

ANÁLISIS DE INCORPORACIÓN DE ALMACENAMIENTO EN LOS NUDOS DE LA RED DE TRANSPORTE

INFORME EJECUTIVO

1. MENSAJES CLAVE

A continuación, se muestran las mensajes clave que arroja el análisis de los resultados obtenidos:

- Con la instalación de los sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías (en adelante BESS) en la red de transporte, se ha demostrado que **la distribución prevista de 3 GW de capacidad de almacenamiento a lo largo de la red para 2028 puede generar beneficios sustanciales**, por ejemplo, mitigando posibles restricciones técnicas, como sobrecargas.
- No obstante, para crecer por encima de los 3 GW y que la operación siga siendo efectiva, es necesario **gestionar de manera adecuada el despliegue de los BESS en los puntos de conexión**.
- La clave es conseguir un **despliegue geográfico eficiente** y ubicar estos sistemas en puntos estratégicos de la red que favorezcan el almacenamiento en momentos de baja demanda y permitan la liberación de energía almacenada en momentos de alta demanda, permitiendo un **balance adecuado entre la generación y el consumo de energía** en diferentes momentos y regiones, asegurando la estabilidad del sistema, proporcionando flexibilidad y manteniendo una rentabilidad razonable de las inversiones.
- Aunque, en términos generales, **la eficiencia operativa de los BESS tiende a disminuir conforme aumenta la potencia instalada**, este fenómeno está muy condicionado por el nudo concreto al que se conecten. En cualquier caso, la incorporación de almacenamiento, bien *stand-alone* o bien hibridado con renovables, tiene límites de eficiencia a partir de cierta potencia en determinados nudos. Por tanto, al definir los criterios para incorporar la potencia, estos deben tener **un enfoque nodal/zonal**.
- Es importante gestionar la incorporación de los BESS mediante **una planificación adecuada**, con un **enfoque geográfico y temporal**.
- Para **garantizar la rentabilidad de la inversión** en los BESS a largo plazo, es fundamental tener **visibilidad de los BESS existentes o planificados** en los mismos nudos o en áreas cercanas, **así como de las instalaciones de demanda y generación**; y de las proyecciones de precios futuros de la electricidad.
- Los resultados obtenidos a partir de los estudios realizados en los distintos nudos de la red sugieren que, para que las BESS puedan cumplir su objetivo, es fundamental **evitar concentraciones excesivas de almacenamiento en nudos/zonas concretas de la red**. La optimización de la ubicación de los BESS debe centrarse en **identificar nudos óptimos para la instalación de almacenamiento** mediante **estudios detallados y específicos de cada zona**.



2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

El aumento de la generación renovable y la electrificación del consumo son claves para conseguir una transición energética. Sin embargo, un crecimiento desbalanceado del sistema puede provocar sobrecargas en algunos elementos de la red eléctrica, limitando la penetración de las energías renovables.

Los BESS se postulan como una de las soluciones para mejorar la integración de las energías renovables. Sin embargo, los BESS se enfrentan al mismo problema que las energías renovables: las restricciones técnicas de la red. Por ejemplo, es posible que el momento ideal según criterio económico de carga o descarga de una batería no sea adecuado porque el consumo o inyección de la energía pueda provocar saturaciones en alguno de los elementos del sistema.

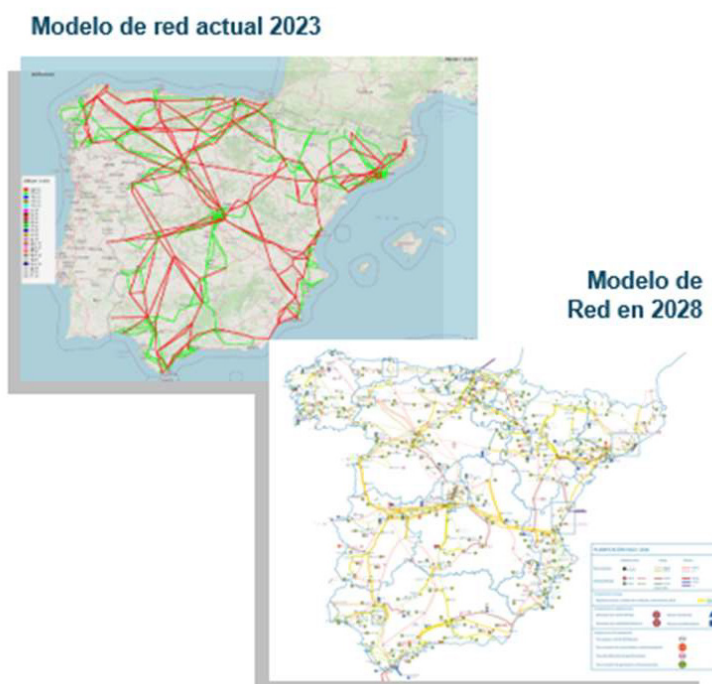
El objetivo de este estudio es elaborar el primer mapa de zonificación del almacenamiento de los BESS en España en un escenario 2028, fomentando que la instalación de nuevos sistemas BESS se produzca en zonas óptimas.

