



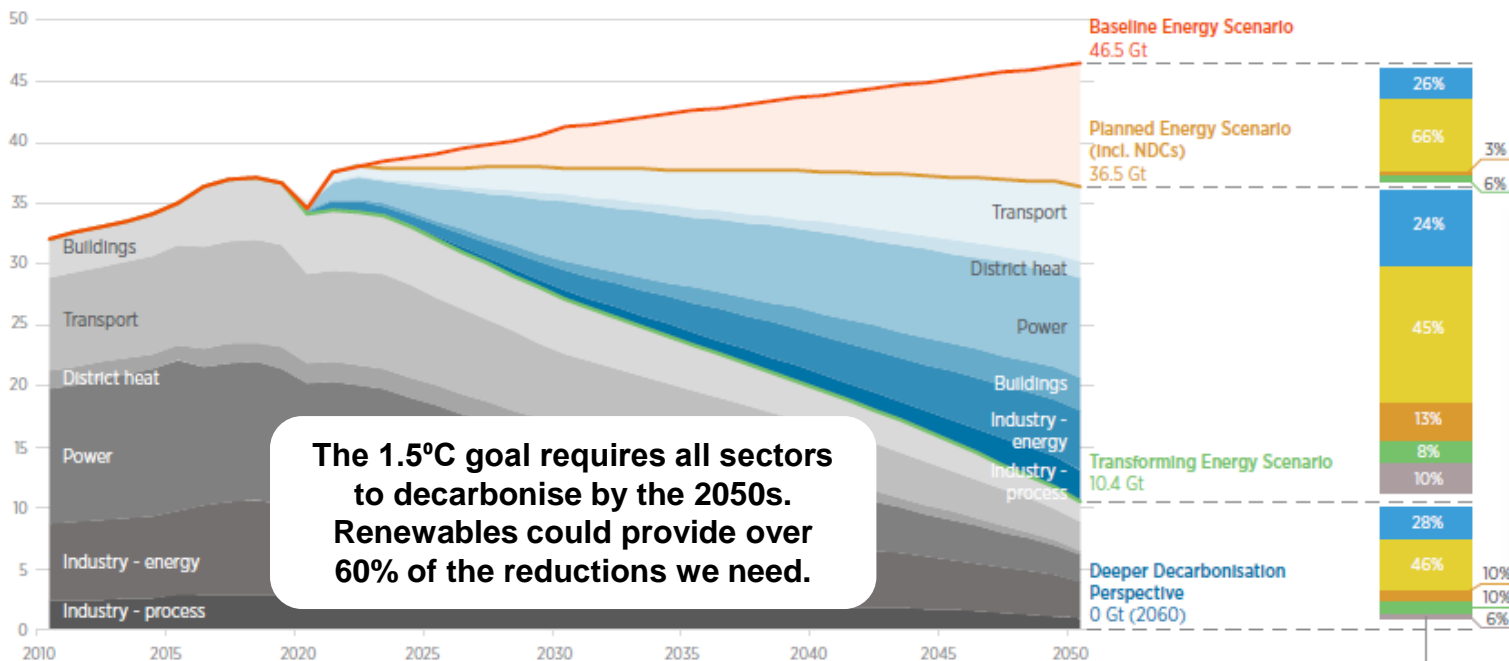
El papel de la integración de energías renovables en la red  
en el proceso de descarbonización de sectores de uso  
final  
&  
Operación de sistemas de potencia con altas cuotas de  
ERV- I - Desafíos y limitaciones técnicas con altos  
porcentajes de ERV

Grid Integration Team  
IRENA Innovation and Technological Center. Bonn  
October 2020



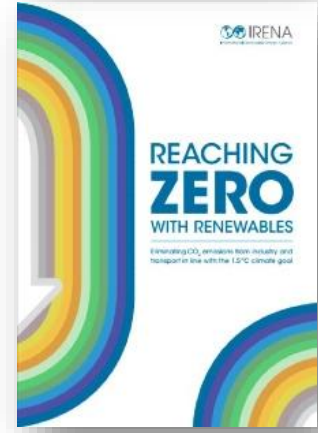
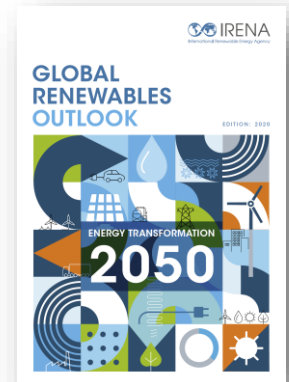
# Decarbonización y conseguir cero emisiones

Energy and process-related CO<sub>2</sub> emissions (Gt/year)



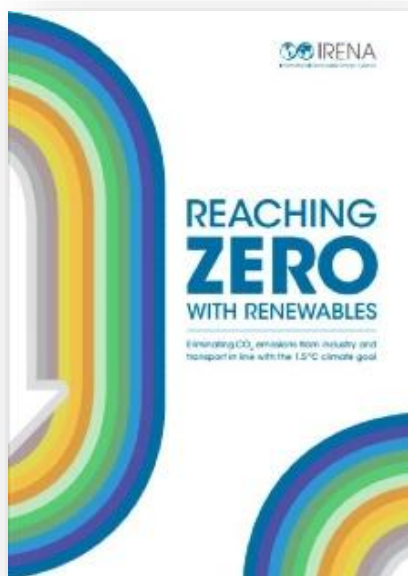
**The 1.5°C goal requires all sectors to decarbonise by the 2050s. Renewables could provide over 60% of the reductions we need.**

- Reduced demand and improved energy efficiency
- Direct use of clean, predominantly renewable, electricity
- Direct use of renewable heat and biomass
- Indirect use of clean electricity via synthetic fuels & feedstocks
- Use of carbon dioxide removal measures



## 1.5 grados - Explorando los caminos para conseguir cero emisiones

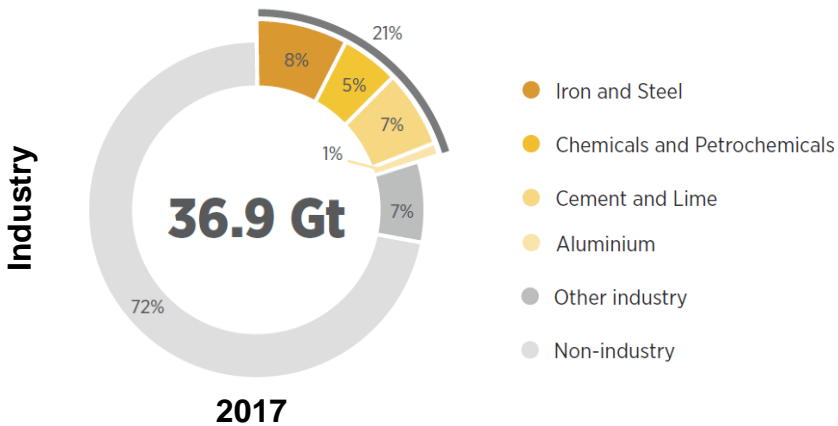
El informe *IRENA's Reaching Zero with Renewables* report explora opciones específicas en profundidad



Released 21 September 2020

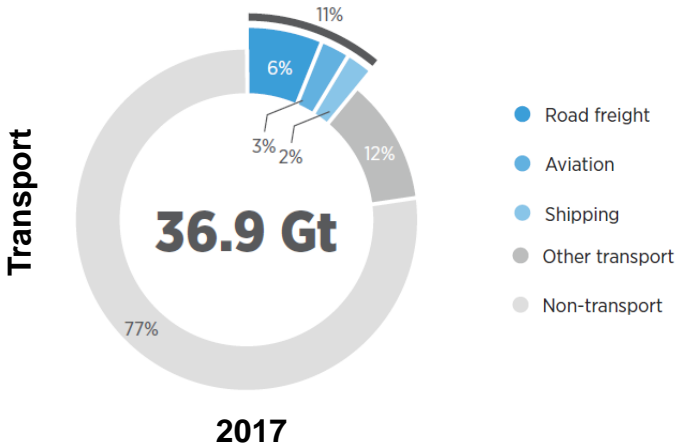
- Siete sectores clave que cubre el 32% de emisiones de 2017 y el 38% de las emisiones de casos de referencia de 2050.
- Opciones tecnológicas identificadas para la reducción de emisiones de 22 Gt en 2050
- **Las energías renovables representan el 54% de potencial económico de reducción de emisiones**
- Un paper importante para la electrificación directa e indirecta con energías renovables (ER)
- Los conceptos de eficiencia y economía circular representan otro 31%
- Papel limitado para CCUS (25% de reducción de la industria, ningún papel en el transporte)

# Industria & Transporte – Porcentajes de energía & Procesos de Emisiones



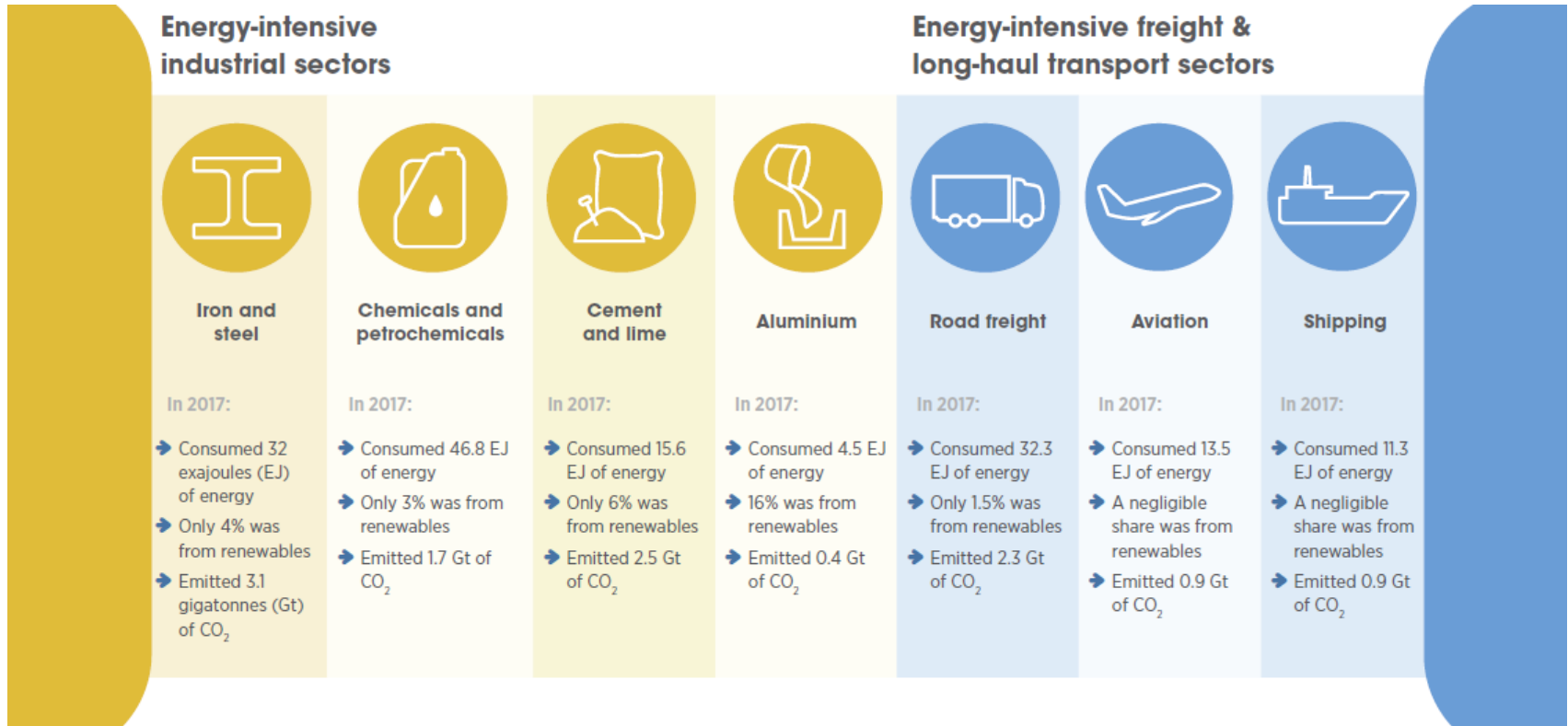
Emisiones anuales de la industria aumentan en 1 GT/yr desde 2017 hasta 2050 PES

