Machine Translated by Google

g-advisory
GRUPO GARRIGUES

SIMULYDE

Estudio técnico y económico de dos tecnologías de almacenamiento de energía en España

17 de febrero de 2023

Atlantica Sustainable Infrastructure
Magtel
SOLAR PACK
dos grados CAPITAL
REOLUM RENEWABLE RESEARCH
ence ENERGÍA & CELULOSA
MALTA
UNIVERGY SOLAR

Machine Translated by Google

Contenido

- Introducción
- Beneficios de almacenamiento
- Tecnologías de almacenamiento y situación en España
- Estimación de ingresos
- Evaluación de la rentabilidad
- Mecanismo de apoyo a proyectos de almacenamiento

Machine Translated by Google

Introducción

El estudio

Objetivo

- Realizar un estudio económico de la rentabilidad de dos Tecnologías de almacenamiento de energía en España.

PSH Bombeo
Almacenamiento
Hidroelectricidad de 100 MW (15h) y 200 MW (7,5h)

Batería BESS
Almacen de energia
Sistema de 100 MW (2h y 4h)

- Evaluar la necesidad de fomentar su instalación.

- Analizar su rentabilidad, y la conveniencia de establecer mecanismos de apoyo.

Procedimiento

Discusión con el Patrocinadores de las principales características técnicas

Pronostique los precios futuros de la piscina por hora

Estimación de los ingresos netos

Análisis de CAPEX y OPEX

Evaluación de rentabilidad para evaluar si falta dinero necesario para alcanzar una TIR objetivo (7,4 %)

Machine Translated by Google

Beneficios de almacenamiento

Beneficios y servicios

Almacenamiento: papel clave en la descarbonización de los sistemas de energía eléctrica

Tecnologías de almacenamiento:

- Mecánica: es decir, bomba hidráulica
- Térmica: es decir, sales fundidas
- Químico: es decir, hidrógeno
- Electroquímica: es decir, baterías
- Eléctrico: es decir, supercondensadores

Servicios proveedores de almacenamiento de energía:

- Arbitraje energético
- Servicios complementarios
  - I. Regulación de frecuencia
  - II. Carga siguiente
  - tercero Soporte de voltaje
  - IV. Capacidad de inicio negro
  - V. Reservas complementarias
- Servicios de infraestructura de transmisión y distribución
- Servicios de gestión de energía del cliente

Machine Translated by Google

Tecnologías de almacenamiento y situación en España

Situación del almacenamiento en España

Situación actual

~ 3,3 GW

~ 870 megavatios

~ 0 megavatios

Bombeo

- Alrededor de 3,3 GW de capacidad instalada (bombeo puro).
- Utilizado a gran escala en España durante muchos años.
- Importante oleoducto español en desarrollo.
- Confianza en esta tecnología por parte de entidades relevantes del sector.

Sales fundidas en plantas CSP

- 870 MW de capacidad operativa de almacenamiento.
- Utilizado en España en Plantas CSP
- Plantas con retribución específica.
- 10-15 años de trayectoria.

bess

- Etapa muy temprana de implementación.
- Pipeline en crecimiento en desarrollo con activos eólicos y fotovoltaicos.
- Entrada de proveedores españoles en el mercado.
- Impacto positivo en las subastas de capacidad de acceso.

Barreras encontradas históricamente

- Altos costos de inversión
- Falta de objetivos de futuro (Pre-PNIEC)
- Falta de una regulación clara
- Falta de remuneración/subsidios

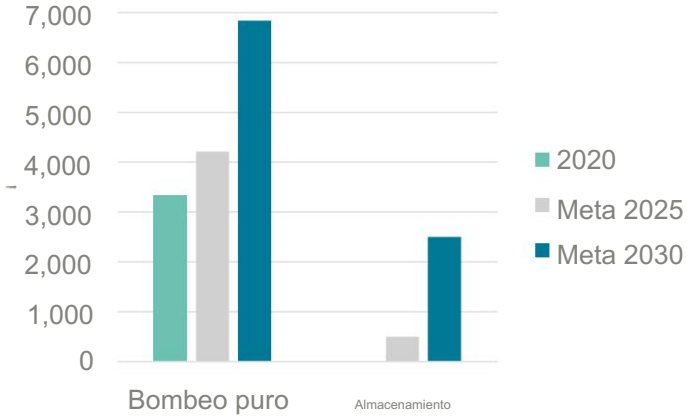
Machine Translated by Google

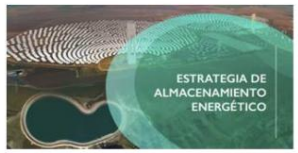
Tecnologías de almacenamiento y situación en España

Objetivos

PNIEC (enero 2020)

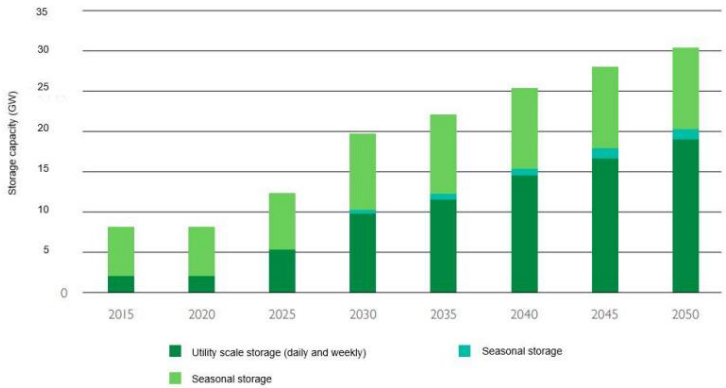
- Clave para integrar la creciente generación de energías renovables en el sistema eléctrico.
- Aplicado en la previsión horaria de precios del pool.





Estrategia de almacenamiento de energía (febrero de 2021)

- Apuntar a asegurar el despliegue efectivo de la energía almacenamiento.
- Capacidad de almacenamiento española desde los 8,3 GW actuales, hasta los 20 GW en 2030 y 30 GW en 2050.