3. METODOLOGÍA E HIPÓTESIS

En el análisis, se parte de la red actual para construir los escenarios en 2028 y se realizan las simulaciones para calcular las eficiencias operativas¹.

Para ello, se superan dos desafíos (como se muestra en la figura 1):

1. Construir escenarios de red en 2028 a partir del modelo de red actual.
2. Calcular la capacidad de demanda y generación en cada nudo.



DESAFÍO 1: Construir escenarios de red en 2028 a partir del modelo de red actual.

DESAFÍO 2: Calcular la capacidad de demanda y generación en cada nudo.

FIGURA 1. Metodología de evolución del modelo

1. Eficiencia operativa hace referencia al ratio entre las horas de funcionamiento del sistema BESS y las horas de funcionamiento máximo teórico del mismo en carga y/o descarga

DESAFÍO 1. CONSTRUIR EL ESCENARIO DE RED

Para simular el sistema eléctrico en 2028 hace falta una estimación de la generación renovable, de la demanda eléctrica, de los BESS, de los bombeos reversibles y de la infraestructura de red en el año 2028.

HIPÓTESIS A - GENERACIÓN

Las hipótesis consideradas respecto a la potencia eólica instalada (40 GW) y fotovoltaica (45 GW) en cada comunidad en 2028, se pueden ver en las figuras 2 y 3.

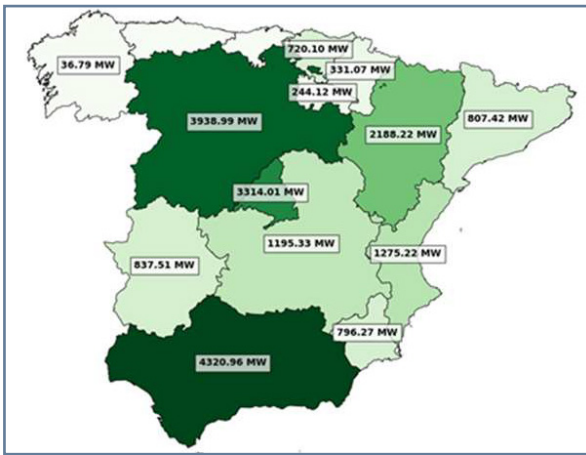


FIGURA 2. Capacidad instalada eólica en cada comunidad en 2028 (40 GW)

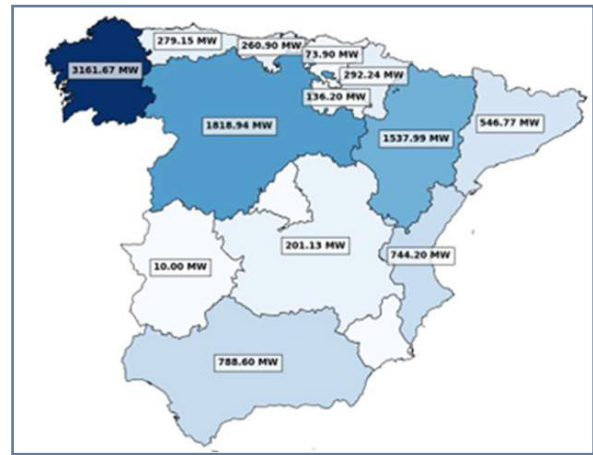


FIGURA 3. Capacidad instalada fotovoltaica en cada comunidad en 2028 (45 GW)

Otra de las consideraciones a tener en cuenta como hipótesis del modelo de red, es la parada de la central nuclear Almaraz I, programada el 1 de noviembre de 2027.

HIPÓTESIS B - DEMANDA

La demanda del escenario base (2023) se escala según las previsiones de crecimiento anual y se incorporan grandes consumidores de energía eléctrica previstos como centros de datos y de electrolizadores. Tras analizar los datos y la previsión, se considera **un crecimiento de la demanda para 2028 del 12,6% con respecto a la demanda de 2023**. Figuras 4 y 5.

