

Baterías estacionarias: El comodín para la transición energética

Eneko Unamuno – Mondragon Unibertsitatea

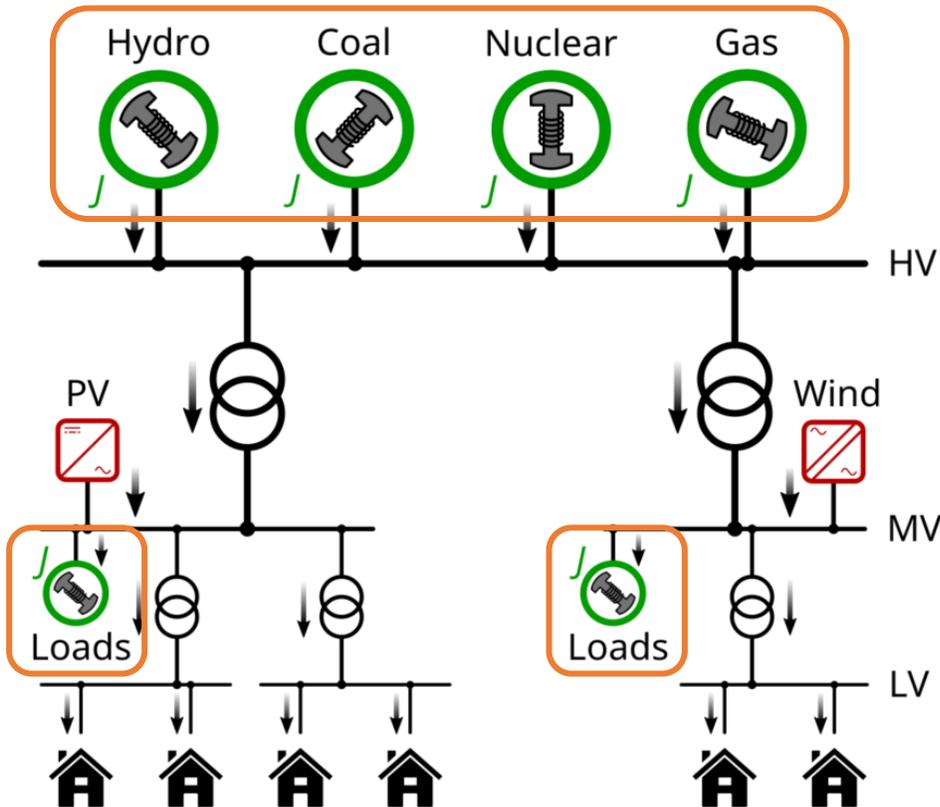
06/02/2024



Características del sistema eléctrico

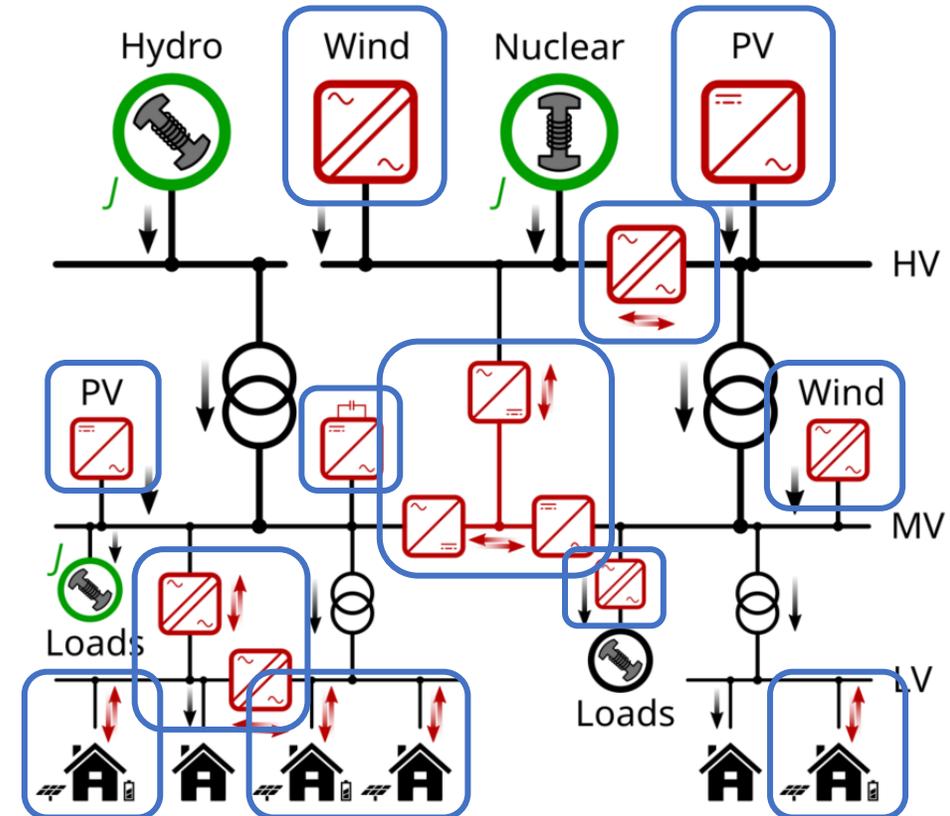
Sistemas eléctricos convencionales

Dominados por máquinas síncronas



Sistemas eléctricos “modernos”

