GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

Ciemat
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

Unidad de Formación

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

TECNOLOGÍAS, OPERACIÓN Y APLICACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS

23 MAYO – 03 JUNIO DE 2022

Necesidades de almacenamiento de energía asociadas a energías renovables

Dr. Marcos Lafoz-Pastor

23/05/2022

1. La necesidad del almacenamiento de energía asociado a las energías renovables

Flexibilidad

"la capacidad de un sistema de energía para hacer frente a la variabilidad y la incertidumbre que la generación de VRE (energía renovable variable) introduce en el sistema en diferentes escalas de tiempo, desde muy corto hasta largo plazo, evitando la reducción de la VRE y suministrando de forma fiable toda la energía demandada a los clientes" (2018, IRENA)

Necesidades para proporcionar flexibilidad:

- Acoplamiento de sectores
- Gestión de la demanda
- Almacenamiento de Energía
- Plantas de generación gestionables
- Plantas de generación renovables
- Equipos de infraestructura de red
- Procedimientos de operación y planificación

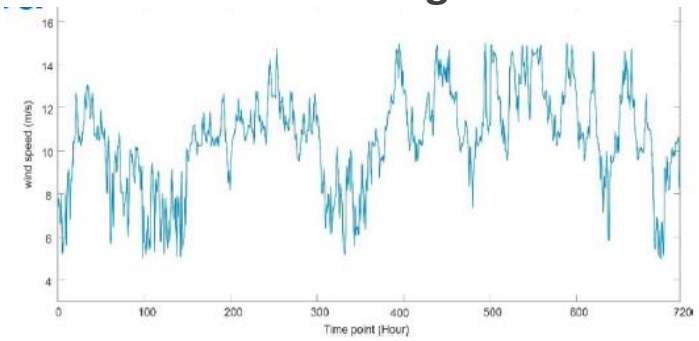
1. La necesidad del almacenamiento de energía asociado a las energías renovables

Concepto de estabilidad y relación con la inercia

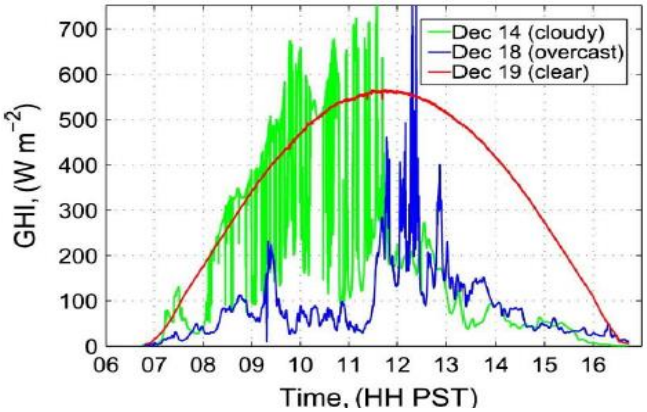
La estabilidad va a depender básicamente de las variables de frecuencia y tensión de la red, y viene condicionada en gran parte por el concepto de **inercia de la red**. La inercia de una red (H) se define como la capacidad de resistir al cambio de frecuencia en el tiempo como consecuencia de una diferencia entre la potencia generada y consumida.

