

Desafíos de la transición hacia las energías renovables



AGENDA

- **Escenario Global**

- ¿Cuál es el problema y cuál es su escala?
- ¿Hacia dónde vamos y hacia dónde deberíamos ir?
- ¿Por qué necesitamos energías Renovables?
- ¿Cómo alcanzamos los objetivos requeridos?
- Resumen

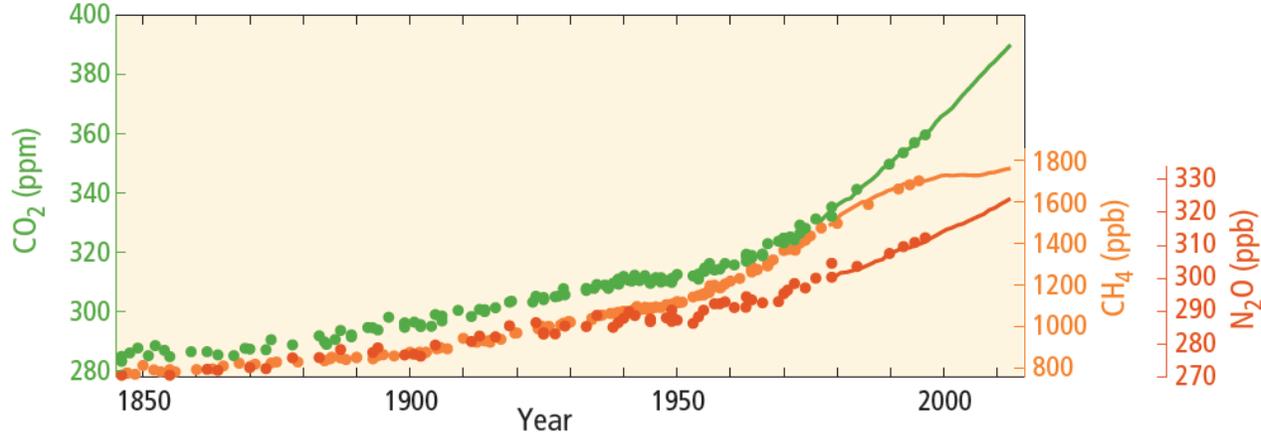
- **¿Qué ocurre con las energías renovables?**

- Desafío económico
- Desafío técnico

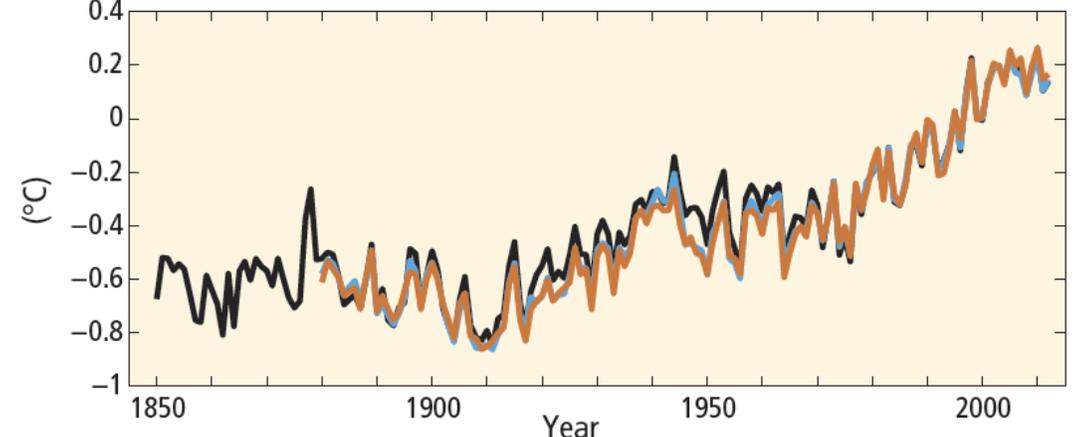
- **Conclusiones**

¿Cuál es el problema?

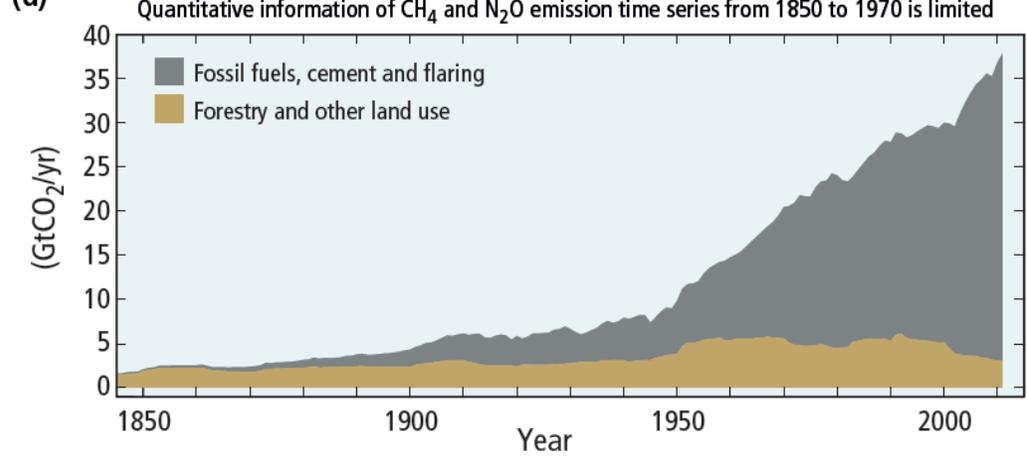
(c) Globally averaged greenhouse gas concentrations



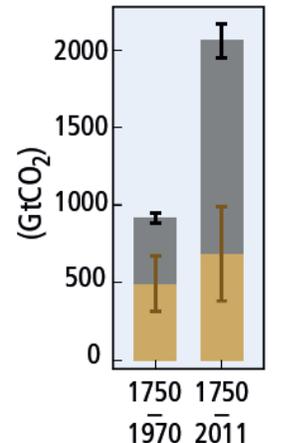
(a) Globally averaged combined land and ocean surface temperature anomaly



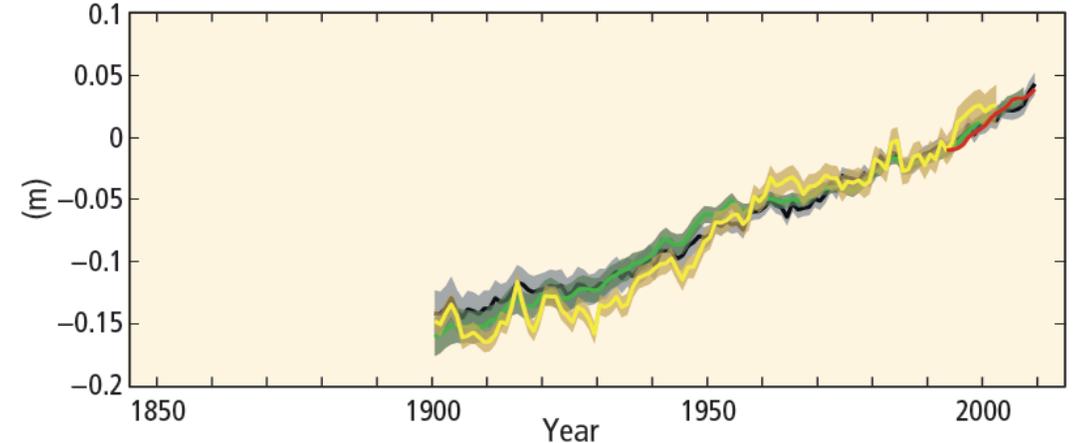
(d) Global anthropogenic CO₂ emissions



Cumulative CO₂ emissions



(b) Globally averaged sea level change

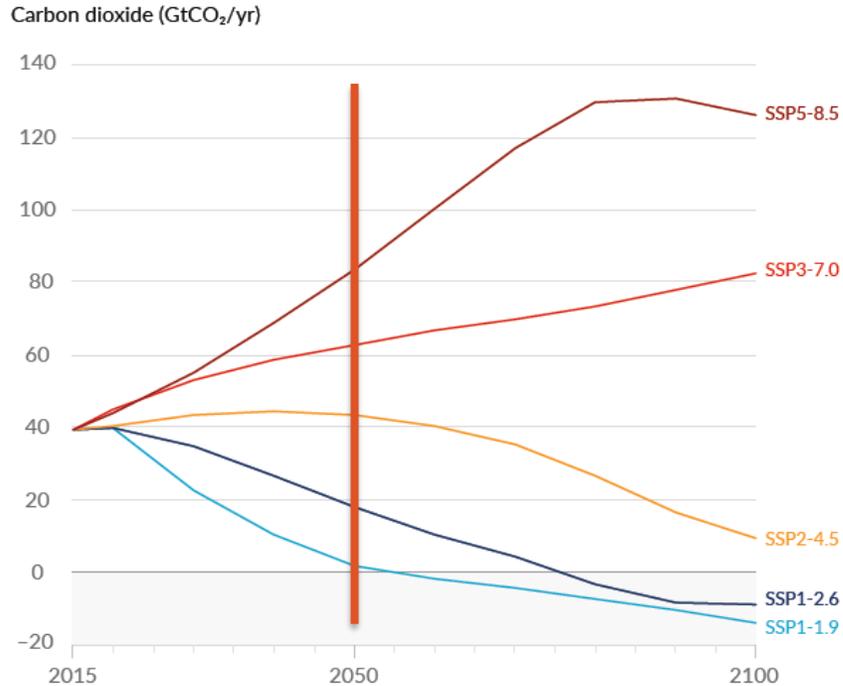


NO HAY DUDAS ¡¡¡El cambio climático es resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la actividad humana!!!!

