

El Gran Apagón:

Por qué colapsó el sistema eléctrico

Autores

Daniel Fernández Méndez
Manuel Fernández Ordóñez
Gabriel Calzada Álvarez

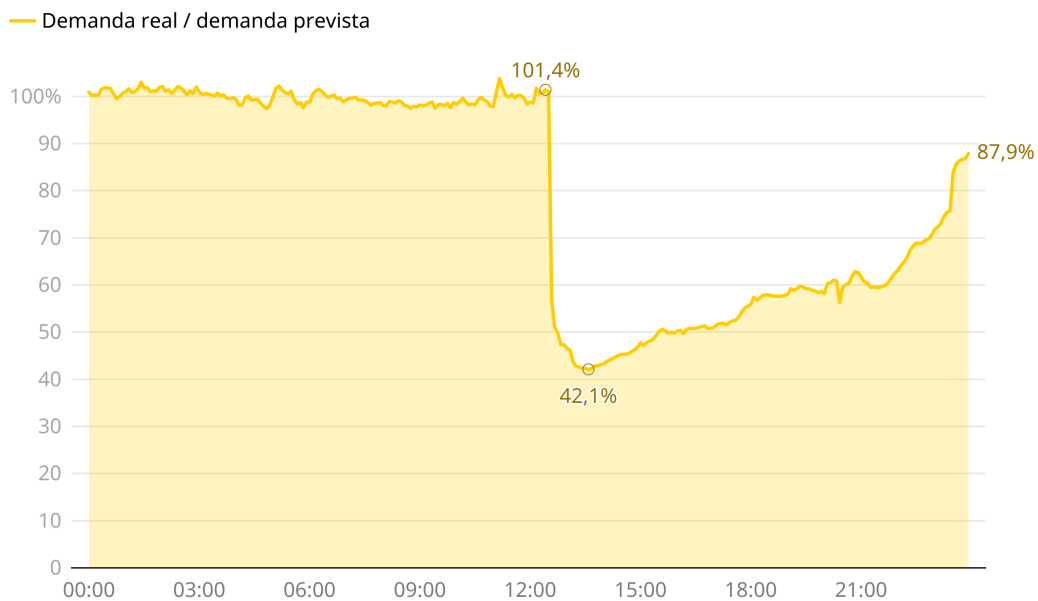
La situación: España se queda a oscuras

El 28 de abril entre las 12:33 el suministro de energía eléctrica se desplomó en el sistema peninsular español. En apenas unos minutos la energía entregada por el sistema eléctrico cayó a menos de la mitad dejando a oscuras a gran parte de España y Portugal.

Gráfico 1

El **consumo de electricidad** se desplomó en España el día del **apagón**

Proporción entre la **demanda real** y la demanda prevista en el sistema eléctrico peninsular en España



Datos del día 28 de abril de 2025

Gráfico: Centro de Investigación Peter Huber (Universidad de las Hespérides) • Fuente: ESIOS

Buscando culpables: la curva de pato del sistema eléctrico

En el momento de escribir estas líneas (30 de abril), es posible que la causa inmediata clara que hiciera colapsar el sistema fuesen dos “eventos” de caída de generación, que

