

# **Análisis meteorológico de eventos de estrés en el sistema eléctrico español a partir de simulaciones con PyPSA**

## **Meteorological analysis of stress events in the Spanish power system based on PyPSA simulations**

F.J. Santos-Alamillos (1), L. Pinilla-Ortiz (1), J.A. Ruiz-Arias (1), C. Gallego-Castillo (2), D. Pozo-Vázquez (3), J. Tovar-Pescador (4)

(1) Depto. Física Aplicada I, Universidad de Málaga. (2) Depto. Aeronaves y Vehículos Espaciales, Universidad Politécnica de Madrid. (3) IISTA, Depto. Física, Universidad Jaén. (4) Depto. Física, Universidad Jaén

### **RESUMEN**

El despliegue a gran escala de energías renovables variables – principalmente solar fotovoltaica y eólica – supone un reto para la operación de los sistemas eléctricos. La variabilidad inherente de dichos recursos puede comprometer la seguridad de suministro y dificultar el equilibrio entre generación y demanda en todo momento. En particular, cuando se encadenan periodos de baja producción renovable con una demanda elevada, el sistema puede entrar en un escenario de estrés operativo, obligando a incrementar de forma significativa el despacho de tecnologías de respaldo (térmicas, hidráulicas regulables, importaciones o servicios complementarios). Esto se traduce en un aumento del precio marginal de la electricidad, al estar determinado por generación de mayor coste, para mantener el equilibrio y la operación dentro de condiciones seguras. Si estas condiciones se prolongan, el operador puede verse obligado a aplicar medidas de emergencia, como la activación de protecciones automáticas de desconexión de carga, pudiendo incluso derivar en caídas parciales del sistema eléctrico. PyPSA (Python for Power System Analysis) es una herramienta de modelado y simulación ampliamente utilizada en el ámbito académico y de investigación, que permite representar la operación del sistema eléctrico con resolución horaria integrando de forma coherente sus principales componentes: generación, demanda, transmisión y almacenamiento. Gracias a estas capacidades, es posible reproducir de manera realista y fiable el comportamiento del sistema para evaluar su respuesta ante diferentes condiciones de operación, incluyendo la detección de episodios potencialmente críticos. Este trabajo analiza la relación entre la meteorología y episodios de estrés en el sistema eléctrico mediante simulaciones realizadas con PyPSA. Para ello, se ha modelado la operación del sistema eléctrico español durante el periodo 2015–2024 a partir de un modelo simplificado aislado y con flexibilidad operativa limitada, con el objetivo de facilitar la identificación de las situaciones potenciales en que los condicionantes meteorológicos tienen una mayor influencia sobre la operación del sistema. Los episodios de estrés se han identificado a partir del comportamiento del precio marginal, prestando especial atención a intervalos con precios elevados. Una vez detectados, se ha realizado un análisis meteorológico orientado a caracterizar los patrones atmosféricos y las situaciones sinópticas asociadas a dichos episodios, con el fin de comprender con mayor profundidad cómo la variabilidad meteorológica condiciona la estabilidad del sistema eléctrico.