



¿Qué papel debe jugar la energía nuclear en el futuro mix energético español?

Noviembre, 2008

¿Qué Papel debe Jugar la Energía Nuclear en el Futuro Mix Energético Español?

1) *Introducción*

Los precios alcanzados por el petróleo en 2008, con máximos por encima de 140\$ el barril¹, el consenso internacional acerca de que los gases de efecto invernadero (GEI), especialmente el CO₂, están causando el cambio climático, así como la alta dependencia energética de España (85%, frente a la dependencia energética media de la UE que se sitúa en el entorno del 50%), han revitalizado el interés por identificar fuentes de energía capaces de asegurar un suministro competitivo, no emisor de GEI y que reduzca nuestra elevada dependencia energética².

Este interés ha reactivado un viejo y persistente debate: La idoneidad o conveniencia de la energía nuclear a la hora de dar una respuesta a los retos identificados, en la medida en que la energía nuclear (a) tiene unos costes bajos de operación y mantenimiento, (b) emite muy poco CO₂ a lo largo de su vida útil, muy por debajo del resto de tecnologías de generación no intermitentes (ver página 13) y (c) contribuye a aumentar la independencia energética.

2) *“Economics” de la generación eléctrica de origen nuclear*

Para poder establecer si el coste de la generación eléctrica de origen nuclear es más competitivo que el del resto de tecnologías es necesario especificar con precisión las condiciones de contorno. La generación eléctrica de origen nuclear es la que incurre en mayores costes fijos y en menores costes variables (que incluyen operación y mantenimiento y coste del combustible) de todas las tecnologías capaces de aportar energía de base. Por ello, el análisis de económico de dicha tecnología depende de manera crítica de si sus costes fijos se encuentran parcial o completamente amortizados.

Esta cuestión es clave a la hora de examinar la idoneidad de la generación eléctrica de origen nuclear en un país como España en el que las decisiones de política energética en relación a dicha fuente de energía pueden acotarse a las siguientes posibilidades: (1) Construcción de nuevas centrales nucleares, (2) alargamiento de la vida útil del parque

¹ El 3 de julio de 2008, el barril de Brent alcanzó los 144,2 \$/ barril.

² En palabras de D. Luis Atienza, ex Ministro de Industria y actual presidente de REE, la política energética consiste en el arbitrio entre tres objetivos: Seguridad de suministro, coste y medioambiente.

nuclear en 10-20 años hasta los 50-60 años y (3) cierre del parque nuclear al final de su vida útil, considerada ésta como de 40 años³.

A juicio de quienes esto escriben, resulta necesario separar la cuestión de la construcción de nuevas centrales nucleares de la cuestión de si conviene alargar la vida útil del parque nuclear español. Al fin y al cabo, la construcción de nuevas centrales nucleares requiere de enormes inversiones, con un elevado grado de incertidumbre tanto en su cuantía final como en la fecha de su hipotética entrada en producción. Por el contrario, el alargamiento de la vida útil es una decisión que probablemente no requeriría de grandes inversiones adicionales y que tendría una alta previsibilidad en cuanto a su entrada en producción.

En relación a la construcción de nuevas centrales nucleares, la inversión necesaria por kW de potencia instalada nuclear depende de manera crítica del tiempo de construcción y del escalado de los costes reales la misma (que incluyen tanto la evolución de los tipos de interés como la evolución de la inflación en los precios de los componentes y materia primas necesarios).

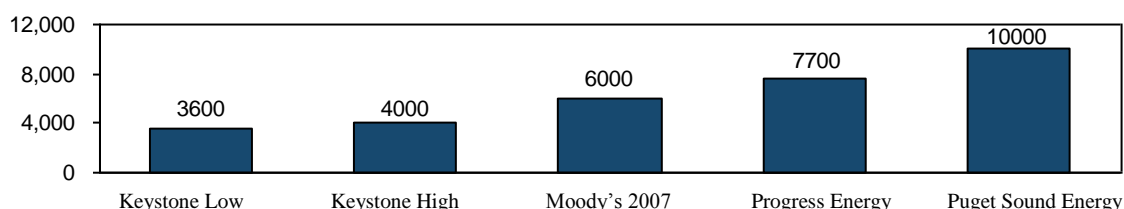
Otra aspecto relevante consiste en las ingentes necesidades de financiación que plantea un proyecto como es la construcción de una nueva central nuclear. Sin entrar en consideraciones coyunturales acerca de la disponibilidad de crédito, la capacidad de endeudamiento dependerá principalmente de los previsibles flujos de caja libres del promotor, el mix deuda / recursos propios así como de la estabilidad del marco regulatorio aplicable durante la vida útil de la inversión. No obstante, debe notarse que, históricamente, la decisión de construir centrales nucleares también ha sido una decisión política que ha garantizado, ex-ante o ex-post, un retorno razonable sobre las inversiones realizadas; esto ha mitigado significativamente los riesgos asumidos por promotores y financiadores, mediante la transferencia de estos riesgos a los consumidores y/o a los contribuyentes.

Las estimaciones de las inversiones necesarias para construir nueva capacidad de generación nuclear varían significativamente según las fuentes que se examinen. Según el “*Nuclear Power Joint Fact-Finding*” publicado por Keystone Center, la inversión necesaria por kW de potencia instalada nuclear se sitúa en un rango entre \$3.600 y \$4.000. Estas estimaciones han sido superadas en fechas recientes, llegando a alcanzar los \$10.000 por kW (ver figura 2.1). Esta disparidad pone de manifiesto la dificultad a la hora de

³ No existe una definición legal de la vida útil, sin embargo existe la convención de considerar ésta como un período de cuarenta años

estimar los costes de construcción de una central nuclear. A modo de ejemplo, el presupuesto de la central nuclear que la francesa Areva está construyendo en Olkiluoto (Finlandia), se ha desviado más de un 50% sobre el presupuesto inicial; además, lleva al menos tres años de retraso con respecto a la fecha de puesta en operación inicialmente acordada⁴.

Figura 2.1: Estimaciones de coste de nueva capacidad nuclear por kW de potencia instalada



Fuente: http://www.americanprogressaction.org/issues/2008/pdf/romm_testimony.pdf

Lo que ocurre es que los modelos que se usan para estimar las inversiones requeridas por kW de potencia nuclear instalada son muy sensibles a las variaciones de las variables que les sirven como *input*, entre las que destacan, por su mayor impacto en dicha estimación: (1) el factor de descuento, (2) el factor de utilización y (3) la vida útil considerada.

A juicio de los autores, la elevada incertidumbre acerca del verdadero coste de construir una central nuclear de nueva planta obliga a adoptar una actitud de cautela y conlleva posponer la decisión de impulsar o no la construcción de nuevas centrales nucleares en España; al menos hasta que dicho coste pueda ser estimado con mayor precisión y con un riesgo de desvíos en plazo y presupuesto mucho más acotado.

En otro plano del debate se encuentra la conveniencia o no del alargamiento de la vida útil de las centrales nucleares. Debe notarse que las centrales nucleares actualmente en operación en España son un coste hundido que se puede considerar mayoritariamente amortizado⁵.

El hipotético cierre del parque nuclear español tras una vida útil de 40 años implicaría la necesidad de reponer la capacidad nuclear cesante para restituir el índice cobertura⁶ en el nivel recomendado por el operador del sistema (Red Eléctrica de España), que es 1,1.

⁴ Ver http://www.ft.com/cms/s/0/a144c686-9b9d-11dd-ae76-000077b07658.html?nclick_check=1 para más detalle

⁵ Este punto es polémico ya que las propietarias de las centrales con derecho a percepción de CTCs no están de acuerdo con la CNE en cuanto a que dichas instalaciones hayan sido amortizadas completamente

⁶ Ratio entre la potencia disponible en punta y la máxima potencia horaria demandada por el sistema en un año

Asumiendo que la capacidad instalada nuclear se sustituyera por centrales de ciclo combinado (CCCs), el coste de dicha sustitución rondaría los € 4.500 Mn⁷. A este coste habría que sumarle al menos dos conceptos de sobrecoste adicionales: (1) El sobrecoste por mayores costes de aprovisionamiento de materias primas energéticas por sustituir combustible nuclear (uranio) por gas y (2) el coste de los derechos de emisión necesarios por sustituir la energía nuclear, que no emite CO₂, por CCCs, que queman gas y que sí emiten CO₂.

