

¿RENACIMIENTO NUCLEAR O ABORTO PREMATURO?

LOS MÚLTIPLES INTERROGANTES DE LA OPCIÓN NUCLEAR PRESAGIAN SU INCIERTO FUTURO

MARCEL CODERCH

Doctor Ingeniero por el MIT.
Vicepresidente de la Comisión del Mercado
de las Telecomunicaciones.

Desde que a mediados de 2004 —cincuenta años después de la conexión a la red eléctrica del primer reactor nuclear— Tony Blair comunicara a un selecto grupo de parlamentarios laboristas que, en respuesta a las presiones que recibía de la administración Bush «había luchado largo y tendido, tanto en su partido como fuera de él para asegurarse de que no

se cerrara la opción nuclear» (1), cada vez son más las voces que se oyen en Europa pidiendo la reconsideración del marasmo en que se encuentra la industria nuclear. La subida continuada de los precios del petróleo y la previsible llegada al cénit de la producción mundial, junto a la necesidad de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero y el deseo de reducir la dependencia energética, han echado leña a un fuego que parecía condenado a extinguirse después del fracaso económico de la década de los 70 y de los accidentes de Three Mile Island y Chernóbil.

Como puede observarse en el gráfico 1 (en página siguiente), el número de reactores operativos dejó de crecer abruptamente a comienzos de la década de los 90 y desde entonces ha permanecido prácticamente constante, alrededor de 440 reactores en todo el mundo.

A finales de 2007, estaban operativos 439 reactores (cinco menos que el máximo histórico alcanzado en

2002), con una potencia total de 371,7 GWe y una media de 23 años de antigüedad. Entre los años 2004 y 2007, la potencia instalada nuclear aumentó en unos 2 GWe anuales —no por incremento del número de reactores, sino por mejoras de potencia de los ya instalados— lo cual, teniendo en cuenta que el incremento anual de generación eléctrica se estima en unos 135 GWe (3), supone que la industria nuclear capta menos del 1,5% del crecimiento del mercado mundial. Ello implica que si no se reactivan pronto las nuevas construcciones, y a una escala significativa, la cuota de producción eléctrica nuclear, situada en los últimos años alrededor del 15%, irá descendiendo año tras año. De hecho, en 2007, y debido a la acumulación de incidentes, la producción eléctrica nuclear mundial ha disminuido un 1,9% en términos absolutos (4) y la española en un 8,3% (5). En la actualidad, supone aproximadamente un 6% de la energía primaria comercial, y entre un 2 y un 3% de la energía final consumida, una cuota menor que la cubierta por las centrales hidroeléctricas.

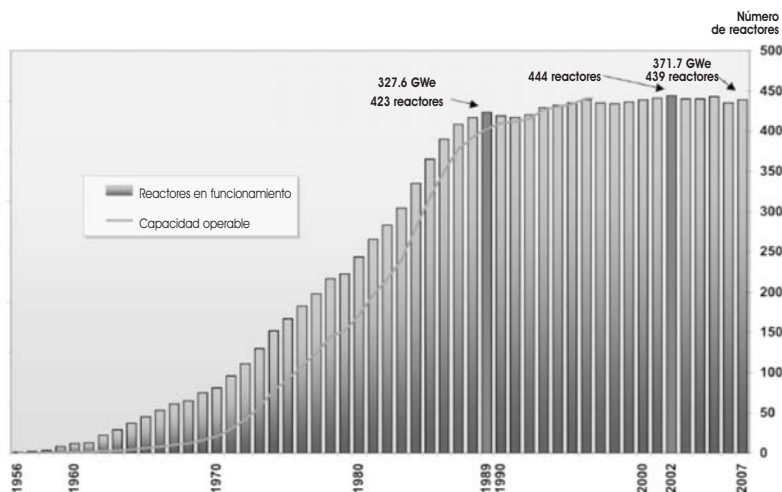


GRÁFICO 1

EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN NUCLEAR OPERATIVA MUNDIAL

FUENTE:
The World Nuclear Industry Status Report 2007 (2)

Con un parque envejecido que ha superado en media el ecuador de su vida útil, que no se incrementa en términos netos, y que por tanto es incapaz de dar respuesta al crecimiento de la demanda, es evidente que si no consigue cambiar radicalmente su situación, la industria nuclear va camino de la desaparición, lenta pero inexorablemente. En el gráfico 2 se muestra la proyección a futuro de la evolución del parque nuclear mundial suponiendo una vida útil de 40 años para cada reactor (6) e incluyendo los proyectos de construcciones en marcha. Como puede observarse, antes de 2025 habría que clausurar y desmantelar bastante más de la mitad del parque nuclear actual, lo cual implica que, dados los plazos de licencia y construcción, o se inicia pronto un importante programa de construcciones, o la energía nuclear va a quedar reducida a algo marginal y con unos tremendos pasivos correspondientes al desmantelamiento de las centrales y la gestión de los residuos acumulados (7).

De ahí que la industria nuclear y algunos gobiernos occidentales hayan iniciado una intensa campaña de relaciones públicas (8) para presentar la opción nuclear como una componente imprescindible de la solución al dilema energético-climático al que nos enfrentamos y que, según esas fuentes, justificaría otro ciclo inversor en nucleares. Para la *World Nuclear Association* (WNA), por ejemplo «el aumento de la demanda energética, la preocupación por el cambio climático y la dependencia internacional de los combustibles fósiles son factores que favorecen las nuevas construcciones nucleares. La combinación del incremento de los precios del gas y la restricción de las emisiones del carbón ponen de nuevo en la agenda europea y norteamericana proyectos de construcción de nueva capacidad nuclear» (9).

Incremento de la demanda energética, aumento de los precios de los combustibles fósiles, reducción de emisiones e independencia energética son los cuatro argumentos básicos que se repiten una y otra vez como justificación de la reapertura del debate nuclear, y en favor de la reconsideración del parón nuclear que, de una forma u otra, sigue vigente en la mayoría de los países occidentales. Sin embargo, estas insistentes llamadas a retomar la senda nuclear pasan por alto dos cuestiones básicas. Olvidan, en primer lugar, las razones por las cuales abortó la primera era de construcciones nucleares, y olvidan también que aún en el supuesto de que estas razones estuvieran ahora superadas —que no lo están— un análisis cuantitativo y dinámico de las posibilidades reales de un renacimiento nuclear muestra que poco podría aportar a la solución de los problemas que se apuntan; problemas que, ciertamente, son graves y acuciantes, y que por ello requieren una óptima gestión de los recursos a nuestro alcance.

Si se analiza con detenimiento la cuestión, no es tan evidente, como algunos quieren hacernos creer, que esta gestión óptima deba incluir, necesariamente, la opción nuclear. Para hacer este análisis conviene, en primer lugar, entender bien qué fue lo que produjo el marasmo nuclear en el que nos encontramos.

LA PRIMERA ERA NUCLEAR: DEL TOO CHEAP TO METER AL TOO EXPENSIVE TO MATTER†

En la década posterior a la Segunda Guerra Mundial, y en el marco del programa estadounidense de Átomos para la Paz, se desencadenó una euforia mundial alrededor de la energía nuclear que

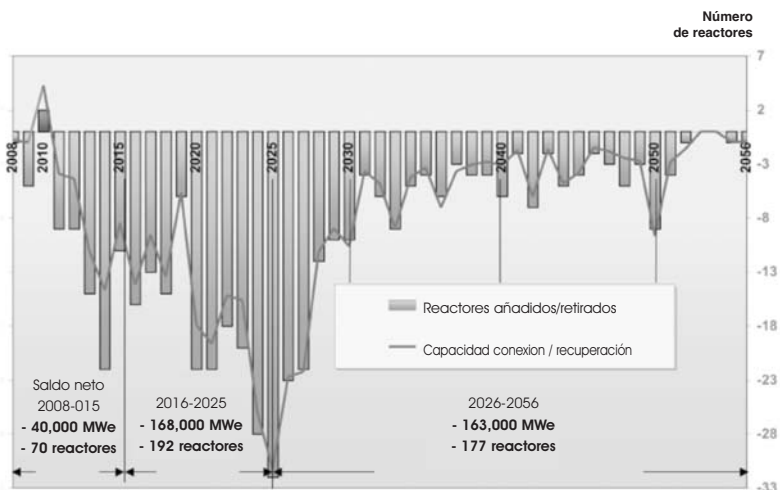


GRÁFICO 2

EVOLUCIÓN FUTURA DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN NUCLEAR MUNDIAL
Suponiendo 40 años de vida útil,
32 para Alemania

FUENTE:
The World Nuclear Industry Status Report 2007 (2).

en ocasiones se confundía con un fervor casi religioso. Todo el mundo parecía creer que por fin la humanidad había conseguido desentrañar uno de los misterios de la naturaleza que iba a posibilitar un desarrollo sin límites. Los desiertos se convertirían en verdegales desalinizando el agua del mar, abríamos nuevos canales de Panamá, electrificaríamos el mundo, desaparecería la pobreza de la faz de la Tierra, los viajes intergalácticos estarían al orden del día, crearíamos soles y lluvias artificiales, y fabricaríamos alimentos a partir sólo de agua, aire y minerales. La energía nuclear, en suma, iba a ser garantía de progreso continuado y liberaría para siempre a la humanidad de la maldición bíblica. Incluso visto desde la distancia de décadas produce cierto sonrojo leer lo que entonces se esperaba de la energía nuclear (10), pero conviene tenerlo presente cuando de nuevo se nos propone como solución salvífica frente a los graves problemas de dimensión planetaria que ahora se nos presentan: el cambio climático y el declive de los combustibles fósiles.