Las emisiones continúan en 11.4 GT/yr en 2050




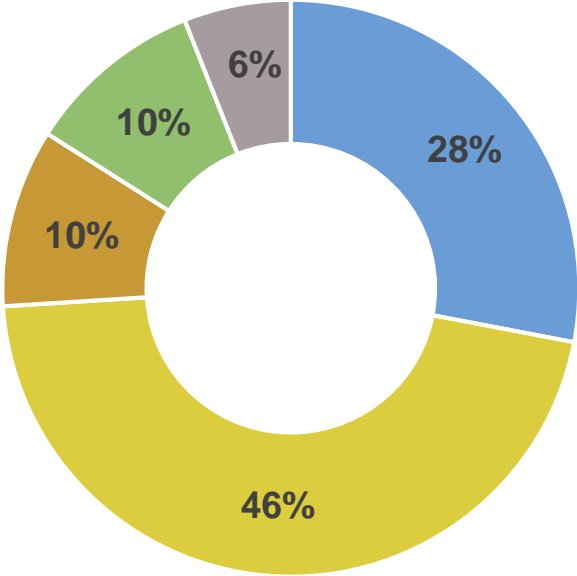
Emisiones anuales del transporte aumenta en 0.1 GT/yr desde 2017 hasta 2050 PES

Las emisiones continúan en 8.6 GT/yr en 2050




Estos siete representarán el **38% de las emisiones de Energía y procesos y el 43% del uso final de la energía en 2050** a menos que se busquen cambios importantes en las políticas.


# Medidas para la reducción de emisiones (De la base a cero)




Reduced demand and improved energy efficiency




Direct use of clean, predominantly renewable, electricity



Direct use of renewable heat and biomass



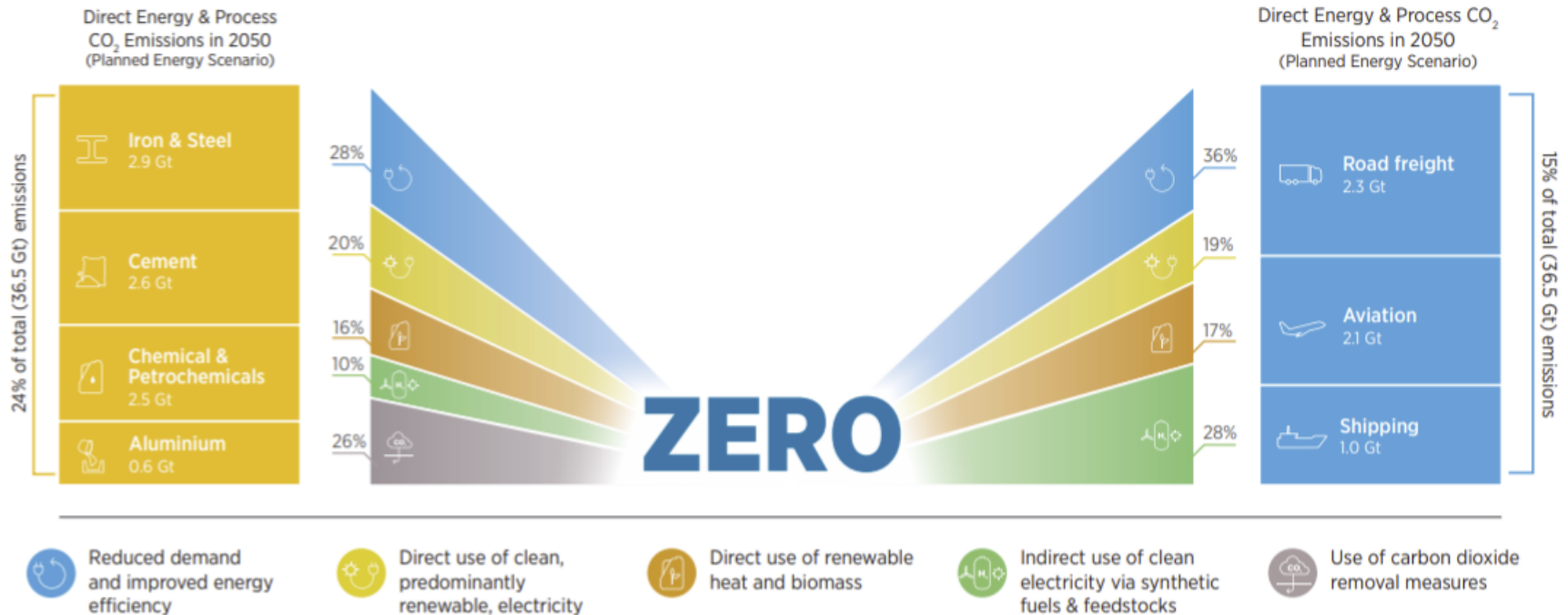
Indirect use of clean electricity via synthetic fuels & feedstocks



Use of carbon dioxide removal measures

# Llegando a cero (de PES a cero)

**A combination of five emission reduction measures could, if applied at scale, reduce industry and transport CO<sub>2</sub> emissions to zero.**

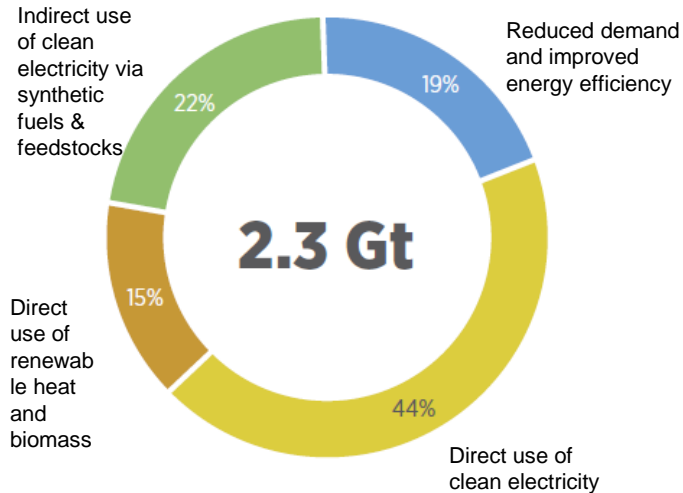


**PES-Planned Energy Scenario**




# Envíos por carretera— Opciones para llegar a cero

Estimated role of key CO<sub>2</sub> emission reduction measures to reduce road freight Planned Energy Scenario emissions to zero.



**3 options compatible with reaching zero emissions**



**Battery electric vehicles**

➔ Use electric motors powered by a battery pack, charged with renewable electricity.

**Fuel cell electric vehicles**

➔ Use electricity produced by fuel cells powered by compressed (green) hydrogen.

**Advanced biofuels**

➔ Use biomass-based fuel substitutes, such as biodiesels and renewable diesels.

- Alrededor del **30% del consume total de energía final**
- 92% productos derivados del petróleo, **3% biocombustibles**, resto de electricidad
- Alrededor del **25% de las emisiones de carbono relacionadas con la Energía** (8.5 Gt de emisiones de CO<sub>2</sub> anuales)
- **Gran fuente de contaminación del aire**, ej. Óxidos de nitrógeno(NOx), partículas (PM)
  - En el estudio Remap, las emisiones del sector de transporte **disminuirían un 75% para 2050**, la segunda mayor reducción después del sector Eléctrico.
  - **La electricidad renovable y la electrificación** representan el 60% de la reducción total; más alto en el sector del transporte.



## Envíos por carretera

### Eléctrico, hidrógeno y biocombustibles

En Europa más del **50% de la carga se transporta a menos de 500 km**. Esta es una distancia que se puede salvar con baterías hoy en día sin necesidad de recargarlas. Sin embargo, la mayoría de las furgonetas de reparto Eléctricas que están en funcionamiento hoy en día tienen rangos más cortos.

- Por ejemplo, Deutsche Post DHL Group opera flota de vehículos eléctricos de batería en Alemania, compuesta por una flota de **11 600 vehículos**.
- Alemania está probando actualmente tres líneas aéreas de carga de 5 km de largo para camiones híbridos diésel-eléctricos
- Los camiones eléctricos pueden beneficiarse de los avances de las batería para automóviles eléctricos.
  - La densidad de Energía de la batería puede duplicarse en los próximos diez años, con el potencial de cuadruplicarse mientras que los costes por kWh se reducen a la mitad.
- También se está desarrollando como alternativa el FCV para hidrógeno para transporte pesado de largo alcance.