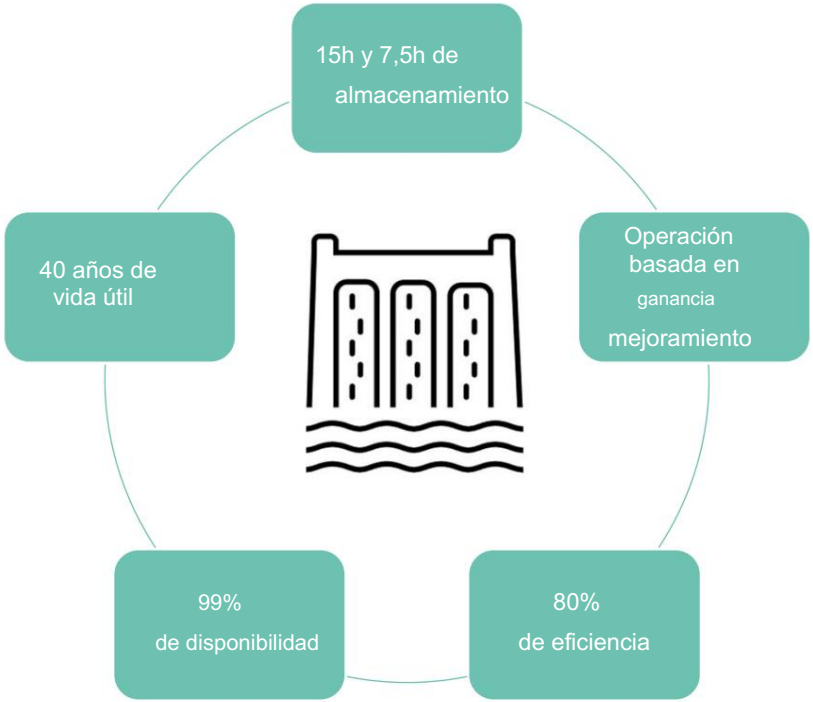


Machine Translated by Google

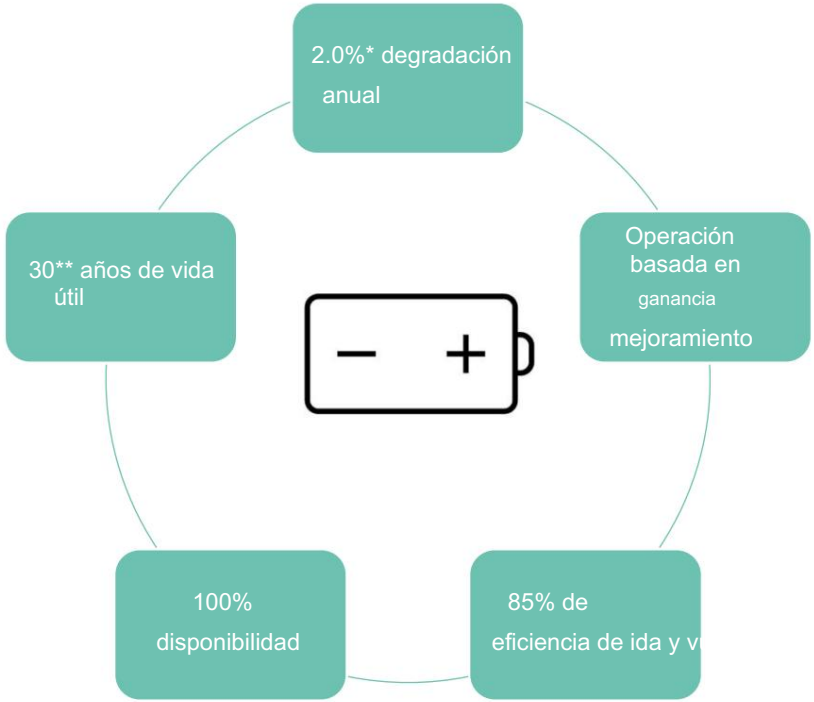
Tecnologías de almacenamiento y situación en España

Características técnicas

Bombeo de almacenamiento (100 MW y 200 MW)



BESS (100 MW)



*2.5% para el primer año
** Revamping de racks de baterías e inversores en el año 15

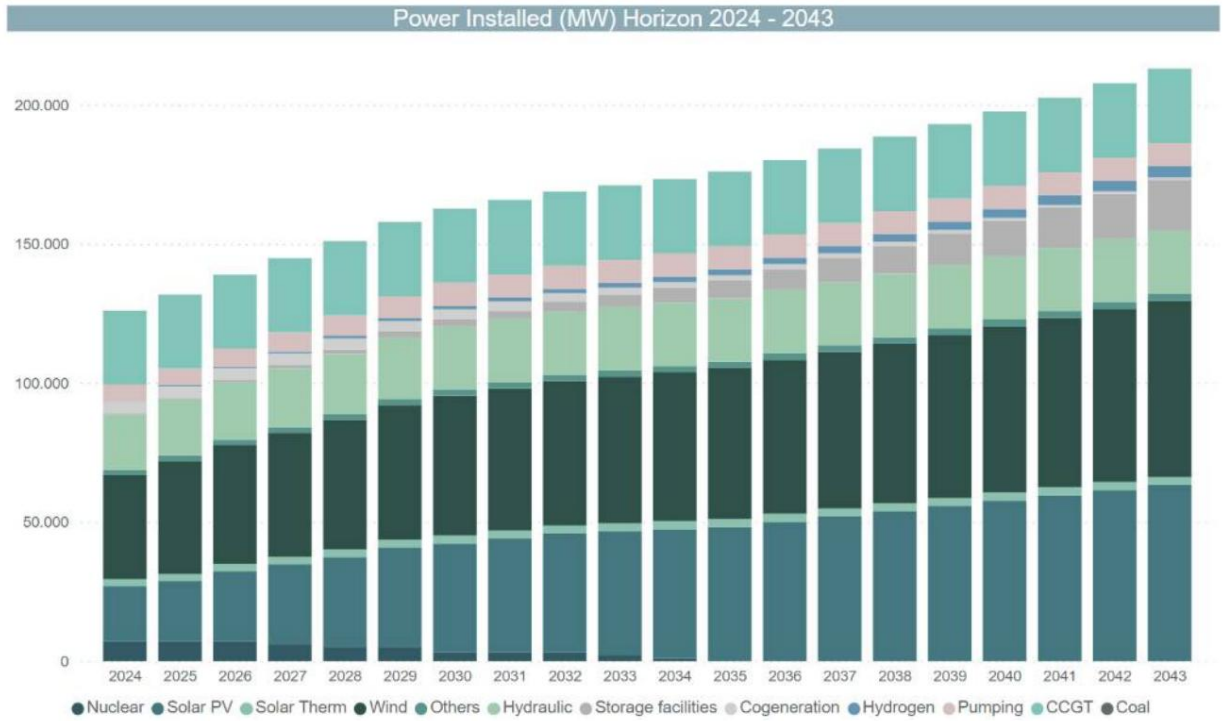
Machine Translated by Google

Estimación de ingresos

Pronóstico del precio del pool: supuestos y resultados xPryce

El escenario del PNIEC para el cálculo de la proyección del precio del pool horario para el horizonte 2024 - 2043 ha sido realizado por el Asesor en base a los objetivos del PNIEC utilizando el software xPryce®. Los resultados obtenidos se utilizan para los cálculos de ingresos.