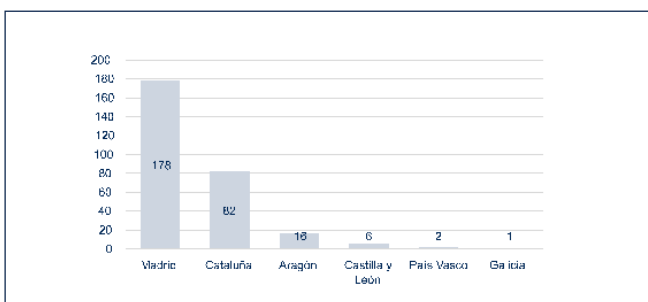


FIGURA 4. Centros de datos por CCAA

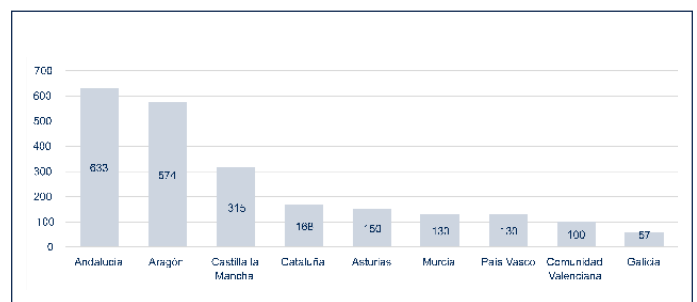


FIGURA 5. Electrolizadores por CCAA

HIPÓTESIS C - BOMBEO REVERSIBLE

Se han considerado **dos nuevos proyectos clave de almacenamiento** mediante bombeo reversible:

- La central hidroeléctrica reversible Navaleo, con una potencia instalada de 524 MW.
- La central reversible José María de Oriol II, con una potencia instalada de 440 MW.

HIPÓTESIS D - ALMACENAMIENTO (BESS)

En 2028, se proyecta una potencia total instalada de los BESS de 3 GW, considerando las siguientes configuraciones para los sistemas de almacenamiento:

- BESS Stand-alone
- Hibridación solar 2 horas
- Hibridación solar 4 horas
- Hibridación eólica

Para la estimación de la potencia total instalada se han tenido en cuenta, tanto los PERTES concedidos, como las solicitudes de proyectos en estado más avanzado. Esto ha permitido estimar las ubicaciones más probables de los proyectos.

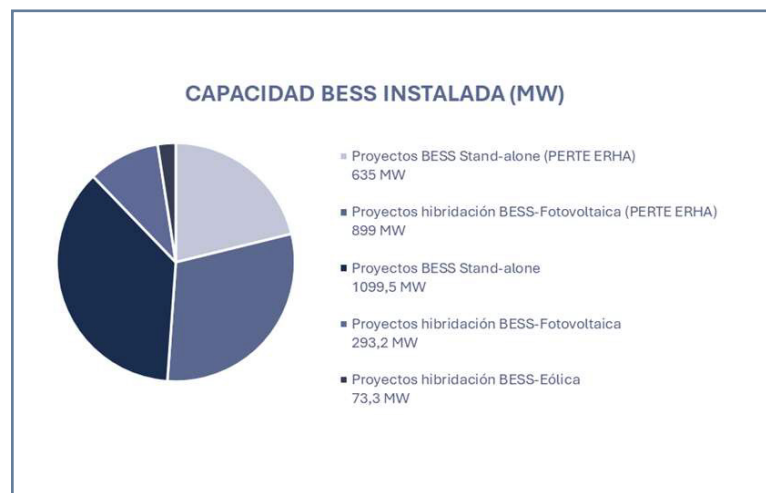


FIGURA 6. Potencia BESS total instalada en 2028

HIPÓTESIS E - DE INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE TRANSPORTE (MODELO DE RED DE 2028)

La hipótesis considerada para elaborar el modelo de red a 2028 es que todos los proyectos de refuerzo de red contemplados en la actualización de abril de 2024 estarán operativos con fecha del 1 de enero del año 2028.

Esta hipótesis es favorable tanto para las energías renovables como para el almacenamiento. Por tanto, **cualquier retraso en la ampliación de capacidad de la red haría que los resultados obtenidos fuesen peores y en ningún caso, mejores.**

DESAFÍO 2. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE DEMANDA Y GENERACIÓN

Partiendo de las hipótesis definidas, se simula el sistema eléctrico y se obtiene el **Programa Diario Variable Provisional (PDVP)** para cada hora de 2028.

A continuación, se determina qué cantidad de generación y demanda máximas adicionales admite cada uno de los nudos de la red de transporte sin que se sature ningún elemento del sistema.

