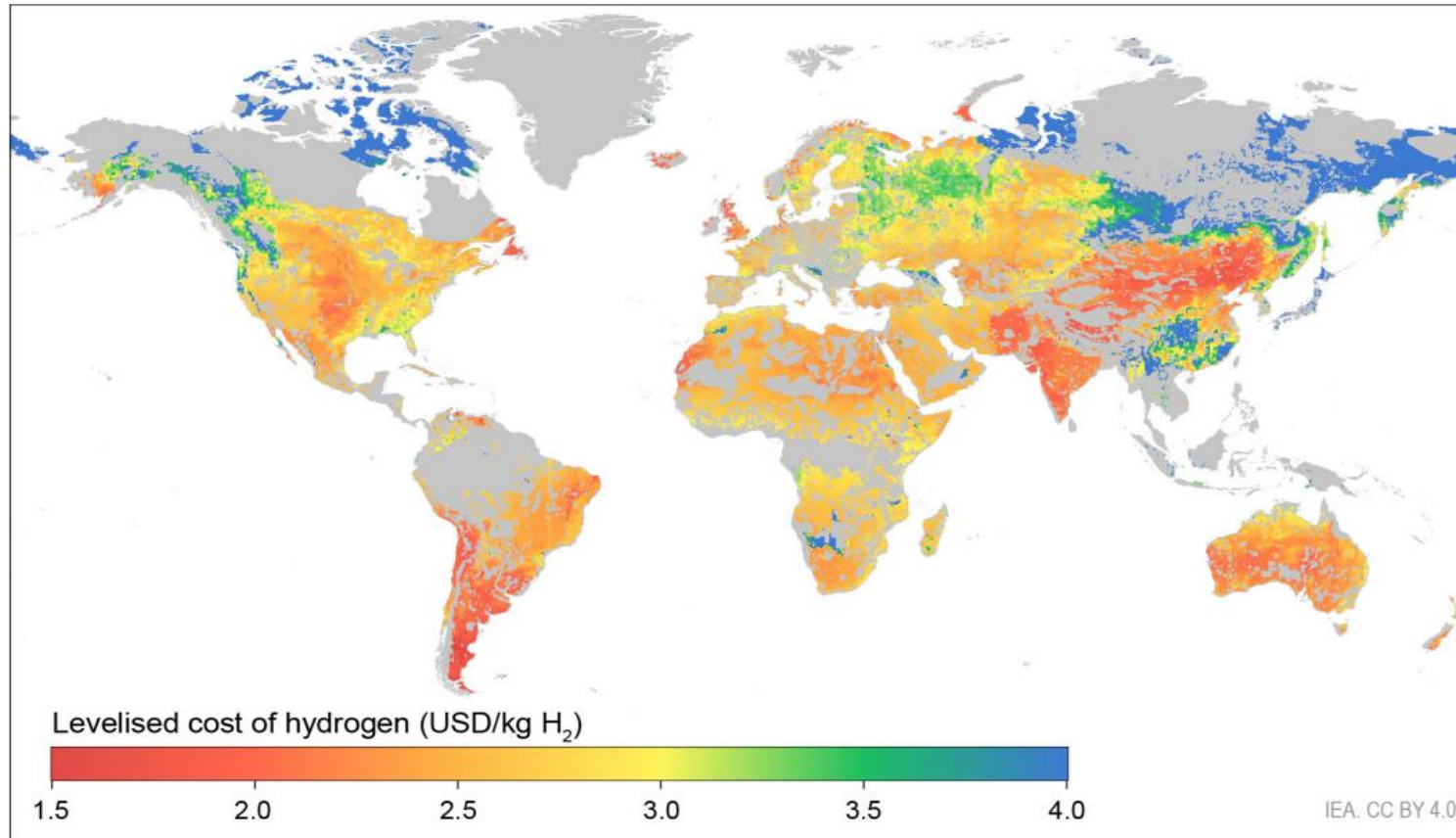
Storage

- Pumped hydro
- Battery energy storage
- Long-duration storage

Commonly practices involve modifications to existing assets or operational arrangements that increase flexibility.

Muchos países cuentan con excelentes recursos de energía renovable

Costos de producción de hidrógeno en base a proyectos solares FV y eólicos, 2030, escenario NZE

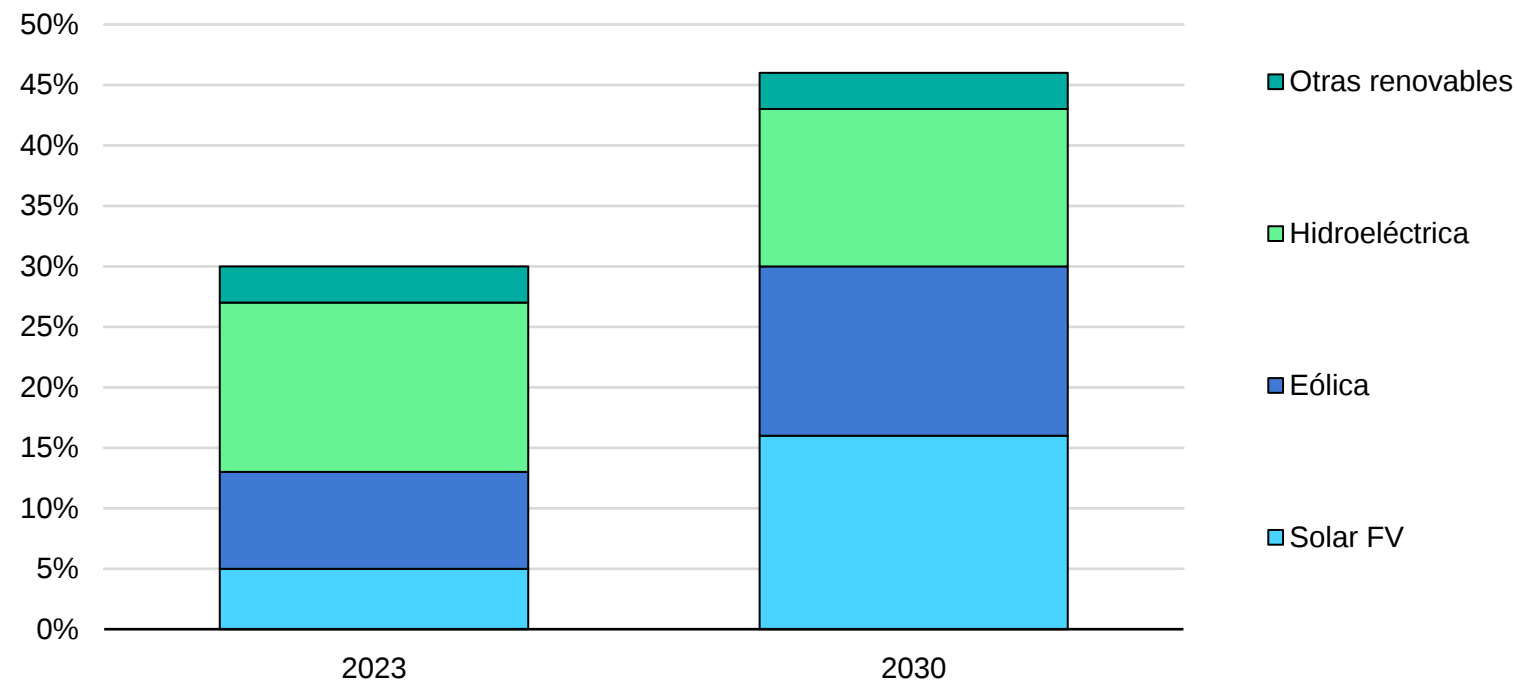


Fuente: IEA Global Hydrogen Review 2023

Muchas regiones alrededor del mundo tienen excelentes recursos renovables para producir electricidad e hidrógeno a costos competitivos y con bajas/nulas emisiones.

La generación renovable irá tomando un rol cada vez mayor

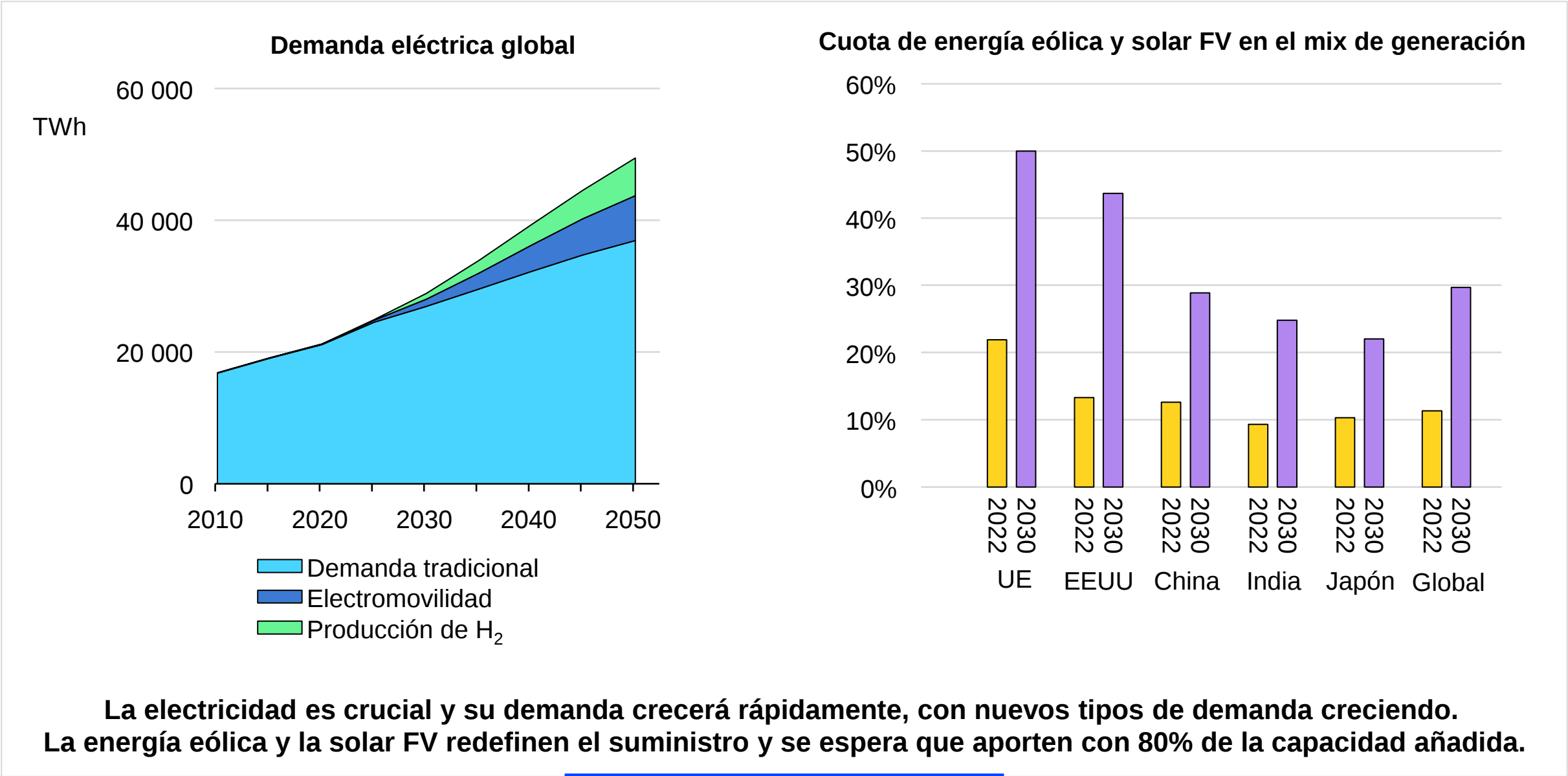
Generación eléctrica global por tecnología, caso base, 2023-2030



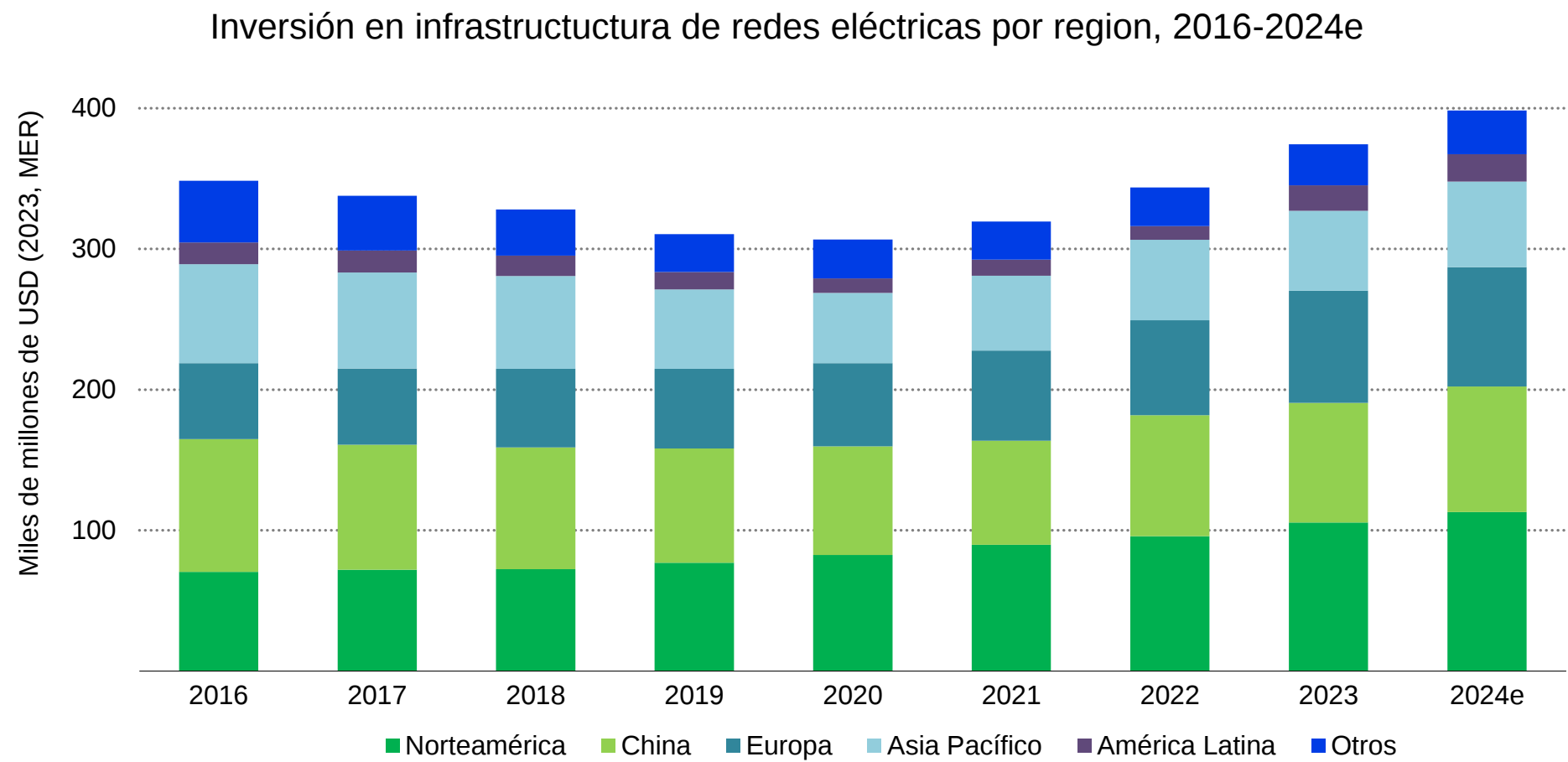
Fuente: IEA Renewables 2023

La electricidad renovable total crece desde una cuota de 30% en 2023 al 45% en 2030.
La fuentes renovables variables, como solar FV y eólica, suben de 13% en 2023 a 30% en 2030.

La naturaleza de los sistemas eléctricos está cambiando



Las inversiones en redes eléctricas van al alza desde 2021



Las inversiones en redes eléctricas han crecido lentamente y ahora llegan casi a USD 300 mil millones anuales, pero deben seguir creciendo para que el mundo siga en una trayectoria donde se cumplen los compromisos energéticos

Avances en integración eléctrica regional en ALC

Tres plantas hidroeléctricas de propiedad compartida

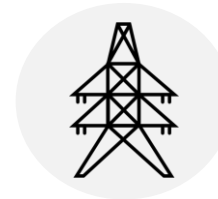
15+ interconexiones operativas

Mercado integrado regional (MER)

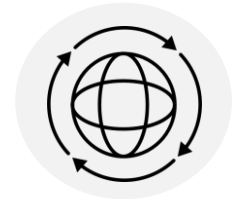
Intercambios bilaterales entre países



Eficiencia
(asequibilidad)



Seguridad



Descarbonización