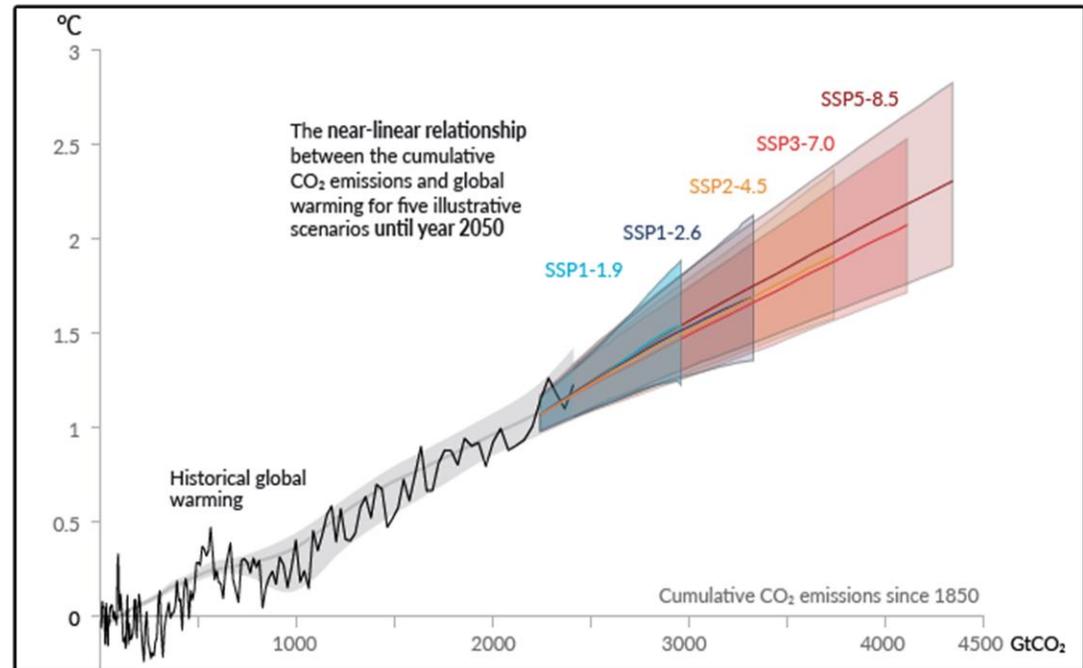
¿Hacia dónde vamos y a dónde tenemos que ir?

Objetivo Cero Emisiones - 2050

Proyección de emisiones GEI bajo diferentes proyecciones de políticas futuras



Temperatura de superficie global relativa a 1850-1900 [°C] como función de emisiones GEI acumuladas [GtCO₂]



- La proyección de emisiones de GEI resultante del escenario actual y políticas ya comprometidas, resultaría en un incremento de la temperatura global media de 2.5 °C.
- Para evitar los escenarios mas drásticos proyectados por la comunidad científica global tenemos que alcanzar la carbono neutralidad alrededor 2050

¿Cuál es el problema?

Impacto del cambio climático

Impacto en Ecosistemas

Ecosystems	Changes in ecosystem structure			Species range shifts			Changes in timing (phenology)		
	Terrestrial	Freshwater	Ocean	Terrestrial	Freshwater	Ocean	Terrestrial	Freshwater	Ocean
Global	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Africa	●	●	●	●	○	●	○	●	●
Asia	●	●	●	○	●	○	○	●	●
Australasia	●	○	●	●	○	●	●	○	●
Central and South America	●	●	●	●	●	●	○	○	○
Europe	●	●	●	●	●	●	●	●	●
North America	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Small Islands	●	●	●	●	●	●	○	○	●
Arctic	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Antarctic	●	○	●	●	○	●	●	○	○
Mediterranean region	●	○	●	●	●	●	●	○	●
Tropical forests	●	○	na	●	○	na	○	○	na
Mountain regions	●	●	na	●	●	na	●	○	na
Deserts	●	na	na	●	na	na	○	na	na
Biodiversity hotspots	●	○	●	●	○	●	●	○	not assessed

Confidence in attribution to climate change

- High or very high
- Medium
- Low
- Evidence limited insufficient
- na Not applicable

Impacts to human systems in panel (b)

- Increasing adverse impacts
- ± Increasing adverse and positive impacts

Impacto en Salud y Bienestar

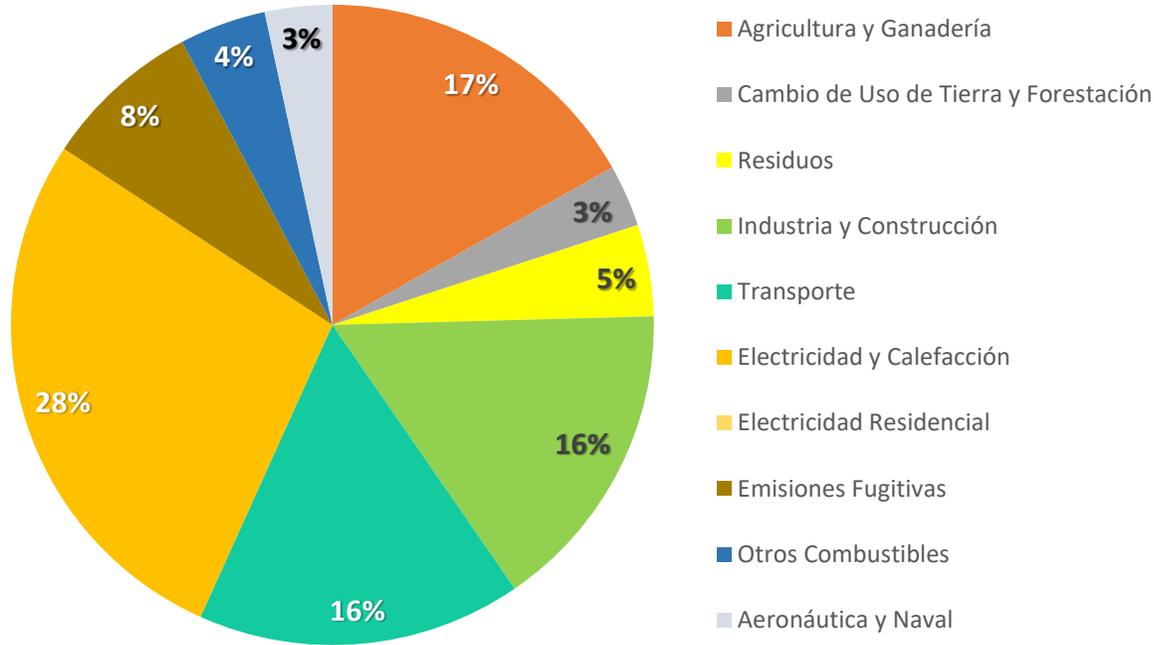
Human systems	Infectious diseases	Heat, malnutrition and other	Mental health	Displacement
	Global	●	●	●
Africa	●	●	○	●
Asia	●	●	●	●
Australasia	○	●	●	not assessed
Central and South America	●	●	not assessed	●
Europe	●	●	●	○
North America	●	●	●	●
Small Islands	○	●	○	●
Arctic	●	●	●	○
Cities by the sea	○	●	not assessed	●
Mediterranean region	○	●	not assessed	○
Mountain regions	●	●	○	●

¡En la mayoría de los Ecosistemas los cambios producidos se deben al Cambio Climático! ¡Todos los impactos en la salud son NEGATIVOS!

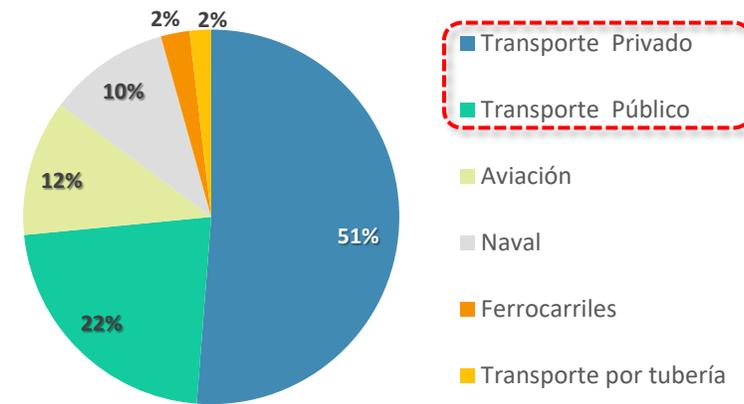
¿Cuál es el origen del problema?

Emisiones de GHG

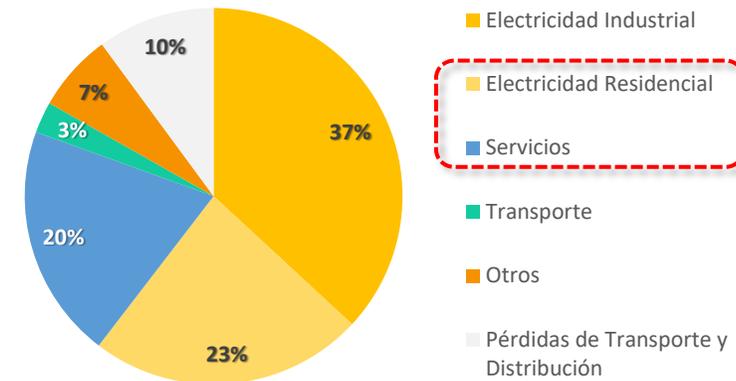
% de Emisiones Mundiales por Sector - 2018



% Emisiones de Transporte por Clase



% Emisiones Energía Eléctrica por Clase



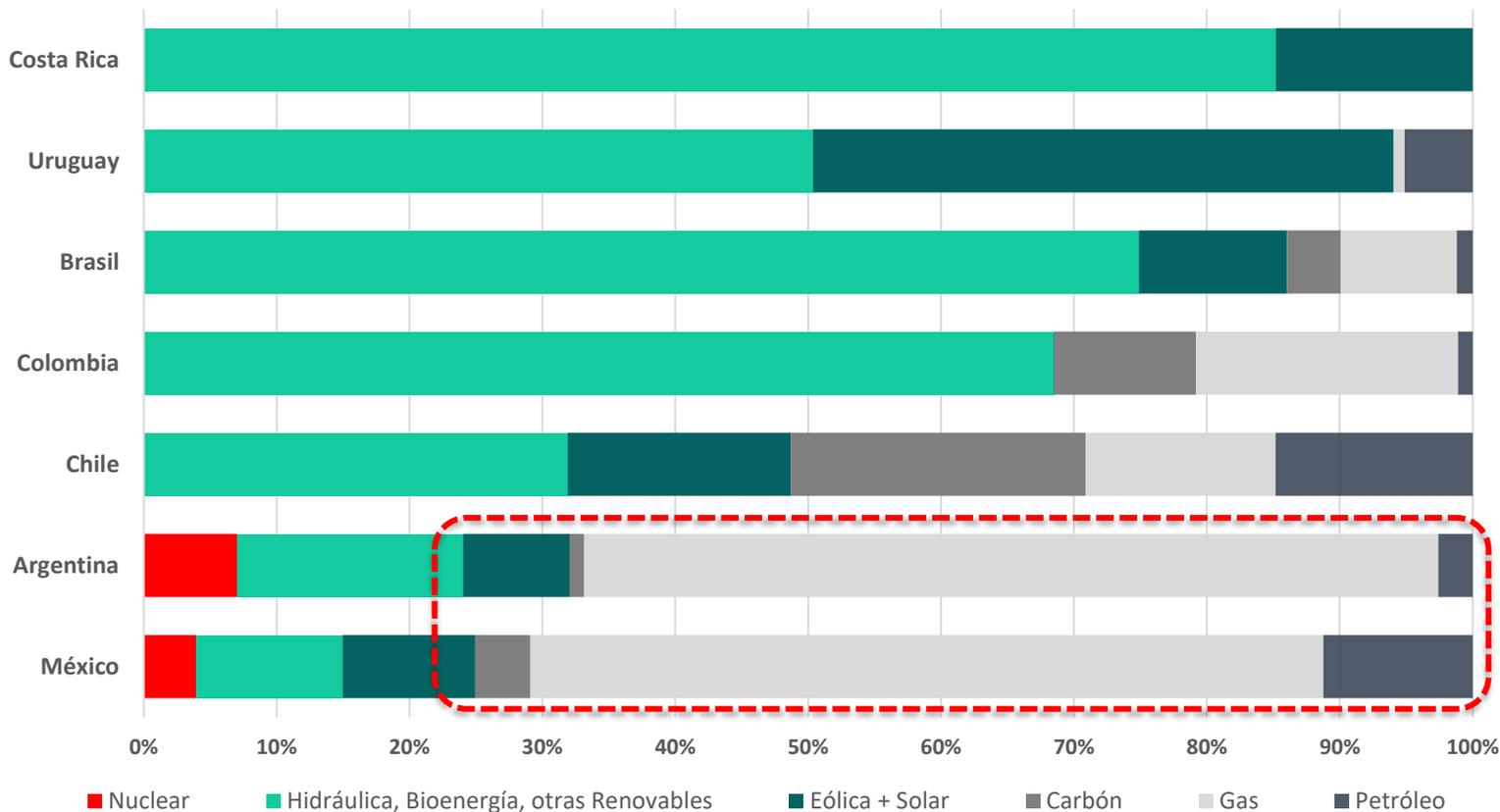
- Las emisiones del sector agropecuario/ganadero provienen de la producción de alimentos que todos consumimos.
- El 50% de las emisiones GEI del sector transporte provienen del uso de vehículos particulares.
- El 43% de las emisiones de generación eléctrica provienen del uso residencial y servicios.
- Todos somos consumidores finales de los productos generados por la industria, por lo tanto, responsables de las emisiones de la misma.

**TODO LO QUE HACEMOS TIENE ASOCIADO UNA HUELLA DE CARBONO
TODOS SOMOS PARTE DEL PROBLEMA Y TODOS TENEMOS QUE SER PARTE DEL SOLUCIÓN**

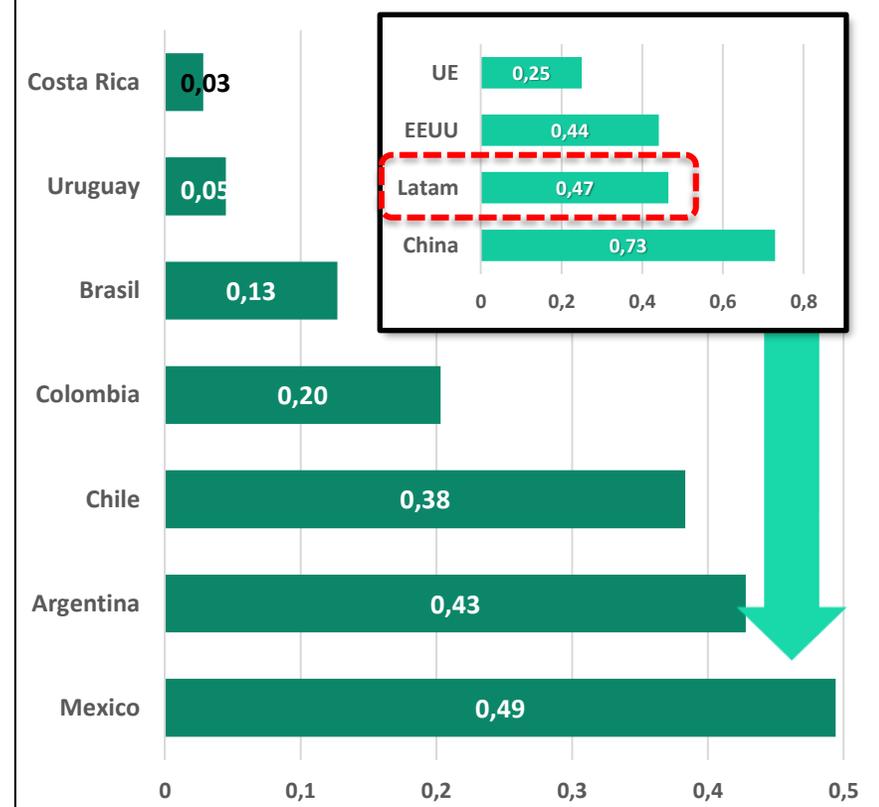
¿Hacia dónde vamos y hacia dónde deberíamos ir?

Generación Energía Eléctrica - LATAM

Generación Energía Eléctrica por País - LATAM - 2020



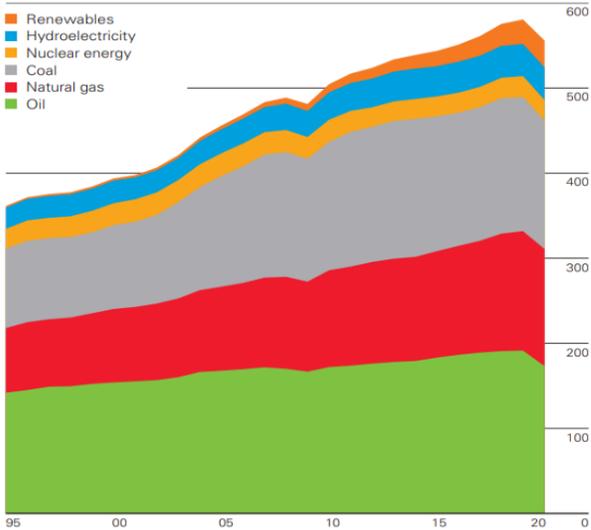
Factor de Emisión [tCO2/MWh]



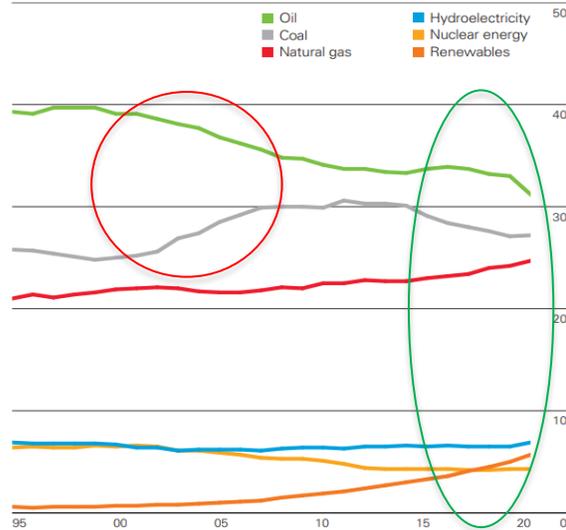
¡Matrices de generación eléctrica con mayor % de Comb. Fósil emiten más CO2 por cada MWh generado!