Supuestos de capacidad de generación

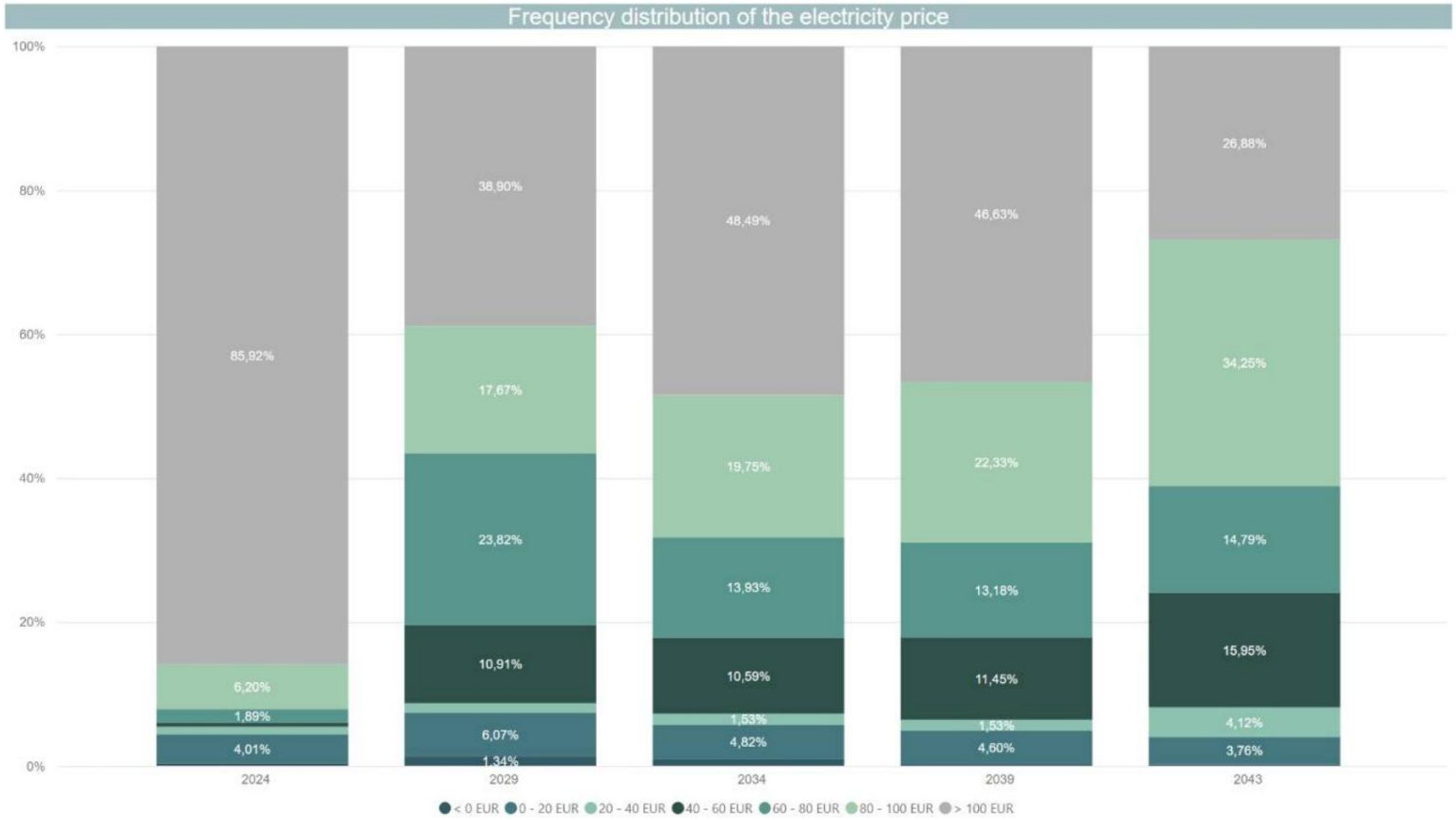


Pronóstico del precio de la piscina

Machine Translated by Google

Estimación de ingresos

Pronóstico de precios de pool: distribución de precios



Aspectos destacados de la distribución de precios
Escenario PNIEC

El pico actual en los precios de las materias primas da como resultado precios de la electricidad aún altos en los próximos años, pero los precios disminuirán lentamente en los próximos años.

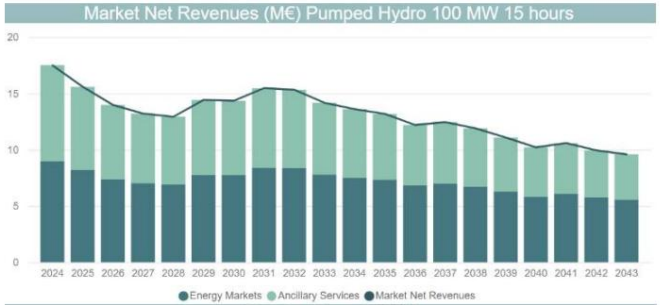
La frecuencia de precios bajos (<20 €/MWh) alcanza su punto máximo a finales de esta década y luego desciende a lo largo del horizonte debido a la integración de las fuentes de almacenamiento, ya que añaden demanda en las horas de precios bajos.

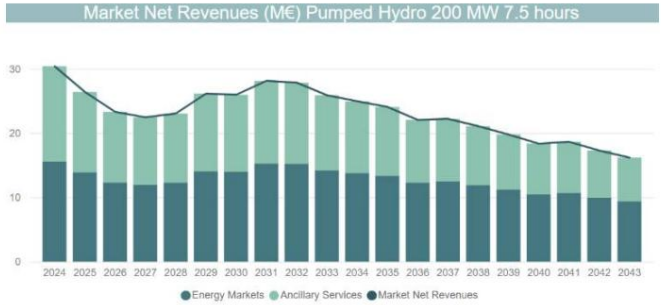
La frecuencia de precios muy altos (>100 €/MWh) se reduce drásticamente entre 2024 y 2029; sin embargo, vuelve a aumentar a medida que se desmantelan las centrales nucleares y aumenta la demanda debido a la electrificación de la economía.