En realidad, siempre hubo dudas sobre la viabilidad económica de esta «compleja forma de hervir agua», como decía Einstein, y por tanto había que buscar otras motivaciones más allá de las estrictamente económicas. La propia *Atomic Energy Commission* (AEC) reconoció ante el Congreso norteamericano en 1948 que las perspectivas de rentabilidad de las aplicaciones civiles de la energía nuclear eran más que dudosas (11) y así lo pensaba también C.G. Suits, vicepresidente de I+D de General Electric, cuando en 1950 advirtió que «la energía atómica es una forma excepcionalmente costosa e inconveniente de obtener energía ... se trata de una energía cara, no de energía barata como hemos inducido al público a creer» (12).

A pesar de ello, y de que no se realizara ningún estudio económico comparativo, en 1954, Lewis Strauss, el entonces presidente de la AEC, no dudó en afirmar que «no es aventurado esperar que nuestros hijos disfruten en sus casas de electricidad que sea tan barata que no merezca la pena facturarla» (13). Una expresión, *too cheap to meter*, que se hizo famosa, sobre todo porque los hechos posteriores la desmintieron con rotundidad. Sin ninguna prueba que justificara afirmaciones como esta, ni tampoco el optimismo generalizado reinante, hubo que acudir a otro tipo de consideraciones. Así, David E. Lilienthal, el primer presidente de la AEC, escribió en sus memorias que en aquella época «no podía creer que Dios creara al hombre y le infundiera la capacidad de extraer la energía contenida en el corazón mismo de la materia para que sólo utilizara este conocimiento en la destrucción de este maravilloso mundo, que no es obra del hombre sino de Dios» (14).

En esta frase se condensa la principal motivación de todo el desarrollo civil de la energía nuclear en Occidente: de alguna forma había que borrar el horror de Hiroshima y Nagasaki, máxime cuando la Guerra Fría iba a exigir un gran incremento de la producción de armas nucleares. La única forma de conseguir que la aplicación militar pudiera proseguir sin demasiada oposición popular era difundiendo y promoviendo también las «enormes ventajas» de la energía nuclear para el mundo civil. Ese y no otro es el origen de todos los programas de desarrollo de la energía nuclear para aplicaciones civiles, un origen que explica las dificultades económicas que le acompañaron desde su nacimiento: el desarrollo de la industria nuclear civil nunca fue el resultado de decisiones económicas empresariales sino consecuencia de una determinación política y militar (15).

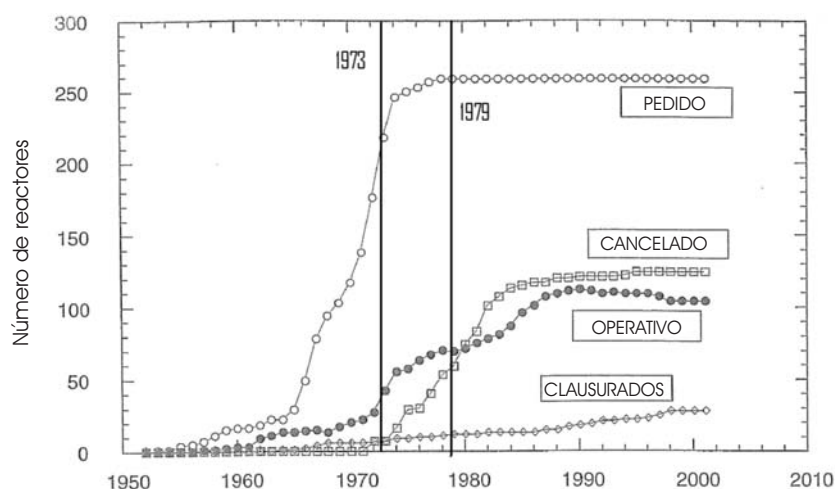


GRÁFICO 3

EVOLUCIÓN DE LOS PEDIDOS DE CENTRALES NUCLEARES EN EE.UU.

FUENTE:
David Bodansky, *Nuclear Energy: Principles, Practices and Prospects* (17).

No es el momento de pasar revista a lo que ocurrió en las décadas de 1960 a 1980 (16), pero sí conviene entender qué se esconde detrás del gráfico 1 para deshacer algunos equívocos. Es común explicar la evolución representada en dicho gráfico como el resultado del incremento de los precios del petróleo que tuvo lugar en 1973 y que habría empujado la construcción de centrales nucleares; un empuje que se habría ralentizado después del accidente de Three Mile Island en 1979, y definitivamente como consecuencia del accidente de Chernóbil de 1986.

Esta interpretación pasa por alto, sin embargo, un detalle fundamental: que desde el momento en que se toma la decisión de construir una central nuclear hasta que ésta entra en operación transcurren unos 10 ó 12 años y que, por tanto, si queremos saber en qué momento se adoptaron las decisiones de construcción hay que desplazar hacia atrás el eje temporal algo más de una década. Lo que realmente ocurrió se observa mejor en el gráfico 3 donde se representa la evolución acumulada de los pedidos de centrales nucleares en EE.UU., incluyendo las cancelaciones y los cierres de centrales entre 1953 y 2001.

Entre 1965 y 1975 hubo en EE.UU. un rápido incremento en el número de pedidos de reactores, pero todo cambió abruptamente a mediados de los 1970. Si entre 1971 y 1974 se cursaron pedidos para 129 reactores, entre 1975 y 1978 ya sólo se cursaron 13 nuevos pedidos y desde 1978 hasta el día de hoy no se ha cursado ningún otro pedido. Ninguna de las centrales contratadas después de 1973 fue terminada: entre 1974 y 1984 se cancelaron 124 reac-

tores, más de los que acabaron en funcionamiento. Del total de 259 pedidos cursados y de los 177 permisos de construcción concedidos, sólo 132 entraron en operación y de éstos siguen hoy operativos 104. Fijémonos en que el accidente de TMI tuvo lugar en 1979 y que por tanto no pudo ser la causa de este abrupto cambio de tendencia.

Recordemos la sentencia dictada por la revista *Forbes* en 1985: «El fracaso del programa nuclear estadounidense es el peor desastre empresarial de la historia, un desastre de proporciones monumentales. Las compañías eléctricas llevan ya invertidos 125.000 millones de dólares y tendrán que invertir otros 140.000 antes de finalizar la década y sólo los ciegos o los interesados pueden pensar que se trata de dinero bien empleado. En realidad, se trata de una derrota para el consumidor norteamericano, para la competitividad de la industria, para las eléctricas que lo llevaron a cabo y para el sistema de empresa privada que lo hizo posible» (18).