$$2H \cdot f \cdot \frac{df}{dt} = P_{gen} - P_{con}$$

Perfiles típicos de potencia eólica y solar fotovoltaica generadas



Fuente: doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.212

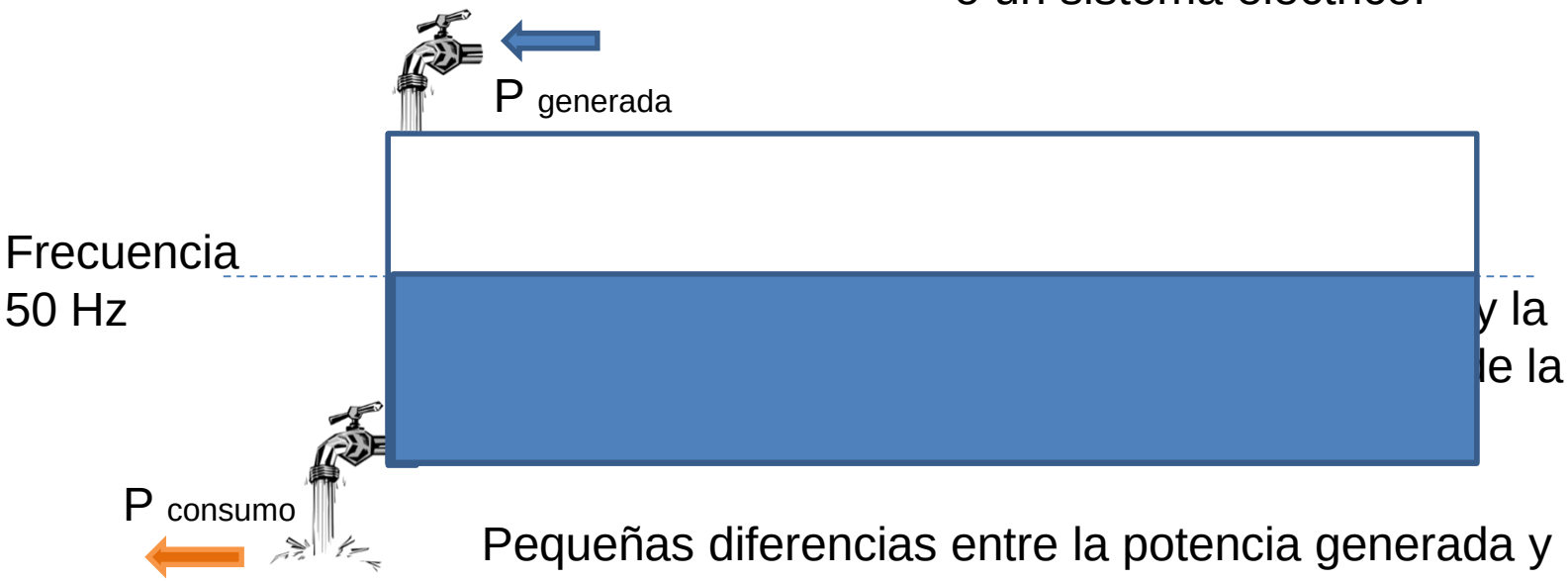


Fuente: doi.org/10.1016/j.solener.2016.03.019

1. La necesidad del almacenamiento de energía asociado a las energías renovables

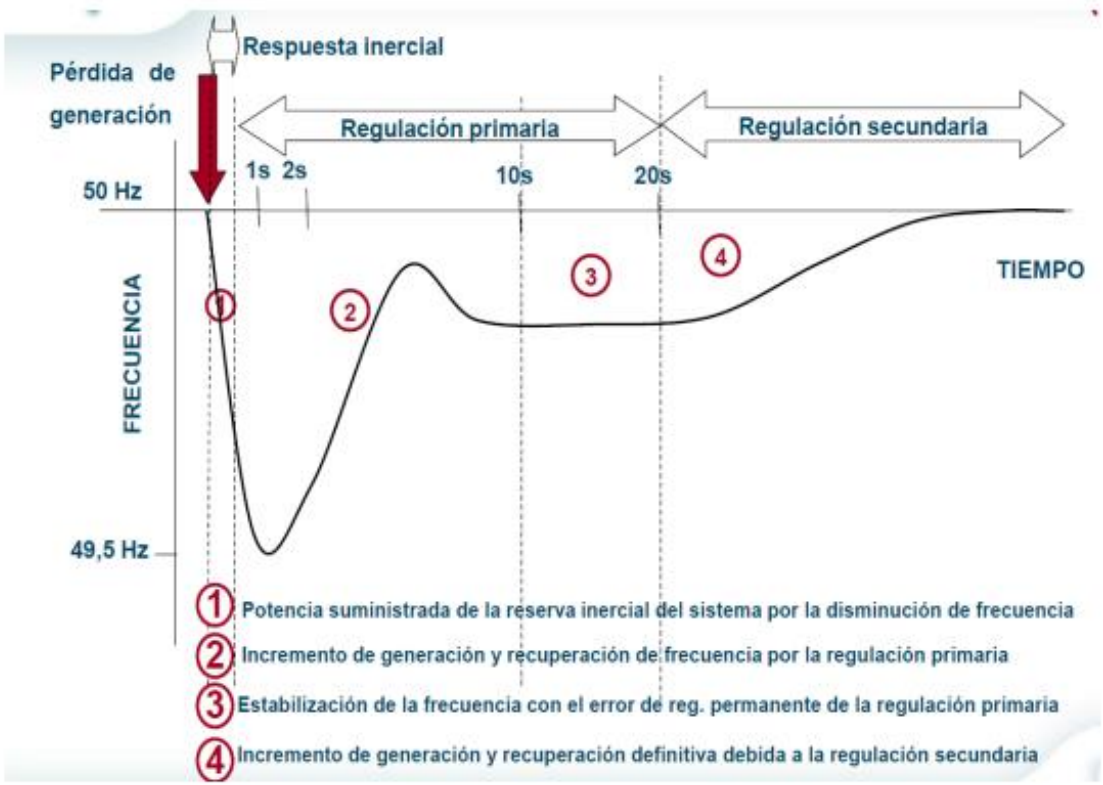
Concepto de estabilidad y relación con la inercia