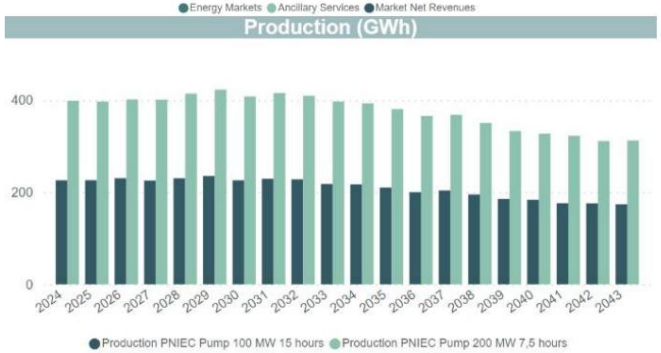
Hay alta volatilidad en los precios, aumentando a medida que pasa el tiempo (la distribución de frecuencias de los precios se distribuye de manera más uniforme), debido a la alta penetración de las renovables con producción intermitente.

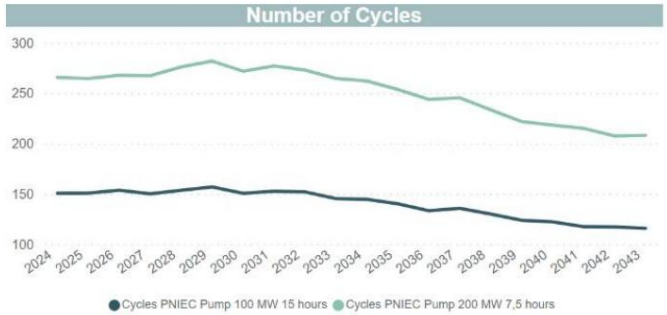
Machine Translated by Google

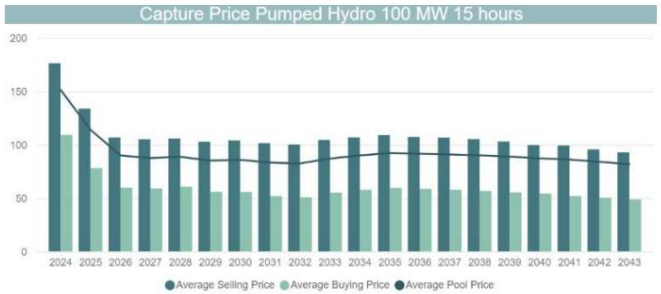
Estimación de ingresos

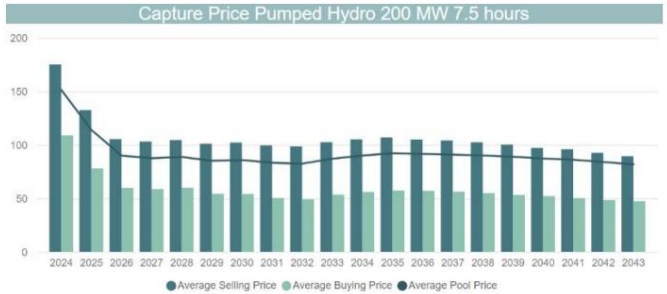












Aspectos destacados de los resultados de la energía hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo

Dos configuraciones analizadas: Un sistema de bombeo hidráulico de 100 MW y 15 horas y otro de 200 MW y 7,5 horas.

Para la hidroeléctrica de bombeo de 100 MW y 15 horas, los ingresos netos del mercado comienzan con alrededor de 17,5 M€ en 2024 y disminuyen a alrededor de 13 M€ en 2028. Después de ese año, los ingresos aumentan ligeramente a alrededor de 15,5 M€ en 2032 y, después de eso, disminuyen casi linealmente a 9,5 M € en 2043. Mismo comportamiento presenta la hidráulica de bombeo de 200 MW y 7,5 horas, pero con mayores ingresos, ya que almacenará y descargará casi el doble de energía.

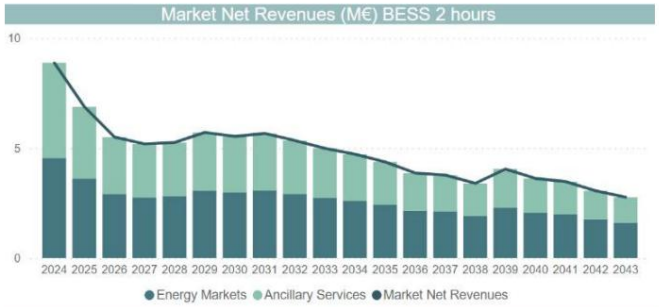
Tanto la producción como el equivalente completo Los ciclos (número de veces que el depósito de agua superior se puede vaciar por completo) permanecen estables durante los primeros 10 años y luego disminuyen casi linealmente.

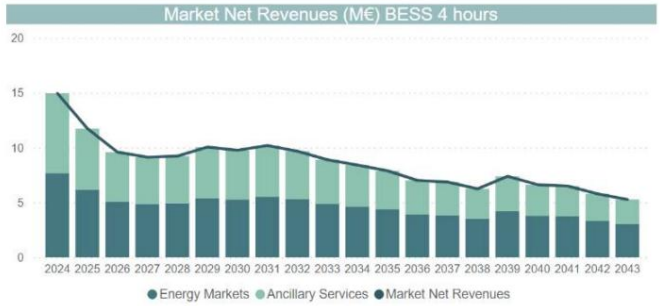
Los precios medios de compra (consumo) y venta (generación) evolucionan a lo largo del horizonte temporal según el precio del pool. Como era de esperar, cuanto mayor sea el precio del grupo, mayor será la diferencia entre el precio de compra y el de venta. Durante la mayor parte de los años, esta diferencia está entre 40 y 50 € por MWh.