Las razones de este gran fracaso fueron casi exclusivamente económicas, y un factor muy importante fue la acusada caída del crecimiento de la demanda de electricidad. Si entre 1953 y 1973 la demanda había crecido un 7% anual, en 1974 este crecimiento se detuvo en seco y cayó un 0,4%, como consecuencia del shock económico que produjo el brusco aumento de precios del petróleo en 1973. A partir de 1974 se ralentizó el crecimiento económico, hubo un mayor énfasis en el ahorro energético y, en consecuencia, el crecimiento anual medio del consumo eléctrico entre 1975 y 2000 se redujo al 2,7%, lo cual situó a las eléctricas frente a un gran exceso de capacidad planificada y en cons-

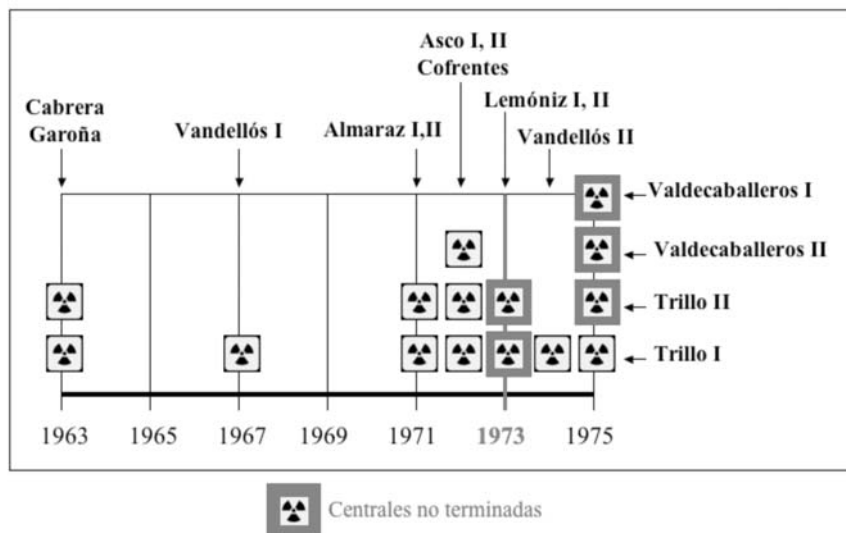


GRÁFICO 4
EVOLUCIÓN DE LOS PEDIDOS DE CENTRALES NUCLEARES EN ESPAÑA

FUENTE:
 Marcel Coderch y Nùria Almirón, *El Espejismo Nuclear* (21).

trucción. Su primera respuesta fue paralizar los planes de expansión, pero no fue suficiente y hubo que cancelar numerosos proyectos en distintas fases de desarrollo.

A estas circunstancias económicas adversas se sumó, en 1979, el accidente de TMI que provocó, primero, la paralización de todas las licencias y construcciones durante un año y, posteriormente, debido a la presión popular, un aumento de las medidas de seguridad que tuvieron un gran impacto en los costes y en los plazos de construcción, y por tanto en el ritmo de cancelaciones. Además, la política monetaria que se adoptó para hacer frente a la recesión de 1973 supuso un notable incremento de las tasas de interés, añadiendo un factor más a una situación ya de por sí difícil que acabó por arruinar las finanzas de las compañías eléctricas y el programa nuclear estadounidense y de otros países (19).

David Freeman, presidente de la Tennessee Valley Authority (TVA) en aquella época, todavía recuerda que se vio obligado a cancelar ocho de los 17 reactores planificados por ser demasiado caros e innecesarios, y ahora que la TVA vuelve a plantearse la posibilidad de construir nuevos reactores se pregunta, «¿cómo es posible que la TVA no se acuerde de como quedó financieramente empantanada por la opción nuclear?» y añade: «si hay un lugar en el mundo en el que fracasó la energía nuclear fue precisamente en el valle del Tennessee» (20).

Algo muy parecido ocurrió en España, como se muestra en el gráfico 4, si tenemos en cuenta que el caso de Lemóniz estuvo muy condicionado por el terrorismo de ETA. En ausencia de éste, lo lógico hubiera sido que los dos reactores situados en la

costa vasca —prácticamente terminados— hubieran entrado en operación en lugar de Vandellós II y Trillo I. Por tanto, en condiciones normales tampoco ninguno de los reactores españoles cuya construcción se decidió después de 1973 hubiera entrado en operación.

La moratoria nuclear se decretó en España en 1983, afectando a cinco grupos nucleares que estaban en distintos grados de finalización (22), por razones idénticas a las que hemos apuntado en el caso estadounidense; agravadas, si cabe, por el hecho de que las eléctricas españolas se habían endeudado en dólares para financiar las construcciones nucleares y al incremento de los tipos de interés tuvieron que añadir una evolución muy desfavorable del tipo de cambio. Los créditos, sin embargo, estaban avalados por el Estado español y el primer gobierno de Felipe González optó por asumir estas inversiones y trasladar a la tarifa eléctrica futura el pago durante veinticinco años (1983-2008) de las inversiones nucleares fallidas; inversiones que estaban incluidas en los Planes Eléctricos Nacionales aprobados por los sucesivos gobiernos de la Transición (23).

Globalmente, pues, la energía nuclear fracasó económicamente a mediados de los años 70 y además se vio adversamente afectada por los accidentes de TMI de 1979 y de Chernóbil de 1986. Estos accidentes vinieron a dar la razón a aquellos que ya la criticaban desde sus comienzos por su peligrosidad operativa y contribuyeron a que en la opinión pública todavía hoy predominen aquellos que son contrarios a su reactivación (24). En cierto sentido, la historia de la energía nuclear en las cuatro últimas décadas puede resumirse en que pasó de ser *too*

cheap to meter a convertirse en *too expensive to matter* (demasiado cara para ser relevante), y en demasiado impopular para insistir en ella.

EL FUTURO DE LA ENERGÍA NUCLEAR: EL INFORME DEL MIT ↓

Transcurridos bastantes años, y después de sucesivos intentos fallidos por parte de varias administraciones anteriores, en el año 2002 la administración Bush decidió promover de nuevo la opción nuclear en el contexto de su recién estrenada Política Energética Nacional (25). Se empezaba ya entonces a entrever la necesidad de reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero y en el 2003 el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) reunió a un selecto grupo de académicos de disciplinas diversas para analizar el futuro de la energía nuclear y las posibilidades que podía tener esta opción en el portafolio futuro de tecnologías de generación eléctrica.

El informe, que a día de hoy sigue siendo el intento más serio y concienzudo de analizar cuantitativamente las posibilidades de futuro de la energía nuclear (26), parte de la premisa de que la energía nuclear podría ser una opción para reducir las emisiones, pero que «en las condiciones actuales es improbable que lo sea porque está estancada y se enfrenta al declive». Por ello, el estudio analiza qué supuestos habrían de darse para que pudiéramos conservar la energía nuclear como una opción de futuro significativa para reducir las emisiones, al tiempo que contribuyera a satisfacer la creciente demanda de electricidad.

La principal conclusión a la que llegan los expertos del MIT es que para preservar la opción nuclear para el futuro es necesario resolver los cuatro problemas críticos que arrastra desde su inicio: coste, seguridad, residuos y proliferación; a los cuales cabría añadir ahora el de la percepción social. Estos problemas se acentuarían, además, si tenemos en cuenta que para satisfacer la demanda mundial habría que construir reactores en países en vías de desarrollo hoy no nuclearizados.

La superación de estos problemas, sin embargo, exige un esfuerzo técnico, político y económico de tal magnitud que «sólo estaría justificado si la energía nuclear pudiera contribuir significativamente a la reducción de las emisiones, lo cual implica una importante expansión del parque nuclear mundial. Preservar la opción nuclear significa planificar su crecimiento, y trabajar para un futuro en el que la energía nuclear sea una fuente energética competitiva, más segura y menos arriesgada», afirman.

Por todo ello, «desde el punto de vista de políticas públicas, los únicos escenarios que merecen ser considerados son o un despliegue a gran escala, o el abandono de la energía nuclear a lo largo de la primera mitad de siglo». De hecho, en su opinión, «plantear pequeños incrementos de capacidad nuclear justificándolos por el ahorro de emisiones es capcioso».

En consecuencia, los autores analizan un escenario global de crecimiento que triplicaría el parque nuclear de aquí al 2050 (entre 1.000 y 1.500 GWe) (27). Según el estudio, este despliegue ahorraría entre 800 y 1.800 millones de toneladas anuales de emisiones de carbono, lo cual representa entre el 15 y el 25% del incremento de las emisiones del escenario *business-as-usual* a 2050, según substituyeran a centrales de gas o de carbón. El estudio no analiza otras opciones de reducción de emisiones y por ello sus autores advierten que no pueden «llegar a conclusiones acerca de las prioridades relativas entre diversas opciones de reducción de emisiones», aunque consideran que sería un error excluir *a-priori* cualquiera de las opciones sin hacer el correspondiente análisis coste-beneficio.

En lo referente a costes, el estudio concluye que en mercados desregulados la energía nuclear no es competitiva con el gas y el carbón. Sin embargo, si se redujera la inversión necesaria por debajo de los 1.500 \$/kW (28), si se acortara el período de construcción a 4 años y se rebajaran en un 25% los costes variables de operación y mantenimiento; si se igualara el coste de capital con el de otras opciones; y si se penalizaran las emisiones de CO₂, la energía nuclear podría tener ventajas de coste.

En cuanto a la seguridad operativa, el estudio considera que habría que mantener una tasa de accidentes graves —con daños en el núcleo— por debajo de un accidente cada 50 años. Ello implica, dado el incremento previsto del parque nuclear, que hay que dividir por diez la tasa de accidentes de los diseños actuales, lo cual es considerado plausible por los autores en base a lo que la industria manifiesta acerca de sus nuevos diseños.

Otro prerrequisito que consideran fundamental es el de encontrar una solución a la proliferación, ya que consideran que «el régimen internacional actual es inadecuado para afrontar los retos de seguridad que plantearía el escenario de crecimiento propuesto.» A estos efectos, señalan que «los conflictos entre los principios sobre los que descansa el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP) y los deseos de otros países [como Rusia o los EE.UU. por un lado, e Irán por otro], podrían incrementarse en un escenario de difusión de la tecnología nuclear.» El objetivo debe-

ría ser «minimizar los riesgos de proliferación en todo el ciclo de combustible nuclear». Por ésta y otras razones de índole económica, proponen el ciclo abierto de combustible, sin reprocesamiento, suponiendo que habría suficiente uranio natural para toda la vida útil del parque contemplado (algo que otros estudios ponen en duda) (29).

Finalmente, la cuestión que los autores consideran «uno de los problemas más difíciles a los que se enfrenta la industria nuclear» ya que «más de cuarenta años después de que entrara en funcionamiento la primera central nuclear comercial, ningún país ha conseguido deshacerse de sus residuos de alta actividad». En su opinión, el almacenamiento geológico profundo es viable técnicamente para asegurar que alrededor del depósito la radiación sea inferior a los 15 milirem/año durante los 10.000 años posteriores al almacenamiento final. Sin embargo, señalan que la ejecución de un proyecto así no ha sido demostrada ni puede darse por segura (30).

En cuanto a la posibilidad de separar y transmutar los residuos, los autores dicen no creer que «pueda plantearse un caso convincente basado sólo en consideraciones de tratamiento de residuos que demuestre que los ciclos avanzados de combustible que separan y transmutan los residuos compensarían sus riesgos y costes». Proponen estudiar la tecnología de perforaciones profundas que puede ofrecer la posibilidad de mejorar los almacenes geológicos a un coste menor y plazos más cortos que los esquemas de partición y transmutación.

Tengan o no razón los expertos del MIT, y sean o no viables las soluciones que consideran plausibles, no parece probable que se dé un despliegue nuclear de la dimensión propuesta sin el liderazgo norteamericano y la participación de los países europeos, y sin que se inicien programas nucleares en muchos países en desarrollo. Es por ello que lo que ocurra en EE.UU. y en países como el Reino Unido y Alemania es fundamental. Sólo estos países, que junto a Rusia, Francia, Japón y China copan actualmente más del 80% del parque nuclear mundial, tienen tamaño y recursos para justificar las inversiones que requiere la mejora de la tecnología nuclear actual.

Pero una expansión nuclear de esta magnitud tendría, en estos países, importantes implicaciones para la estructura de la propia industria nuclear y de la de sus clientes, las empresas eléctricas. Dado que la energía nuclear tiene importantes repercusiones públicas en áreas como seguridad, gestión de residuos, emplazamientos, proliferación, etc., los gobiernos tienen una responsabilidad especial a la hora de asegurarse de que la estructura industrial que en su caso se desarrolle asegure la solución de esta problemática.

ca. La intersección de estos asuntos públicos con el funcionamiento de un mercado liberalizado no resulta fácil y no puede resolverse, como en otras industrias, con una regulación somera.

Como hemos dicho, esta tensión entre la responsabilidad pública y la operativa del mercado siempre ha estado presente en el sector nuclear. En EE.UU. la premisa ha sido que cualquier compañía eléctrica privada ha de ser capaz de adquirir y operar una central nuclear, y que debe permitírsele que así lo haga, bajo determinados controles gubernamentales. Otros países, como Japón y Alemania, siguieron la misma filosofía, mientras que en Rusia y China, la energía nuclear ha sido patrimonio del Estado, como lo ha sido también en Francia, donde todas las centrales nucleares son propiedad de EDF, una compañía de titularidad y gestión estatal. De una forma u otra, todas las centrales nucleares hoy en funcionamiento fueron construidas por monopolios estatales, o por compañías eléctricas verticalmente integradas operando en un entorno regulado (aunque en EE.UU. y en el Reino Unido algunas fueran luego vendidas a terceros).

En el marco regulatorio tradicional, muchos de los riesgos asociados a los costes de construcción, al rendimiento operativo de la central, a las oscilaciones del precio del combustible y otros factores fueron asumidos por los consumidores y no por las eléctricas, ya que se compensaba vía tarifa cualquier desviación. En el actual marco europeo de liberalización, sin embargo, la Directiva 2003/54 considera necesario fomentar y mantener la competencia en el mercado de generación y, como bien señala Claudio Aranzadi en un reciente artículo (31), son por ello las empresas eléctricas las que tienen que «decidir si invierten o no en nuevas centrales nucleares en función de la rentabilidad esperada de la inversión y de las restricciones establecidas por la normativa específica». Lógicamente, añade, «tanto los riesgos de mercado como los de inversión (plazos y costes) deberían ser soportados por las propias empresas,» coincidiendo con lo que afirma también el informe del MIT.

Ahora bien, ¿estamos ante un entorno económico que permita pensar que se dan las condiciones para un renacimiento nuclear como el que lleva varios años anunciándose —y como el que analiza el informe del MIT— o bien pudiera darse una repetición, quizás acelerada, de lo que aconteció en la década de 1970?

EL PANORAMA ESTADOUNIDENSE †

La administración de George W. Bush lanzó en el 2002 el programa *Nuclear Power 2010* (32) como

parte de la referida Política Energética Nacional, con objeto de reactivar las construcciones nucleares en EE.UU. El programa cristalizó en la constitución de tres consorcios empresariales que recibieron subvenciones para identificar posibles emplazamientos, evaluar nuevos diseños de reactores, estudiar los aspectos económicos de las nuevas construcciones y, sobre todo, para ensayar los nuevos procesos de licencia y regulación que la *Nuclear Regulatory Commission* (NRC) tenía previsto poner en marcha. El objetivo declarado era tener una central de nueva construcción operando antes de finalizar la década, lo cual requería que se cursara el pedido del reactor alrededor de 2003. Los planes, sin embargo, no surtieron efecto y la administración Bush se vio obligada a ampliar las ayudas a la industria nuclear para intentar que alguna empresa diera el primer paso, y lo hizo con la *Energy Policy Act* de 2005 (EPA 2005) (33).

La EPA 2005 incluye un conjunto de medidas destinadas a incentivar la construcción de los seis primeros reactores de una nueva generación, mediante una combinación de incentivos fiscales, subvenciones y avales estatales. Concretamente, y para la energía nuclear, la EPA 2005 incluye la extensión de la *Price-Anderson Act* que limita la responsabilidad civil de las centrales nucleares por otros 20 años; autoriza la compensación de hasta 2.000 millones de dólares por sobrecostos debidos a retrasos imputables a litigios con la NRC; asigna una prima de 1,8 ¢\$/kWh durante ocho años con un límite de 125 millones de dólares anuales por reactor para los 6.000 primeros MWe de nueva generación nuclear; establece un régimen de avales estatales que cubren hasta el 80% de la inversión, por un importe total que habrá de ir aprobando el Congreso estadounidense; autoriza la financiación de un reactor de demostración para la producción simultánea de electricidad e hidrógeno por un importe de 1.250 millones de dólares; y mejora el tratamiento fiscal de los gastos de desmantelamiento de centrales estimado en un ahorro para las eléctricas nucleares de unos 1.300 millones de dólares, amén de una serie de medidas menores que se espera faciliten el futuro despliegue nuclear (34). Todo ello destinado a «arrancar» (35) el proceso de construcciones o, como dice John Kane del *Nuclear Energy Institute* (NEI), para ayudar a «hacer el esfuerzo que se necesita para saltar la primera valla» (36).

A pesar de ello, y transcurridos ya tres años desde la entrada en vigor de la EPA 2005, ninguna empresa ha tomado todavía la decisión de construir una nueva central nuclear. Parece que este paquete de incentivos es todavía insuficiente, siquiera para animar a unas pocas construcciones. Por el momento, diecisiete empresas o consorcios han manifestado

su posible interés en construir hasta 30 reactores pero ninguna de ellas ha obtenido una licencia de construcción ni ha tomado la decisión de construir (37). Quizás por eso la *Energy Information Administration* (EIA) del Departamento de Energía estadounidense no prevé más que 17 GWe de nuevas construcciones hasta 2030, menos de una central por año, y con un incremento neto de sólo 14,5 GWe (38).