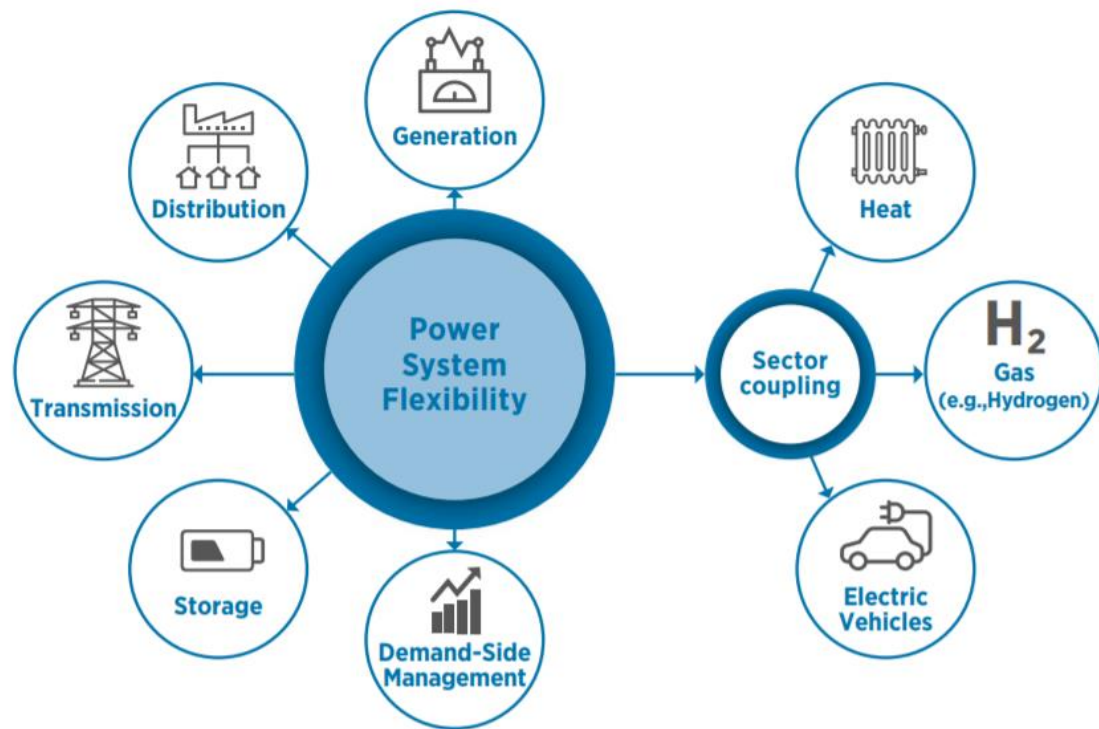


DHL electric fleet test in Bonn

## Flexibilidad según IRENA (2018):

“La flexibilidad es la capacidad de un sistema de energía para hacer frente a la variabilidad e incertidumbre que la generación de ERV, se introduce en el sistema en diferentes escalas de tiempo, desde muy corto a largo plazo, evitando la reducción de ERV y suministrando de manera confiable toda la energía demandada a los clientes”

- Principales fuentes de flexibilidad
  - Generación
    - Hidro, gas
  - Red
    - Líneas con rangos variable, mejora de T&D
    - Redes inteligentes
  - Almacenamiento
    - Baterías
    - Hidráulica de bombeo
    - V2G
  - Demanda
    - Convencional: DSM, agregación
    - Acoplamiento sectorial: bombas de calor, calderas, H2
  - Mercado / Institucional
    - Desbloquee la flexibilidad / elimine barreras
    - La regulación debe apoyar la flexibilidad



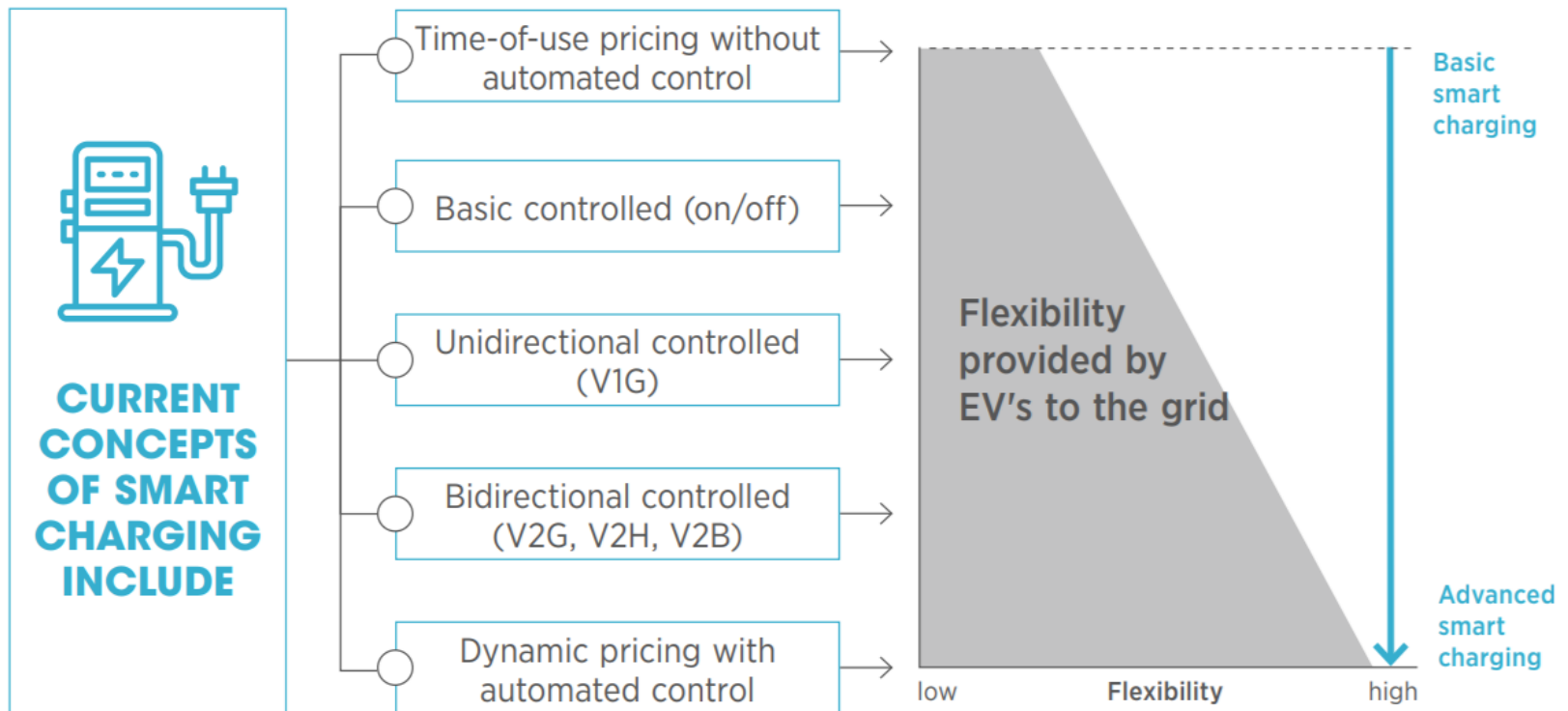
Fuente: *Power System Flexibility for the Energy Transition*, IRENA, 2018

# La carga inteligente convierte a los vehículos eléctricos en una fuente de flexibilidad para los sistemas de energía, lo que facilita la integración de VRE



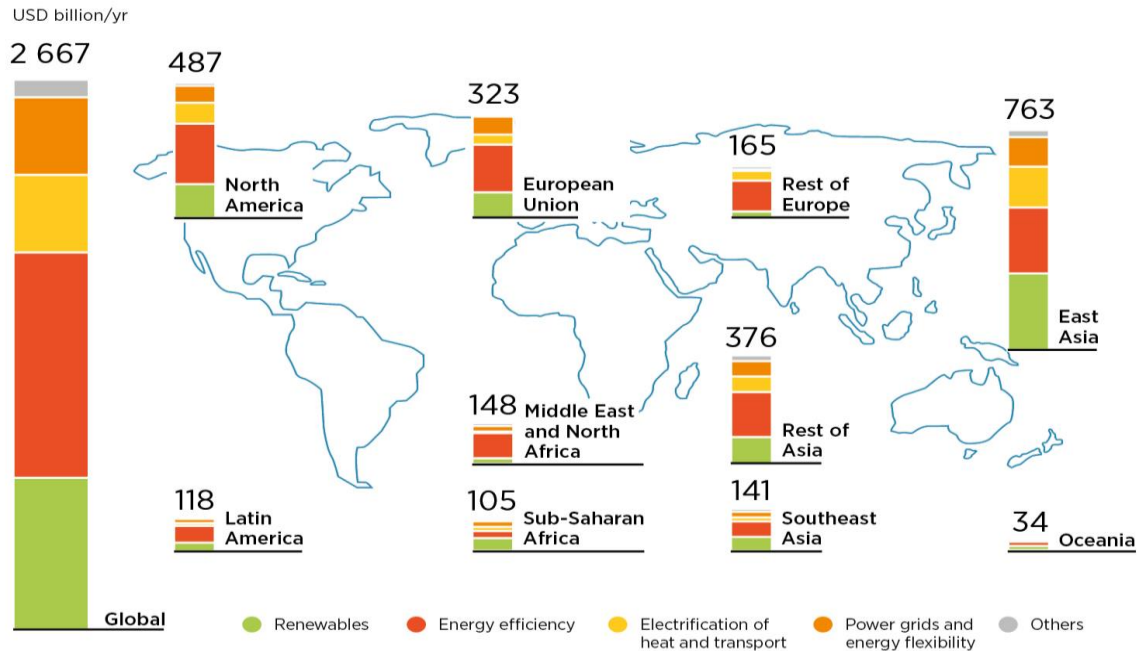
# IRENA

International Renewable Energy Agency



Fuente: IRENA (2019) Innovation Outlook: Smart charging for Electric Vehicles

# Inversiones anuales en Energía limpia para la transformación energética por región



- **Asia oriental representa las mayores necesidades de inversión anual, con 763.000 millones de dólares para 2050.**
- **Cada dólar gastado en la transformación energética global ahorra entre 3 y 7 dólares.**
- **América Latina representa inversiones, en 118 mil millones de dólares para 2050.**

1. Decarbonización y conseguir cero emisiones
2. Desafíos de las ERVs
  - Características de las ERVs
3. Restricciones específicas de sistemas con una gran penetración de ERVs
  - Estabilidad del sistema
    - Frecuencia
    - Tensión
    - Ángulo del rotor
  - Calidad de la potencia
  - Adecuación de la generación y la transmisión
  - Comportamiento de la falta
  - Flexibilidad
  - Reservas operacionales
  - Operación del sistema

