

El futuro de la energía nuclear y su papel en la transición energética

El desafío climático, junto a la actual crisis energética global causada por los elevados precios del gas y de otros combustibles fósiles como el gasoil, y agravada por la guerra en Ucrania, han puesto de manifiesto la necesidad de aumentar los esfuerzos para cambiar el modelo energético. En este escenario, los países están buscando fórmulas que aseguren el suministro constante de electricidad, con precios competitivos más estables –menos susceptibles a la volatilidad– y compatibles con bajas emisiones de carbono



Central nuclear de Trillo, en Guadalajara.

Marita Morcillo

Las medidas para la reducción de emisiones se han centrado principalmente en impulsar las energías renovables, pero estas son intermitentes y necesitan el apoyo de sistemas de almacenamiento a gran escala, que aún se encuentran en fase temprana. Como resultado, algunas políticas energéticas están teniendo en cuenta una fuente constante, gestionable, confiable y, relativamente, económica: la energía nuclear.

El 1 de enero de 2023 entrará en vigor el acto delegado de taxonomía de la Comisión Europea, que incluye algunas actividades relacionadas con la energía nuclear en la lista de actividades transitorias económicas medioambientalmente sostenibles, a pesar de la oposición de países como España, Austria, Dinamarca o Luxemburgo.

La decisión de la Comisión Europea sigue un dictamen científico, cuya con-

clusión es que “la energía nuclear, sujeta a estrictas condiciones ambientales y de seguridad (incluida la eliminación de residuos) que garanticen el respeto del principio de no causar daños significativos, puede desempeñar un papel en la transición hacia la neutralidad climática de conformidad con el Pacto Verde Europeo”.

Aunque el ejecutivo comunitario asegura que las energías renovables seguirán siendo el centro de atención para los inversores, el acto delegado favorecerá la inversión privada en otras tecnologías que también tienen un papel clave en la transición energética.

Como era de esperar, la decisión ha sido recibida con optimismo en la industria nuclear. Ignacio Araluce, presidente de Foro de la Industria Nuclear Española, considera que “es muy positivo para el conjunto del sector nuclear contar con este apoyo institucional, ya que la realidad demuestra que, para alcanzar los ob-

jetivos energéticos y climáticos previstos por la Unión Europea, habrá que seguir contando con la energía nuclear como fuente capaz de operar 24/7, ofrecer seguridad de suministro e independencia energética y sin emitir gases ni partículas contaminantes a la atmósfera”.

A la hora de incluir la energía nuclear entre las fuentes medioambientalmente sostenibles, la Unión Europea se suma al criterio de otras organizaciones internacionales que recuerdan el papel de la energía nuclear, no solo en la transición energética, sino también en la sostenibilidad del planeta por sus múltiples aplicaciones.

Coincidiendo con la 26ª Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP26), celebrada en Glasgow en noviembre de 2021, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) de la ONU publicó un informe titulado “Nuclear Science and Technology for

Climate Adaptation and Resilience”, que describe una serie de técnicas nucleares que contribuyen a la gestión sostenible de la tierra y el agua, la agricultura climáticamente inteligente, los sistemas de producción de alimentos, el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero, la protección de las costas o la monitorización de los cambios en los océanos.

Días antes de la COP 26, el OIEA también publicó otro informe, el “Nuclear Energy for a Net Zero World”, en el que destacaba el papel fundamental de la energía nuclear para la consecución de los objetivos del Acuerdo de París y la Agenda 2030, al desplazar el carbón y otros combustibles fósiles, facilitando un mayor despliegue de energía renovable, y convertirse en una fuente económica de grandes cantidades de hidrógeno limpio.

Según el informe del OIEA, reemplazar el 20% de la generación de carbón con 250 GW de generación nuclear reduciría las emisiones en 2 Gt de CO₂, o alrededor del 15% de las emisiones del sector eléctrico por año. El documento incluso señala que la energía nuclear puede sustituir a las calderas de carbón para la calefacción urbana y la industria.

