



La energía nuclear se muestra un año más como la tecnología que más electricidad genera en España



Notable participación española en los contratos del proyecto de fusión ITER



Finlandia solicita autorización para construir su repositorio geológico profundo

Las centrales nucleares españolas encabezan la producción eléctrica en 2012

Las centrales nucleares españolas, con una potencia bruta de 7.853 MW, equivalentes al 7,25 % del total español, han producido 61.238 GWh en 2012, un 6,1 % más que en año anterior, representando un 20,94 % del total aportado por todas las tecnologías. La energía nuclear ha sido la máxima contribuyente a la producción total y ha representado el 42,24 % de toda la producción eléctrica no emisora de gases de efecto invernadero.

En 2012 la demanda eléctrica descendió un 1,1 % respecto a 2011, como consecuencia de la crisis económica. Continúa el saldo exportador a los países vecinos, por un total de 11.430 GWh, superior a los 6.090 GWh del año anterior.

Sistema Eléctrico en España en 2012 (datos provisionales)

	Potencia MW	Potencia %	Producción GWh	Producción %	Media horas/año
Régimen Ordinario	69.290	63,98 %	189.309	64,71 %	
Hidráulica	17.762	16,40 %	19.039	6,50 %	932
Nuclear	7.853	7,25 %	61.238	20,94 %	7.798
Carbón	12.130	11,20 %	58.581	20,03 %	4.829
Fuelóleo/Gas	4.401	4,06 %	7.578	2,59 %	1.721
Ciclo combinado	27.144	25,06 %	42.873	14,65 %	1.579
Régimen Especial	39.006	36,02 %	103.207	35,29 %	
Eólica	22.362	20,64 %	48.519	16,59 %	2.169
Biomasa, RSU y forestales	943	0,88 %	4.919	1,68 %	5.216
Solar fotovoltaica	4.410	4,08 %	8.257	2,83 %	1.872
Solar termoeléctrica	1.878	1,73 %	3.433	1,17 %	1.828
Hidráulica	2.040	1,88 %	4.471	1,53 %	2.191
Cogeneración y otros	7.373	6,81 %	33.608	11,49 %	4.558
TOTAL	108.296	100 %	292.516	100 %	

Las centrales nucleares han funcionado una media de 7.798 horas a su potencia nominal. Además, destaca la reducida producción hidráulica (que ha sido 30,9 % inferior a la de 2011, por la menor pluviometría) y la gran producción de las centrales de carbón (25,9 % superior a la del año anterior). La elevada potencia eólica, a causa de su intermitencia, ha funcionado una media de 2.169 horas. Los ciclos combinados han tenido que funcionar una media de menos de 1.600 horas.

Fuente: Foro Nuclear, a partir de REE, Avance del Informe de 2012

El parque nuclear mundial en 2012

El año 2012 ha finalizado con 438 unidades nucleares, con un total de 372.456 MW eléctricos netos. Estas cifras incluyen 48 reactores que están parados, pero no oficialmente cancelados, con una potencia neta de 41.341 MW eléctricos. Los países con más potencia nuclear son Estados Unidos (104 unidades, con 101.465 MW), Francia (58 unidades, con 63.130 MW), Japón (50 unidades, con 44.215 MW) y Rusia (33 unidades, con 23.643 MW). El país con mayor número de reactores en parada prolongada es Japón, como

consecuencia de los estudios posteriores al accidente de Fukushima. A finales de 2012 el país tenía sólo dos unidades en operación, aunque se prevé que las demás vayan entrando en funcionamiento en los próximos años. La operación del parque nuclear mundial produjo en 2011 un total de 2.518 TWh, última cifra disponible.

Durante 2012 se han puesto en servicio las centrales de Shin-Kori 2 y Shin-Wolsong 1, en Corea del Sur y Ningde 1, en China, y se han reincorporado a la red canadiense, después de paradas prolongadas,

las unidades 1 y 2 de la central de Bruce. Han parado definitivamente Oldbury 1 y Wylfa 2, en el Reino Unido y Gentilly 2, en Canadá. Por otra parte, ha comenzado la construcción de siete unidades nuevas en Rusia, Corea del Sur, los Emiratos Árabes Unidos y China.

Al iniciarse el año 2013 había 68 reactores declarados oficialmente en construcción, incluyendo 29 unidades en China, 11 en Rusia y 7 en India, con un total de 65.406 MW eléctricos. Estas cifras no incluyen los reactores en los que se están llevando a cabo trabajos preliminares, pero sin haber efectuado el hormigonado de la losa soporte de la isla nuclear.

El número de reactores parados definitivamente hasta fines de 2012 es de 143, con un total de 51.524 MW netos, e incluye, ade-

más de un número considerable de reactores antiguos, prototipos y unidades de tecnologías abandonadas, los cuatro reactores de Fukushima-Daiichi en Japón y nueve unidades en Alemania, cerradas tras el accidente japonés. Además, se han cerrado en el Reino Unido todos los reactores de tipo Magnox, excepto Wylfa 1.

La mayor actividad de construcción nuclear tiene lugar en China, que incluso espera desbloquear las decisiones relativas a nuevas construcciones, anunciadas pero paralizadas tras Fukushima.