# Desafíos de las ERV



## Asuntos a considerar:

- **Generación flexible y balance de la carga**
- **Reservas adicionales y capacidad mejorada del despacho de generación**
- **La magnitud de las rampas de generación síncrona aumentarán significativamente.**
- **Necesidad de adaptar los sistemas de predicción**
- **Incorporar la variabilidad y la incertidumbre a la programación y el despacho**

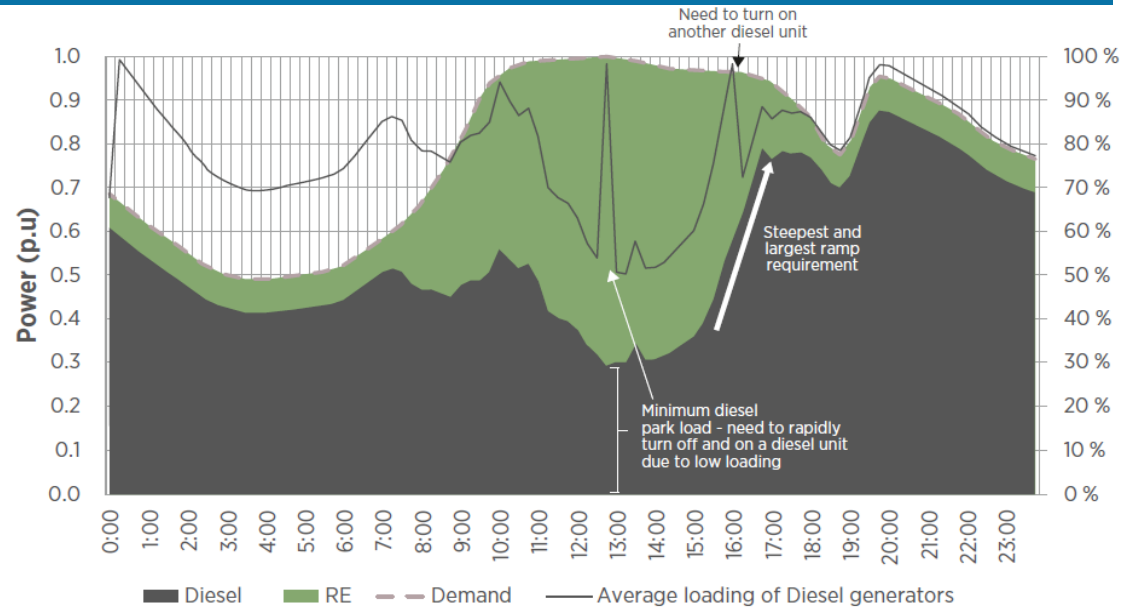


Fig. ilustración representativa de la variabilidad de la carga neta y las rampas necesarias debido a las ERV [11]

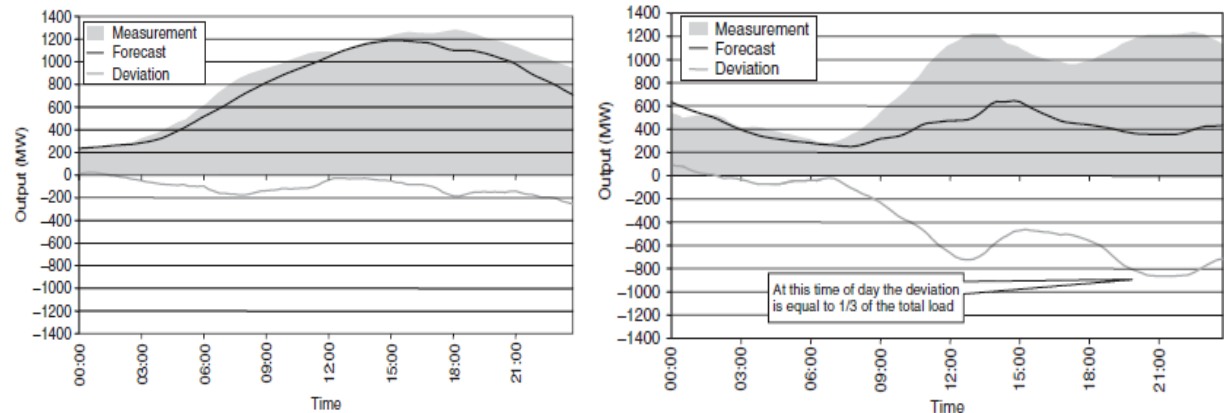
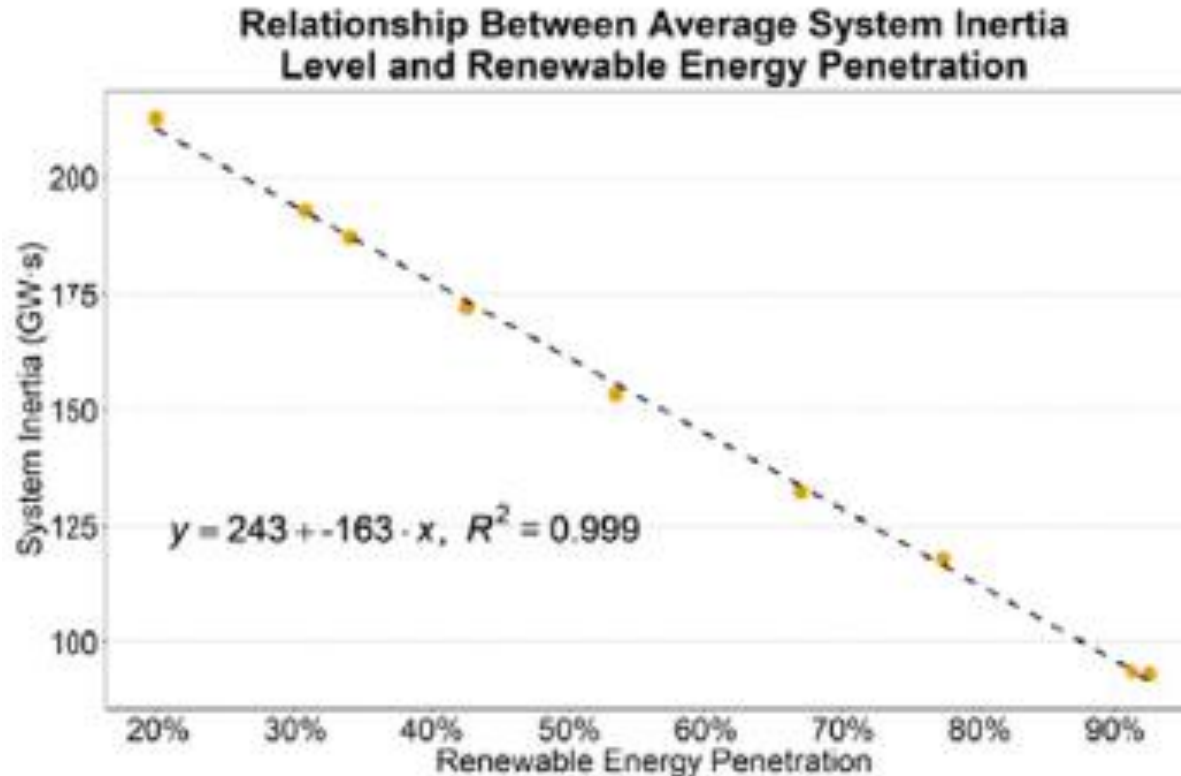


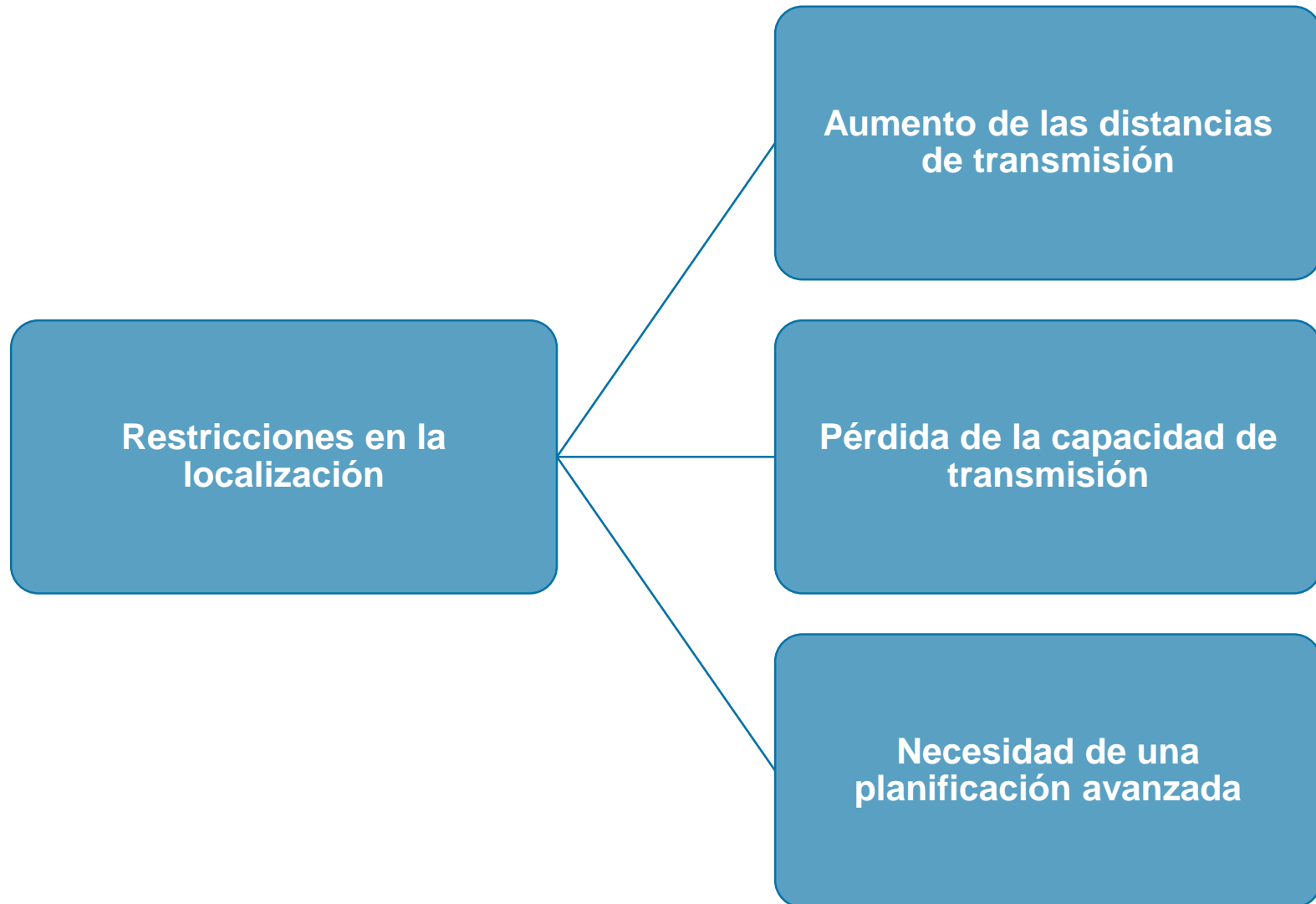
Fig. Ilustración de una buena predicción vs. una mala predicción Illustration [12]