Para evaluar la eficiencia operativa de los BESS en cada nudo, se han analizado diferentes capacidades de almacenamiento considerando los distintos tipos de instalación de BESS (hibridación eólica, hibridación solar y stand alone) para cada nudo.

El análisis se ha realizado de manera independiente, tanto por tipo de instalación de BESS, como por nudo. Es decir, en cada análisis solo se ha tenido en cuenta un tipo de instalación con una determinada potencia de BESS en un único nudo de la red al mismo tipo.

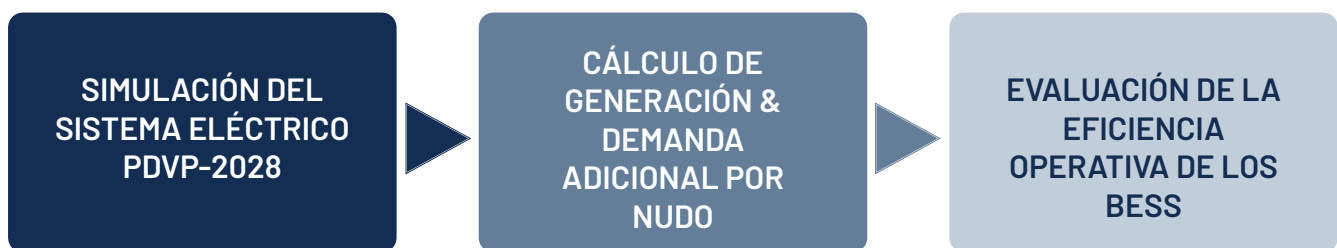


FIGURA 7. Metodología de cálculo

4. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados más relevantes para el caso de los BESS *Stand-alone* por ser el más representativo y cuenta con mejores eficiencias operativas.

A medida que la potencia instalada de almacenamiento aumenta, la eficiencia operativa media de los BESS va disminuyendo significativamente y existe más dispersión. Para una potencia de 150 MW, la media se sitúa ligeramente por encima del 80%; lo que significa que durante casi el 20% del tiempo, el sistema no va a poder cargar o generar como debería. La dispersión que se muestra en la Figura 8 subraya la existencia de nudos en los que la operación puede verse muy perjudicada por una instalación excesiva de almacenamiento.

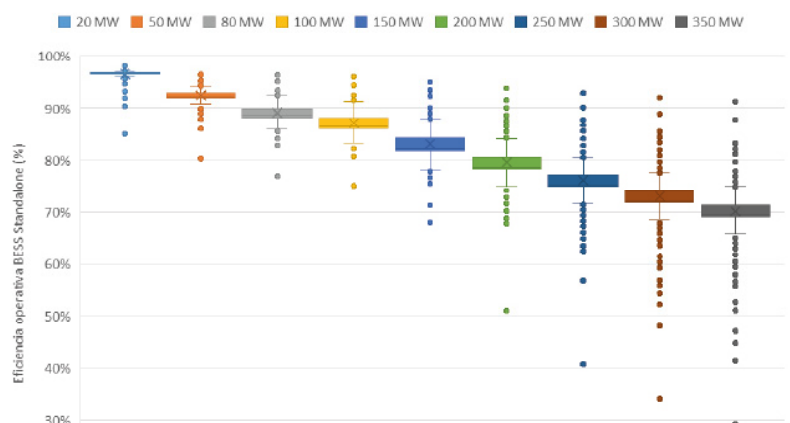
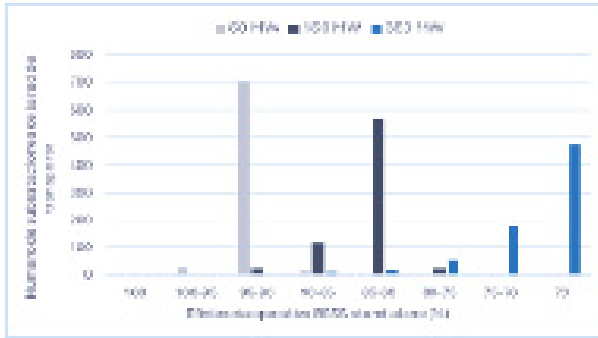


FIGURA 8. Eficiencia operativa media en función de la potencia BESS instalada. Caso Stand-alone.

FIGURA 9. Comparación de entre los diferentes tipos de instalaciones analizadas en el estudio



Respecto a la influencia de la capacidad instalada en cada nudo, se observa que las mayores eficiencias operativas se obtienen con menores capacidades de almacenamiento instaladas. **A medida que aumenta la potencia de almacenamiento instalada en un nudo de la red, su eficiencia operativa disminuye**, aunque algunos logran mantener valores elevados. Para una potencia de 150 MW, la eficiencia media se sitúa ligeramente por encima del 80%, lo que implica que, aproximadamente, el 20% del tiempo el sistema no podrá operar de forma óptima debido a restricciones técnicas.