Efectos sobre la inercia de una red o un sistema eléctrico.



Pequeñas diferencias entre la potencia generada y la potencia consumida tardan mucho en producir desviaciones de la frecuencia -> Red eléctrica con mucha inercia

1. La necesidad del almacenamiento de energía asociado a las energías renovables

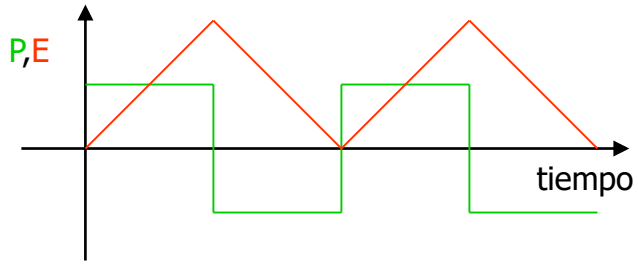


Perfil de frecuencia ante una pérdida de generación, respuesta inercial y respuesta tras la regulación primaria y secundaria de la red (Fuente: Red Eléctrica de España).

2. Definición de un sistema de almacenamiento de energía

Un sistema de Almacenamiento de Energía se especifica por tres variables: la Energía (E), la Potencia (P) y el tiempo de actuación (t) y están relacionadas según: **E=P·t**

$$E = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot t_i$$



La definición del sistema de almacenamiento consiste en determinar:

- **potencia máxima (kW)**
- **densidad de potencia (kW/kg o kW/m3, en volumen o masa)**
- **energía (kWh)**
- **densidad de energía (kW/kg o kW/m3, en volumen o masa)**
- **vida útil (en años o en número de ciclos de carga/descarga)**
- **tiempo de respuesta (ms)**
- **autodescarga (% por mes, normalmente)**
- **profundidad de descarga media**
- **coste (€/kW o €/kWh)**

2. Definición de un sistema de almacenamiento de energía

Consideraciones respecto al coste:

Ej. Un sistema de baterías que tiene 1MW y 1MWh, y un coste de 1M€.