Para ilustrar las magnitudes de las que estamos hablando, consideremos la central nuclear de Santa María de Garoña, cuya vida útil alcanzará los 40 años en 2011. El no alargamiento de su vida útil por 10 años y la sustitución de la energía que esta central genera por energía proveniente de CCCs implicaría unos sobrecostes (1) por mayores costes de aprovisionamiento de materias primas energéticas superiores a los € 160 Mn anuales, y (2) por la compra de derechos de emisión por un importe anual de casi € 40 Mn⁸. En concreto, el cierre de esta central supondría un sobrecoste que rondaría los € 200 Mn anuales incurridos durante el período en el que dicho alargamiento hubiera podido haberse autorizado. En el caso de considerar la posibilidad de un alargamiento decenal de su vida útil, el coste total del no alargamiento rondaría los € 2.000 Mn.

Si consideramos el parque nuclear en su conjunto, el alargamiento de su vida útil por 10 años evitaría unos sobrecostes por aprovisionamiento de materias primas energéticas en torno a los € 26.500 Mn⁹; a este coste habría que sumarle el sobrecoste por la compra de derechos de emisión por un importe anual de aproximadamente € 6.300 Mn, por lo que el cierre del parque nuclear implicaría unos costes en torno a los € 33.000 Mn, durante el período en el que dicho alargamiento hubiera podido haberse autorizado.

Terminamos esta sección con dos apuntes de contenido macroeconómico. El cierre del parque nuclear agravaría significativamente el déficit comercial español al tener que incrementar las importaciones de gas durante el tiempo en que la vida útil de dicho parque hubiera podido ser alargada. Esto, a su vez, incrementaría la necesidad de financiar dicho déficit vía superávit de la balanza por cuenta corriente en un momento especialmente

⁷ Asumiendo los siguientes factores en punta (FP): FP Nuclear = 91%, FP CCCs = 92%, coste estimado por MW instalado para CCCs = € 0.6 Mn

⁸ Hipótesis: Coste unitario combustible nuclear = 5.800 €/GWh (fuente ENUSA); precio medio spot del gas en 2008 = 24.100€/GWh; rendimiento de las CCCs = 50%; emisiones CO₂ CCCs por GWh = 400 Tm; coste derecho de emisión €25 por Tm

⁹ Hipótesis: 1) Factores de utilización de las CCCs y de las centrales nucleares iguales a la media del período 2000-2007; 2) asumiendo un precio del gas a lo largo del hipotético período de alargamiento igual a la media del precio spot en 2008; 3) a precios constantes 2008 sin considerar inflación

difícil dado el contexto macroeconómico internacional; por tanto, parece razonable posponer la sustitución del parque nuclear por CCCs tanto como sea posible y así diferir los efectos que dicha sustitución tendría sobre el déficit comercial¹⁰. Por otro lado, el agotamiento del modelo de crecimiento español basado en el “ladrillo”, invita a considerar la posibilidad de promover la construcción de nuevas centrales nucleares como un medio para desarrollar un nuevo puntal de crecimiento que permita la transición hacia un modelo de crecimiento especializado en actividades de mayor valor añadido.

3) Dependencia Energética

La dependencia energética es un concepto amplio y pocas veces definido. La definición comúnmente aceptada consiste en el ratio entre el volumen de materias primas energéticas importadas y el total de materias primas energéticas consumidas en un período de tiempo. Sin embargo, esta definición no captura las importantes diferencias que hay entre importar materias primas energéticas de, por ejemplo, un país socio de la UE o importar gas de Argelia. Ambas son consideradas importaciones y por tanto contribuyen a aumentar la dependencia energética si consideramos esta definición. Sin embargo, parece poco razonable juzgar la bondad de dicho ratio sólo en términos cuantitativos, sin considerar la afinidad o la fiabilidad de las geografías de importación de dichos recursos.

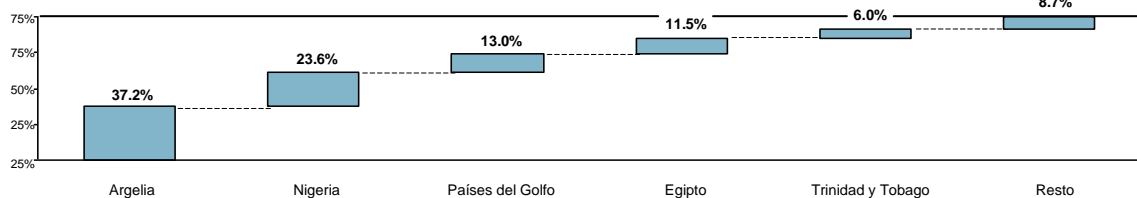
Una elevada dependencia no es necesariamente un objetivo indeseable. Al contrario, el establecimiento de una arquitectura de interdependencias entre la producción y el abastecimiento de materias primas básicas para la industria entre los países firmantes de la CECA¹¹, fue una decisión política cuyo objetivo fue reforzar los vínculos económicos de los países signatarios mediante el establecimiento de una “unidad de destino común”. El aseguramiento de la prosperidad colectiva se convertía así en una condición necesaria para la consecución de la prosperidad individual de los países firmantes del tratado. 50 años después, pocos dudan del éxito económico de lo que entonces fue una decisión política, aunque ello haya implicado la necesaria cesión de soberanía para poder arbitrar entre los objetivos colectivos y los objetivos individuales de los países pertenecientes a la UE.

¹⁰ El déficit comercial español alcanzó los € 98.000 Mn en 2007, de los que aproximadamente € 33.000 tuvieron como causa la importación de materias primas energéticas

¹¹ Comunidad Europea del Carbón y del Acero. Su constitución se estableció oficialmente por el Tratado de París, firmado el 18 de abril de 1951, y se hizo efectiva el 10 de agosto de 1952. Los países signatarios eran Bélgica, Francia, Alemania, Luxemburgo, Italia y los Países Bajos

Sin embargo, la actual dependencia energética de España no puede entenderse como una situación deseable. España no importa la mayoría de sus necesidades de materias primas energéticas de sus socios de la Unión Europea, sino de países del Magreb, de países de Oriente Medio y de países Africanos (ver figura 3.1).

Figura 3.1 Aprovevisionamientos de Gas Natural en España (2007)



Fuente: Sedigas

El 54% de las reservas mundiales de uranio se encuentran en países muy fiables, como Australia, Canadá, EE.UU., Sudáfrica y Brasil¹², mientras Rusia, Irán, Qatar y Arabia Saudita acumulan el 75% de las reservas mundiales de gas. Dada la distribución geográfica de las reservas de una y otra materia prima, parece razonable pensar que la dependencia del gas resulta mucho más preocupante que la dependencia del uranio. Sirva de ejemplo el uso político que Rusia ha hecho de su aprovisionamiento de gas a Ucrania y a Europa¹³.

Es importante notar que la energía nuclear es la fuente de generación, renovables aparte, que tiene un coste variable menos sensible a las fluctuaciones del coste del combustible, ya que el uranio representa menos del 15% del coste variable de la generación eléctrica de origen nuclear; en claro contraste, en las centrales de carbón o en las CCCs el coste del combustible representa el 78% y el 94%¹⁴ respectivamente, lo que refuerza el argumento de que la energía nuclear aumenta la seguridad de suministro en lo que respecta a la estabilidad de los precios de generación.

La dependencia energética no es una reflexión accesoria o una cuestión trivial. Sus efectos pueden afectar de manera decisiva a la competitividad de todos los sectores de actividad económica, especialmente a aquellos para los que la energía resulta un *input* clave, por el porcentaje que la factura energética representa sobre sus costes totales. Además, existe un claro riesgo de que los países productores de materias primas energéticas pretendan atraer

¹² Fuente: UcX consulting

¹³ Ver

http://www.elpais.com/articulo/economia/guerra/gas/Rusia/Ucrania/amenaza/Europa/elpepueco/20080304elpepueco_14/Tes para mayor detalle

¹⁴ Ver fuente: Global Energy Decisions para mayor detalle

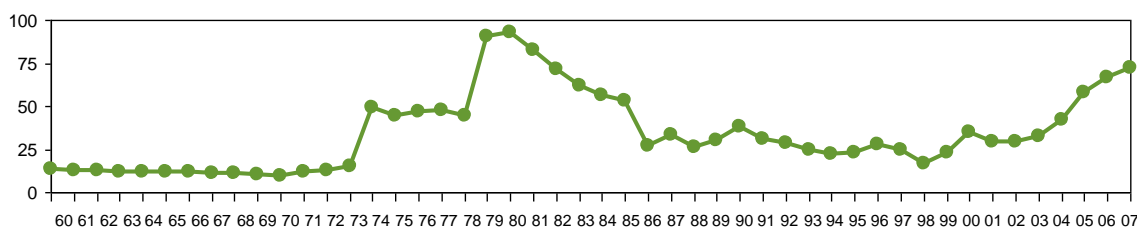
a las empresas cuya deslocalización ellos mismos promuevan a través de una política de precios discriminatoria.