¿Por qué tres años después de la decidida apuesta de la administración Bush, de las múltiples medidas favorables y de que el Congreso haya autorizado hasta 18.500 millones de dólares en avales, sigue sin existir ni un solo proyecto firme de construcción de una central nuclear en EE.UU.? Las razones son, de nuevo, económicas, como no se cansan de repetir los máximos responsables de las eléctricas estadounidenses. John Rowe (presidente de *Exelon*, la primera operadora nuclear estadounidense), por ejemplo, empieza por afirmar que «dudo que haya nadie más familiarizado con los riesgos financieros de la nuclear, o alguien que esté más preocupado por ello que yo mismo», para a continuación decir que «una planta nuclear es algo que necesita entre ocho y diez años de construcción, que tiene una vida operativa de quizás 60 años, pero sin que haya forma de recuperar la inversión en menos de 20 años».

Por ello, remata, «no vamos a construir nuevas centrales nucleares sin el aval del gobierno federal» (39), una afirmación que también comparte Michael Wallace, vicepresidente de *Constellation Energy* y del consorcio *UniStart Nuclear* (40). Al parecer 18.500 millones de dólares en avales que cubran el 80% de las primeras inversiones no son suficientes siquiera para «arrancar». ¿Qué más podría hacer el gobierno estadounidense?

El 27 de marzo de 2007, el *Manhattan Institute* reunió en el *Harvard Club* de Nueva York a un selecto grupo de analistas para discutir la visión que tenía el mundo financiero de las posibilidades de inversión en nucleares sin que alcanzaran ninguna conclusión alentadora: «A los gestores de las eléctricas les encantaría generar beneficios con nuevas nucleares, pero a pesar de los incentivos regulatorios y de las subvenciones que se ofrecen, los fondos que deberían financiar estos proyectos creen que los riesgos son muy superiores a las potenciales recompensas». Y uno de los participantes añadió que «el entorno de mercado que ahora mismo tenemos es el mejor de los mundos ... si ni en estas condiciones se da una expansión de las inversiones nucleares — con las disponibilidades de capital y el apoyo político existentes — hemos de preguntarnos si alguna vez veremos estas inversiones.»

Para estos analistas, las medidas de la EPA 2005 no son suficientes: «parece que muchos banqueros están a la espera de garantías federales completas y amplias, y puesto que estas garantías no llegan, la nación deberá continuar a la espera de nuevas construcciones, a menos que los empresarios nucleares puedan convencer a sus accionistas para que financien los proyectos con fondos propios» (41).

A la vista de la situación, Pete Domenici, senador por New Mexico y posiblemente el más firme defensor de los intereses nucleares, introdujo en el Senado, y sin debate alguno, una pequeña enmienda sugerida por la industria nuclear que en el práctica puede permitir que no haya límites a los avales gubernamentales. La industria habla ya de que necesita 25.000 millones en el 2008 y 50.000 millones en los próximos dos años (42). Sin embargo, para Gregory Jacko, consejero de la NRC, ni siquiera esas cantidades serán suficientes ya que según sus cálculos para construir la siguiente generación de reactores nucleares se necesitarán 500.000 millones de dólares en avales (para 50 nuevos reactores) (43).

¿Cómo puede ser que en menos de tres años se haya pasado de considerar que unos cuantos miles de millones de dólares en avales estatales podían ser suficientes, a hablar de medio billón de dólares? Nos encontramos de nuevo con la sensación del *deja vu* de los años 1970: nadie sabe cuánto costarán las nuevas centrales y cada nueva estimación supera con creces la anterior en una espiral que parece no tener fin. Si el estudio del MIT cifraba en unos 2.000 \$/kW la inversión necesaria en una central nuclear —según la experiencia anterior a 2003— y postulaba un 25% de ahorro como factor necesario para que fueran competitivas en relación al carbón y al gas, las últimas estimaciones más que cuadruplican la hipótesis del MIT (44).

El análisis público más completo y riguroso de que se dispone es el realizado por *Florida Power&Light* (FPL) para la construcción de dos reactores Westinghouse AP-1000 de 1.100 MW cada uno. La última estimación, de enero de 2008, cifraba entre 12 y 18.000 millones de dólares el coste total del proyecto (45). Es decir, entre 5.500 y 8.200 \$/kW, más del doble de la estimación que había hecho *Progress Energy Florida* (PEF) dos años antes y cuatro veces la estimación del MIT en 2003, pero en línea con la estimación realizada por Moody's en octubre de 2007 (46), que cifraba la inversión en unos 6.000 \$/kW (47).

Tres meses más tarde, PEF estimaba también en 17.000 millones de dólares un proyecto similar al de FPL, el triple de su estimación inicial, y proponía un aumento del 3 al 4% anual de las tarifas eléctricas

durante los diez años que estima durará la construcción para ayudar a financiar el proyecto, en una propuesta sin precedentes (48). «No podemos eludir que la electricidad nuclear tiene un coste por adelantado para el consumidor, porque lo tiene», dice Jeff Lyash, presidente de *Progress Energy Florida* (49).

Algo similar está ocurriendo con todos los proyectos que se encuentran en negociación hasta el punto que compañías como la *MidAmerican Nuclear Energy Co.*, propiedad del magnate Warren Buffett, y la *South Carolina Electric&Gas Co.* han anunciado que abandonan sus planes de construcción (50).¹ Otros, como *Duke Energy* de South Carolina, prefieren mantener los costes en secreto para no dar armas a sus oponentes (51). Si en 2005, cuando se especulaba con unos costes de construcción muy inferiores, la EIA decía que «no se espera que las nuevas centrales resulten económicas» (52), ahora parecería que la situación ha empeorado sensiblemente. Así lo confirma el *Wall Street Journal* cuando afirma que «los elevados costes pueden incrementar notablemente la factura eléctrica e inevitablemente encenderán el debate acerca de la capacidad de la industria nuclear para satisfacer las crecientes necesidades energéticas» (53).

El almirante Frank L. Bowman, ex-director de *Naval Nuclear Propulsion* y como tal sucesor del también almirante Hyman Rickover (padre de toda la industria nuclear civil y militar) (54), recientemente nombrado director ejecutivo del NEI (55), pone el dedo en la llaga cuando dice que «la industria eléctrica estadounidense tiene ante sí una montaña de inversiones [y que] uno de los retos más importantes es el monto de estos proyectos en relación al tamaño, al valor de mercado y a la capacidad financiera de las empresas que tienen que construirlos ... las empresas eléctricas estadounidenses no pueden financiar los nuevos proyectos nucleares con cargo a su balance ... necesitarán ayudas crediticias ... ya sea en forma de avales estatales o de garantías gubernamentales que aseguren el retorno de las inversiones, o ambas cosas a la vez» (56), confirmando así lo que Peter Bradford, ex-consejero de la NRC, ya señaló con anterioridad: «la promesa de retorno de la energía nuclear no se basa en una recién materializada competitividad sino en la vieja fórmula de siempre: enormes subvenciones públicas y grandes facilidades para obtener las licencias y, quizás, compras garantizadas, con todo el riesgo para los consumidores» (57).

En la misma asamblea general del NEI en la que Frank L. Bowman hacía este diagnóstico, John Rowe, presidente de Exelon Corp. y del NEI, explicaba el estado de ánimo en que se encuentra la industria nuclear estadounidense. «No podemos dejarnos lle-

var por el entusiasmo de las notas de prensa... hemos de crear expectativas realistas... el renacimiento nuclear se desarrollará lentamente... quizás entre cuatro y ocho centrales a partir de 2016. Si estos primeros proyectos cumplen con sus calendarios y presupuestos, y si no tienen problemas de licencias y gozan del apoyo del público, podríamos iniciar una segunda ola de construcciones una vez la primera entre en explotación comercial.» Pero, «es difícil confiar en las estimaciones de costes de las nuevas construcciones ... ningún vendedor está ofreciendo precios ciertos e incluso las estimaciones preliminares se incrementan sin cesar».

Y en cuanto a los plazos, «nada enfriaría más el renacimiento nuclear que encontramos, después de 18 meses de haber iniciado una construcción con 18 meses de retraso», en clara alusión a lo que ha ocurrido en Finlandia (58). «Los costes asustan ... especialmente cuando los comparamos con la capitalización y el valor de mercado de las empresas que han de construir... ninguna empresa se jugará su futuro a un solo proyecto... necesitamos formas de compartir el riesgo». Además, «Yucca Mountain está encallado y no ha habido progreso alguno en las alternativas... y el apoyo público para unas inversiones multimillonarias sigue suponiendo un riesgo que no podemos ni controlar ni predecir» (59).