Fuentes: OIEA-Pris, 31 diciembre 2012, NucNet, 27 diciembre 2012 y Rosatom Highlights, 27 diciembre 2012

■ El reactor pequeño de Babcock & Wilcox, elegido para el programa de financiación conjunta del DOE

El Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) ha elegido el reactor mPower, propuesto por Babcock & Wilcox, la ingeniería Bechtel y Tennessee Valley Authority para recibir una parte de su presupuesto de 452 millones de dólares para el desarrollo de este reactor pequeño (SMR, por sus siglas en inglés). La cantidad exacta de la ayuda, a recibir en un periodo de cinco años, será determinada mediante negociación entre las partes. El consorcio industrial deberá contribuir con fondos al menos iguales a los aportados por el DOE. El reactor, de 180 MW, se construirá en el emplazamiento de Clinch River, en Tennessee.

Aunque se reconoce que el desarrollo e implantación de este tipo de reactor es cuestión de bastantes años e inversiones cuantiosas, las ventajas potenciales en cuanto a su construcción modular a partir de conjuntos producidos en fábrica, el tamaño adecuado para redes pequeñas y las inversiones en la instalación al alcance de empresas medianas y pequeñas (ver *Flash* de septiembre 2012), hacen que se prevea un futuro prometedor.

El DOE no ha confirmado si incluirá alguno de los otros tres solicitantes en su programa, pero sí prevé abrir otro proceso de admisión de solicitudes de nuevos fondos para el desarrollo de los SMR.

El consorcio formado por Westinghouse y otras empresas, interesadas en desarrollar el reactor de 225 MW diseñado por la compañía, que será construido en el emplazamiento de Callaway de Ameren, en Missouri, ha manifestado su interés en concursar en este programa. Westinghouse prevé una inversión de unos 900 millones de dólares y ha manifestado su intención de, en caso de ser elegido, solicitar inmediatamente la certificación del diseño y la licencia combinada de construcción y operación (COL) para el emplazamiento elegido.

Fuentes: World Nuclear News, 21 noviembre 2012; NucNet, 22 noviembre 2012; Nucleonics Week, 22 noviembre 2012 y Bulletin Forum Nucléaire Suisse, 12/2012

■ Hacia el desbloqueo nuclear en Japón

El nuevo Gobierno japonés formado por el Partido Demócrata Liberal, tras ganar por amplio margen las elecciones el pasado 16 de diciembre, ha manifestado su actitud positiva hacia el futuro nuclear del país, contra la posición del anterior Gobierno que había manifestado su intención de reducir la participación nuclear hasta anularla al final de la década de 2030, en caso de seguir la recomendación del Consejo Gubernamental de Energía y Medio Ambiente (ver *Flash* de octubre 2012).

El primer ministro, Shinzo Abe, manifestó en una entrevista televisada el 30 de diciembre de 2012 que apoya la construcción de nuevas centrales nucleares, precisando que "son completamente distintas de las comenzadas hace 40 años". Anunció también que informará al público sobre las nuevas centrales, refiriéndose probablemente a las 12 unidades que se hallan en distintas fases de construcción, encabezadas por la unidad de Shimane-3, un ABWR que ha llegado al 93,6 % en su construcción.

En cuanto a las centrales en operación, todas paradas para análisis y reformas derivadas de Fukushima excepto las unidades de Ohi-3 y Ohi-4, que entraron de nuevo en funcionamiento

to en el verano de 2012, el Gobierno proyecta autorizar su nueva entrada en servicio durante los próximos tres años, después de que el nuevo organismo regulador, NRA, analice su seguridad caso por caso.

En opinión del nuevo Gobierno, prescindir de la aportación nuclear en la futura cesta energética sería una decisión irresponsable, considerando que el 30 % de la contribución nuclear antes de Fukushima no puede suplirse sin un fuerte efecto negativo en la economía, la conservación ambiental y la seguridad de suministro. El primer ministro ha destacado que, salvo el caso de Fukushima-Daiichi, todas las centrales nucleares situadas en la zona del terremoto del 11 de marzo de 2011 soportaron la emergencia sin deterioro de la seguridad ni daños importantes. El primer ministro, que apoya también el despliegue de las renovables, confía en que podrá contar con el apoyo del público una vez sea informado debidamente de la seguridad y del control radiológico que tendrá el parque nuclear.

Fuentes: NucNet, 18 diciembre 2012 y 3 y 5 enero 2013; Nuclear News Flashes, 27 diciembre 2012; Nucleonics Week, 20 diciembre 2012 y 3 enero 2013 y World Nuclear News, 7 enero 2013

■ ENEL se retira de Flamanville-3 y de las actividades nucleares en Francia

La empresa estatal italiana ENEL se ha retirado del programa de construcción de la central nuclear de Flamanville-3, un EPR de 1.650 MW, que construye la eléctrica francesa EDF en el norte de Francia. La participación de ENEL era de 12,5 % y, al retirarse, la empresa recuperará 613 millones de euros invertidos hasta ahora, más los correspondientes intereses. Al mismo tiempo, ENEL cancela también sus contratos para participar en cinco unidades nucleares adicionales a construir en el futuro por EDF.