Un sistema de ultracondensadores, con 1MW, 0.01MWh y un coste 0,1 M€

Bat. Li-ion

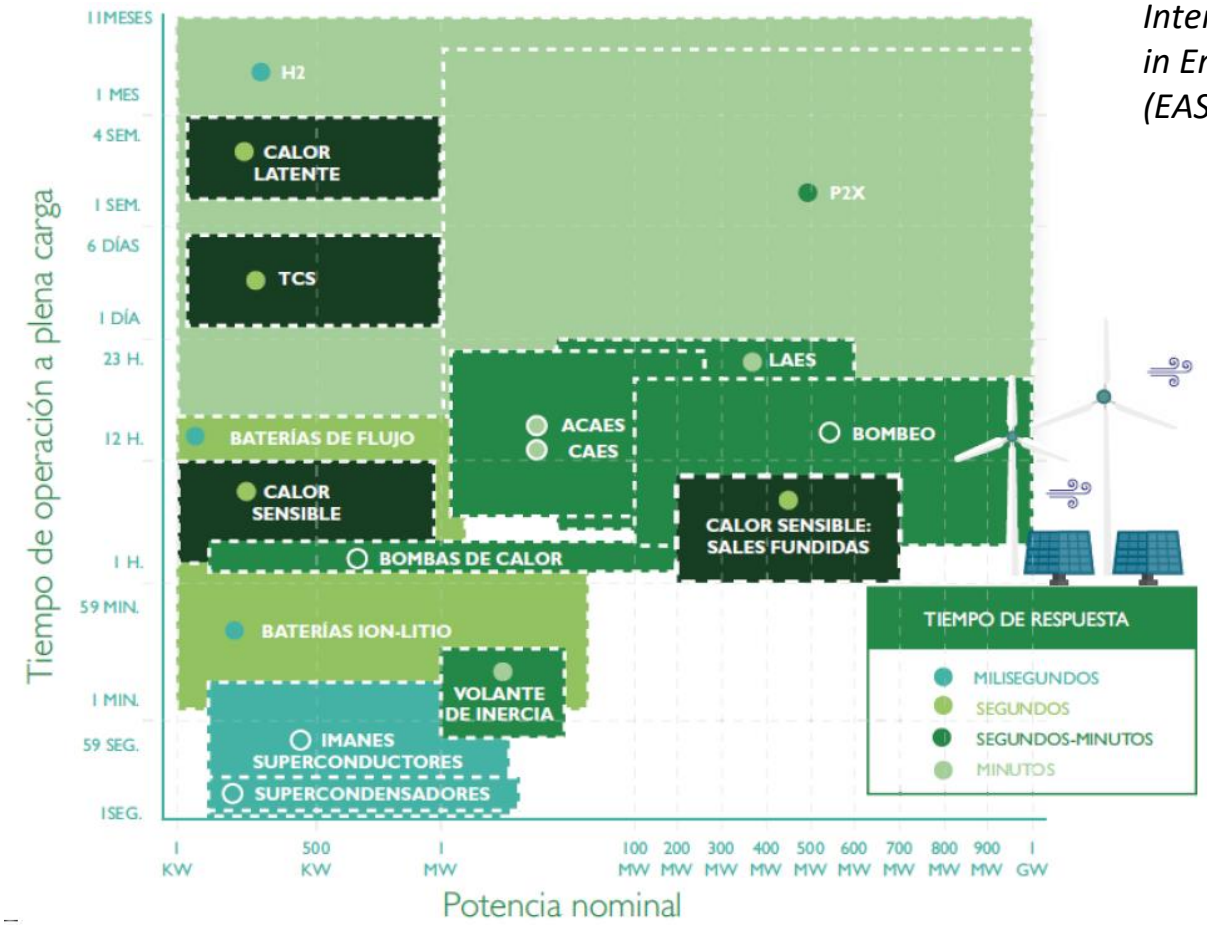
1-1.5€/W 1-1.5€/Wh

Supercaps.