Matriz energética global

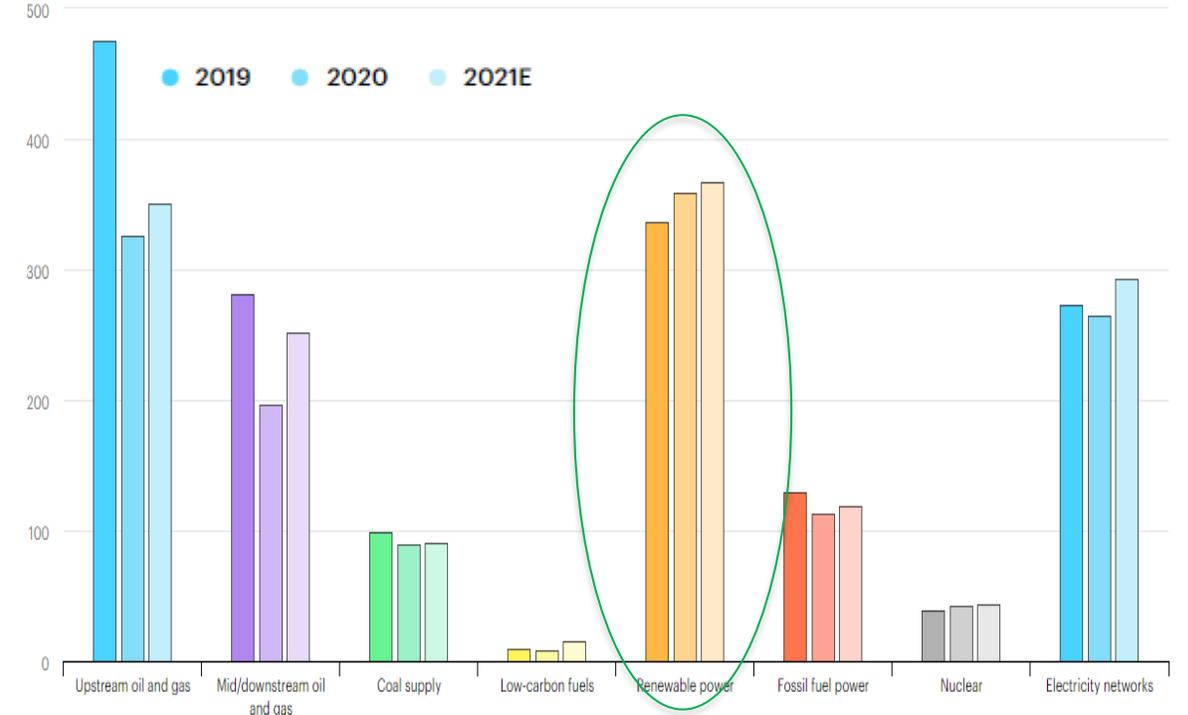
World consumption
Exajoules



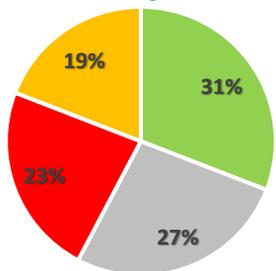
Shares of global primary energy
Percentage



billion USD (2019)

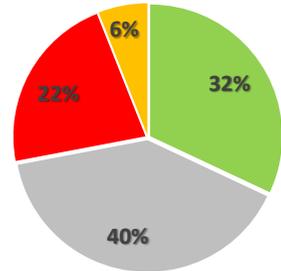


Energía



■ Petróleo ■ Carbón

Emisiones CO2e



■ Gas Natural ■ Otros

¡ ¡ ¡ SOMOS ADICTOS A LOS COMBUSTIBLES FÓSILES!!! ¡El 85% de la energía del mundo proviene de combustibles fósiles!

- Los países BRICS crecieron a base de carbón, cuya emisión específica duplica a la del petróleo y casi triplica la del gas.
- Los últimos dos años las energías renovables han liderado, en términos nominales, las carteras de inversión en energía.
- Sin embargo, solo representan el 6% de la energía mundial.

¿Cuál es la escala del problema?

Unidad de Energía

Carbón entregado en **vagones de carga** para generación de energía eléctrica:

- 1 vagón = 10.000 toneladas de Carbón.
- 100 automóviles, aprox. 1 milla (1.6 km) de longitud.
- Abastece una planta de 500 MW por 2.5 días.

1 QUAD = 4500 vagones de carga



1 QUAD = 70 Tankers



Petróleo distribuido en tankers

- **1 tanker = 1 Millón de barriles de Petróleo.**
- Uso de petróleo actual = 19.3 (US), 0.96 (AU) Millones de barriles por día.
- Abastece una planta de 500 MW por 2.5 días.
- 1 Barril (bl) – 42 US gal (158.99 litros).
- # de Vehículos Registrados; 252M (US), 14.4M (AU)

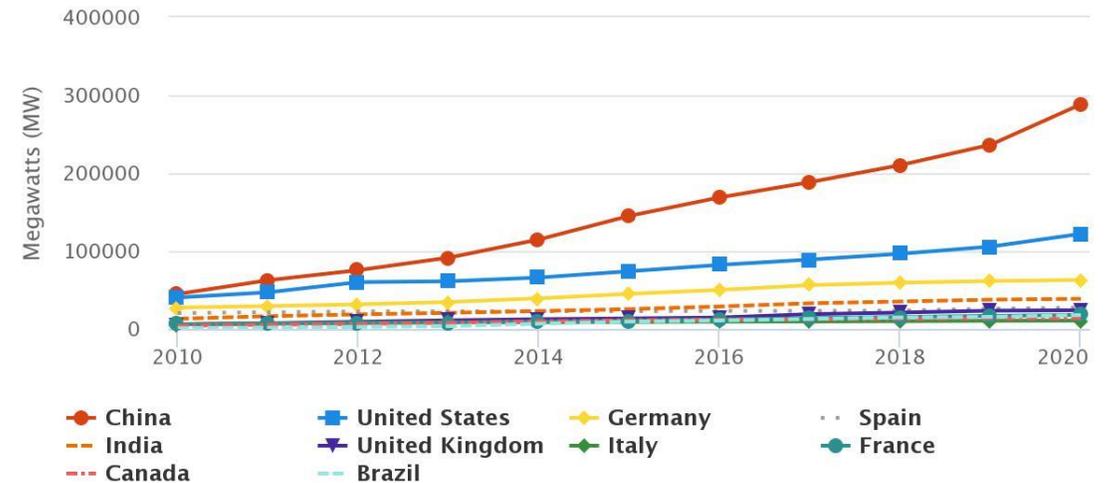
!!!La ESCALA del problema ES EL PROBLEMA!!!

¡¡¡La ESCALA del problema ES EL PROBLEMA!!!

- En el 2020 el mundo consumió 538 quad de energía o 5.7×10^{16} GJ.
- Esto es 1.5 quad por día...
- ¡El **85%** provino de Combustibles Fósiles! = 1.28 quad
- 90 Tanqueros de Petróleo = 1 Mes de generación de Energía Eólica Mundial
- Hoy el Mundo tiene 364.000 turbinas eólicas (0.71%)

International Rankings of Cumulative Wind Power Capacity

Chart data compiled from the Wind Technologies Market Reports from 2010–2019, the Land-Based Wind Market Report: 2021 Edition, and the Global Wind Energy Council for Brazil data from 2010–2013. The United States has the second greatest total of installed wind power capacity with 121,985 GW as of 2020.



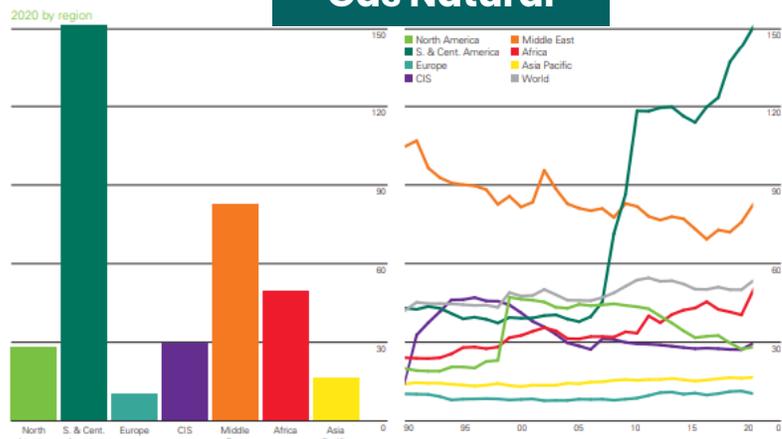
This chart is interactive. You can hover over different data points on the chart to get more information about a specific data point. Click and drag a box around the data to zoom into different parts of the chart.

Highcharts.com

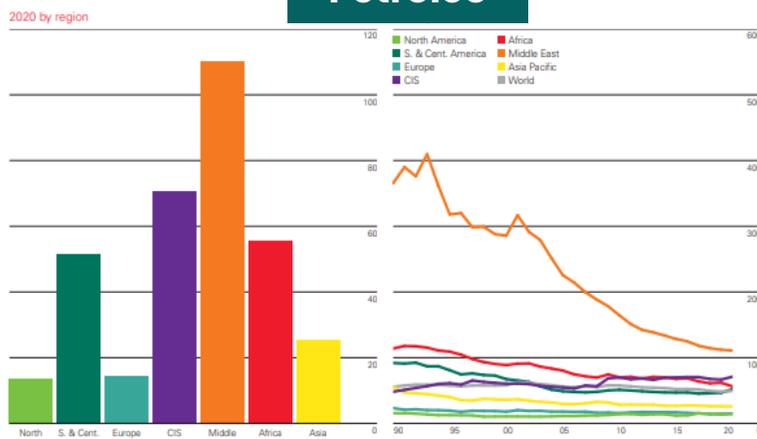
¿Cuándo se acaban los combustibles fósiles?