Debido a que es una tecnología de bajas emisiones, flexible y confiable, el

OIEA considera que una asociación entre la energía nuclear y las renovables será clave para llevar las emisiones al nivel cero neto, al mismo tiempo que ayuda a reducir los costes del sistema de generación de electricidad en general.

En esta línea, la World Nuclear Association (WNA) inició en 2019 un programa llamado Harmony, cuyo objetivo es conseguir que en 2050, el 25% de la electricidad que se produzca a nivel mundial proceda de la energía nuclear – ese porcentaje ahora mismo está en un 10%-. Este reto supone triplicar el número de reactores y construir 1.000 GW de nueva capacidad para 2050. Alcanzarlo requiere, según la WNA, que la tecnología nuclear sea reconocida por su confiabilidad, y debe ser tratada en los mismos términos que otras tecnologías bajas en carbono como parte de una combinación sólida de bajas emisiones.

La energía nuclear en el mundo

Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA), la tecnología nuclear representa alrededor del 10% de la generación de electricidad a nivel mundial, llegando a casi el 20% en las economías avanzadas.

En los datos anuales publicados por el Sistema de Información sobre Reactores

de Potencia del OIEA (PRIS), a finales de 2021, la capacidad mundial de energía nuclear operativa era de 389,5 GW, proporcionada por 437 reactores operativos en 32 países.

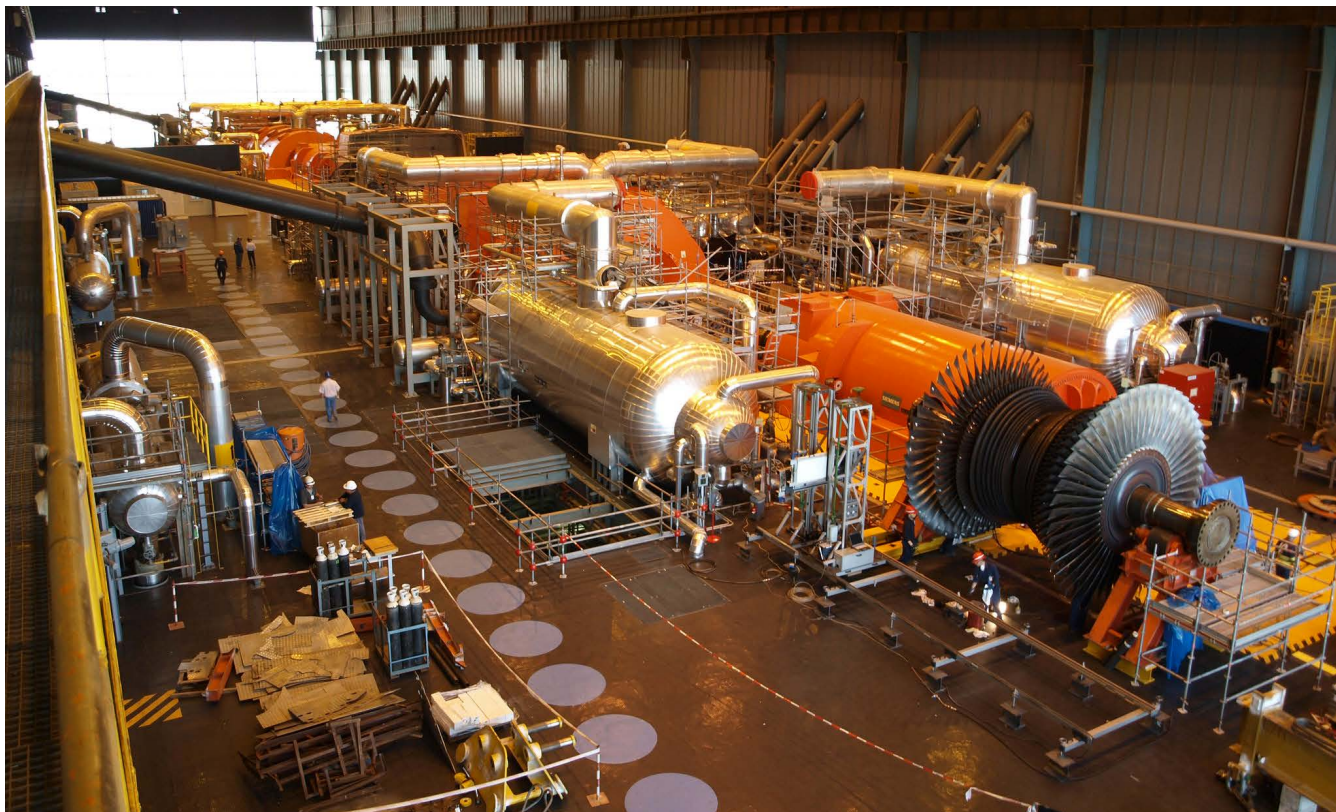
A lo largo de 2021, el parque mundial de reactores nucleares suministró 2.653,1 TWh de electricidad de bajas emisiones, un poco más que en 2020, y representaron más de una cuarta parte de la generación de electricidad baja en carbono del mundo.