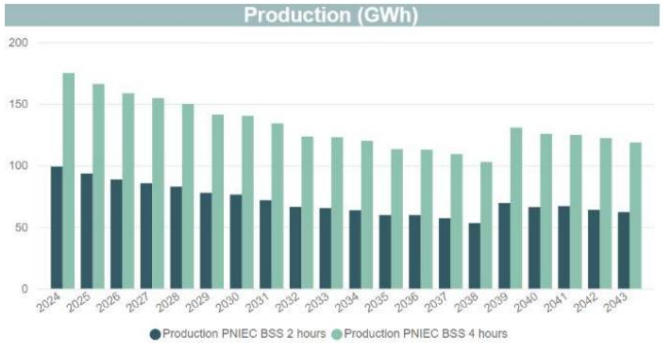
Machine Translated by Google

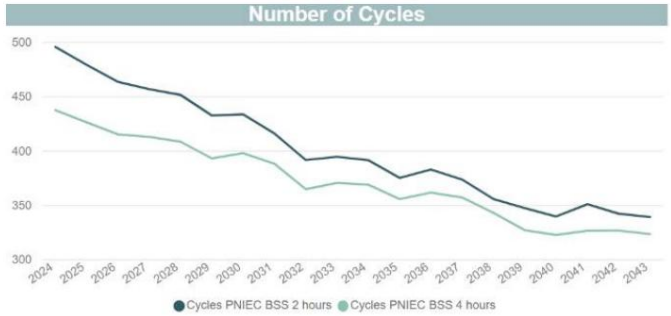
Resultados: Baterías (ion-litio)

Estimación de ingresos









Aspectos destacados de los resultados de las baterías como tecnología de almacenamiento

Dos configuraciones analizadas: BESS de 100 MW con 2 horas y 4 horas de capacidad de almacenamiento.

Para el BESS 2h, los ingresos netos del mercado comienzan con alrededor de 9 M€ en 2024 y disminuyen a 3,4 M€ en 2038. Debido a la renovación de las baterías en 2039, los ingresos netos del mercado aumentan nuevamente a 4 M€ y disminuyen casi linealmente durante el horizonte de tiempo. El mismo comportamiento se presenta para los BESS 4h, pero con mayores ingresos, ya que almacenarán y descargarán casi el doble de energía.

Tanto la producción como los ciclos completos equivalentes (número de veces que se puede vaciar completamente la capacidad de la batería) se mantienen estables durante los primeros 10 años y luego disminuyen casi linealmente a lo largo de todo el horizonte temporal. La producción se ve afectada por la renovación de la unidad después de 15 años.

Los precios medios de compra (consumo) y venta (generación) evolucionan a lo largo del horizonte temporal según el precio del pool. Como era de esperar, cuanto mayor sea el precio del grupo, mayor será la diferencia entre el precio de compra y el de venta. Durante la mayor parte de los años, esta diferencia está entre 50 y 70 €/MWh para el BESS 2h, y entre 40 y 60 €/MWh para el BESS 4h. 11

Machine Translated by Google

Evaluación de la rentabilidad

CAPEX y OPEX

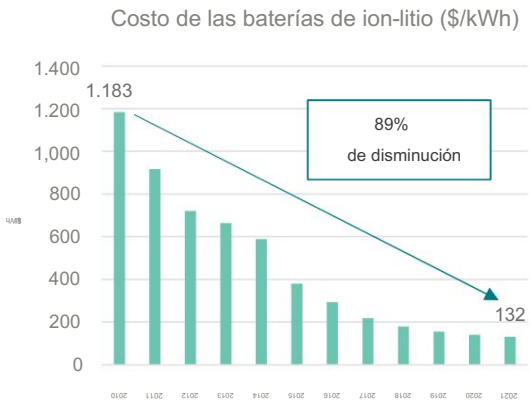
Bombeo

- CAPEX de 1.300 - 1.500 EUR/kW
- OPEX como 3.0% y 3.3% del CAPEX

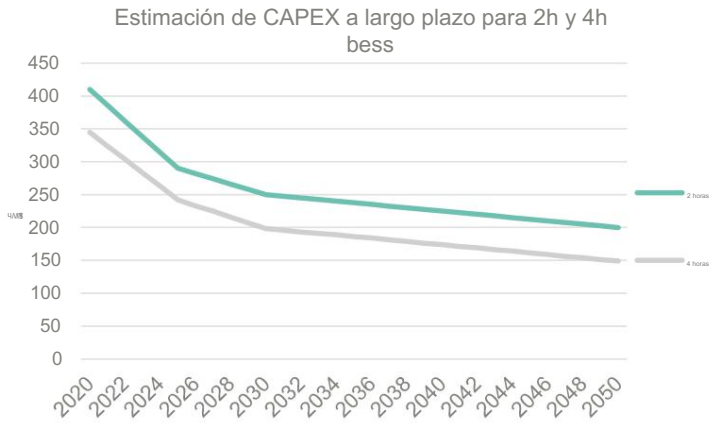
Fuente: IRENA

bess

- Disminución del costo de los racks de ion-litio
- Disminución prevista del CAPEX
- Impacto de la economía de escala
- CAPEX total de 308 EUR/kWh (2h) y 262 EUR/kWh (4h) en 2023
- OPEX como 3.0% de CAPEX



Fuente: BNEF



Fuente: NREL

Machine Translated by Google

Evaluación de la rentabilidad

Supuestos financieros y técnicos

Supuestos financieros

Tasa de descuento del 7,4% sujeta a cada enfoque financiero

Depreciación lineal de los activos

Tasa Interna de Retorno (TIR) objetivo de 7.4%

- Dentro del rango normalmente observado para este tipo de proyectos
- Tarifa aplicada en el régimen retributivo específico de los activos renovables

Supuestos técnicos

Diferentes períodos de construcción a partir de 2023: • PSH: cinco años • BESS: un año

Explotación de los activos basada en la optimización de los ingresos.

No se considera inflación en el OPEX.

