



## **“ENERGÍA NUCLEAR A DEBATE”**

**Juan Antonio Rubio Rodríguez**

Director General  
Centro de Investigaciones Energéticas,  
Medioambientales y Tecnológicas  
(CIEMAT).

#### **Resumen:**

*Se comentan previsiones sobre el porcentaje de electricidad de origen nuclear que, a medio plazo se estima aumentará en Europa y en el Mundo pero que previsiblemente se estabilizará o disminuirá en España. También se indica que la supresión de la energía nucleoelectrica en nuestro País es posible, pero a corto y medio plazo supondrá un incremento en el coste de la electricidad. Se refiere la metodología y evolución de la seguridad de las centrales nucleares españolas y se explicitan las mas importantes líneas del I + D + i en energía nuclear: gestión de los residuos radiactivos, seguridad, sostenibilidad y control de la proliferación.*

La Energía Nuclear contribuye con aproximadamente el 30 % de la electricidad consumida en Europa, el 20 % en España y el 17% en el mundo (7 % en términos de energía primaria). Actualmente nos encontramos en una situación de encrucijada energética porque: 1) el consumo crece inexorablemente, también en los países desarrollados, 2) los desequilibrios entre países son alarmantes y han de ser corregidos, 3) existe un amplio rechazo social a las fuentes masivas de energía primaria<sup>1</sup>, los combustibles fósiles (80 %) y la energía nuclear (6 %) y, 4) los recursos están limitados a décadas, incluida la energía nuclear en su actual modo de utilización y con la excepción del carbón, cuyas reservas alcanzan para aproximadamente dos siglos. En este contexto la energía ha devenido un diablo necesario y escaso.

La emisión de gases de efecto invernadero y su casi seguro e irreversible impacto en el cambio climático, originado por un aumento de la temperatura del planeta, supone un argumento esencial, añadido al de los recursos, para la necesaria reducción del consumo de combustibles fósiles.

La solución a la encrucijada energética se encuentra en una utilización eficiente de la energía y en la intensificación del I + D + i en todas las fuentes potenciales, particularmente las que tienen características de masivas. Según el “World Energy Outlook 2006” de la Agencia Internacional de la Energía, el aumento previsible del consumo, mas del 50 % para el año 2030, y la reducción de la aportación de los combustibles fósiles puede compensarse mediante: 1) una intensificación del ahorro energético en el uso, generación y transporte de energía, 2) un gran crecimiento en la utilización de fuentes renovables, que aun requieren de I + D y 3) un incremento en la generación electronuclear, ya operacional y tecnológicamente desarrollada pero no sostenible. El estudio presenta varios posibles escenarios, dependiendo del nivel de reducción de emisiones que se desee y considera también, como un potencial e importante ingrediente, la combustión de carbón con secuestro de CO<sub>2</sub>.

En consecuencia, hasta el año 2030 y a nivel mundial parece previsible un aumento significativo, aunque limitado, de la contribución electronuclear. En España se prevé, por razones varias, un estancamiento o una leve disminución en el porcentaje de su aportación al consumo eléctrico. Sin embargo, a largo plazo la energía nuclear ha de variar de concepto si se desea que sea sostenible, además de evitar o mitigar las causas de su rechazo social, opción realizable mediante el I + D. Procede también indicar que, a nuestro juicio, las otras fuentes energéticas que podrían ser masivas y sostenibles son la fusión nuclear a largo plazo, la energía solar y en menor medida, dados los recursos, la combustión de carbón con secuestro del CO<sub>2</sub>. Otras importantes fuentes como la eólica o la biomasa tienen ya y tendrán aun mas, aportaciones al consumo pero, a nuestro modo de ver, su contribución será mas modesta.

En España hay un amplio debate sobre la continuidad o no de la energía nuclear que, como antes se ha dicho, aporta un 20 % de la electricidad consumida en el País. En nuestra opinión se puede prescindir de ella pero inevitablemente se pagará un precio que afectará a la competitividad y al nivel de vida. Conviene recordar que España es, en materia de energía, muy dependiente de importaciones, que la mayor parte de las energías renovables aun no se han desarrollado de forma competitiva garantizando la

---

<sup>1</sup> En el caso de los combustible fósiles debido a la emisión de gases de efecto invernadero y en el caso de la energía nuclear por la acumulación de residuos radiactivos de larga vida y también, posiblemente en menor medida, por temor a los accidentes.

continuidad del suministro (aunque haya casos, como la eólica, que ha tenido un desarrollo espectacular), que nuestro País es muy poco ahorrador (el consumo eléctrico y el de energía primaria han crecido 70 % y 50 % respectivamente en los últimos diez años) y que han aumentado muy considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero (42 % en vez del 15% previsto en el protocolo de Kyoto cinco años del final de su periodo de vigencia). 20 % del consumo eléctrico no es mucho en términos de energía primaria (7 %) pero su sustitución puede ser onerosa en la actualidad, no tanto dentro de unos años cuando España esté más habituada al ahorro energético, varias potenciales fuentes renovables estén comercialmente operativas y la propia energía nuclear de fisión evolucione como es previsible.