0.1-0.5€/W 10-15€/Wh

Batería más interesantes para energía y supercaps. para potencia

3. Aplicaciones de un sistema de almacenamiento de energía

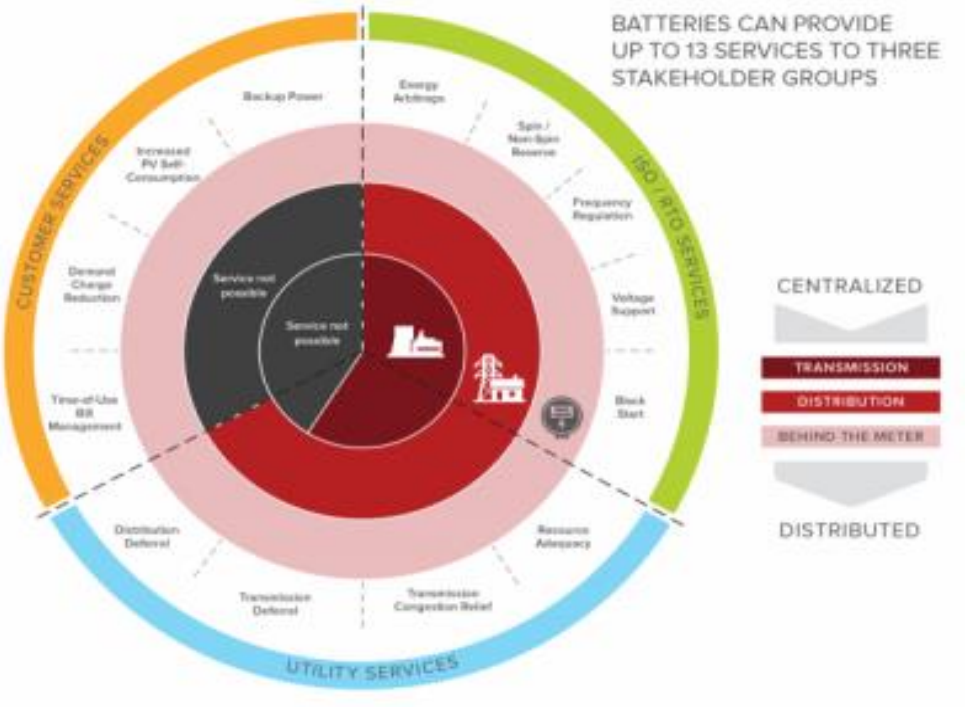


International Roadmap in Energy Storage (EASE-EERA)

Estrategia de Almacenamiento Energético 2021 del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

3. Aplicaciones de un sistema de almacenamiento de energía

Distintos tipos de servicios para los que se puede utilizar un sistema de almacenamiento de energía en distintos puntos de la red eléctrica.



	Rango típico de potencia	*Rango típico de duración*
Servicios principales		
Desplazamiento de la curva de demanda	1-500 MW	2 - 6 h
Capacidad de suministro	1-500 MW	2 - 6 h
Integración de renovables		
Control de rampas	1-500 MW	1 min - 4 h
Reducir potencia pico	1-500 MW	1 - 4 h
Garantía de potencia	1-500 MW	1 - 4 h
Servicios auxiliares		
Seguimiento del consumo	1-100 MW	0.25 - 4 h
Regulación	10-40 MW	Segundos a horas
Respuesta en frecuencia	2 – 50 MW	Segundos a minutos
Reserva rodante	10 100 MW	Minutos a horas
Apoyo a la tensión	1 – 10 MVAr	Minutos a 1 hora
Arranque desde cero	5 – 50 MW	Segundos a horas

Fuente: https://rmi.org/insight/economics-battery-energy-storage/

Aplicaciones de almacenamiento en parques eólicos y solares fotovoltaicos

Gannawarra (Australia)
60 MW solar PV

25 MW/50 MWh baterías litio Tesla

Ejemplo: Australia ha anunciado en 2021 hasta 15 proyectos con un total de 6.6 GW de potencia instalada de almacenamiento en baterías y una inversion de 4300 millones de dólares.

100 MW / 129 MWh de baterías lion-litio Tesla

Kennedy Energy Park, Australia 20 MW solar PV + 30 MW eólica

2 MW / 4 MWh de baterías lion-litio

32 MW / 8 MWh de baterías lion-litio A123 Systems

Aplicaciones de almacenamiento en parques eólicos y solares fotovoltaicos

Gracias por su atención

Dr. Marcos Lafoz Pastor

marcos.Lafoz@ciemat.es