“Flamanville-3 entrará en servicio en 2016. La obra civil está terminada en un 93 %”



Flamanville en noviembre de 2012 (Foto: EDF)

La retirada de ENEL se debe, en buena parte, a los retrasos en la construcción de Flamanville-3 y a los incrementos de coste que se están experimentando, además de a la caída en la demanda eléctrica y la incertidumbre sobre las próximas construcciones nucleares en Francia. También considera que el resultado del referéndum por el que Italia renuncia a la energía nuclear ha disminuido su interés estratégico por este tipo de energía.

El anuncio llega tras la noticia de que el coste estimado de la construcción de Flamanville-3 será de 8.500 millones de euros, frente a la estimación de 6.000 millones, en julio de 2011. EDF atribuye este incremento, además de al efecto de ser central primera de serie, a costes adicionales de ingeniería, nuevos requisitos a consecuencia de la experiencia de Fukushima y al retraso experimentado en la construcción. No obstante, EDF no espera una nueva dilación en la fecha prevista de entrada en servicio en 2016.

Actualmente la obra civil está terminada en un 93 % y más de un tercio del equipo está instalado. Las lecciones aprendidas en Olkiluoto y Flamanville han sido tenidas en cuenta para las estimaciones de costes en la proyectada central de Hinkley Point-C, en el Reino Unido. Según los últimos datos de Areva, la construcción de un EPR de serie tardaría ahora 55 meses desde el hormigonado de la losa hasta la carga del combustible.

Fuentes: NucNet, 4 y 5 diciembre 2012 y World Nuclear News, 4 diciembre 2012 enero 2013 y World Nuclear News, 7 enero 2013

■ India se abre al mercado nuclear internacional, pero precisa cambios importantes

India ha confirmado su intención de ampliar su parque nuclear, contando con suministros exteriores de reactores de tercera generación. Desde los 4.391 MW nucleares de que dispone hoy, proyecta llegar a 62.000 MW en 2032. El parque actual consta de 20 unidades, 18 de las cuales son de tamaño pequeño o mediano, de agua pesada a presión y uranio natural, de diseño propio inspirado en el modelo canadiense. Hay siete unidades en construcción, con 4.824 MW adicionales, incluyendo dos unidades rusas VVER de 1.000 MW en Kudankulam, estado de Tamil Nadu, y un reactor rápido de 500 MW.

Para los próximos veinte años proyecta añadir 26 unidades de tercera generación con un total de unos 35.000 MW, en cinco emplazamientos, incluidas dos nuevas unidades rusas en Kudankulam. Se prevé que los proveedores sean Westinghouse, General Electric-Hitachi, Areva y Atomstroyexport con sus modelos AP-1000, ESBWR, EPR y VVER, respectivamente.

La empresa estatal Nuclear Power Corporation of India Ltd. (NPCIL) se encarga de los estudios y tramitación administrativa necesarios en las instancias reguladoras y ha establecido memorandos de entendimiento con los proveedores internacionales para el progreso de los planes, incluyendo el acceso a la tecnología y la financiación, además del acceso al mercado del combustible nuclear.

Este ambicioso plan sólo ha podido trazarse tras el acuerdo India – Estados Unidos de 2008, que estableció la posibilidad de las exportaciones de tecnología, equipo, combustible y servicios para aplicación en instalaciones nucleares civiles, supervisadas por el OIEA, y la supresión de las restricciones impuestas hasta entonces por el Grupo de Suministradores Nucleares para el comercio nuclear con India.

Sin embargo, el camino por recorrer es largo y complicado. Por una parte, el Gobierno se enfrenta con una fuerte oposición pública en varios de los emplazamientos, que ha visto retrasada su puesta en servicio por las protestas populares. Por otro lado se ha criticado el esquema regulador del país en un informe presentado al Parlamento por el Auditor General de India. Según el informe, el organismo regulador, AERB, carece de la independencia y la facultad coercitiva necesaria y está subordinada a la Administración. El AERB tendrá que reorganizarse en profundidad para dictar las normas y requisitos y vigilar su cumplimiento. Tanto NPCIL como el AERB, después de estudiar los sucesos de Fukushima, han señalado la necesidad de establecer medidas a corto, medio y largo plazo para la mejora de la seguridad de las centrales actuales.

Pero el problema principal reside en la Ley india de 2010 que, al contrario de lo establecido por convenios internacionales en el resto del mundo, no adjudica en exclusiva al explotador la responsabilidad por daños nucleares, sino que expone a los proveedores a demandas, en caso de suministros defectuosos o defectos latentes. A menos que este riesgo quede eliminado de la Ley será muy difícil que los proveedores internacionales suscriban contratos vinculantes de suministro de reactores y combustibles.

Fuentes: Nuclear News Flashes, 13 julio 2012; World Nuclear News, 14 junio y 7 noviembre 2012; NucNet, 29 agosto y 7 noviembre 2012; Nucleonics Week, 30 agosto, 15 septiembre y 1 noviembre 2012 y Bulletin Forum Nucléaire Suisse, 8/2012

■ Toshiba incrementa su participación en Westinghouse

La empresa japonesa Toshiba ha incrementado su participación en Westinghouse desde el 67 al 87 % tras la compra del 20 %, en poder del Grupo Shaw de EE UU. Los otros socios propietarios de Westinghouse son KazAtomProm, productor de uranio y tierras raras en Kazajstán, que ostenta un 10 % y el fabricante japonés Ishikawajima Harima Heavy Industries (IHI), con el 3 %. Westinghouse fue comprada por estas empresas a su último propietario, British Nuclear Fuels Ltd (BNFL), en 2006.

