

**“Este análisis pormenorizado
de las realidades aleccionadoras de la industria nuclear
es un antídoto saludable para la irracional exuberancia.”**

Amory B. Lovins
Chairman and Chief Scientist,
Rocky Mountain Institute, USA

INFORME DEL 2007 SOBRE EL ESTADO DE LA INDUSTRIA NUCLEAR EN EL MUNDO

(Actualizado en fecha 31 de diciembre de 2007)

Autor:

Mycele Schneider, París

con la contribución de

Antony Froggatt, Londres

Consultores independientes

Bruselas, Londres, París, Enero 2008

Versión castellana realizada por **Josep Puig**, Dr. ingeniero y consultor
Barcelona, Catalunya, Enero-Febrero 2008

Encargo del Grupo de Los Verdes – EFA en el Parlamento Europeo



Los Verdes | Alianza Libre Europea
en el Parlamento europeo

“Un informe ilustrativo”

Sam Geal
Deputy Editor
China Dialogue
Londres, UK

“De obligada lectura para cualquier observador de la industria nuclear”

Henry Sokolski
Director ejecutivo
Nonproliferation Policy
Education Center (NPEC)
Washington, USA

“La calidad de vuestra información es impecable”

Alain Michel
Antigua directivo de la industria nuclear
Editor, *Le Hêtre Pourpre*
Namour, Bélgica

Nota: este documento puede ser descargado gratuitamente del sitio web del Grupo de Los Verdes – EFA en el Parlamento Europeo, en:

http://www.greens-efa.org/cms/topics/dokbin/223/223595.informe_del_2007_sobre_el_estado_de_la_i@en.pdf

English version at:

http://www.greens-efa.org/topics/dokbin/206/206709.the_world_nuclear_industry_status_report@en.pdf

Para cualquier pregunta o comentario, se puede contactar a:

Michel Raquet

Asesor de energía
Verdes / EFA
Parlamento Europeo
PHS 06C69
Rue Wiertzstraat
B-1047 Brussels
Teléfono: +32.2.284.23.58
Correo-e: mraquet@europarl.eu.int
Web: www.greens.efa.org

Para contactar con los autores:

Mycele Schneider Consulting

45, Allée des deux cèdres
91210 Draveil (París)
France
Skype: mycleschneider
Teléfono: +33-1-69 83 23 79
Fax: +33-1-69 40 98 75
Correo-e: mycele@orange.fr

Antony Froggatt

53^a Nevill Road
N16 8SW Londres
UK
Skype: antonyfroggatt
Teléfono: +44-207-923 04 12
Fax: +44-207-923 73 83
Correo-e: a.froggatt@btinternet.com

Los autores desean agradecer a Julie Hazemann, a EnerWebWatch y a Nina Schneider, por su ayuda con las estadísticas de reactores y el diseño gráfico.

Indice

Introducción y visión general

Escepticismo de las instituciones financieras internacionales y de los analistas

Falta de estudiantes, trabajadores y capacidad de fabricación

Más retórica que realidad

Tabla 1: Estado de la energía nuclear en el mundo en el año 2007

Panorama general por región/país

Africa

Las Américas

Asia

Europa

La energía nuclear en la Europa occidental

La Energía nuclear en Europa Central y Oriental

Rusia y la antigua Unión Soviética

Los autores

Mycle Schneider es un consultor internacional independiente sobre política energética y energía nuclear, establecido en París.

Fundador de la Agencia de Información de Energía WISE-París en 1983 y fue su director hasta 2003. Desde 1997 ha proporcionado servicios de información y consultoría al Ministro de Energía belga y a los Ministerios de Medio Ambiente alemán y francés, a la Organización Internacional de la Energía Atómica, a Greenpeace, a la Internacional de Médicos para la Prevención de la Guerra Nuclear, al Fondo Mundial por la Naturaleza, a la Comisión Europea, al Panel de Evaluación de Opciones Científicas y Tecnológicas del Parlamento Europeo y su Dirección General de Investigación, al *Oxford Research Group* y al Instituto Francés para la Seguridad Nuclear y Protección contra las radiaciones. Desde 2004 es responsable de las clases de Estrategia energética y medio ambiente del Master Internacional del Programa de gestión ambiental e ingeniería energética de la Escuela de Minas de Nantes (Francia). En 1997 recibió el *Right Livelihood Award* (Premio a la Justa Subsistencia o Premio Nobel Alternativo) juntamente con Jinzaburo Takagi de Japón.

Antony Froggatt trabaja como consultor europeo independiente de energía.

Desde 1997 Antony ha trabajado como investigador y escritor, no vinculado a ningún grupo, sobre temas de política energética y nuclear en la Unión Europea y en países vecinos. Ha trabajado de forma exhaustiva en temas de energía para diversos gobiernos europeos, para la Comisión y el Parlamento Europeos, para ONG de medio ambiente, para entidades comerciales y para medios de comunicación. Ha presentado testimonios en audiencias y comisiones de investigación en los Parlamentos de Austria, Alemania y la UE. Es *Research Fellow*, a tiempo parcial, en el *Royal Institute of International Affairs – Chatham House* de Londres. Trabaja intensamente con grupos ecologistas de toda Europa, especialmente sobre mercados de energía y políticas energéticas y ayudó a establecer una red sobre eficiencia energética. Es un conferenciante en numerosas conferencias, universidades y programas de formación. Antes de trabajar por libre, dedicó nueve años al trabajo como jefe de campañas y coordinador de Greenpeace Internacional.

Introducción y visión general

Hace 53 años, en septiembre de 1954, el jefe de la Comisión de la Energía Atómica de los Estados Unidos (US AEC) afirmó que la energía nuclear llegaría a ser “tan barata que no requeriría contadores”: el coste de producir energía a partir de centrales nucleares sería tan bajo que no justificaría las inversiones en contadores de electricidad. Esta profecía americana coincidió con el anuncio de la conexión a la red de la primera central nuclear . . . en la, entonces denominada, Unión Soviética. En junio de 2004, la industria nuclear internacional celebró, en el mismo emplazamiento, el aniversario de la conexión a la red del primer reactor en Obninsk, Rusia, con una conferencia titulada “50 años de energía nuclear – los próximos 50 años”. Este informe tiene por objetivo proporcionar una sólida base para el análisis del futuro de la industria electro-nuclear.

Hace 15 años, el Worldwatch Institute de Washington, el WISE-Paris y Greenpeace Internacional publicaron el *World Nuclear Industry Status Report 1992*, que fue actualizado mas tarde en el año 2004 por dos de sus autores. La presente publicación proporciona una versión completamente actualizada y ligeramente diferente de la versión del año 2004.

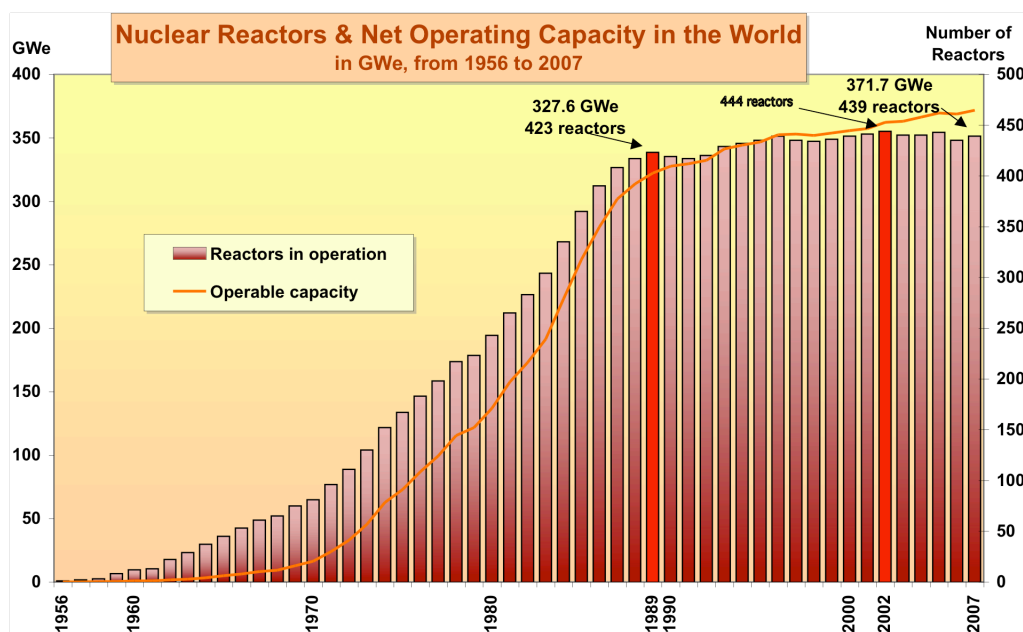
El *World Nuclear Status Report 1992* llegaba a la conclusión:

“La industria electro-nuclear está siendo echada del mercado global de la energía (. . .) Muchas de las centrales nucleares que permanecen en construcción están a punto de finalizar sus obras de manera que en los próximos años la expansión nuclear en el mundo se ralentizará a un hilillo. Actualmente parece que en el año 2000 el mundo tendrá como máximo 360.000 MW de potencia instalada nuclear, solo un diez por ciento superior a la potencia actual. Ello contrasta con las previsiones de 4.450.000 MW que el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) había hecho en el año 1974 para el año 2000.”

En realidad la potencia nuclear instalada de 436 unidades funcionando en el mundo en el año 2000, era inferior a 352.000 MW o 352 GW¹. El análisis realizado en 1992 ha demostrado su corrección. A finales de 2007, había 439 unidades funcionando en el mundo – una menos que las que había funcionando cuando se hizo pública la versión de 2004 del *World Nuclear Industry Status Report* y cinco unidades menos que el máximo histórico de 2002 – con una potencia total de 371,7 GW.

Gráfico 1: número de reactores y potencia nuclear instalada en el mundo (1956-2007), GWe

¹ 1 GW = 1,000 MW = aproximadamente 1 gran reactor nuclear para generar electricidad
Mycele Schneider with Antony Froggatt *World Nuclear Industry Status Report 2007*



© Mycle Schneider Consulting

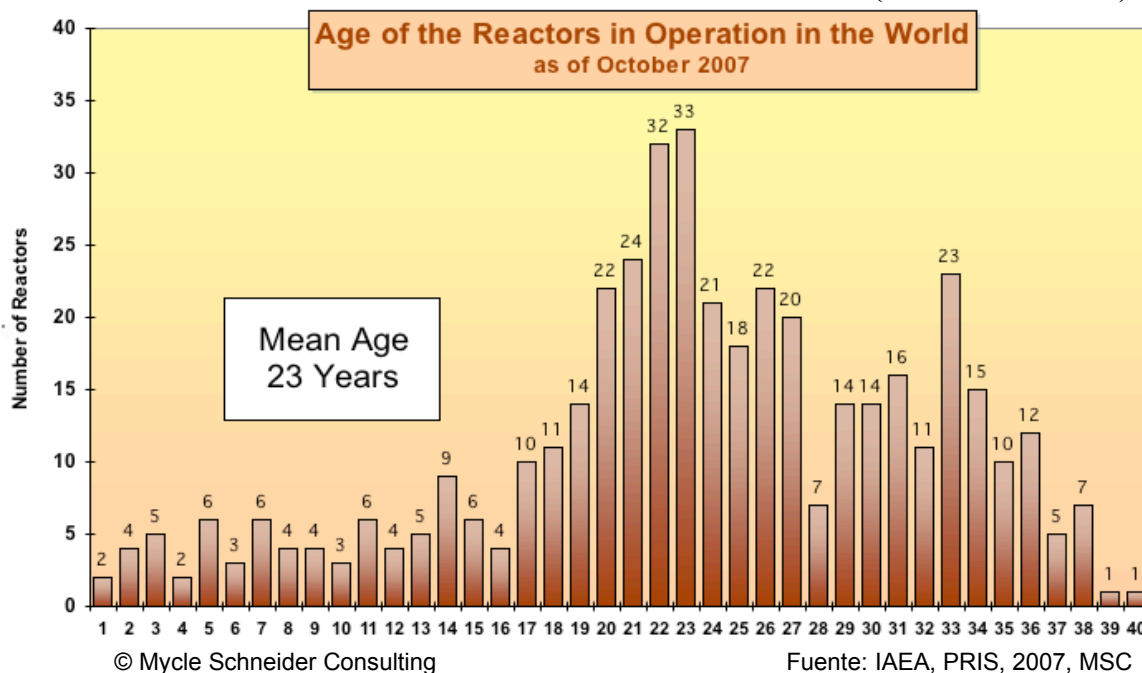
Fuente: IAEA, PRIS, 2007², MSC

La potencia instalada ha aumentado de forma más rápida que el número de reactores en funcionamiento, debido a que las unidades que se cierran son de potencia inferior que las que entran en funcionamiento y porque se procede a un aumento de potencia en muchas centrales existentes. Según la *World Nuclear Association* (WNA), en los Estados Unidos de América, la Comisión Reguladora Nuclear (NRC) ha aprobado 110 licencias para aumentar la potencia de reactores nucleares desde el año 1977, en unos pocos casos de hasta el 20%. Como resultado de ello, solo en los EUA la potencia nuclear ha aumentado 4,7 GW³. Una tendencia parecida de aumento de potencia y alargamiento de la vida útil de los reactores se puede observar en Europa. Sin embargo, en ausencia de nuevos reactores construidos, la media de edad de las centrales nucleares en funcionamiento en el mundo se ha incrementado sin cesar y actualmente es de 23 años, dos más que cuando se publicó el informe en el año 2004 (Ver Gráfico 2).

² Organización Internacional de la Energía Atómica (OIEA-IAEA), Power Reactor Information System (PRIS), see <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>

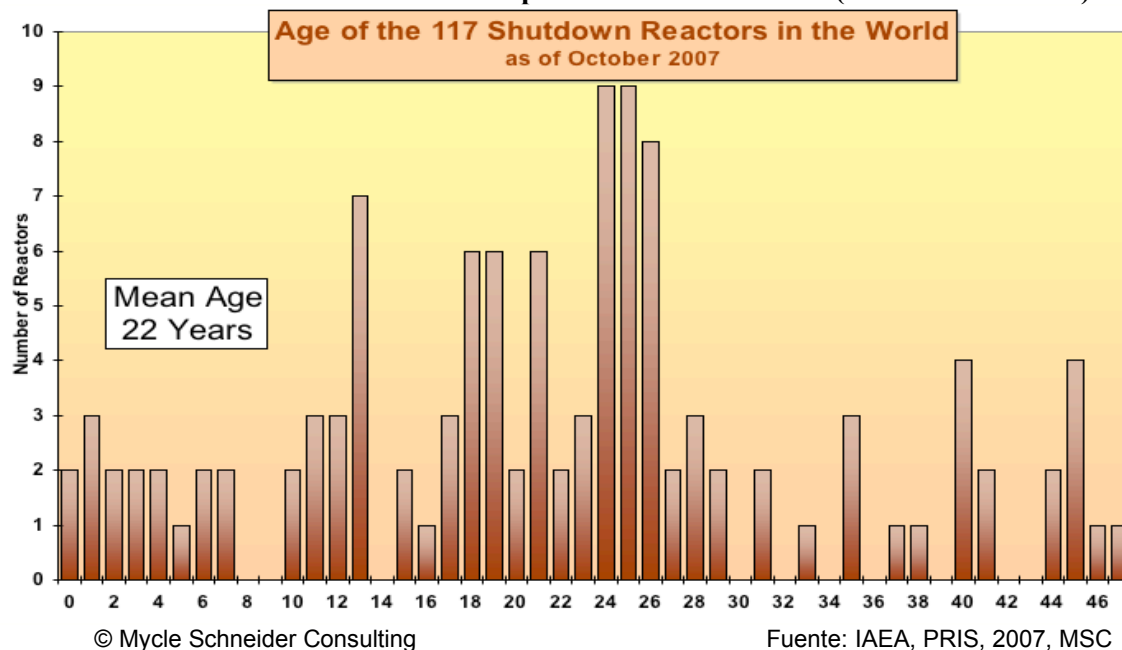
³ <http://www.world-nuclear.org/info/Copy%20of%20inf17.html>

Gráfico 2: Edad de los reactores en funcionamiento en el mundo (hasta octubre 2007)



Un total de 117 reactores se han cerrado de forma permanente, con una vida media de cerca de 22 años, un año superior a la de 2004 (ver Gráfico 3). Desde la edición del 2004 del *Status Report*, se han cerrado diez reactores – ocho durante 2006 – y nueve se han puesto en funcionamiento.

Gráfico 3: Edad de los 117 reactores paralizados en el mundo (hasta octubre 2007)



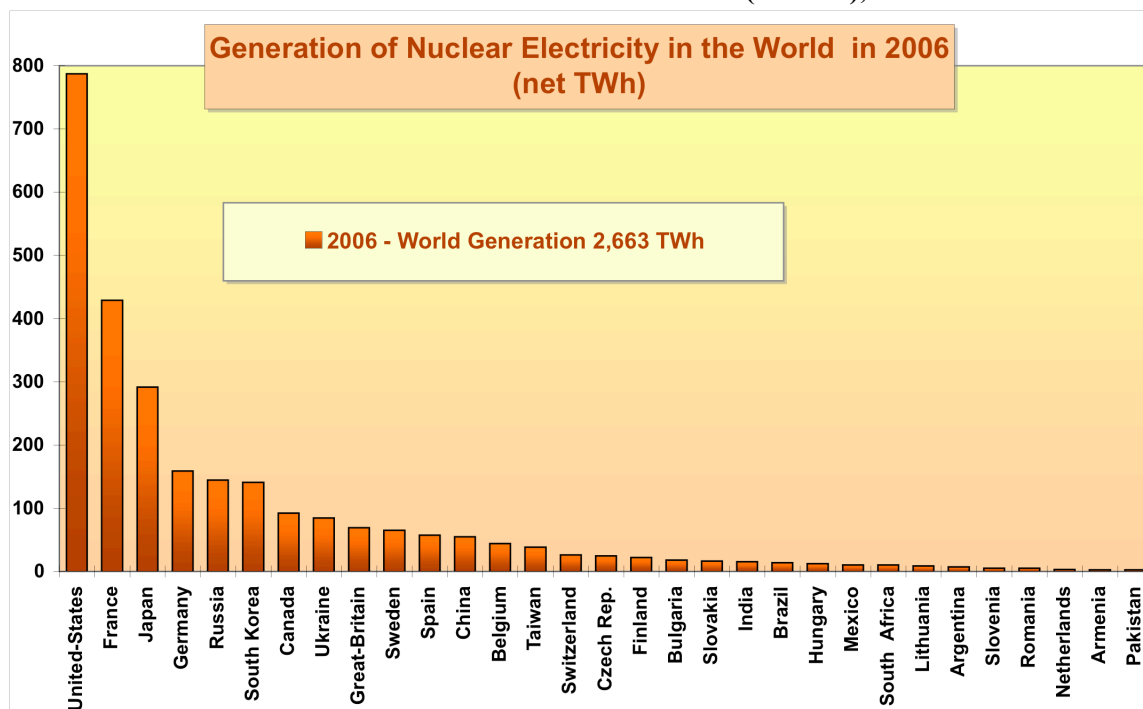
La potencia instalada del parque nuclear mundial se incrementó anualmente, entre los años 2000 y el 2004, en unos 3.000 MW, mayoritariamente mediante aumentos de potencia en centrales ya existentes y disminuyó a 2.000 MW anualmente entre los años 2004 y el 2007. Estas cifras deben compararse con el incremento neto global en potencia instalada eléctrica de unos 135 GW por

año⁴. Solo la energía eólica registró un incremento anual de 13.300 MW entre los años 2004 y 2006, superior en 6.5 veces mas que el incremento de la energía nuclear. Ello deja a la energía nuclear en un porcentaje global de aproximadamente un 1,5% del incremento anual.

Este ligero incremento de la energía nuclear no será suficiente, al menos a corto o a medio plazo, para mantener su porcentaje actual – del 16% - en la generación total de electricidad en el mundo y el 6% en la energía primaria comercial – que es inferior a la aportación de la energía hidráulica – o entre el 2% y el 3% del consumo final de energía en el mundo.⁵

La utilización de la energía nuclear se limita a un pequeño número de países del mundo. Solo 31 países, o el 16% de los 191 Estados miembros de las Naciones Unidas, operan centrales electro-nucleares (ver Gráfico 4). Los seis grandes – EUA, Francia, Japón, Alemania, Rusia, Corea del Sur – la mitad de los cuales son Estados con armamento nuclear, generan casi las tres cuartas partes de la electricidad nuclear del mundo. La mitad de los países nucleares del mundo se localizan en Europa occidental y central y producen una tercera parte de la electricidad nuclear mundial. El máximo histórico de 294 reactores nucleares funcionando en Europa occidental y Norteamérica se alcanzó ya en el año 1989. De hecho, el declive de la industria nuclear empezó hace muchos años, sin ser notada por el público.

Gráfico 4: Generación de electricidad nuclear en el mundo (en 2006), TWh netos



© WISE-París / Mycle Schneider Consulting

Fuente: IAEA, PRIS, 2007

⁴ Ello es el promedio anual de potencia neta añadida entre 2003 y 2010 según estimación de la Agencia Internacional de la Energía de la OCDE en su *International Energy Outlook 2006*.

⁵ La energía final es la cantidad de energía disponible para el usuario, lo que es lo mismo que la energía primaria que entra en el sistema, menos las pérdidas por transformación de calor a electricidad y las pérdidas debidas al transporte/distribución de la misma. En el caso de la electricidad, entre la mitad y tres cuartas partes de la energía primaria se pierde antes de llegar al usuario.

La industria nuclear internacional continua augurándose un futuro brillante. “El incremento de la demanda, la preocupación por el cambio climático y la dependencia exterior del suministro de combustibles fósiles están coincidiendo para reforzar la opción nuclear. El incremento de los precios del gas y las limitaciones del efecto invernadero del carbón se han combinado para poner la energía nuclear otra vez en la agenda de la nueva potencia a instalar en Europa y Norteamérica”, según la WNA⁶.

La industria nuclear no está sola en proclamar su “renacimiento”. Durante los tres últimos años, diversas evaluaciones internacionales del futuro posible de la energía nuclear en el mundo se han ajustado a perspectivas mas optimistas para el horizonte 2030. El *World Energy Outlook 2007*⁷ de la Agencia Internacional de la Energía de la OCDE presenta un “escenario de referencia”, un “escenario de política alternativa” y un “caso de estabilización 450” que incluyen 415 GW, 525 GW y 833 GW respectivamente de energía nuclear. La generación de electricidad a partir de centrales nucleares en el escenario de alta penetración nuclear doblaría los niveles actuales para alcanzar 6.560 TWh en el año 2030. Bajo el escenario de referencia el porcentaje de energía nuclear en el suministro mundial de energía primaria comercial caería desde el 6% al 5% en 2030.

La versión 2006 del *World Energy Outlook* decía que “la energía nuclear solo llegará a ser mas importante si los gobiernos de los países donde la energía nuclear se acepta juega un papel mas activo en la facilitación de las inversiones privadas, especialmente en los mercados liberalizados” y “si las preocupaciones relativas a la seguridad de las centrales, a la deposición de los residuos nucleares y al elevado riesgo de proliferación pueden ser solucionadas satisfactoriamente para el público,”⁸

Un reciente informe encargado por el InterAcademy Council, un organismo de investigación que federa las academias de ciencias, dijo de forma parecida: “como recurso de bajo contenido en carbono, la energía nuclear puede continuar haciendo una contribución significativa en el portafolio futuro de la energía en el mundo, pero solo si pueden resolverse las principales preocupaciones referentes a los costes de capital, seguridad y proliferación nuclear” y concluyó que “un surge ninguna conclusión cierta referente al futuro papel de la energía nuclear, excepto que un renacimiento global de la energía nuclear comercial difícilmente se materializará en las próximas décadas sin un substancial apoyo de los gobiernos.”⁹

El Departamento de Energía de los EUA, en su última edición del *Internacional Energy Outlook (IEO)*, pronostica 438 GW nucleares en el año 2030, “en contraste a las proyecciones de declive en la potencia instalada nuclear en los pasados IEO”.¹⁰

El Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) ha revisado sus proyecciones en diversas ocasiones durante los últimos años y anticipa 447 GW en su escenario “bajo” y 679 GW en su escenario “alto” para el año 2030.¹¹ El secretariado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) publicó un “background paper” sobre inversiones referentes al “nivel internacional el desarrollo de respuestas efectivas y apropiadas al cambio

⁶ <http://www.world-nuclear.org/info/inf104.html>

⁷ OECD-IEA, “World Energy Outlook 2007”, 7 Noviembre 2007

⁸ OECD-IEA, “World Energy Outlook 2006”, 7 Noviembre 2006

⁹ InterAcademy Council, “Lighting the Way”, Octubre 2007

¹⁰ US Department of Energy, Energy Information Administration, “International Energy Outlook 2006”, Junio 2006, ver www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html

¹¹ IAEA, Comunicado de prensa, 23 Octubre 2007, <http://www.iaea.org/NewsCenter/PressReleases/2007/prn200719.html>

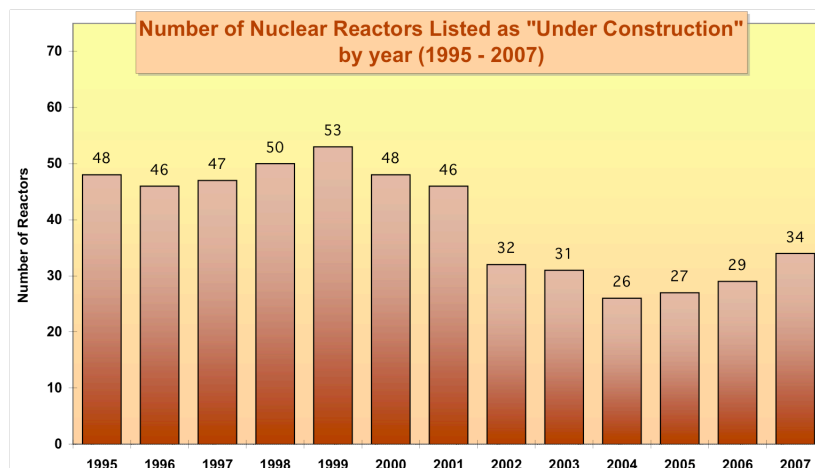
climático” que presentaba un “escenario de referencia” y un “escenario de mitigación” con 546 GW¹² y 729 GW¹³ de potencia nuclear para el año 2030.¹⁴

Los escenarios antes mencionados “proyectan” una potencia instalada nuclear para el año 2030 entre 415 GW y 833 GW, un incremento de entre el 13% y el 125% de la potencia instalada actual (371 GW).

De hecho, incluso la cifra inferior corresponde a un significativo reto considerando la estructura actual de edad del parque nuclear en funcionamiento. Ninguno de los escenarios proporciona análisis apropiados de los necesarios y muy substanciales incrementos en educación, en desarrollo de fuerza de trabajo, capacidad de fabricación y cambios en la opinión pública.

Para el futuro inmediato, las nuevas construcciones de centrales nucleares permanecen restringidas a Asia. De las 34 unidades listadas por el OIEA como en fase de construcción en 13 países (a 31 de diciembre de 2007) – ocho mas que a finales de 2004, pero 20 menos que a finales de los 90 – todas las unidades, excepto cuatro, se localizan en Asia o en Europa Oriental. Doce de ellas han estado formalmente en fase de construcción en los últimos 20 años o mas. El mas prolongado período de construcción jamás alcanzado lo tiene el reactor americano Watts Bar-2, que recientemente reinició su construcción - originalmente se empezó a construir en 1972 – juntamente con el proyecto de reactor iraní Busheer-1, que se empezó a construir en Mayo 1975 y continua hoy acumulando retrasos. El proyecto ruso de reactor reproductor de neutrones rápidos, BN-800, que empezó a construirse en 1985 y Watts Bar-2 hoy han sido incluidos otra vez en las estadísticas oficiales. (Ver Apéndice-1 para mas detalles sobre reactores en construcción).

Gráfico 5: Número de reactores listados como “en construcción”, por año (1995-2007)



© Mycle Schneider Consulting

Fuente: CEA 1997 – 2006, IAEA 2007, MSC

Gráfico 6: Proyección 2008-2056 de reactores nucleares (número/potencia) en funcionamiento o en construcción en el mundo (hasta 31 diciembre 2007)

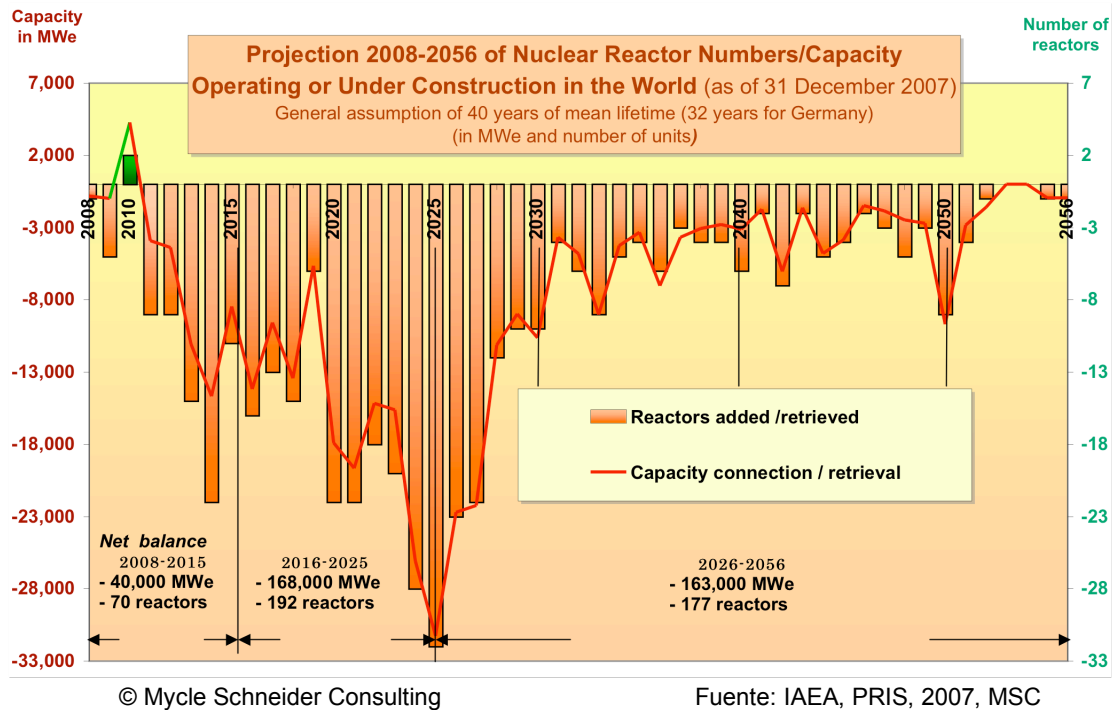
Se asume 40 años de vida media (32 años en Alemania), en MWe y n° de unidades

¹² añadir 180 GW sobre la potencia instalada nuclear en 2004 de 366 GW

¹³ Ello corresponde a prácticamente doblar la actual potencia instalada nuclear. La cifra de 729 GW en vez de los aproximadamente 730 GW sugiere un nivel de precisión que está tan alejado de la realidad como la cifra misma.

¹⁴ UNFCCC, “Analysis of existing and planned investment and financial flows relevant to the development of effective and appropriate international response to climate change”, 2007

http://unfccc.int/files/cooperation_and_support/financial_mechanism/application/pdf/background_paper.pdf



De cara a evaluar el estado de la industria nuclear en el mundo, ayuda la estimación del número de unidades que deberán reemplazarse durante las próximas décadas para mantener el número actual de centrales en funcionamiento. Hemos considerado una media de vida de 40 años para cada reactor, con la excepción de las restantes 17 centrales nucleares alemanas que, de acuerdo con la legislación vigente en el país, deberán cerrarse después de una vida operativa de unos 32 años. Considerando que la media de edad de los reactores cerrados hasta hoy es de 22 años, prever 40 años de vida puede considerarse optimista, pero a su vez parece realista dado el avance que se ha alcanzado en la generación actual de centrales si se compara con la generación previa.

El Gráfico 6 ilustra los resultados. El cálculo incluye los 24 reactores con fecha de inicio de los 34 listados como en construcción por el OIEA a finales del año 2007, todos los cuales, excepto uno, deberían estar en funcionamiento en 2015. En total 93 unidades alcanzarán la edad de 40 años entre enero de 2008 y 2015 o se prevé que se paralicen por otras razones. En otras palabras, además de los 23 en construcción con fechas de inicio de operación publicadas en este plazo de tiempo, 70 unidades o cerca de 40.000 MW (40 GW) deberían entrar en funcionamiento hasta el año 2015 si se quiere mantener el actual nivel de equipamiento nuclear. Incluso tomando en consideración las 10 unidades que están oficialmente en fase de construcción pero no tienen fecha de inicio de operación, deberían planearse, construirse y ponerse en funcionamiento 60 reactores en los próximos ocho años para mantener el nivel actual de unidades operativas. Ello parece virtualmente imposible dados los largos periodos de tiempo necesarios para materializar proyectos nucleares. Además, en las próximas décadas – hasta el año 2025 – se necesitarían un total de 192 nuevas unidades o mas de 168.000 MW para mantener el actual status quo.

De acuerdo con la misma lógica, entre 2007 y 2030 deberían reemplazarse un total de 338 reactores para mantener el mismo número de centrales operativas que las que están funcionando en el día de hoy. La OIEA, en su escenario bajo, ha considerado el cierre de 145 unidades y la

construcción de 178 nuevas hasta el año 2030.¹⁵ Ello requeriría que 193 unidades alargaran su vida mas allá de los 40 años.

Los desarrollos en Asia y especialmente en China no van a alterar fundamentalmente este panorama. La agencia *China Daily* recientemente manifestó: “China ha desarrollado recientemente, por la vía rápida, la energía nuclear con el objetivo de llevar la potencia instalada de cerca de 9.000 MW en 2007 hasta 40.000 MW en el año 2020, de acuerdo con el plan de desarrollo para la industria electro-nuclear.”¹⁶ El tiempo medio de construcción para las unidades hoy existentes fue de 6,3 años. Incluso en el caso de significativos avances en el tiempo necesario para la construcción de nucleares para ser operativas en 2020, la construcción de todas las unidades debería empezar antes de 2015. Solo cerca del 10% de los 31.000 MW adicionales están hoy en construcción, con cinco unidades que totalizan 3.200 MW que se iniciaron en los últimos tres años. La frecuencia de construcción debería triplicarse con creces para alcanzar el ambicioso objetivo. Una perspectiva que parece muy improbable¹⁷ aunque no totalmente imposible. Pero incluso si se alcanzara este objetivo el reto en términos de inversión de capital, tecnología y organización solo substituiría el 10% de las unidades que alcanzarán la edad de 40 años en todo el mundo en el período de tiempo considerado.

Un análisis encargado por una empresa eléctrica al Keystone Center apuntaba que para construir 700 GW de potencia nuclear “sería necesario que la industria volviera inmediatamente al mas rápido período de crecimiento que había experimentado en el pasado (1981-1990) y sostener el ritmo de crecimiento durante 50 años.”¹⁸ La organización industrial WNA es particularmente optimista al respecto y afirma: “Es notable que en los años 1980, se iniciara la construcción de 218 reactores, una media de un reactor cada 17 días (. . .) Por tanto no es difícil de imaginar que se pudieran encargar una cantidad parecida durante la década que se inicia en 2015. Pero con China e India aumentando la velocidad de la energía nuclear y con una demanda mundial de energía en el año 2015 dos veces mayor que la de 1980, una estimación realista de lo que es posible podría ser el equivalente a una unidad de 1.000 MW cada 5 días en todo el mundo.”¹⁹

Ken Silvester, director de la consultora americana *Energy Industry Analysis* manifiesta:

“Como resultado de la desregulación del mercado de la electricidad y otras incertidumbres políticas y de mercado, ninguna empresa eléctrica nuclear puede afrontar el riesgo financiero de construir centrales nucleares. Un informe de Standard & Poor’s identifica las barreras. Los costes financieros para los retrasos en la construcción, por ejemplo, podrían añadir incontables sumas a cualquier proyecto futuro. Ello, continua diciendo, incrementaría las amenazas a cualquier prestador. Para atraer nuevo capital, los futuros promotores deberán demostrar que los peligros ya no existen o que la legislación energética podría mitigarlos.” Meter Rugby, analista de Standard & Poor’s y autor del informe afirma: “El legado industrial de incrementos de coste, problemas tecnológicos, engorrosos descuidos políticos y regulatorios, y los novísimos riesgos ocasionados por las preocupaciones entorno a la competencia y al terrorismo podrían mantener los riesgos

¹⁵ Alan McDonald, H.H. Rogner, “Nuclear Power: Energy Security and Supply Assurances”, ponencia presentada en el WNA Annual Symposium, 5 Septiembre 2007. La ponencia sugiere con 692 MW un “high scenario” diferente que en un comunicado de prensa publicado un mes después (op.cit). En ella se asume el cierre de 82 unidades y la construcción de 357 nuevos reactores.

¹⁶ http://www.chinadaily.com.cn/china/2007-10/16/content_6177053.htm

¹⁷ Un cierto número de unidades actualmente en fase de planificación son diseños que nunca se han construido en algún lugar

¹⁸ Bradford, et al. “Nuclear Power Joint Fact-Finding”, Keystone Center, Junio 2007

¹⁹ <http://www.world-nuclear.org/info/Copy%20of%20inf17.html>

crediticios demasiado elevados para vencerlos (incluso con la legislación federal que proporciona garantías de crédito).”²⁰

En el año 2005, los EUA adoptaron una legislación para estimular las inversiones en nuevas centrales nucleares. Las medidas incluyen desgravaciones de impuestos para la electricidad generada, garantías de crédito de hasta un 80% para los primeros 6.000 MW, apoyos adicional en el caso de retrasos significativos en la construcción para hasta 6 reactores y el alargamiento de la responsabilidad limitada (Price Anderson Act) hasta el año 2025.

El procedimiento para obtener la autorización se ha simplificado para evitar los largos procesos del pasado. El grupo de interés público *Public Citizen*, fundado por Ralph Nader, contempla las nuevas condiciones para obtener autorización no solo como una gran subvención a la industria sino un serio impedimento al proceso democrático de toma de decisiones. “La Licencia de construcción y operación combinada, denominada COL, es parte de un nuevo proceso ‘perfeccionado’ diseñado para animar la construcción de nuevas centrales nucleares mediante grandes subvenciones a los propietarios y eliminando oportunidades para el público de sacar a relucir importantes cuestiones de seguridad. Combinando lo que antes eran dos pasos – construcción y operación – el actual proceso no ofrece ninguna oportunidad para la ciudadanía de plantear preocupaciones sobre problemas una vez se ha iniciado de construcción. En el momento en que la pala descubre la suciedad, el reactor ya tiene permiso para funcionar.”²¹ La empresa de servicios de mercado de capital Moody’s espera largos procesos legales: “Creemos que el primer COL será pleiteado, lo cual creará largos retrasos para el resto del sector.”²² El diario *The Financial Times* obtuvo documentos confidenciales que confirman una situación parecida en el Reino Unido: “Se esperan que los desafíos legales frescos dificulten los planes para construir nuevas centrales electro-nucleares en el Reino Unido.”²³ El presidente de la NRC americana, Dale Klein, manifestó que los necesarios alargamientos de las redes eléctricas podrían llevar a retrasos adicionales e indicó que estaba sorprendido de enterarse que “puede llevar tanto tiempo, situar, autorizar y construir una línea de transmisión para una nueva central, como situar, autorizar y construir la misma central.”²⁴

Escepticismo de las instituciones financieras internacionales y de los analistas

En un nuevo análisis, Standard & Poor’s insiste que un permiso de construcción no equivale a construcción:

“Incluso con un COL, ninguna empresa eléctrica se comprometerá en un proyecto tan grande y tan arriesgado como una nueva central nuclear sin asegurarse que recuperará el dinero invertido. Llegando a opiniones de índice de deuda, Standards & Poor’s no espera la recuperación sin restricciones de todos los costes solicitados. Mejor dicho, buscamos una marco regulador que proporcione una oportunidad justa de recuperar de forma prudente los costes habidos. Incluso en el caso de cambios en las comisiones reguladoras. Sin este marco, las condiciones financieras de las empresas eléctricas podrían deteriorarse con rapidez (...) Los contratos de construcción son otra cuestión. En el pasado, los

²⁰ UtiliPoint International, 21 Junio 04

²¹ http://www.citizen.org/cmep/energy_enviro_nuclear/newnukes/articles.cfm?ID=14159

²² Moody’s Corporate Finance, “New Nuclear Generation in the United States: Keeping Options Open vs Addressing An Inevitable Necessity”, Special Comment, Octubre 2007

²³ *Financial Times*, 24 Octubre 2007

²⁴ *ibidem*

contratos de ingeniería, obtención de materiales y construcción eran fácilmente asegurables. Pero, con el incremento del coste de las materias primas, una agotada fuerza de trabajo especializada en nuclear y una fuerte demanda de capital para proyectos en el mundo, los costes de construcción están aumentando rápidamente. Los proyectistas e ingenieros están aún evaluando las estimaciones de costes para nuevas centrales nucleares. Todo ello puede afectar de forma significativa a las empresas eléctricas, ya que pueden ser incapaces de encontrar contratos de ingeniería, obtención de materiales y construcción y podrían tener que buscar otras maneras de protegerse de las escaladas de costes y riesgos asociados a la construcción.”²⁵

En un “Comentario especial” de octubre 2007, la empresa de servicios de mercado de capital Moody’s proporciona un contundente análisis del sector nuclear americano:

“Moody’s no cree que el sector ponga en funcionamiento mas de una o dos centrales nucleares en el año 2015, una fecha citada por la mayoría de las empresas que actualmente subrayan sus ambiciones nucleares. La complejidad asociada con el proceso de obtención de las autorizaciones así como los riesgos asociados con proyectos de construcción de esta naturaleza, no deberían ser subestimados. (. . .) Moody’s cree que muchas de las expectativas actuales sobre nueva generación nuclear son demasiado ambiciosas. De hecho, el calendario asociado con el inicio de construcción y hacer que la próxima unidad nuclear sea disponible a nivel comercial, podría ir mas allá del 2015 y los costes asociados con la siguiente generación de nucleares construidas podría ser significativamente mas elevado que los cerca de 3.500 \$/kW estimados que citan muchas de las industrias participantes en el proceso.”²⁶

La estimación de costes baja de Moody’s para la nueva potencia nuclear en los EUA es 5.000 \$/kW y su estimación alta 6.000 \$/kW. Hoy, las reticencias del mercado financiero internacional respecto a la energía nuclear no son nuevas. Excepción hecha del préstamo hecho por el Banco Mundial a Italia en 1959, éste banco, por ejemplo, nunca ha financiado una central electro-nuclear y no hay ninguna señal de que modifique su análisis de riesgo financiero. Pero incluso en Asia, donde muchos optimistas nucleares ven la esperanza básica para un resurgimiento nuclear, el Banco Asiático de Desarrollo no financia proyectos nucleares. Este Banco ha definido una clara política sobre el tema en 1994 y la confirmó en el año 2000:

“La continuación del uso de la energía nuclear en países desarrollados y en vías de desarrollo y su expansión adicional requiere no solo garantías firmes que medidas técnicas e institucionales serán efectivas en la protección de la salud y seguridad públicas, sino que requiere una sostenida confianza de la ciudadanía y amplio apoyo político. La complejidad técnica de la tecnología nucleo-eléctrica es una barrera a la comprensión de la población, que hace difícil a las personas del público evaluar, por si mismas, cuestiones de seguridad. En Banco es mucho mas consciente de estos antecedentes y no se ha implicado en la financiación de proyectos de generación electro-nuclear en DMC [Developing Member Countries] debido a un número dado de preocupaciones. Estas incluyen temas relacionados con la transferencia de tecnología nuclear, limitaciones y restricciones en la obtención de materiales, riesgos de proliferación, disponibilidad de combustible y aspectos de seguridad y medio ambiente. El Banco mantendrá su política de no implicación en la financiación de generación electro-nuclear.”²⁷

²⁵ Swami Venkataraman, “Which Power Generation Technologies Will Take The Lead In Response To Carbon Controls?”, Standard & Poor’s, 11 Mayo 2007

²⁶ Moody’s Corporate Finance, op.cit.

²⁷ Bank Policy Initiatives for the Energy Sector, Febrero 1994, Asian Development Bank, página 10, parágrafo 25.

En el pasado el Banco Europeo de Inversiones (EIB) ha financiado la energía nuclear y proyectos de instalaciones del ciclo del combustible por un valor de 6.000 millones de Euros. Sin embargo, ningún crédito se ha materializado desde mediados de los años 1980, debido a la disminución de los pedidos de energía nuclear en la UE. No obstante, en el mes de junio de 2007, el Banco publicó una nueva nota informativa – ‘EIB and Financing of Nuclear Energy’ y sobre la energía nuclear afirmaba que *‘se podría solicitar financiación para inversiones en nueva potencia de generación, en el ciclo de combustible nuclear y en actividades de investigación’*. En julio de 2007, el banco concedió un crédito de hasta 200 millones de Euros a las instalaciones de enriquecimiento de URENCO en el Reino Unido y Holanda²⁸. Sin embargo, no se ha informado de nuevas solicitudes de crédito o atribuciones para nuevas centrales electro-nucleares.

Falta de estudiantes, trabajadores y capacidad de fabricación

“El único factor de importancia relevante para asegurar la calidad de la construcción de centrales nucleares es la experiencia previa en ella (licenciados experimentados en haber construido previamente centrales electro-nucleares, personal que haya aprendido a construir las, arquitectos e ingenieros experimentados, constructores con experiencia e inspectores experimentados),”

U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), NUREG-1055²⁹

Los ratios de inversión y construcción de los años 1980 no pueden simplemente repetirse treinta años mas tarde.³⁰ La industria nuclear y las empresas eléctricas hacen frente a retos en un entorno industrial radicalmente diferente. Hoy el sector tiene que lidiar con los gastos de gestión de los residuos y de desmantelamiento que superan con creces las estimaciones del pasado, tiene que competir con los, en gran parte, modernizados sectores del gas y el carbón y con nuevos competidores en el sector de las energías nuevas y renovables.³¹ En especial, tiene que hacer frente a los problemas de rápida pérdida de competencia en la construcción y el funcionamiento y falta de infraestructura de fabricación.

Conferenciantes clave en la Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Americana (2007) apuntaron que “un renacimiento nuclear está lejos de ser una cosa firme”.³² Art Stall, vice-presidente senior de la empresa Florida Power & Light y jefe responsable de energía nuclear, explicó en la sesión plenaria de apertura de la reunión, que la euforia que ha rodeado al renacimiento nuclear ha languidecido por las realidades de los retos que hay implícitos en la construcción de nuevas centrales electro-nucleares. Stall dijo: “uno de los mayores retos es encontrar personal cualificado, incluyendo oficios manuales, técnicos, ingenieros y científicos, para apoyar la construcción y funcionamiento”. Él apuntó que “el 40% de los actuales trabajadores en el sector

²⁸ EIB and Financing of Nuclear Energy, Julio 2007, Banco Europeo de Inversiones <http://www.eib.org/about/publications/eib-and-financing-of-nuclear-energy.htm>

²⁹ U.S. NRC, “Improving Quality and the Assurance of Quality in the Design and Construction of Nuclear Power Plants”, NUREG-1055, Mayo 1984

³⁰ Además del hecho que la repetición de la historia de cancelación de proyectos, empresas eléctricas en bancarota y costes disparados, especialmente en los EUA, difícilmente sería el objetivo de la industria nuclear actual. Solo en los EUA se abandonaron 138 proyectos de reactores (ver CEA, “Nuclear Power Plants in the World”, Edición 2000) y los costes disparados de forma espectacular en prácticamente todas las centrales (ver un reciente análisis de N.E.Hultman, J.Coomey, D.M.Kammen, “What History Can Teach Us about the Future Costs of U.S. Nuclear Power”, Environmental Science & Technology, 1 Abril 2007

³¹ ver el brillante análisis de Amory B.Lovins en “Mighty Mice”, Nuclear Engineering International, Diciembre 2005

³² Teresa Hansen « Nuclear renaissance faces formidable challenges », Power Engineering, ver http://pepei.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?ARTICLE_ID=297569&p=6&dcmp=NPNews

electro-nuclear alcanzaran la edad de jubilación dentro de los próximos cinco años.”³³ Además dijo: “Solo el 8% de la fuerza de trabajo de las plantas nucleares en operación tiene una edad inferior a 32 años”. Mientras el número de graduados en las escuelas técnicas de ingeniería están aumentando, Stall manifestó: “hay mucha competencia por parte de otras industrias sobre estos graduados y la industria nuclear debe llegar a ser creativa si quiere atraer a estos graduados para que entren y permanezcan en el campo nuclear.”³⁴ En Francia, la situación no es mejor. Cerca del 40% de los trabajadores actuales de la empresa eléctrica nacional EDF en el campo de de la operación y el mantenimiento de los reactores se jubilará en el año 2015. Empezando en 2008, la empresa eléctrica intentará contratar 500 ingenieros cada año. La empresa constructora de reactores, AREVA, ya ha empezado a contratar 400 ingenieros en 2006 y otros 750 en 2007. El nivel de éxito de los esfuerzos de contratación no se conocen. Es obvio que la mayor proporción de personal contratado no están formados como ingenieros o científicos nucleares. El Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Nucleares (INSTN), miembro del CEA, solo ha generado 50 graduados al año. EDF ha apelado al Instituto para que sobre el número de graduados en los próximos años.³⁵

En 1980, había cerca de 65 universidades funcionando con programas de ingeniería nuclear en los EUA. Hoy, hay solo 29. Toda la industria eléctrica caza estudiantes a las puertas de la universidad antes incluso que se gradúen. “Westinghouse busca estudiantes cualificados de tercer y cuarto curso en ferias profesionales, y anunciando oportunidades de trabajo en prácticas en su web corporativa, en periódicos convencionales y en periódicos comerciales, y a través de varios escuelas superiores y universidades” explica Steve Tritch, presidente y CEO de Westinghouse.³⁶ Empezando desde una virtual sequía de contratos en los años 1980, una pequeña resurrección a finales de los 90, la empresa ha vuelto a empezar el proceso de contratación en el periodo 2001-2005 con 400 nuevos contratos anuales que se han incrementado hasta 600 en el año 2006, un nivel debe mantenerse en los próximos años. No obstante, es difícil identificar los candidatos y Westinghouse está buscando nuevos cargos directivos en 25 escuelas superiores y universidades de todo el mundo. Una evaluación de la infraestructura para la construcción de una central electro-nuclear, llevada a cabo en 2005 por encargo del Departamento de Energía de los EUA, concluía que caldereros, soldadores, electricistas, chapistas, enfermeros, operadores y personal de mantenimiento, todos ellos “escasean”.³⁷

Si es tan difícil contratar suficiente personal para los programas nucleares vigentes, uno se pregunta de donde saldrá la fuerza de trabajo debidamente formada para una expansión de los programas nucleares. El sector entero de la industria eléctrica no se considera atractivo por parte de la juventud. “Hoy, los estudiantes mas talentosos y prometedores quieren trabajar en los glamorosos campos de al alta tecnología – no en la pesada y antigua industria eléctrica”, según un análisis, realizado en 2005 por Hay Group, titulado “Workforce Trends to Deliver Utility Industry Knock-out Blow”. En el reino Unido la situación es parecida y el número de estudiantes aceptados en la universidad en los campos de la mecánica,

³³ Un cargo de reclutamiento de AREVA en los EUA puso una cifra al 27% en los próximos tres años (ver http://marketplace.publicradio.org/display/web/2007/04/26/a_missing_generation_of_nuclear_energy_workers/)

³⁴ ibidem

³⁵ GIGA, “L'industrie nucléaire française : perspectives, métiers / Le besoin d'EDF en 2008”, Octubre 2007, <http://www.giga-asso.com/fr/public/lindustrienucleairefranc/emploisperspectives1.html?PHPSESSID=2f7kmsnapea7ihktecmvdk45>

³⁶ Steve Tritch and Jack Lanzoni, “The Nuclear Renaissance: A Challenging Opportunity”, ponencia presentada en la WNA Annual Conference *Building the Nuclear Future, Challenges and Opportunities*, 7 Septiembre 2006

³⁷ MPR, “DOE NP2010 Nuclear Power Plant Construction Infrastructure Assessment”, 21 Octubre 2005

ingeniería civil y eléctrica, física y química cayó a una cuarta parte entre 1994 y 2000. Y en el año 2002, no había ningún estudiante graduándose de ingeniería nuclear en el Reino Unido. Para Philip Thomas, presidente de la Nuclear Academia-Liaison Society (NAILS), “el riesgo no es tanto que las compañías nucleares no sean capaces de reclutar suficiente personal, sino que el reclutamiento futuro no casen con la alta calidad a la que la industria nuclear estaba acostumbrada” y “la ausencia de un mercado para titulaciones (BEng/MEng) en ingeniería nuclear sirve para confirmar que la energía nuclear no dispone de ningún atractivo para los nuevos estudiantes, haciendo mas difícil atraer a los mejores y mas brillantes-“³⁸

En Alemania, la situación es dramática. Un análisis del 2004 sobre el desarrollo de la educación y la fuerza de trabajo nuclear mostró que la situación continua erosionándose rápidamente. Se espera que disminuyan las oportunidades de trabajo en el sector nuclear – incluyendo la construcción de reactores y del mantenimiento – cerca del 10% hasta 6.250 lugares de trabajo en el año 2010. Ello ya incluye 1.670 nuevos contratos, mientras, el número de instituciones académicas enseñando tecnología nuclear y temas afines, se espera que disminuya desde 22 en el año 2000 a 10 en el 2005 y a solo cinco en el 2010.³⁹ Mientras, 46 estudiantes obtenían su diploma en 1993, fueron cero en 1998. De hecho, entre finales de 1997 y finales de 2002 solo dos estudiantes acabaron con éxito sus estudios nucleares. En total cerca de 50 estudiantes procedentes de otras opciones continúan siguiendo las clases de temáticas nucleares. Está claro que Alemania deberá hacer frente a una dramática carestía de personal cualificado, sea en la industria, las compañías eléctricas, la investigación o las autoridades de salud pública y de protección contra las radiaciones.⁴⁰

Varios países han intentado coordinar sus esfuerzos para evitar en ensanchamiento de esta falta de competencias. El Reino Unido ha puesto en funcionamiento la Nacional Skills Academy, orientada a la industria, que está intentando mejorar el nivel de formación de la industria, incrementar la productividad y hacer frente a la falta de conocimientos a lo largo y a lo ancho del país. En el año 2000 se estableció en Alemania, una “alianza de competencia nuclear” entre las cuatro centros de investigación mas importantes, con vínculos en instituciones académicas, empresas eléctricas y la industria, pero, hasta el presente, no ha sido capaz de frenar la sangría de jóvenes bien formados capaces de sustituir las personas que van jubilándose. Tal como manifiesta Lotear Hahn, director de gestión de la empresa alemana GRS (Sociedad para la Seguridad de los Reactores), las consecuencias pueden ser extremadamente serias:

“Los primeros estudios indican que las deficiencias en mantener al día los niveles de conocimiento y la subsiguiente degradación en la educación y formación del personal operador puede poner en peligro el funcionamiento con seguridad de las instalaciones nucleares. Además, el déficit de conocimientos en las organizaciones de expertos y autoridades, debido a la falta de sucesores calificados para sustituir a los expertos que se van jubilando, se ha descrito como una amenaza inminente para la supervisión de calidad de centrales nucleares y por tanto para una operación segura de las plantas”.⁴¹

En los años 1980, había en los EUA unos 400 suministradores de materiales nucleares y unos 900

³⁸ Philip Thomas, “The Future Availability of Graduate Skills”, presentación en la BNIF/BNES Conference *Energy Choices*, 5 Diciembre 2002

³⁹ P. Fritz and B. Kuczera, “Kompetenzverbund Kerntechnik – Eine Zwischenbilanz über die Jahre 2000 bis 2004”, *Atomwirtschaft*, Junio 2004

⁴⁰ Lothar Hahn, presentación en la “International Conference on Nuclear Knowledge Management: Strategies, Information Management and Human Resource Development”, esponsorizada por el OIEA, 7-10 Septiembre 2004

⁴¹ Lothar Hahn, “Knowledge Management for Assuring High Standards in Nuclear Safety”, ponencia presentada en la at “International Conference on Nuclear Knowledge Management: Strategies, Information Management and Human Resource Development”, esponsorizada por el OIEA, 7-10 Septiembre 2004

certificaciones. Estos disminuyeron a menos de 80 suministradores y menos de 200 certificaciones.⁴² La evaluación de la infraestructura de construcción de centrales electro-nucleares del DOE, citada anteriormente, concluye que los grandes equipos (vasija de presión del reactor, generadores de vapor y sobrecalentadores separadores de humedad) para el desarrollo a corto plazo de las unidades de la Generación III⁴³, no se fabricarían de instalaciones americanas, “la fabricación de vasijas a presión para el reactor podrían retrasarse debido a la limitada disponibilidad de forjados circulares de grandes dimensiones de calidad nuclear que actualmente solo tiene un suministrador japonés (Japan Steel Works, Limited – JSW). Se podría necesitar la inclusión de tiempo de maduración adicional en el calendario de obtención de vasijas a presión del reactor, dependiendo de la capacidad de ese suministrador para suministrar los grandes forjados circulares de las vasijas a presión, en el debido tiempo. Este potencial déficit representa un riesgo adicional en el tiempo de construcción y podría ser un riesgo para el ‘project financing’.”⁴⁴ JSW ha suministrado cerca de 130 vasijas de reactores, o el 30% de las existentes en el mundo.⁴⁵ De hecho, solo JSW puede forjar componentes a partir de lingotes de hasta 450 tn⁴⁶, como los que se necesitan para las vasijas del EPR o de la Generación III y ha anunciado que nuevas inversiones para aumentar la capacidad de fabricación. Sin embargo, no está clara la capacidad de fabricación anual de JSW. Se ha informado que “modestas inversiones adicionales durante 2006, 2007 y 2008” llevarían su capacidad hasta el equivalente a cuatro suministros completos conjuntos de vapor para nucleares (vasija de presión y generador de vapor) para el año 2007 y a 5,5 conjuntos en 2008. JSW desea producir la suficiente forja para el suministro equivalente a 8,5 conjuntos para el año 2010 e incrementar el tamaño máximo de lingote hasta 650 tn. La capacidad de fabricación nuclear de JSW está completamente asegurada hasta finales de 2010.⁴⁷ El problema es la palabra “equivalente” ya que no está claro cuanta capacidad de forja se dedica en la práctica a los proyectos nucleares. JSW también suministra, por ejemplo, cerca de 100 forjas al año para turbinas y rotores de generadores para centrales de combustibles fósiles solo para China cada año.

El tamaño máximo de lingote que AREVA puede manejar en su fundición de Chalán es de 250 tn. AREVA ha manifestado que la capacidad máxima de su factoría de Chalán se limita a 12 generadores de vapor⁴⁸ además de “un número determinado de tapas de vasijas” y pequeños equipos, o el *equivalente* entre dos o dos y media unidades al año, si se fabrica solamente equipos para nuevas plantas. En realidad, las capacidades de Chalán están ya saturadas, debido a la necesidad de reemplazar los generadores y la tapa de la vasija del reactor para el caso de alargar la vida de las centrales – sustitución de generadores de vapor y tapas de vasijas - y también para el mercado de los EUA.⁴⁹ En Julio de 2007 AREVA anunció que las forjas pesadas que había encargado en 2006 a JSW para el EPR americano había empezado a llegar a su instalación de Chalón. AREVA proclama que los encargos de forjas realizados convierten a la empresa en el único vendedor que dispone de “material a mano para abastecer con certeza la puesta en marcha

⁴² Nucleonics Week, 15 Febrero 2007; una parte desconocida de este desarrollo es debida a absorciones

⁴³ Las centrales nucleares actualmente en operación se consideran de la 2ª Generación. El EPR que se está construyendo en Finlandia se considera un reactor de la 3ª Generación. Otros diseños en consideración en los EUA incluyen el AP1000 de Westinghouse, el Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) y el Economic Simplified Boiling Water Reactor (ESBWR) de General Electric

⁴⁴ MPR, “DOE NP2010 Nuclear Power Plant Construction Infrastructure Assessment”, 21 Octubre 2005

⁴⁵ WNN, “Japan Steel Works prepares for orders”, 16 Mayo 2007

⁴⁶ De acuerdo con la prensa económica, un vendedor en China, Erzhong (antes Second Heavy Machinery Works) en Dayan, Sichuan, “ha anunciado” esta capacidad, pero no esta nada claro, y la falta de reputación internacional excluye, de facto, a Erzhong como competidor de JSW en el mercado internacional

⁴⁷ Nucleonics Week, 8 Noviembre 2007

⁴⁸ La mayoría de las grandes centrales nucleares en construcción o en fase de planificación tienen cuatro generadores de vapor

⁴⁹ ver CPDP, Compte Rendu du Débat Public EPR “Tête de série”, Paris 29 Noviembre 2005

de reactores en el año 2015.⁵⁰ El presidente de la Comisión Reguladora Nuclear americana (U.S. NRC), Dale Klein, ha advertido que llevará mas tiempo inspeccionar componentes fabricados en el extranjero que proporcionar controles de calidad en casa”⁵¹

Mas retórica que realidad

Gran parte del optimismo mostrado por el lobby nuclear se limita a la retórica. El *New York Times* sintetizó de manera irónica la cuestión en el titular “Esperanzas de construcción de la primera planta nuclear en la nación después de décadas” de la siguiente forma: “Las empresas, incluyendo los dos mayores propietarios de centrales nucleares en los EUA y dos fabricantes de reactores, no han especificado lo que ellos construirían ni donde. De hecho ni tan solo se han comprometido a construir nada. Pero han acordado gastar decenas de millones de dólares para obtener los permisos para la construcción y han adelantado decenas de millones procedentes del gobierno federal, que requirió estas propuestas en noviembre. El dinero irá al trabajo de finalización de un diseño útil para una nueva generación de reactores y para desarrollar una estimación firme de cuanto costarían dichas plantas.”⁵² Tres años después, la industria nuclear parece considerar incentivos los incentivos creados por la U.S Energy Act. La empresa eléctrica NRG que ha solicitado el primer permiso en los EUA en los últimos treinta años, admitió que estaba buscando apoyo financiero del gobierno japonés para ayudarle a construir dos nuevas unidades nucleares en Texas. David Crane, CEO de NRG, manifestó: “Creemos que trabajando con socios japoneses será posible obtener ayuda financiera japonesa, que creo será de gran ayuda para la capitalización del proyecto y hará un poco de presión al gobierno federal para obtener ayuda”.⁵³

La estrategia global de la industria nuclear es clara. En ausencia de una renacimiento de la industria nuclear a corto término, su esperanza se basa enteramente en una nueva generación de plantas electro-nucleares, la denominada reactores de la IV Generación. Serían mucho menores en tamaño (100-200 MW) y en costes de inversión, representando una solución mas flexible debido al menor tiempo de construcción y al menor riesgo potencial debido a los inventarios de radioactividad menores y dispositivos de seguridad pasivos. Mientras, las empresas electro-nucleares tratan de alargar la vida útil tanto como sea posible y hacer lo mejor que puedan para mantener el mito de un futuro nuclear.

El antiguo comisario de la U.S. NRC, Peter Bradford, que estuvo implicado en las autorizaciones de mas de 25 reactores nucleares, hace un severo juicio a las perspectivas de la energía nuclear:

“Aquellos que os dicen cosas como ‘Podría salvar la Tierra’⁵⁴ o ‘la energía atómica, limpia y verde, puede detener el calentamiento global’⁵⁵ o ‘la energía nuclear puede ser la fuente de energía que puede salvar nuestro planeta del catastrófico cambio climático’⁵⁶ os invitan a una peligrosa tierra del ‘lalala’ en que la energía nuclear estará supersubvencionada e infraexaminada mientras se desprecian otras respuestas mas prometedoras y mas rápidas al cambio climático y los gases de efecto invernadero que se podían haber evitado continúan contaminando los cielos a un peligroso ritmo.”⁵⁷

⁵⁰ Nucleonics Week, 8 Noviembre 2007

⁵¹ Financial Times, 24 Octubre 2007

⁵² The New York Times, 31 Marzo 04

⁵³ Reuters, 26 Septiembre 2007

⁵⁴ National Geographic, Abril, 2006

⁵⁵ Wired Magazine, Febrero, 2005

⁵⁶ Patrick Moore, Washington Post, 16 Abril 2006

⁵⁷ Peter A. Bradford, “Nuclear Power and Climate Change”, Society of Environmental Journalists Panel Debate, Burlington, Vermont, 27 Octubre 2006

El analista, durante mucho tiempo, del sector energético, Walt Patterson, *Associate Fellow* del Programa de Energía, Medio Ambiente y Desarrollo del *U.K.'s Royal Institute of International Affairs (Chatham House)* está de acuerdo con ello. El mismo ha detectado un especie de ‘amnesia nuclear’ creciente:

“Aquellos que padecen amnesia nuclear han olvidado porqué la energía nuclear desapareció de la escena energética, en primer lugar, cuantas veces falló en sus previsiones, cuan frecuentemente decepcionó a sus mas eminentes defensores, cuan extravagantemente ha malgastado de forma inimaginable, pródigos apoyos de los contribuyentes de todo el mundo, dejándoles con cargas que duraran milenios.”⁵⁸

En junio de 2005, la revista comercial *Nuclear Engineering International* publicó el análisis de 2004 del Informe sobre la situación de la industria nuclear en el mundo bajo su título: “*On the way out - In sharp contrast to multiple reporting of a potential 'nuclear revival', the atomic age is in the dusk rather than in the dawn*” (Final de trayecto – En agudo contraste con múltiples informes sobre un potencial ‘renacimiento nuclear’, la era atómica está mas en su crepúsculo que en su amanecer”).

A finales de 2007, no tenemos nada mas que añadir.

⁵⁸ The World Today, “Nuclear Amnesia”, Abril 2006

Países	Reactores Nucleares ⁵⁹				Potencia ⁶⁰	Energía ⁶¹
	En Operación	Edad Media	En Construcción ⁶²	Planeados ⁶³	Porcentaje de Electricidad ⁶⁴	Porcentaje de Energía Primaria Comercial ⁶⁵
Argentina	2	29	1	1	7%(-)	2%(-)
Armenia	1	27	0	0	42%(+)	?%
Belgica	7	27	0	0	54%(-)	15%(-)
Brasil	2	16	0	1	3%(-)	2%(=)
Bulgaria	2	18	2	0	44%(+)	22%(+)
Canadá	18	23	0	4	16%(+)	7%(-)
China	11	7	5	30	2%(-)	1% (=)
Repúb.Checa	6	16	0	0	32%(+)	14%(+)
Finlandia	4	28	1	0	28%(+)	20%(-)
Francia	59	23	1	0	78%(+)	39%(-)
Alemania	17	25	0	0	32%(-) ⁶⁶	12%(-)
Hungría	4	22	0	0	38%(+)	12%(+)
India	17	16	6	10	3%(-)	1%(=)
Iran	0	0	1	2	0%(=)	0%(=)
Japón	55	22	1	12	30%(+)	13%(-)
Corea del Sur	20	14	3	5	39%(-)	15%(+)
Lituania	1	20	0	0	72%(-)	24%(-)
México	2	16	0	0	5%(-)	2%(=)
Holanda	1	34	0	0	4%(-)	1%(=)
Pakistan	2	22	1	2	3%(+)	1%(=)
Romanía	2	6	0	2	9%(-)	3%(=)
Rusia	31	25	7	8	16%(-)	5%(=)
Eslovaquia	5	19	0	2	57%(-)	23%(+)
Elovenia	1	26	0	0	40%(-)	?%
Africa del Sur	2	23	0	1	4%(-)	2%(=)
España	8	24	0	0	20%(-)	9%(+)
Suecia	10	28	0	0	48%(-)	33%(=)
Suiza	5	32	0	0	37%(-)	22%(+)
Taiwan	6	26	2	0	20%(-)	8%(-)
Ucrania	15	19	2	2	48%(+)	15%(+)
Reino Unido	19	26	0	0	18%(-)	8%(-)
USA	104	28	1	7	19%(-)	8%(=)
EU27	146	24	4	5	30%	13%(-)
Total	439	23	34	89	16%	6%(-)

⁵⁹ de acuerdo con OIEA PRIS Enero 2008, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html> a menos que se diga lo contrario

⁶⁰ en 2006, de acuerdo con OIEA PRIS Noviembre 2007, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>

⁶¹ en 2006, de acuerdo con BP Statistical Review of World Energy, Junio 2007

⁶² hasta 1 de Enero de 2008

⁶³ adaptado de WNA 2007, <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

⁶⁴ +/- entre paréntesis se refiere a cambios respecto al porcentaje en 2003 (referencia para el 2004 World Nuclear Industry Status Report)

⁶⁵ +/- entre paréntesis se refiere a cambios respecto al porcentaje en 2003 (referencia para el 2004 World Nuclear Industry Status Report)

⁶⁶ La estadísticas alemanas (AG Energiebilanzen) dan un porcentaje de generación eléctrica nuclear bruta de solo el 26.4%, en declive desde 1997

Panorama general por región/país⁶⁷

África

Sudáfrica construyó dos reactores de tecnología francesa (Framatome). Su construcción se inició en los años 1970 en el emplazamiento de Koeberg, al este de Ciudad del Cabo. Suministran el 4,4% (el 6% en 2003) de la electricidad del país. Los reactores son las únicas plantas electro-nucleares en funcionamiento en el continente africano.

La empresa eléctrica sudafricana Eskom, propiedad del estado, está implicada a fondo con el desarrollo del PBMR (Pebble Bed Modular Reactor). El plan actual anticipa el inicio de la construcción de la primera unidad en 2009 y su funcionamiento en 2014. En noviembre de 2004, se firmó un contrato con la japonesa Mitsubishi Heavy Industries (MHI) para el diseño básico e investigación y desarrollo del Sistema Turbogenerador del PBMR basado en helio, así como para el ensamblaje de la vasija del núcleo.⁶⁸ Ha habido un considerable interés internacional en el proyecto del PBMR pero los inversores extranjeros parece que entran y salen. La empresa británica BNFL invirtió 15 millones de dólares para alcanzar el 20% del capital de la empresa. Westinghouse, hoy propiedad japonesa, adquirió cerca del 15% del capital. La americana Peco Energy –denominada posteriormente Exelon Corp. – adquirió el 12,5% del capital. En diciembre de 2001, Exelon manifestó que estaba considerando la construcción de un reactor PBMR en los EUA, en paralelo a los que se proyectaban en Sudáfrica. Sin embargo, después del cambio en el equipo gestor de Exelon, la empresa abandonó el proyecto de PBMR en abril de 2002. Los únicos socios adicionales en el desarrollo del PBMR son la South African Industrial Development Corporation, propiedad del gobierno sudafricano, y Eskom.

Las negociaciones con el constructor francés de reactores AREVA para investigación y desarrollo compartido en el reactor de alta temperatura fracasaron. Representantes de la industria nuclear francesa han expresado su preocupación por el hecho que el diseño de reactores de menor tamaño, de entre 125 y 165 MW, podría incrementar el coste unitario de la electricidad generada y hacerlo no competitivo.

Las Américas

Argentina opera dos reactores nucleares que suministran el 6,9% de la electricidad del país (9% en 2003). Argentina fue uno de los países que se embarcaron en un ambiguo programa nuclear, oficialmente para uso civil, pero con un fuerte lobby militar implicado en ello. No obstante, las dos plantas nucleares fueron suministradas por constructores extranjeros. Atucha-1 que empezó a funcionar en 1974, fue suministrado por Siemens y el reactor CANDU de Embalse fue suministrado por la canadiense AECL. Embalse fue conectada a la red en 1983. Atucha-2, listada oficialmente como ‘en construcción’ desde 1981, había de ser construida por una empresa conjunta entre Siemens y capital local, que cesó sus actividades en 1994 con la paralización del

⁶⁷ A menos que se indique lo contrario, las cifras de reactores nucleares y el porcentaje de la contribución nuclear a la generación de electricidad proceden de la base de datos on-line de OIEA Power Reactor Information System (PRIS) y reflejan la situación en año 2006. Las cifras sobre porcentajes de energía nuclear sobre la producción comercial de energía primaria se han tomado de BP, *Statistical Review of World Energy*, Junio 2007. Las cifras de reactores en construcción proceden de OIEA PRIS

⁶⁸ <http://www.pbmr.com/index.asp?Content=8>

proyecto.⁶⁹ Sin embargo, en 2004, el OIEA estimó que el arranque de Atucha-2 sería en 2005. A finales de 2007, el OIEA esperaba que la fecha de arranque se había convertido en una incógnita.

Brasil opera dos reactores nucleares que proporcionan al país un 3,3% de la electricidad (un 4% en 2003). Tan temprano como en 1970, el primer contrato para la construcción de una planta electro-nuclear, Angra-1, fue adjudicado a Westinghouse. El reactor entró en criticidad en 1981. En 1975, Brasil firmó un contrato con Alemania, que es con toda probabilidad el mayor contrato de la historia de la industria nuclear para la construcción de ocho reactores de 1.300 MW de potencia unitaria en un periodo de 15 años. El resultado fue un desastre. Debido a la siempre creciente carga deudora y al obvio interés de los militares brasileños en armamento nuclear, prácticamente se abandonó todo el programa. Solo el primer reactor del programa, Angra-2, fue finalmente conectado a la red en julio de 2000, después de 24 años de construcción.

Canadá fue uno de los primeros inversores en energía nuclear y empezó desarrollando un nuevo diseño de reactor de agua pesada en 1944. Ello llevó el desarrollo del programa canadiense de reactores a un camino singular, con la adopción del diseño de reactor CANDU – CANadian Deuterium Uranium. La diferencias básicas entre el CNADU y la diversa variedad de reactores de agua ligera son: que se alimentan de uranio natural, que se puede proceder a la recarga sin necesidad de parada del reactor y que el moderador es agua pesada.

Oficialmente hay 18 reactores en funcionamiento, todos del tipo CANDU, que proporcionan el 15,8% de la electricidad del país (un 12,5% en 2003). Cuatro unidades adicionales aparecen en el listado de la OIEA como ‘en estado de parada a largo plazo’. A lo largo de su historia operativa los reactores canadienses se han visto plagados de problemas técnicos que llevaron a aumentos de costes de construcción y a la reducción de sus factores de carga operativos. En agosto de 1997, Notario Hydro anunció que cerraría temporalmente sus siete reactores mas antiguos para posibilitar la realización de una revisión y reparación importante. Los cuatro reactores de Pickering-A se paralizaron a finales de 1997 y los tres restantes de Bruce-A lo fueron el 31 de marzo de 1998 (la unidad 2 de Bruce-A ya había sido paralizada en octubre de 1995). En su época fue la mayor paralización de la historia de la industria nuclear – unos 5.000 MW de potencia instalada, una tercera parte de las plantas nucleares canadienses. La empresa eléctrica, Notario Hydro, anunció una ‘recuperación por fases’ de sus reactores nucleares, empezando por ‘amplias mejoras’ de las plantas en funcionamiento: Pickering B, Bruce B y Darlington, para posteriormente volverlas a poner en servicio. Ha habido significativos retrasos en la reapertura de los reactores y hasta finales de octubre de 2007 solo cuatro de los ocho reactores habían vuelto a estar operativos.

A pesar de estos problemas técnicos, Atomic Energy Canada Limited – AECL emprendió, con el apoyo del Canadian Export Energy Agency, una agresiva campaña de marketing para vender reactores en todo el mundo y hasta la fecha de hoy ha exportado 12 unidades a Corea del Sur (4), Rumania (2), India (2) China (2), Pakistán (1), Argentina (1). El mercado de exportación es un factor crucial para el programa de desarrollo de reactores CANDU Avanzados de la AECL, que será un diseño de reactores del tipo agua ligera.

Canadá es el mayor productor de uranio del mundo y en el año 2005 produjo cerca del 30% de la producción global.

Los **Estados Unidos de América** tienen mas plantas electro-nucleares en funcionamiento que cualquier otro país del mundo, con 104 reactores comerciales que suministran el 19,4% de la

⁶⁹ http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/cnpp2003/CNPP_Webpage/pages/..countryprofiles/Argentina/Argentina2003.htm

electricidad (frente a un 20% en 2003). A pesar que hay un gran número de reactores operativos en los EUA, el número de proyectos cancelados es aun mayor: 138 unidades. Hoy hace 34 años desde que se hizo una nueva compra que no fue cancelada (octubre 1973). En 2007, pero primera vez en tres décadas, empresas eléctricas han solicitado permisos para construir una planta nuclear. NRG planea construir dos reactores en un emplazamiento al sur de Texas, donde ya funcionan dos reactores ABWR – Advanced Boiling Water Reactors de General Electric / Hitachi. UNISTAR ha propuesto la construcción de un reactor de AREVA en Calvert Cliffs. Además, la eléctrica TVA y el consorcio NuStart han solicitado un permiso para construir dos unidades Westinghouse AP1000 en el emplazamiento Bellefonte, Alabama, mientras ‘la decisión actual de construcción sería tomada mas tarde por parte del consejo directivo de la compañía’.⁷⁰ La Comisión Reguladora Nuclear (U.S. NRC) espera un total de 21 demandas de permiso para 31 unidades hasta el año 2009.⁷¹ Sin embargo, ello no es garantía de que lleguen a construirse.

Los problemas de la industria nuclear en los EUA se agravaron, si bien no fueron causados por el casi desastre de Three Mile Island en el año 1979. Los principales problemas de la industria fueron económicos; problemas en la construcción y la oposición a los proyectos; que condujeron al alargamiento de los plazos de construcción y por consiguiente a un incremento de los costes de construcción. Varias empresas eléctricas quebraron debido a proyectos nucleares. El coste estimado de construcción de una planta electro-nuclear creció desde menos de 400 millones de dólares en los años 1970 hasta 4.000 millones en los años 1990, mientras los plazos de construcción se doblaron desde los años 1970 a los 1980.⁷² Estos hechos llevaron, en 1985, a la revista de negocios americana *Forbes* a describir la industria como “el mayor desastre directivo de la historia de los negocios en los EUA, con 100.000 millones de dólares en inversiones echadas a perder y escaladas de costes, solo superada en magnitud por la Guerra de Vietnam y la entonces crisis del ahorro y los créditos”.

El último reactor acabado fue el de Watts Bar 1, en 1996, y recientemente se alargó el permiso de construcción de otros cuatro (Watts Bar 2, Bellefonte 1 y 2 y WNP1), aunque no hay actividad constructiva en estos emplazamientos. En octubre de 2007, TVA anunció que había seleccionado al grupo Bechtel para finalizar el reactor de Watts Bar 2, dos terceras partes del cual están ya construidas, por un importe de 2.500 millones de dólares. La construcción se había iniciado en 1972, se congeló en 1985 y se abandonó el proyecto en 1994. Se confía que no se finalice el reactor de 1.200 MW antes de 2012. Watts Bar 1 fue una de las unidades mas caras del programa nuclear americano, ya que su construcción se alargó 23 años.

A pesar del fracaso en la construcción de mas reactores, no es menos cierto que la industria nuclear ha tenido éxito en dos aspectos importantes, el aumento de la potencia de los reactores existentes y el alargamiento de su vida útil. Debido a los cambios en los regímenes de operación y la creciente atención a las prestaciones de los reactores, la disponibilidad de los reactores americanos ha aumentado de forma significativa desde el 56% en los años 1980 hasta el 88,4% en 2006. Como resultado, en conjunto la nueva potencia instalada y la mejora de los reactores existentes, la producción de los reactores de los EUA se ha triplicado en el mismo período. La falta de nuevos pedidos de reactores significa que entorno al 30% de los reactores del país habrán funcionado un mínimo de 40 años en 2015. En un principio se previó que los reactores

⁷⁰ http://www.world-nuclear-news.org/newNuclear/Application_to_build_two_US_nuclear_reactors_filed_311007.shtml?jmid=1134748963

⁷¹ <http://www.nrc.gov/reactors/new-licensing/new-licensing-files/expected-new-rx-applications.pdf>

⁷² para un análisis de los costes de los reactores en funcionamiento en los EUA, ver N.E.Hultman, J.G.Koomey, D.M.Kammen, “What history can teach us about the future costs of U.S. nuclear power – Past experience suggests that high-cost surprises should be included in the planning process”, *Environmental Science & Technology*, 1 Abril 2007

americanos funcionarían 40 años. Sin embargo, se están desarrollando e implementando proyectos para permitir que los reactores funcionen 60 años. Hasta octubre de 2007, 48 plantas nucleares habían obtenido permiso para alargar su vida útil, 10 lo habían solicitado y unos 20 habían presentado cartas de intención⁷³.

La elección de George W. Bush en el año 2000 se esperaba que anunciara una nueva era de apoyo a la energía nuclear. La Nacional Energy Policy de la administración americana puso como objetivo la construcción de dos nuevos reactores para el año 2010, pero el objetivo no se llegará a alcanzar. Para reducir la incertidumbre entorno a la construcción de nuevos reactores, se ha desarrollado un proceso de autorización en dos etapas. Ello permitirá que los diseños de reactores reciban una autorización genérica y que las empresas eléctricas deberán solicitar, posteriormente, la autorización de construcción, que no impliquen cuestionamientos a los diseños de los reactores. Hasta el momento actual se han concedido autorizaciones genéricas al Reactor Avanzado de Agua a Presión de General Electric, al Sistema 80+ de Reactor Avanzado de Agua a Presión de Combustión Engineering y al Reactor AP-1000 de Westinghouse. Hasta el año 2003, tres empresas eléctricas, Dominion Resources, Exelon y Etergy habían solicitado ‘early site permits (ESO)’. Cuatro años mas tarde, solo otra empresa ha solicitado un ‘ESP’. En marzo de 2007, Exelon había obtenido de la NRC un ESP.

En julio de 2005, la U.S. Energy Act apuntaba estimular la inversión en nuevas plantas electro-nucleares. La medidas propuestas incluían una ‘tax credit’ en la generación de electricidad, una garantía de crédito de hasta un 80% para los primeros 6 GW, apoyo adicional en el caso de retrasos significativos en la construcción de hasta 6 reactores y la prórroga de la limitación de responsabilidad (Price Anderson Act) hasta el año 2025. Pero falta el ingrediente crucial para un renacimiento nuclear en el país: una ola de pedidos de reactores.

James E. Rogers, jefe ejecutivo de Duke Energy, hace hincapié en que una nueva central electro-nuclear costaría hasta una cuarta parte del valor de su empresa en el mercado de valores. El dedicó la mayor parte de su tiempo en PSI Energy “a limpiar el desastre financiero de una proyecto nuclear que se abandonó” que costó a su empresa 2.700 millones de dólares. Rogers afirmó que Duke Energy no será “la primera persona en la playa. Habiendo empezado mi carrera poniendo orden en una empresa que casi fue noqueada en el campo de juego debido a sus inversiones en nucleares y al cambio en la opinión pública . . . soy optimista acerca del papel que la energía nuclear puede tener en el futuro, pero soy prudentemente optimista.”⁷⁴

Prácticamente todo el combustible gastado permanece en los almacenes situados al lado de los reactores. El Gobierno Federal es responsable para la deposición definitiva de los residuos y planea construir un depósito definitivo en el emplazamiento de Yucca Mountain, en nevada. En julio de 2004, el Tribunal de Apelación del Distrito de Columbia Circuit sentenció que las normas de emisión de radiación de la Agencia de Protección Ambiental de los EUA (U.S. EPA) para Yucca Mountain violaban la Nuclear Waste Policy Act. Elló fue debido a que la EPA había propuesto que los residuos deberían estar contenidos durante 10.000 años, mientras que las recomendaciones de la Nacional Academy of Sciences sobre el nivel de salud que protegería al público en general eran de entre 300.000 y 1.000.000 de años. Además, el tribunal sentenció que la NRC deberá esperar una nueva normativa de la EPA sobre la cuestión, que puede demorarse hasta una década.

Asia

En **China** funcionan 11 reactores nucleares (uno más que en 2003) que generan el 1,9% (frente a un 2,2% en 2003) de la electricidad del país. En construcción hay cinco unidades adicionales con

⁷³ <http://www.nrc.gov/reactors/operating/licensing/renewal/applications.html>

⁷⁴ Washington Post, 8 Octubre 2007

una potencia de 3,32 GW. China tiene la proporción de electricidad nuclear mas baja de todos los países que disponen de reactores Y probablemente así continuará incluso si el país se lanza a un programa significativo de nuevas construcciones, ya que se prevé que aumente rápidamente el consumo de energía.

En julio y septiembre de 2004 el Consejo de Estado Chino aprobó tres proyectos de dos reactores cada uno en Lingdong, Sanmen y Yangjiang. De acuerdo con el Uranium Information Center de Melbourne, Australia, “las plantas de Sanmen y de Yangjiang estén en un proceso de ofertas para diseños de la tercera generación, con contratos otorgados en 2005. Westinghouse ofertará su AP-1000 (que ya dispone de aprobación de diseño final por parte de la U.S. NRC), Areva (Framatome ANP) ofertará su EPR de 1.600 MWe y Atomstroyexport se espera que oferte su AES-92 (versión V-392 del VVER-1000) o posiblemente el mayor VVER-1500/V-448. Las ofertas se valorarán a nivel tecnológico, el nivel de experiencia, precio, contenido local y transferencia de tecnología.”⁷⁵

Los dos últimos aspectos son cruciales. China ha negociado de forma autoritaria contratos en el pasado. Los franceses perdieron cantidades importantes de dinero en las primera entregas de material de reactor en Daya Bay, Guangdong: “no perdimos la camisa pero si los gemelos” en el acuerdo, manifestó en su momento el presidente de EDF. “Si, ¡los de oro!” añadió el director general durante una conferencia de prensa cuando se anunció el acuerdo en 1985. EDF manejó la construcción de dos unidades conjuntamente con ingenieros chinos. En aquel momento, el proyecto significaba abrir la puerta a una serie completa de suministro de reactores. Pero China también adquirió dos reactores canadienses y dos rusos, mientras negociaba fieramente con competidores americanos, rusos y un consorcio franco-alemán entorno las escasa siguientes y desarrollaba su propia tecnología. La frase clave es transferencia de tecnología.

Los contratos para Lingdong, Sanmen y Yangjiang no se otorgaron a las ofertas extranjeras en 2005 como estaba previsto. Las cinco unidades serán equipadas esencialmente con equipos fabricados en China, con algunas excepciones como el equipo turbo-generador que suministrará la empresa francesa Alstom. Westinghouse ganó la batalla frente a AREVA para cuatro unidades del diseño de la 3ª generación. La World Nuclear Association informa que:

“En julio de 2007, Westinghouse junto con su partner en el consorcio, Shaw, firmó contratos de AP1000 con SNPTC, Sanmen Nuclear Power Company, Shangdong Nuclear Power Company (una filial de CPI) y China Nacional Technical Import & Export Corporation (CNTIC). Los términos de los contratos no fueron hechos públicos. En septiembre de 2007, Sanmen Nuclear Power Co firmó un contrato de 521 millones de dólares con Mitsubishii Heavy Industries y su socio Harbin Power Equipment Company para dos turbo-generadores de vapor de 1.200 MWe. Se prevé que se inicie la construcción en Sanmen en 2009 y que genere electricidad a finales de 2013.”⁷⁶

El 26 de noviembre de 2007, AREVA finalmente anunció la firma de un contrato comercial. El retraso de tres años en la venta de un reactor de la 3ª generación es un claro ejemplo de los largos periodos de gestación en la venta de proyectos electro-nucleares, incluso bajo circunstancias políticas favorables. No obstante, AREVA anunció el acuerdo como “un contrato récord, por valor de 8.000 millones de Euros (. . .) sin precedentes en el mercado nuclear”. AREVA construirá, conjuntamente con CGNPC (China Guangdong Nuclear Power Corp.), dos reactores EPR en Taishan, en la provincia de Guangdong y proporcionará “todos los materiales y los servicios necesarios para su funcionamiento”.⁷⁷

⁷⁵ <http://www.uic.com.au/nip68.htm>

⁷⁶ <http://www.world-nuclear.org/info/inf63.html>

⁷⁷ AREVA, Comunicado de prensa, 26 Noviembre 2007

Es muy improbable que la energía nuclear juegue un gran papel en la balanza energética China en los próximos 20 o 30 años, incluso si se encarrila un gran programa de ampliación tal como las previsiones oficiales apuntan.⁷⁸ El Organismo Internacional de la Energía Atómica – OIEA en su *World Energy Outlook 2007*, no considera creíbles las proyecciones chinas:

“El objetivo del gobierno es disponer de 40 GW funcionando en el año 2020, lo que implica que China debe añadir 31 GW nuevos a las plantas hoy en funcionamiento, así como 18 GW de potencia en construcción en aquel año. A pesar de haberse intensificado en los últimos años los esfuerzos en construcción de mas plantas electro-nucleares, el objetivo fijado por el gobierno parece ambicioso dado el actual nivel de desarrollo, los largos periodos de construcción y los actuales cuellos de botella en la fabricación de componentes nucleares, lo cual impone retrasos considerables en el suministro de los mismos. En el escenario de referencia, la potencia nuclear instalada alcanza 21 GW en el año 2020 y 31 GW en el 2030.”⁷⁹

Ello significa la mitad de las previsiones chinas para el año 2020, pero se corresponde con la experiencia de los planes nucleares chinos del pasado. Lo mas sorprendente es que la AIE considera un escenario “político alternativo” donde la potencia instalada nuclear alcanza 55 GW en el año 2030, menos que la instalada actualmente en Francia. Incluso bajo este escenario muy poco probable, la energía nuclear no proporcionará mas de un 6% de la energía eléctrica del país.

China dispone de amplios recursos de carbón barato y es una ilusión imaginar que el desarrollo nuclear evitará que China utilice su carbón. El reto clave será ralentizar sus enormes incrementos en la demanda de energía y asesorarla en limpiar su tecnología de centrales eléctricas de carbón.

India opera 17 reactores (tres mas que en 2004) con una potencia total de 3.779 MW, que proporcionan el 2,6% de su electricidad (frente a un 3,3% en 2003). La potencia instalada total en la India es de 130 GW – un 10% superior a la de Francia – para un país que tiene 20 veces su población. Menos del 3% de la potencia instalada es nuclear.

India tiene listadas tres unidades en construcción (dos menos que en 2004). Los reactores actualmente en funcionamiento son de pequeña potencia, y van de 90 a 200 MW y la mayoría experimentaron retrasos en la construcción cuyo resultado se tradujo en tiempos de construcción entre 10 y 14 años y objetivos operacionales raramente alcanzados. En 1985 el objetivo de la India era tener 10 GWe de potencia nuclear operativa en el año 2000, lo cual requería un incremento de 10 veces de la potencia de 2005. En realidad, la potencia instalada solo alcanzó 2,2 GWe y su potencia actual (operativa) es de no mas de 1,5 GWe.

Recientemente el presidente de la Corporación Nuclear India (NPCI) explicó a los periodistas que en el año 2025 habría 62 reactores, con una potencia de 40 GW, en funcionamiento en 2025.⁸⁰ No hay ninguna prueba de cómo el país conseguiría un incremento anual de 1.850 MW cada año entre 2008 y 2025.

India fue el primer país que usó claramente instalaciones diseñadas para uso ‘civil’ para

⁷⁸ Una expansión de este tipo significaría conectar a la red dos reactores de 2.000 MW cada año, lo cual es muy improbable considerando la experiencia del pasado. Uno se asombra de como el país podría alcanzar conectar a la red “varios centenares” de reactores antes del año 2040, como sugirió Anne Lauvergeon, AREVA CEO (*Le Monde*, 12 Octubre 04)

⁷⁹ OECD International Energy Agency, “World Energy Outlook 2007 – China and India Insights”, Londres, 7 Noviembre 2007

⁸⁰ India e-news, 23 Mayo 2006

finalidades militares. Su prueba nuclear de 1974 condujo al fin de la cooperación nuclear extranjera y especialmente de la valiosa asistencia canadiense. La serie de pruebas nucleares realizadas en 1998 significaron un choque para la comunidad internacional y condujeron a una nueva fase de inestabilidad en la región, incluyendo la serie de pruebas nucleares realizadas por Pakistán. Sin embargo, en julio de 2005, la administración Bush decidió levantar las sanciones comerciales nucleares contra la India y en una declaración conjunta con el Primer Ministro Indio se sentaron las bases para un acuerdo de cooperación de largo alcance.⁸¹

A pesar que el acuerdo ha sido objeto de grandes críticas en los EUA⁸², el Primer Ministro admitió inesperadas dificultades desde los partidos de derechas e izquierdas en casa. El reconocimiento de Singh por parte del Presidente de los EUA ha sido visto por los comentaristas “como un indicador que no quiere arriesgar dejar el gobierno antes de las elecciones previstas de 2009 por el arte de una acuerdo nuclear.”⁸³

Japón opera 55 reactores que en 2006 suministraron el 30% de la electricidad del país (frente a un 25% en 2003). Pero en 2002, la nuclear había producido al menos el 35% de la electricidad de Japón. En agosto de 2004, cinco trabajadores murieron a causa de una fuga de vapor en la central de Mihama-3 – un día espantoso, especialmente en Japón, ya que es el aniversario del bombardeo de Nagasaki. La investigación consiguiente reveló una seria falta de sistemáticas inspecciones en las plantas nucleares y condujo a un masivo programa de inspecciones. El terrible acontecimiento es solo uno de la serie de serios accidentes en instalaciones nucleares japonesas: la fuga de sodio en el reactor de neutrones rápidos de Monju, en diciembre de 2005 (el reactor está aun parado hoy día), la explosión en la planta de reprocesamiento de residuos de Tokai, en marzo de 1998, el accidente de criticidad en la planta de fabricación de combustible de Tokai, en septiembre de 1999 y el escándalo de falsificación masiva que empezó en agosto de 2002 y condujo a parar todos los 17 reactores nucleares de la empresa Tokio Electric Power Company. Directivos de TEPCO habían falsificado las actas de inspección e intentaron ocultar las grietas de la envoltura de la vasija del reactor en 13 de sus 17 unidades.⁸⁴ Mas tarde el escándalo se amplió a otras empresas eléctricas con nucleares. No es de extrañar que la generación electro-nuclear del país cayera mas de la cuarta parte entre 2002 y 2003 y que el factor de carga de las plantas nucleares japonesas cayera a menos del 60%.

El 16 de julio de 2007, un fuerte terremoto de intensidad 6,8 en la escala de Richter afectó la región que hospeda la planta nuclear Kashiwasaki-kariwa de TEPCO. La planta con siete reactores es la mayor central nuclear del mundo. Los reactores se pararon y se espera que permanezcan cerrados, por lo menos un año, para la verificación de los daños y realización de reparaciones. Debido a la detección en uno de los reactores de una aceleración sísmica de 2,5 veces superior a la utilizada como base de diseño de instalaciones nucleares, no está claro si las unidades llegarán a funcionar. El 11 de octubre de 2007 cuando se retiró la tapa de la vasija de la unidad siete, para inspeccionar el reactor, se encontró una barra de control metida en el núcleo y no se pudo sacar. Ello significa que una medida clave de seguridad no funcionó adecuadamente. El descubrimiento llevará probablemente a retrasos adicionales en la puesta en funcionamiento de las unidades. Hasta ahora, TEPCO prevé que el impacto del terremoto en los resultados del ejercicio 2007 serán de unos 603.500 yens (3.600 millones de dólares), 440.000 millones debido a

⁸¹ Para una discusión detallada sobre las implicaciones del acuerdo, ver Zia Mian, et al. “Fissile Materials in South Asia: The Implications of the U.S.-India Nuclear Deal”, IPFM, Septiembre 2006

⁸² ver la nota previa y por ejemplo Daryl Kimbal, “Fixing a flawed nuclear deal”, Arms Control Today, Septiembre 2007, http://www.armscontrol.org/act/2007_09/focus.asp

⁸³ WNA, “US-India deal not dead despite difficulties”, 18 Octubre 2007

⁸⁴ ver también <http://cnic.jp/english/newsletter/nit92/nit92articles/nit92coverup.html>

costes de combustible y el resto, 163.500 millones de gastos de reparación.⁸⁵

Oficialmente aparece un reactor en las listas de reactores en construcción, cuando había tres en el año 2003. El reactor Monju está considerado como en “parada de larga duración”. Otros planes de construcción son imprecisos y han sido modificados a la baja varias veces.

La planta de separación de plutonio en Rokasho-mura empezó sus pruebas activas en marzo de 2006. Esta planta, con una capacidad de tratamiento de 800 tn/año, experimentó sus primeros problemas técnicos al cabo de menos de una mes de su puesta en funcionamiento (una fuga en el tanque de limpieza de cascos y boquillas). Los accidentes y los escándalos de los últimos años han retrasado significativamente la introducción de plutonio, en el combustible MOX (mezcla de óxidos de uranio y plutonio). Hasta ahora no se ha utilizado combustible MOX en Japón, pero el país dispone de una considerable cantidad de plutonio (cerca de 43 tn, de las cuales 37 están en Francia y en el reino Unido).

Pakistán opera dos reactores nucleares que proporcionan el 2,7% de la electricidad del país (frente al 2,4% en 2003). Una unidad adicional está en fase de construcción. Como en el caso de la India, Pakistán ha utilizado instalaciones nucleares diseñadas para uso civil para finalidades militares. Además, el país ha desarrollado un complejo sistema para acceder a los componentes para su programa ilegal de armamento nuclear mediante el mercado negro internacional, incluyendo varios proveedores europeos.⁸⁶ Inmediatamente después de la serie de pruebas nucleares indias del 1998, Pakistán también explosionó varios ingenios nucleares. La asistencia internacional es prácticamente imposible, dado que, junto con India, no firmó el Tratado de No Proliferación Nuclear (NPT) y no acepta una completa vigilancia (inspecciones internacionales de *todas* las actividades nucleares en el país). El programa nuclear pakistaní mantendrá, con toda probabilidad, su carácter predominantemente militar.

En la península de Corea, la **República de Corea del Sur** opera 20 reactores que suministran el 38,6% de la electricidad del país (frente a un 40% en 2003). Además dos reactores aparecen en los listados como en fase de construcción. Durante largo tiempo, Corea del Sur, además de China, ha sido considerado el principal mercado de futuro para la expansión de la energía nuclear. Ellos está lejos de la verdad, en este momento. “El movimiento antinuclear se está globalizando” manifestó el ministro de energía sud-coreano, Bong-Suh Lee, en la Conferencia Mundial de la Energía de 1989 en Montreal. “Hemos de pararlo antes de . . . que paren la generación nuclear en todo el mundo”. Aunque el programa inicial se llevó a la práctica sin demasiado debate público, una importante controversia sobre el futuro del programa nuclear – y especialmente sobre el destino de los residuos radiactivos – afectó los planes de expansión en los años 1990. Hay aún algún plan para nuevos reactores, pero el programa ha llegado prácticamente a un paro virtual.

La **República Democrática Popular de Corea (RDPC)** no dispone de ningún reactor en funcionamiento. Un acuerdo internacional de 1994 (KEDO) preveía la construcción de dos reactores nucleares con ayuda técnica y financiera de los EUA, europea y de otros países. Como contrapartida la RDPC debía abandonar toda actividad de investigación y desarrollo en armas nucleares. En el año 2002, los EUA acusaron a la RDPC de violación del acuerdo. Mientras se demostraba que la acusación de los EUA era falsa, la RDPC abandonaba el Tratado de No proliferación Nuclear y se preparaba abiertamente para la reactivación de las actividades relacionadas con armamento nuclear. Como consecuencia se paralizó el proyecto de construcción

⁸⁵ http://www.world-nuclear-news.org/corporate/Kashiwazaki_Kariwa_results_and_emissions_double_whammy-011107.shtml

⁸⁶ ver Mycle Schneider, “Nucléaire : Paris, plaque tournante du trafic pakistanais”, Politis, Paris, 1989

de los reactores. El 7 de octubre de 2006, el país explosionó un artefacto nuclear para demostrar su capacidad armamentista nuclear. Sin embargo, después de una intensa ronda de conversaciones de desarme entre el OIEA y la RDPC, el país firmó, el 13 de febrero de 2007, un “Plan de Acción para la Desnuclearización de Corea del Norte” y se acordó “paralizar y precintar con la finalidad de abandonar la instalación nuclear de Yongbyon, incluyendo la instalación de reprocesamiento e invitar a volver al personal de la OIEA para realizar las necesarias inspecciones y seguimiento”.⁸⁷ Sin embargo, no hay conversaciones sobre la reanudación de los trabajos para finalizar los dos reactores en fase de construcción, según acuerdos previos.

Taiwán opera seis reactores nucleares que proporcionan el 20% de la electricidad del país (frente al 21,5% en 2003). Dos reactores de agua a presión avanzados de 1.350 MWe aparecen listados en fase de construcción en Lungmen, cerca de Taipei. Estaba prevista su inicio de funcionamiento entre 2006 y 2007, pero se ha retrasado hasta 2010. La unidad mas reciente puesta en funcionamiento data de 1985. Todas las plantas nucleares han sido suministradas por los EUA. Por lo que se refiere a los dos plantas en construcción, se rechazados dos ofertas iniciales para suministrar las mismas llave en mano, y los contratos se otorgaron a General Electric para la parte nuclear y a Mitsubishi para las turbinas y a otros para el resto del equipo. La construcción empezó en 1989. “Cuando los reactores estaban construidos en una tercera parte un nuevo gobierno canceló el proyecto, pero se reanudó el trabajo un año después de un recurso legal y una resolución del gobierno a favor de ello. Pero el proyecto se atrasó un año”.⁸⁸ Actualmente el proyecto lleva un retraso de cuatro años.

Europa

En octubre de 2007, 15 de los 27 países de la Unión Europea ampliada (EU27) operaban 146 reactores, casi una tercera parte de las unidades nucleares existentes en el mundo, frente a 151 unidades en 2003 y 172 reactores en 1989.

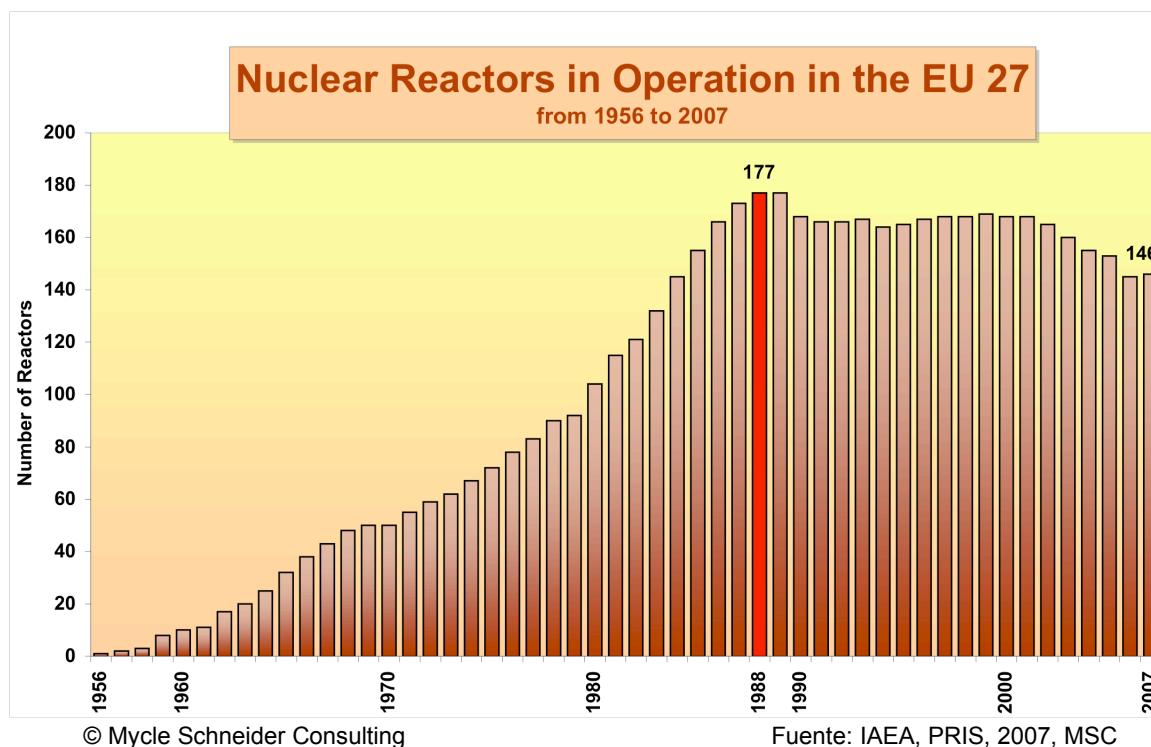
La mayoría de las instalaciones, 125 (frente a 132 en 2003), se localizan en ocho de los países de la Europa de los 15 (EU15) y solo 21 están en los siete nuevos estados miembros con energía nuclear. En otras palabras, casi nueve de cada diez reactores nucleares en funcionamiento en la Europa de los 27, están situados en el oeste. Sin embargo, y en especial cuando se trata de cuestiones de seguridad, una gran parte de la atención pública y política parece dirigida hacia el este.

En 2006, la energía nuclear produjo el 30% (frente al 31% en 2003) de la electricidad comercial de la UE. Además, casi la mitad (45%) de la electricidad nuclear en la EU27 fue generada en un solo país: Francia.

⁸⁷ <http://www.fmprc.gov.cn/eng/zxxx/t297463.htm>

⁸⁸ http://www.world-nuclear.org/info/inf115_taiwan.html

Gráfico 7: Número de reactores nucleares en funcionamiento en la EU 27
desde 1956 hasta 2007



La energía nuclear en la Europa occidental

Especialmente en la Europa occidental, el público generalmente sobreestima el significado de la electricidad en el conjunto del panorama energético y el papel de la energía nuclear particularmente. El porcentaje de la electricidad en el conjunto del consumo de energía primaria en la Europa de los 15 es solo una quinta parte.

Los 125 reactores electro-nucleares en funcionamiento en la Europa de los 15, a finales de 2007 - 32 unidades menos (i) que en 1988-1989, cuando el número de reactores operativos alcanzó su máximo – proporcionan:

- Cerca de una tercera parte de la producción comercial de electricidad
- El 13% del consumo de energía primaria
- Cerca del 6% del consumo de energía final

En la EU15, un reactor está en construcción, en Finlandia. Oficialmente, se empezó a construir una segunda unidad en Francia en Diciembre de 2007. En ningún emplazamiento se ha empezado a construir un reactor en la EU15 desde que la unidad Civaux-1 francesa se inició en 1991. Dejando de lado la excepción francesa, hasta el reciente reactor finlandés, ningún nuevo encargo se ha hecho en la Europa occidental desde el año 1980 – es decir, un encargo en 25 años.

Alemania tiene en funcionamiento 17 reactores que, de acuerdo con el OIEA, proporcionaban en 2006 el 31,8% (frente a un 28,1% en 2003) de la electricidad del país. Sin embargo, fuentes oficiales alemanas informan que la proporción nuclear en el mix de generación eléctrica es de solo un 26,4%, y decrece desde el año 1997 cuando el porcentaje alcanzó un 30%.⁸⁹

⁸⁹ AG Energiebilanzen, “Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2006 nach Energieträgern”, 22 Agosto 2007

En el año 2002, el parlamento voto una ley de paralización de la energía nuclear que estipula que las centrales electro-nucleares del país deben paralizarse después de una vida media de 32 años. Sin embargo, las empresas eléctricas tienen un ‘presupuesto de generación nuclear’ de 2.632.000 millones de kWh (lo que corresponde a la generación mundial de electricidad nuclear en un año) y los kWh restantes de cada unidad puede ser transferida a otra unidad distinta. Dos unidades ya han sido paralizadas bajo esta ley (Stade y Obrigheim). Una tercera unidad (Mülheim-Kärlich), que había estado paralizada desde 1988, ha sido cerrada para siempre. La construcción de nuevas centrales nucleares y de plantas de reprocesamiento de combustible nuclear gastado (mas allá de las cantidades de combustible enviadas a las plantas de reprocesamiento hasta el 30 de junio de 2005) está prohibida.

Después de una significativa crisis en el sector eléctrico-nuclear, a consecuencia de un determinado número de incidentes en las centrales de Brunsbüttel y Krümmel, tres altos ejecutivos del operador Vattenfall fueron despedidos y las unidades están siendo objeto de trabajos de amplia supervisión y mejora, y a finales de 2007 aún no habían vuelto a ponerse en funcionamiento. Al mismo tiempo, dos unidades (Biblis A y B) han estado paralizadas desde principios de 2007 “bajo trabajos de mantenimiento”. Mientras Biblis-B empezó a volver a funcionar el 1 de diciembre de 2007, Biblis-A permanece paralizada. Se está especulando, que el operador RWE está alargando su parada para alargar su fecha de paralización definitiva mas allá de las próximas elecciones federales, que están señaladas para 2009, con la esperanza que un gobierno pro-nuclear anule la legislación actual de abandono de la energía nuclear. El actual gobierno de “gran coalición” entre cristianodemócratas y socialdemócratas se ha mantenido fiel a la legislación de abandono de la energía nuclear. Mientras el lobby nuclear no ha abandonado sus esperanzas de dar un vuelco a la decisión de abandono de la energía nuclear, ninguna empresa eléctrica está dispuesta a encargar una nueva central nuclear. En un entorno público generalmente hostil a la energía nuclear, esta fuente de energía no tiene ningún futuro en Alemania. En el entreacto, la generación eléctrica nuclear ha disminuido un 16% durante los primeros nueve meses de 2007, comparado con el mismo período del año anterior.

Bélgica opera siete reactores y tiene con el 54,5% (frente al 55,5% en 2003), detrás de Eslovaquia, Lituania y Francia, el cuarto lugar mundial por lo que se refiere al porcentaje de electricidad nuclear en su mix energético. En 2002, Bélgica adoptó una legislación para el cierre de las nucleares después de 40 años de operación y, por tanto, de acuerdo con su fecha de abertura, las centrales se paralizarán entre 2014 y 2025.

En tanto la legislación se adoptó bajo un gobierno que incluía una coalición con el partido verde, los gobiernos siguientes, que no incluyen ministro verdes, no han revocado la ley de paralización nuclear.

España opera ocho reactores nucleares (uno menos que en 2003) que suministran el 19,8% de la electricidad del país (frente al 23,6% en 2003). Mas allá de la moratoria de-facto que ha habido durante muchos años, el actual presidente del gobierno español, José Luís Rodríguez Zapatero incluyó el abandono de la energía nuclear entre los objetivos de su gobierno. Zapatero anunció en la ceremonia de investidura, en abril de 2004, que su gobierno “abandonaría gradualmente” la energía nuclear e incrementaría los fondos para las energías renovables en un esfuerzo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, de acuerdo con el Protocolo de Kyoto. La primera unidad (José Cabrera) se cerró a finales del año 2006.

Finlandia opera cuatro unidades que suministran el 28% (frente al 27% en 2003) de su electricidad. En diciembre de 2003, Finlandia fue el primer país que encargó un nuevo reactor nuclear en Europa occidental en los últimos 15 años. La empresa eléctrica TVO firmó un contrato llave en mano con el consorcio franco-alemán Framatome-ANP, actualmente AREVA NP (66% AREVA, 34% Siemens) para el suministro de un reactor EPR (European Pressurized Reactor) de

1.600 MW de potencia. El Landesbank de Baviera – la oficina principal de Siemens está situada en Baviera – otorgó un préstamo por un valor de 1.950 millones de Euros, sobre un 60% del valor del contrato, a un de interés preferente del 2,6%. La Agencia de Crédito Francesa para la Exportación – COFACE cubrió el crédito adicional de 720 millones de Euros. La construcción empezó en agosto de 2005. Dos años después, el proyecto lleva un retraso de dos años y pasa un 50% del presupuesto inicial, con unas pérdidas estimadas para el proveedor de 1.500 millones de Euros. No está claro quién va a cubrir el sobre coste.

En un informe inusualmente crítico, las autoridades de seguridad finlandesas aportaban un número de razones para explicar los retrasos:

“El tiempo y los recursos necesarios para el diseño detallado de la unidad OL3 fueron claramente subestimados, cuando se acordó en planning global (. . .). Un problema adicional surgió del hecho que el proveedor no estaba suficientemente familiarizado con las prácticas finlandesas al inicio del proyecto (. . .) los mayores problemas implican la gestión del proyecto (. . .) El vendedor de la central ha escogido subcontratistas que no tenían experiencia previa en la construcción de centrales electro-nucleares para la implementación del proyecto. Estos subcontratistas no han recibido la suficiente orientación y supervisión para asegurar un progresos sin problemas de su trabajo (. . .) Otro ejemplo es el grupo de supervisión de la fabricación de la carcasa de acero contención del reactor. La función de la carcasa de acero es asegurar la hermeticidad a fugas de la contención y así prevenir cualquier fuga de sustancias radioactivas en el entorno incluso en caso de daños en el reactor. La selección y la supervisión del fabricante de la carcasa se dejó a un subcontratista que diseñó la carcasa y la suministró a FANP. El fabricante no tenía experiencia previa en la fabricación de equipos para centrales nucleares. Los requisitos concernientes a la calidad y supervisión de la construcción fueron una sorpresa para el fabricante (. . .).”⁹⁰

Sobre la actitud de AREVA NC como vendedor, las autoridades de seguridad finlandesas escribieron:

“En esta etapa de construcción ha habido demasiados cambios perjudiciales en el personal destinado al emplazamiento e incluso se ha cesado el Director de emplazamiento, [que ha sido] substituido. Ello ha hecho la gestión global, al igual que la detección y manejo de los problemas, difícil. (. . .) La incompetencia en el papel del constructor ha llegado a ser obvia en los trabajos preparatorios de la losa de hormigón para la base del reactor. (. . .) El consorcio tiene la costumbre de emplear nuevas personas para resolver los problemas, lo cual parece que ha resultado en mucha mas confusión sobre las responsabilidades.”⁹¹

La situación energética en Finlandia es muy inusual y es el quinto país de mundo en consumo por cápita de electricidad, y el número dos, detrás de Suecia, en la Unión Europea. El consumo medio de electricidad de una persona en Finlandia es 2,4 veces superior a la de una alemana y tres veces superior a una italiana. Para satisfacer el extraordinario nivel de consumo de electricidad, Finlandia importa significativas cantidades de electricidad, en algún caso superando los 10.000 millones de kWh al año, incluyendo electricidad procedente de los reactores rusos de Leningrado, del tipo de Chernobyl (RBMK). Si Finlandia redujera su nivel de consumo por cápita al nivel de Alemania, el país ahorraría unos 44.000 millones de kWh de electricidad al año, lo cual es dos

⁹⁰ STUK, Comunicado de prensa, 12 Julio 2006, http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2006/en_GB/news_419/; STUK, “Management of Safety Requirements in Subcontracting During the Olkiluoto-3 Nuclear Power Plant Construction Phase”, Investigation Report 1/06, traducción fechada el 1 Septiembre 2006; ver informe completo en http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2006/en_GB/news_419/files/76545710906084186/default/investigation_report.pdf

⁹¹ ibidem

veces la cantidad producida por los dos reactores nucleares finlandeses en 2006 y casi tres veces la cantidad que el nuevo reactor EPR se espera que genere.

De hecho, las circunstancias del contrato del EPR son tan extraordinarias como la situación eléctrica en Finlandia. El consorcio Framatome-Siemens ofreció un precio fijo para una instalación llaves en mano, exceptuando el trabajo de excavación y de preparación del emplazamiento. Ello es una situación sin precedentes en un entorno de muy elevado riesgo financiero. Falta clarificar quien será el responsable para cualquier probable incremento de coste mas allá del precio acordado. La carga de coste para la fabricación europea es considerada ya demasiado elevada para el mismo consorcio, pues encargaron los componentes principales, la vasija a presión del reactor y los generadores de vapor en Japón. Los suministradores y la eléctrica TVO, la principal entidad que cursa los pedidos, entre un grupo de 61 clientes, declinó indicar si los demás componentes habían sido encargados fuera de la UE. En cualquier caso, no está claro si la instalación será calificada con el certificado “Made in EC”, dado que la fabricación completa de los componentes principales se realizará en Japón.

Francia es la excepción mundial en la energía nuclear. Hace 33 años el gobierno francés inició el mayor programa público de energía electro-nuclear en respuesta a la denominada crisis del petróleo de año 1973. Sin embargo, en 1973 menos del 13% del consumo de petróleo se utilizaba en generación de electricidad. Tres décadas después, Francia ha reducido el consumo global de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón) en menos del 10% y el consumo de petróleo en el sector del transporte se ha incrementado mucho más que el consumo anual que la sustitución de la generación fósil de electricidad por energía nuclear.

En 2006, los 59 reactores franceses⁹² produjeron el 78,1% de la electricidad (frente al 77,7% en 2003), a pesar de que solo cerca del 55% de la potencia eléctrica instalada es nuclear. En otras palabras, Francia tiene un enorme exceso de potencia instalada que ha conducido a la práctica del dumping eléctrico en los países vecinos y ha estimulado el desarrollo de aplicaciones térmicas, a partir de la electricidad, altamente ineficientes. Es necesario comparar el pico histórico de potencia de 86 GW en invierno con la potencia instalada de mas de 120 GW. Incluso con una potencia de reserva del 20%, deja un exceso de potencia instalada de mas del equivalente de 34 unidades de 900 MW. No es de extrañar que el equivalente de una docena de reactores operen solo para exportación de electricidad, ni que Francia sea el único país del mundo que paraliza reactores nucleares durante ciertos fines de semana porque no puede vender la electricidad – ni a precios de dumping.

Por otro lado, el pico de carga estacional de electricidad explotó desde mediados de los años 1980, debido principalmente a la generalización de la calefacción eléctrica y al calentamiento de agua. Aproximadamente una cuarta parte de los hogares franceses se calientan con electricidad, la forma mas derrochadora de generación de calor (a causa de que se pierde la mayor parte de la energía primaria en el proceso de transformación, transporte y distribución de electricidad). La diferencia, en potencia, entre el día punta de demanda en verano y la punta máxima en un día de invierno es actualmente superior a 55 GW. Ello se traduce en una curva de carga muy ineficiente, ya que una potencia importante ha de estar disponible durante períodos de tiempo muy cortos en invierno. Este tipo de consumos no se cubre con energía nuclear sino mediante centrales de combustibles fósiles o mediante caras importaciones de electricidad en horas punta. En 2005, Francia importó de Alemania 10 TWh de electricidad en horas punta a unos precios desconocidos, pero probablemente muy caros. Como consecuencia, la empresa nacional pública EDF (Electricité de France) decidió reactivar, a lo largo de los próximos años, 2.600 MW de centrales térmicas muy antiguas – las mas viejas se habían puesto en marcha en 1968! – para

⁹² Básicamente reactores de agua a presión, 34 x 900 MW, 20 x 1300 MW y 4 x 1400 además de un reactor reproductor de 35 años de antigüedad de 250 MW (Phénix, Marcoule).

afrontar el fenómeno del pico de carga.

Hoy, el consumo por cápita de electricidad en Francia es un 25% mas elevado que en Italia (que paralizó las centrales nucleares después del accidente de Chernobil en 1986) y un 15% mas elevado que el promedio de los países de la EU27. El consumo primario de energía en Francia es significativamente mas elevado que, por ejemplo, en Francia.

Considerando los excesos de potencia y el promedio de edad cercano a los 23 años, Francia no necesita construir nuevos reactores durante mucho tiempo. Otros factores igualmente apuntan en la misma dirección:

- El *establishment* energético ha admitido, en privado, durante años que el país ha ido demasiado lejos con su porcentaje nuclear en el mix energético, y que la contribución de esta energía no debería superar el 60% de la electricidad generada.
- Es inconcebible que Francia quiera construir nuevos reactores con el único objetivo de exportar electricidad. Ello sería demasiado caro especialmente en un mercado liberalizado de la energía.
- EDF está intentando que sus reactores funcionen durante 40 años por lo menos.

Por tanto transcurrirán muchos años, y quizás décadas, antes que las limitaciones de potencia requieran nuevas centrales para cubrir la potencia base. Si el gobierno francés y EDF han anunciado su intención de construir una nueva unidad, es solamente debido a que la industria nuclear debe afrontar un serio problema de mantenimiento de su competitividad en este dominio. El 21 de octubre de 2004, EDF hizo público que Flamanville era el emplazamiento escogido para el proyecto EPR. Flamanville está solo a 15 km de la fábrica de reprocesamiento de La Hague (ver mas abajo). La elección del emplazamiento llegó como una sorpresa a muchos especialistas, ya que no cumple los criterios técnicos ni económicos, pero parece ser la compensación por los recortes del negocio del plutonio con la finalización del trabajo para clientes extranjeros.

Francia también tiene en funcionamiento un gran número de instalaciones nucleares, incluyendo fábricas de concentración de uranio y de enriquecimiento, fabricación de combustible y que tratan con plutonio. Francia y el Reino Unido son los únicos países de la UE que separan el plutonio del combustible gastado, en las denominadas fábricas de reprocesamiento de combustible nuclear. Sus dos fábricas de La Hague tienen autorización para procesar 1.700 tn de combustible al año. Sin embargo, todos los clientes extranjeros mas significativos han finalizado sus contratos y solo le quedan contratos para el reprocesamiento de combustible nuclear procedente del extranjero para pocos meses. Muchos de los antiguos clientes, como Bélgica y Suiza, se han alejado de la separación de plutonio, o lo harán pronto – las empresas eléctricas alemanas tienen prohibido por ley enviar combustible a las plantas de reprocesamiento a partir de julio del 2005 – o han abierto plantas de plutonio propias como Japón. Por tanto, el operador de La Hague, AREVA NC, depende exclusivamente de su cliente local EDF para sus negocios. Mientras, el contrato existente expira en 2007, incluso ello no cubre todo el combustible gastado ya almacenado o descargado del reactor en este período de tiempo, y, por tanto, es evidente que no hay ni habrá suficiente volumen de negocio para ambas cadenas de reprocesamiento.

Una investigación a fondo sobre las consecuencias ecológicas y sobre la salud de la planta de La Hague y de su equivalente inglesa de Sellafield, que se llevó a cabo por encargo del Parlamento Europeo en 2001⁹³, se concluyó que estas fábricas de plutonio son, con mucha diferencia, las

⁹³ Mycle Schneider (Dir.), et al., *Possible Toxic Effects from the Nuclear Reprocessing Plants at Sellafield (UK) and Cap de la Hague (France)*, Final Report for the Scientific and Technological Options Assessment (STOA) Program, Directorate General for Research, European Parliament, Luxemburg, Noviembre 2001, 170 p.

instalaciones nucleares mas contaminantes de la UE. Sus emisiones radioactivas en funcionamiento normal equivalen a un gran accidente cada año.⁹⁴

Holanda opera una sola central nuclear que tiene 34 años de edad y 450 MW de potencia, la cual proporcionó durante 2006 un 3,5% (frente a un 4% en 2003) de la electricidad del país. La decisión política que se tomó en el año 2004 de cerrar el reactor nuclear fue anulada completamente por los tribunales de justicia, a petición del operador del mismo. En junio de 2006 se alcanzó un acuerdo entre el operador y el gobierno que permitía el funcionamiento del reactor hasta el año 2033 bajo determinadas condiciones. “Sería mantenido bajo las mas estrictas condiciones de seguridad y las empresas propietarias del mismo, Delta y Essent, acordaron dar 250 millones de Euros para proyectos de energía sostenible. El gobierno añadió otros 250 millones, para evitar el pago de la compensación debido a la reclamación interpuesta por las eléctricas, en el caso de haber continuado por el camino del cierre del reactor.”⁹⁵

A principios de 2004, el operador del reactor de Borssele, EPZ, otorgó un contrato de reprocesamiento a COGEMA. Es una curiosa decisión considerando que no hay ninguna posibilidad para Holanda de utilización del plutonio que se separe. EPZ ha rechazado informar de sus planes referentes al plutonio, pero parece que pagará a las empresas francesas para deshacerse de ello.

El **Reino Unido** opera 19 reactores (4 menos que en 2003) que proporcionan el 18,4% de la electricidad del país (frente a un 22% en 2003). Muchas de las centrales nucleares del Reino Unido son relativamente pequeñas, especialmente ineficientes y tienen cerca de 30 años. Alemania, por cada reactor, produce mas del doble de electricidad que el Reino Unido. La productividad de loa reactores británicos podría disminuir aún mas a causa del descubrimiento de inesperados problemas de envejecimiento, que resultaran “mas serios de lo que se podía haber pensado.”⁹⁶ Los reactores AGR (reactores avanzados refrigerados con gas) están “demostrando que son cada vez menos de fiar.”⁹⁷ Si British Energy no construye nuevos reactores, advierte el lobby nuclear a través de World Nuclear News, “en el año 2023 solo habrá en funcionamiento Sizewell B – un diseño moderno de reactor de agua a presión – a medida que se vayan paralizando los AGR.”⁹⁸

La industria nuclear del Reino Unido ha pasado por décadas de molestias. Ya desde que Margaret Thatcher fracasó en su intento de privatización, a finales de los 1980, cuando el kWh nuclear se volvió el doble de caro de lo que se había indicado anteriormente, las empresas eléctrico-nucleares y la industria del combustible nuclear se han movido de un escándalo hasta su práctica quiebra. En septiembre de 2004, la Comisión Europea aceptó un paquete de reestructuración del Gobierno del Reino Unido de 6.000 millones, para evitar que el generador nuclear, de propiedad privada, British Energy, tuviera que ir a la liquidación. El fondo era parte de una mas largo proceso de establecimiento de una Agencia específica de desmantelamiento Nuclear (NDA – Nuclear Decommissioning Agency). La NDA había de generar parte de los fondos necesarios para el desmantelamiento de las instalaciones nucleares del Reino Unido – estimados en un equivalente superior a 100.000 millones de Euros – a partir del funcionamiento de la planta de reprocesamiento THORP y de la fábrica de combustible de plutonio SMP. Sin embargo, ambas

⁹⁴ Un Nuevo análisis sera publicado en breve, Mycle Schneider, Yves Marignac, “Reprocessing in France”, International Panel on Fissile Materials (IPFM), de próxima aparición

⁹⁵ <http://www.world-nuclear.org/info/inf107.html>

⁹⁶ WNN, “Aging causes grey hairs at British Energy”, 26 Octubre 2007, http://www.world-nuclear-news.org/regulationSafety/Aging_causes_grey_hairs_at_British_Energy_261007.shtml?jmid=1128393678

⁹⁷ ibidem

⁹⁸ ibidem

han estado plagadas por un incontable número de serios problemas técnicos que mantuvieron su funcionamiento significativamente por debajo de las expectativas. Una fuga descubierta en una de los tanques de contabilidad en la instalación THORP, en abril de 2005, que había permanecido inadvertida durante ocho meses, se convirtió en un vertido sobre el suelo de cerca de 80 m³ de combustible disuelto conteniendo unas 22 ton. de uranio y 200 kg. de plutonio. Después de dos años y medio, la instalación solo ha reprocesado una prueba de 33 tn. Su reapertura está planificada para la primavera de 2008.

A principio de 2004, el lobby nuclear del Reino Unido lanzó una gran iniciativa, ampliamente recogida por la prensa, con el objetivo de mantener la opción nuclear abierta. Sin embargo, ministros clave del gobierno rechazaron sus alegaciones de una forma inusualmente clara. La, Secretaria de Medio Ambiente, de aquel momento, Margaret Beckett, manifestó: “construir centrales electro-nucleares sería dejar a las futuras generaciones un ‘difícil’ legado.”⁹⁹ Y su colega, que mantenía el cargo del Ministerio de Industria, Patricia Hewitt, clarificó en *The Times*¹⁰⁰: “Nuestra prioridad son la eficiencia energética y las energías renovables. Ahora no tenemos ningún propósito para la construcción de nuevas centrales nucleares, pero en algún momento del futuro podría ser necesario construir mas centrales nucleares si hemos de alcanzar los objetivos del carbono. Antes de tomar ninguna decisión al respecto, se necesitaría el mas completo proceso de consulta pública y la publicación de un White Paper fijando los propósitos del Gobierno. La economía actual de construcción de nuevas centrales nucleares las convierte en una opción muy poco atractiva y existen importantes cuestiones entorno al legado de los residuos nucleares. Estamos seguros de que las energías renovables proporcionarán una contribución significativa y creciente a las necesidades energéticas del Reino Unido.”

Sin embargo, los dos ministros citados anteriormente, ya no están en el cargo y el actual gobierno de Brown parece querer apoyar a la energía nuclear. Después que el desafío legal de Greenpeace socavara con éxito el primer procedimiento de consulta pública sobre el futuro de la energía nuclear en el Reino Unido, una segunda consulta finalizó el 10 de octubre de 2007. Sin embargo, fue considerada igualmente inadecuada por parte de organizaciones ecologistas y de consumidores y Greenpeace presentó una denuncia oficial acerca de la forma como se llevó a cabo el proceso, ante el Market Research Standards Board (MSRB), después de haber abandonado un mes antes, junto con otras ONG, el proceso de consulta.¹⁰¹ Se acusa concretamente al gobierno de haber decidido antes del proceso de consulta, convirtiéndolo esencialmente en una farsa, y distribuyendo, de hecho, información errónea.

Un borrador confidencial sobre política energética dirigido al Primer Ministro por parte del Secretario de Estado para Negocios, Empresa y Reforma Reguladora identificaba curiosamente las energías renovables como una amenaza al desarrollo de la energía nuclear a causa del debilitamiento que ocasionarían al esquema de comercio de emisiones de la Unión Europea: “[Alcanzar el objetivo del 20% de energías renovables] socava de forma crucial la credibilidad del esquema . . . y reduce los incentivos para invertir en otras tecnologías de bajo contenido en carbono como la energía nuclear”, decían los papeles.¹⁰²

En marzo de 2006, la Comisión para el desarrollo Sostenible del gobierno del Reino Unido hizo público un informe sobre energía nuclear y llegó a la siguiente conclusión¹⁰³:

⁹⁹ *The Observer*, 19 September 2004

¹⁰⁰ *The Times*, 18 September 2004

¹⁰¹ <http://www.greenconsumerguide.com/index.php?news=3545>

¹⁰² *The Guardian*, 23 October 2007

¹⁰³ Sustainable Development Commission, *Is Nuclear the Answer?*, London, Marzo 2006

“La mayoría de miembros de la Comisión creen que, con el suficiente apoyo y vigor, una estrategia no nuclear podría y debería ser suficiente para proporcionarnos toda la reducción de emisiones de carbono que necesitamos hasta 2050 y mas allá, y asegurarnos un acceso seguro a fuentes de energía fiables.

La relativamente pequeña contribución que podría hacer el programa de energía electro-nuclear para alcanzar estos retos (incluso si dobláramos la actual potencia nuclear, nos daría una reducción de un 8% de las emisiones respecto las de 1990 para el año 2035, y no contribuiría en casi nada después de 2020) no justifica de ninguna manera las desventajas substanciales y los costes que llevaría asociados el programa.”

Suecia opera 10 reactores (uno menos que en 2003) que proporcionan el 48% de la electricidad (frente al 50% en 2003). Suecia es el país mas consumidor de energía eléctrica de la UE y el cuarto consumidor eléctrico mundial. La causa de este elevado nivel de consumo de electricidad es el uso muy ineficiente de la electricidad para usos térmicos. La calefacción eléctrica y el calentamiento de agua con electricidad absorben unos 40 TWh, mas de una cuarta parte del consumo eléctrico del país.

Suecia decidió en 1980 por referéndum abandonar la energía nuclear en el año 2010. Este referéndum fue una iniciativa algo curiosa ya que tuvo lugar cuando solo seis de 12 reactores programados estaban en funcionamiento, estando los seis restantes en construcción. Por tanto, fue mas bien un referéndum para un “programa de limitación” que no un “programa de abandono”. Después del accidente de Chernobil, Suecia se comprometió a paralizar dos unidades en 1995-96, pero esta paralización avanzada se abandonó a principios de 1991. El país mantuvo el abandono en 2010 hasta mediados de los noventa, pero continuó el activo debate sobre el futuro nuclear del país y condujo a un nuevo acuerdo inter-partidista: iniciar la paralización de forma adelantada pero renunciar a la fecha de 2010. De esta forma, se paralizó el primer reactor (Barsebäck-1) en 1999 y el segundo (Barsebäck-2) se desconectó en 2005. A diferencia de los casos de Alemania y Bélgica, el gobierno sueco acordó pagar una compensación por el cierre de las cenrales (cerca de 900 millones de Euros por Barsebäck-1). El negociador estatal, Bo Bylund, manifestó en octubre de 2004 que esperaba que el tercer reactor nuclear sueco se cerraría inmediatamente después de 2010, y que los demás cierres seguirían a un ritmo de, aproximadamente, una unidad cada tres años. Ello significaría que la última unidad sueca se cerraría “en algún momento entre 2020 y 2030”, correspondiendo a una vida media del reactor de 40 años. El ministro de Industria, Leif Pagrotsky, expresó sus deseos de un cierre mas rápido de las restantes 10 unidades, diciendo: “Espero que el cierre se organice tan pronto como sea posible.”¹⁰⁴

El único país de Europa occidental que no pertenece a la UE y que opera centrales nucleares es **Suiza**. Este país dispone de cinco reactores que cubren el 37,4% del consumo de su electricidad (frente a un 39,7% en 2003). En el año 2001 el resentimiento contra la energía nuclear era el mas alto nunca alcanzado, con un 75% de las gentes del país respondiendo “no” a la pregunta “¿es aceptable la energía nuclear?”¹⁰⁵ Sin embargo, en 2003 una mayoría de gente rechazó dos mociones de amplio alcance contra el uso de más energía nuclear.

Suiza es el único país nuclear que lleva a cabo de forma continua referendos sobre el futuro de la energía nuclear. Mientras la opción de abandono de la energía nuclear nunca ha alcanzado una mayoría suficiente, los referendos han mantenido durante largo tiempo una moratoria efectiva sobre cualquier nuevo proyecto. Actualmente los operadores nucleares han iniciado un debate

¹⁰⁴ NucNet, 6 Octubre 04

¹⁰⁵ Conrad U. Brunner, *Democratic Decision-Making in Switzerland: Referenda for a Nuclear Phase-Out*, in “*Rethinking Nuclear Energy after September 11, 2001*”, Global Health Watch, IPPNW, Septiembre 2004

sobre la substitución potencial de las viejas centrales nucleares del país. Sin embargo, no hay planes a corto plazo para ninguna nueva central nuclear en Suiza.

La Energía nuclear en Europa Central y Oriental

En el año 2006, la energía nuclear en **Bulgaria** proporcionó el 43,6% de la electricidad del país (frente a un 37,7% en 2003), pero el 31 de diciembre de 2006, para cumplir las condiciones de entrada en la UE, se cerró el segundo de los dos bloques de la central nuclear de Kozloduy. Ello sigue al cierre, a finales de 2002, de las primeras dos unidades. El acuerdo de cierre de cuatro reactores VVER 440-230, juntamente con los acuerdos para similares actuaciones en Lituania y Eslovaquia, se realizó en 1999. Como resultado del cierre, Bulgaria recibió 555 millones de Euros e la UE. En el emplazamiento de Kozloduy permanecen en funcionamiento dos reactores VVER 1000.

En el año 2003, el gobierno anunció su intención de reemprender la construcción de Belene, al norte de Bulgaria. La construcción del reactor empezó inicialmente en 1985, pero a consecuencia de cambios políticos se suspendió la construcción y se paralizó formalmente en 1992, debido en parte a la preocupación sobre la estabilidad Geol. gica del emplazamiento. En 2004 se convocó un concurso para la finalización de una potencia nuclear de 1.900 MW y siete firmas expresaron inicialmente su interés. Sin embargo, todas las propuestas, excepto la liderada por Skoda y la realizada por Atomstroyexport (ASE), fueron rechazadas. En octubre de 2006, fue otorgado un contrato de 4.000 millones de Euros al consorcio ASE, que incluía al fabricante nuclear francés AREVA y empresas búlgaras, pero hasta octubre de 2007 no se había firmado el contrato final.

La controversia continua respecto a la finalización del Estudio de Impacto Ambiental, el cual no contiene información adecuada sobre las condiciones sísmicas, ni va mas allá del propósito de accidentes básicos, ni da detalles de los impactos potenciales del desmantelamiento¹⁰⁶. Además, a consecuencia de acciones legales emprendidas por grupos ecologistas, los autores del informe de impacto ambiental confirmaron, durante el proceso judicial, que el informe era defectuoso y que sería necesario un nuevo estudio de impacto ambiental una vez se decidiera un diseño y un fabricante del reactor¹⁰⁷. En febrero de 2007, las autoridades búlgaras anunciaron los planes de construcción a la Comisión Europea, tal como se determina en el marco del Tratado EURATOM. El proyecto de construcción en el emplazamiento de Belene se ha establecido de forma que la empresa eléctrica del Estado, Natsionalme Elektricheska Kompania (NEK) mantendrá el control del mismo, con el 51% de la propiedad, pero las acciones restantes se han puesto a concurso, habiendo expresado su interés un determinado número de empresas, incluyendo ENEL, EDF, Suez, Electrabel, E.ON, RWE y CEZ. El operador estima que el coste total del proyecto será del orden de 7.000 millones de Euros (4.000 millones para la central y el resto para el desarrollo de las infraestructuras asociadas).

La empresa eléctrica estatal de **Eslovaquia**, Slovak Electric (SE), opera todas las centrales nucleares en el país, en dos emplazamientos: Bohunice, que aloja tres VVER 440 y Mochovce que contiene dos. La central de Bohunice tiene el único reactor operativo VVER 440-230 de la UE, el cual prevé su cierre en 2008, habiendo cerrado su prior reactor en 2006. Igual como otras unidades VVER 440-213, se están llevando a cabo trabajos de ingeniería para alargar su vida operativa 40 años, lo que permitiría su funcionamiento hasta 2025.

¹⁰⁶ Greenpeace, "Comments on the non-technical summary of the EIA report of the Investment Proposal of the Belene Nuclear Power Plant", Junio 2004

¹⁰⁷ Respuestas del equipo de Evaluación del Impacto Ambiental – EIA sobre la pregunta 29 de ONG y ciudadanos durante las audiencias públicas en el marco del EIA para Belene, 2004

Las unidades de Mochovce finalizaron su construcción en 1998 y 1999. Deberían haber sido los primeros reactores en recibir financiación del Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo (EBRD) en 1995, sin embargo la semana antes de la decisión positiva por parte del consejo directivo del Banco, las autoridades Eslovacas retiraron la solicitud del crédito. Se dijo que esta decisión se tomó debido a las condiciones y al precio del proyecto y que se finalizaría a un menor coste utilizando ingeniería rusa y eslovaca. En aquel tiempo se suponía que la finalización de los dos reactores, que oficialmente estaban finalizados en un 90% y un 75%, costaría del orden de 800 millones de Euros. Sin embargo, cuando se finalizaron el coste de finalización había subido mas del doble de aquella cantidad.

La energía nuclear proporcionó un 57,4% de la electricidad del país en 2006 (frente al 57,4% en 2003). En octubre de 2004, la eléctrica italiana ENEL tuvo éxito en su oferta de adquisición del 66% de la empresa estatal SE. Como parte de su oferta, ENEL propuso invertir cerca de 2.000 millones de Euros en nueva potencia instalada, que se informó que incluía la finalización de Mochovce 3 y 4. En febrero 2007, SE anunció que estaba procediendo a la finalización de estas unidades y que ENEL había acordado invertir 1.800 millones de Euros para ello. A pesar de la presión del gobierno eslovaco para empezar la construcción en 2007, el proceso de aprobación y licitación no había finalizado. Se espera que se finalice el trabajo de los reactores en 2012 y 2013. Si este proyecto tira adelante, la UE vería como se construyen reactores de diseño soviético, de 40 años de antigüedad, sin modernos sistemas de contención, lo que crearía un precedente muy peligroso. No se prevé que un nuevo estudio de impacto ambiental se realice, sino mantener el que se realizó en base al proyecto aprobado en 1986.

La central electro-nuclear de Krsko en **Eslovenia** fue el primer reactor del mundo en ser propiedad compartida entre dos países – Croacia y Eslovenia. El reactor es un modelo Westinghouse PWR (reactor de agua a presión) de 696 MW de potencia que fue conectado a la red en 1981 y se espera que funcione hasta 2021. La energía nuclear proporcionaba el 40,3% de la electricidad del país en el año 2006 (frente a un 40,5% en 2003), La generación también es compartida por los dos países. Existen discusiones para la construcción de un segundo reactor en el mismo emplazamiento. Se espera que la decisión se tome en 2008.

Hay una sola central nuclear en funcionamiento en **Hungría**, en Paks, que aloja cuatro reactores VVER 440-213 que suministran el 37,7% de la electricidad del país (frente al 32,7% en 2003). Los reactores iniciaron su funcionamiento comercial a principios de los ochenta y han sido sometidos a trabajos de ingeniería para continuar funcionando hasta 50 años con una potencia aumentada del 20%. En abril de 2003, el segundo reactor del emplazamiento experimentó el accidente nuclear mas grave del país, calificado en la escala internacional de accidentes como ‘incidente serio’ (nivel 3), con el resultado de la evacuación de la sala principal del reactor y de la descarga de radioactividad al entorno exterior. En el transcurso de la limpieza de las varas de combustible se aplicó un inadecuado enfriamiento que resultó en un serio daño de todos los 30 elementos de combustible. El reactor estuvo sin funcionar durante 18 meses. En el año 1998, el operador de la central nuclear de Paks propuso aumentar la potencia nuclear, pero la propuesta fue rechazada por la empresa eléctrica nacional MVM. Sin embargo, en 2007 cargos gubernamentales han desvelado planes para la construcción de una nueva central nuclear, aunque no forman parte de la política energética aprobada.

La central nuclear de Ignalina en **Lituania** es la única con diseño RBMK que aún permanece en funcionamiento fuera de Rusia. Dado el impacto que el accidente de Chernobil tuvo en Europa occidental, es remarcable que un reactor de diseño parecido se la haya permitido funcionar dentro de la UE. Como parte del acuerdo de entrada en la Unión, esta unidad debe cerrarse a finales de 2009, habiendo cerrado la primera unidad en 2004. La justificación para este alargamiento en el cierre se dijo que era debido a la enorme generación de la central. Sin embargo, incluso después

del cierre de la primera unidad en 2004, la central es aún responsable del 73,3% de la electricidad del país (frente a un 79,9% en 2003). Ello es debido a que la central es demasiado grande para una relativamente pequeña demanda de electricidad. La gran dependencia del país respecto de un único reactor nuclear es un enorme riesgo desde la perspectiva de la seguridad de suministro.

En febrero de 2007, los gobiernos de los tres **estados bálticos** y **Polonia** acordaron en principio construir una nueva central nuclear en Ignalina. En el parlamento de Lituania se discutió una ley en julio de 2007 pidiendo su construcción y finalización en 2015. Se informa que como país anfitrión, Lituania, tendrá provisionalmente la propiedad de un 34% en el proyecto, mientras los otros países dispondrán de un 22%, que tendría una potencia de 3 GW nucleares. No obstante, el reparto final no está aún definido. Si el proyecto acaba materializándose será necesaria la construcción de nuevas líneas de transmisión, particularmente entre Lituania y Polonia, que costarán aproximadamente 300 millones de Euros. A lo largo de 2007 se debía realizar el Estudio de Impacto Ambiental, para finalizarlo en 2008. Sin embargo, a comienzos de 2008, se ha informado que “el recién elegido gobierno del partido Congreso Democrático Liberal no ha mostrado el entusiasmo de su antecesor para participar en el proyecto nuclear de Ignalina, en la vecina Lituania” y que la participación polaca no “está predestinada”.¹⁰⁸

La **República Checa** tiene en funcionamiento seis reactores de diseño ruso en dos emplazamientos, Dukovany y Temelin. El primero aloja cuatro reactores VVER 440.213, mientras que el segundo aloja dos VVER 1000-320, produciendo entre ambos el 31,5% de la electricidad del país (frente al 31,1% en 2003).

La central nuclear de Temelin ha sido el centro de una considerable controversia desde que se tomó una decisión de reemprender su construcción a mediados de los noventa, después que se había paralizado en 1989. Los reactores arrancaron en el año 2000 y en 2002. La Agencia Internacional de la Energía ha sugerido que ‘a pesar de los bajos costes de operación, la amortización de los costes de construcción de Temelin, - se estiman en un total de CZK99.000 millones (3.700 millones de Euros), mas los intereses no amortizados de CZK 10.000 millones (370.000 millones de Euros) – crearán una significativa carga financiera para CEZ’.¹⁰⁹

Incluso después de que los reactores empezasen a funcionar, la controversia no se ha detenido debido a que problemas técnicos, especialmente asociados a las grandes turbinas, han causado un determinado número de paradas. El problema de las turbinas se solucionó, mas o menos, en 2004. Sin embargo, desde entonces, el mayor problema – y el mas relevante desde la perspectiva de la seguridad nuclear – que mantiene bajos los factores de carga es el problema de las deformaciones de los elementos de combustible. Como resultado, el factor de carga de ambas unidades permanece bajo, al nivel del 70%, bastante inferior al promedio internacional de las centrales similares. Además, desde el año 2000, en total 20 incidentes calificados como INES-1 han ocurrido en Temelin, con una tendencia creciente (2000 – uno, 2001 – dos, 2002 - dos, 2003 – dos, 2004 – tres, 2005 – cinco, 2006 – cuatro, 2007 – dos hasta mitad del año).

La central de Dukovany ha operado desde la primera mitad de los años 80 y está sujeta a modificaciones para alargar la vida de los reactores y a su vez incrementar la potencia, entorno a un 15%. Se prevé por parte de los operadores que la central continuará funcionando hasta 2025.

La central electro-nuclear de Cernavoda, en **Rumania**, aloja el único reactor CANDU (de diseño canadiense) existente en Europa. La central se empezó bajo el régimen de Nicolae Ceausescu y

¹⁰⁸ WNN, 3 Enero 2008

¹⁰⁹ International Energy Agency, ‘Energy Policies in IEA Countries, Country Review - Czech Republic’, IEA 2001

constaba, inicialmente, de cinco unidades. La construcción se inició en 1980, utilizando fondos de la Corporación Canadiense para el desarrollo de la Exportación, pero el proyecto fue limitado a principios de los noventa y se focalizó solo en la unidad 1. Eventualmente se finalizó en 1996 con un coste estimado de 2.200 millones de dólares y con una década de retraso. La segunda unidad, también se finalizó mediante ayuda financiera extranjera, incluyendo un crédito canadiense de 140 millones de dólares y otro crédito de EURATOM de 223 millones, y se conectó a la red en agosto de 2007. La energía nuclear suministraba el 9% de la electricidad en Rumania en el año 2006 (frente a un 9,3% en 2003). Se están desarrollando activamente planes para acabar dos unidades adicionales en la central. Se han pedido ofertas para crear un productor independiente de electricidad entre la empresa eléctrica, SNN, la cual debería poner en marcha el proyecto, y mantenerlo en funcionamiento, y un inversor privado. Las ofertas se deben entregar a finales de 2007 y dicen que los trabajos empezarían en 2008, con una fecha provisional de finalización de la tercera unidad en 2014, y 2015 para la cuarta unidad. A la vista de la experiencia pasada el calendario parece extremadamente optimista.

Rusia y la antigua Unión Soviética

Armenia tiene un reactor restante, denominado Armenia-2, en la central nuclear de Medzamor, que está situada a 30 km de la capital, Yeveran. Es de los primeros diseños soviéticos, un VVER 440-230 y ha levantado grandes preocupaciones a lo largo de los años. Sin embargo, continua funcionando en gran parte debido al elevado porcentaje, el 42%, de la electricidad que suministra al país (frente a un 35,5% en 2003). El reactor debe cerrarse en 2016. El gobierno armenio está explorando la financiación y construcción de un reactor adicional, con el Ministro de Industria manifestando en el Parlamento, en septiembre de 2007, que costaría 2.000 millones de dólares y llevaría cuatro años y medio su construcción.

Hay 31 reactores en funcionamiento en **Rusia**, con una potencia instalada de 21,7 GW. En 2006, el parque nuclear generó 144 TWh, proporcionando un 15,9% de la electricidad del país (frente a un 17% en 2003). De los reactores en funcionamiento, 15 son de diseño temprano, cuatro de la primera generación VVER 440-320 y once RBMK, que están siendo cerrados en los estados miembros de la UE como parte de los acuerdos de integración; cuatro son pequeños reactores de agua a ebullición, BWR (11 MW), utilizados para cogeneración en Siberia; uno es un reactor de neutrones rápidos (reproductor); y 11 de la segunda generación de reactores de agua ligera (2 VVER 440-213 y 9 VVER 1000). El promedio de edad de los reactores en funcionamiento es de 25 años y solo dos reactores se han finalizado en los últimos 10 años.

Hay siete reactores oficialmente en construcción, tres de los cuales se iniciaron hace 20 años (Volgodonsk-2 [1983], Kursk-5 [1985], Kalinin-4 [1986] y Balakovo-5 [1987]). De los restantes, uno es un reactor reproductor de neutrones rápidos en Beloyask, dos son pequeños reactores de agua a presión, PWR (40 MW), para la región de Arkhangelsk – para situado en barcazas. Parece ser que Balakovo-5 ha “desaparecido de la lista” y “su finalización ha sido aplazada” debido a que la eléctrica rusa UES lo ha puesto “en baja prioridad”.¹¹⁰ Sin embargo, otra unidad, el nuevo VVER 1200 en Novovoronezh, ha aparecido en la lista de nuevas construcciones rusas.¹¹¹

En septiembre de 2007 AtomEnergProm anunció planes para la construcción de ocho reactores VVER 1200 para el año 2016, con reactores adicionales a construir después de esta fecha. En total, el organismo gubernamental espera doblar con creces la actual potencia nuclear para el año

¹¹⁰ <http://www.uic.com.au/nip62.htm>

¹¹¹ ibidem; De cara a la unificación de las Fuentes, hemos decidido basar la tabla de unidades oficialmente en construcción en el Anexo I de los datos proporcionados por el OIEA PRIS, a pesar que es obvio que contradicen otras fuentes

2020. A lo largo de los últimos años el Gobierno ha ido aprisa en desarrollar planes para la expansión del sector nuclear. Por ejemplo, el plan del año 2000 era que para el año 2010 se generarían unos 200 TWh de electricidad nuclear. A pesar del hecho que estos planes no se han materializado, la mejora de la situación económica en Rusia hace mas plausibles grandes proyectos de infraestructura. En octubre de 2006 se adoptó un programa de desarrollo de la energía nuclear por un importe de 55.000 millones de dólares. Casi la mitad del programa propuesto, 26.000 millones han de proceder del presupuesto federal y el resto de la industria.

A lo largo de la pasada década, no ha habido muchos cambios en el sector nuclear, con unas pocas centrales puestas en marcha y cerrándose otras. Sin embargo, esta situación no continuará ya que un gran número de los reactores del país, hasta 17, se espera que cierren en los próximos 10 años. Por tanto, a menos que el gran plan de construcción que prevé el Programa Federal se desarrolle de forma activa Rusia verá un gran declive de su producción nuclear en el año 2020.

Rusia está construyendo mas reactores para la exportación que para su mercado interior, con ventas de su diseño mas novedoso, el AES 91 y el AES 92, en Bulgaria, China y la India. Se está desarrollando un determinado número de diseños de reactores, incluyendo uno mas pequeño de agua a ebullición, BWR de 300 MW. Además, se ha autorizado a Rosatom la construcción de reactores nucleares en barcas, los autodenominados reactores flotantes.

Rusia ha desarrollado todo el ciclo de combustible nuclear. Los recursos rusos de uranio son del orden del 5% de los mundiales, con las mayores minas en la frontera con China y Mongolia. También se han propuesto planes para desarrollar reservas uraníferas, abriendo minas, en un determinado número de países, mediante la formación de la Uranium Mining Company (UGRK), conjuntamente con Kazakhstan, Uzbekistán y Mongolia. En septiembre de 2007, se firmó un acuerdo con el gobierno australiano para importar uranio por valor de 1.000 millones de dólares al año.

Durante muchas décadas, Rusia ha estado implicada en el suministro de combustible nuevo a los países de Europa central y oriental y recuperación del combustible una vez utilizado. Esta práctica actualmente ha cesado en la práctica y ha resultado en una disminución muy significativa de los niveles de reprocesamiento en Rusia. La construcción de la planta RT-2 en Kranoyarsk, propuesta para reprocesar el combustible de los reactores VVER 1000, ha sido paralizada y solamente se reprocesa el combustible de los reactores VVER 440.

Ucrania tiene quince reactores en funcionamiento que suministran el 47,5% de la electricidad del país (frente al 45,9% en 2003). El accidente de Chernobil en 1986 no solo ocasionó un gran daño a la economía, a la ecología y a la salud pública del país, sino que también paralizó el desarrollo de la energía nuclear. La situación se agravó, cuando se registró otro accidente en la unidad 2 central de Chernobil en 1991. Desde entonces las dos restantes unidades de Chernobil permanecen cerradas y la central está ahora en las primeras fases de desmantelamiento.

Desde 1986, se han finalizado tres reactores, Zaporozhe 6, Khmelnsky 2 y Roano 4. Los dos últimos se planearon para ser finalizados utilizando financiación del EBRD y de EURATOM, pero el proyecto fue retirado en el último momento por parte del gobierno de Ucrania alegando que los costes y las condiciones de los préstamos eran demasiado elevados. Los reactores se finalizaron mediante recursos rusos y locales, pero ambos reactores recibieron posteriormente créditos muy inferiores, tanto del EBRD como de EURATOM, para mejoras 'post-finalización'.

En el año 2006, el gobierno aprobó una estrategia para iniciar la construcción de 11 reactores adicionales para el año 2030, pero aún no está claro del tipo que serán, ni los tamaños, ni las

ubicaciones que se escogerán para alojarlos. Se espera una decisión en 2008. El plan además prevé que los reactores existentes sean substituidos, por tanto se proponen un total de 22 reactores.

Conclusiones

El estado y las perspectivas de la industria nuclear en el mundo han estado sujetas a un gran número de publicaciones y a una considerable atención de los medios de comunicación, a lo largo de los últimos años. El presente informe intenta proporcionar sólidos elementos de información clave para un análisis inteligente e informado a los que toman decisiones.

A finales de 2007, hay 439 reactores funcionando en el mundo. Esto es, cinco menos que hace cinco años. Hay 34 unidades listadas por la OIEA – Organización Internacional de la Energía Atómica como “en construcción”. Esto es, cerca de 20 menos que a finales de los años noventa.

En 1989, un total de 177 reactores nucleares habían operado en los países que hoy forman la EU-27. Este número disminuyó a 146 unidades en fecha de 1 de noviembre de 2007.

En 1992, el Worldwatch Institute de Washington, WISE-París y Greenpeace Internacional publicaron el primer *World Nuclear Industry Status Report*. Como mostró la primera revisión de este informe, realizada en 2004, los análisis realizados en 1992 demostraron su corrección. En realidad, la combinación de la potencia nuclear instalada en las 436 unidades operando en el mundo en el año 2000, era inferior a 352.000 MW – comparada con la proyección de la OIEA realizada en los años setenta, que era de hasta 4.450.000 MW. Hoy, los 439 reactores que funcionan en el mundo totalizan 371.700 MW. La energía nuclear proporciona el 16% de la electricidad del mundo, el 6% de la energía primaria comercial y entre el 2 y el 3% de la energía final del mundo – y la tendencia es a la baja – menor que la aportación de la hidráulica. En 21 de los 31 países que operan centrales electro-nucleares, disminuyó el porcentaje de la energía nuclear en el mix eléctrico de 2006, comparado con el del año 2003.

La edad media de las centrales nucleares en funcionamiento es de 23 años. Algunas empresas eléctricas prevén vidas útiles de los reactores de 40 años o mas. Considerando el hecho que el promedio de edad de las 117 unidades que ya se han cerrado, es de cerca de 22 años, doblar la vida operativa media parece mas bien optimista. Sin embargo, hemos asumido una vida media de 40 años para todos los reactores y para aquellos que están actualmente en construcción¹¹² y hemos calculado cuantas plantas deberían cerrarse anualmente (ver gráfico 6). El ejercicio permite una evaluación del número de centrales que deberían entrar en funcionamiento en las próximas décadas para mantener el mismo número de plantas en funcionamiento.

Además de las unidades actualmente en construcción con una fecha de inicio fijada, deberían planificarse 70 reactores (40.000 MW) , construirse y poner en funcionamiento hasta el año 2015 – uno cada mes y medio – y otras 192 unidades adicionales (168.000 MW) a lo largo de la siguiente década – uno cada 18 días. Este resultado no ha cambiado desde el análisis realizado en 2004.

Incluso si Finlandia y Francia construyen un reactor europeo de agua a presión (EPR), además si China tira adelante 20 unidades y Japón, Corea o Europa oriental añaden unas pocas unidades, en conjunto, la tendencia mundial irá probablemente a la baja a lo largo de las próximas dos o tres

¹¹² El cálculo excluye aquellos reactores que no tienen fecha de puesta en marcha. Ello afecta a 10 de las 34 unidades listadas por el OIEA como en construcción a finales de 2007

décadas. Con un tiempo de construcción extremadamente largo de 10 años o mas, es prácticamente imposible mantener o incluso aumentar el número de centrales electro-nucleares a lo largo de los próximos 20 años, a menos que se alargue la vida de los reactores a mas de 40 años en promedio. No hay ninguna base para tal suposición.

La falta de mano de obra especializada, una gran pérdida de competencia, graves cuellos de botella en la fabricación (una sola planta en el mundo, Japan Steel Works, puede moldear forjas para vasijas de presión de reactores), falta de confianza de las instituciones financieras internacionales y fuerte competencia de los dinámicos sistemas basados en gas natural y energías renovables agravan los problemas de envejecimiento de la industria.

Dos años y medio después del inicio de construcción, el mayor proyecto piloto demostrativo de construcción nuclear en el mundo, el EPR que AREVA construye en Finlandia, Olkilouto-3, lleva dos años de retraso y un coste adicional de 1.500 millones de Euros (un 50% superior al presupuesto).

En junio de 2005, la revista comercial Nuclear Engineering Internacional, publicó el análisis sobre la edición de 2004 del *World Nuclear Industry Status Report* bajo su título: “*On the way-out – In sharp contrast multiple reporting of a potencial ‘nuclear revival’, the atomic age is in the dusk rather than in the dawn*” (Final de trayecto – En agudo contraste con múltiples informes sobre un potencial ‘renacimiento nuclear’, la era atómica está mas bien en su crepúsculo que en su amanecer).

A finales de 2007, no tenemos nada mas que añadir.

Apéndice 1: Listado de reactores nucleares “en construcción” a 31/12/2007

País	Unidades	MWe (neto)	Inicio de Construcción	Fecha planificada de conexión a la red
ARGENTINA	1	692	1981/07/14	?
BULGARIA	2	1906		
<i>Belene-1</i>		953	1987/01/01	?
<i>Belene-2</i>		953	1987/03/31	?
CHINA	5	3220		
<i>Hongyanhe</i>		1000?	2007/08/18	?
<i>Lingao-3</i>		1000	2005/12/15	2010/08/31
<i>Lingao-4</i>		1000	2006/06/15	?
<i>Qinshan-II-3</i>		610	2006/03/28	2010/12/28
<i>Qinshan-II-4</i>		610	2007/01/28	2011/09/28
FINLANDIA	1	1600	2005/08/12	verano 2011*
FRANCIA	1	1600	2007/12/03	2012/05/01
INDIA	6	2910		
... <i>Kaiga-4</i>		202	2002/05/10	2007/07/31**
... <i>Kudankulam-1</i>		917	2002/03/31	2009/01/31
... <i>Kudankulam-2</i>		917	2002/07/04	2009/07/31
... <i>PFBR</i>		417	2004/10/23	?
... <i>Rajasthan-5</i>		202	2002/09/18	2007/06/30**
... <i>Rajasthan-6</i>		202	2003/01/20	2007/12/31**
IRAN	1	915	1975/05/01	2007/11/01***
JAPON	1	866	2004/11/18	2009/12/01****
PAKISTAN	1	300	2005/12/28	2011/05/31
RUSIA	7	4585		
... <i>Balakovo-5</i>		950	1987/04/01	2010/12/31
... <i>BN-800</i>		750	1985*****	?
... <i>Kalinin-4</i>		950	1986/08/01	2010/12/31
... <i>Kursk-5</i>		925	1985/12/01	2010/12/31
... <i>Severodvinsk-1</i>		30	2007/04/15	?
... <i>Severodvinsk-2</i>		30	2007/04/15	?
... <i>Volgodonsk</i>		950	1983/05/01	2008/12/31
COREA DEL SUR	3	2880		
... <i>Shin-Kori-1</i>		960	2006/06/16	2010/08/01
... <i>Shin-Kori-2</i>		960	2007/06/05	2011/08/01
... <i>Shin-Wolsong-1</i>		960	2007/11/20	2011/05/28
TAIWAN*****	2	2600		
... <i>Lungmen-1</i>		1300	1999	2010
... <i>Lungmen-2</i>		1300	1999	2010
UCRANIA	2	1900		
... <i>Khmelnitski-3</i>		950	1986/03/01	2015/01/01
... <i>Khmelnitski-4</i>		950	1987/02/01	2016/01/01
EUA	1	1165	1972/12/01	?
Total:	34	27139		

Fuentes: IAEA, PRIS, Diciembre 2007, excepto las notas adjuntas

Notas

* Esta fecha se refiere a la nueva fecha planificada de inicio de funcionamiento. Sin embargo, la propiedad de la central, TVO, ha informado de fechas para su “funcionamiento comercial”, varios meses posteriores a la fecha inicial de inicio de funcionamiento. Es posible que los nuevos retrasos publicados en el informe de Diciembre de 2007, aplacen la fecha de inicio de operación comercial a finales de 2011. (TVO, comunicado de prensa, 28 Diciembre 2007, ver <http://www.tvo.fi/1016.htm>).

** Hasta finales de 2007, no se había informado de su conexión a la red.

*** Hasta finales de 2007, no se había informado de su conexión a la red.

**** Esta fecha se refiere al inicio planificado de operación comercial de la central.

***** El OIEA Power Reactor Information System (PRIS) da curiosamente una nueva fecha de inicio de construcción: 18/07/2006. Hasta 2003, la Comisión de Energía Atómica francesa (CEA) listaba el BN-800 como “en construcción” con una fecha de inicio de los trabajos de “1985”. En posteriores ediciones de la publicación anual del CEA, *ELECNUC, Nuclear Power Plants in the World*, el BN-800 ha desaparecido.

***** Los datos sobre Taiwán proceden de http://www.world-nuclear.org/info/inf115_taiwan.html