Machine Translated by Google

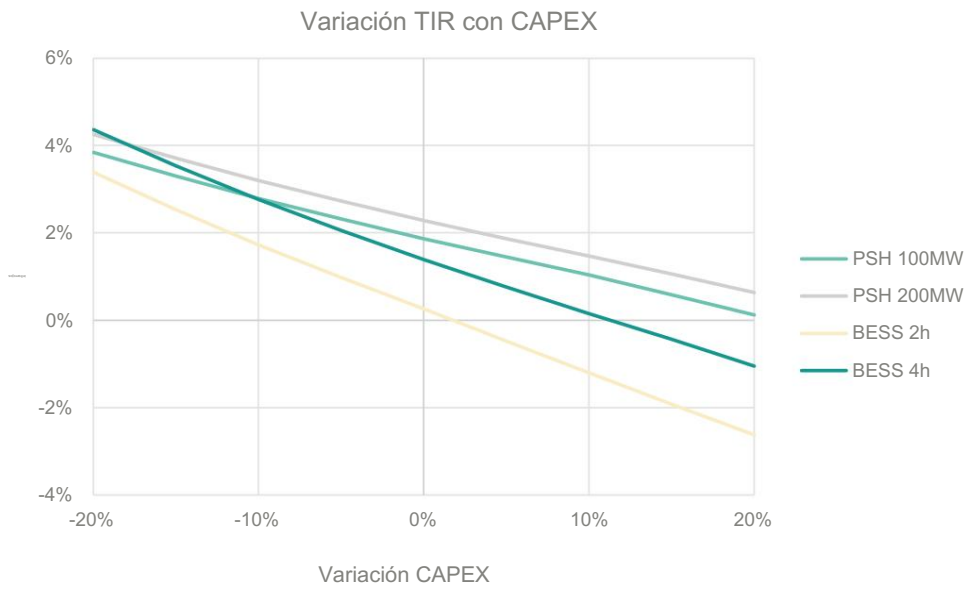
Evaluación de la rentabilidad

Resultados

Caso base sin ingresos adicionales

TIR BESS	TIR PSH
0,3% y 1,4%	1,9 % y 2,3 %

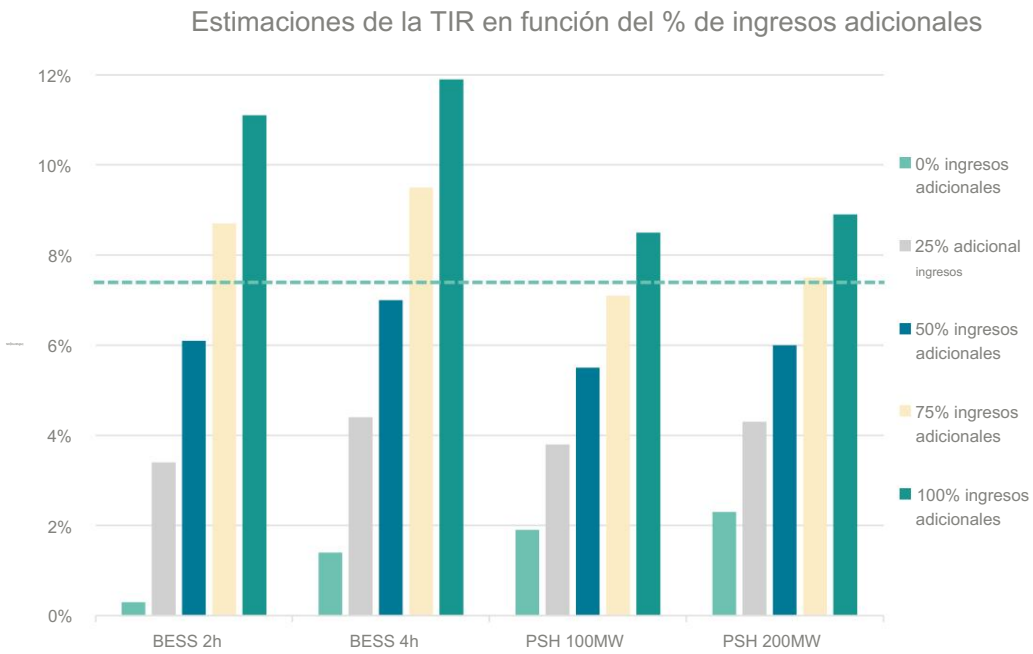
- Impacto CAPEX relevante: mejor TIR para BESS 4h que BESS 2h y PSH 200 MW y PSH 100 MW.
- Con una disminución del 20% en el CAPEX, las TIR cercanas a 4% sin ingresos adicionales.

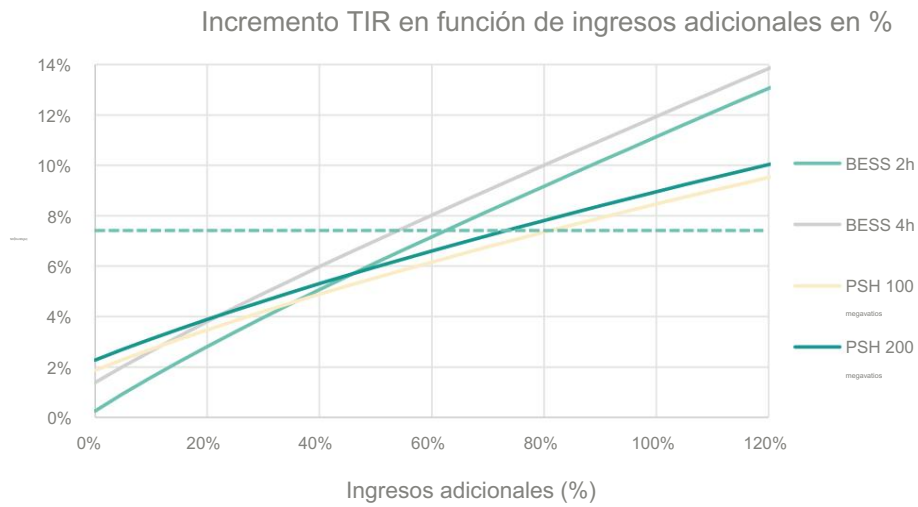


Machine Translated by Google

Evaluación de la rentabilidad

Resultados





- Los ingresos adicionales necesarios para BESS oscilan entre el 54 % y el 62 %.
- Ingresos adicionales necesarios para el rango de PSH 73%-82%

Machine Translated by Google

Evaluación de la rentabilidad

Resultados

Ejemplo para BESS 2h

Altos ingresos en los primeros años de operación. Menos almacenamiento

"canibalismo" de capacidad y pronóstico de precios de pool más altos.