A 31 de diciembre de 2021, se estaban construyendo 56 reactores con una capacidad total de 58,1 GW en 19 países, y se conectaron a la red 5,2 GW de capacidad de energía nuclear con seis nuevos reactores, todos ellos en Asia.

Por el contrario, se cerraron permanentemente 10 reactores que representan 8,7 GW de capacidad nuclear. Unos 5,1 GW de esa capacidad perdida provinieron de tres reactores en Alemania (Brokdorf, Grohnde y Gundremmingen-C) y tres reactores en Reino Unido (Dungeness Gas-Cooled Reactor unidas B-1 y B-2 y Hunterston B-1).

SMR, la nueva generación de reactores

En su informe de seguimiento de la electricidad nuclear, publicado en septiembre de este año, la IEA destaca que en los úl-



Edificio de turbinas de una central nuclear.

timos 50 años, la industria nuclear ha evitado alrededor de 66 Gt de emisiones de CO₂ a nivel mundial, al reducir la necesidad de carbón, gas natural y petróleo.

Sin la energía nuclear, las emisiones de CO₂ del sector eléctrico en las economías avanzadas, lideradas por Estados Unidos y la Unión Europea, habrían sido un 20% más altas en los últimos 50 años.

La IEA advierte de que para ponerse en marcha el Escenario Cero Neto, la energía nuclear deberá continuar expandiéndose a un ritmo de 10 GW por año hasta 2030, lo que exigirá por una parte, ampliar la vida útil de las actuales centrales nucleares y, por otra, construir centrales nuevas.

Estados Unidos, Francia, Bélgica o Corea, entre otros países, han aprobado la extensión de la vida útil de los reactores nucleares existentes. Además, se ha anunciado la inversión en nuevos proyectos a gran escala. En Europa, Reino Unido tiene previsto construir ocho nuevos reactores, seis en el caso de Francia. Por su parte, India tiene la intención de construir otros diez proyectos, y China se ha propuesto la meta de alcanzar 70 GW para 2025.

Estas ambiciones de crecimiento han fomentado la innovación en tecnologías nucleares y han dado lugar a nuevos reactores de menos de 300 MW, un tercio de la capacidad de producción de los reactores tradicionales.

Los denominados pequeños reactores modulares (SMR), que forman parte de la Generación III de centrales nucleares, enfocada a una mayor seguridad, son más fáciles y rápidos de construir. Actualmente hay 70 diseños en desarrollo en todo el mundo. Una de sus ventajas es que se pueden construir en una fábrica y ser trasladados a su ubicación final, reduciendo los riesgos, los tiempos y los costes. Además, necesitan menos espacio que una gran central nuclear convencional, por lo que pueden instalarse en zonas aisladas o de difícil acceso a la red eléctrica.

El hecho de que en los últimos años algunos países estén apoyando la construcción de los SMR, ha desbloqueado la inversión privada, impulsando aún más su desarrollo. Estados Unidos es uno de los países que más cerca está de contar con SMR operativos en 2030. Siguen su ejemplo Canadá, con una hoja de ruta que prevé la implementación de los SMR a finales de la década de 2020, y Francia, donde los pequeños reactores han reci-

bido un apoyo gubernamental de 1.000 millones de euros para, igualmente, hacerlos realidad en 2030.

Uno de los países más avanzados es China, que tiene varias tecnologías nucleares en desarrollo, con algunos proyectos como las unidades HTR-PM en Shidao Bay, ya conectadas a la red en 2021 y otras en construcción.

Rusia cuenta con una central nuclear flotante formada por dos reactores de 35 MW cada uno. Otros países que están apostando por los SMR son Argentina o Corea del Sur, donde hay reactores en fase de construcción o de concesión de licencias.

La inversión tanto privada como pública en estos desarrollos será crucial. Según la Agencia Internacional de la Energía, la inversión en la industria nuclear para cumplir con el Escenario Cero Neto deberá superar los 100 mil millones de dólares por año a fines de la década de 2020, más del triple del nivel reciente, que se sitúa en 35.000 millones de dólares anuales. Para lograr este objetivo, la IEA apunta que será fundamental que los gobiernos aumenten la seguridad jurídica o limiten los cambios políticos respecto a la energía nuclear.

El futuro de la energía nuclear

Más allá de 2030 y de 2050, las expectativas se centran en una nueva generación de reactores que incorporan cambios importantes en los enfoques de diseño, combustible, materiales o configuración de sistemas en comparación con los existentes.

Para hacer posibles los proyectos que aún se encuentran en fase de investigación, en el año 2000 se constituyó el Foro Internacional Generación IV (GIF), en el que están involucrados 13 países (Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, Francia, Japón, Corea, Rusia, Sudáfrica, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos), además de Euratom, que representa a los 27 miembros de la Unión Europea.

GIF ha seleccionado seis tecnologías de reactores para continuar con la I+D: el reactor rápido refrigerado por gas, el reactor rápido refrigerado por plomo, el reactor de sales fundidas, el reactor refrigerado por agua supercrítica, el reactor rápido refrigerado por sodio y el reactor de muy alta temperatura.

El proyecto ITER

Todas las tecnologías mencionadas se corresponden con la técnica de fisión nu-

clear, que es la que se utiliza en la actualidad. Pero existe otra técnica que está atrayendo esfuerzos de investigación y desarrollo a nivel mundial: la tecnología de fusión.

El Consejo de Seguridad Nacional (CSN) define la fusión nuclear como una "reacción nuclear en la que dos núcleos de átomos ligeros, en general el hidrógeno y sus isótopos (deuterio y tritio), se unen para formar otro núcleo más pesado, generalmente liberando partículas en el proceso".

El experimento de fusión más grande y avanzado del mundo es, con siete miembros internacionales (China, India, Japón, Corea del Sur, la Unión Europea, la Federación Rusa y los Estados Unidos), el proyecto Reactor Termonuclear Experimental Internacional (ITER), que se está construyendo actualmente en Cadarache, Francia.

Basado en el concepto tokamak (utilizando un dispositivo que confina el plasma a través de un campo magnético), el ITER está diseñado para lograr una ganancia de potencia de fusión de al menos 10 y producir 500 MW de potencia de fusión.

España participa en el ITER a través del Laboratorio Nacional de Fusión, dependiente del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT.

Isabel García Cortés, investigadora del Laboratorio Nacional de Fusión y presidenta del Claustro Científico-Técnico del CIEMAT, explica que en España la inversión está concentrada en el TJ-II, cuyo objetivo es el estudio de la física de plasmas confinados magnéticamente, con énfasis en el impacto de la configuración magnética en el transporte de calor y partículas. Estos estudios deberían contribuir significativamente a los esfuerzos internacionales para desarrollar la fusión por confinamiento magnético como una fuente de energía.