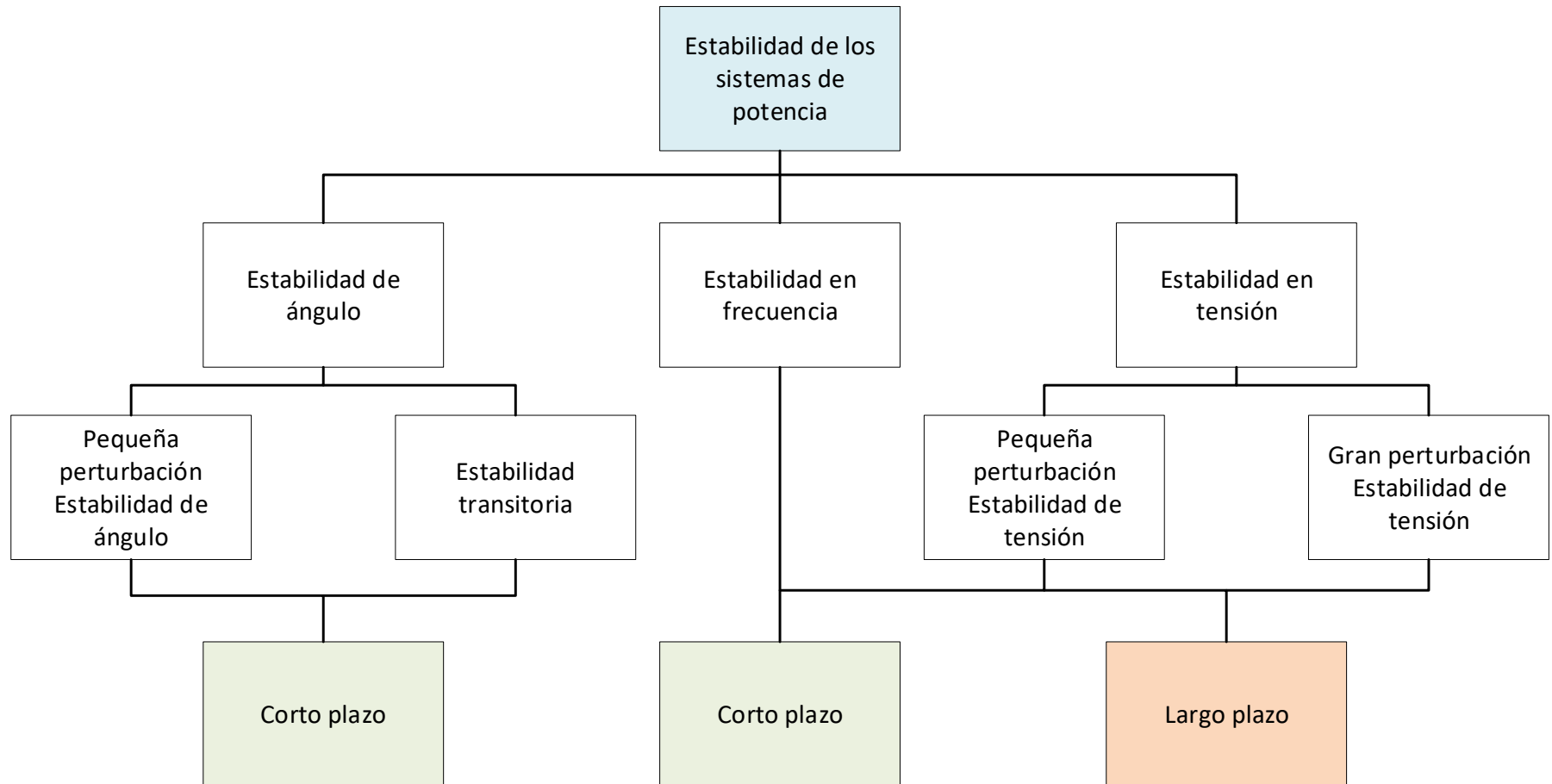
## Asuntos a considerar:

- Complejidad creciente en la conexión de los generadores en áreas débiles Increasing complexity of generator connections in weak areas
- Sistema con penetración no síncrona (SPNS)

# Restricciones en la localización y bajo factor de capacidad



**Restricciones específicas  
de sistemas con una gran  
penetración de ERVs**



# Estabilidad de la frecuencia

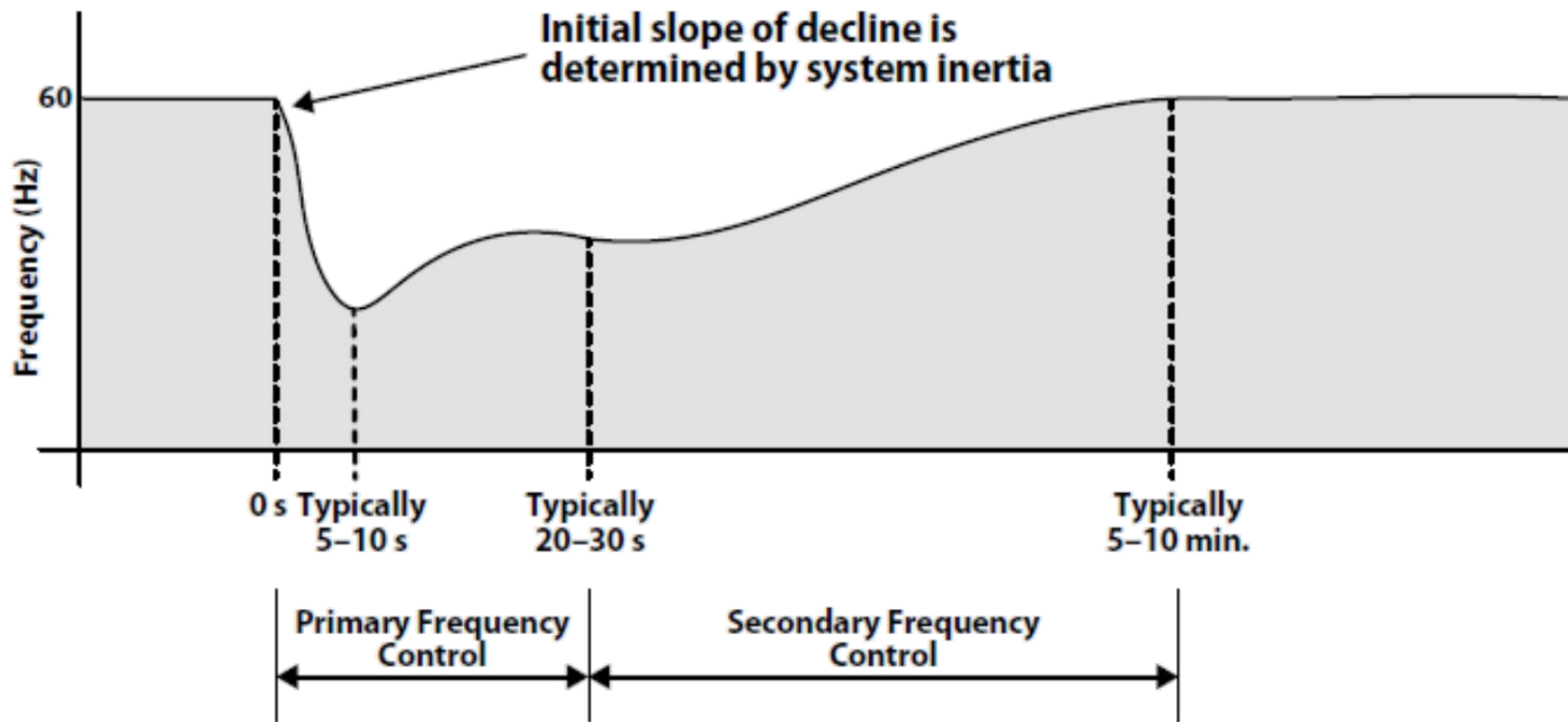
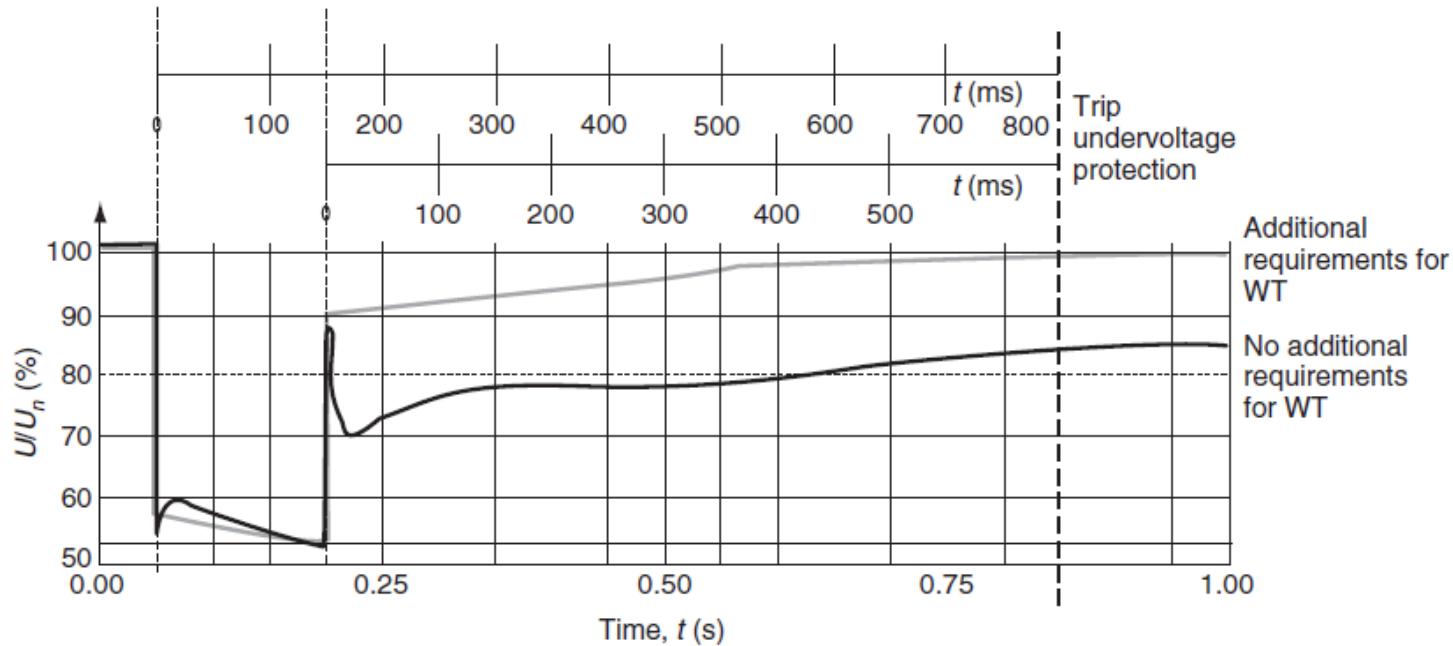


Fig. Respuesta en frecuencia típica ante la pérdida de un generador [9]

## Asuntos a considerar

- Disminución de los niveles de inercia
- ROCOF-Ratio de cambio de la frecuencia
- Rangos de frecuencia permanente y transitoria
- Rangos transitorios del ratio de cambio de la frecuencia
- Rangos de la potencia de cortocircuito y la inercia (física o sintética)

# Estabilidad en tensión

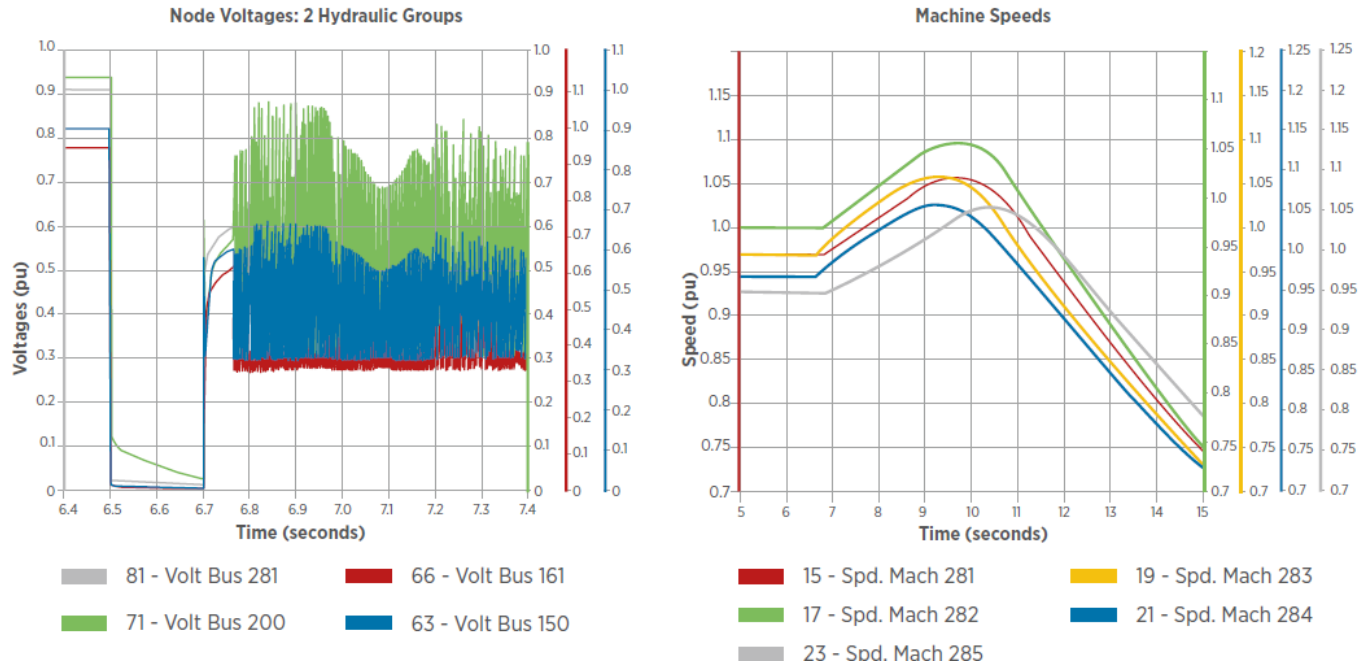


Recovery of the grid voltage in the 110 kV system after a three-phase fault in the 380 kV system-German Power system. [12]

## Issues to be considered

- Magnitud de la tensión en regimen permanente
- Magnitud de la tensión en regimen transitorio (LVRT & HVRT)
- Rango del ratio de cambio de la tensión
- Recuperación de la tensión
- Soporte a la potencia reactiva de las ERV
- Fault Ride Through capability of VRE

# Estabilidad de ángulo del rotor



Resultados de la simulación de la estabilidad en regimen transitorio: el numero insuficiente de unidades convencionales en marcha da lugar a la Perdida de estabilidad [11]

## Asuntos a considerar

- **Introducción de nuevas oscilaciones y o reducción de las amortiguaciones existentes.**
- **Reducción de los márgenes de estabilidad transitoria.**



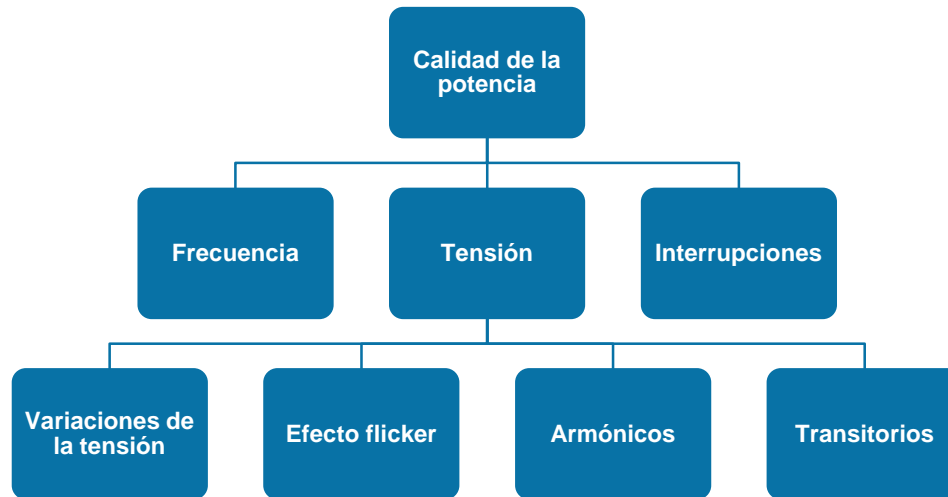


Fig Clasificación de los diferentes fenómenos referidos de la calidad de la potencia adaptada de [12]

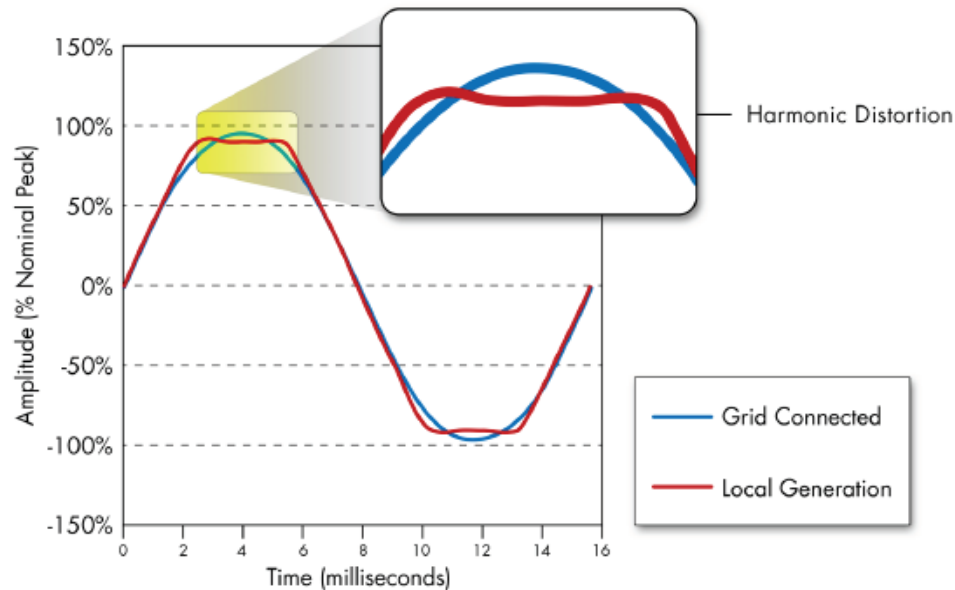
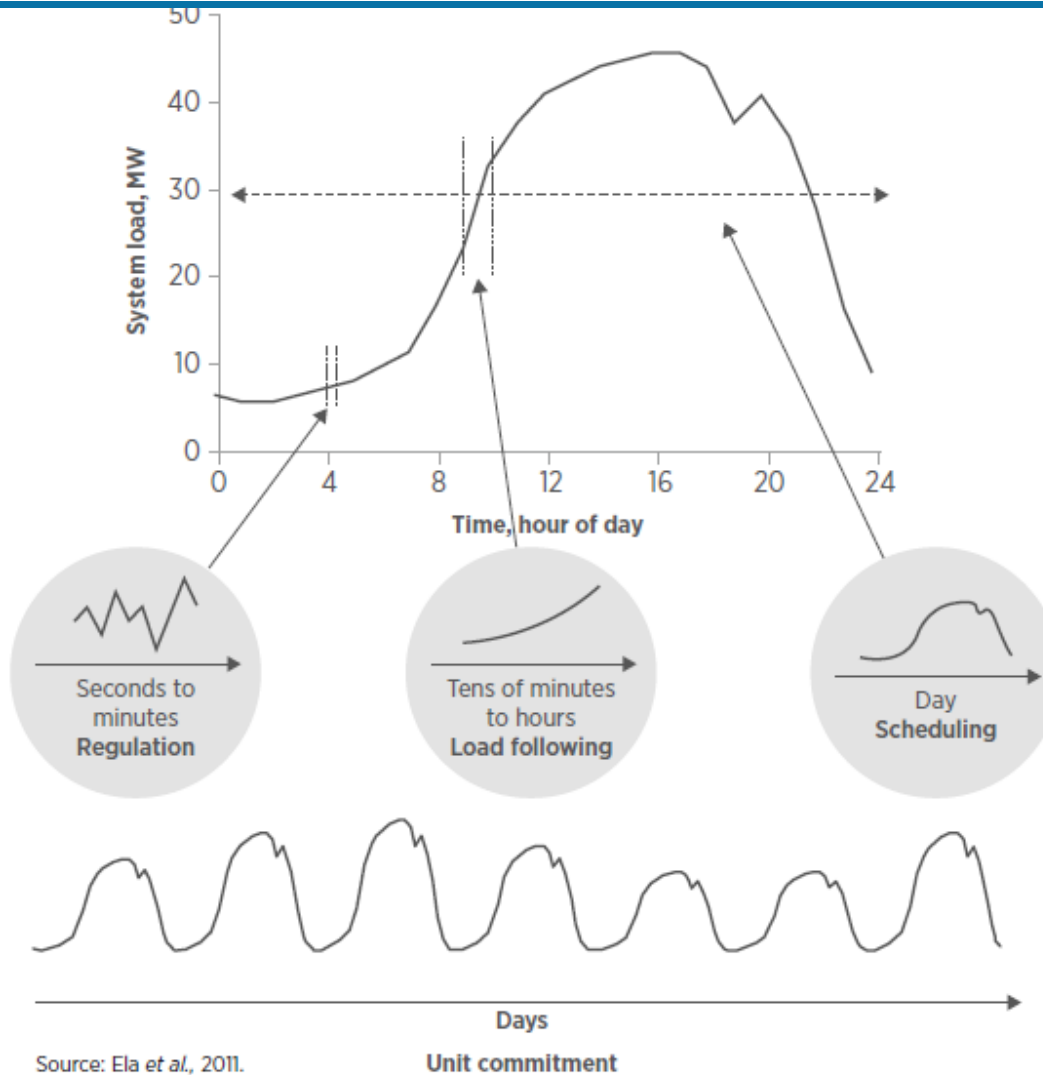


Fig. The grid delivers high quality power with minimal harmonic distortion [8]

# Adecuación de la generación y la transmisión



Source: Ela et al., 2011.

Tiempos de operación del Sistema de potencia [11]

# Comportamiento de la falta

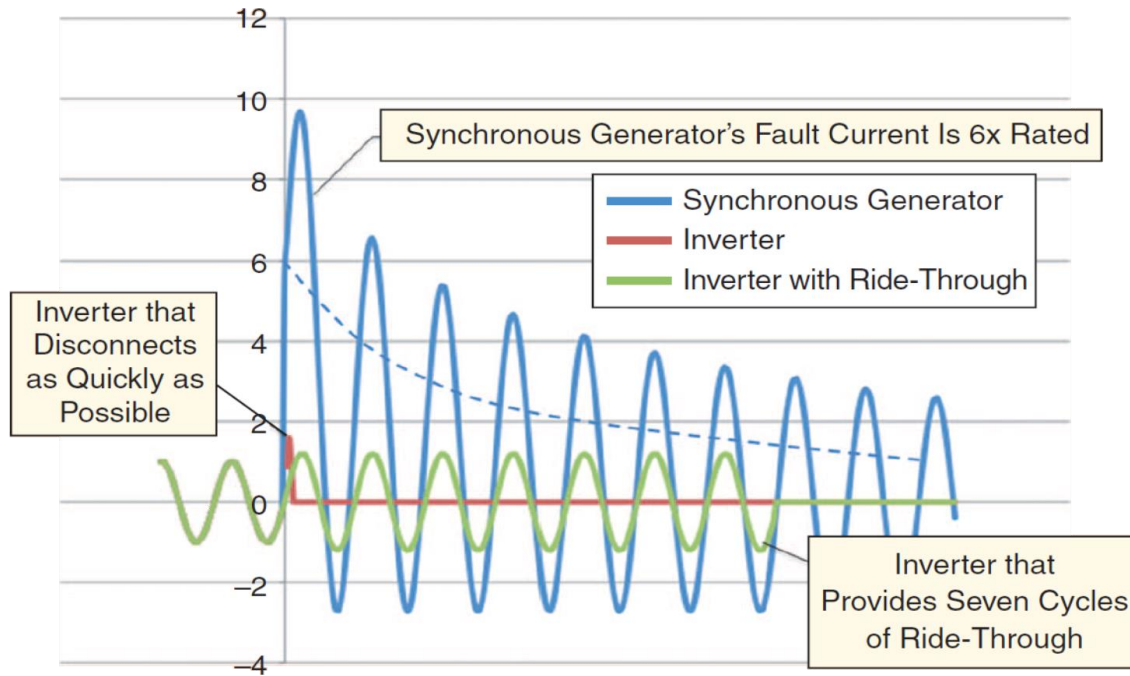


Fig. Corrientes de falta comparado con los tiempos para generación síncrona, para un inversor con rápida desconexión y para un inversor con capacidad ride-through [7].

## Asuntos a considerar

- **Disminución del nivel de potencia de cortocircuito**
- **Inadecuado diseño de protección**

# Flexibilidad

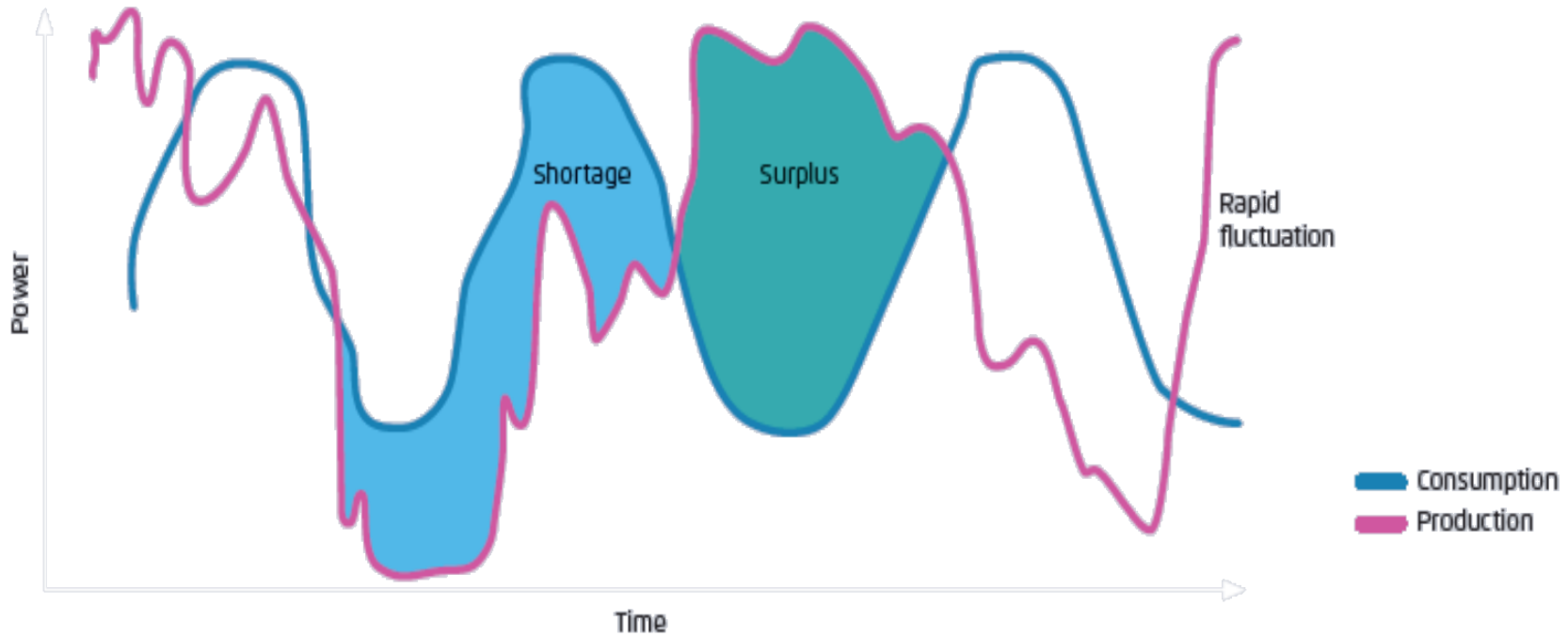


Fig. El desafío de la flexibilidad en las plantas térmicas como resultado de la fluctuación del consumo y la variabilidad de las producción de las energías renovables variables (ERVS-E) [1]

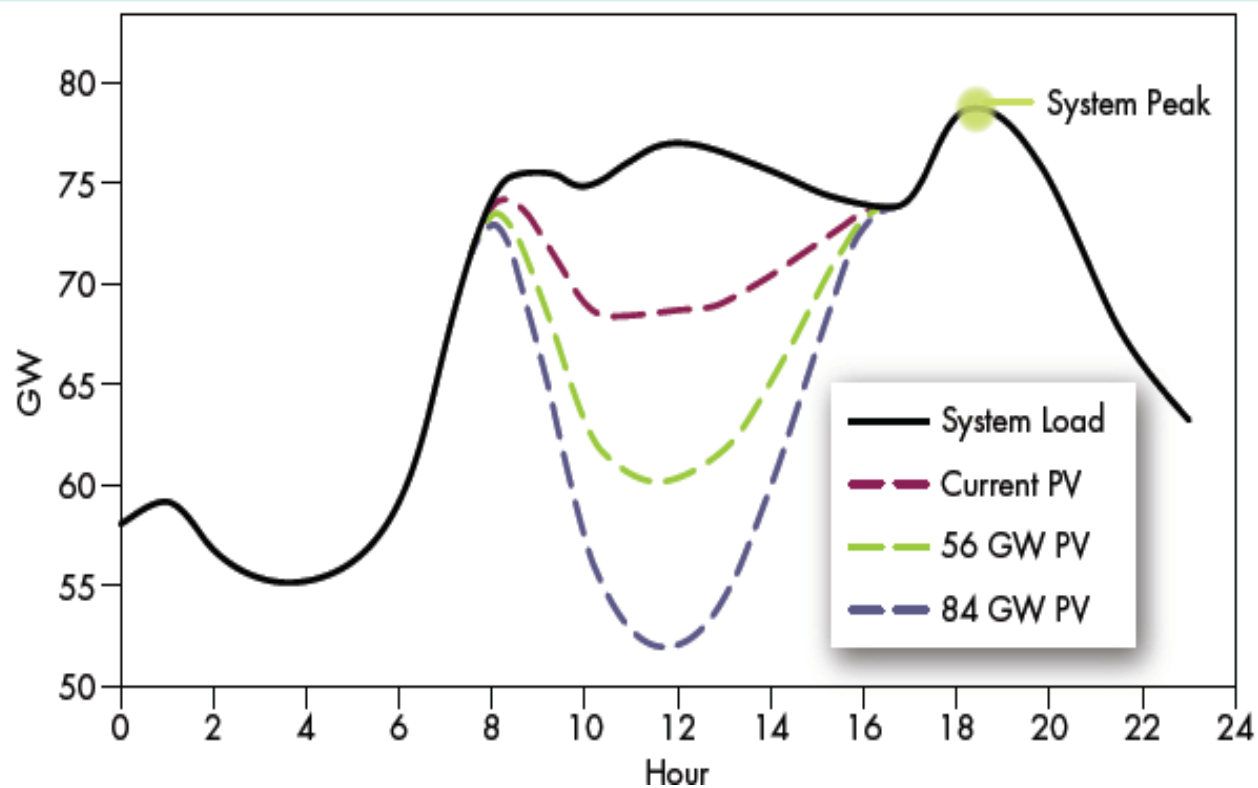


Fig. Reducción del punto máximo de carga y el impacto del ratio de la rampa en el Sistema de potencia alemán como resultado de una alta penetración de PV [8]

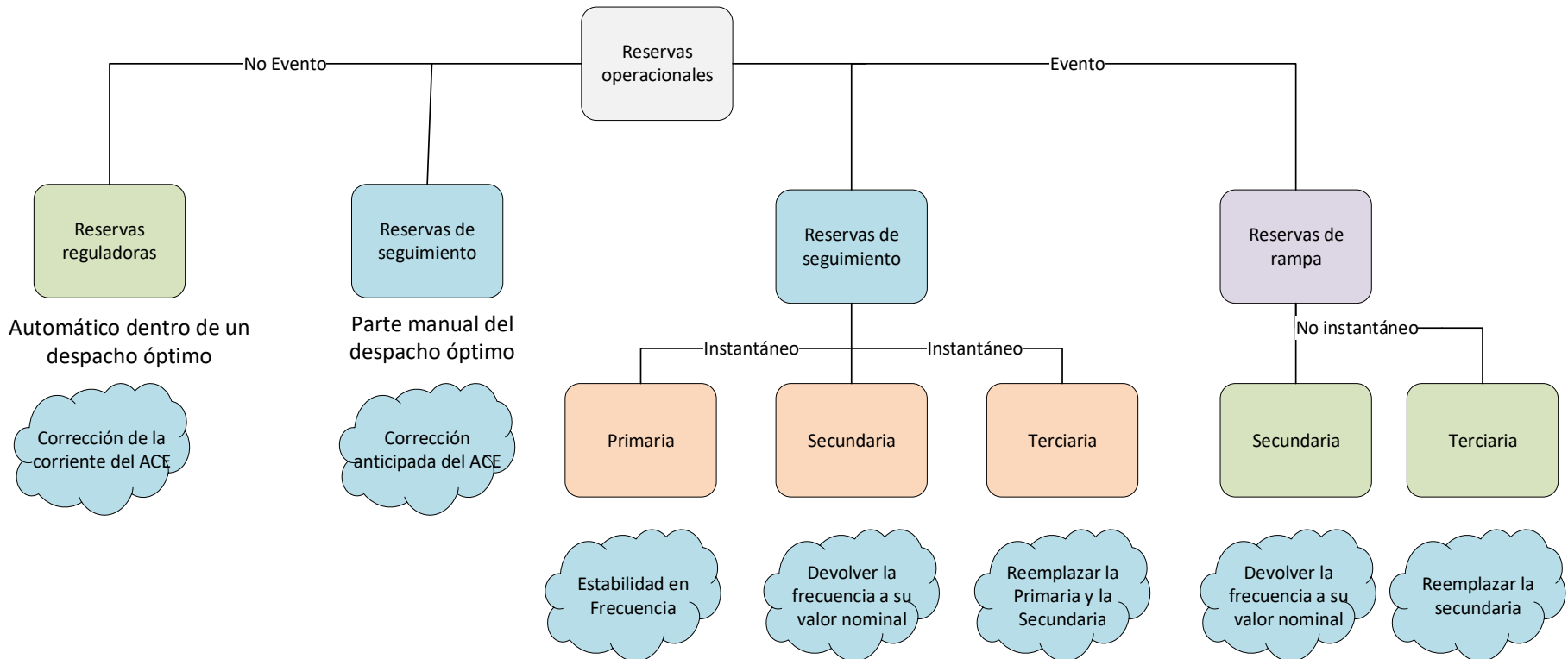
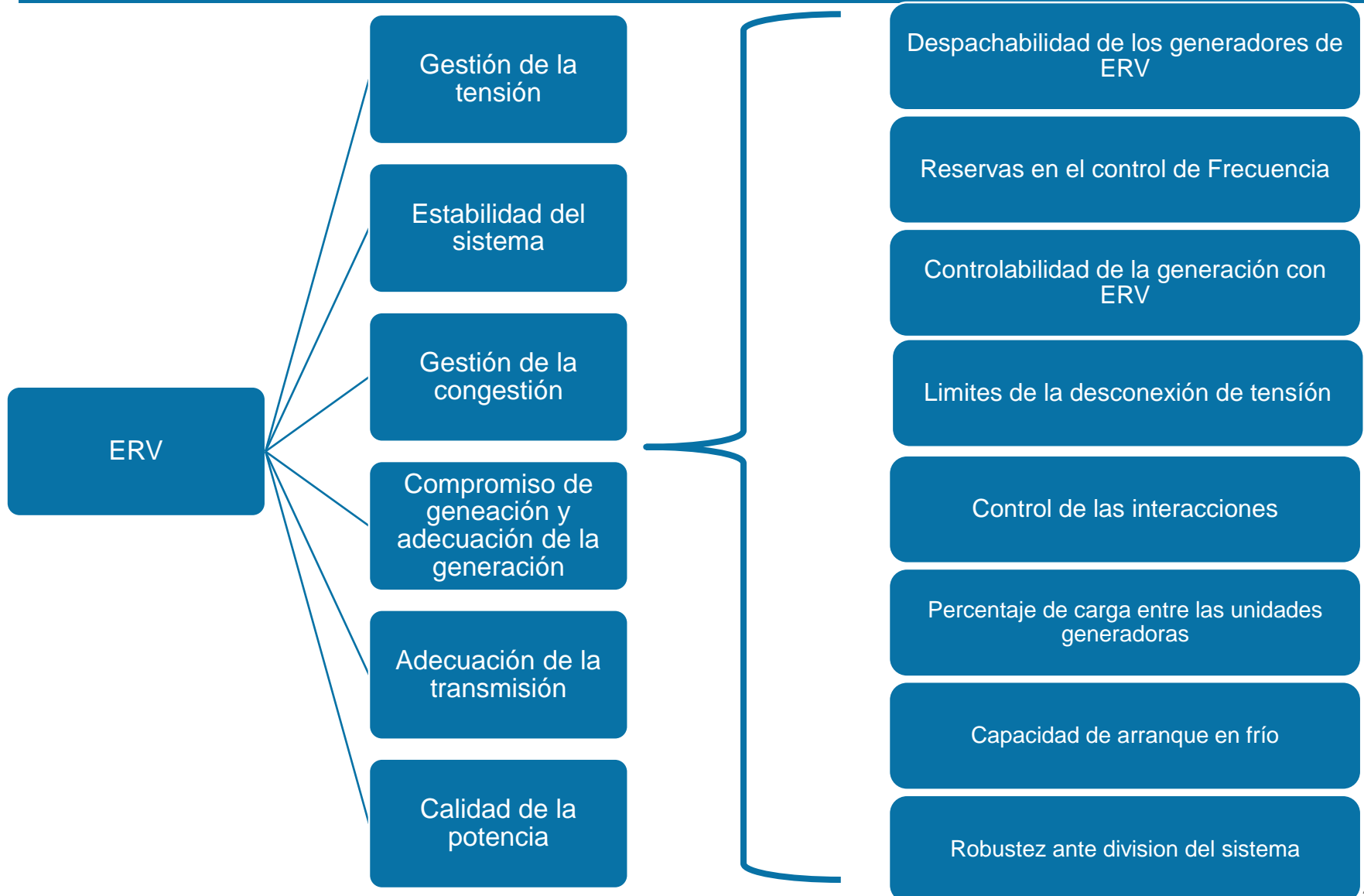


Fig. Categorización de las reservas operacionales adaptadas de [7].



**MUCHAS GRACIAS**



# Referencias

---

1. Ea (2015): The Danish Experience with Integrating Variable Renewable Energy. Study on behalf of Agora Energiewende. [www.agora-energie-wende.de](http://www.agora-energie-wende.de)
2. Lawrence E. Jones. 2014; "Renewable Energy Integration Practical Management of Variability, Uncertainty, and Flexibility in Power Grids"; Elsevier
3. Description of system needs and test cases-Migrate-Horizon 2020
4. The International Bank for Reconstruction and Development; The World Bank Group: A Guide to Operational Impact Analysis of Variable Renewables: Application to the Philippines
5. Renewable Energy Institute, Agora Energiewende (2018): Integrating renewables into the Japanese power grid by 2030. Study on behalf of Renewable Energy Institute and Agora Energiewende.
6. Simon R. Sinsel\*, Rhea L. Riemke, Volker H. Hoffmann; Challenges and solution technologies for the integration of variable renewable energy sources – a review
7. B. Kroposki et al., "Achieving a 100% Renewable Grid: Operating Electric Power Systems with Extremely High Levels of Variable Renewable Energy," in IEEE Power and Energy Magazine, vol. 15, no. 2, pp. 61-73, March-April 2017
8. "The Integrated Grid" ; 2014 Electric Power Research Institute (EPRI), Inc.
9. NREL; Variable Renewable Generation Can Provide Balancing Control to the Electric Power System; 2013
10. The International Bank for Reconstruction and Development; The World Bank Group: Bringing Variable renewable energy up to scale Options for Grid Integration Using Natural Gas and Energy Storage
11. IRENA (2018), Transforming small-island power systems: Technical planning studies for the integration of variable renewables, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi
12. T. Ackerman et al; Wind Power in Power Systems; John Wiley & Sons, Ltd; 2005
13. Lawrence E. Jones,; Renewable Energy Integration Practical Management of Variability, Uncertainty, and Flexibility in Power Grids; 2014 Published by Elsevier Inc.
14. Anonymous.; Integration of Wind Energy in Power Systems -A summary of Danish experiences; 2017
15. Samuel C. Johnson et al; Understanding the impact of non-synchronous wind and solar generation on grid stability and identifying mitigation pathways, Applied Energy, Volume 262, 2020,