A nuestro juicio, la cuestión de la dependencia energética trasciende el ámbito estrictamente nacional. Coincidimos con aquellos que reclaman la definición de una política energética europea integrada como una de las prioridades que la UE debería abordar. Mientras esto ocurre, sería conveniente que el Ejecutivo Español apoyara de manera decidida todas las iniciativas que nos permitan, si no reducir nuestra dependencia energética del exterior, sí al menos no intensificarla, priorizando aquellas iniciativas cuyo coste de activación resulte más económico, como el alargamiento de la vida útil del parque nuclear español.

4) Cuellos de botella de la industria nuclear

La evolución histórica de la industria nuclear ha estado llena de altibajos, experimentando décadas de rápida expansión (1970s y 1980s) y décadas de declive (1900s y 2000s). El largo período de estabilidad de precios bajos del petróleo experimentado entre 1985 y 2000 (ver Figura 4.1), así como los accidentes de Three Mile Island (1979) y de Chernóbil (1986), “hirieron de muerte” el desarrollo de la industria nuclear propiciando su consideración como una energía cara y peligrosa.

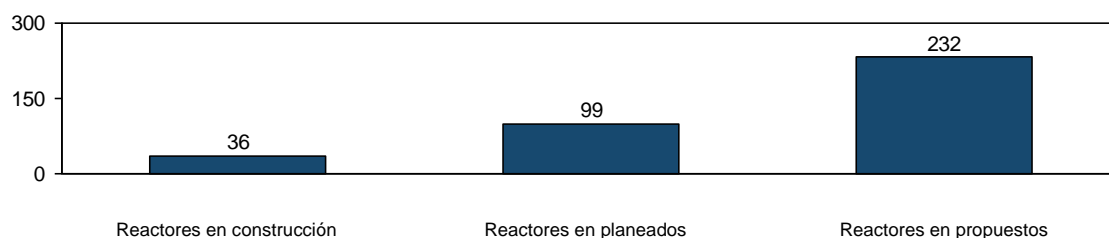
Figura 4.1: Precios del Petróleo a Precios constantes \$ 2007



Fuente <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

No obstante, los altos precios alcanzados por las materias primas en los últimos tiempos y la percepción por parte de la opinión pública de que el cambio climático es un riesgo de orden mayor que los riesgos asociados a la generación eléctrica de origen nuclear, han promovido un intenso debate sobre la conveniencia de su relanzamiento. Este debate se ha visto acompañado de agresivos planes y anuncios de construcción de nuevas centrales nucleares en todo el mundo (ver Figura 4.2)

Figura 4.2: Reactores nucleares en construcción, planeados y propuestos en el mundo



Fuente <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

La energía eléctrica de origen nuclear ha sido posicionada como una de las alternativas clave que es necesario activar para conseguir estabilizar las emisiones de CO₂ de aquí a 2050. En su celebrado ensayo¹⁵, los profesores de Princeton Stephen Pacala y Robert Socolow plantean un escenario de expansión de la capacidad instalada nuclear, como una de las acciones potenciales para combatir el cambio climático. Este escenario incrementaría en 700 GWe netos la potencia nuclear instalada en el mundo en los próximos 50 años, lo que implicaría un ritmo de construcción anual de 21,4 GWe de potencial nuclear instalada de aquí a 2050, superando el mayor incremento de capacidad nuclear experimentado en la historia (20 GWe/año durante la década de 1980-1990).

La perspectiva de un “relanzamiento nuclear” de esta magnitud ha puesto en evidencia restricciones en la cadena de valor de la producción de centrales nucleares que podrían limitar una expansión de tal escala. En concreto, el Keystone Center¹⁶ estima que sería necesario construir entre 11 y 22 plantas adicionales de enriquecimiento de uranio (actualmente existen 17), 18 plantas adicionales para fabricar combustible nuclear (comparado con las 24 operativas actualmente) y 10 centros de almacenamiento de residuos del tamaño del de Yucca Mountain para satisfacer las necesidades de combustible y de gestión de residuos que este supuesto “renacer” nuclear plantearía.

Otro cuello de botella crítico lo constituyen los proveedores de grandes forjas para la elaboración de las vasijas de los reactores nucleares; según esta misma fuente, a día de hoy sólo existen dos proveedores con capacidad para suministrarlas: La japonesa Japan Steel Works y la francesa Creusot Forge, y su capacidad de abastecimiento es insuficiente para plantear un escenario tan expansivo como el propuesto por Pacala y Socolow. Aunque hoy por hoy la mayoría de los productores de dichas forjas para vasijas tienen planes de

¹⁵ Pacala and Socolow, “Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies,” *Science*, 13, August 2004, Vol. 305, No. 5686, pp. 968-972

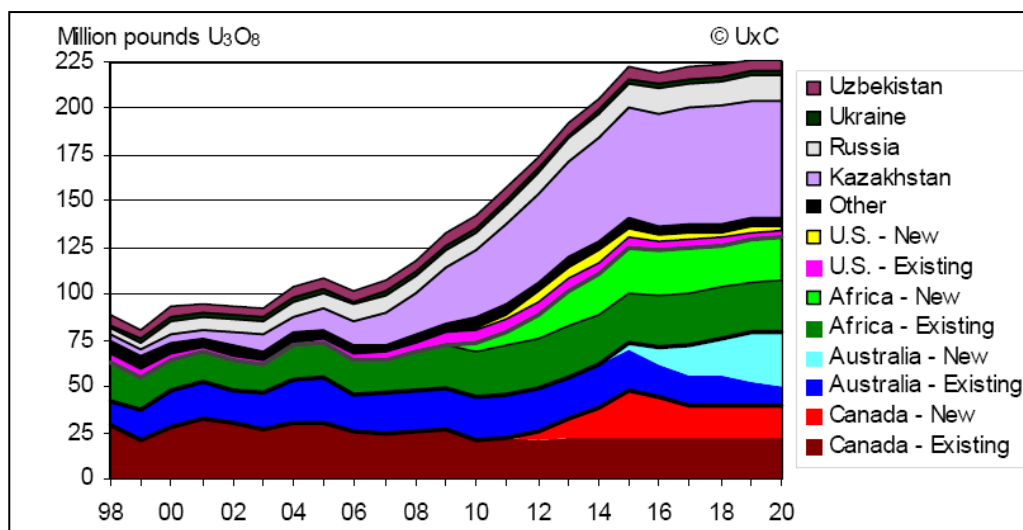
¹⁶ “Nuclear Power Joint Fact-Finding” publicado por Keystone Center

expansión de su capacidad de producción, es incierto qué nivel de producción va a ser posible y cuándo.

Finalmente, existe una restricción aún más fundamental: el volumen de reservas de uranio recuperables para poder fabricar combustible nuclear. Aunque existen prometedoras trayectorias tecnológicas que permiten pensar en un futuro nuclear no dependiente de las reservas de uranio, i.e. el Torio o la generación eléctrica nuclear de ciclo cerrado como los *fast breeder reactors*, a día de hoy el uranio sigue siendo un *input* crítico sin posibles sustitutos en el corto plazo. Dadas las reservas probadas y probables de Uranio al nivel global¹⁷, el escenario planteado por Pacala y Socolow implicaría el agotamiento de las reservas de uranio probadas en 2050 y de las reservas probadas y probables en 2102¹⁸.

No obstante, debe constatar que las reservas de uranio no han declinado en años recientes y que actualmente se encuentran en máximos. Además, es previsible que en un hipotético “relanzamiento nuclear” el volumen de las reservas aumente debido a las mayores inversiones en exploración a que dicho relanzamiento daría lugar; en este sentido, según datos de UxC Consulting Company LLC, las reservas de uranio más que se doblarán de aquí a 2020 (ver Figura 4.2).

Figura 4.2: Evolución prevista de las reservas de Uranio



Fuente <http://www.uxc.com/products/Flier-USA%202008-08.pdf>

¹⁷ “Uranium Resources, Production and Demand” publicado por NEA/IAEA, 2005

¹⁸ Crecimiento de la potencia nuclear instalada de 3 GWh/año hasta 2017 (según la BBDD de la WNA, actualmente está planificada la construcción de 40.560 MW de potencia nuclear en el mundo en el periodo 2007-2020, lo que equivale a 3.120 MW/año) y de 20 GW/año a partir de 2017 (Considerando un período medio de construcción de centrales nucleares de 10 años). Se asume una vida útil de 60 años tanto para las centrales nucleares actualmente operativas como las de nueva construcción. Consumo medio estimado de 0.18 tU natural/MW/año.