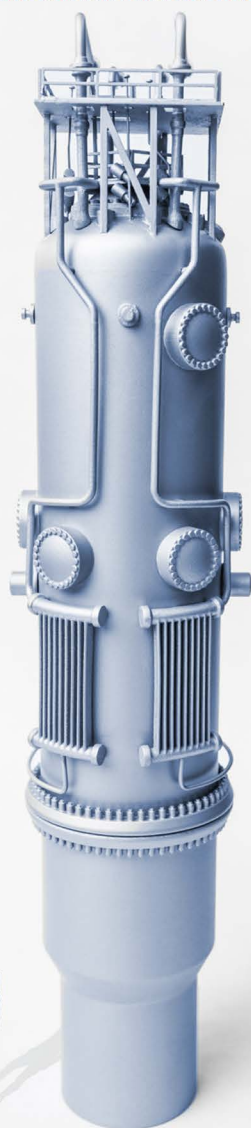
La fusión tiene por delante muchos retos que superar. Las máquinas son tan complejas que actualmente el trabajo en el Laboratorio es más de ingeniería que de física. "La fusión tiene muchos desafíos tecnológicos y ahora mismo tienen un papel determinante los ingenieros", explica la científica, quien considera que la fusión podría formar parte del mix energético en 50 o 100 años.

La investigadora se muestra optimista con los avances que se están dando y estima que los primeros plasmas se conseguirán en 2025 o 2026, y los primeros resultados con deuterio tritio en los que se demuestre la fusión están previstos para 2030.

REACTORES MODULARES PEQUEÑOS (SMR)



- Compactos y sencillos
- Potencia eléctrica hasta **300 MWe**
- Sirven para producir electricidad, vapor de proceso a alta temperatura o hidrógeno y desalar el agua del mar
- Puesta en servicio prevista en las próximas dos décadas
- Producción modular en fábrica y transporte al emplazamiento para ensamblaje y operación



Características principales



Beneficios

- Modulares
- Facilidad de licenciamiento y estandarización
- Reducción de tiempos de construcción y de costes
- Flexibilidad en la elección del emplazamiento
- Más eficiencia
- Posibilidad de hibridación con otras fuentes de energía
- Diversidad de aplicaciones

Más de **70** diseños diferentes en distintas etapas de desarrollo

Fuentes: Foro Nuclear, US Office of Nuclear Energy y NuScale

Características y ventajas de los pequeños reactores modulares. Fuente: Foro Nuclear.

Las objeciones a la energía nuclear

Los argumentos que defienden la contribución de la energía nuclear a la transición energética chocan con la visión de varias organizaciones que se oponen a esta tecnología e incluso piden el cierre

de las centrales nucleares.

El divulgador Alfredo García considera que el origen de las reticencias y los prejuicios contra la energía nuclear se encuentra en el desconocimiento de cómo funcionan las centrales nucleares y de sus riesgos reales, así como de

campañas antinucleares para conseguir adeptos, con objetivos políticos o económicos.

En su oposición a la energía nuclear, los detractores citan los tres mayores accidentes que se han producido en la industria nuclear mundial: Three Mile Island, Chernóbil y Fukushima.

“La influencia de los accidentes se ha distorsionado, no se han explicado correctamente, sino que se han utilizado para fomentar el miedo. Por ejemplo, en el accidente de Fukushima, causado por un tsunami y que terminó fundiendo tres núcleos, no causó ninguna muerte por radiactividad científicamente demostrable, y se habla más del accidente de la central nuclear que de las 20.000 personas que perdieron la vida por el seísmo y posterior tsunami de 2011”.

Sobre Chernóbil, Foro Nuclear explica que el accidente de 1986 tiene su raíz en la “falta de una cultura de seguridad, consecuencia a su vez de la falta de un régimen político y social democrático en la Unión Soviética”. La organización también cita el mal diseño de la central nuclear de Chernóbil, con un reactor RBMK que nunca hubiera sido autorizado en occidente, así como la ausencia de un sistema independiente de inspección y evaluación de la seguridad de las instalaciones nucleares.