El precio pagado por Toshiba tras el ejercicio de la opción de venta que poseía Shaw es de 1.420 millones de dólares, financiados con fondos propios y créditos bancarios.

Toshiba ha anunciado que proyecta vender parte de sus acciones de Westinghouse a empresas apropiadas, pero conservando la mayoría. Para ello mantiene contactos con varias entidades, entre las cuales destaca la norteamericana Chicago Bridge and Iron (CB&I), empresa con una larga tradición de ingeniería y fabricación pesada en el campo nuclear.

Por su parte, los accionistas de CB&I han acordado la adquisición del Grupo Shaw por 41 dólares y 0,1288 acciones de CB&I por cada acción de Shaw.

El Grupo Shaw, en consorcio con Westinghouse, participa en la construcción de ocho unidades nucleares de tipo AP-1000, cuatro en China (Sanmen y Haiyang) y cuatro en EE UU (Vogtle y V.C. Summer). Su filial de ingeniería, Stone and Webster, ha participado en la construcción de numerosas centrales nucleares en Estados Unidos y en otros países.

Fuentes: *Nucleonics Week*, 3 enero 2013; *World Nuclear News*, 10 octubre 2012 y *Nuclear News Flashes*, 21 diciembre 2012 y 7 enero 2013

■ Estado del programa nuclear polaco

La empresa eléctrica pública PGE, encargada a través de su filial PGE EJ del plan de centrales en Polonia, ha retrasado la petición de ofertas para su primera central nuclear, a fin de permitir un estudio adicional sobre los aspectos financieros del proyecto, según anunció el pasado junio el Director de Proyectos de EPG EJ, Jazek Cichosz.

Después de analizar las opciones financieras, PGE ha decidido considerar la posibilidad de integrar la elección de tecnología y la posterior contratación de ingeniería, suministro y construcción con las negociaciones sobre la participación financiera de empresas extranjeras explotadoras de centrales nucleares de las tecnologías ofertadas. El nuevo plan implica un ligero retraso en el lanzamiento de la petición de ofertas.

El plan estratégico de PGE, anunciado en febrero de 2012, incluye la construcción de 6.000 MW nucleares en dos emplazamientos (ver *Flash* de mayo 2012), el primero de los cuales llegaría a la plena producción en 2025, tras la puesta en marcha de la primera unidad en 2023. El segundo emplazamiento estaría plenamente operativo en 2030. La empresa, que alcanzará una participación del 46 % en el suministro eléctrico del país, pasará a tener una componente nuclear de 30 %, frente al actual 90 % fósil.

Siete proveedores han expresado su interés en ofertar para el proyecto polaco. Una vez recibidas las ofertas, el proceso de selección puede durar un par de años.

“Polonia trabaja para tener operativos sus primeros reactores en 2025 y 2030”

El 5 de septiembre, PGE firmó junto con otras tres empresas públicas polacas una carta de intención que prevé su participación en la primera central nuclear. Este documento podrá convertirse próximamente en un acuerdo entre PGE, las eléctricas Tauron Polska Energia S.A. y ENEA S.A. y la metalúrgica KGHM Polska Mied S.A.

La Secretaria de Estado para Economía y Comisaria para Energía Nuclear, Hanna Trojanowska, ha manifestado en un artículo publicado recientemente que la energía nuclear es una parte crucial para la solución global de una cesta energética sostenible y diversificada, y es perfectamente compatible con los objetivos de la política energética de la Unión Europea. Manifiesta además que es sostenible a largo plazo, no causa emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye a conservar valiosos recursos fósiles para las futuras generaciones.

Fuentes: *Nucleonics Week*, 28 junio 2012, *World Nuclear News*, 6 septiembre 2012 y *NucNet*, 17 enero 2013

Conferencias y publicaciones

- ✓ La Sociedad Nuclear Española organiza la jornada sobre **“Las centrales nucleares españolas en 2012. Experiencias y Perspectivas”**. Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid, 19 de febrero de 2012. Más información: www.sne.es
- ✓ **Public Information Materials Exchange (PIME)**. Encuentro anual entre comunicadores nucleares de todo el mundo. 17-20 febrero 2013. Zurich, Suiza. Más información: www.euronuclear.org
- ✓ **Planificación energética sostenible para la generación eléctrica**. ICAI / Universidad Pontificia de Comillas.
- ✓ **Energía: desarrollos tecnológicos en la protección medioambiental**. Comisión Nacional de la Energía.
- ✓ **The economics of long-term operation of nuclear power plants**. Nuclear Energy Agency / OCDE.
- ✓ **Les centrales nucléaires dans le monde**. Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives, 2012.

■ Solicitud de autorización para el repositorio finlandés

La empresa finlandesa Posiva, propiedad de las eléctricas nucleares Fortum y Teollisuuden Voima Oy (TVO), solicitó el pasado 28 de diciembre la autorización para la construcción de un repositorio final para combustible nuclear usado y una instalación de encapsulado para los elementos combustibles destinados a la disposición final.

El repositorio, situado en la localidad de Eurajoki, cerca de Olkiluoto, contendrá en su día los combustibles usados procedentes de las unidades 1 y 2 de la central de Loviisa, propiedad de Fortum, y las cuatro unidades de TVO en Olkiluoto (dos en operación, una en construcción avanzada y una en proyecto autorizado).

La solicitud se ha presentado al Ministerio de Empleo y Economía, que mantendrá durante 2013 consultas con otros ministerios, autoridades y organizaciones, con la participación de Eurajoki y el público interesado. El estudio de seguridad ha sido sometido al organismo regulador, Stuk, y se espera que



Reproducción del repositorio de Olkiluoto (Imagen: Posiva.fi)

Finlandia ha dado un importante paso en su apuesta por la gestión del combustible usado en un almacén geológico profundo

la solicitud definitiva sea presentada para la consideración del Gobierno en 2014.

Las primeras operaciones de disposición efectiva podrán tener lugar hacia 2020 y continuar

durante 100 años hasta el sellado y cierre final del repositorio.

El repositorio constará de una serie de túneles practicados en una formación rocosa, a más de 400 metros de profundidad, y será capaz de contener más de 9.000 toneladas de combustible usado. Los elementos combustibles serán encerrados en cápsulas de acero y cobre en la planta de encapsulado,

situada en superficie. Las cápsulas se colocarán después en huecos perforados en las paredes y taponados con arcilla.

El programa de gestión de los combustibles usados de Finlandia ha estado coordinado con el de Suecia, mediante el oportuno convenio de cooperación firmado en 2011.

Fuentes: World Nuclear News, 2 enero 2013; NucNet, 7 octubre 2011; 31 diciembre 2012 y Posiva, 28 diciembre 2012

■ Actividad internacional de Enresa

Un consorcio europeo formado por las agencias de gestión de residuos de Alemania, Francia, Países Bajos, Suecia y España (representada por Enresa), recibió el 1 de diciembre un contrato de la Unión Europea para la gestión de residuos en Ucrania. El trabajo, con una duración de tres años, está financiado por la Unión Europea dentro de su programa de cooperación para la seguridad nuclear y comprende la propuesta y desarrollo de diseño conceptuales genéricos para instalaciones de disposición final de residuos radiactivos de las centrales ucranianas.

Este consorcio actúa ya en Ucrania en otros programas europeos, entre los que destacan el proyecto para mejorar el sistema de clasificación de residuos radiactivos y el de asistencia a los organismos ucranianos responsables del tratamiento de residuos radiactivos.

Por otra parte, Enresa y la empresa Covra, encargada de la gestión de residuos en los Países Bajos, han firmado un acuerdo de cooperación para el intercambio de información científica y técnica, además del trasvase de resultados entre ambas entidades, en particular los de alta actividad. Este convenio tendrá una duración de cinco años y se suma a otros actuales ya suscritos por Enresa con otras entidades europeas y americanas en este sector.

Fuente: Enresa, 14 y 15 diciembre 2012

■ Cameco concentra sus esfuerzos en las minas más productivas

La empresa canadiense Cameco, a la vista de la incertidumbre del mercado del uranio a medio plazo, ha decidido concentrar sus actividades. La empresa ha reducido su predicción de 95 nuevos reactores para 2021 a 80, con la correspondiente reducción en la demanda de uranio. Los planes actuales apuntan a producir unas 13.850 toneladas de uranio al año en 2018, en lugar de las 15.390 previstas anteriormente.

La prioridad actual se centra en la puesta en producción de la mina de Cigar Lake, en Saskatchewan, para lo cual ha solicitado la renovación de la licencia para la operación, válida para diez años. La empresa espera recibir la licencia esta primavera, lo que permitirá la finalización de la puesta en servicio y la producción de las primeras partidas de mineral, a finales de 2013. El mineral, con un alto contenido de uranio, un 18 %, se extrae por inyección de agua a alta presión y tratamiento posterior de la lechada resultante hasta un producto pastoso, que será enviado a la fábrica

de McClean Lake, capaz de tratar un producto de tan alto contenido. Las reservas de uranio en este yacimiento se elevan a 216,7 millones de toneladas de U_3O_8 . Cameco es propietaria del 50 % de la mina, en la que también participa Areva, con 37 %.

Por otra parte, es también muy prometedor el yacimiento de McArthur River, propiedad también de Cameco (70 %) y Areva (30 %), en la misma provincia de Saskatchewan. Las reservas son de 385 millones de toneladas de U_3O_8 , con un contenido de uranio de 17 %. Se prevé una producción de unas 8.270 toneladas de uranio al año desde 2018 a 2026, reduciéndose después hasta el término de la explotación, hacia 2034. La producción se enviará a la fábrica de McClean Lake para su transformación a concentrados. Se espera que la licencia para el aumento de producción sea concedida próximamente.

Fuentes: Bulletin Forum Nucléaire Suisse, 12/2012, Nuclear News Flashes, 21 diciembre 2012 y World Nuclear News, 1 noviembre 2012

■ Robots japoneses para trabajos en recintos contaminados

Tres grandes empresas japonesas con experiencia en robótica han fabricado robots diseñados especialmente para trabajar en áreas contaminadas que son inaccesibles para las personas a consecuencia de accidentes o desastres, como el de Fukushima.



Robot Astaco-SoRa (Foto: Hitachi)

- Toshiba ha desarrollado un robot con cuatro patas, con 65 kg de peso y 1 m de alto, dotado con una cámara, un contador Geiger y un brazo desplegable que puede accionar un minirobot. El robot puede subir escaleras y salvar obstáculos. Cuando pase de la fase actual de prototipo podrá ser equipado con brazos que puedan realizar trabajos de reparación y demolición.
- Hitachi ha realizado el robot Astaco-SoRa, destinado al programa de limpieza de Fukushima, retirando escombros en la instalación. El robot, que se mueve sobre dos orugas, tiene 980 mm de ancho, lo que le permite pasar por espacios estrechos, pero puede desplegar dos brazos

hasta 2,5 m que pueden levantar hasta 150 kg y ser equipados con varias herramientas de corte, izada e incluso una cámara. Toda la manipulación es remota desde un panel de control. El robot lleva seis cámaras para la visión del entorno y un láser para detectar los espacios de paso y los posibles obstáculos, así como dosímetros para la radiación. No puede subir escaleras. Está movido por motores diésel que le permiten operar continuamente durante 15 horas.

- Mitsubishi Heavy Industries (MHI) ha desarrollado el robot Meister, heredero del RaBOT para ambientes nucleares producidos por MHI con ocasión del accidente de criticidad de la fábrica de combustibles de Tokai-Mura en 1999. El aparato, destinado para los trabajos de Fukushima, dispone de dos brazos que pueden dotarse de herramientas para transportar objetos, taladrar orificios y abrir o cerrar válvulas. El movimiento de los brazos replica al de los brazos humanos gracias a un sistema de control de siete ejes y puede utilizarse para tareas como mover obstáculos, descontaminar superficies y cortar tuberías y barandillas. Se mueve sobre cuatro orugas y puede remontar pendientes de hasta 40 grados y subir escaleras de hasta 22 cm. Está alimentado por baterías con una autonomía de dos horas antes de necesitar recarga.

Fuentes: World Nuclear News, 11 y 20 diciembre 2012 y Forum Nucléaire Suisse, 28 noviembre 2012

■ Los precios del uranio al contado se mantienen bajos en 2012

El mercado al contado de uranio durante los últimos meses revela las maniobras de los compradores y los vendedores en un marco de debilidad de la demanda pero manteniéndose en general en el nivel del millón de libras de U_3O_8 a la semana. Los precios han ido evolucionando desde alrededor de 40 dólares la libra de U_3O_8 en la primera mitad de noviembre, marcando después los 42 \$/lb y llegando a 43,5 \$/lb a principios de diciembre y 45,5 \$/lb a mediados de ese mismo mes, cuando las transacciones llegaron a 1,3 millones de libras en una semana. La semana de Navidad tuvo lugar un descenso de la demanda hasta 300.000 libras en una semana, con la consiguiente reducción de los precios hasta el nivel de 34,75 \$/lb. Los analistas predicen un precio entre 41 y 44 dólares por libra en las primeras semanas de 2013.

Fuentes: Nuclear News Flashes, 27 noviembre y 11, 18 y 26 diciembre 2012 y 2 enero 2013

■ Puesta en servicio del repositorio húngaro de residuos radiactivos

Hungría ha inaugurado oficialmente el repositorio nacional de residuos radiactivos en Bataapati, al sur del país. Los residuos de baja y media actividad procedentes de la operación y el ulterior desmantelamiento de la central húngara de Paks, compuesta por cuatro unidades, serán almacenados en cámaras subterráneas que se irán construyendo gradualmente. Son capaces de albergar, cada una, 4.600 bidones de residuos encerrados en 510 contenedores de hormigón armado. En la ceremonia de inauguración se introdujo en la primera cámara el primer contenedor, con nueve bidones de residuos.



Inauguración del repositorio de Bataapati (Foto: Puram)

La construcción del repositorio corre a cargo de la empresa pública para la gestión de residuos radiactivos (Puram). La inversión efectuada hasta el momento desde el inicio del proyecto, hace quince años, ha sido de unos 310 millones de dólares.

La instalación será capaz de almacenar unos 40.000 metros cúbicos de residuos radiactivos. Las cámaras subterráneas, a una profundidad de 200-250 metros de la superficie, correspondientes a 0-50 m bajo el nivel del mar, estarán excavadas en un sustrato granítico formado por grandes bloques separados por capas arcillosas impermeables. El acceso a las cámaras será por galerías inclinadas. Cuando estén totalmente ocupadas las cámaras serán rellenadas con una mezcla de arcilla y hormigón, con 50-60 % de granito triturado, para asegurar la retención de isótopos radiactivos que pudieran escapar de los bidones a largo plazo.

El diseño del repositorio es modular y podrá ampliarse si se extendiera la vida de servicio de la central de Paks, como se ha aprobado recientemente, o si se construyeran nuevas centrales.

Fuente: World Nuclear News, 18 diciembre 2012 y 8 enero 2013

■ Empresas españolas reciben contratos del ITER

En las últimas semanas se han otorgado importantes contratos para la construcción del ITER, el gran centro de investigación de fusión nuclear por confinamiento magnético, que se instalará en Cadarache, en el sur de Francia, y en el que participan la Unión Europea, Estados Unidos, China, Corea del Sur, India, Rusia y Japón. Los primeros equipos llegarán al emplazamiento a partir de 2014, incluyendo el propio reactor (el Tokamak), que lo hará en 2015. La construcción se completará en 2019 y las operaciones comenzarán en 2020.



Representación gráfica del futuro ITER. El edificio de color naranja, en el centro, albergará el Tokamak. (Foto: Organization ITER)

- El mayor contrato de construcción ha sido otorgado por la agencia europea de adquisiciones, Fusion for Energy (F4E), a un consorcio formado por la española Ferrovial Agromán (con un 30 %) y las francesas Grupo Vinci y Razel-Bec, por un importe de 230 millones de euros. El trabajo consistirá en el diseño y construcción de once edificios y zonas de almacenamiento, incluyendo el complejo del Tokamak y la nave de montaje de los equipos. Se espera que esta actividad finalice en 2018.
- Otro contrato ha sido adjudicado a la empresa española Comsa-Emte, por 35 millones de euros, para trabajos de infraestructura en el emplazamiento, incluyendo carreteras, aparcamientos, drenajes, alumbrado exterior, áreas de almacenamiento, redes de distribución de aguas y otros. Los trabajos se realizarán durante cinco años.
- Además, F4E ha firmado un Acuerdo Marco de Asociación con un consorcio formado por entidades de Euratom, entre ellos el Ciemat, para el diseño de componentes de diagnóstico para la reflectometría de posición del plasma del ITER. Se incluye el diseño de antenas, guías de onda, electrónica de microondas y programas informáticos para monitorizar la densidad del plasma. El acuerdo tendrá una vigencia de tres años.

● Por otra parte, la Organización del ITER ha otorgado a Equipos Nucleares (ENSA) un contrato, por valor de 74,5 millones de euros, para la ejecución de todos los trabajos de ensamblado de la cámara de vacío, consistente principalmente en la soldadura de unión de los nueve "sectores" y 54 "puertos" que componen la cámara. El trabajo se ejecutará en Cadarache durante cuatro años, tras una fase de desarrollo de técnicas especiales de soldadura e inspección, y preparación de utillajes y herramientas, que durará más de tres años.

● F4E también ha contratado la fabricación de un "semi-prototipo" a escala 1:6 para paneles de primera pared, con partes de berilio fijadas a un sumidero de calor de cobre, circonio y cinc sobre una estructura de acero inoxidable. Más adelante se construirá un prototipo a tamaño real y una gran cantidad de paneles desmontables que cubrirán el recinto de contención de la vasija de vacío. Este contrato ha sido otorgado a un consorcio formado por Iberdrola Ingeniería y Construcción, la cántabra Mecánica Industrial Buelna y la británica AMEC Nuclear.

Fuentes: *World Nuclear News*, 4 octubre y 19 diciembre 2012; *Ferrovial*, 19 diciembre 2012, *Fusion for Energy*, 18 y 19 2012, *ITER Organization*, 3 diciembre 2012 y *ENSA* noviembre 2012

■ El misterio del litio se profundiza

Momentos después de la explosión primordial (*big bang*) la mezcla de partículas subatómicas se congeló en unos pocos elementos ligeros, como el hidrógeno, el helio y el litio, pero aquí aparece el primer problema respecto a la abundancia de los elementos: todos los modelos indican que debería haber mucho más litio que el que se encuentra en la Tierra.

Si estos modelos no están equivocados, debería haber en algún lugar grandes cantidades de litio que todas las investigaciones no encuentran hasta ahora. La otra alternativa es que los modelos estén basados en una

zona errónea y que haya existido un fenómeno intermedio que haya consumido el litio.

La abundancia terrestre de minerales de litio descansa en los llamados salares de Atacama, en Chile; de Uyuni, en Bolivia y del Hombre Muerto, en Argentina. Las cantidades puestas en juego son pequeñas en comparación con las teóricas deducidas del *big bang*.

Las investigaciones se han extendido a las estrellas exteriores de la Vía Láctea cuyo contenido en litio, como estrellas de larga

edad, debe ser parecido al de las estrellas formadas en primer lugar. Con ello se quería evitar una posible justificación de un fenómeno de retroalimentación por retorno del litio presente al interior de las estrellas. Tampoco esta solución ha dado resultados diferentes del llamado defecto terrestre, como ocurre por una posible mezcla con estrellas deficitarias.

La posible mezcla con agujeros negros bajos en litio también ha sido desestimada, con lo que la escasez actual de litio-7 carece aún de explicación.

Fuente: *New Scientist*, 8 septiembre 2012

■ La cocina primitiva

El momento en el que se inició el cocinado de las materias animales o vegetales parece tener su origen en el momento en el que los primeros homínidos controlaron el fuego. Se cree, con multitud de ejemplos, que esto llegó hace más de un millón de años. Lo que siempre ha estado en disputa es si ello contribuyó al cambio de la anatomía humana o viceversa.

Según Michael Chazan, de la Universidad de Toronto, en Canadá, los hogares más antiguos tienen unos 400.000 años, si bien los residuos de madera, piedras y alimentos quemados en Israel sugieren que los homínidos empleaban el fuego para cocinar hace más de 790.000 años. Algunos paleólogos creen o más bien opinan que esto ocurrió mucho antes.

Algunos investigadores piensan que la retracción de los molares y el aumento de los cráneos ya ocurrieron hace más de 1,9 millones de años. Richard Wrangham, de la Universidad de Harvard, considera que esto

refleja el momento en que los homínidos desarrollaron el gusto por los alimentos cocinados, que requerían menos masticación y un tiempo menor para la digestión. Según esta teoría, ello hizo posible utilizar la energía disponible para el desarrollo de la cabeza.

“La cocción sistemática de los alimentos se cifra en menos de 500.000 años”

En algunos casos, como ocurre en la cueva de Wonderwerk en Sudáfrica, no parece haber hogares, pero un estudio más detallado por Chazan y colaboradores mostró que el estudio de los suelos de la cueva formados hace un millón de años contenía cenizas y restos de huesos quemados, situados 30 metros en el interior de la cueva, por lo que no pueden proceder de incendios exteriores a la misma. No hay pruebas de que los homínidos supieran crear el fuego, es más probable que lo llevaran a las cuevas desde incendios en el exterior. Estos datos justifican el uso de la

cocina por parte de los homínidos desde hace más del millón de años.

La cocción sistemática de los alimentos, indicativa de un dominio habitual del fuego, es bastante más reciente y se cifra en menos de 500.000 años. Los homínidos fueron empleando menor energía en la masticación y digestión, lo que redundó en mayor fuerza para caminar a pie y en ventajas evidentes de su comportamiento frente a los peligrósos.

Actualmente, y por diversas motivaciones, la preparación de carnes y otros alimentos directamente sobre las brasas puede convertirse en amenazas no existentes en los primitivos métodos de utilizar el fuego, por la creación de cambios en la estructura química de los elementos. Conviene recordar aquí los casos de la acrilamida, el benzopireno, las dioxinas y las nitrosaminas. Algo parecido ocurre con las frituras y su empleo con grasas saturadas.

Fuente: *New Scientist*, 17 abril 2012

■ Partes del Gran Cañón de EE UU tienen más años de que lo se creía

Una cierta parte del Gran Cañón de Arizona puede tener algunos millones de años más de lo que se creía. Esto sugiere un estudio publicado en la revista *Science* sobre los átomos de helio en muestras de mineral procedente de la parte occidental del Gran Cañón.

El helio que se forma en los minerales llamados apatitos resulta de la descomposición radiactiva del uranio que se difunde a través de la estructura cristalina del mineral a las temperaturas profundas del subsuelo por encima de los 70° C. Cuando los minerales ascienden camino de la superficie o cuando la erosión abre el paso hacia los minerales, las rocas que los rodean se enfrían, atrapando más del helio dentro de los granos del apatito. Las concentraciones del helio en el apatito pueden servir como un reloj geológico del tiempo.

El estudio antes citado señala que una gran parte del lado occidental del Gran Cañón, unos pocos centenares de metros, se separó hace unos 70 millones de años de su profundidad actual. Esta edad está lejos, entre 5 y 6 millones de años, de lo que



Vista aérea del Gran Cañón, EE UU

otros investigadores estimaron al identificar los sedimentos de las partes más orientales del cañón que aparecieron en la parte occidental.

Fuente: *Science*, 30 noviembre 2012 y 21 diciembre 2012

Socios FORO NUCLEAR

AEC - AMAC - AREVA - BERKELEY MINERA ESPAÑA - BUREAU VERITAS - C.N. ALMARAZ - C.N. ASCÓ - C.N. COFRENTES - C.N. TRILLO I - C.N. VANDELLÓS II - CÁMARA OFICIAL DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACIÓN DE BARCELONA - CLUB ESPAÑOL DEL MEDIO AMBIENTE - COAPSA CONTROL - CONFEMETAL - CONSEJO SUPERIOR DE COLEGIOS DE INGENIEROS DE MINAS DE ESPAÑA - DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA - EMPRESARIOS AGRUPADOS - ENDESA - ENSA - ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS - ETS INGENIEROS DE CAMINOS DE MADRID - ETS INGENIEROS DE MINAS DE MADRID - ETSI INDUSTRIALES DE BILBAO - ETSI INDUSTRIALES DE MADRID - ETSI INDUSTRIALES DE LA UNED - ETSI INDUSTRIALES DE VALENCIA - FUNDACIÓN EMPRESA Y CLIMA - GAS NATURAL FENOSA - GENERAL ELECTRIC INTERNATIONAL - GHESA - GRUPO DOMINGUIS - GRUPO ENERMYT DE LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA - HC ENERGÍA - IBERDROLA - INGENIERÍA IDOM INTERNACIONAL - INSTITUTO DE LA INGENIERÍA DE ESPAÑA - KONECRANES AUSIÓ - NUCLENOR - OFICEMEN - PROINSA - SENER - SEOPAN - SERCOBE - SIEMSA - TAMOIN POWER SERVICES - TECNATOM - TECNIBERIA - TÉCNICAS REUNIDAS - UNESA - UNESID - VINCI ENERGIES - WESTINGHOUSE ELECTRIC SPAIN - WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERVICES