

JORNADA SOBRE EL ALMACENAMIENTO HIDRÁULICO DE ENERGÍA

EL ALMACENAMIENTO HIDRÁULICO EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA

Tomás Domínguez Autrán
Director de Programación de la Operación
Red Eléctrica

¿Qué es el bombeo para la operación del sistema?

- Es fundamentalmente un proveedor de servicios para el sistema eléctrico.
- Su servicio principal es:
 - » Desligar en el tiempo la generación de energía y el consumo final → Optimización del mix de generación.
 - » Modelar la curva de la demanda, incrementando el consumo en horas valle, aportando potencia disponible en horas punta y reduciendo la rampa de subida en la transición valle-punta.
- Es un consumidor neto de energía.
- Es la mejor solución técnico-económica de almacenamiento en proyectos de gran escala.
- Incorpora máquinas síncronas, necesarias para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico (potencia de cortocircuito, inercia, corriente de falta...).

(*) International Energy Agency: <http://www.iea.org/>

El bombeo en el sistema eléctrico peninsular

- Constituye casi el 100% de la potencia instalada en sistemas de almacenamiento en la península: 5.613 MW instalados.
- Mejor solución para aprovechar energía excedentaria que pudiera desestabilizar el sistema.
- Principal herramienta de integración de renovables.
- Especialmente importante en un sistema poco interconectado, donde la exportación de los excesos de generación está limitada por la capacidad de las interconexiones.
- Permite corregir rápidamente el desvío de potencia en las interconexiones.
- Herramienta eficiente para el control de tensión en horas valle.

	Bombeo puro	Bombeo mixto
Número de centrales	9	13
Potencia instalada	3.321 MW	2.292 MW
Capacidad	85.000 MWh	Estacional

Bombeo, una herramienta de flexibilidad

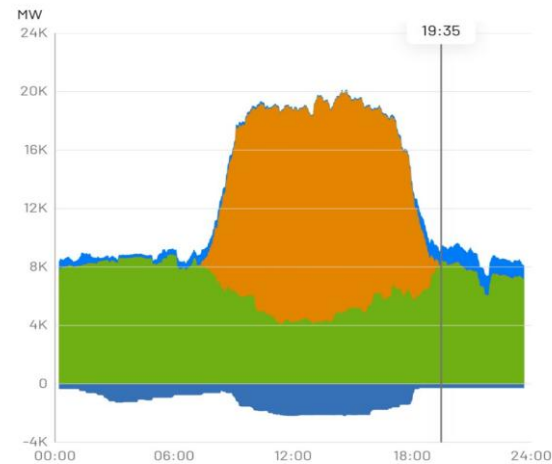
La importancia de los sistemas de almacenamiento en la integración de renovables



Los sistemas de almacenamiento proporcionan una importante **flexibilidad para compensar la variabilidad de la energía eólica y fotovoltaica**

- **Producción** en horas con baja aportación solar y eólica y **demanda** mediante la regulación de la producción y el uso de la capacidad de almacenamiento → **Reducción de vertidos renovables** en horas valle e **incremento de contribución de renovables** en horas con alta demanda
- Reducción de la necesidad de modulación de la tecnología de ciclo combinado → **Efecto positivo sobre las emisiones de CO₂**

- » Almacenamiento de generación eólica o solar en horas valle.
- » Incremento rápido de generación hidráulica tras la puesta de sol para atender la punta de la demanda

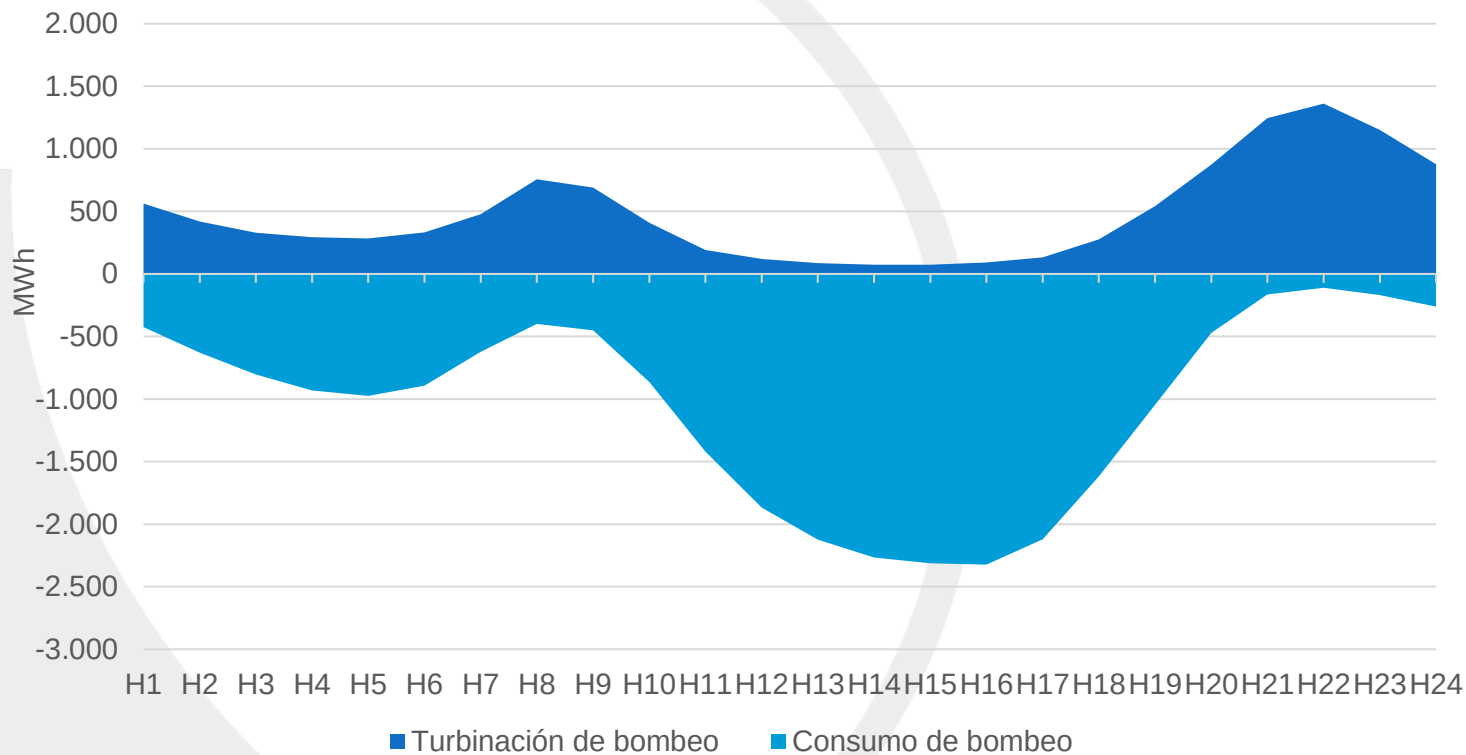


25 mar 2025

19:35

caminos

Programa horario medio de instalaciones de bombeo en 2024

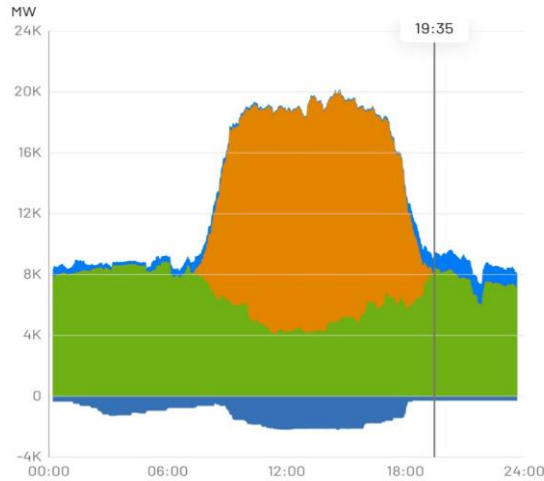


Sistemas de almacenamiento en el SEPE

- **Operación de los sistemas de bombeo**
- ¿Qué motiva la participación en el mercado de los sistemas de almacenamiento por bombeo en el sistema eléctrico peninsular español?



Diferencia de precios en el mercado suficiente dependiendo del rendimiento generación / bombeo



25 mar 2025

19:35



25 mar 2025

España



160,86 €/MWh

Portugal



160,86 €/MWh

Francia

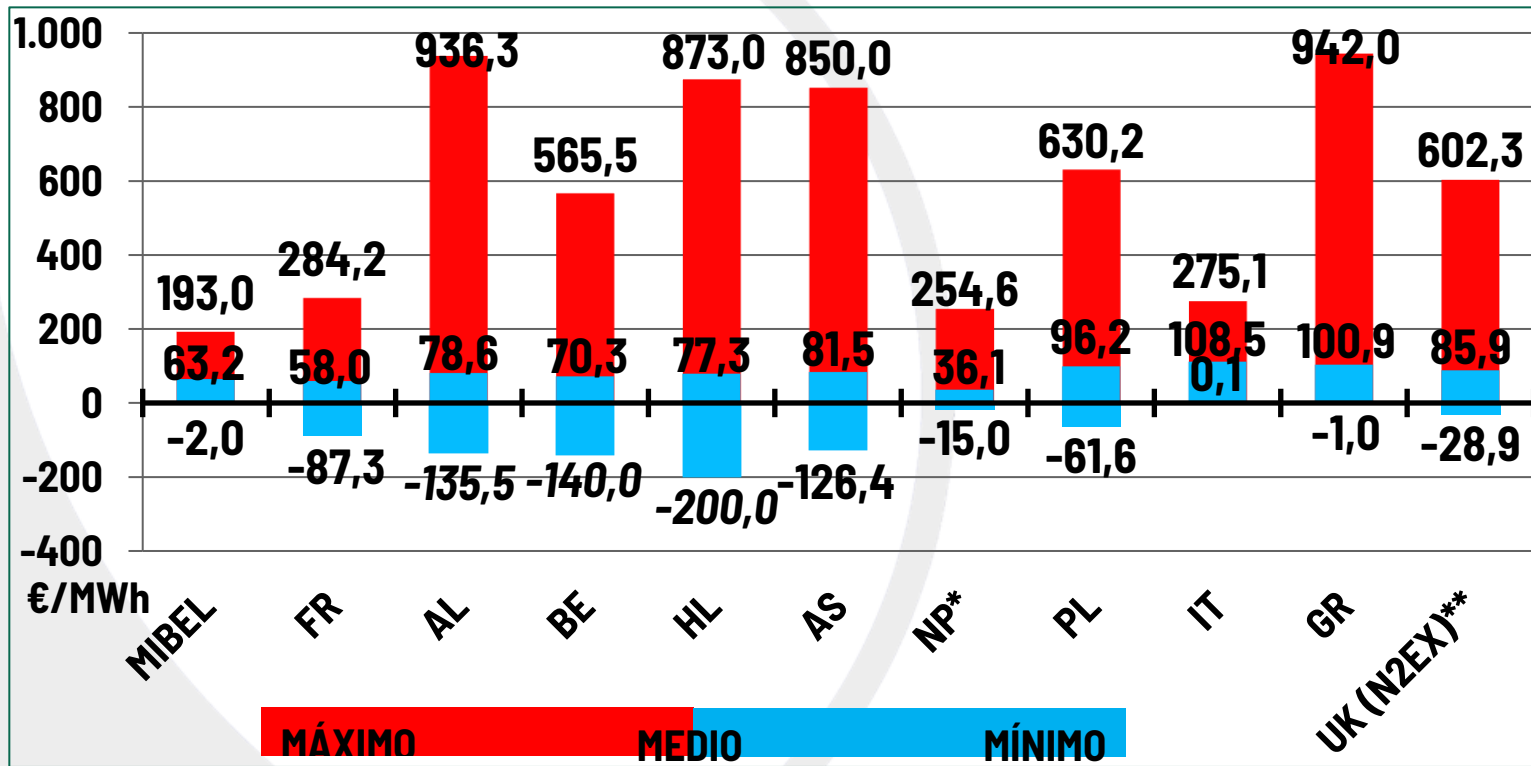


160,86 €/MWh

Sistemas de almacenamiento en el SEPE

- **Operación de los sistemas de bombeo**
- **¿Cuál es el valor añadido que aporta a la operación?**
 - » **Suaviza las rampas asociadas a la variabilidad de la demanda y a las energías renovables.**
 - » **Elemento muy potente para resolver problemas puntuales de control de tensión en el sistema eléctrico.**
 - » **Permite incrementar las reservas de potencia a subir en el corto plazo, aumentando el programa disponible de generación por turbinación → Especialmente importante en los períodos de mayor requerimiento de dichas reservas.**

Precios máximos y mínimo en el mercado diario 2024

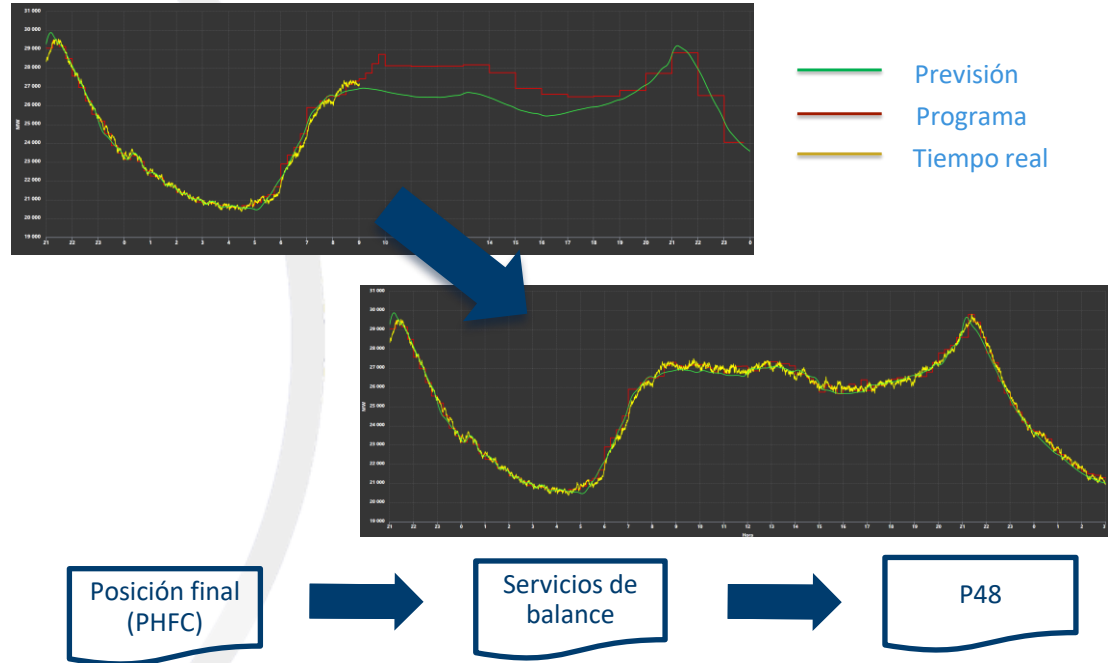


Los servicios de balance del sistema

Equilibrio generación- demanda en el conjunto del sistema eléctrico peninsular

Gestionados por mecanismos de mercado (carácter marginalista)

- Plataformas europeas y estandarización de los productos de balance europeos
- Conforme a la normativa europea, base para la **fijación del precio del desvío**
- Por la proximidad a la operación en tiempo real y el impacto en la seguridad del sistema eléctrico:
 - » Requieren un proceso previo de habilitación.
 - » Se realiza la verificación de su cumplimiento.



Los servicios de balance

Servicios de balance

Activación manual

Reservas de sustitución
(RR)T activación
 ≤ 30 min

TERRE (desde el 3/3/2020)

Regulación terciaria
(mFRR)T activación
 $\leq 12,5$ min

MARI (desde el 10/12/2024)

SRAD

T activación
 ≤ 15 min

Activación automática

Regulación secundaria
(aFRR)T activación
 ≤ 5 min

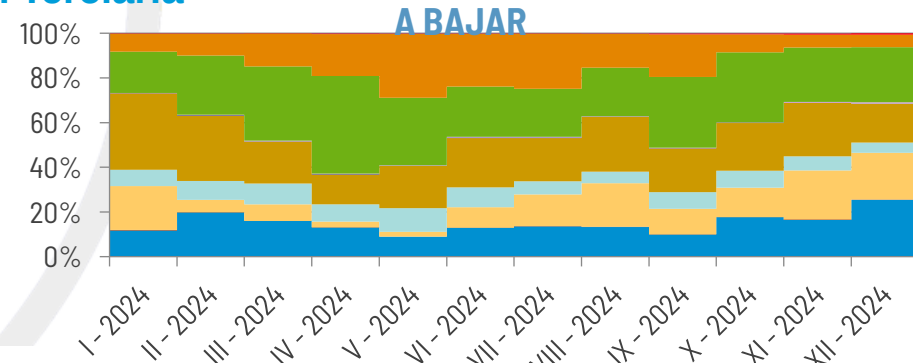
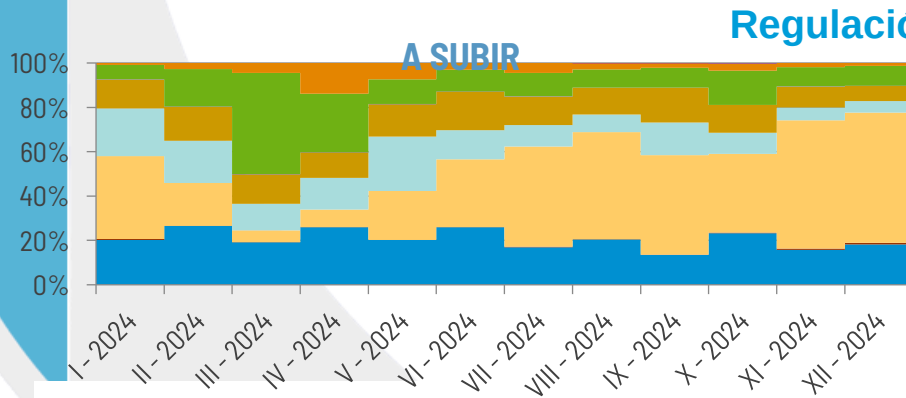
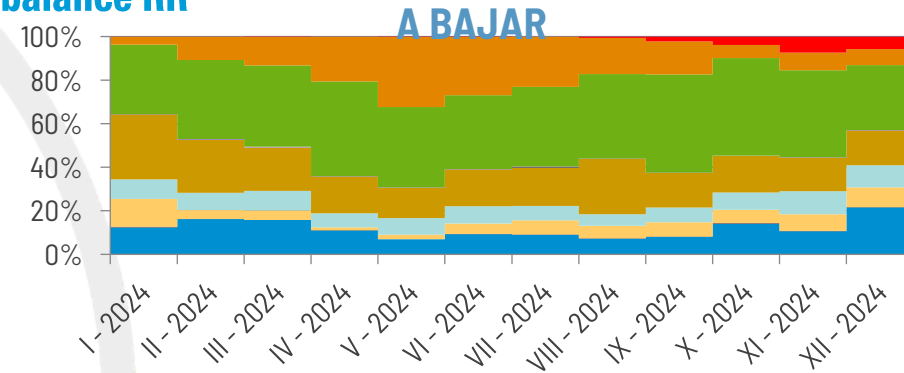
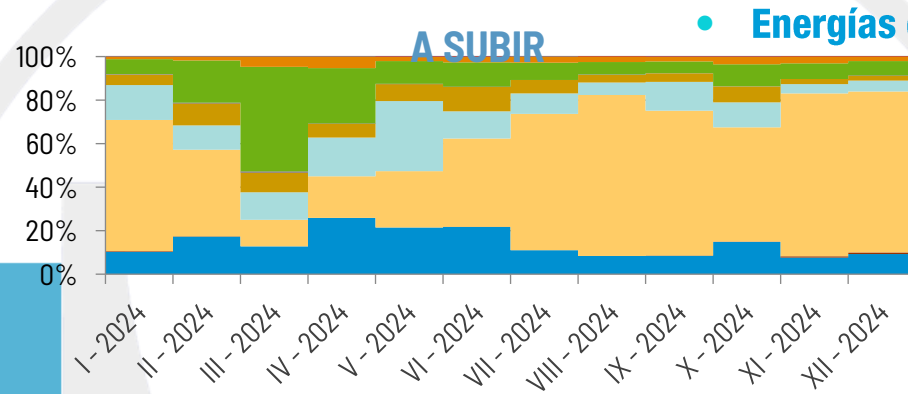
PICASSO (previsión: Q2 2025)

Compensación desvíos instantáneos
(IN)

IGCC (desde el 21/10/2020)

RR: Replacement Reserves
mFRR: Manual Frequency Restoration Reserves
aFRR: Automatic Frequency Restoration Reserves
IN: Imbalance Netting

Participación por tecnologías en balance (asignación)



■ Hibridación ■ Otras renovables ■ Solar térmica ■ Solar fotovoltaica ■ Eólica ■ Cogeneración y residuos ■ Nuclear ■ Consumo bombeo ■ Turbinación bombeo ■ Ciclo combinado ■ Carbón ■ Hidráulica

Asignaciones de energía de balance tipo RR y reg. terciaria

(GWh)		RR		Reg. Terciaria (mFRR)	
		Subir	Bajar	Subir	Bajar
No renovables	Ciclo Combinado	1.457	-238	787	-301
	Carbón	16	-11	5	-2
	Nuclear	6	-6	2	-4
	Cogeneración	2	-5	0	-7
	Eólica	209	-952	311	-761
Renovables	Hidráulica	275	-263	436	-396
	Solar fotovoltaica	40	-177	81	-401
	Solar térmica	0	0	0	-7
	Otras Renovables	0	-1	1	-2
Almacenamiento	Consumo Bombeo	173	-785	274	-579
	Turbinación bombeo	305	-267	265	-204
	Intercambios transfronterizos	811	1.144	8	-7
Total asignaciones		3.294	-3.848	2.170	-2.669

Conclusiones

1. Los sistemas de almacenamiento son una de las principales herramientas que impulsarán la integración de renovables en el sistema. Su implantación, junto a acciones y proyectos ya implementados (entre los que cabe destacar la participación de las renovables en los servicios de ajuste del sistema o la puesta en servicio de SRAP), permitirán que España siga siendo líder mundial en integración de renovables.
2. Garantizar la seguridad de la operación del sistema en escenarios futuros requiere el desarrollo e implantación de soluciones de almacenamiento en la red → Flexibilidad.
3. Su papel es especialmente relevante en los sistemas eléctricos aislados, donde está prevista la instalación de una elevada potencia de generación renovable.
4. Baterías y bombeo deben implantarse como soluciones complementarias, nunca como soluciones excluyentes. Su capacidad determinará sus aplicaciones:
 - **Bombeo hidráulico:** Aplicaciones en proyectos de gran envergadura, con elevada capacidad de almacenamiento.

redeia

El valor de lo esencial

red eléctrica

reintel

hispasat

redinter

elewit