Gran presencia de convertidores electrónicos

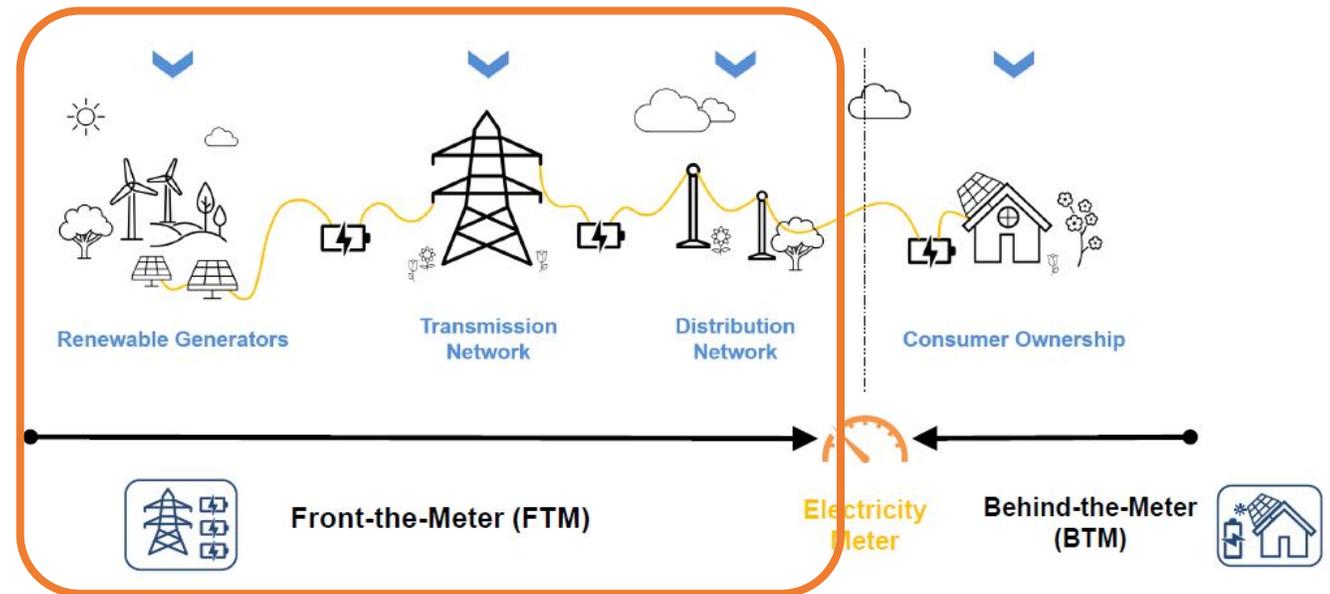


Almacenamiento en red

El almacenamiento de energía en red es una tecnología facilitadora para la integración masiva de energías renovables en las redes y para la mejora del suministro eléctrico.

Se distinguen dos tipos:

- *Behind-the-meter* (BTM): clientes comerciales, industriales o residenciales
- *In-front of the meter* (FTM) o *utility-scale*: conectadas a redes de distribución y transmisión



Source: IDTechEx

Servicios con almacenamiento FTM

Podemos distinguir cinco categorías de servicios que se pueden aportar con baterías FTM para facilitar la integración de renovables:



1. Equilibrio de generación y demanda



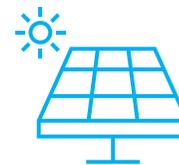
2. Mejora del coste de operación



3. Mejora de la estabilidad de frecuencia



4. Calidad de potencia y soporte de tensión



5. Integración de renovables

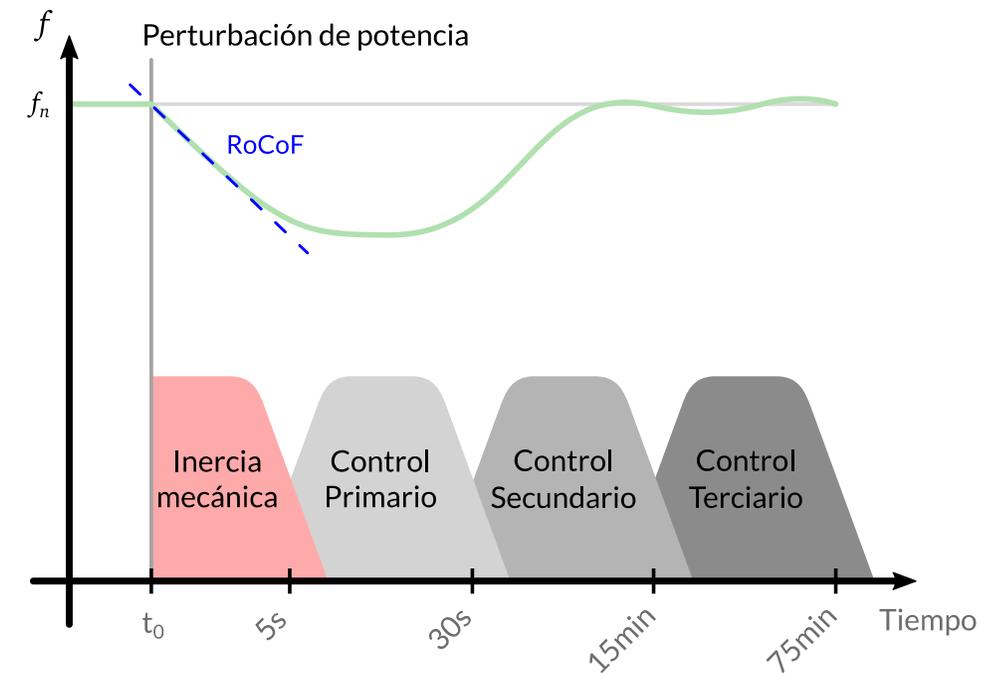
Equilibrio de generación y demanda



La potencia generada debe ser en todo momento igual que la potencia consumida

El operador del sistema establece la potencia generada necesaria en función del consumo estimado, y después se establecen otros activos como reserva (*operating reserve*) para realizar el "ajuste fino" y/o actuar ante eventos no previstos

Respuesta del control jerárquico de una red eléctrica ante un evento:



Equilibrio de generación y demanda



La reserva de operación se puede dividir en tres categorías:

1. *Frequency-response reserve*: utilizada para cubrir transitorios rápidos
2. *Primary reserve*:
 - a. *Spinning*: capacidad extra de generación disponible en generadores que ya están conectados a la red
 - b. *Non-spinning*: reserva que no está conectada a la red pero se puede conectar de forma relativamente rápida
3. *Replacement/contingency reserve*: capacidad provista por generadores que requieren más tiempo para ponerse en marcha

Evento

~10s



~10min



30-60min

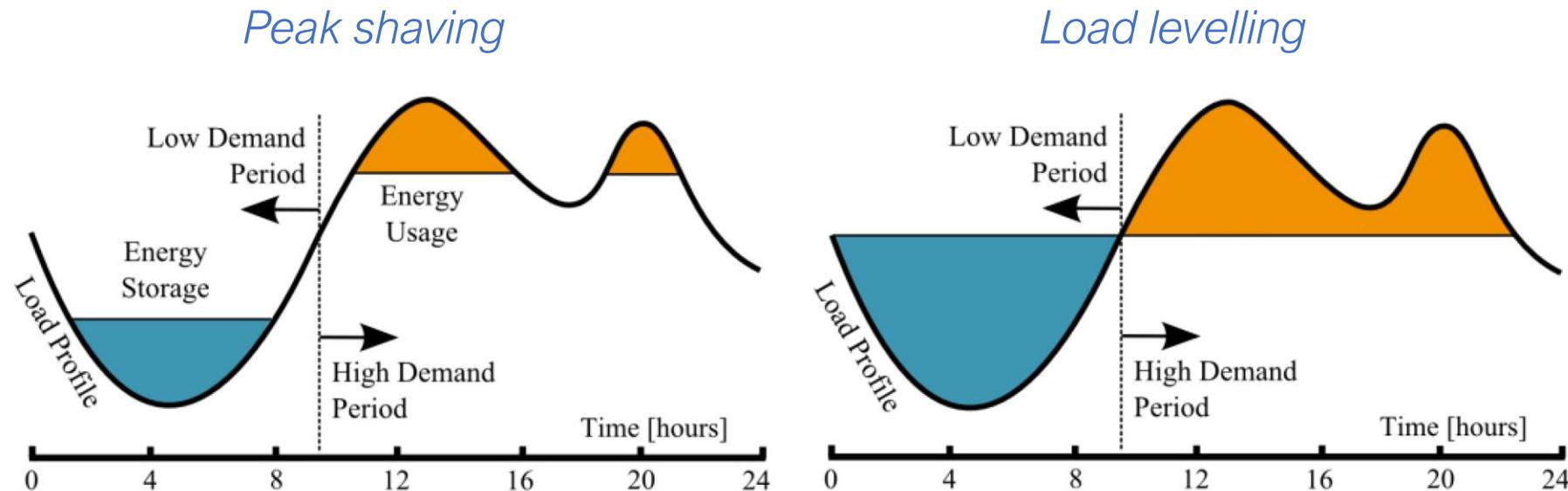




Mejora del coste de operación

Los sistemas de almacenamiento permiten desacoplar la generación y la demanda de energía

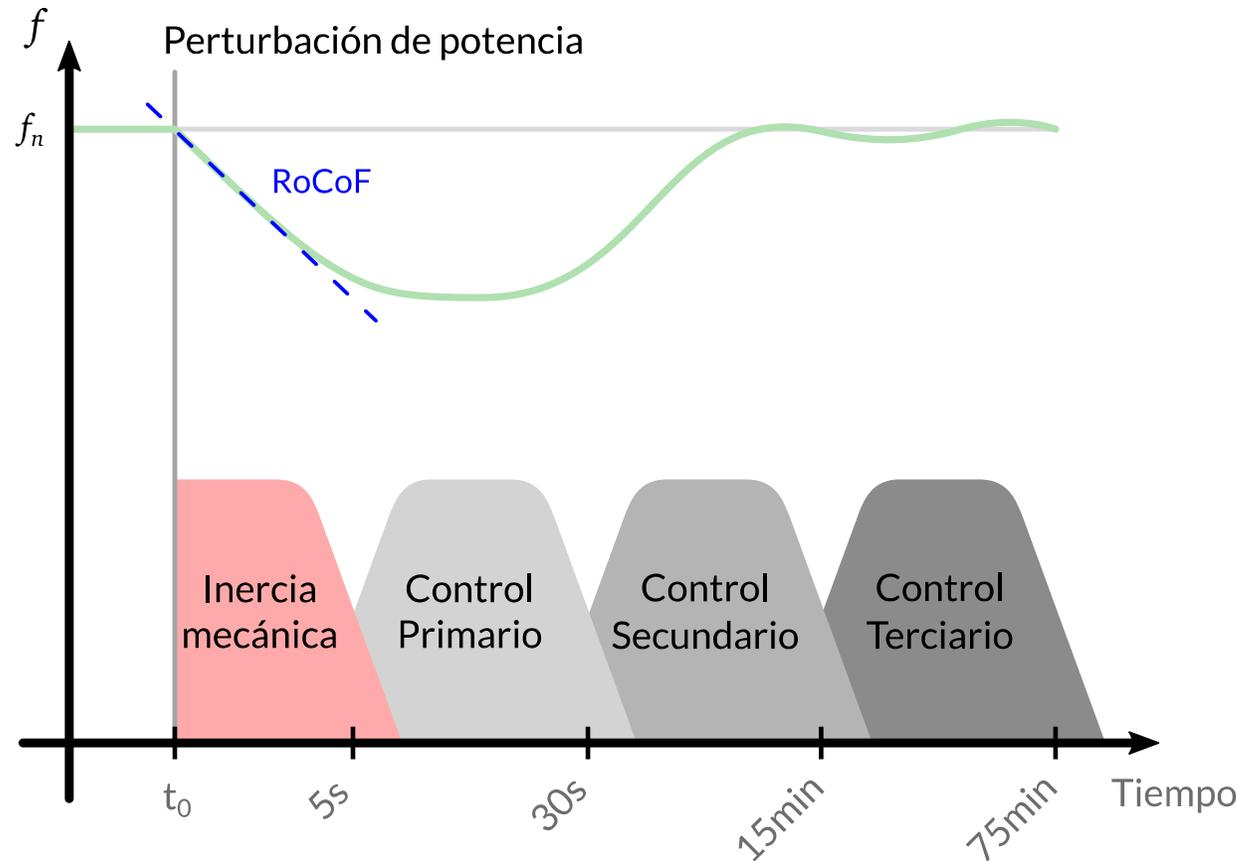
Esto se conoce como *load shifting*, y se puede dividir en dos categorías:



Fuente: S. Sabihuddin, A. Kiprakis, and M. Mueller, "A Numerical and Graphical Review of Energy Storage Technologies," *Energies*, vol. 8, no. 1, pp. 172–216, Dec. 2014.



Mejora de la estabilidad de frecuencia

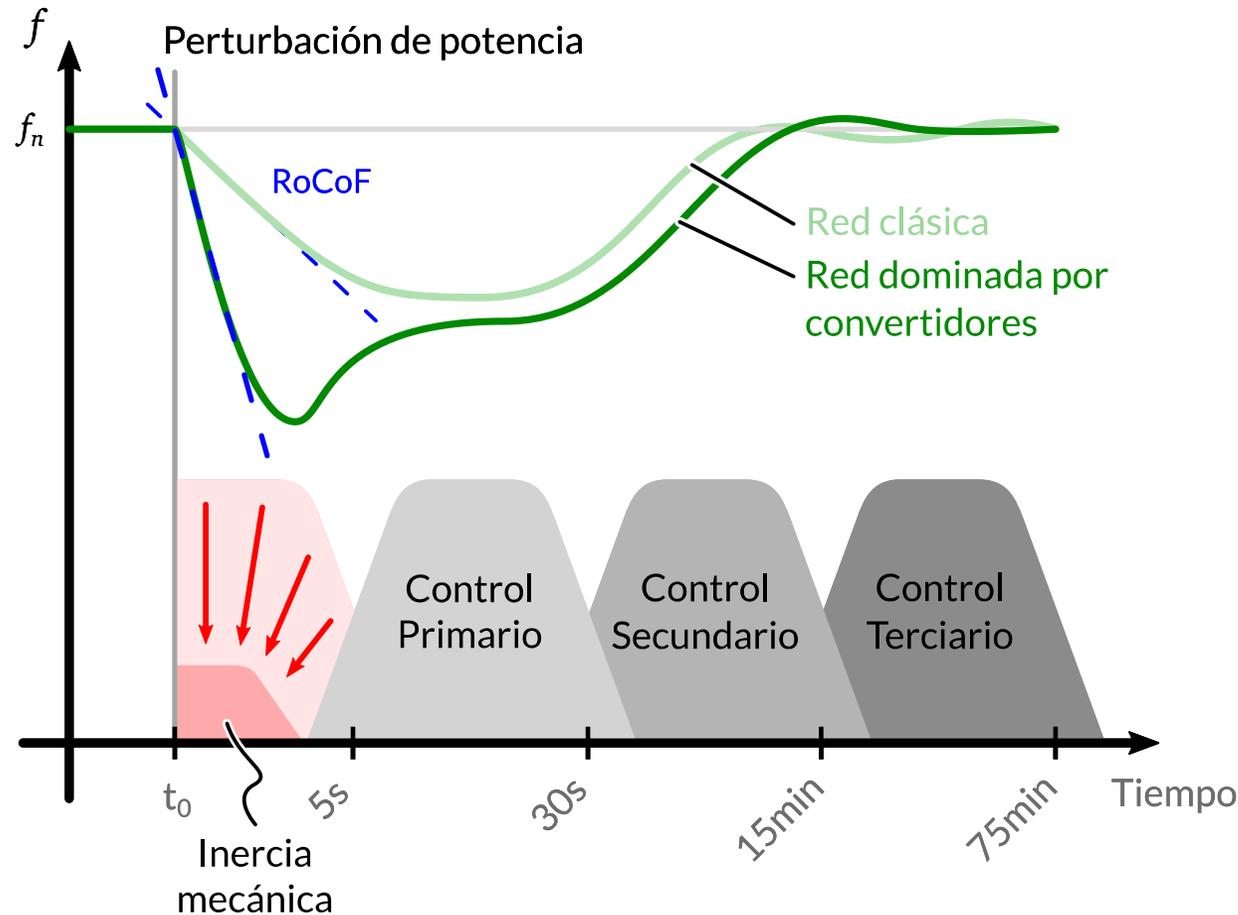


Sistemas convencionales:

- Desviaciones pequeñas de frecuencia y tensión (nadir)
- Ratios de cambio de frecuencia (RoCoF) "lentos"
- Gran reserva primaria



Mejora de la estabilidad de frecuencia

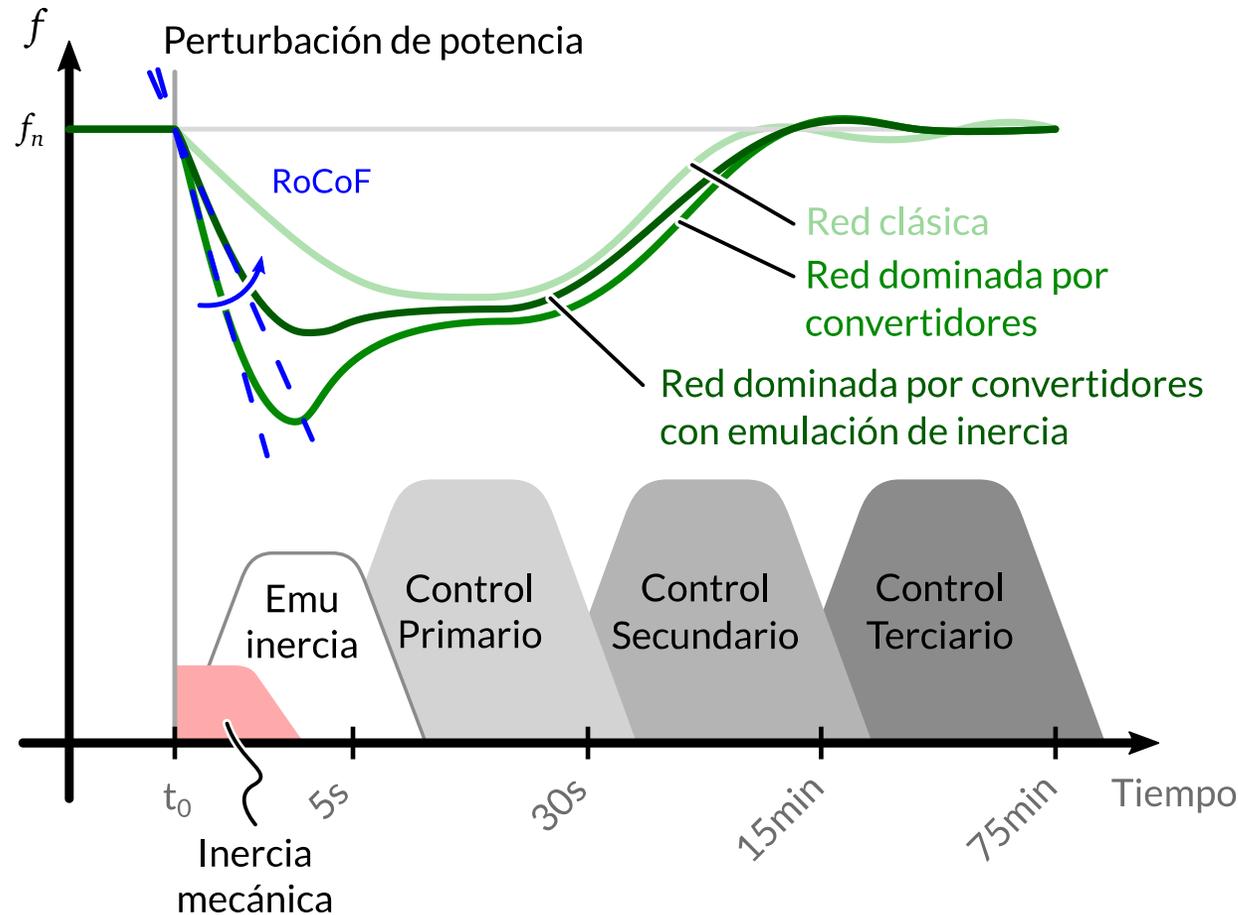


Sistemas modernos:

- Desviaciones mayores de frecuencia y tensión (nadir)
- Ratios de cambio de frecuencia (RoCoF) más rápidos
- Menor reserva primaria



Mejora de la estabilidad de frecuencia



Sistemas modernos:

- Desviaciones mayores de frecuencia y tensión (nadir)
- Ratios de cambio de frecuencia (RoCoF) más rápidos
- Menor reserva primaria

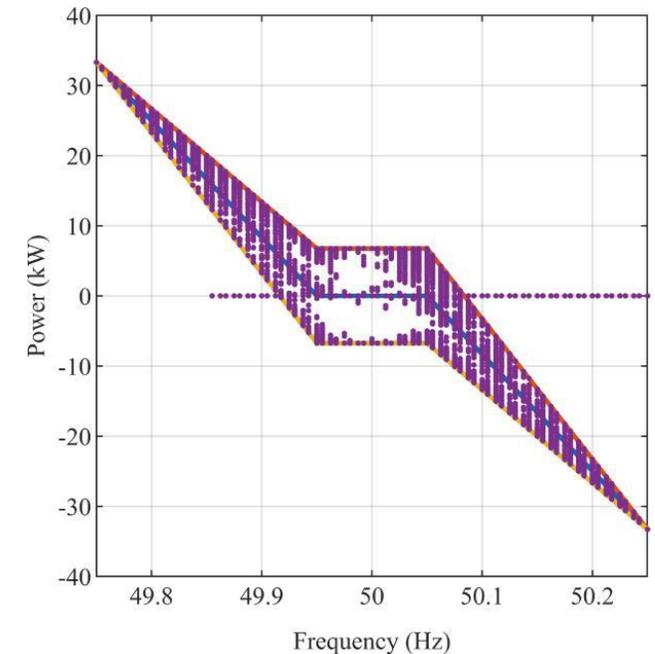
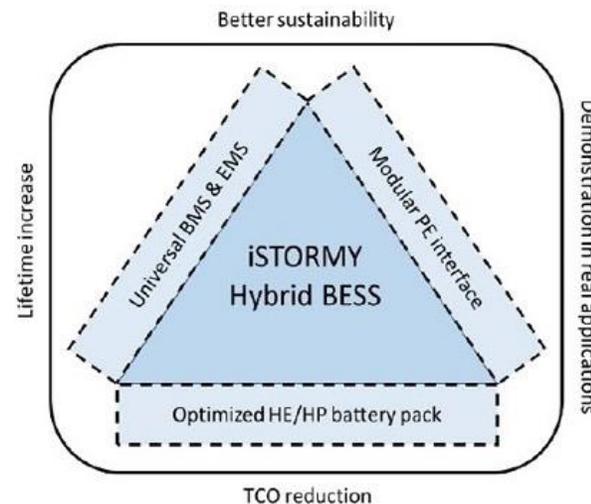
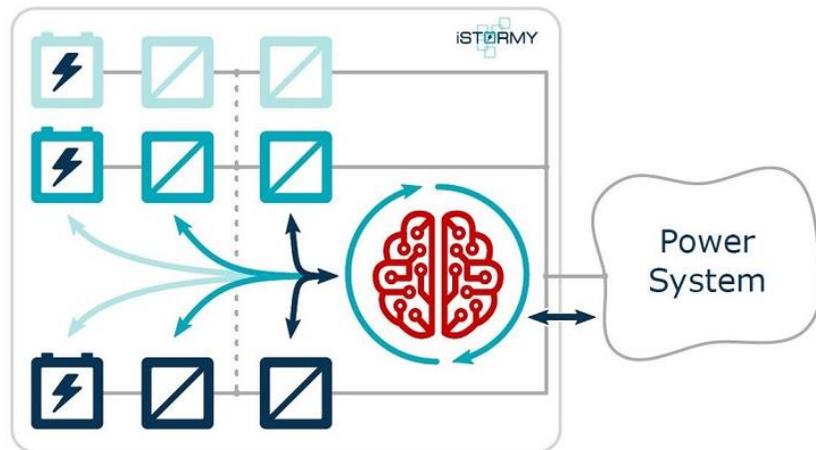
Mejora de la estabilidad de frecuencia



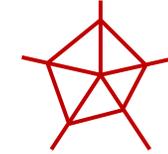
Proyecto iSTORMY – Programa H2020-LC-BAT-2019-2020

Interoperable, modular and smart hybrid energy storage system for stationary application

Desarrollo de EMS para la provisión de servicios de regulación de frecuencia con respuesta de <math><1\text{s}</math> (servicios EFR y emulación de inercia)



Calidad de potencia y soporte de tensión

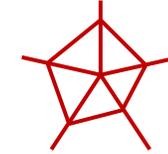


La mayoría de líneas de transmisión y cargas conectadas a la red son de carácter inductivo, causando una **circulación de potencia reactiva** que ha de ser provista por los generadores

Muchas **cargas** son no lineales o desequilibradas, las cuales generan **distorsiones armónicas y desequilibrios** en las tensiones y corrientes de la red

La tensión de la red ha de ser lo más limpia y equilibrada posible para asegurar un funcionamiento óptimo del sistema y evitar daños en los dispositivos conectados a ella

Calidad de potencia y soporte de tensión

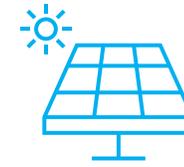


Los sistemas de almacenamiento se plantean como una solución interesante gracias a que pueden generar y absorber energía y su respuesta es rápida

En este sentido, se incorporan muchas veces en equipos STATCOM para aportar diversas funcionalidades para la mejora de la calidad de potencia:

- **Corrección del factor de potencia:** se inyecta potencia reactiva en la red tanto de forma continuada como ante faltas
- **Soporte de tensión:** se regula la amplitud de la tensión a través del intercambio de potencia reactiva, optimizando de esa forma la capacidad de transmisión de las líneas de la red y evitando sobrecargas
- **Compensación de flicker:** se trata de una regulación rápida de la amplitud de la tensión ante variaciones repentinas en la carga
- **Compensación de armónicos:** se trata de inyectar corrientes armónicas para compensar el consumo de cargas no lineales
- **Compensación de desequilibrios:** se trata de inyectar corrientes de secuencia negativa para compensar los desequilibrios de tensión en la red