Después del accidente de Chernóbil, se fundó la World Association of Nuclear Operation (WANO), con el objetivo de alcanzar los más altos niveles de seguridad y fiabilidad en la operación de las centrales nucleares.

La energía nuclear en España

En España, la dependencia de la energía nuclear es mayor que la media global. Según el informe anual “Resultados nucleares de 2021 y perspectivas de futuro” de Foro Nuclear, el año pasado el 20,8% de la electricidad producida tuvo origen nuclear, aunque seis de las siete centrales nucleares en operación tuvieron que realizar paradas de recarga de combustible programadas (más largas de lo habitual por las medidas preventivas frente a la Covid-19).

En España existen actualmente siete reactores operativos, Almaraz I y II, Ascó I y II, Cofrentes, Trillo y Vandellós II, que produjeron 54.040 GWh netos, lo que representa el 30,36% de la electricidad libre de carbono de nuestro país. Cabe destacar que es la única tecnología que lleva más de diez años consecutivos pro-

duciendo una quinta parte de la electricidad consumida.

A 31 de diciembre, la potencia neta total instalada en el conjunto de tecnologías de generación eléctrica en España era de 112.801 MW, de los que 7.117 MW netos correspondían al parque nuclear, representando el 6,31% del total de la capacidad neta instalada en el país, un porcentaje que, aunque parezca bajo, no es nada desdeñable si tenemos en cuenta que esa cifra es responsable del 20,8% de toda la producción, evitando la emisión de cerca de 20 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera.

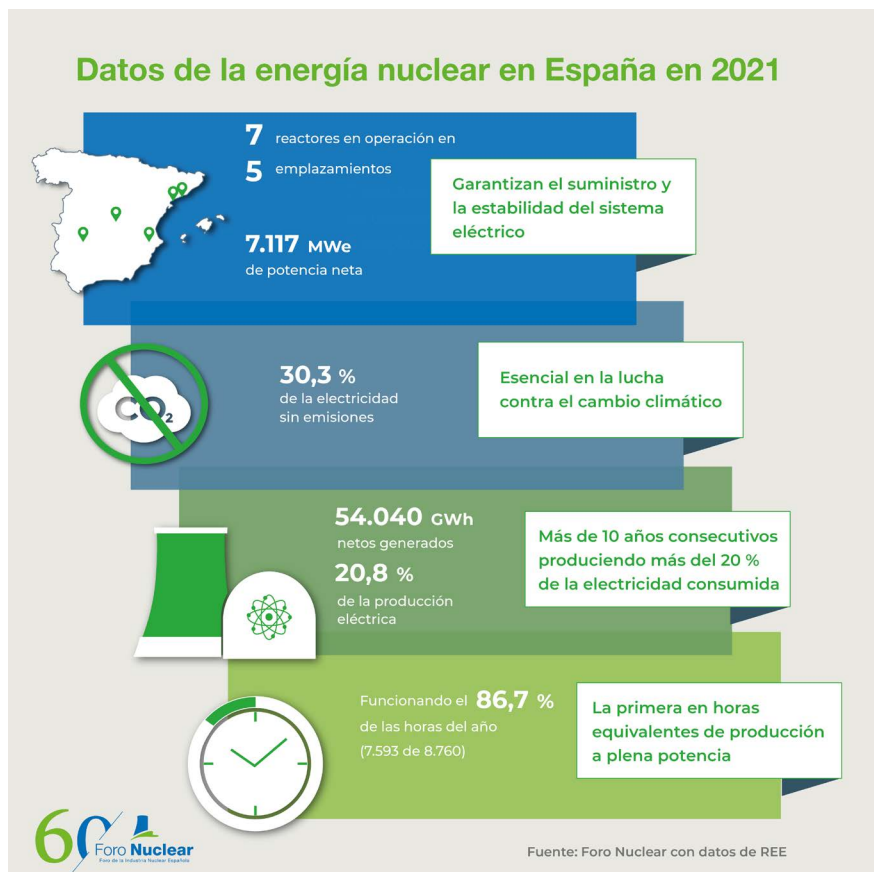
Por todo ello, la tecnología nuclear "resulta esencial en la lucha contra el cambio climático", asegura Ignacio Araluce, presidente de Foro de la Industria Nuclear Española.