Ratio R/P: número de años que un recurso natural duraría si la tasa de consumo se mantiene constante

Reserves-to-production (R/P) ratios



Reserves-to-production (R/P) ratios



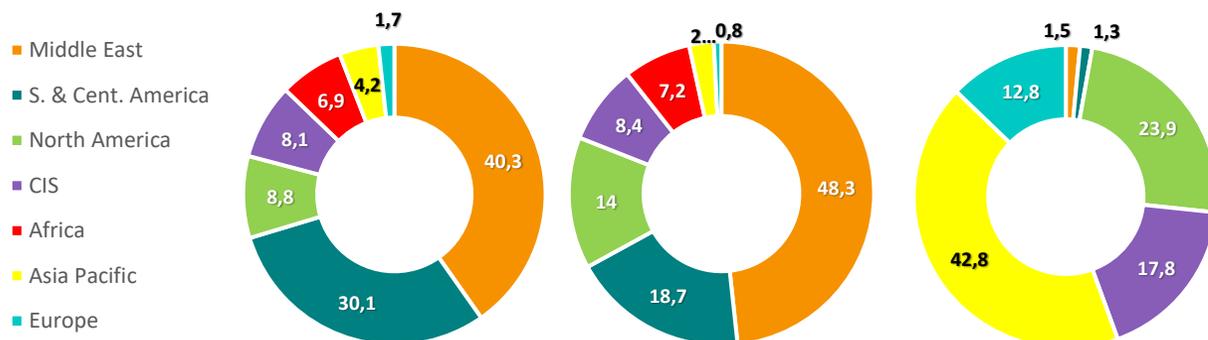
Reserves-to-production (R/P) ratios



Commonwealth of Independent States (CIS): Armenia, Azerbaijan, Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Moldova, Russian Federation, Tajikistan, Turkmenistan, Uzbekistan.

Middle East: Iran, Iraq, Kuwait, Saudi Arabia, UAE

Distribución de Reservas – 2020 – Mil Millones de Barriles de Petrleo / Trillones de Metros Cúbicos Gas / Millones de Toneladas Carbón



Gas Natural – 48 años

Petrleo – 50 años

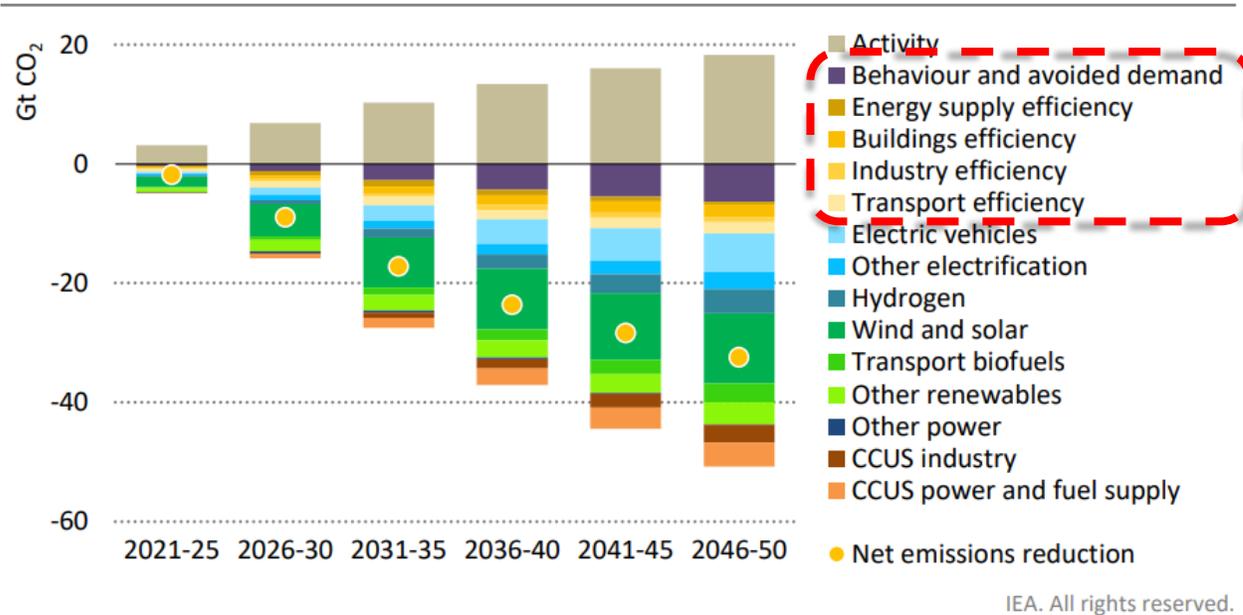
Carbón – 139 años

¡Los combustibles fósiles no son “escasos”!

¿Cómo alcanzamos el objetivo?

Objetivo Cero Emisiones - 2050

Figure 2.4 ▶ Average annual CO₂ reductions from 2020 in the NZE



Renewables and electrification make the largest contribution to emissions reductions, but a wide range of measures and technologies are needed to achieve net-zero emissions

Notes: Activity = changes in energy service demand from economic and population growth.
Behaviour = change in energy service demand from user decisions, e.g. changing heating temperatures.
Avoided demand = change in energy service demand from technology developments, e.g. digitalisation.

CCU = Carbon Capture, utilization and Storage.

"A Roadmap for the Global Energy Sector" – International Energy Agency – 2021

- En los próximos años todos los esfuerzos apuntan a estabilizar las emisiones actuales.
- En los primeros 15 años los cambios de patrones de uso y mejoras en eficiencia serán primordiales para reducir el crecimiento de las emisiones (RESPONSABILIDAD CIUDADANA)
- El crecimiento de la energía renovable en los próximos 10 años se destinará primordialmente a reducir la producción de electricidad a base de carbón y petróleo.
- Entre 2030 y 2040 deben reducirse a la mitad las emisiones de combustibles fósiles para transporte mediante la inclusión de nuevas tecnologías.
- Tecnologías como CCUS empiezan a ser significativas a partir de 2035.

Resumen: Causas y consecuencias del cambio climático

- El cambio climático existe y es causa de la actividad humana.
- Debemos alcanzar un máximo en las emisiones globales GEI entre 2020 – 2025 y luego reducirlas drásticamente.
- La matriz energética mundial es **predominantemente fósil**.
- La **escala** del consumo energético mundial es uno de los principales desafíos de la descarbonización.
- Los **combustibles fósiles no son “escasos”**.
- **Mejorar la eficiencia en el uso de energía y evitar el derroche** es la principal fuente de reducción en el corto plazo. **RESPONSABILIDAD CIUDADANA y EDUCACIÓN**.
- La **generación de energía partir de fuentes renovables** es **necesaria** para desplazar el uso de carbón y así sostener la reducción de emisiones hacia el futuro.

Desafíos de las energías renovables



¿Por qué con el mismo capital invertido las energías renovables tienen un mayor costo que las fuentes convencionales?



Desafío económico

En el mejor de los casos solo producen energía el 50% del año, tienen menor vida útil. ↓

No se pagan las EXTERNALIDADES ↓

All Costs in Constant Dec. 2010\$	Nominal Plant Capacity, MW	Capacity Factor, %	Book Life ¹ , Years	Heat Rate, Btu/kWh	CO ₂ Emissions ² , Metric Tons/MWh	Total Plant Cost, \$/kW	Total Capital Required ³ , \$/kW	FOM, \$/kW-yr	VOM, \$/MWh	Fuel Price, \$/MMBtu	LCOE ⁴ , \$/MWh
Coal: PC ⁵	750	80%	40	8,750	0.84	2000 - 2300	2400 - 2760	48	2	1.8 - 2.0	54 - 60
Coal: IGCC ⁵	600	80%	40	8,940	0.86	2600 - 2850	3150 - 3450	74	2.3	1.8 - 2.0	68 - 73
Natural Gas: NGCC ⁶	550	80%	30	6,900	0.37	1060 - 1150	1275 - 1375	16	2.3	4 - 8	49 - 79
Nuclear	1400	90%	40	10,000	-	3900 - 4400	5250 - 5900	110	1.7	0.4 - 0.8	76 - 87
Biomass, Bubbling Fluidized Bed	100	85%	40	12,900	0 ⁷	3500 - 4400	4000 - 5000	63	5	2 - 6	84 - 147
Wind: On-shore	100	28 - 40%	20	-	-	2025 - 2700	2120 - 2825	35	-	-	75 - 138
Wind: Off-shore	200	40%	20	-	-	3100 - 4000	3250 - 4200	105	-	-	130 - 159
Solar: Concentrating Solar Thermal (CST)	100 - 250	25 - 49%	30	-	-	3300 - 5300	4050 - 6500	64 - 68	-	-	151 - 195
Solar: Photovoltaic (PV)	10	15 - 28%	20	-	-	3400 - 4600	3725 - 5050	50 - 65	-	-	242 - 455

¿Qué ocurre con las Energías Renovables?