5) Cambio climático

La preocupación por el calentamiento global determinará en gran medida el rol de la energía nuclear en el futuro mix energético. Según estadísticas del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, en 2006 España emitió un 50% más de CO₂ respecto a las emisiones de 1990, muy por encima del compromiso adquirido en el Protocolo de Kioto (+15% respecto a las emisiones de 1990 de media en el período 2008-2012).

La contribución de la energía nuclear a la hora de limitar las emisiones antropogénicas de CO₂ (y por tanto su contribución a alcanzar el objetivo de Kioto) constituye uno de sus grandes atractivos, y ha propiciado la conversión al bando pronuclear de numerosos medioambientalistas reputados internacionalmente, entre los que se encuentran el padrino político del cambio climático, Al Gore, o el creador de la teoría de Gaia, James Lovelock.

Sin embargo, es legítimo plantearse la pregunta: ¿Y si el cambio climático no se está produciendo como consecuencia de la actividad humana? En el último año han proliferado llamamientos de miembros de la comunidad científica internacional a reconsiderar la teoría del cambio climático de origen antropogénico, alegando que no se puede establecer una relación de causalidad entre el cambio climático y las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por la actividad humana.

A finales de 2007, unos 100 científicos reputados internacionalmente, incluyendo antiguos y actuales miembros del IPCC, enviaron una carta abierta a las Naciones Unidas en la que afirmaban que “Los intentos por prevenir el calentamiento global son estériles” y que “No se puede demostrar que el recorte de emisiones antropogénicas pueda alterar el cambio climático”¹⁹.

Incluso, existen teorías científicas que apuntan en una dirección totalmente distinta. A principios de 2008, el Space and Science Research Center (SSRC) de Florida confirmaba la teoría elaborada por la NASA a principios de 2006 que establecía que se está produciendo un enfriamiento global. Según dicha teoría “la superficie del Sol está experimentando importantes cambios” que podrían tener “repercusiones sustanciales sobre

¹⁹ Ver http://epw.senate.gov/public/index.cfm?FuseAction=Minority.Blogs&ContentRecord_id=d4b5fd23-802a-23ad-4565-3dce4095c360 para más información

la futura actividad solar” que podrían provocar la “llegada de una peligrosa era glacial” que se produciría en apenas 20 ó 30 años²⁰.

En cualquier caso, e independientemente de la controversia que genera la teoría del cambio climático de origen antropogénico, este ensayo asume como cierto el posicionamiento mayoritario de la comunidad científica presente en el IPCC, que establece que las emisiones de CO₂ de origen antropogénico están provocando un incremento de la temperatura media del planeta que tiene y tendrá graves consecuencias para el equilibrio de los ecosistemas terrestres. Los autores del presente ensayo consideran que no resulta necesario probar la causalidad entre el calentamiento global y las emisiones de gases de efecto invernadero de origen humano para que exista una decidida acción política que limite severamente los riesgos de que dicha causalidad termine siendo probada. Ante la duda, es razonable aplicar el principio de prudencia y minimizar las emisiones de CO₂, mientras se da tiempo a la ciencia para validar dicha relación de causalidad.

Aunque algunos medioambientalistas como Helen Caldicott, asesora del PSOE en la elaboración del programa electoral 2008-2012, niegan que la energía nuclear contribuya a luchar contra el cambio climático al emitir grandes cantidades de CO₂ a lo largo de su ciclo de vida, los estudios consultados por los autores del presente ensayo muestran que la energía nuclear emite cantidades muy reducidas de gases de efecto invernadero a lo largo de su ciclo de vida en comparación con otras tecnologías, como son las CCCs o el carbón, y equiparables a las emitidas por las energías renovables²¹.

Por tanto, parece innegable que desde la perspectiva de las emisiones de CO₂ evitadas, los 8 reactores nucleares operativos en España son agentes activos en la lucha contra el cambio climático, contribuyendo de forma significativa a reducir el incumplimiento del compromiso de Kioto asumido por España. De hecho, si la producción eléctrica de las centrales nucleares españolas actualmente operativas fuese sustituida por CCCs²², el incremento anual de emisiones de CO₂ sería de aproximadamente 24 millones de toneladas, que equivale al 7,2 % del objetivo del Protocolo de Kioto asumido por España.

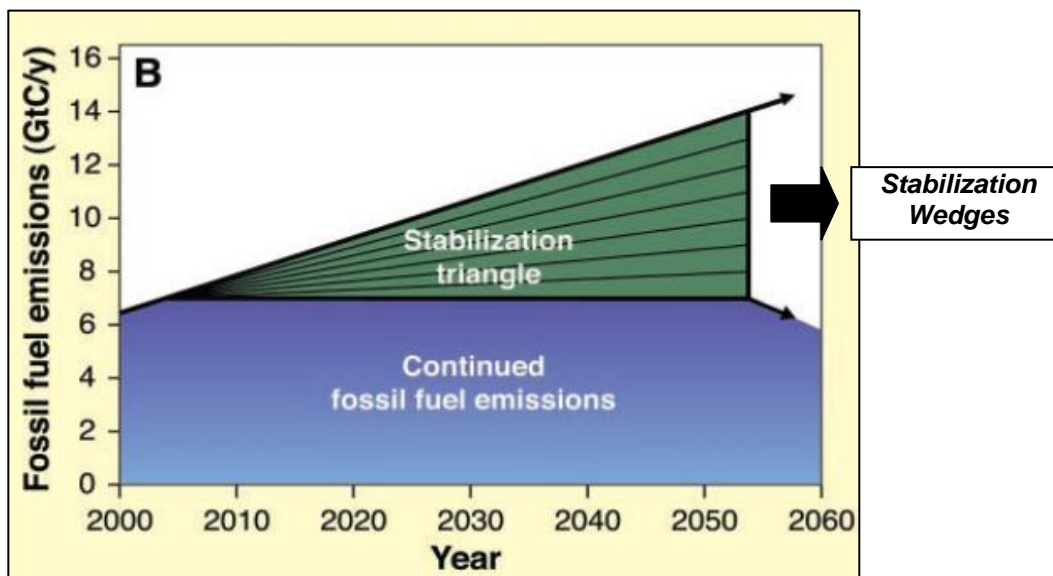
²⁰ Ver <http://www.spaceandscience.net/> para más información

²¹ Ver fuentes: IAEA 2000, Central Research Institute of the Electric Power Industry (Marzo 1995), Vattenfall (1999), Kivisto (2000), Sustainable Development Commission Report (Marzo 2006), Informe Externe (1998), Energy Balances and CO₂ Implications, para más información

²² Considerando que las CCCs emiten 400 grs. CO₂ por cada kWh generado

Para ilustrar los esfuerzos necesarios para estabilizar las emisiones de CO₂ en los próximos 50 años, Pacala y Socolow desarrollaron un concepto llamado las “Cuñas de Estabilización” (*Stabilization Hedges*) (ver figura 5.2).

Figura 5.2: “Cuñas de estabilización” según el modelo propuesto por Pacala y Socolow



Fuente: <http://carbonsequestration.us/Papers-presentations/htm/Pacala-Socolow-ScienceMag-Aug2004.pdf>

Cada cuña representa una reducción de una giga tonelada de CO₂ por año (GtC / año) al final de un período de 50 años. Pacala y Socolow desarrollaron 15 cuñas potenciales y demostraron que es necesaria la activación de al menos 7 de ellas para estabilizar las concentraciones de CO₂ en niveles aceptables para la vida²³.

Como ya se ha mencionado, una de las 15 cuñas de estabilización propuestas contempla la expansión al nivel internacional de la energía eléctrica de origen nuclear, según el escenario planteado anteriormente (ver página 9). Sin embargo, debe recordarse que el ritmo de crecimiento que plantea dicho escenario es a día de hoy inalcanzable dados los referidos “cuellos de botella” en la construcción de centrales nucleares; además, aunque dicho ritmo fuera alcanzable, sólo lograría el 14% de la reducción de emisiones necesaria para estabilizar la concentración de CO₂ en los próximos 50 años.

En este sentido, la afirmación de Al Gore de que la energía nuclear se trataría, en el mejor de los casos, de sólo “parte de la solución” está más que justificada. La energía nuclear sólo puede considerarse parte de la solución al cambio climático y será necesario activar mecanismos adicionales para estabilizar las emisiones de CO₂ a medio y largo plazo.

²³ Concentración de CO₂ inferior a 500 partes por millón

Finalmente, es necesario destacar que recientemente países como Italia, Polonia o Alemania han expresado públicamente su preocupación por el coste de cumplir los objetivos de reducción de emisiones fijados por la UE^{24, 25}. Dado el contexto recesivo de la economía global, el alargamiento de la vida útil del parque nuclear español puede considerarse como una cobertura “barata” ante el riesgo de que efectivamente exista una relación de causalidad entre el cambio climático y las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por la actividad humana, de potenciales efectos catastróficos.

6) Alternativas para la Gestión de Residuos Radioactivos

La gestión y deposición de residuos radioactivos derivados de la fisión nuclear es uno de los problemas más complejos a los que se enfrenta la industria nuclear. Parafraseando al actual Ministro de Industria, Turismo y Comercio, “España apuesta por todas las tecnologías disponibles dando prioridad a aquellas fuentes que tengan resuelto el problema de los residuos²⁶, [...] y con la energía nuclear es evidente que hay un problema en este sentido”²⁷. Según esto, parece poco probable que el gobierno actual haga una apuesta firme por la energía nuclear mientras no se “resuelva” dicha problemática.

En esta sección se pretende desgranar hasta que punto está “resuelta” la gestión de los residuos radioactivos, ilustrando las alternativas tecnológicas que se barajan para solventar el “talón de Aquiles” de la generación eléctrica de origen nuclear.

Según la World Nuclear Association, un reactor de unos 1.000 MWe produce entre 200-350 m³ de residuos de baja y media actividad y unos 20 m³ (27 toneladas) de combustible usado de alta actividad al año. El tratamiento de los residuos de baja y media actividad no representa el foco de preocupación de los detractores de la energía nuclear. De hecho, hospitales y ciertos procesos industriales también producen este tipo de residuos. En España, la retirada controlada de los mismos, el procesamiento y el almacenamiento se realiza en el Cabril (Córdoba).

²⁴ Ver http://www.elpais.com/articulo/internacional/paises/piden/aplace/lucha/cambio/climatico/elpepuint/20081016elpepiint_3/Tes para mayor detalle

²⁵ El estrategia energética de la UE, comúnmente conocida como el “20-20-20”, establece el objetivo de lograr un 20% de participación de las energías renovables para abastecer las necesidades de energía primaria, reducir las emisiones de CO₂ en un 20% respecto las emisiones de 1990 y reducir el consumo actual de energía en un 20% para 2020.

²⁶ Fuente: Índice “La apuesta por las energía renovables tiene indudables ventajas” (julio 2008)

²⁷ Fuente: El Mundo “Cuanto más se caiga, más rápida será la recuperación. Eso parece evidente” (16/06/08)

La problemática principal reside en la gestión de los residuos de alta intensidad y larga vida; aunque no son muy voluminosos, permanecen activos durante “miles”²⁸ o “cientos de miles”²⁹ de años y concentran el 95% del total de radioactividad producida en el proceso de generación de energía eléctrica. En el mundo existen actualmente unas 270.000 toneladas de combustible usado almacenado, el 90% del cual se encuentra en las propias piscinas de los reactores³⁰.

Para poner estos datos en contexto, es conveniente mencionar que en la OCDE se producen unos 300 millones de toneladas de residuos tóxicos al año y en aquellos países que cuentan con reactores nucleares, los residuos radioactivos de alta actividad representan menos del 0,01% del total de residuos tóxicos generados³¹.

Cuando el combustible nuclear se retira del reactor, se almacena en piscinas situadas en las propias centrales nucleares donde se enfría mediante sistemas de circulación activa, lugar en el que puede permanecer durante la vida útil de las centrales (40-60 años). Una vez enfriado el combustible, se puede retirar de forma segura almacenándolo en depósitos en seco, lugar en el que, según Enresa (Empresa Nacional de Residuos Radioactivos), pueden permanecer unos 60 años sin suponer riesgo alguno para la salud de las personas ni para el medio ambiente.

Aunque las piscinas se han gestionado de forma segura durante más de 50 años alrededor del mundo, algunos miembros del “*Joint Fact Finding*” de Keystone Center consideran posible un escenario en el que una piscina pierda su poder de refrigeración, provocando una fuga catastrófica de material radioactivo, mientras que otros niegan dicha posibilidad. En cualquier caso, todos coinciden en mencionar que los depósitos en seco son más seguros que las piscinas al proporcionar un sistema de refrigeración pasivo, aunque se trata de un sistema menos competitivo desde el punto de vista económico.

En países como Francia, Reino Unido o Japón, existen plantas de reprocesamiento de combustible usado en las que se separa el uranio y el plutonio para su reutilización como

²⁸ Según el estudio “*The Future of Nuclear Power*” de MIT (2003)

²⁹ Según el estudio “*Energy [r]evolution*” de Greenpeace (2007)

³⁰ Fuente: World Nuclear Association

³¹ Fuente: World Nuclear Association

combustible en forma de MOX³², reduciendo drásticamente el volumen de residuos de alta actividad generados en el proceso de generación de energía eléctrica de origen nuclear.

Nos obstante, esta tecnología no es competitiva desde un punto de vista económico: Las proyecciones actuales del Ministerio de Industria Francés demuestran que las inversiones y los costes operativos de futuras plantas de reprocesamiento deberían reducirse un 50% para ser rentables. Ante la perspectiva de mayor liberalización del mercado eléctrico europeo, las subvenciones masivas de EDF hacia los procesos de reprocesamiento de AREVA parecen insostenibles. En un comunicado oficial de 2007, el sindicato de AREVA CGT alertó: “CGT está preocupado por el posicionamiento de EDF [...] la petición por reducir drásticamente los costes de reprocesamiento podría tener consecuencias negativas en la seguridad del proceso”.³³

Otra problemática relacionada con el reprocesamiento es su incapacidad para eliminar la necesidad de un almacén geológico profundo (AGP). De hecho, la capacidad necesaria del AGP no se ve reducida significativamente gracias al reprocesamiento, ya que dicha capacidad depende fundamentalmente de la carga térmica del residuo y no del volumen³⁴.

El riesgo de proliferación también debe considerarse un factor de decisión relevante a la hora de evaluar la conveniencia del reprocesamiento. Según Greenpeace, existe un inventario de 230.000 Kg. de plutonio en el mundo como consecuencia del reprocesamiento, siendo suficientes 5 Kg. para producir una bomba nuclear.

Aunque el reprocesamiento reduce drásticamente el volumen de residuos radioactivos de alta actividad, esta alternativa presenta una serie de desventajas que, desde el punto de vista de los autores, la hacen poco atractiva con los medios tecnológicos actuales.

Otra alternativa que se baraja para reducir el riesgo de los residuos radioactivos son las técnicas de partición y transmutación en las que se “separan” los distintos elementos radioactivos y se transmutan en elementos más benignos, reduciendo la peligrosidad y durabilidad de los elementos radioactivos. Según el informe publicado por MIT en 2003, “*The Future of Nuclear Power*”, las tecnologías actuales aún no han demostrado su capacidad para eliminar ciertos radionucleótidos de larga vida, como determinados

³² El MOX, abreviatura de Mixed Oxide (Mezcla de Óxidos) es un tipo de combustible utilizado en los reactores nucleares compuesto por una mezcla de óxido de uranio natural, uranio reprocesado o uranio empobrecido, y óxido de plutonio. La proporción de plutonio en este combustible varía de un 3% a un 10%.

³³ Fuente: International Panel on Fissible Materials

³⁴ Según el “Joint Fact Finding” de Keystone Center

actínidos o el yodo – 129, y duda de que dichas técnicas puedan ser económicamente viables algún día.

Considerando las limitaciones del reprocesamiento y de las técnicas de partición y transmutación, existe un amplio consenso sobre la necesidad de almacenar a largo plazo los residuos radioactivos de alta actividad y que la mejor alternativa para dicho almacenamiento es un almacén geológico profundo (AGP).

Aunque países como Finlandia o Suecia tienen programas para construir un AGP³⁵, el proyecto faraónico de Yucca Mountain en EEUU, con una capacidad de almacenamiento proyectada de 70.000 toneladas métricas de metales pesados, es el proyecto de AGP más desarrollado hasta la fecha.

Pese a que el proyecto de Yucca Mountain se aprobó en 2002, aún se enfrenta a dificultades significativas desde el punto de vista técnico, legal y económico que pueden generar dudas razonables con respecto a su puesta en marcha definitiva.

Para obtener la licencia de explotación, el DOE (Department of Energy) aún tiene que demostrar ante el NRC (Nuclear Regulatory Commission) que el agua que alcance al AGP no transportará suficiente radioactividad hacia el valle de Amorogosa como para no exceder los niveles máximos exigidos. Otras preocupaciones técnicas que podrían impedir la concesión de la licencia de explotación incluyen la posibilidad de que (1) la actividad sísmica de la zona altere las condiciones geoquímicas del emplazamiento debido a la aparición de nuevos canales de circulación de agua o que (2) la potencial actividad volcánica de la zona libere importantes cantidades de radionucleótidos a la atmósfera.

Desde el punto de vista legal, los estándares radiológicos de exposición máxima aceptable se siguen debatiendo en la arena política. Si dichos estándares terminan alterándose, el NRC se vería obligado a revisar la regulación referente al proceso de otorgamiento de licencias, con el consecuente impacto que dicha revisión podría tener sobre el proyecto de Yucca Mountain.

En el apartado económico, el proyecto también se ve afectado por un grado de incertidumbre significativo. Con un coste inicial estimado en 57.500 millones de dólares,

³⁵ En Finlandia se ha seleccionado una localización definitiva mientras que Suecia aun tiene que decidirse por una de los dos alternativas aun consideradas

en 2008 la administración de EEUU incrementó sustancialmente sus estimaciones hasta los 90.000 millones, que incluyen los 9.000 millones incurridos hasta la fecha³⁶.

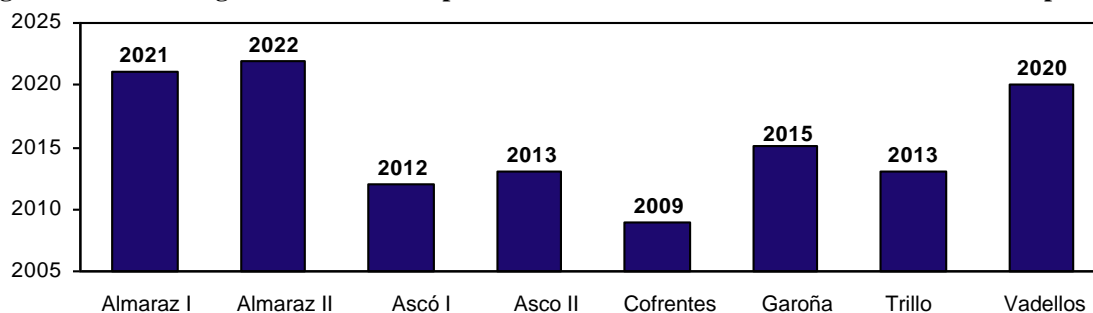
Considerando que el AGP aún tiene que demostrar que se trata de una solución técnicamente y económicamente viable, las alternativas probadas para gestionar de forma segura los residuos radioactivos son (1) las piscinas de las centrales nucleares o (2) los depósitos en seco. A su vez, los depósitos en seco pueden acumularse en un almacén temporal individualizado (ATI) situado en el propio emplazamiento de la central nuclear o en un almacén temporal centralizado (ATC).

7) El Debate de Residuos Nucleares en España

En España, el debate en lo relativo a la gestión de residuos nucleares gira en torno a la idoneidad de construir un ATC. El proyecto de 540 Mn € planteado por el gobierno español debería haberse iniciado en 2007, pero a fecha de hoy aún no se ha fijado un emplazamiento para el almacén. Aunque Miguel Sebastián ha expresado su intención de fijar un emplazamiento para el ATC en 2009³⁷, el fuerte rechazo social que genera esta instalación puede impedir que el proyecto evolucione según lo planeado.

Debido a la capacidad limitada de las piscinas (ver figura 7.1) y al retraso en la construcción del ATC, algunas centrales como Trillo han optado por construir su propio ATI³⁸, mientras que Ascó ya han iniciado el proceso para construir un almacén de este tipo³⁹. Cofrentes, por su parte, han optado por modificar próximamente el diseño de su piscina para ampliar su capacidad⁴⁰.

Figura 7.1: Año de Agotamiento de la Capacidad de las Piscinas de las Centrales Nucleares Españolas



Fuente: CSN

³⁶ Ver www.deseretnews.com/article/1,5143,700243465,00.html para un mayor detalle

³⁷ Fuente: El País “La OIEA urge a España una solución para almacenar los residuos nucleares” (06/11/08)

³⁸ Existe otro ATI en España situado en la antigua central de Zorita

³⁹ Ver <http://www.ecologistasenaccion.org/spip.php?article12074> para un mayor detalle.

⁴⁰ Ver acta de la reunión del CSN del 9/7/08 en www.csn.es para más información

En palabras de uno de los mayores expertos mundiales en seguridad nuclear, Agustín Alonso, “Es razonable, prudente y factible que se construya un almacén temporal centralizado. Introduce un necesario compás de espera que permite la consideración y evaluación profunda de las tecnologías que se desarrollen para la gestión definitiva de los residuos de elevada actividad y vida larga, permite tomar decisiones meditadas con respecto a mantener un ciclo de combustible abierto o decidir sobre un ciclo cerrado [...] y reduce de forma efectiva la carga térmica [...] facilitando cualquier manipulación posterior [...] la construcción de un ATC debería ir acompañada de la creación de un centro tecnológico de investigación⁴¹ sobre ciencias y tecnologías de gestión de tales residuos”. Con respecto a los ATIs, Agustín Alonso afirma que “Puede tener ventajas económicas, además, evita el transporte de combustible irradiado entre las centrales y el ATC. [...] En el caso de que la opinión pública no aceptase ningún emplazamiento para el ATC, sería entonces necesario construir ATIs”⁴².

Desde Enresa, apuntan que “diversos países de nuestro entorno cuentan con centros como el proyectado [...] tal es el caso de La Hague y Marcoule (Francia), Sellafield (Reino Unido), Paks (Hungría), Fort St. Vrain (Estados Unidos) o Habog (Holanda), cuyas características se aproximan especialmente a las del proyecto español⁴³” y contradicen a Agustín Alonso con respecto a las consideraciones económicas: “Desde el punto de vista económico, el ATC es claramente ventajoso y simplifica la gestión con respecto a los ATIs”⁴⁴.

A su vez, los detractores del ATC, encabezados por grupos ecologistas como Greenpeace, aseguran que sería mucho más económico y seguro construir ATIs en las centrales nucleares en lugar de construir un ATC. Según Carlos Bravo de Greenpeace España, “Las empresas que gestionan las centrales nucleares quieren pasar la patata caliente de los residuos al estado a través de Enresa. Es una cuestión de la fuerza del lobby”⁴³.

Recapitulando sobre lo anterior, el ATC parece ser una opción atractiva para centralizar los residuos en una sola instalación, evitando la dispersión de dichos residuos en distintos puntos de la geografía española. Además, ofrece la posibilidad de crear un centro de I+D

⁴¹ El ATC proyectado por Enresa cuenta con un Centro de I+D para la investigación en lo relativo a la gestión de residuos radioactivos

⁴² Fuente: Mesa de Diálogo Sobre la Evolución de la Energía Nuclear en España (2006)

⁴³ Fuente: www.emplazamientoatc.es

⁴⁴ Fuente: Dossier Econòmic “¿Qui Vol Els Residus Nuclears?” (21/07/2008)

para avanzar en el conocimiento de la ciencia y la tecnología relacionada con la gestión de residuos nucleares.

Por su parte, el ATI evita el transporte masivo de residuos, y, según Agustín Alonso y Greenpeace, podría tener ventajas económicas con respecto al ATC.

Con respecto al transporte de residuos, Keystone Center apunta que desde 1965, en EEUU se han realizado al menos 2.700 envíos de combustible usado cubriendo más de 1.6 millones de millas. En dichos envíos, se han producido 4 accidentes de ferrocarril y 4 accidentes en autopistas, pero ninguno ha tenido consecuencias negativas para el medio ambiente ni para la salud de las personas.

A juicio de los autores, independientemente de la alternativa finalmente adoptada, ya sea la construcción de múltiples ATIs o de un ATC, es necesario definir y activar de forma inmediata una política nacional de gestión de residuos a medio plazo para (1) evitar en la medida de lo posible potenciales duplicidades en las instalaciones de almacenamiento temporal que finalmente se ejecuten y (2) solucionar el destino de los residuos radioactivos para favorecer la aceptación social de la energía nuclear.

8) Proliferación

La proliferación de armas nucleares ha sido un elemento destacado del debate nuclear desde que se construyó el primer reactor en EEUU en los años 40. Los principales materiales explosivos fisionables, el plutonio y el uranio altamente enriquecido, pueden emplearse tanto para producir combustible nuclear civil como para crear armas nucleares. Asimismo, las instalaciones para la producción de estos materiales pueden usarse para uno o ambos fines, motivando lícitamente una preocupación internacional por el uso que pueda hacerse de este tipo de materiales y tecnologías.

Actualmente existen una batería de tratados y convenios internacionales diseñados con el objetivo de minimizar la probabilidad de que materiales y tecnologías nucleares se empleen con fines bélicos. El Tratado de No Proliferación (NPT), firmado por más de 170 países⁴⁵, establece los cimientos del régimen internacional de control, al establecer la renuncia explícita de los firmantes (con la excepción del P5 - EEUU, Rusia, Reino Unido,

⁴⁵ Ver http://es.wikipedia.org/wiki/Tratado_de_No_Proliferaci%C3%B3n_Nuclear para más información

Francia y China -) al desarrollo de armamento nuclear y su compromiso de colaborar para lograr un desarrollo pacífico de esta fuente de energía.

No obstante, naciones no firmantes como la India o Pakistán han realizado pruebas con armas nucleares en la última década mientras que naciones firmantes como Sudáfrica o Corea del Norte han admitido haber desarrollado armamento nuclear, mostrando las carencias de dicho tratado para evitar la proliferación. Adicionalmente, MIT, en su informe *“The Future of Nuclear Power”*, destaca la falta de autoridad de la institución responsable de supervisar y garantizar el cumplimiento del tratado, la IAEA. Dicha falta de autoridad se ha demostrado en la última década en países como Iraq, Irán o Corea del Norte. Por su parte, Keystone Center destaca las limitaciones del proceso de supervisión actual de la IAEA, fundamentando su conclusión en dos carencias que define como “críticas”: (1) Considera que los tiempos de conversión⁴⁶ son inferiores a los periodos de inspección de la IAEA, y, (2) entiende que las “cantidades significativas límite”⁴⁷ consideradas por la IAEA son mayores de las necesarias para crear un explosivo nuclear.

Como se ha mencionado con anterioridad en el presente ensayo, las tecnologías de reprocesamiento actual representan un riesgo muy significativo de proliferación, ya que en dicho proceso se separa el plutonio del combustible nuclear usado. Mientras que numerosas naciones cuentan con plantas de reprocesamiento⁴⁸, pocas han utilizado el plutonio como componente del combustible nuclear⁴⁹, generando un inventario de 250.00 Kg. de plutonio alrededor del mundo que crece a un ritmo de 10.000 Kg./año. Considerando que basta entre 1 y 3 Kg. de plutonio para crear un bomba nuclear⁵⁰, este inventario representa un riesgo significativo de proliferación y requiere de una protección extrema para evitar el tráfico del mismo o su sustracción.

Aunque el ciclo abierto no presenta riesgos de proliferación derivados del plutonio, dicho ciclo requiere de la existencia de plantas de enriquecimiento de uranio que pueden emplearse para construir el explosivo de armas nucleares. Actualmente existen 11 países que cuentan con plantas de enriquecimiento de uranio⁵¹, mientras que Irán ha expresado su intención de construir su propia planta. De hecho, el conflicto que el Gobierno iraní

⁴⁶ Definido como el tiempo necesario para convertir diferentes materiales nucleares en componentes propios de artefactos nucleares explosivos

⁴⁷ Definido como la cantidad mínima de material nuclear necesario para crear un artefacto nuclear explosivo

⁴⁸ Francia, Rusia, India, Japón y Reino Unido

⁴⁹ Principalmente porque actualmente es más económico emplear uranio natural enriquecido

⁵⁰ Fuente: Natural Resources Defense Council (1995)

⁵¹ Brasil, China, Francia, Alemania, India, Japón, Holanda, Pakistán, Rusia, Reino Unido y EEUU

mantiene con Occidente radica en el proceso de enriquecimiento de uranio que Irán quiere desarrollar en su territorio. Por otra parte, resultan preocupantes las afirmaciones de Keystone al asegurar que es “relativamente sencillo” tecnológicamente el proceso de enriquecimiento y que resulta extremadamente complicado detectar pequeñas plantas clandestinas.

Como se puede apreciar en los párrafos anteriores, la proliferación es un riesgo significativo al que se enfrenta la humanidad y la gestión efectiva de este riesgo debería ser una prioridad de la agenda política internacional independientemente de que se produzca o no un “relanzamiento nuclear” en un futuro próximo. No obstante, a juicio de los autores, la proliferación no debería ser un factor determinante de la política española en relación a la energía nuclear. Por un lado, la contribución española al riesgo de proliferación internacional es mínima ya que (1) actualmente no explota minas de uranio natural, (2) no cuenta con plantas de enriquecimiento de uranio propias, (3) mantiene un ciclo cerrado de combustible nuclear y (4) es una nación firmante del Tratado Internacional de No Proliferación (NPT). Por otro lado, el riesgo de proliferación es independiente de la elección individual de un país al depender de la presencia internacional de la tecnología nuclear, y por tanto, la existencia o no de un parque nuclear español tiene un efecto prácticamente nulo sobre la magnitud de dicho riesgo.

9) Seguridad en la Operación de las Centrales Nucleares

Según recientes eurobarómetros, el 76% de la población española está en contra de la energía nuclear⁵². La razón principal de dicho posicionamiento está basado en la creencia de que existen graves fallos de seguridad en la operación de las centrales nucleares españolas⁵³.

En más de 10.000 años acumulados de operación de reactores nucleares en el mundo, ha habido dos accidentes nucleares que deben considerarse graves: el primero en 3 Mile Island (EEUU, 1979) y el segundo en Chernóbil (Ucrania, 1986). Las graves consecuencias del accidente de Chernóbil calaron muy hondo en la comunidad internacional, provocando fuertes movilizaciones al nivel global. Como consecuencia de

⁵² Fuente: Special Eurobarometer (EC): "Attitudes towards radioactive waste" (junio 2008)

⁵³ En el Special Eurobarometer (EC): "Europeans and Nuclear Safety" (febrero 2007), el 45% de los españoles encuestados consideran que no se puede operar una central nuclear de forma segura, siendo el factor de riesgo subjetivo más destacado de entre todos los analizados (incluyendo ataques terroristas, gestión de residuos, proliferación etc.)

dichas movilizaciones, la industria nuclear se granjeó la reputación de ser una industria peligrosa, que sigue muy presente en la sociedad española.

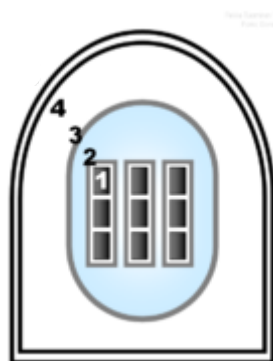
En España, el incidente nuclear más grave de la historia tuvo lugar en Vandellós I el 19 de octubre de 1989. Aunque el incidente fue significativo, (nivel 3 de la escala INES) y provocó el cierre definitivo de la central debido a las elevadas inversiones exigidas por el CSN para su reapertura, no puso en riesgo la salud de las personas ni provocó vertidos radioactivos al exterior.

Aunque no se puede afirmar que la probabilidad de ocurrencia de un accidente en el núcleo de un reactor con consecuencias para la salud pública sea 0, es cierto que existen ciertos mecanismos de seguridad en las centrales occidentales que no estaban presentes en la de Chernóbil. En concreto, nuestras centrales tiene cuatro barreras físicas para impedir el escape de la radiación y de los productos radiactivos (ver figura 9.1): (1) El combustible nuclear es un material cerámico, formado por pastillas de óxido de uranio sinterizado de gran densidad, que retiene una gran cantidad de productos de fisión que no pasan a la vaina. La vaina, donde se apilan encerradas herméticamente las pastillas de UO_2 , no deja pasar los productos de fisión al refrigerante; (2) la segunda barrera es la vasija del reactor, construida de acero especial con espesor de 25 a 30 cm y un peso de 400 toneladas; (3) la tercera barrera la constituye el circuito primario o contención primaria, integrado por la vasija del reactor, las bombas de refrigeración, el presionador, el primario de los generadores de vapor y las tuberías de conexión entre los distintos elementos (4); la cuarta barrera es el edificio del reactor o contención secundaria. Este edificio, totalmente hermético, está construido de hormigón y va recubierto interiormente por una chapa de acero para asegurar su hermeticidad⁵⁴. Una de las principales razones⁵⁵ por la que es poco probable que se produjese un accidente tipo Chernóbil en una central nuclear occidental es que, a diferencia de Chernóbil, las centrales nucleares occidentales sí que cuentan con dicha cuarta barrera de seguridad.

⁵⁴ Fuente: <http://waste.ideal.es/chernobil3.htm>

⁵⁵ Para ver otros razones relevantes, ver <http://waste.ideal.es/chernobil3.htm>

Figura 9.1: Barreras de Contención de Una Central Nuclear Española



Fuente: <http://jdbaldoma.com/2007/03/22/la-seguridad-de-las-centrales-nucleares/>

La estimación de la probabilidad de un suceso como el accidente en el núcleo del reactor, a partir de la experiencia histórica, es difícilmente aceptable dado el tamaño de la muestra. Según el informe “*The Future of Nuclear Power*” de MIT, teniendo en cuenta la experiencia en EEUU desde 1957 hasta 2002, la probabilidad de un accidente de este tipo es de un accidente cada 2.679 reactores-año. Dado que este tipo de medida se considera insatisfactoria, se utiliza un método indirecto de estimación de probabilidad de ocurrencia de accidentes conocida como “*Probabilistic Risk Assessment*” (PRA). Según este método, la probabilidad de daño en el reactor se sitúa en 10^4 reactores/año, medida que el MIT considera inadmisibles⁵⁶ y plantea una exigencia de un accidente cada 10^5 reactores-año, que es la medida que utiliza el Ministerio Francés en su estudio “*Coûts de référence de la production électrique*” de 2003. Según los datos del MIT, la probabilidad de un accidente tipo Chernóbil, en el que se produjo un fuga radioactiva a la atmosfera condicionada a un accidente en el núcleo, sería de un accidente cada 10^6 reactores-año⁵⁷.

Algunos miembros del “*Joint Fact Finding*” de Keystone Center dudan de la fiabilidad de los modelos de PRA para medir la probabilidad de ocurrencia de accidentes en el núcleo del reactor, aunque aseguran que estos modelos contribuyen de manera significativa a mejorar la seguridad en las centrales nucleares al permitir establecer la seguridad relativa entre distintos reactores.

Dejando los modelos estadísticos de lado, parece cierto que existen factores que hacen que los reactores nucleares sean más seguros ahora que hace 30 años. Entre dichos factores destacan la incorporación de nuevas tecnologías que proporcionan beneficios tanto en la

⁵⁶ En el escenario de expansión de capacidad nuclear que plantea MIT en su estudio, se producirían 4 accidentes en los próximos 50 años.

⁵⁷ Fuente: “*El Futuro de la energía nuclear: Visión Económica*”, por Claudio Aranzadi (Fundación Alternativas; 2006)

seguridad de la operación, como en la prevención y mitigación de accidentes, así como mejoras derivadas de la experiencia acumulada tanto por las empresas operadoras de los activos nucleares como del ente público encargado de supervisar y garantizar la seguridad de las instalaciones. Con respecto al organismo supervisor de España, el Consejo de Seguridad Nacional (CSN), debe notarse que el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) de las Naciones Unidas acaba de hacer público un informe sobre la seguridad de las centrales nucleares en España en el que califica de “excelente” el sistema español de regulación de seguridad, destacando la “solidez” y la “independencia” de dicho organismo así como la “competencia” y “profesionalidad” de su personal⁵⁸.

En palabras de Agustín Alonso⁵⁹, “se ha desarrollado una auténtica tecnología de la seguridad nuclear, que se perfecciona con el tiempo, la investigación continuada y el análisis de la experiencia operativa; se han creado instituciones internacionales, públicas y privadas, el OIEA, la NEA, WANO, INRA y WENRA, entre otras, así como Convenciones Internacionales especialmente dedicadas a cuidar que la explotación de las centrales nucleares se haga con seguridad. Es lógico y bueno que la preocupación por la seguridad haya pasado a la sociedad, e incluso que haya sido bandera de algunas organizaciones ecologistas; esta actitud fue positiva en los primeros tiempos, cuando la conciencia empresarial por la seguridad era menor, pero es inaceptable en la actualidad”⁶⁰.

En opinión de los autores del presente ensayo, la combinación entre (1) el poco grado de conocimiento de la opinión pública española sobre la generación eléctrica de origen nuclear⁶¹ y (2) la amplificación mediática de todos los incidentes ocurridos en las centrales nucleares españolas, incluyendo aquellos (que son la mayoría) que no entrañan ningún riesgo para la salud ni para el medioambiente (i.e. los calificados como sucesos INES 0⁶²), exacerba la percepción de riesgo por parte de la población y genera un rechazo hacia la energía nuclear sin una base fáctica.

Considerando (1) que en más de 10.000 años acumulados de operación de reactores nucleares en el mundo, no se ha producido accidentes en reactores nucleares comerciales

⁵⁸ Fuente: El País “*La OIEA urge a España una solución para almacenar los residuos nucleares*” (06/11/08)

⁵⁹ Recientemente galardonado con el premio “Tommy” Thompson Award de seguridad nuclear por American Nuclear Society

⁶⁰ “*Una Propuesta para el Renacimiento Nuclear en España*” Seminario sobre retos tecnológicos y medioambientales del sector energético español (UPN 2006)

⁶¹ Ver Special Eurobarometer (European Commission): “Attitudes towards radioactive waste” (junio 2008) para más detalles

⁶² INES = International Nuclear and radiological Event Scale; INES de nivel 0 equivale un suceso sin significación para la seguridad, según la convención internacional

que contasen con contención secundaria, que hayan tenido consecuencias inmediatas con resultado de muerte o daños por radiación⁶³, (2) la baja probabilidad de ocurrencia de un acontecimiento como el accidente en el núcleo de un reactor nuclear, (3) la experiencia acumulada en los últimos 30 años en la operación y supervisión de activos nucleares, así como la incorporación de nuevas tecnologías que han mejorado tanto la seguridad de la operación, como la prevención y mitigación de accidentes y (4) la probada solvencia técnica y jurídica del sistema español de regulación de seguridad nuclear y protección radiológica y del órgano encargado de la supervisión de la seguridad en la operación, parece razonable afirmar que la operación de las centrales nucleares españolas representa un riesgo muy limitado y perfectamente asumible para la sociedad.

10) Recomendaciones

Tres son los factores clave que han revitalizado el debate español sobre la idoneidad de la energía eléctrica de origen nuclear: (1) El coste alcanzado por las materias primas energéticas, (2) la amenaza que representa el cambio climático y (3) la elevada dependencia energética de España.

Al principio del presente ensayo se defendió la conveniencia de mantener en dos planos separados la posibilidad de la construcción de nuevas centrales nucleares de la posibilidad de alargar la vida útil de las centrales nucleares actualmente en operación.

En opinión de los autores de este ensayo, la construcción de nuevas centrales nucleares en España contribuiría a reducir las emisiones de CO₂ asociadas a la generación de electricidad, reduciría su elevada dependencia energética y estimularía la actividad económica, orientándola hacia sectores y servicios de alto valor añadido. Sin embargo, antes de que dicha decisión fuera posible, creemos que hay una condición previa: Que se disipe la incertidumbre respecto (1) al coste final y (2) al plazo de construcción de nuevos proyectos de este tipo. Por otra parte, a día de hoy, España tiene un índice de cobertura razonable y no parece urgente el desarrollo de nueva capacidad de energía de base.

En otro plano, las centrales nucleares actualmente operativas tienen unos costes variables muy competitivos en relación a otras tecnologías de generación de energía de base, evitan la emisión de grandes cantidades de CO₂, y contribuyen a no intensificar la dependencia energética al evitar la importación de mayores cantidades de gas. Su contribución es alta

⁶³ Según Keytone Cernter, el número de casos de cáncer asociados a dichos accidentes es muy reducido.

en los tres factores que han revitalizado el debate sobre la idoneidad de la energía eléctrica de origen nuclear. Esto, unido a la probada seguridad con que dichas plantas han sido operadas y supervisadas, nos lleva a recomendar el alargamiento de la vida útil de las centrales nucleares, siempre que exista un informe favorable del CSN en este sentido. Dicho alargamiento, durante el tiempo en que éste fuera posible, aliviaría el déficit comercial, evitaría mayores incumplimientos respecto del protocolo de Kyoto (o tratado que lo sustituya), evitaría la intensificación de nuestra dependencia energética y aseguraría la continuidad de una fuente de energía muy competitiva (al tener amortizados la práctica totalidad de sus costes fijos).

Finalmente, con respecto a la gestión de residuos radiactivos de alta actividad, creemos que es necesario iniciar cuanto antes la construcción de un almacén temporal centralizado (ATC). Así se evitarían potenciales duplicidades en las instalaciones de almacenamiento temporal y se solucionaría el destino de los residuos radioactivos de alta actividad a medio plazo, lo que contribuiría a mejorar la aceptación social de la energía nuclear. Es recomendable que dicho ATC vaya acompañado de un centro tecnológico de investigación sobre ciencias y tecnologías de gestión de residuos nucleares, colaborando activamente con programas de investigación internacionales en el desarrollo de una solución definitiva. Para minimizar el riesgo derivado del transporte del combustible nuclear gastado, sería recomendable que el ATC tuviera acceso directo a las vías férreas, minimizando la necesidad de transportar por carretera dichos residuos.