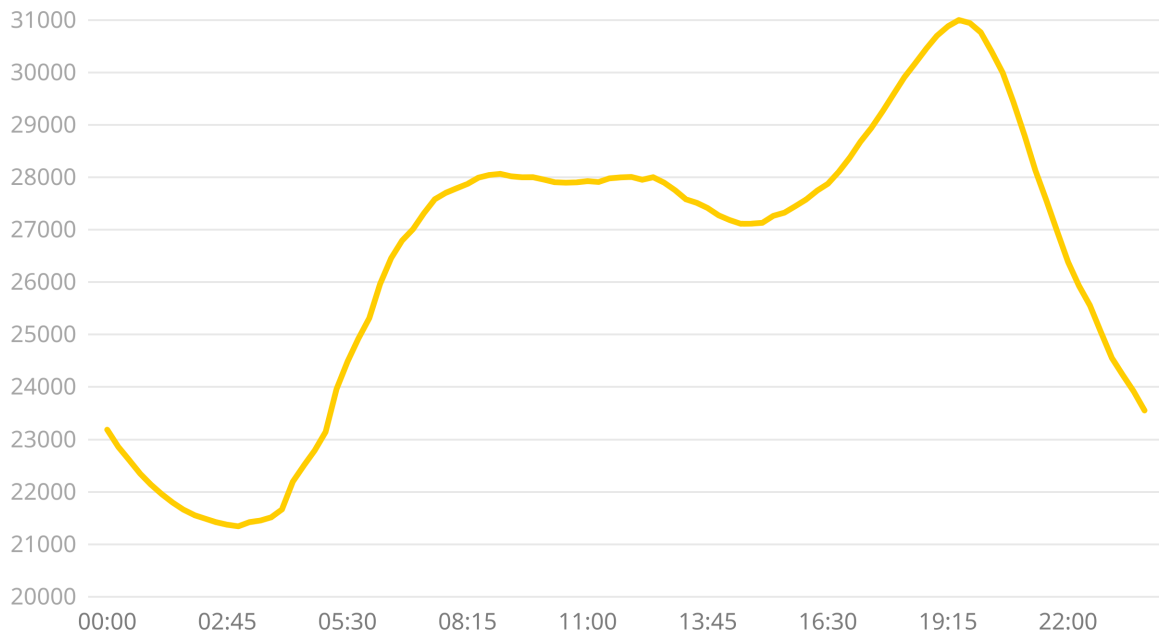
desestabilizaron el sistema eléctrico peninsular. Pero, más allá del evento concreto que desata el caos, podemos establecer una causa mediata o primera del gran apagón sufrido por los españoles: la fragilidad del sistema eléctrico.

Para ilustrar esta fragilidad necesitamos introducir la “curva de pato”. Se trata de un término utilizado en el mercado eléctrico para referirse a la forma que tiene la demanda de electricidad en la práctica totalidad de los países. Típicamente existen dos picos de demanda, uno por la mañana (pico industrial) y uno por la tarde-noche (pico residencial).

Gráfico 2

Curva de pato energética en España

Oferta de energía eléctrica (MWh) por hora del día



Oferta promedio anual (en MWh) en rangos de 15 minutos. Año 2024

Gráfico: Centro de Investigación Peter Huber (Universidad de las Hespérides) • Fuente: ENTSO-E

En los sistemas eléctricos debe casar en todo momento la oferta y la demanda de electricidad. Si esta situación se vulnera de forma significativa, aparece el riesgo de que el sistema “se caiga”, es decir, el riesgo de que suframos un apagón.

En los sistemas eléctricos debe casar en todo momento la oferta y la demanda de electricidad. Si esta situación se vulnera de forma significativa, aparece el riesgo de que el sistema “se caiga”, es decir, el riesgo de que suframos un apagón.

Los picos de demanda suelen ser atendidos por centrales “pico”. Estas centrales suelen estar detenidas durante gran parte del día, pero están preparadas para ponerse a funcionar de forma rápida si las condiciones del sistema eléctrico así lo requieren. Estas centrales pico habitualmente cuentan con costes variables elevados y, en el caso de España, la tecnología que se ha impuesto sobre el resto para realizar esta operativa son las centrales de gas.