El análisis geolocalizado de los resultados permite identificar las zonas más eficientes para la conexión de los BESS. En los mapas geolocalizados (figuras 10 a 14), se muestra la interpolación de los datos sobre el territorio para baterías stand-alone con capacidades de 150 MW y 350 MW. Estos mapas permiten apreciar tanto el **impacto de aumentar la potencia de almacenamiento** como la **influencia de la ubicación en su desempeño**. Por tanto, es fundamental **llevar a cabo estudios específicos en los nudos** donde se planee instalar este tipo de sistemas.

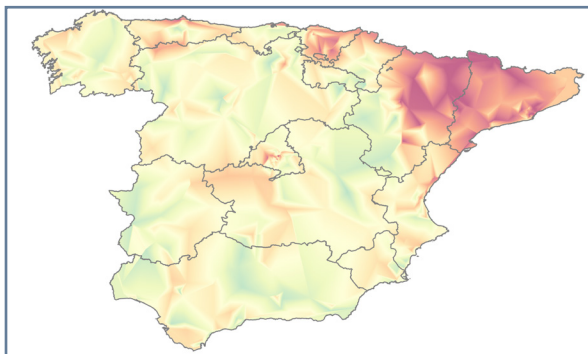


FIGURA 10. Mapa de 150 MW de Stand-alone. CARGA

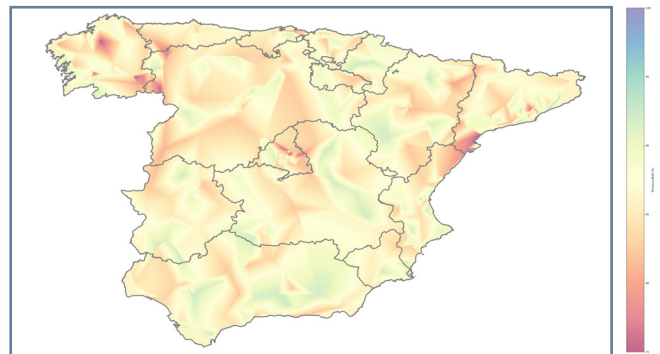


FIGURA 11. Mapa de 150 MW de Stand-alone. DESCARGA

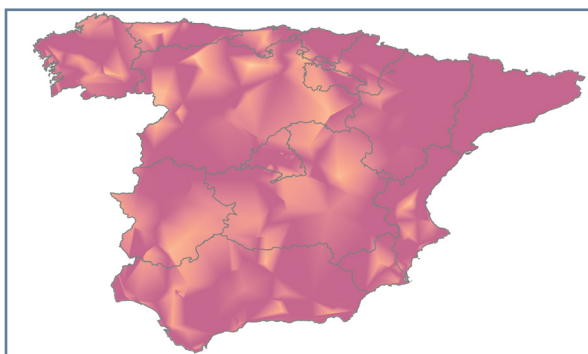


FIGURA 12. Mapa de 350 MW de Stand-alone. CARGA

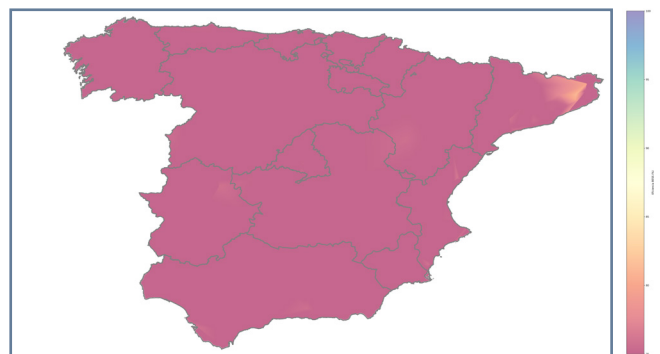


FIGURA 13. Mapa de 350 MW de Stand-alone. DESCARGA

Las restricciones técnicas pueden manifestarse tanto en instalaciones stand-alone como híbridadas y de forma independiente a la cantidad de renovables instalada en el nudo. La eficiencia de la batería no depende de la potencia renovable instalada en la zona, sino de factores más complejos, como la configuración de la red y las particularidades de los nudos cercanos.

UN ESTUDIO DE:



INFORME ELABORADO POR:



EN COLABORACIÓN CON:

