

Jorge Segrelles

Director Gerente de la Fundación Repsol YPF

La creciente preocupación en las economías de los países desarrollados por la dependencia energética, la seguridad de suministro, las previsiones de agotamiento de los combustibles fósiles, su encarecimiento, y el incesante crecimiento de las emisiones de CO₂ a nivel mundial, han hecho aparecer distintas propuestas en la Unión Europea (UE) y en Estados Unidos, que tienen en común una apuesta por la eficiencia energética, la investigación y el desarrollo de energías renovables y limpias y la utilización de la energía nuclear, si bien la UE deja a los países miembros la tarea de elegir su mix energético.

Los últimos estudios de la Agencia Internacional de la Energía (AIE, *World Energy Outlook*, 2006) prevén un crecimiento a nivel mundial de la potencia instalada de energía nuclear para el año 2030 desde los 368 GW (*gigawatt*) de 2005 a 416 GW en el escenario de referencia, o hasta 519 GW en un escenario de política energética alternativa. En un escenario optimista de avance tecnológico, según la AIE, la generación eléctrica nuclear en el año 2050 duplicaría la actual. El manejo de residuos y la posible proliferación de armas nucleares son los principales obstáculos. La fusión nuclear en los escenarios más optimistas no será viable antes de 2050.

El debate internacional sobre la energía nuclear está abierto. En algunos países de la UE se está considerando la posibilidad de un cambio en la política energética. En el caso de España se abrió una "Mesa de Diálogo". En Estados Unidos se lanzó la "*Global Nuclear Energy Partnership*". Se pide el refuerzo de la autoridad de la Agencia Internacional de la Energía Atómica (AIEA). Mientras, países como Corea del Norte e Irán pueden pasar a incrementar el número de países con armas nucleares y, recientemente, seis países árabes han mostrado su intención de construir centrales nucleares para usos civiles.

La expansión del uso pacífico de la energía nuclear es inevitable y hay que dirigir los esfuerzos a acuerdos y pactos que garanticen este uso pacífico.

El futuro de la energía

En los últimos años, con el encarecimiento del petróleo crudo, las tensiones geopolíticas y la concienciación del efecto del CO₂ sobre el cambio climático, las economías desarrolladas han mostrado una creciente

preocupación por la sostenibilidad y la seguridad de suministro de sus sistemas energéticos.

Las predicciones de un rápido descenso en las reservas de crudo fijando su agotamiento según las teorías del “pico de producción” de Hubbert para la próxima década (hoy puestas en duda por los descubrimientos en el Golfo de Méjico), la preocupación por el retraso en las reducciones previstas de emisión de gases de efecto invernadero con el previsible efecto sobre el cambio climático y la, cada vez mayor, dependencia energética de países terceros con situaciones políticas inestables como algunos de Latinoamérica y Oriente Medio para el suministro de crudo fueron el motor de la revisión de las políticas energéticas. Dicha revisión se inició con la Ley de Energía de Estados Unidos y la “*Advanced Energy Initiative*” de Bush, a la vez que se lanzó en la Unión Europea el “Libro Verde: Una Estrategia Europea para una Energía Sostenible, Competitiva y Segura”.

Ambas estrategias tienen puntos comunes:

- La eficiencia en el uso de la energía
- El uso de energías renovables eólica, solar o biocombustibles
- La incentivación de la investigación para desarrollo de tecnologías limpias (sin emisión de CO₂)
- El uso de la energía nuclear. Así como Estados Unidos apuesta por el uso de esta energía, con propuestas claras como la GNEP (*Global Nuclear Energy Partnership*), la UE se limita a recomendar un debate sobre la energía nuclear, dejando que cada estado escoja su mix energético teniendo en cuenta los criterios de sostenibilidad y seguridad de suministro.

En este contexto, la Agencia Internacional de la Energía ha publicado recientemente su estudio anual sobre las previsiones a largo plazo del sector energético (*World Energy Outlook, 2006*). Presenta dos escenarios, uno de referencia, sin cambio en las políticas energéticas, y otro alternativo con la implantación de políticas que estimulen la eficiencia energética, la reducción de emisiones de CO₂ y la seguridad de suministro.

En el escenario de referencia, la demanda mundial de energía primaria crece más del 50% entre 2004 y 2030. Crecen todos los tipos de energía, pero el que más crece en términos absolutos es el carbón. Como consecuencia, las emisiones de CO₂ crecen un 55% en dicho período, debido fundamentalmente a nuevos proyectos de generación eléctrica con carbón en India y China. La potencia instalada de generación eléctrica nuclear crece sólo un 13%, pasando de 368GW a 416GW. En este escenario, la seguridad del suministro de crudo y gas se ve amenazada debido a una disminución de la producción en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Los incrementos de demanda de petróleo se deben cubrir con mayor producción por parte de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) y los de gas por Rusia y países de Latinoamérica, África y Oriente Medio. No se consigue tampoco reducir las emisiones de CO₂.

El escenario alternativo contempla una serie de políticas energéticas entre las cuales resumimos a continuación las más importantes por su efecto sobre el consumo de energía mundial:

- Eficiencia energética: Reducción de consumo por kilómetro en los vehículos en la OCDE, aumento de la eficiencia en el consumo del sector residencial y comercial en la OCDE y China y aumento de la eficiencia en las plantas de generación eléctrica con carbón en China.
- Aumento del uso de energías renovables en general.
- Extensión de la vida útil de las plantas nucleares en la UE y Estados Unidos y mayor peso de la energía nuclear en China e India.

Con la implantación de estas políticas, el escenario alternativo refleja un consumo de energía primaria en 2030 un 10% inferior al del escenario de referencia. Los combustibles fósiles pasan del 81% de la demanda total en el escenario de referencia al 77%, cifra aún muy significativa. Los mayores descensos respecto al escenario de referencia se producen en el carbón, seguidos en este orden por el petróleo y el gas. El mayor incremento en valores absolutos entre ambos escenarios se produce en la energía nuclear que pasa de 416GW a 519 GW. El peso relativo de este tipo de energía es un 7% del total de la demanda. Las energías renovables aportan un 16%. Las emisiones de CO₂ se reducen un 16% sobre el escenario de referencia; el 78% de esta reducción se debe a medidas de eficiencia, el 12% al mayor uso de energías renovables y un 10% al mayor peso de la energía nuclear.

La Agencia Internacional de la Energía preparó también este año un estudio sobre las perspectivas de la Tecnología de la Energía en 2050 como respuesta a una solicitud del G-8. En el escenario más optimista sobre los avances tecnológicos, los combustibles fósiles serán en 2050 el 58% del total, con un descenso del uso del carbón y el petróleo y un incremento del gas; la energía nuclear supondrá un 12% de la demanda y un 30% las energías renovables. La capacidad instalada de generación de energía nuclear se duplica sobre la actual, lo que supone en realidad una renovación del parque con centrales de Generación III+ y Generación IV, de mayor eficiencia.

La energía nuclear

Las dudas sobre la seguridad de suministro, precios de los combustibles fósiles e imposibilidad de reducir las emisiones de CO₂ han puesto de nuevo sobre la mesa la discusión sobre el papel que la energía nuclear debe jugar en el mix energético. Como hemos visto, la eficiencia energética y las energías renovables tendrán un papel cada vez más importante. También la energía nuclear, pero no todos los países contemplan de igual forma este tipo de energía, ya que muchas veces el rechazo social (seguridad, residuos, proliferación) es mayor que las ventajas técnicas y económicas.

Las principales ventajas de la energía nuclear son:

- No emisión de CO₂ ni de otros contaminantes atmosféricos, como SO₂, NO_x o partículas.
- Reducción de la dependencia de importación de gas. Hay reservas suficientes de uranio distribuidas por todo el mundo.
- Estabilidad de costes de producción, ya que el coste del combustible representa sólo un 15% del total, incluido el tratamiento.

Como inconvenientes podemos citar:

- Alto coste de inversión y largos períodos de maduración de un proyecto (entre diez y quince años).
- Rechazo social por la seguridad del emplazamiento (incrementado por la posibilidad de actos terroristas) y por el manejo de residuos.
- Preocupación internacional por la proliferación.

En 2005 estaban instalados un total de 443 reactores nucleares para la generación de electricidad, con una potencia neta de 368 GW y que producen un 15% de la electricidad generada a nivel mundial. 351 están en la OCDE (Estados Unidos, Francia, Japón, Reino Unido, Corea, Canadá y Alemania son los países con más capacidad instalada: 297 reactores en total), 54 en las economías de transición (Rusia, Ucrania y otros países de la antigua Comunidad de Estados Independientes –CEI-) y 38 en países en desarrollo (principalmente China e India). Además hay 284 reactores de investigación en 56 países y 220 reactores que mueven naves militares. En la actualidad, de toda la energía eléctrica generada en el mundo, un 15% es de origen nuclear, pero con una gran diferencia entre países. Así en la Unión Europea el 31% de la electricidad se produce en centrales nucleares, pero con enormes diferencias (Francia con un 79 %, Alemania con un 26%, España con un 20 %, Holanda con un 4 % y países como Austria, Dinamarca e Irlanda que prohíben el uso de la energía nuclear para generar electricidad). En los países emergentes como China, India y Brasil, sólo se produce algo más del 2% de la energía eléctrica en centrales nucleares.

Sólo cinco países de la OCDE han tomado medidas para la construcción de nuevas plantas: Finlandia, Francia, Japón, República de Corea y Estados Unidos. Siete países tienen restricciones legales para la construcción de nuevas plantas: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Dinamarca, Irlanda y Suecia. El resto de países no tienen definido aún un plan concreto o están discutiendo el papel de la energía nuclear, como ha sido el caso de España, que realizó recientemente una “Mesa de Diálogo sobre la evolución de la energía nuclear en España” que propone un debate de dos o tres años de duración para definir una matriz sostenible de energía primaria con un horizonte temporal hasta 2020-2030, pero que mantiene el plan de cierre de centrales previsto.

Tecnología nuclear y proliferación

Sin entrar en detalles excesivamente técnicos, podemos dividir los reactores nucleares actuales de fisión en tres categorías:

- Reactores térmicos abiertos (*Once through*) que utilizan uranio enriquecido y el combustible usado se desecha (son la mayoría de los existentes).
- Reactores térmicos con reprocesamiento (Ciclo cerrado) en los que se separa el plutonio del combustible irradiado mediante un proceso llamado PUREX/MOX, se recicla al reactor el combustible no utilizado y se desechan otros productos de la fisión.
- Reactores Rápidos que usan óxidos de uranio y plutonio como combustible.

Los llamados Reactores de IV Generación actualmente en desarrollo son variantes de estos tipos de reactores en los que se desarrollan nuevas posibilidades de refrigeración de los reactores por metales fundidos, gas, agua a presión supercrítica y se incrementan las temperaturas de trabajo con nuevos materiales. Todo ello lleva a mayores eficiencias (y menos residuos). Estarán disponibles a partir de 2030.

El Ciclo del Combustible Nuclear, que va desde el enriquecimiento del mineral de uranio hasta su reciclado y posterior tratamiento y almacenamiento de los residuos radiactivos, tiene una gran importancia desde el punto de vista del riesgo de proliferación. El reprocesado de combustible con separación del plutonio (PUREX/MOX) que actualmente se utiliza en Europa y Japón es el que mayor riesgo representa para la proliferación nuclear. Actualmente puede haber unas 250 toneladas de plutonio separado a nivel mundial (Con 8 kilogramos de plutonio o 25 de uranio es suficiente para fabricar una bomba según la AIEA).

Según un estudio interdisciplinar del Massachusetts Institute of Technology (MIT) "*The future of Nuclear Power*", una forma de evitar la acumulación de plutonio como residuo del combustible usado sería una combinación equilibrada de reactores térmicos abiertos, distribuidos por todo el mundo, y un número equilibrado de reactores rápidos situados en parques nucleares seguros en países industrializados que reprocesen el combustible usado por los reactores térmicos y eliminen el plutonio separado. En este sentido va la propuesta GNEP (*Global Nuclear Energy Partnership*) de Estados Unidos: Habría suministradores de combustible que operan plantas nucleares avanzadas e instalaciones de ciclo de combustible, minimizando los residuos y habría usuarios de combustible nuclear, que son los operadores del reactor y reciben el combustible, lo usan y lo devuelven al suministrador para su reprocesamiento y almacenamiento final. De esta forma, se puede expandir el uso de la energía nuclear sin incrementar el riesgo de proliferación.

El GIF (*Generation IV International Forum*) constituido por diez países tiene por objeto desarrollar la tecnología de las futuras plantas de energía nuclear, llamadas de IV Generación, que estarán disponibles a partir de 2030. Uno de los objetivos de la IV Generación es que sus sistemas sean "resistentes a la proliferación", es decir, que sean un camino poco atractivo y el menos deseable para obtener materiales utilizables en armamento nuclear.

Los reactores de fusión, cuyo desarrollo no se espera para antes de 2050, serían la respuesta limpia de la energía nuclear, sin residuos ni riesgos de proliferación nuclear. El Programa ITER para la construcción de un reactor experimental de fusión en Francia tardará diez años en construirse y necesitará 25 años de operación como mínimo antes de que pueda construirse un prototipo industrial. Por tanto, no estará disponible esta tecnología hasta la segunda mitad del siglo XXI.

Más allá de la tecnología

Aunque es cierto que la expansión de la energía nuclear para usos civiles podría incrementar el riesgo de proliferación, en la actualidad no existen barreras tecnológicas para fabricar reactores experimentales e instalaciones

que permitan el enriquecimiento de uranio. Por otra parte, el Tratado sobre la No Proliferación de Armas Nucleares (TNP) reconoce el derecho de cualquier país signatario a investigar, producir y usar la energía nuclear para fines pacíficos. Los Acuerdos de Salvaguardia de la AIEA con los países firmantes del Tratado de No Proliferación no son siempre suficientes para garantizar el uso pacífico de la energía nuclear. En el caso de Irán, como ha manifestado Mohamed ElBaradei en noviembre de 2006 en la reunión de Gobernadores de la AIEA en Viena, la Agencia necesita medidas de transparencia que van más allá de los requerimientos legales del Acuerdo de Salvaguardia para asegurar la naturaleza pacífica de la actividad nuclear de Irán.

Además, según la AIEA, recientemente, seis países árabes (Argelia, Arabia Saudí, Egipto, los Emiratos Árabes Unidos y Túnez) han mostrado su intención de construir centrales nucleares para generación de energía eléctrica para plantas de desalinización. Según los expertos en proliferación, este anuncio, de alguna manera, es consecuencia de la posición de Irán. Ya en su libro "*Getting ready for a nuclear-ready Iran*" publicado por el Instituto de Estudios Estratégicos del Ejército de Estados Unidos, Henry Sokolski y Patrick Clawson preveían la posibilidad de que países vecinos como Arabia Saudí, Egipto y Argelia, siguieran el ejemplo de Irán. Si en algún momento Irán dispusiese de armamento nuclear, podría desencadenar una carrera nuclear en el Norte de África y la Península de Arabia.

Será necesario reforzar el papel de la AIEA para supervisar esta expansión de la energía nuclear y vigilar el cumplimiento del Tratado de No Proliferación. Nuevas herramientas, como el tratado para prohibir la fabricación de material fisible (FMCT), en negociaciones desde hace tiempo, serían útiles para evitar la proliferación. También será necesario un gran esfuerzo diplomático para implantar iniciativas como la GNEP que de alguna forma limitan las competencias de los países usuarios frente a los países suministradores.

Podemos concluir que es inevitable (y necesaria) la expansión del uso de la energía nuclear para usos pacíficos, especialmente en los países en desarrollo, y que hay que dirigir los esfuerzos a conseguir acuerdos y pactos que garanticen que las tecnologías disponibles ahora y en las próximas décadas se utilicen de forma adecuada.

Referencias bibliográficas

DEUTCH, John y MONIZ, Ernest, *The Future of Nuclear Power*, Estudio Interdisciplinar del Massachusetts Institute of Technology (MIT) , Cambridge MA, 2003.

EUROPEAN COMMISSION, "*A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy*", Green Paper, Marzo 2006.

GNEP U.S. DOE 2006, *The Global Nuclear Energy Partnership (GNEP) Presentation*, Available from: <http://www.gnep.energy.gov>

OECD/INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, *World Energy Outlook 2006*.

OECD/INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, *Energy Technology Perspectives 2006, In support of the G8 Plan of Action.* "Quantifying energy". BP statistical Review of World Energy, June 2006.

SOKOLSKI, Henry y CLAWSON, Patrick, *Getting ready for a nuclear-ready Iran*, Strategic Studies Institute of the U.S. Army, 2005.

THE WHITE HOUSE NATIONAL ECONOMIC COUNCIL, "*Advanced energy Initiative* ", Febrero 2006.

U.S. D.O.E. and GIF, *A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems*, Diciembre 2002.