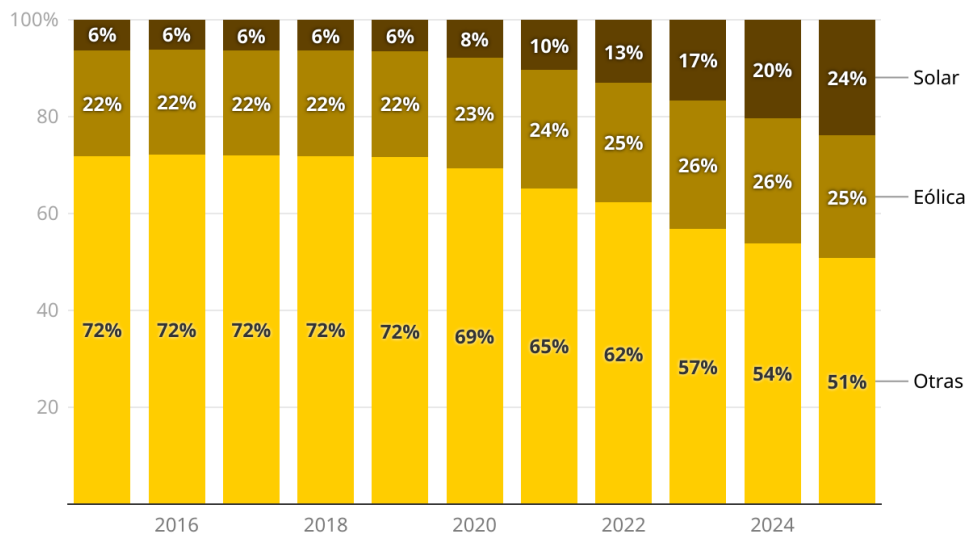
La curva del pato solar

En los últimos años ha habido un auge de instalación de energía solar (y eólica) en España. Tanto es así que ya acumulan la mitad de la capacidad del sistema eléctrico peninsular.

Gráfico 3

Penetración renovable intermitente en España

Energía **solar y eólica** ya representan la mitad de la capacidad instalada de generación eléctrica



Capacidad instalada de generación de energía eléctrica en España (2015-2025)
Otras: (en orden de capacidad de generación): Gas, Hidráulica, Nuclear, Carbón, Biomasa, Residuos y otras tecnologías minoritarias

Gráfico: Peter Huber Energy Research Centre • Fuente: ENTSO-E

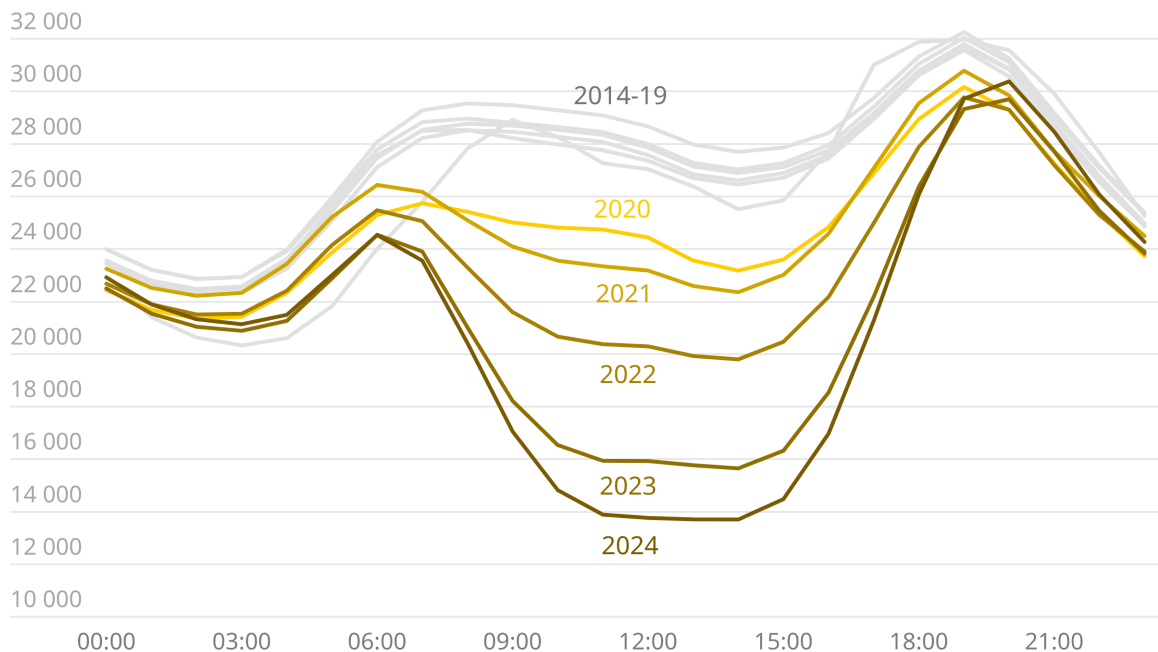
La producción de energía eléctrica mediante tecnología solar es barata y su coste marginal es muy bajo (casi cero). Esto, unido a unas emisiones de CO2 muy bajas, la han hecho una de las opciones preferidas por los actores políticos.

Pero la energía solar no está exenta de problemas. La generación solar se concentra, como es lógico, en las horas centrales del día, haciendo la curva de pato mucho más pronunciada como podemos ver en la siguiente gráfica.

Gráfico 4

La **energía solar** provoca **desplazamientos** de otras **centrales de generación en el sistema eléctrico**

Producción de energía eléctrica (MWh) por hora (deducida energía solar)
Curva de pato en España (2014-2024)



Producción media horaria (en MWh) deducida producción energía solar

Gráfico: Centro de Investigación Peter Huber (Universidad de las Hespérides) • Fuente: ENTSO-E

Esto puede generar un estrés extra en el sistema eléctrico, que tiene que atender ahora unos picos mucho más pronunciados de los que atendía históricamente.

La instalación masiva de energía solar hace que la red eléctrica sea más compleja de gestionar. La energía solar desplaza, en las horas centrales del día, a centrales que pueden producir de forma constante sin interrupciones y que ayudan a estabilizar la red eléctrica (ver más abajo) como puede ser la energía nuclear. Cuando cae la noche y la solar desaparece, deja un “agujero” en forma de decenas de GW que tiene que ser reemplazado por otras tecnologías (normalmente gas o hidráulica).

No es que la energía solar sea un problema en sí misma, pero su instalación masiva no ha ido acompañada de un incremento en la demanda eléctrica por parte de la sociedad española, lo que ha generado nuevos retos para la operación del sistema eléctrico. El operador de la red debe ajustar cantidades enormes de energía cuando la solar entra y sale del sistema eléctrico. Esto puede provocar que el sistema opere, en ocasiones, en situaciones con mayor grado de vulnerabilidad, algo que ha ido incrementándose paulatinamente con el tiempo.

Energía solar: desplazando a energías que estabilizan el sistema eléctrico

La energía solar tiende a desplazar a tecnologías que pueden generar energía con un coste marginal muy bajo como es el caso por ejemplo de la energía eólica. Pero también tiende a desplazar a energías que estabilizan la frecuencia del sistema eléctrico como la nuclear, el gas o la hidráulica.

Como hemos explicado, para que el sistema eléctrico no colapse se necesita que la energía producida y consumida casen en cada momento. Esta es la razón por la que los mercados eléctricos son especiales y cuentan con un operador del sistema que ordena a diferentes centrales producir o dejar de producir en función de la situación que se presente.

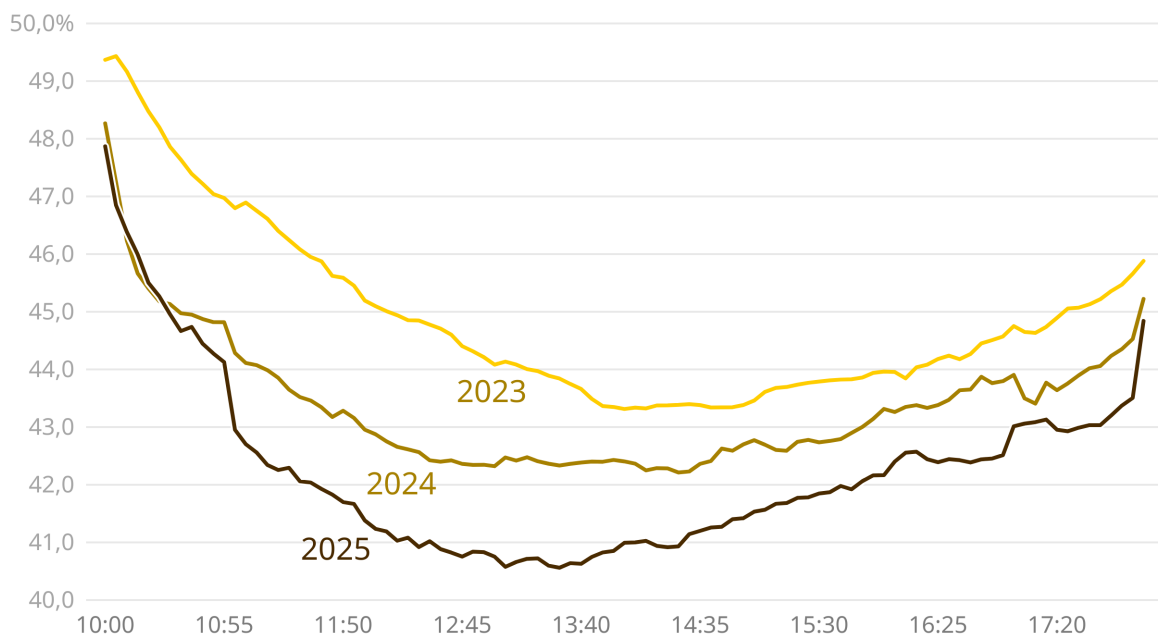
Cuando se produce algún desbalance entre la energía producida y consumida, ya sea por exceso de oferta o de demanda, la frecuencia de la red cambia y, si se superan unos umbrales determinados, la red puede colapsar. Algunas centrales de energía, aquellas que cuentan con turbinas, generan lo que se conoce como inercia. Esta inercia permite acomodar determinadas variaciones de frecuencia de manera automática (incrementando o disminuyendo la velocidad de giro de las turbinas, compensando de este modo esas variaciones).

La penetración cada vez más alta de energías renovables variables (solar y eólica) está ocasionando que, paulatinamente, las energías convencionales que cuentan con inercia vayan siendo expulsadas del mercado en determinadas horas. Por ejemplo, podemos ver que en el mes de abril de 2025 la producción con centrales que estabilizan la red es sensiblemente inferior a la registrada en el mismo mes del año 2024.

Gráfico 5

Las tecnologías de **generación síncronas** tienen cada vez menos peso en las horas centrales del día

Producción con energía **nuclear, hidráulica, ciclo combinado, cogeneración y térmica solar, térmica renovable y carbón** como porcentaje de la producción total de electricidad en el mes de abril de cada año desde las 10:00 hasta las 18:00



Cada punto en las líneas es el promedio de la franja horaria de todos los días del mes de abril de cada año

En el año 2025 no se incluyen el 28, 29 y 30 de abril

Datos de producción de energía en franjas de 5 minutos

Gráfico: Centro de Investigación Peter Huber (Universidad de las Hespérides) • Fuente:

Elaboración propia con datos de ESIOS

La posible explicación del “Gran Apagón” de 2025

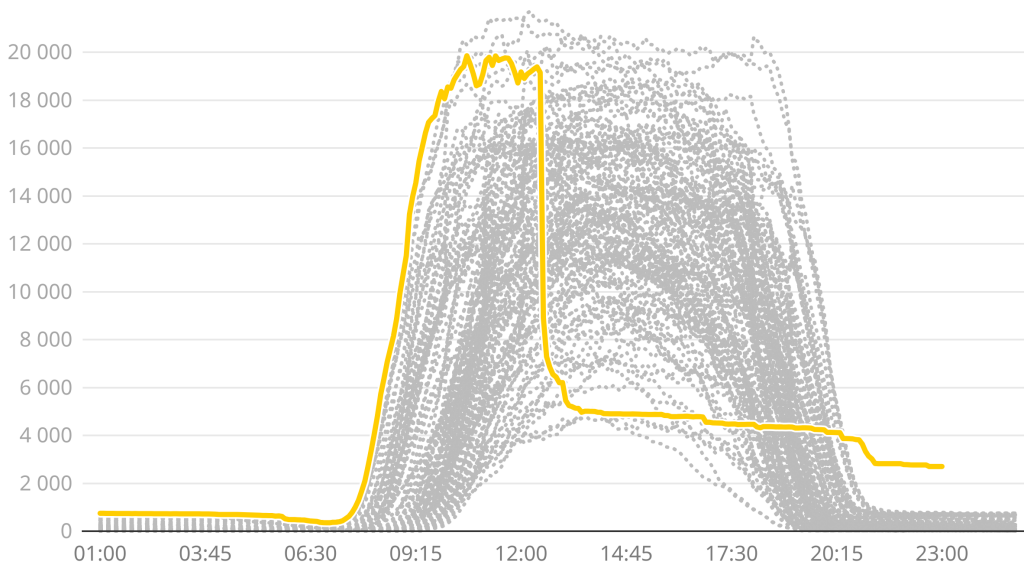
El 28 de abril de 2025, día del apagón en España, la energía solar mostraba una producción muy elevada, de las mayores de la historia. Una generación solar que no ha hecho más que crecer en los últimos años, de tal modo que, en las horas centrales del día, el precio del mercado mayorista es cero o incluso negativo. La penetración cada vez más alta de energías renovables variables (solar y eólica) está ocasionando que, paulatinamente, las energías convencionales que cuentan con inercia vayan siendo expulsadas del mercado en determinadas horas. Por ejemplo, podemos ver que en el mes de abril de 2025 la producción con centrales que estabilizan la red es sensiblemente inferior a la registrada en el mismo mes del año 2024.

Gráfico 6

El 28 de abril estaba siendo uno de los días de mayor generación solar

Generación de energía solar por día en el año 2025

— Generación solar 28 abril 2025



Generación de energía solar en franjas de 5 minutos
Incluye solar fotovoltaica y solar térmica

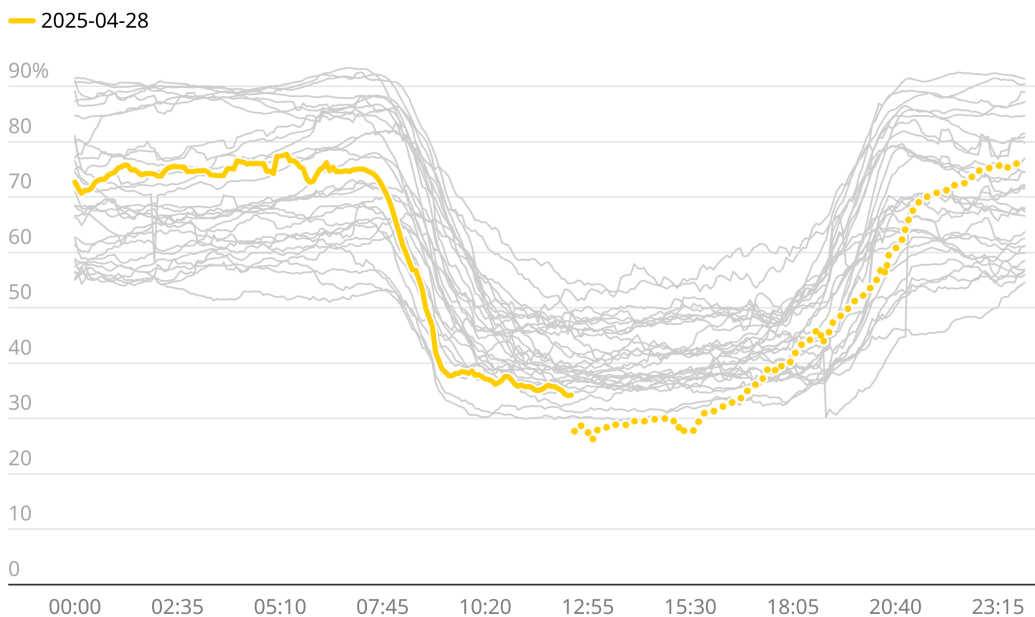
Gráfico: Centro de Investigación Peter Huber (Universidad de las Hespérides) • Fuente:
Elaboración propia desde ESIOS

A su vez, el porcentaje de energía generada con tecnologías que estabilizan la frecuencia de la red eléctrica era uno de los menores de todo el mes de abril. Esto podría reforzar la hipótesis de que la red se encontraba en una situación frágil en los momentos previos al apagón, con una alta producción de energía asíncrona (solar) y poco porcentaje de energía síncrona en el sistema.

Gráfico 7

La proporción de **generación síncrona** era de las más bajas del mes en el día del **apagón**

Producción con energía **nuclear, hidráulica, ciclo combinado, cogeneración, térmica solar, térmica renovable y carbón** como porcentaje de la producción total de electricidad



Cada línea es un día del mes de abril de 2025

Datos de producción de energía en franjas horarias de 5 minutos

Los datos posteriores a las 12:35 para el día 28 de abril aparecen punteados por falta de confianza en los mismos

Gráfico: Centro de Investigación Peter Huber (Universidad de las Hespérides) • Fuente:
Elaboración propia con datos de ESIOS

Por lo tanto, en el momento del apagón se aprecian:

- Una alta penetración de energía solar asíncrona
- Un bajo porcentaje de fuentes de energía síncrona capaces de dar estabilidad a la red

Esta combinación puede haber sido la causa de la vulnerabilidad de la red eléctrica en España, que posteriormente se vio a merced de la caída de parte de la generación, desembocando en el apagón final . No es la primera vez que el sistema eléctrico español se encuentra bajo estrés operativo y, posiblemente, eventos como el sucedido pudieran haber ocurrido con anterioridad si se hubieran dado las condiciones necesarias. Cuando la fragilidad de un sistema se incrementa, lo habitual es que tarde o temprano colapse.

Conclusiones

Dos días después de la caída de la red, todavía no sabemos exactamente qué evento concreto provocó el gran apagón en España.

A pesar de que el evento que tumbó al sistema eléctrico español llenará titulares durante semanas, probablemente no sea lo más relevante.

Lo realmente importante es la fragilidad que la política energética desarrollada en España en los últimos años ha introducido en el sistema eléctrico español. Cuando un sistema es frágil, cualquier estresor puede hacer que el sistema colapse.

En 2025, el sistema eléctrico español está dando muestras de fragilidad porque hemos hecho caso omiso y oídos sordos a las voces reflexivas que nos decían que la instalación masiva de energías intermitentes asíncronas (solar y, salvo excepciones, eólica) traería problemas en el futuro. Al parecer, ese futuro ya ha llegado.

Conviene reflexionar sobre la sostenibilidad de las políticas energéticas y su influencia en la sociedad y economía españolas, teniendo en cuenta la seguridad de suministro como el parámetro más crítico a considerar.

La energía es el pilar fundamental sobre el que se asienta el progreso de las sociedades y llevar a cabo políticas energéticas erróneas nos conducirá a un desastre de imprevisibles consecuencias.

Fe de erratas

“Las gráficas 5 y 7 han sido modificadas y ahora incluyen la generación con carbón, térmica renovable, térmica solar y cogeneración”.



hesperides.edu.es