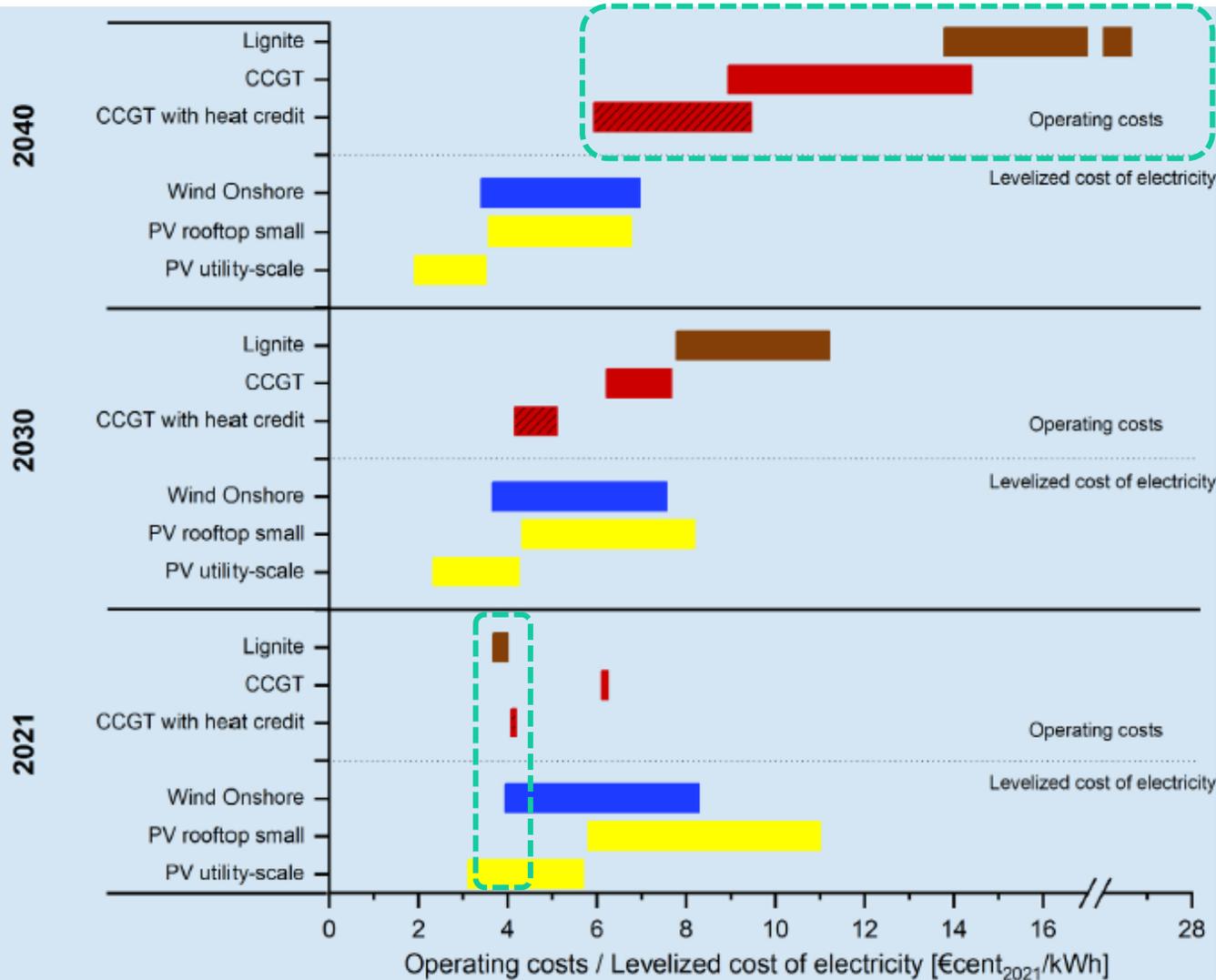
Desafío económico

Table B.2 ▶ CO₂ prices for electricity, industry and energy production in selected regions by scenario

USD (2020) per tonne of CO ₂	2030	2040	2050
Stated Policies			
Canada	55	60	75
Chile, Colombia	15	20	30
China	30	45	55
European Union	65	75	90
Korea	40	65	90
Announced Pledges			
Advanced economies with net zero pledges ¹	120	170	200
China	30	95	160
Emerging market and developing economies with net zero pledges	40	110	160
Sustainable Development²			
Other advanced economies	100	140	160
Other selected emerging market and developing economies	-	35	95
Net Zero Emissions by 2050			
Advanced economies	130	205	250
Major emerging economies ³	90	160	200
Other emerging market and developing economies	15	35	55

Note: The values are rounded.

- No solo hay que competir con plantas fósiles nuevas, HAY QUE DESPLAZAR EXISTENTES.
- La única forma de hacer esto es internalizando el impacto ambiental de quemar combustibles fósiles, con PRECIO A LAS EMISIONES DE GEI.

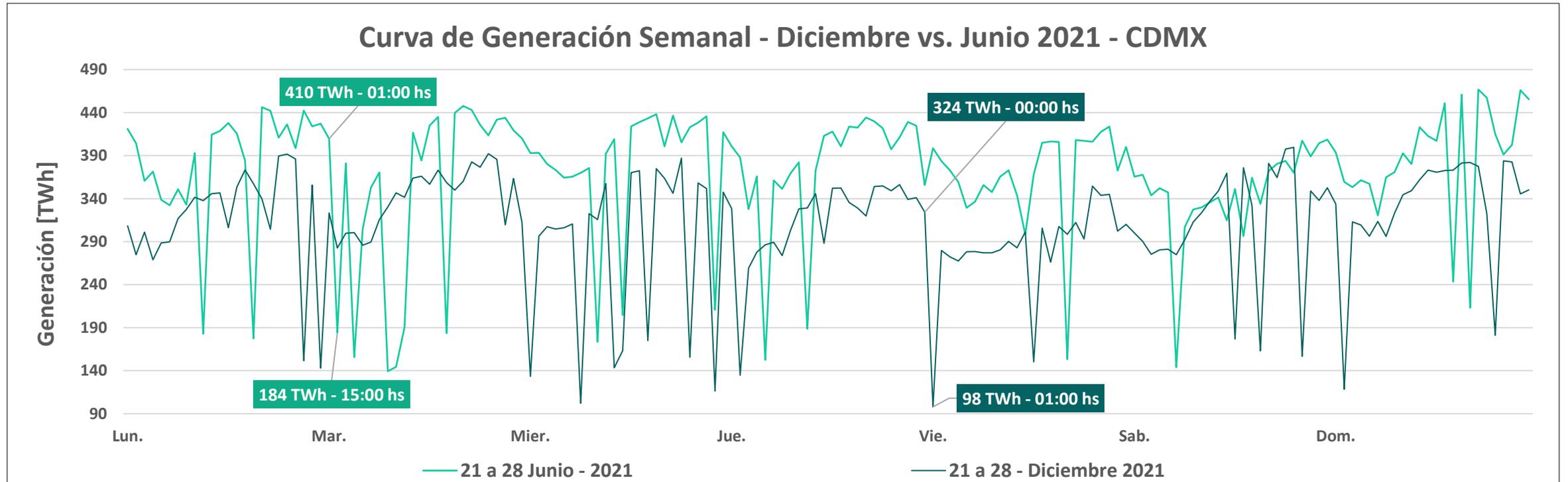


“Levelized cost of Electricity” – Fraunhofer Renewable Energy Technologies – 2021

“World Energy Outlook” – International Energy Agency – 2021

¿Qué ocurre con las energías renovables?

Desafío técnico: variabilidad del sistema de generación eléctrica



- Las redes de generación y distribución eléctrica siempre deben empatar la oferta con la demanda.
- La energía eólica y solar PV es intermitente y no es despachable.
- En pequeños porcentajes las matrices de generación y redes de distribución absorben la intermitencia como variaciones en la demanda.
- A partir de un porcentaje dado de penetración de fuentes intermitentes (depende de cada sistema) se deben adicionar sistemas auxiliares de frecuencia.

¿Qué ocurre con las energías renovables?

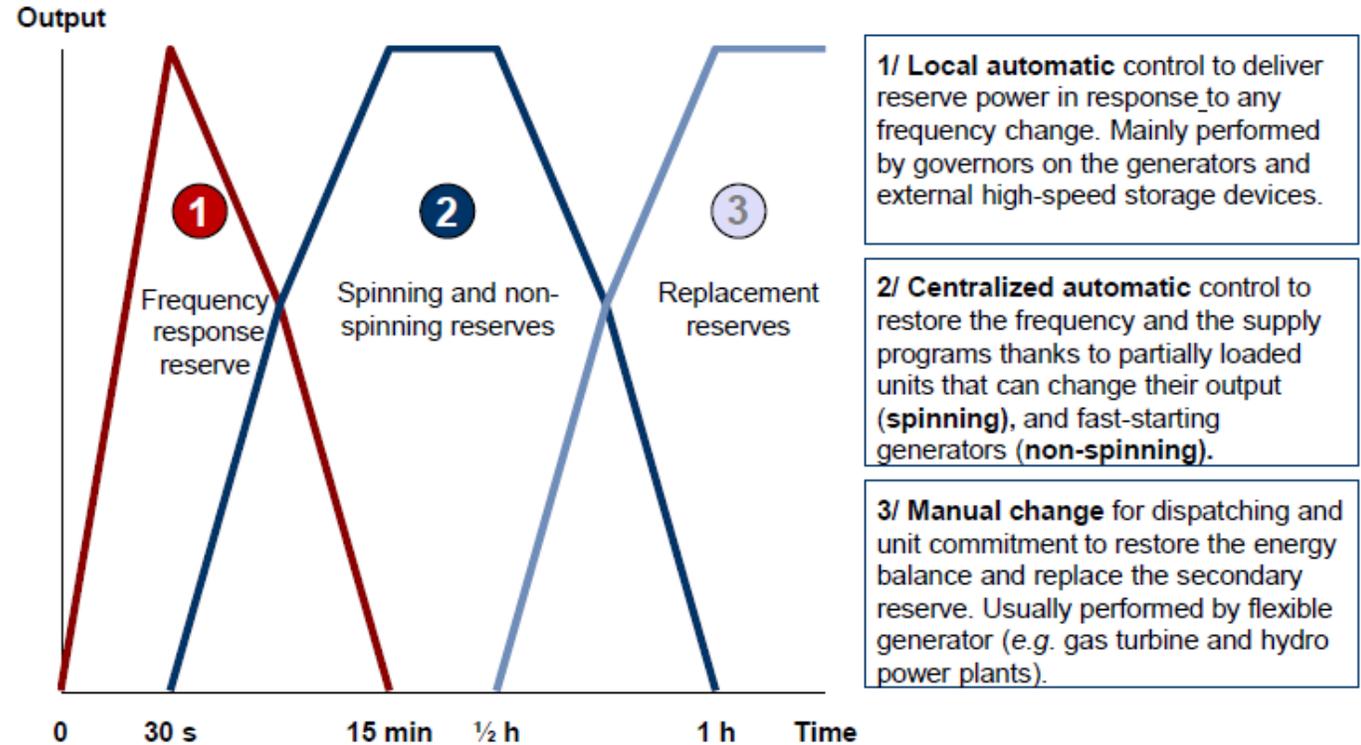
Desafío técnico: estabilización de la red y sistema de generación eléctrica

La red debe poder balancear la oferta y la demanda en todo momento.

Los patrones de consumo son predecibles pero existen factores de variabilidad e incerteza en todos los sistemas ► debemos incorporar sistemas que permitan garantizar:

- Estabilidad: mantener la frecuencia de generación de la red dentro de los límites técnicos. (escala temporal: segundos)
- Balance: absorber los cambios en la demanda. (escala temporal: minutos/días)
- Adecuación: poder satisfacer los picos de demanda (escala temporal: meses/años)

Figure 9: Categorization of ancillary services used to ensure grid stability

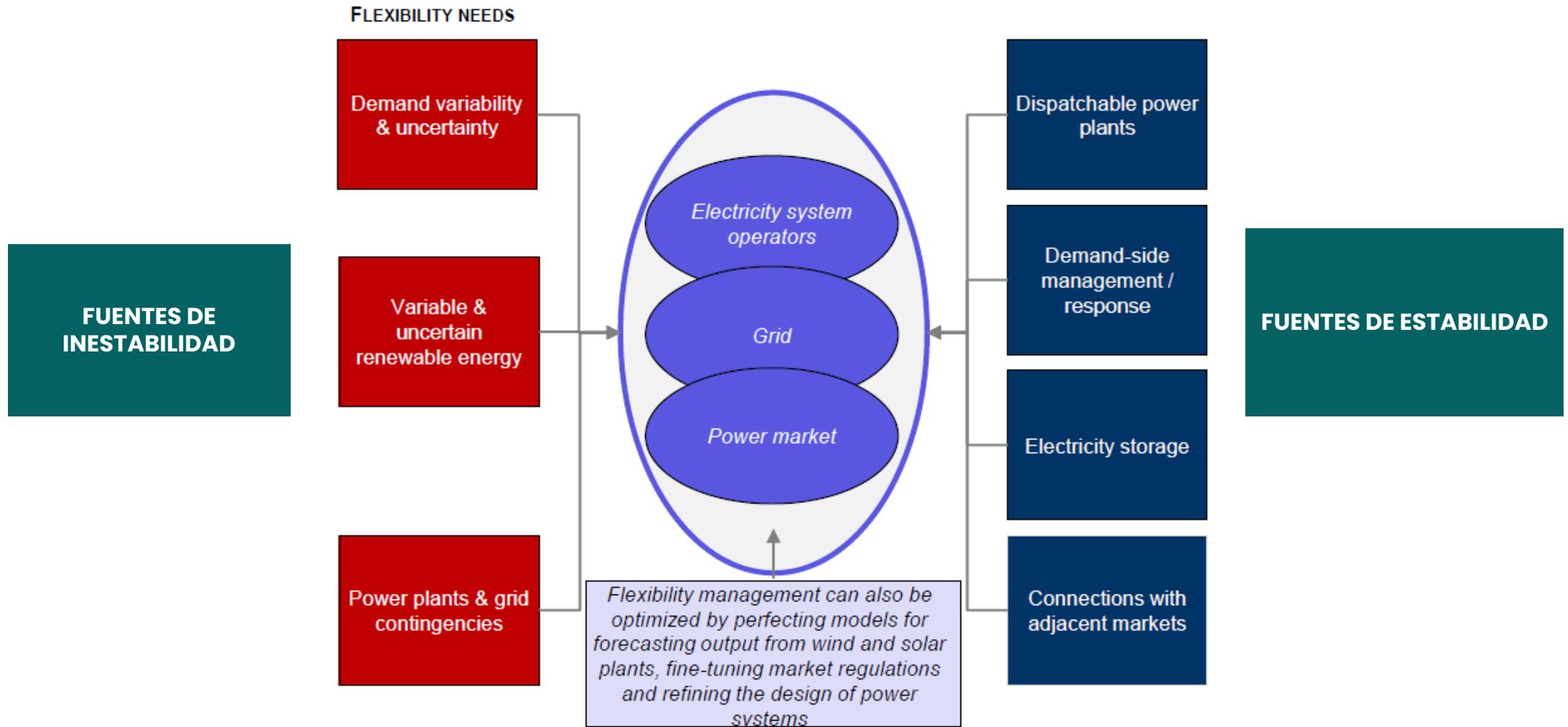


Source: ¹MIT (2012); ²IEA (2012c); SBC Energy Institute analysis, based on IEA (2011b).

¿Qué ocurre con las energías renovables?

Desafío técnico: variabilidad del sistema de generación eléctrica

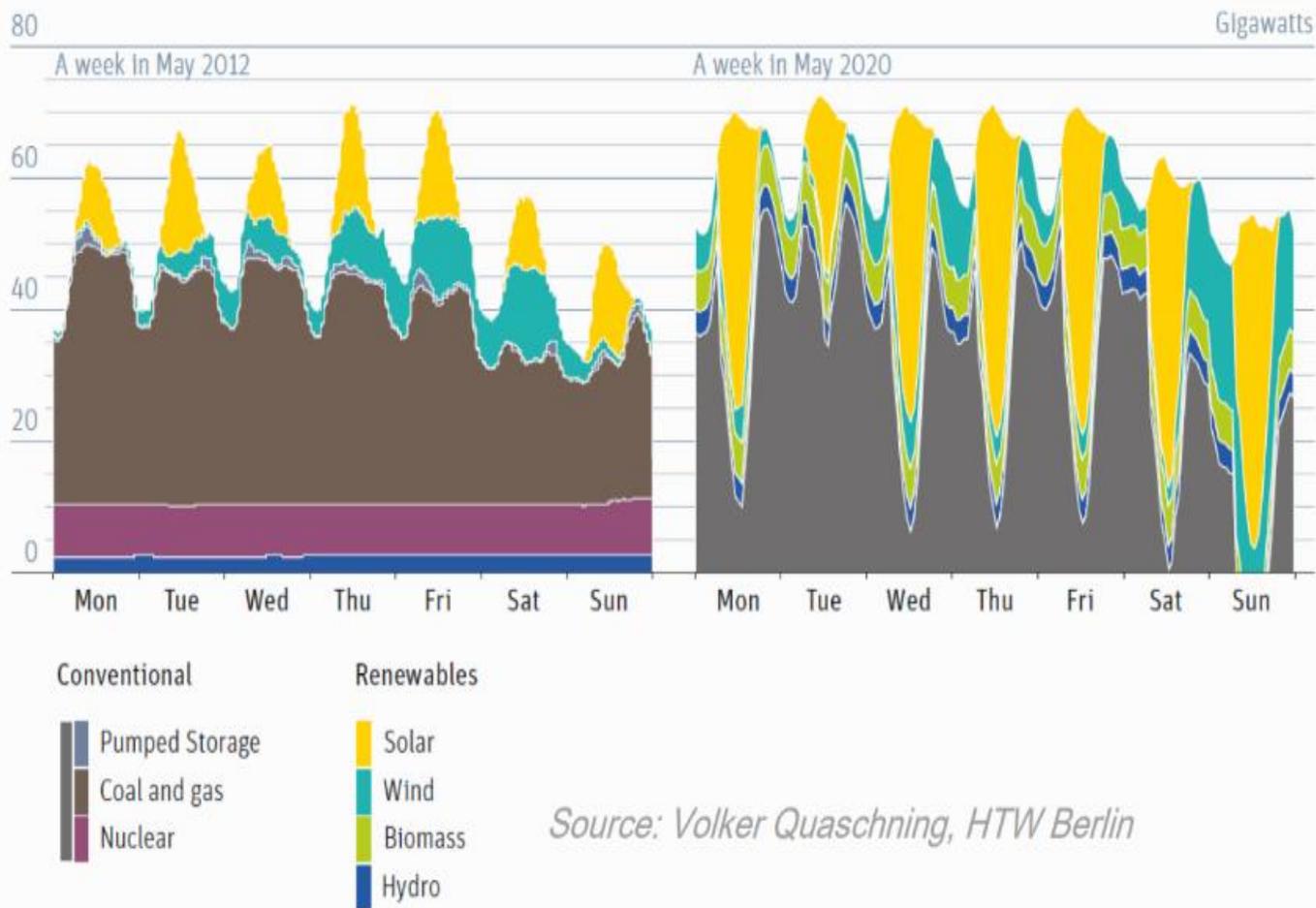
Figure 14: Flexibility resources and flexibility needs in the power system



Source: SBC Energy Institute analysis, based on IEA (2011a).

¿Qué ocurre con las energías renovables?

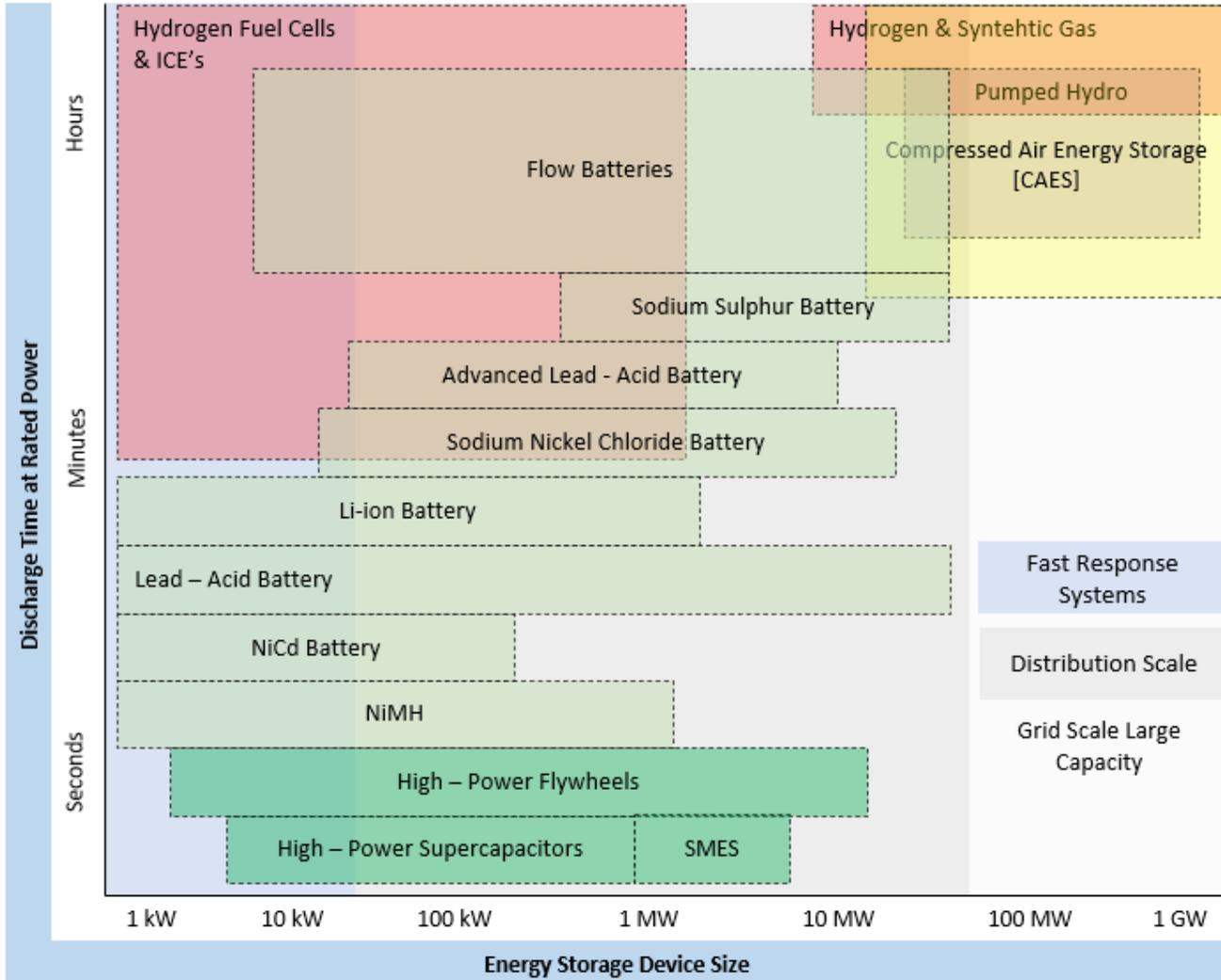
Desafío técnico: estabilización de la red y sistema de generación eléctrica



- Los bajos factores de capacidad de los sistemas renovables hacen necesario ampliar la potencia instalada del sistema. (\$\$\$)
- La intermitencia y la baja predictibilidad de los sistemas renovables dificulta el balance de la red e incrementa la necesidad de sistemas auxiliares de frecuencia (\$\$\$).
- El % aceptable de sistemas renovables en matrices convencionales esta en discusión pero ronda el 25% de la energía producida.
- 25%-80% se puede balancear la red a través de la inclusión de sistemas auxiliares de frecuencia.
- Es aceptado que si el 80% de la potencia proviene de fuentes intermitentes se requieren sistemas de almacenamiento de energía de gran escala.

¿Qué ocurre con las energías renovables?

Desafío técnico: Sistemas de almacenamiento



- Existen diversas tecnologías de almacenamiento de energía.
- La aplicabilidad de cada uno depende de las potencias y energías almacenadas requeridas por el sistema.
- A mayor potencia y escala requerida menor eficiencia.
- La incorporación de todos estos sistemas requiere de inversiones adicionales a las requeridas por plantas despachables.
- Esto resulta en un requerimiento de mayores costos a las emisiones GEI para que los sistemas renovables intermitentes sean económicamente rentables.

Conclusiones Energías Renovables

- Para incrementar la penetración de las fuentes renovables de energía en el mercado **es necesario tener un marco económico que contemple y capitalice sus ventajas.**
- Las **redes convencionales** pueden incorporar **hasta un 25%** de sistemas renovables sin grandes dificultades.
- El desafío técnico para incrementar la capacidad instalada de sistemas de energía renovable consiste en **flexibilizar la red interconectada** de energía.
- Si el **80%** de la potencia instalada proviene de **fuentes intermitentes** se requieren sistemas de **almacenamiento** de energía a **gran escala.**

TODO LO QUE HACEMOS TIENE ASOCIADO UNA HUELLA DE CARBONO

TODOS SOMOS PARTE DEL PROBLEMA Y TODOS TENEMOS QUE SER PARTE DEL SOLUCIÓN

Gracias



1. Climate Change 2021 – “The physical Science Basis – Summary for Policy Makers” – IPCC – http://www.obela.org/system/files/IPCC_AR6_WGI_SPM_0.pdf
2. Impacts, Adaptation and Vulnerability Climate Change – (IPCC) 2022 – https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf
3. Our world in data – “Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?” – 2020 – <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector#:~:text=Agriculture%2C%20Forestry%20and%20Land%20Use%20directly%20accounts%20for%2018.4%25%20of,quarter%20of%20greenhouse%20gas%20emissions>
4. Statista – “Distribución porcentual del suministro mundial de energía primaria en 2019, según la fuente” – 2019 – <https://es.statista.com/estadisticas/600585/suministro-de-energia-primaria-a-nivel-mundial-por-fuente/>
5. Monash University, Australia – “Global Passenger Transport” – 2021 – <https://www.mdpi.com/2673-8392/1/1/18>
6. Market Evolution: Wholesale Electricity Market Design for 21st Century Power Systems – NREL – 2013 – <https://www.nrel.gov/docs/fy14osti/57477.pdf>
7. University of Calgary – “Energy Education” – Units – 2021 – <https://energyeducation.ca/encyclopedia/Quad>
8. Our World in Data – Renewable Energy – <https://ourworldindata.org/renewable-energy>
9. BP Statistical Review of World Energy. 2021 – <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
10. IEA – Global energy supply investment by sector – 2019 – 2021 – <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-energy-supply-investment-by-sector-2019-2021-2>
11. Ember – Coal to Clean Energy Policy – <https://ember-climate.org/data/global-electricity/>
12. Factor de Emisión Argentina – <http://datos.minem.gob.ar/dataset/calculo-del-factor-de-emision-de-co2-de-la-red-argentina-de-energia-electrica>
13. Factor de Emisión México – https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/630693/Aviso_FEE_2020.pdf
14. Factor de Emisión Uruguay – <https://catalogodatos.gub.uy/dataset/miem-ben-factor-de-emision-de-co2-del-sin>
15. Factor de Emisión Brasil – <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>
16. Factor de Emisión Costa Rica – <http://cglobal.imn.ac.cr/index.php/publications/factores-de-emision-gei-decima-edicion-2021/>
17. Factor de Emisión Chile – <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/factor-de-emision-sic-sing/>
18. Factor de Emisión Colombia – <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/calculo-factor-de-emision-de-Co2-del-SIN.aspx>
19. International Energy Agency, World Energy Outlook 2021 – <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4ed140c1-c3f3-4fd9-acae-789a4e14a23c/WorldEnergyOutlook2021.pdf>
20. Factor de Emisión USA (2020) – <https://www.epa.gov/climateleadership/ghg-emission-factors-hub>
21. Factor de Emisión Europa (2020) – <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>
22. Factor de Emisión China (2019) – The Role of National Energy Policies and Life Cycle Emissions of PV Systems in Reducing Global Net Emissions of Greenhouse Gases – <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/4/961>
23. Factor de Emisión LATAM (2020) – <https://www.iges.or.jp/en/pub/list-grid-emission-factor/en>
24. International Energy Agency – “A Roadmap for the Global Energy Sector” – 2021 – <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
25. Fraunhofer – “Levelized cost of Electricity” – Renewable Energy Technologies – June 2021 – <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/cost-of-electricity.html>
26. Program on Technology Innovation: Integrated power Generation Technology Options. EPRI, 2017 – <https://www.epri.com/research/products/000000003002011806>
27. Energía generada por tipo de Tecnología – CENACE – Gobierno de México – 2021 – <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Reportes/EnergiaGeneradaTipoTec.aspx>
28. Figure 9 – Categorization of Ancillary Service to ensure grid Stability – MIT (2012), IEA (2012c), SBC Energy Institute Analysis, based on IEA (2011c).
29. Figure 11 – Wind & Solar Photovoltaic generation vs. demand in northern Germany – SBC Energy Institute Analysis, based on 50 Hertz Data (Wind and Solar Actual in Feed 2012, Control Load 2012); IEA (2012c).
30. Energy Transition –The Global Energy Energiewende – Technological Challenges – Volker Quaschnig – HWT Berlin 2020.
31. Figure 14 – Flexibility resources and flexibility needs in the power system – SBC Energy Institute Analysis, based on IEA (2011a).
32. Figure 24 – German residual basic load for 2050, based on 2009 data – Fraunhofer IWES for Umwelt Bundes Amt (2010).
33. Developing pathways for energy storage in the UK using a coevolutionary framework – University of Leeds – 2013 – Page 22 http://oro.open.ac.uk/40087/2/Pathways_for_Energy_Storage_in_the_UK.pdf

Fotografías



Jay Heike en www.unsplash.com



Laura Ockel en www.unsplash.com



A P en www.unsplash.com



www.rieles.com



www.learnchile.cl



Gustavo Quepon en www.unsplash.com



Jeremy Bezanger en www.unsplash.com



Viktor Kiryanov en www.unsplash.com



American Public Power Association en www.unsplash.com