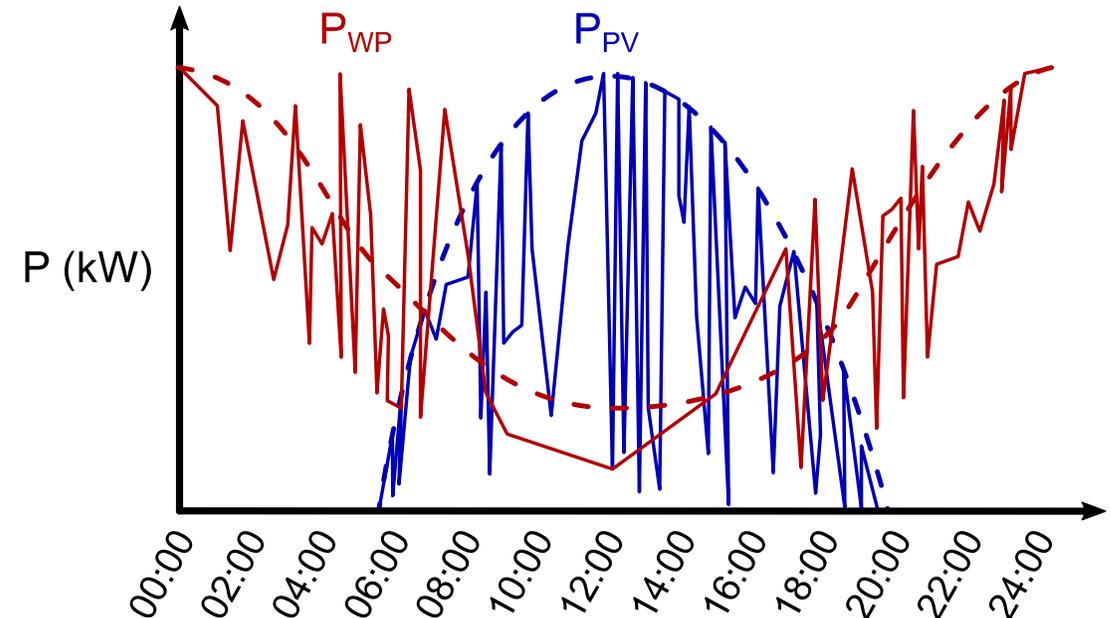
Programabilidad de renovables



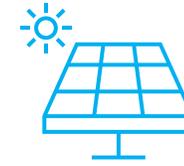
Además de la gran variabilidad de las fuentes de origen renovable, muchas veces la energía que se genera no coincide con la demanda:

La generación fotovoltaica coincide aproximadamente con el consumo

El viento es menos predecible; podría estar soplando durante 24 horas pero su intensidad podría ser muy diferente

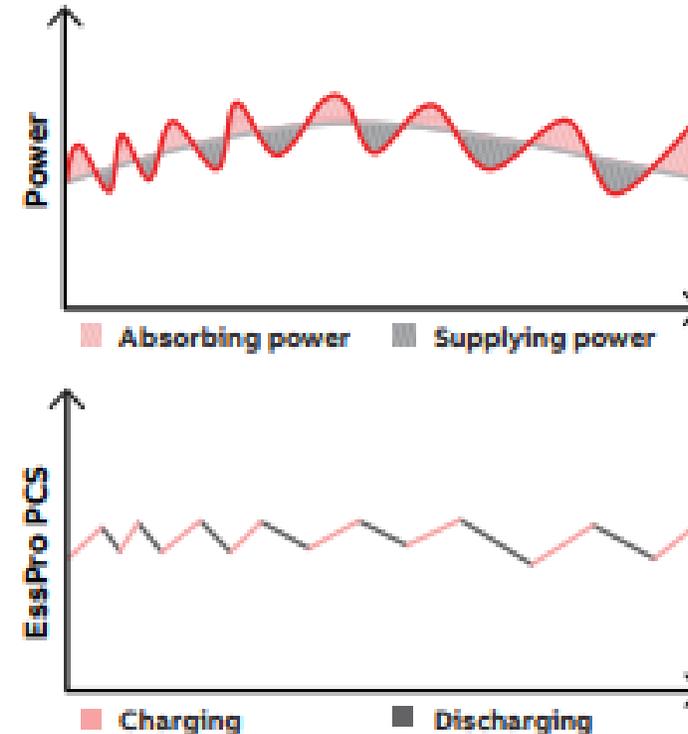


Programabilidad de renovables



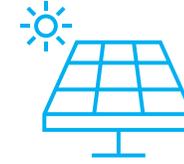
En este contexto, un sistema de almacenamiento puede ofrecer varias funcionalidades:

Capacity firming: se trata de convertir la generación variable de fuentes renovables en potencia programable (*dispatchable*) con un nivel y duración predefinidos para que sean parte de los activos del operador



Fuente: R&D Nester, Online (Accedido por última vez: 12/11/21)

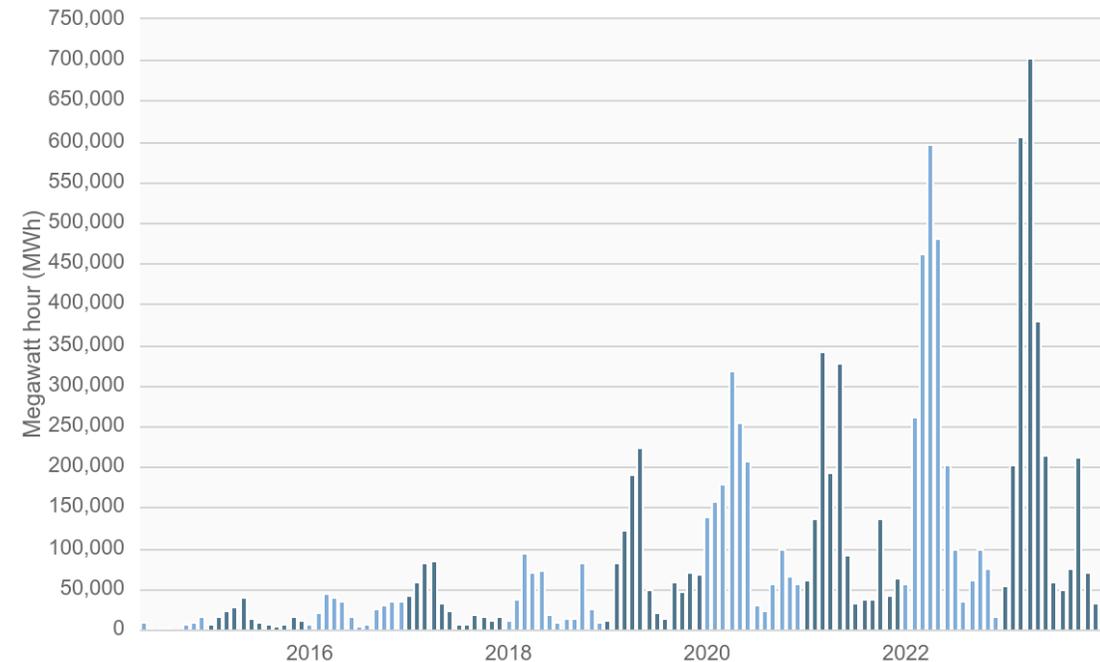
Programabilidad de renovables



En este contexto, un sistema de almacenamiento puede ofrecer varias funcionalidades:

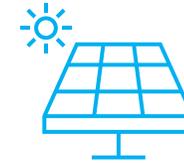
Evitar el vertido de potencia (curtailment) de origen renovable

Wind and solar curtailment totals by month



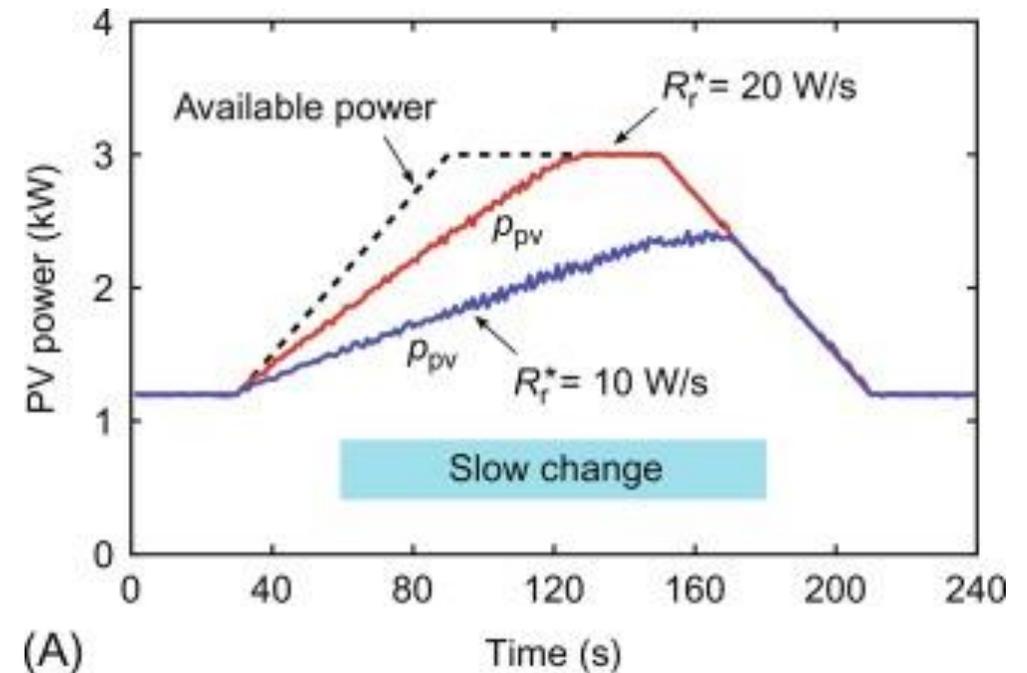
Fuente: [California Independent System Operator \(CAISO\)](#)
(Accedido por última vez el 19/01/24)

Programabilidad de renovables



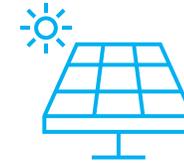
En este contexto, un sistema de almacenamiento puede ofrecer varias funcionalidades:

Ramp-rate control: se trata de controlar la rampa de generación o parada del sistema de generación para no perturbar la red en exceso. También se emplea para estaciones de recarga de vehículo eléctrico



Fuente: Y. Yang, K. A. Kim, F. Blaabjerg, A. Sangwongwanich, "6 - Flexible active power control of PV systems," in Advances in Grid-Connected Photovoltaic Power Conversion Systems, Woodhead Publishing, 2019, Pages 153-185.

Programabilidad de renovables



Previsiones en firme de generación de potencia diaria (generación de potencia constante)

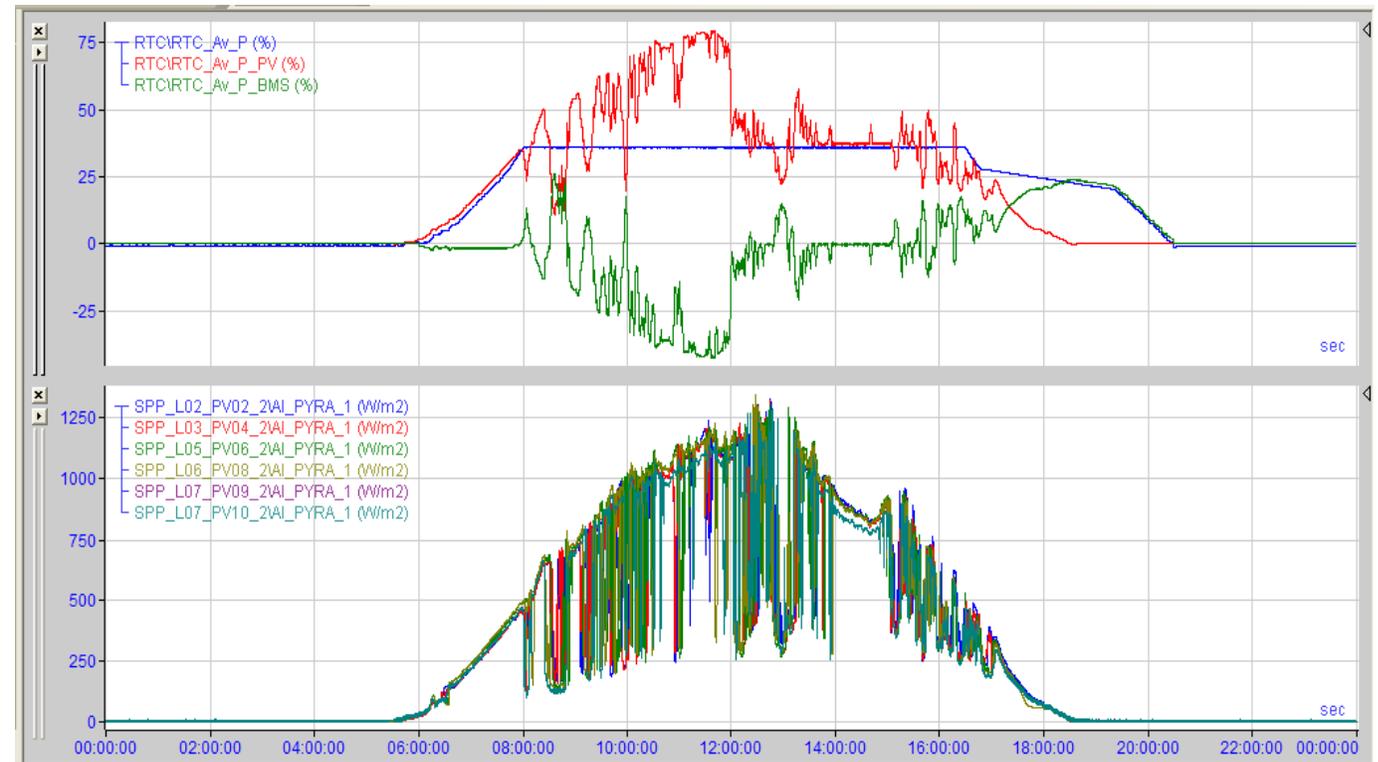
Ingeteam

INGEGRID™ STORAGE

Caso de estudio: Bardzour facility
(isla La Réunion)

9 MWh de baterías & STATCOM

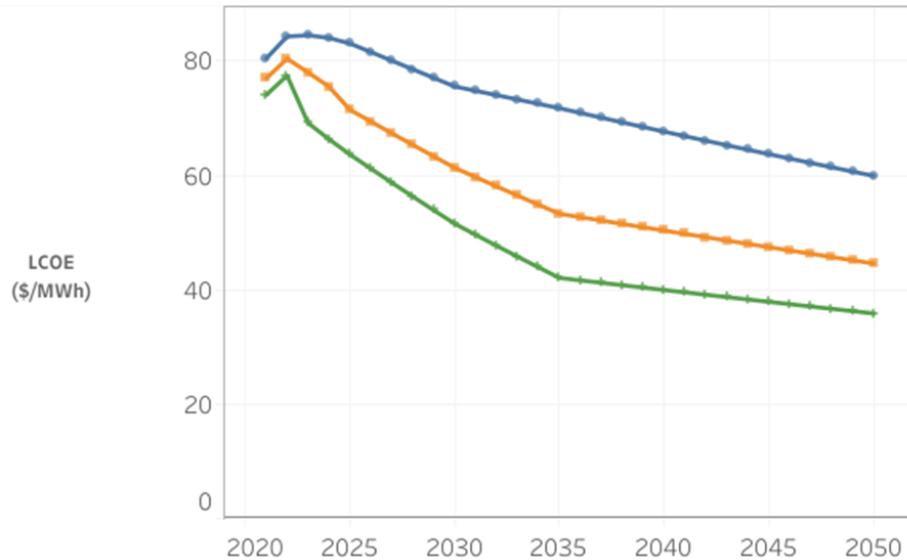
Sistema de control en tiempo real
+ gestor de energía (*ramp-rate control*)



Más detalles: <https://www.ingeteam.com/Download/2061/attachment/cs33iptt01-pga-bardzour.pdf.aspx>
(Accedido por última vez el 18/01/24)

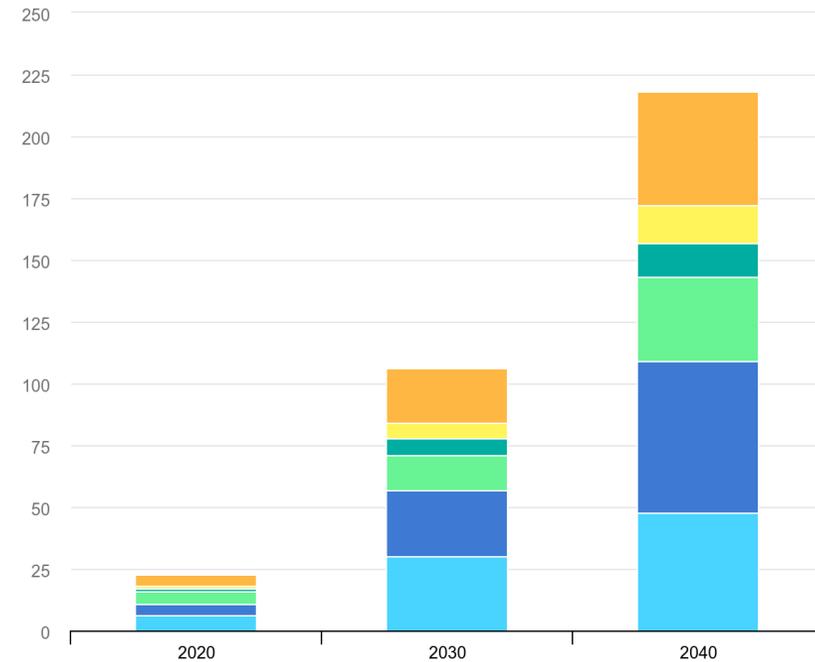
Mensajes finales

Predicción del LCOE de Utility-scale PV + Battery



Fuente: NREL, https://atb.nrel.gov/electricity/2023/utility-scale_pv-plus-battery (Accedido por última vez el 19/01/24)

Predicción de la capacidad de almacenamiento estacionario instalado



Fuente: IEA, *Installed capacity of utility-scale battery storage systems in the New Policies Scenario, 2020-2040*, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/installed-capacity-of-utility-scale-battery-storage-systems-in-the-new-policies-scenario-2020-2040>, IEA. Licence: CC BY 4.0 (Accedido por última vez el 19/01/24)

Baterías estacionarias: El comodín para la transición energética

Eneko Unamuno

eunamuno@mondragon.edu

06/02/2024


Mondragon
Unibertsitatea

 **REPSOL**
Fundación