Aunque quizás no sea la máxima preocupación ciudadana respecto de la energía nuclear hay muchos españoles que se preguntan sobre la seguridad del Parque Nuclear de nuestro País. La seguridad se consigue con un esfuerzo continuado en el mantenimiento de todos los componentes de las centrales, equipos del primario, vasija, refrigeración, equipos de control, etc..., así como con la formación continua del personal de operación y mantenimiento, dentro de una cultura de seguridad y garantía de calidad muy exigentes. El Parque Nuclear español ha adaptado los desarrollos de correspondientes al tipo de centrales en uso, la inversión en seguridad es del orden de 150 M€ por año y existe un Organismo cualificado e independiente (el Consejo de Seguridad Nuclear) que establece la normativa, inspecciona las centrales y está encargado de garantizar la seguridad nuclear, tal como sucede en muchos otros países desarrollados. Conviene indicar, sin embargo, que la próxima generación de centrales, que además de utilizar mucho más eficazmente el combustible previsiblemente incorporará la disminución drástica de los residuos de larga vida media, incluirá también sistemas que funcionen con seguridad intrínseca, no probabilística, condición muy importante para garantizar la sostenibilidad de la energía nuclear.

Las principales líneas de I + D + i de la energía nuclear de fisión afectan a: 1) la gestión de los residuos radiactivos, 2) la seguridad, 3) la sostenibilidad y, 4) el control de la proliferación.

En relación con los residuos conviene separarlos en dos categorías, de acuerdo con su duración y toxicidad, los de baja y media actividad y los de alta actividad. Hay ya una larga experiencia en la gestión de los primeros que provienen principalmente de las aplicaciones sociales de la energía nuclear, médicas, industriales, etc. La Empresa Nacional de Residuos (ENRESA) dispone de un almacenamiento emblemático en El Cabril, en donde los residuos son almacenados, perfectamente confinados, por los periodos de vida de dichos residuos (máximo de decena de años).

La gestión de los residuos de alta actividad, que tienen larga vida y toxicidad, no es única y la experiencia es, comparándola con su duración, muy corta. En general son residuos que se encuentran dentro del combustible, ya utilizado, de los reactores. El mismo combustible, en su integridad, puede ser considerado como residuo de alta aunque solo poco más del 1% de su contenido isotópico lo sea. Se ha estudiado y se siguen estudiando los llamados Almacenamientos Geológicos Profundos (AGP), que permitirían confinar los residuos durante un centenar de miles de años. Sin embargo, está cada vez más extendida la opción de almacenarlos transitoriamente mientras se desarrollan las tecnologías para su eliminación, conocidas como de "transmutación". ENRESA, siguiendo instrucciones del Gobierno, avaladas por una amplia mayoría parlamentaria, está

encargada de construir un ATC (Almacenamiento Temporal Centralizado) que mantendrá el combustible “gastado”, perfectamente confinado y seguro, durante mas de medio siglo. Durante este periodo, previsiblemente en la mitad del mismo es muy probable, casi cierto, que las tecnologías de transmutación estarán operativas. Dichas tecnologías permitirán la eliminación de al menos el 99 % de los residuos de alta que hay dentro del combustible (algo mas del 1 % del mismo). Esto supondrá que la cantidad de residuos a almacenar, considerando todo el combustible como tal, disminuirá en un factor de mas de 10000!. En estas condiciones lo que quedará para almacenamiento posterior es muy poco (en España, actualmente, en vez de 6000 t de combustible serían 600 Kg. que, solo a modo de indicación porque el almacenamiento es un asunto mas complejo, suponen menos de 100 litros de residuos). En consecuencia el I + D en la gestión de los residuos se concentra en determinar las características óptimas del ATC, en la transmutación y en terminar por definir las de un AGP que dependerán drásticamente del peso, volumen y otras propiedades de los residuos a almacenar.

A la seguridad ya se le ha dedicado una mención. Progresivamente se está tendiendo a que la mayor parte de los sistemas de los reactores, si no la totalidad, tengan seguridad intrínseca, de forma que los accidentes sean imposibles.

La sostenibilidad conlleva la utilización de la totalidad del uranio como combustible y no solo una fracción del isótopo 235, fracción que constituye el 0.5 % del uranio natural. Y no solo del uranio sino del torio, con lo que se asegurarían los recursos para decenas de miles de años. Esta condición conlleva desarrollar otro concepto de reactor, que utilizará neutrones rápidos en vez de térmicos, tal como funcionan los transmutadores. Los nuevos conceptos son objeto de I + D, previsiblemente estarán operativos en el 2040 y se conocen en la jerga nuclear como la Generación IV.

Por último, unas palabras respecto del control de la proliferación. Si no es necesario enriquecer en U-235 el uranio natural y si la reelaboración del combustible utiliza las tecnologías adecuadas para su eliminación, los riesgos disminuyen considerablemente, facilitando el trabajo del OIEA (Organización Internacional de la Energía Atómica), que es un Organismo de la Naciones Unidas encargado, entre otros importantes temas, de la vigilancia y control de la proliferación nuclear.