Plan de cierre de centrales nucleares en España

A pesar de estos datos, el parque de reactores nucleares de España se encuentra inmerso en un proceso de cierre. El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima para el periodo 2021-2030 del Gobierno español prevé para el año 2030 una potencia bruta total instalada en el sector eléctrico de 161 GW, de los que tan solo 3 GW corresponden a la tecnología nuclear. Es decir, el PNIEC prevé rebajar la potencia nuclear instalada, pasando de los 7,39 GW actuales a tan sólo 3 GW en 2030, con el objetivo último de prescindir por completo de esta fuente a partir de 2035. La potencia retirada será compensada, según el PNIEC, con la penetración de tecnologías renovables, especialmente la eólica y la solar.

El cierre de las centrales nucleares previsto en el PNIEC y pactado por el Gobierno con las compañías eléctricas será ordenado, escalonado y flexible, de manera que cuatro reactores de los siete existentes cerrarán en el periodo comprendido entre 2021 y 2030, y los tres restantes lo harán entre 2030 y 2035.

El divulgador Alfredo García, autor del libro *La energía nuclear salvará el mundo*, considera que cerrar centrales nucleares en el contexto actual "es un auténtico suicidio, que lastrará las transiciones de los lugares donde se produzca, aumentará la pobreza energética y la dependencia del gas exterior. La experiencia ha demostrado que cerrar centrales nucleares se traduce en quemar más gas, no solo en Europa, sino también en Estados Unidos o Japón". En definitiva, el experto cree que



Con siete reactores operativos, el parque nuclear español produce el 30,3% de la energía libre de emisiones. Fuente: Foro Nuclear con datos de REE.

"la mayoría de los cierres previstos por razones ideológicas van a ser revertidos, como ya ha ocurrido en Corea del Sur, que seguirá operando sus 24 reactores nucleares, y Japón, que está reabriendo los suyos".

En este sentido, Jaime Redondo, vocal de la Junta Directiva de Jóvenes Nucleares de la Sociedad Nuclear Española (SNE), explica que la decisión de cierre no está respaldada por ningún criterio técnico. Mientras que países con posturas similares a la española como Alemania y Bélgica han dado marcha atrás en sus políticas de cierre, "España es el único país que no ha movido ni un ápice su postura".

Cabe preguntarse qué consecuencias puede tener para nuestro país el cierre definitivo de todas las centrales nucleares. ¿Es viable un sistema energético que prescinda por completo de la energía nuclear?

Jaime Redondo responde que es tecnológicamente posible, porque tenemos un parque de centrales de ciclo combinado de gas que nos asegura el suministro, siempre y cuando seamos capaces de acceder a ese combustible fósil, cuyo

coste actualmente es muy elevado. "No sufriremos un desabastecimiento, pero desde el punto de vista económico, el cierre de las centrales nucleares es para el ciudadano perjudicial, y desde el punto de vista de los objetivos de lucha contra el cambio climático, es claramente una utopía".

No obstante, Redondo remarca que el plan de cierre es reversible y España aún está a tiempo de subirse al tren nuclear del futuro. No se puede dar marcha atrás en el último momento, asevera, se necesita una planificación previa. "Cinco años en el mundo nuclear son muy pocos y las inversiones necesarias deben ser acometidas con tiempo suficiente como para poder prever la operación de reactores a más largo plazo".

La industria nuclear española está preparada para ello y cuenta con gran cantidad de empresas a la vanguardia, que han diversificado e internacionalizado su negocio. "Desde el punto de vista tecnológico, no tenemos ningún problema para acometer las mejoras tecnológicas que se necesitarían para alargar la operación del parque nuclear español", concluye el experto.