Resulta difícil sintetizar mejor las dudas que existen acerca del programa nuclear estadounidense (60). Unas dudas que se refieren no ya a la posibilidad de un gran programa de construcciones para mitigar el cambio climático y el declive de los combustibles fósiles como plantea el MIT; ni siquiera a algo menos ambicioso como podría ser la sustitución de los 104 reactores actualmente en funcionamiento; sino a la simple posibilidad de construir los 25 ó 30 reactores que John Rowe considera necesarios antes de 2030 para no entrar en un declive irreversible. Dudas que comparte y amplía el *Council on Foreign Relations* (CFR) en un reciente informe sobre los riesgos y oportunidades de la energía nuclear.

Teniendo en cuenta que incluso ampliando en 20 años la vida de todos los reactores en uso, los EE.UU. tendrán que clausurar, desmantelar y sustituir sus 104 reactores antes de la mitad de siglo —lo cual significa construir un nuevo reactor cada cuatro o cinco meses en los próximos 40 años— el CFR opina que «esta renovación representa un reto alarmante y, sin entrar en otras consideraciones, este hecho por sí solo hace que la energía nuclear no pueda ser una parte importante de la solución a la inseguridad energética de los EE.UU. por lo menos para los próximos 50 años» (61).

A nivel global, la renovación del parque actual también está en duda. Suponiendo que llegan a buen

término todos los proyectos de construcción identificados por la WNA para los próximos 15 años; que se cumplen las previsiones de la Agencia Internacional de la Energía Atómica (en total 90 nuevos reactores antes del 2020) (62), y extendiendo el ritmo de nuevas centrales hasta el 2050, obtendríamos 360 GWe de nueva capacidad hasta 2050, algo por debajo de lo que se necesita para sustituir la potencia actual (63). Si eso es así, es decir, si ni siquiera parece realista sustituir el parque actual para cuando deje de ser operativo, ¿qué sentido y qué objeto tiene plantear la opción nuclear como elemento decisivo en la respuesta al cambio climático y al declive de los combustibles fósiles?

CONCLUSIÓN

Ninguna de las condiciones estipuladas por el informe del MIT para salvaguardar la opción nuclear va camino de hacerse realidad y ni siquiera parece probable que podamos sustituir el parque actual antes de mediados de siglo. Por tanto, deberíamos ir pensando en que no podremos contar con la energía nuclear ni para compensar el declive de los combustibles fósiles ni para mitigar el cambio climático. Como explica Joseph Romm (64), del Departamento de Energía de los EE.UU. durante la administración Clinton, ello es debido a una miríada de limitaciones que restringen su crecimiento, especialmente a corto-medio plazo. Entre ellas:

- ✓ Unos costes de construcción y de capital prohibitivamente elevados y escalando
- ✓ Cuellos de botella en la producción de componentes clave de los reactores
- ✓ Períodos de construcción muy dilatados
- ✓ Dudas sobre las reservas de uranio y dependencia de unos pocos países
- ✓ Falta de solución a la gestión y la seguridad de los residuos
- ✓ Gran necesidad de agua en un entorno de escasez
- ✓ Costes muy elevados de la electricidad generada con nuevas centrales.

Si a estas dificultades añadimos que con el petróleo habiendo más que cuadruplicado su precio en los últimos cuatro años estamos entrando en un período que puede ser similar al que siguió al de la crisis de 1973 —con una posible repetición de la *stagflation* que dio al traste con la primera era nuclear (65),

y con un sistema financiero instalado en una crisis de liquidez— cualquier intento serio de renacimiento nuclear parece condenado a abortar prematuramente.

Pero aún en el supuesto de que estas dificultades fueran transitorias y llegaran a solventarse, la energía nuclear ni tan siquiera puede aspirar a ser una de las quince «cuñas estabilizadoras» que Stephen Pacala y Robert Socolow de la universidad de Princeton han identificado para reducir, con cada cuña, en 1 GtC/año las emisiones dentro de 50 años (66), y estabilizar con siete de ellas la concentración atmosférica de CO₂ por debajo de las 450 ppm. El *Keystone Center*, en un estudio financiado por la propia industria nuclear, ha calculado qué es lo que haría falta para aportar una de estas cuñas estabilizadoras con la energía nuclear (67):

- Construir una media de 14 centrales nuevas al año durante los próximos 50 años y aproximadamente 7,4 centrales más para sustituir el parque actual. En total, casi dos centrales al mes.

- Multiplicar por cinco la producción minera de uranio.

- Construir entre 11 y 22 plantas adicionales de enriquecimiento de uranio para complementar las 17 plantas existentes actualmente en el mundo.

- Construir 18 instalaciones adicionales de fabricación de combustible nuclear, además de mantener las 17 existentes.

- Construir 10 almacenes geológicos profundos del tamaño de Yucca Mountain para almacenar el combustible gastado.

Quienquiera que defienda la energía nuclear como estrategia de mitigación del cambio climático tiene la obligación de presentar un plan medianamente creíble para alcanzar estos objetivos que incluya una estimación de su coste, ya que en caso contrario se trataría sólo de plantear pequeños incrementos de capacidad nuclear justificándolos por un ahorro de emisiones que en poco o nada contribuirían a resolver el problema global, mientras que se desviarían unos recursos que sí podrían destinarse a otras soluciones más eficaces.

Sin embargo, ninguno de los defensores de la opción nuclear ha aceptado, hoy por hoy, este reto y por tanto mientras no lo hagan inducen a pensar que el cambio climático y el declive de los combustibles fósiles no son más que cortinas de humo que se utilizan en un intento desesperado por salvar una industria que parece condenada a desaparecer.

NOTAS †

- [1] *Blair reignites nuclear debate: American lobbying adds pressure as PM battles to keep controversial energy option on climate change agenda*, The Guardian, 7 de Julio de 2004. (<http://www.guardian.co.uk/environment/2004/jul/07/energy.nuclearindustry>)
- [2] *The World Nuclear Industry Status Report 2007*, The Greens/European Free Alliance, enero 2008 (<http://www.greens-efa.org/cms/topics/dokbin/206/206749.pdf>)
- [3] *World Energy Outlook 2006*, Agencia Internacional de la Energía. (<http://www.worldenergyoutlook.org/2006.asp>)
- [4] *Nuclear generation drops 1,9% in 2007*, World Nuclear News, 9 de junio de 2008. (<http://www.world-nuclear-news.org/>)
- [5] *Resultados y Perspectivas Nucleares 2007*, Foro Nuclear, junio 2008. (http://www.foronuclear.org/pdf/Resultados_perspectivas_nucleares_2007.pdf)
- [6] Ante esta realidad, y sin todavía perspectivas claras de nuevas construcciones, las autoridades norteamericanas están concediendo prolongaciones de las licencias de operación hasta los 60 años, en una decisión bastante arriesgada. Habrá que ver qué inversiones requerirán estos reactores para mantener los niveles de seguridad y su nivel de disponibilidad en los próximos años. Un accidente en cualquiera de estos reactores supondría probablemente el fin de esta estrategia y podría conducir a la desaparición repentina de una parte muy importante del parque nuclear americano.
- [7] La *Nuclear Decommissioning Authority*, creada en el Reino Unido para hacerse cargo de los pasivos de British Energy y de British Nuclear Fuels, estima en más de 125.000 millones de euros el coste de desmantelamiento de las centrales británicas y de las instalaciones de reciclaje de residuos, sin que este importe fuera provisionado con cargo a la electricidad generada desde que se inició la producción nuclear, por lo que el Estado ha tenido que hacerse cargo de este coste sin contrapartida alguna. Ver, por ejemplo: *£73bn to take nuclear plants out of service*, David Hencke, The Guardian, 30 de enero de 2008. (<http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jan/30/nuclearpower.energy>)
- [8] *The nuclear charm offensive*, Jonathan Leake, New Statesman, 23 de mayo de 2005. (<http://www.newstatesman.com/200505230004>)
- [9] *The Nuclear Renaissance*, World Nuclear Association. (<http://www.world-nuclear.org/info/inf104.html>)
- [10] Ver, por ejemplo, *Atomic Energy in the Coming Era*, David Dietz, Dodd, Mead & Co., 1945, y algo más moderado, *Atomic Energy in Cosmic & Human Life*, George Gamow, Cambridge University Press, 1947.
- [11] 'En su *Report to the U.S. Congress*, No. 4, AEC, 1948, se reconocía que «el coste de una planta eléctrica nuclear será substancialmente superior al de una central de carbón de la misma potencia».
- [12] *Power from the Atom – An Appraisal*, C.G. Suits, Nucleonics, vol. 8, nº 2, febrero 1951. En este mismo artículo, C. G. Suits escribía que «no resulta arriesgado decir ... que la energía atómica no es el medio por el cual el hombre se emanci-

- pará económicamente por vez primera, signifique esto lo que signifique; o que se quitará el yugo del trabajo físico, sea también eso lo que sea. En los laboratorios en los que se trabaja en este problema se oyen sonoras carcajadas cada vez que alguien, en un momento desafortunado, se refiere al átomo como la forma de superar la maldición bíblica. Ciertamente, no es así!».
- [13] Citado en *The Nuclear Power Deception: U.S. nuclear mythology from «too cheap to meter» to «inherently safe» reactors*, Arjun Makhijani y Scott Salesca, The Apex Press, 1999. Ver también, *Too Cheap to Meter?*, Canadian Nuclear Society, para ésta y otras citas similares. (<http://www.ieer.org/pubs/index.html#npd>) (<http://www.cns-snc.ca/media/toocheap/toocheap.html>)
- [14] *Change, Hope and the Bomb*, David E. Lilienthal, Princeton University Press, 1963
- [15] En este sentido, no deja de ser curioso que entre los defensores de la energía nuclear se cuenten también aquellos que se dicen partidarios acérrimos del libre mercado y de la no injerencia del Estado en los asuntos económicos. Ni en el pasado la energía nuclear hubiera tenido posibilidad alguna, ni ahora la tendría, sin la intervención estatal, ya sea en la regulación de los mercados, en la provisión de subvenciones y garantías sobre las inversiones, en la limitación de la responsabilidad civil o en la externalización al sector público, y por tiempo inmemorial, de la responsabilidad de la gestión de los residuos que genera. Para posiciones genuinamente liberales y contrarias a la promoción de la energía nuclear ver: *No Corporate Welfare for Nuclear Power*, Jerry Taylor y Navin Nayak, Cato Institute, 2003 y *Hooked on Subsidies*, Peter Van Doren y Jerry Taylor, Forbes, 26 de noviembre de 2007. (http://www.cato.org/pub_display.php?pub_id=3134) (<http://www.forbes.com/columnists/forbes/2007/1126/034.html>)
- [16] Aquellos interesados en profundizar en este período pueden consultar *Light Water: How the Nuclear Dream Dissolved*, Irvin C. Bupp & Jean-Claude Derian, Basic Books, 1978; *Nuclear Inc.: The Men and Money Behind Nuclear Energy*, Mark Hertsgaard, Pantheon Books, 1983; y el libro de la referencia 13.
- [17] *Nuclear Energy: Principles, Practices and Prospects*, 2nd Ed., David Bodansky, Springer, 2004
- [18] *Nuclear Follies*, James Cook, Forbes, 14 de febrero 1985.
- [19] Mención aparte merece el programa nuclear francés que sí fue potenciado después de la crisis del petróleo de 1973. Las motivaciones de este programa y las consecuencias de que, a diferencia de EE.UU., el sector eléctrico estuviera nacionalizado en Francia se explican en la referencia de la nota 21.
- [20] *Former TVA chairman rips agency's nuclear plans*, Forbes, 12 de junio de 2008 (www.forbes.com/feeds/ap/2008/06/12/ap5111776.html)
- [21] *El Espejismo Nuclear: Por qué la energía nuclear no es la solución sino parte del problema*, Marcel Coderch y Nùria Almiron, Los Libros del Lince, 2008
- [22] En sentido estricto nunca hubo una moratoria nuclear más allá de los cinco grupos nucleares de Lemoniz I y II, Valdecaballeros I y II y Trillo II. La vigente Ley 54/1997 del Sector Eléctrico así lo reafirma cuando dice que «en la generación eléctrica, se reconoce el derecho a la libre instalación y se organiza su funcionamiento bajo el principio de la libre competencia». Por tanto, no hay en España una moratoria nuclear, jurídicamente hablando.
- [23] Según Juan Manuel Eguiagaray, ex-ministro de Industria y Energía: «Es conocido que en pleno proceso de transición democrática el sector público hubo que rescatar financieramente a las empresas eléctricas del país, que se habían embarcado en un proceso de inversión faraónico, derivado de una planificación delirante, en absoluta contradicción con las necesidades constatadas de la demanda eléctrica en España. La preferencia por la energía nuclear contenida en aquellos planes puso en marcha la construcción de más grupos nucleares de los razonablemente necesarios, lo que llevó, por razones mucho más financieras que de cualquier otro tipo, a la llamada moratoria nuclear a partir de 1982 [sic]. Los costes de la paralización de proyectos de construcción en curso, así como el saneamiento financiero de las empresas, recayeron sobre los consumidores durante largos años, mediante recargos pagados en el recibo de la luz», *Reflexiones sobre la incertidumbre energética*, Cuadernos de Energía, nº 21, junio 2008, Club Español de la Energía. (<http://www.enerclub.es/frontEnerclubAction.do?action=viewCategory&id=40&publicationID=56271>)
- [24] Ver por ejemplo, *Attitudes Toward Energy*, Eurobarometer 2006, Comisión Europea. (http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_247_en.pdf)
- [25] *National Energy Policy: Report of the National Policy Development Group*, mayo 2001 (<http://nuclear.gov/pdfFiles/nationalEnergyPolicy.pdf>)
- [26] *The Future of Nuclear Power: An interdisciplinary MIT study*, MIT, 2003. (<http://web.mit.edu/nuclearpower/>)
- [27] Un escenario similar al que tanto Gordon Brown como John McCain se han referido recientemente, y también la Agencia Internacional de la Energía en su *Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios & Strategies to 2050*. (<http://www.independent.co.uk/news/uk/home-news/brown-says-world-needs-1000-extra-nuclear-power-stations-846238.html>) (<http://www.johnmccain.com/informing/news/Speeches/13bc1d97-4ca5-49dd-9805-1297872571ed.htm>) (<http://www.iea.org/Textbase/techno/etp/index.asp>)
- [28] En dólares de 2003 y para el llamado coste *overnight*. Es decir, sin tener en cuenta los costes financieros durante el período de construcción ni otros costes conexos.
- [29] Este es quizás el talón de Aquiles del escenario contemplado por el MIT, ya que las estimaciones de las reservas de uranio razonablemente localizadas y a un coste compatible con las demás hipótesis quedan bastante por debajo de las necesidades de un parque de 1.500 reactores funcionando durante 50 años. De hecho, el propio proyecto de la IV Generación parte del supuesto de que estas reservas no serán suficientes, siquiera para un crecimiento vegetativo del parque actual. Puestos en contacto con los redactores del informe solicitando información adicional sobre este extremo, la respuesta fue que «desafortunadamente no podemos ir más allá de lo que se dice en el estudio, pero estamos convencidos de que hay suficientes reservas de uranio». El reciente *Uranium 2007: Resources, Production and Demand* de la NEA/IAEA cifra en 5,5 millones de toneladas el uranio localizado y extraíble a menos de 59\$/lb, y otros 10,5 millones de toneladas de recursos hipotéticos y especulativos sin estimación de costes. El programa propuesto por el MIT requeriría unos 10 millones de

- toneladas de uranio hasta 2050 y los cálculos económicos se hicieron suponiendo un precio del uranio de 30\$/lb.
- [30] El despliegue nuclear que proponen requeriría la construcción de un almacén similar al proyectado en Yucca Mountain (70.000 toneladas de combustible gastado) cada tres o cuatro años en algún lugar del mundo. Yucca Mountain lleva más de veinte años de estudios que han costado 10.000 millones de dólares y según los planes originales debía estar operativo en 1998, pero la última fecha prevista es 2017. Sin embargo, ahora mismo se desconoce cuándo puede estar operativo ya que el Congreso norteamericano redujo su presupuesto para 2008 en un 21% y ni siquiera se han iniciado las obras. En cualquier caso, si se construyera con la capacidad prevista no podría ya acoger todo el combustible gastado en los EE.UU. y que está pendiente de almacenamiento.
- [31] *Ni freno ni acelerador a la energía nuclear*, Claudio Aranzadi, El País, 12 de junio de 2008. (http://www.elpais.com/articulo/opinion/freno/acelerador/energia/nuclear/elpepiopi/20080612elpepiopi_12/Tes)
- [32] *A Roadmap to Deploy New Nuclear Power Plants in the United States by 2010*, DOE, octubre 2001. (<http://nuclear.gov/np2010/np2010a.html>)
- [33] *Energy Policy Act 2005*, Congreso de los EE.UU. (http://www.epa.gov/oust/fedlaws/publ_109-058.pdf)
- [34] *2005 Energy Act: The Impacts on Nuclear Power*, ICF International, 2005. (<http://www.icfi.com/Markets/Energy/Energy-Act/nuclear-power.pdf>)
- [35] El término inglés empleado es «jump-start»; es decir, como arrancar un coche con un puente eléctrico.
- [36] *Energy Bill Raises Fears About Pollution, Fraud: Critics point to perks for industry*, Washington Post, 30 de julio de 2005. (<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2005/07/29/AR2005072901128.html>)
- [37] Esa era la situación a junio de 2008. Para un seguimiento de los acontecimientos, ver: (<http://www.nei.org/keyissues/newnuclearplants/>)
- [38] *Annual Energy Outlook 2008 (early release)*, Energy Information Administration, marzo 2008. (<http://www.eia.doe.gov/oiad/aeo/electricity.html>)
- [39] *America's Energy Future: Carbon, Competition and Kilowatts*, John Rowe, The Brookings Institution, 12 de febrero de 2008. (http://www.brookings.edu/~media/Files/events/2008/0212_energy/20080212_energy.pdf)
- [40] *Energy Bill Aids Expansion of Atomic Power*, E. L. Andrews y Matthew Wald, NYT, 31 de Julio de 2007. (<http://www.nytimes.com/2007/07/31/washington/31nuclear.html>)
- [41] *Nuclear Power: The Investment Outlook*, Nicole Gelinis, Manhattan Institute, junio 2007. (http://www.manhattan-institute.org/pdf/eper_01.pdf)
- [42] Ver referencia 40.
- [43] *Government Loan Guarantees for New Nuclear Too Small*, Selina Williams, Dow Jones Newswire, 10 de marzo de 2008. (<http://www.tmia.com/News/LoansTooSmall.htm>)
- [44] Para un análisis detallado de las estimaciones recientes de la inversión necesaria, ver: *Assessing Nuclear Plant Capital Costs for the Two Proposed Reactors at the South Texas Project Site*, Arjun Makhijani, marzo 2008. (<http://www.ieer.org/reports/nuclearcosts.pdf>)
- [45] *Nuclear Costs Explode*, Russell Ray, The Tampa Tribune, 15 de enero de 2008. (<http://www2.tbo.com/content/2008/jan/15/bz-nuclear-costs-explode/>)
- [46] *New Nuclear Generation in the United States: Keeping Options Open vs. Addressing an Inevitable Necessity*, Moody's Corporate Finance, octubre 2007. (http://www.alacrastore.com/storecontent/moodys/PBC_104977)
- [47] Para ser precisos, estas estimaciones no son del todo comparables con la cifra del MIT, ya que ésta no incluye todos los costes de construcción, mientras que las de Moody y las de las eléctricas sí pretenden incorporar los todos para tener una cifra más realista. Como dice Moody (ver referencia 47), «los costes *overnight* a menudo no incluyen costes propios ni la escalada de precios durante la construcción. A nosotros lo que nos preocupa es el total de todos los costes. Es como si al comprar una casa no tuviéramos en cuenta los muebles, los electrodomésticos, el arreglo del jardín, etc.»
- [48] Lo que *Progress Energy Florida* está proponiendo es que los consumidores no sólo asuman el riesgo de unos precios futuros más elevados como consecuencia de sobrecostes y retardos en la construcción de reactores nucleares, sino que empiecen a pagar ya más por la electricidad producida por otras plantas mientras dura la construcción y por un período de diez años para así mitigar los costes financieros. Es dudoso que el regulador permita esta práctica.
- [49] *Nuke Plant Price Triples: Progress energy's planned plant costs \$17 billion*, Asjyn Loder, St. Petersburg Times, 11 de marzo de 2008. (http://www.sptimes.com/2008/03/11/State/Nuke_plant_price_trip.shtml)
- [50] *Warren Buffett rejects Nuclear Plant in Idaho due to high cost*, Andrea Shipley, SunValley, 29 de enero de 2008; *SCE&G suspends plans to ask US NRC for license to build new nukes*, Platts, 28 de enero de 2008. (http://www.sunvalleyonline.com/news/article.asp?ID_Article=4581) (<http://www.platts.com>)
- [51] *Cost of nuclear plant fuels battle: Price of new plants in North and South Carolina would be ammunition for opponents if utilities didn't hold info close*, John Murawski, The News & Observer, 24 de abril de 2008. (<http://www.newsobserver.com/business/story/1048035.html>)
- [52] *Annual Energy Outlook 2005*, Energy Information Administration, febrero 2005, pág. 6. ([http://tonto.eia.doe.gov/ftproot/forecasting/0383\(2005\).pdf](http://tonto.eia.doe.gov/ftproot/forecasting/0383(2005).pdf))
- [53] *New Wave of Nuclear Plants Faces High Costs*, Rebecca Smith, The Wall Street Journal, 12 de Mayo de 2008. (<http://online.wsj.com/article/SB121055252677483933.html>)
- [54] Hyman Rickover dirigió el diseño del primer submarino de propulsión nuclear, diseño a partir del cual evolucionaron la mayor parte de los actuales reactores nucleares. Una decisión que muchos ingenieros nucleares piensan que fue un error porque los criterios de diseño para un motor de submarino no son los más apropiados para la generación de electricidad. (http://en.wikipedia.org/wiki/Hyman_G._Rickover)
- [55] <http://www.nei.org/aboutnei/governanceandleadership/>.
- [56] *Facing Facts*, remarks by Frank L. (Skip) Bowman at the Nuclear Energy Assembly, NEI, Washington, 6 de mayo de 2008. (http://www.nei.org/newsandevents/speechesandtestimony/2008_speeches_and_testimony/bowmanspeech_050508/)

- [57] *Why a Future for the Nuclear Industry is Risky*, David Schlissel, based in part on presentations by Peter Bradford, Synapse Energy Economics, enero 2007. (http://www.iccr.org/issues/globalwarm/risky_Jan07.pdf)
- [58] El reactor que está en construcción en Olkiluoto (Finlandia) ha pasado de ser considerado el botón de muestra de la reactivación nuclear europea a ejemplificar todas las dificultades con que pueden encontrarse las construcciones futuras. Con más de dos años de retraso y con un sobrecoste que Areva no se atreve a desvelar pero que se estima en más de un 70% de los 3.000 millones de euros de presupuesto cerrado, el proyecto va camino de empujar a Areva a una fusión con Alstom para absorber estas pérdidas. Ver, *Power Failure: What Britain should learn from Finland's nuclear saga*, Michael Savage, The Independent, 16 de enero de 2008, y *Areva: les pertes enflent en Finlande et joueraient en faveur d'une fusion avec Alstom*, Capital.fr, 22 de mayo de 2008. (<http://www.independent.co.uk/news/science/power-failure-what-britain-should-learn-from-finlands-nuclear-saga-770474.html>) (<http://www.capital.fr/actualite/Default.asp?source=FI&Numero=68708>)
- [59] *Nuclear Energy 2008: State of the Industry*, John Rowe, Nuclear Energy Assembly, NEI, Washington, 6 de mayo de 2008. (http://www.nei.org/newsandevents/speechesandtestimony/2008_speeches_and_testimony/rowespeech_050608/)
- [60] Por falta de espacio, el autor no ha podido analizar aquí el caso europeo, sobre todo la experiencia Finlandesa con la construcción del reactor EPR Olkiluoto 3, la febril actividad comercial francesa de la mano de Sarkozy, y los intentos británicos por iniciar su propio programa de construcciones. Como se explica en otro artículo que se publicará próximamente en <http://www.cidob.org/> lo más probable es que estos intentos, de menor entidad, choquen con los mismos problemas que se han analizado para el mercado norteamericano.
- [61] *Nuclear Energy: Balancing Benefits and Risks*, Charles D. Ferguson, Council on Foreign Relations, abril 2007. (http://www.cfr.org/publication/13104/nuclear_energy.html)
- [62] <http://www.world-nuclear.org/info/inf17.html>
- [63] Ver cálculos detallados en la referencia 67.
- [64] *The Self-Limiting Future of Nuclear Power*, Joe Romm, Center for American Progress Action Fund, junio de 2008. (http://www.americanprogressaction.org/issues/2008/pdf/nuclear_report.pdf)
- [65] *Stagflation fears in eurozone rise*, Ralph Atkins, Financial Times, 23 de junio de 2008.
- [66] *Stabilization Wedges: Solving the climate problem for the next 50 years with current technologies*, Stephen Pacala, Robert Socolow, Science, Vol. 305, no. 5686, pp. 968-972, 13 de agosto de 2004. (<http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/305/5686/968>)
- [67] *Nuclear Power Joint Fact-Finding*, The Keystone Center, junio 2007. ([http://www.keystone.org/spp/documents/FinalReport_NJFF6_12_2007\(1\).pdf](http://www.keystone.org/spp/documents/FinalReport_NJFF6_12_2007(1).pdf))