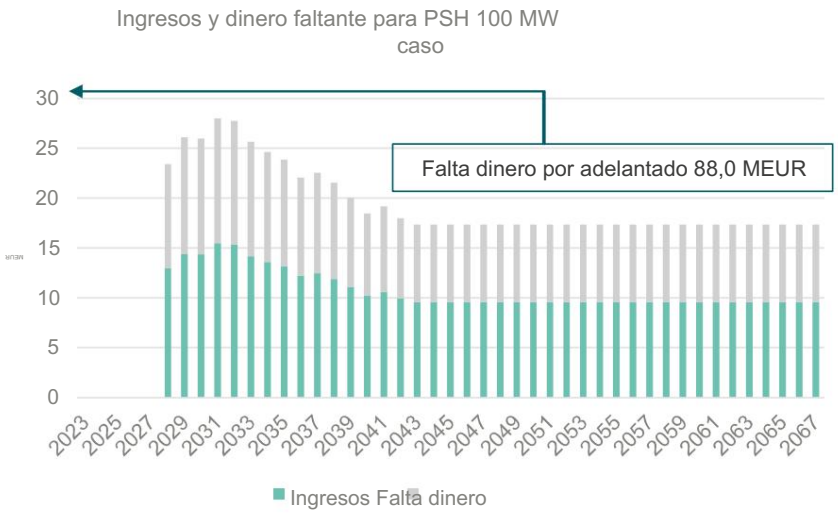
Renovación en el año 2039

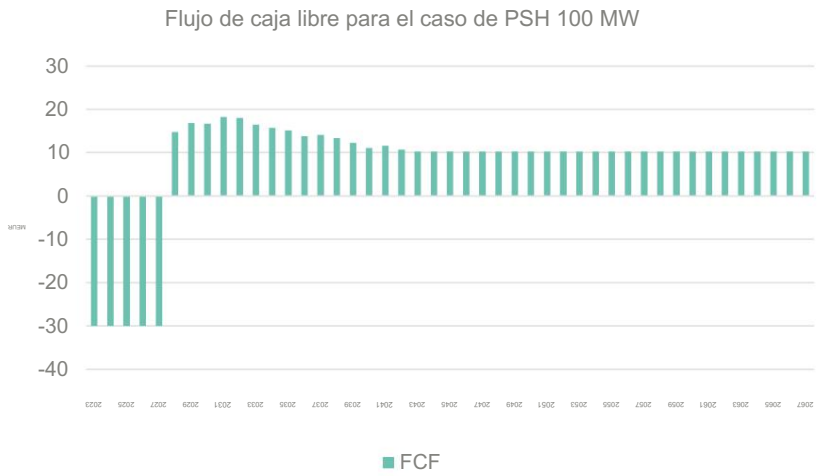
Machine Translated by Google

Evaluación de la rentabilidad

Resultados

Ejemplo para PSH 100 MW





Largo período de construcción que afecta el buen período de ingresos.

Alto CAPEX distribuido en varios años, lo que implica

mayor % de ingresos adicionales para aumentar las TIR.

No se necesita CAPEX en la vida útil del activo.

Machine Translated by Google

Evaluación de la rentabilidad

Mecanismos de remuneración

CAPEX totales	150 MEUR	260 MEUR	62 MEUR	105 MEUR
	PSH 100 MW PSH	200 MW BESS 2h		BESS 4h
Subvención directa • Pago único por adelantado. • Calculado en MEUR, como % CAPEX, en kEUR/MW y kEUR/MWh (MWh de capacidad de almacenamiento)	88,0 MEUR 59% del CAPEX 880 kEUR/MW 59 kEUR/MWh	140,0 MEUR 54% del CAPEX 700kEUR/MW 93 kEUR/MWh	34,2 MEUR 55% del CAPEX 342 kEUR/MW 171 kEUR/MWh	52,9 MEUR 51% del CAPEX 529 kEUR/MW 132 kEUR/MWh
Retribución específica (kEUR/MW/año) • Pago anual • Rinv en cuanto a los activos renovables regulados, considerando un vida regulatoria igual a la vida útil.	98,7 kEUR/MW 6,6% del gasto de capital	78,5 kEUR/MW 6,0% del gasto de capital	30,8 kEUR/MW 5,0% del gasto de capital	47,6 kEUR/MW 4,5% del gasto de capital
Pago por capacidad (kEUR/MW/año) • Similar al borrador de orden para la creación de un mercado de capacidad en España publicado en 2021. • Pago anual por los primeros 5 años de operación.	309,9 kEUR/MW 20,7% del gasto de capital	246,5 kEUR/MW 19,0% del gasto de capital	90,5 kEUR/MW 14,7% del gasto de capital	140,0 kEUR/MW 13,4% del gasto de capital
Esquema de subastas (EUR/MWh descargado) • Basado en subastas REER según RD 960/2020, con un plazo de 12 años	136,4 EUR/MWh	127,7 EUR/MWh	131,9 EUR/MWh	120,4 EUR/MWh

Machine Translated by Google

Mecanismos de apoyo a proyectos de almacenamiento

unión Europea

Reino Unido

- Febrero 2022 Subasta de Capacidad 2025/2026
- 30,59 k£/MW/año
- Total 42 GW, 2,5 GW para almacenamiento por bombeo, 1,1 GW para baterías

Italia

- Febrero 2022 Subasta de Capacidad 2024
- 70 k€/MW/año para nuevos almacenamientos autorizados
- Total 41,5 GW, de los cuales 3,8 GW de nueva capacidad (15 años), siendo instalaciones de almacenamiento de 1,1 GW

Alemania

- Licitación Innovación Mayo 2021
- Precio entre 33,3 y 48,8 €/MWh, además de ingresos del mercado
- 258 MW de solar más almacenamiento.

Francia

- Subasta de almacenamiento de marzo de 2020 para nueva capacidad
- Contratos de 7 años con precios de compensación alrededor de 28-29 k€/MW/año
- 253 MW de instalaciones de almacenamiento

Machine Translated by Google

Conclusión y discusión

- El despliegue masivo de generación renovable en España (PNIEC y más allá) hará necesario la instalación de una gran cantidad de sistemas de almacenamiento de energía, con el fin de:
  - Asegurar un suministro de energía confiable.
  - Posibilitar la integración de las energías renovables intermitentes.
- Este informe concluye que los sistemas de almacenamiento no son rentables bajo la actual normativa española marco, donde los ingresos se obtienen en mercados de corto plazo:
  - Arbitraje en los mercados de energía (diario, intradiario).
  - Prestación de algunos servicios auxiliares.

Machine Translated by Google

Conclusión y discusión

- Serán necesarios mecanismos de apoyo específicos para facilitar y acelerar el despliegue de almacenamiento sistemas:
  - Remuneración adecuada de todos los servicios prestados por las diferentes tecnologías.
  - El diseño de mecanismos específicos de apoyo a largo plazo (como pagos por capacidad, subastas de capacidad o subsidios directos) reducirá la incertidumbre en los ingresos y hará que estos proyectos sean financiables.
  - Es fundamental diseñar estos mecanismos teniendo en cuenta la capacidad de almacenamiento de los diferentes tecnologías e instalaciones.
  - Estos mecanismos de apoyo deben cumplir con el Reglamento Europeo y ser compatibles con la actual Programas de fondos europeos. Algunos Estados miembros ya las están aplicando.
  - Si España quiere ser pionera en el proceso de transición energética, el almacenamiento tendrá que ser sin duda un factor importante parte del mismo y la implementación de estos mecanismos deben ser analizados y considerados en el corto plazo.

Machine Translated by Google

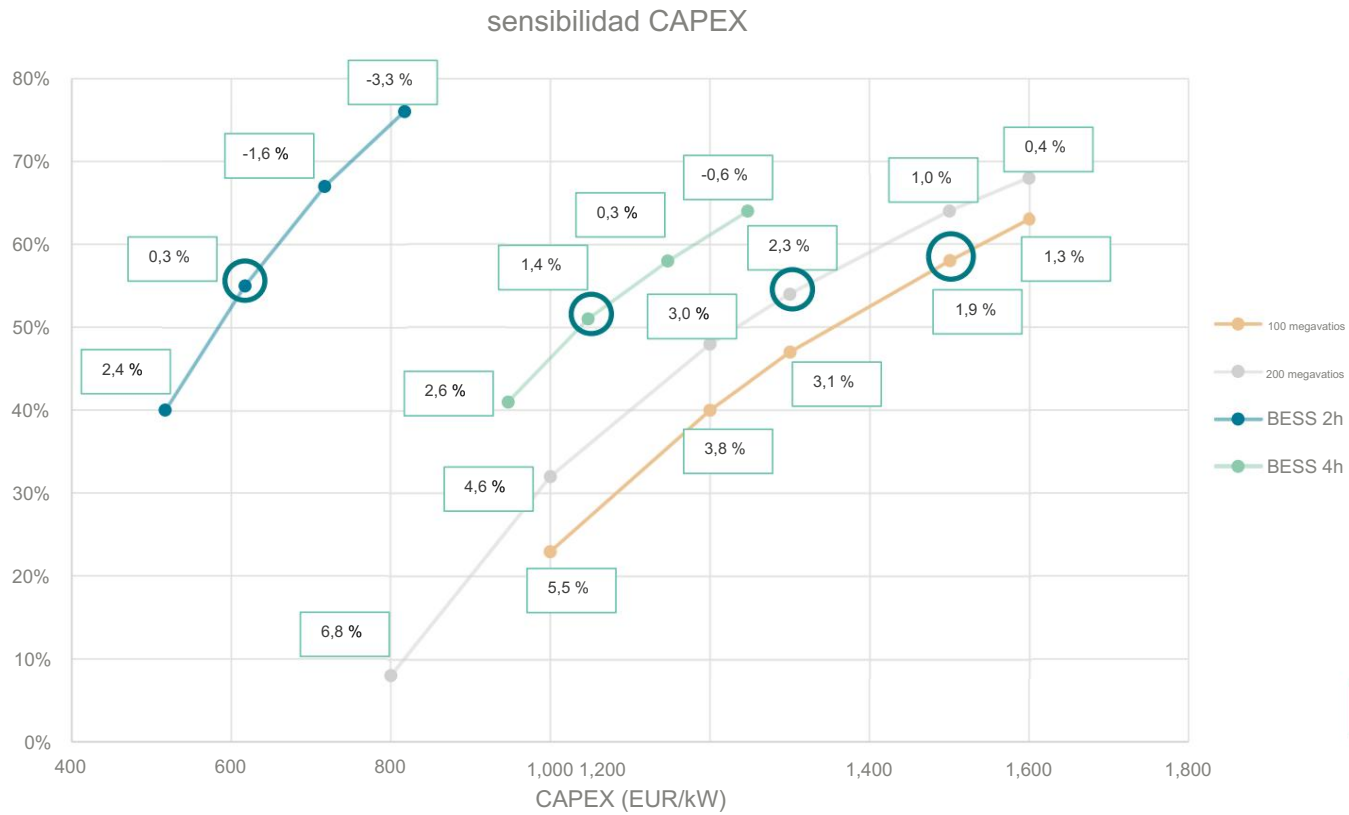
muchas gracias

Hermosilla, 3 – 28001 Madrid (España) – T +34 91 514 52 00 – g-advisory.com

Machine Translated by Google

anexo

sensibilidad CAPEX



TIR

Machine Translated by Google

Beneficios de almacenamiento

Servicios adicionales

	Batteries	Pumping	Time response
Daily Arbitrage			
Intradaily Arbitrage			
Weekly Arbitrage			
Seasonal Arbitrage			
Black start			
FCR (Primary Reserve)			
aFRR (Secondary Reserve)			
mFRR			
RR (Tertiary Reserve)			
Load Following			
Frequency stability of weak grids			
Voltage support			
EFR			30' - 60"
SIR			45"
DRR			40-300 ms
FFR			2' - 8"
FPFAPR			
RM			1h - 8h
Capacity firming			2-4 h
Contingency grid support			
End-user peak shaving			
Maximizing self-production & self-consumption			
Limitation of upstream disturbances			1h - 10h
End-user peak shaving			

Legend
Very Good performance
Good performance
Poor performance
Not possible

Servicios adicionales:

- Reserva de Contención de Frecuencia (FCR)
- Reserva de Restauración Automática de Frecuencia (aFRR)
- Reserva de restauración de frecuencia manual (mFRR)
- Reserva de Reemplazo (RR)
- Seguimiento de carga
- Estabilidad de frecuencia de redes débiles
- Comienzo negro
- Soporte de voltaje
- Arbitraje diario/semanal/estacional
- Respuesta reactiva dinámica (DDR)
- Respuesta de frecuencia mejorada (EFR)
- Recuperación Rápida de Energía Activa Posterior a Falla (FPFAPR)
- Margen de rampa (RM)
- Respuesta Inercial Sincrónica (SIR)
- Soporte de red de contingencia
- Maximizar la autoproducción y el autoconsumo de electricidad
- Limitación de perturbaciones aguas arriba
- Reafirmación de capacidad
- Afeitado máximo del usuario final