

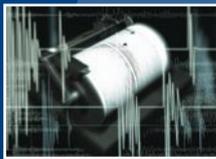


**El CSN ha remitido al Ministerio de Industria, Energía y Turismo un dictamen que señala que no**

**ve impedimento en modificar la Orden Ministerial que fija el cierre de Garoña**



**Equipos Nucleares fabricará ocho generadores de vapor para centrales nucleares francesas**



**Un estudio llevado a cabo por investigadores españoles**

**confirma que las centrales nucleares españolas son seguras frente a terremotos**

## EL CSN NO VE IMPEDIMENTO EN MODIFICAR LA ORDEN MINISTERIAL VIGENTE SOBRE GAROÑA

El Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) ha enviado al Ministerio de Industria, Energía y Turismo el dictamen correspondiente a la solicitud del Ministerio remitida el pasado mes de enero sobre la central nuclear de Santa María de Garoña, ante una posible modificación de la Orden Ministerial de 2009 que fija el cese de la explotación de esta instalación el 6 de julio de 2013.

En el dictamen el CSN concluye que "no existe ningún impedimento, desde el punto de vista de la seguridad nuclear y de la protección radiológica, para que se lleve a cabo la modificación de la Orden Ministerial de 3 de julio de 2009".

Del mismo modo, el escrito enumera las condiciones adicionales relativas a la seguridad nuclear y a la protección radiológica que deben añadirse a las ya existentes en la autorización vigente.

De esta forma, el titular de la central justificará al CSN, antes del 3 de julio de 2012, que las actividades de vigilancia, inspección en servicio, mantenimiento y gestión de vida realizadas desde julio de 2009 se corresponden con las establecidas para la renovación de la autorización de explotación hasta 2019 y, en caso contrario, llevará a cabo las actividades no realizadas antes de la finalización de la presente autorización.

Asimismo, el dictamen recoge la documentación que el titular debería presentar para solicitar una autorización de explotación por un nuevo periodo de seis años. Dicha solicitud debería remitirse con fecha límite del 6 de septiembre de 2012.

Adicionalmente, el CSN ha indicado que en caso de que el titular presentara una nueva solicitud y sin prejuzgar el contenido del dictamen del CSN sobre la misma, el Consejo exigiría, en todo caso, que se realicen las modificaciones de diseño requeridas en el informe aprobado el 5 de junio de 2009 (que fueron excluidas al limitarse el período de la autorización a cuatro años).

Fuente: CSN, 17 febrero 2012

El Consejo de Seguridad Nuclear **no ve problemas desde el punto de vista de la seguridad nuclear y la protección radiológica** para modificar la Orden Ministerial que fija ahora el cierre de Garoña en 2013

## ENSA CONSIGUE UN CONTRATO PARA SUMINISTRAR OCHO GENERADORES DE VAPOR A FRANCIA

Equipos Nucleares (ENSA) fabricará, bajo contrato con Areva, ocho generadores de vapor de reemplazo para dos centrales nucleares francesas de 1.300 MW. Este pedido es parte del programa de la operación a largo plazo de once centrales de Electricité de France (EDF) durante veinte años adicionales, que incluye la sustitución de 44 generadores de vapor.

El pedido de EDF se ha dividido entre Areva (32 unidades) y Westinghouse (12). El programa de tiempos es muy ajustado y Areva ha comprado materiales base a varios proveedores y subcontratado la fabricación de ocho generadores a ENSA, fabricando el resto en sus instalaciones de Chalons (Francia). Los generadores de vapor deben ser entregados por ENSA progresivamente, con la última entrega prevista para la primavera de 2016.

Este importante pedido, junto con el recibido para tres generadores de vapor y una tapa de vasija de presión para la central estadounidense de Beaver Valley, contratada por Westinghouse (ver *Flash* de enero 2012), supone un monto de 120 millones de euros y completa una carga de trabajo de 500.000 horas-hombre directos



Fábrica de ENSA en Maliaño (Foto: Ensa)

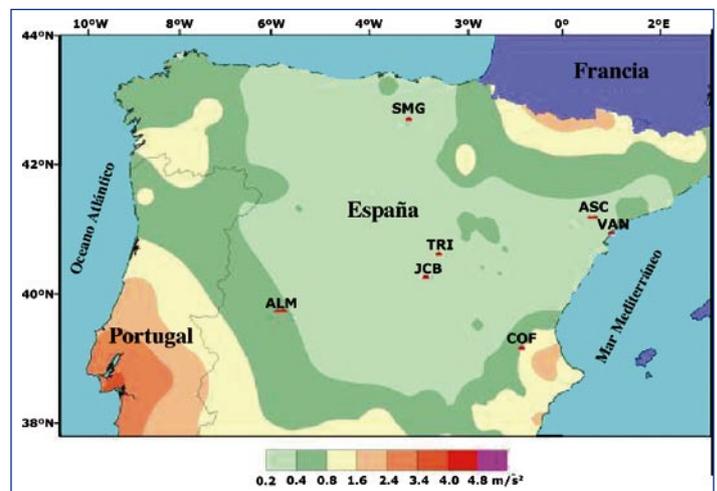
en la fábrica de Maliaño (Cantabria). La cartera de pedidos de ENSA supera el millón de horas-hombre, garantizando la actividad de sus cerca de 500 trabajadores durante los próximos años, así como un importante efecto inducido en la actividad de otras empresas de la región.

Fuentes: *Nuclear News Flashes*, 28 septiembre 2011 y ENSA-Sepi, 8 febrero 2012

## LAS CENTRALES NUCLEARES ESPAÑOLAS SON SEGURAS FRENTE A TERREMOTOS

Los niveles de seguridad de las centrales nucleares españolas frente a sismos, establecidos en las bases de diseño, fueron correctos e incluso conservadores, según revela una evaluación del riesgo sísmico realizada recientemente por los investigadores de la Universidad de Jaén, José A. Peláez y Carlos López Casado, utilizando una nueva metodología e incluyendo en la base de datos sísmicos varios decenios más de sismicidad. En el caso de Vandellós II, por ejemplo, la aceleración sísmica esperable en el suelo, del orden de 0,06 g (siendo g la aceleración de la gravedad, igual a 9,8 m/s<sup>2</sup>), es varias veces inferior a la que se eligió en el diseño para el terremoto que requiriera parada segura, 0,20 g, y aún menor respecto a la obtenida en las evaluaciones de riesgo realizadas en las centrales a finales de los 90, supervisadas por el Consejo de Seguridad Nuclear, de 0,30 g.

En el mapa adjunto puede verse que todas las centrales están situadas en zonas de baja peligrosidad sísmica. La central de Almaraz, situada cerca del borde de la zona de baja peligrosidad, se localiza a unos 300 km de la zona de mayor sismicidad en Portugal.



Aceleración horizontal esperada con período de retorno de 475 años. Datos: Peláez y López Casado

Los resultados no son sorprendentes, pues las centrales se emplazaron en zonas no sísmicas y alejadas de fallas activas conocidas.

Fuentes: *Seismic hazard and deaggregation assessment at the NPP sites in Spain using an updated seismological database*, por J.A. Peláez y C. López Casado, *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, diciembre 2011

## EEUU AUTORIZA LA CONSTRUCCIÓN DE DOS NUEVAS UNIDADES NUCLEARES

La Comisión Reguladora Nuclear (NRC) de Estados Unidos ha acordado, tras un periodo regulador que ha durado cuatro años, autorizar la construcción y subsiguiente operación de dos unidades AP-1000 de Westinghouse de 1.107 MW, en el emplazamiento de Vogtle, en el estado de Georgia. Se trata de la primera autorización combinada de construcción y operación (COL) otorgada en EEUU, y ha seguido a la reciente certificación del AP-1000 por la NRC (ver *Flash* de febrero 2012). La autorización incluirá la condición de que se realice una inspección y pruebas de las llamadas válvulas explosivas, importantes componentes de los sistemas pasivos de refrigeración de las nuevas centrales.

El emplazamiento de Vogtle, cuyo titular es Southern Nuclear Operating Company, tiene ya dos unidades en operación. La empresa

Estados Unidos ha concedido autorizaciones combinadas de construcción y operación a dos reactores nucleares que se construirán en el Estado de Georgia

llevará a cabo la construcción y operación de las nuevas unidades, cuyos propietarios son Georgia Power, subsidiaria de Southern Company con 45,7% y tres copropietarios, Oglethorpe (30%), MEAG Power (22,7%) y Dalton Utilities (1,6%).

El titular contrató la ingeniería, suministro de equipos y construcción con Westinghouse y su asociada Shaw en abril de 2008. Desde entonces ha preparado el emplazamiento e instalado equipos y estructuras no sujetas a la autorización, teniendo preparada la excavación y los materiales necesarios para hormigonar la losa del reactor en cuanto disponga de la COL, lo que marca el principio del cronograma de construcción, que conducirá a entradas en servicio de las dos unidades en 2016 y 2017, respectivamente. La concesión de la COL implica la entrada en vigor de los avales de Departamento de Energía por valor de más de 8.000 millones de dólares que habían sido aceptados por los propietarios en junio de 2010. El coste total de la central es cercano a 14.000 millones de dólares.

Fuentes: *World Nuclear News*, 21 junio 2010 y 9 febrero 2012 y *NRC news*, 9 febrero 2012



Obreros en la excavación para el edificio del reactor de Vogtle (Foto: Southern)

## COMIENZAN LAS REVISIONES INTERPARES DE LAS PRUEBAS DE ESTRÉS EN EUROPA

Los informes definitivos de las pruebas de estrés de cada país de la Unión Europea han sido sometidas, según programa, por los reguladores nucleares de cada país en Luxemburgo. Inmediatamente han comenzado las revisiones inter pares para comprobar que se han tenido en cuenta las lecciones de Fukushima y asegurar que se armonicen las medidas de seguridad en la Unión Europea.

La revisión inter pares constituye "un paso en el camino del proceso de seguridad", que terminará en abril de 2012, según afirmó el Grupo Europeo de Reguladores de Seguridad Nuclear (ENSREG) en la primera conferencia sobre las pruebas de estrés celebrada el 17 de enero de 2012 en Bruselas.

Las revisiones se llevan a cabo por un equipo de expertos con grupos de trabajo que analizan los informes nacionales en tres áreas: sucesos iniciadores externos, pérdida de funciones de seguridad y gestión de accidentes severos. Posteriormente se recopilarán los resultados por países y después se elaborará un informe final que será remitido a ENSREG para su aprobación y posterior envío a la Comisión Europea. El informe presentado por el regulador español concluía que las centrales nucleares españolas cumplen los requisitos de seguridad. La revisión inter pares de este informe tendrá lugar a mediados de marzo.

Según ha manifestado el Director general de la asociación nuclear Foratom,

Jean-Pol Poncelet, las pruebas de estrés nacionales han confirmado que las centrales nucleares europeas son seguras y que cuando sea necesario se evaluará la necesidad de medidas para aumentar aún más los márgenes de seguridad.

La atención de las revisiones inter pares debe incluir situaciones como terremotos e incendios, gestión de accidentes severos y el "factor humano," que está en el centro del funcionamiento de las medidas de seguridad. El proceso completo debe terminar en el mes de mayo.

Fuentes: NucNet, 11 y 18 enero 2012 y Foro Nuclear, 9 febrero 2012

## APROBACIÓN PROVISIONAL DE LOS PROYECTOS EPR Y AP-1000 EN EL REINO UNIDO

Los reguladores británicos dieron el 14 de diciembre de 2011 su aprobación provisional de la Evaluación de Diseño Genérico (GDA) correspondiente a los proyectos de tercera generación, el European Pressurized Reactor (EPR) de EDF/Areva y AP-1000 de Westinghouse, que se proponen para el Reino Unido.



Proyecto de Hinkley Point C (Foto: WNN)

Los dos organismos competentes, la Oficina de Regulación Nuclear y la Agencia Ambiental, que estudian conjuntamente los dos proyectos, han declarado que aceptan los "planes de resolución" de los diseñadores para resolver los problemas pendientes, en número de 31 para el EPR y 51 para el AP-1000, que habían sido planteados en julio de 2011 por las dos agencias después de analizar los estudios de seguridad de

ambos proyectos, teniendo en cuenta las lecciones de Fukushima y otros problemas.

EDF/Areva ha anunciado que su plan de resolución estará listo a finales de 2012. Westinghouse ha aplazado su estudio hasta que pueda disponer del apoyo de los clientes potenciales.

El GDA definitivo, una vez concedido, constituye la base para el proceso subsiguiente de solicitudes y autorizaciones necesario para que puedan concertarse los contratos de adjudicación para las centrales del mismo tipo e iniciarse la construcción de las mismas.

Las autoridades británicas comenzaron el proceso de estudio de diseños genéricos en el año 2007, sobre la base de cuatro solicitudes. Dos años después, Atomic Energy of Canada retiró su proyecto de reactor de agua pesada y ese mismo año General Electric Hitachi solicitó una suspensión temporal de la evaluación de su diseño de reactor avanzado de agua en ebullición (ESBWR).

La industria nuclear ha acogido con satisfacción el anuncio de las aprobaciones provisionales, que confirman el camino a la renovación del parque nuclear del Reino Unido, en proceso de retirada del servicio. EDF tiene planes para construir los primeros EPR en Hinkley Point C y Sizewell C y ha presentado la solicitud de autorización de la Comisión de Planificación de Infraestructuras (IPC) para la primera. Otros consorcios europeos continúan sus trabajos para la selección de tecnología y decisiones de construcción en los emplazamientos aprobados por el Gobierno.

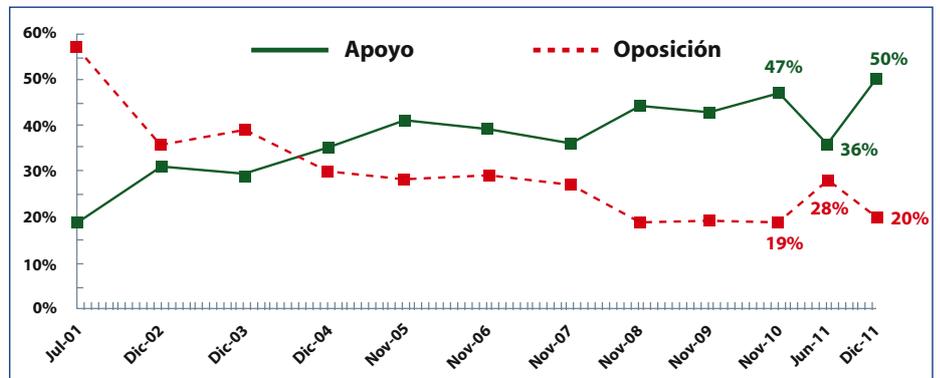
Fuentes: Nuclear News Flashes, 6 julio 2011; World Nuclear News, 27 octubre y 14 diciembre 2011; NucNet, 14 diciembre 2011 y Nucleonics Week, 1 y 15 diciembre 2011

## APOYO DEL PÚBLICO BRITÁNICO A LA ENERGÍA NUCLEAR TRAS EL DESCENSO TEMPORAL POR FUKUSHIMA

El público británico está de nuevo a favor de la energía nuclear tras el descenso temporal del número de partidarios, a consecuencia de los sucesos de Fukushima.

Según la encuesta realizada por Ipsos MORI del 2 al 8 de diciembre de 2011, mediante entrevistas directas con 993 adultos, el 40% de los encuestados tenía una buena opinión sobre la energía nuclear, igual que en la anterior encuesta de noviembre de 2010, pero pasando por un mínimo de 28% en junio de 2011 (tres meses después de Fukushima). El porcentaje de encuestados con opinión desfavorable, que era de 17% en noviembre de 2010, se incrementó hasta 24% en junio, para volver a 19% en diciembre de 2011.

Ipsos MORI interpreta que el apoyo a la construcción de centrales nucleares para sustituir a las que se retiran del servicio en los próximos años se mantiene con una tendencia creciente, y que el des-



Apoyo público a la construcción de centrales nucleares nuevas en el Reino Unido (Fuente: Ipsos MORI)

censo brusco registrado en la encuesta de junio es temporal y se debe a la influencia del accidente de Fukushima. Los porcentajes son 47%, 36% y 50% a favor en noviembre 2010, junio 2011 y diciembre 2011, respectivamente. Los números correspondientes de oposición a la construcción son de 19%, 28% y 20% respectivamente. El apoyo a nuevas construcciones es máximo entre encuestados masculinos, con un 62% en diciembre.

Por otra parte otra encuesta realizada por YouGov en enero de 2012 para determinar las preferencias del público británico sobre las propuestas de inversiones en infraestructuras coloca a la construcción de centrales nucleares en cabeza con el 19% de los 1.711 encuestados, seguida de las eólicas marinas con 16% y el acceso rural a Internet de banda ancha con 13%.

Fuentes: World Nuclear News, 18 y 27 enero 2012 y Nucnet, 18 enero 2012

### LA FINANCIACIÓN EUROPEA DEL ITER, ASEGURADA

La Comisión, el Parlamento y el Consejo europeos han llegado a un acuerdo para la financiación del Reactor Termonuclear Experimental (ITER), que será construido en Cadarache (Francia).

Los fondos europeos necesarios para 2012 y 2013 ascienden a 1.300 millones de euros, que deben ser transferidos de los presupuestos comunitarios en 2011 y 2012 para administración (390 millones), y desarrollo de recursos naturales (450 millones). El resto procederá de un aumento presupuestario en 2013.

La decisión fue tomada considerando que la Unión Europea no puede perder credibilidad a los ojos de los socios extranjeros implicados en el proyecto.

El ITER será la mayor instalación experimental para demostrar la viabilidad de la fusión nuclear, tanto científica como técnica. Los otros socios son Estados Unidos, China, Corea del Sur, India, Japón y Rusia.

El director general adjunto del ITER, el español Carlos Alejandre, se ha mostrado convencido, en unas declaraciones a la agencia EFE, de que en el futuro las necesidades energéticas de toda la humanidad podrán ser cubiertas por la fusión y la energía solar. Alejandre estima que si la operación del ITER tiene éxito se podrá iniciar la generación de electricidad por fusión nuclear hacia 2050.

Fuentes: Nucnet, 5 diciembre 2011; World Nuclear News, 20 diciembre 2011 y Foro Nuclear, 16 febrero 2012

### Reuniones y publicaciones

- ✓ Jóvenes Nucleares organiza a lo largo del mes de marzo una nueva edición de su seminario **“La seguridad en reactores avanzados”** en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid. El curso está reconocido con créditos de libre elección. Más información y confirmación de asistencia: [www.jovenesnucleares.org](http://www.jovenesnucleares.org)
- ✓ La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales ofrece hasta el mes de junio ciclos de conferencias de divulgación científica dentro del programa **“Ciencia para todos”**. Las charlas tendrán lugar los jueves a las 19 horas en la sede de la Real Academia de Ciencias. Más información: [www.rac.es](http://www.rac.es)
- ✓ Publicación **“The Future of Nuclear Power in the United States”**. Federation of American Scientists y Washington and Lee University.

## LA COMISIÓN DE ALTO NIVEL PIDE ACCIONES INMEDIATAS PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS EN EEUU

La Comisión de Alto Nivel (Blue Ribbon Commission, o BRC), nombrada por el Secretario de Energía de EEUU, Stephen Chu en enero de 2010 por encargo del Presidente Obama, para recomendar la ruta a seguir en este país para la gestión de los combustibles usados y residuos de alta actividad tras la cancelación del proyecto de Yucca Mountain, ha entregado su informe final al Departamento de Energía (DOE).

El informe critica el camino seguido hasta ahora, que ha conducido a una situación muy comprometida y costosa y a numerosos litigios por parte de las empresas operadoras de las centrales contra el DOE por el incumplimiento por parte de éste de su obligación de retirar los combustibles almacenados en las centrales. Considera inaceptable el retraso en las decisiones, que supondrá una carga indebida para las futuras generaciones.

La recomendación, ya anticipada en un informe preliminar el pasado verano (ver *Flash* de julio 2011), considera urgente crear una solución segura a largo plazo, y para ello iniciar inmediatamente los esfuerzos para desarrollar un repositorio final y almacenes centralizados.

La estrategia recomendada incluye tres elementos básicos:

**La Comisión de Alto Nivel considera que el fallo del país en resolver el problema de los residuos ha sido perjudicial y costoso y lo será más cuanto más tarde en solucionarse**

- Una selección de emplazamientos para el repositorio y los almacenes temporales, basada en el consenso con la población.
- La responsabilidad de la gestión de los residuos en EEUU debería ser transferida a una nueva entidad independiente del DOE.
- Debe cambiarse la administración del Fondo de Residuos para que se use sólo para su propósito específico. A primeros de 2012 el Fondo contenía unos 24.000 millones de dólares. Además, considera urgente comenzar los estudios sobre los sistemas de transporte que serán necesarios para llevar los combustibles y residuos a los almacenes temporales.

La Comisión considera que la situación ha llegado a un punto de inacción que no constituye una opción admisible. Pide la designación inmediata de un Gestor con suficiente autoridad para coordinar todas las acciones del DOE para ejecutar las recomendaciones.

Según la Comisión de Alto Nivel "el fallo del país en resolver el problema de los residuos ha sido perjudicial y costoso. Será

más perjudicial y costoso cuanto más tarde en resolverse"

El Secretario Chu considera que el informe es un paso importante para la solución del problema y se compromete a comenzar las medidas necesarias, aunque deberá contar con el Congreso.

Por su parte, la industria nuclear ha manifestado su satisfacción con las conclusiones del informe, que van en la línea propuesta por la industria desde hace tiempo. También manifiesta que, aunque a la Comisión no se le pidió una opinión sobre la cancelación de Yucca Mountain, recomienda que se termine la evaluación de la Comisión Reguladora Nuclear (NRC) para determinar su adecuación para un futuro repositorio final.

Actualmente, en los emplazamientos de las centrales americanas, incluyendo las paradas definitivamente, hay más de 65.000 toneladas de combustible usado.

Fuentes: *Nuclear Energy Overview*, 11-17 noviembre 2011; *World Nuclear News*, 27 enero 2012; *NucNet*, 17 enero 2012 y *E-Bulletin Forum Nucléaire Suisse*, 6 febrero 2012

## EL ENRIQUECIMIENTO POR CENTRIFUGACIÓN EN EEUU

Dos nuevas plantas de enriquecimiento del uranio por centrifugación en Estados Unidos están aún pendientes de financiación y diversos trámites:

- La planta de Eagle Rock, en Idaho, propiedad de Areva Enrichment Services (AES), filial de Areva, utilizará la tecnología de Areva de centrifugación para enriquecer uranio hasta el 5%, destinado a reactores comerciales. La autorización combinada de construcción y explotación (COL), solicitada por AES en diciembre de 2008, fue concedida por la Comisión Reguladora Nuclear (NRC) a finales de 2011. La empresa proyecta comenzar los trabajos de construcción a finales de 2013. Por otra parte, el Departamento de Energía (DOE) ha otorgado a AES un aval condicional de 2.000 millones de dólares para facilitar la financiación del proyecto. La empresa tiene ya pedidos anticipados que cubren un 70% de la capacidad proyectada. Sin embargo, el proyecto podría sufrir un retraso como consecuencia del programa de recorte de inversiones



La instalación de URENCO en EEUU (Foto: Urenco)

de Areva, que no descarta llegar a algún acuerdo de asociación con su rival americano, United States Enrichment Corporation (USEC).

- La propuesta instalación de centrifugación de USEC, utilizando tecnología en desarrollo por esta compañía y en cooperación con el DOE, está aún en fase de desarrollo y demostración con una financiación limitada por USEC y el DOE. Las negociaciones

con varios socios potenciales, incluyendo el DOE y compañías extranjeras, están en curso. USEC ha solicitado un aval de 2.000 millones, pero pueden preverse un porvenir incierto y un retraso considerable antes de que se construya y entre en servicio la instalación.

La única instalación de centrifugación que está en servicio es la que opera la empresa Louisiana Energy Services (LES), filial de la internacional Urenco. La instalación, denominada Urenco USA Facility, ubicada en Eunice (Nuevo México), utiliza la tecnología de

enriquecimiento empleada en el Reino Unido, Alemania y los Países Bajos desde hace 40 años. La fábrica comenzó a funcionar en junio de 2010 y tiene una capacidad actual de 400 toneladas de trabajo de separación por año, que será ampliada progresivamente hasta 5.700 t. Cuando llegue a su máxima capacidad será capaz de atender un 10% de las necesidades de uranio enriquecido en EEUU.

Fuentes: E-Bulletin Forum Nucléaire Suisse, noviembre 2011; NucNet, 24 octubre y 21 diciembre 2011; Nuclear Engineering International, diciembre 2011; USEC, 13 enero 2012 y Urenco, 2011-2012

## REVISIÓN DE LOS RECURSOS URANÍFEROS EN ÁFRICA

Los recursos de uranio en África han aumentado como consecuencia de las últimas exploraciones en yacimientos conocidos.

Según la empresa de prospección australiana Deep Yellow, el yacimiento de Ongolo Alaskite en Namibia contiene ahora un total de 6.924 toneladas de uranio (U) equivalente, con leyes superiores a 250 partes por millón, 4.539 toneladas más que las estimaciones publicadas en mayo de 2011. De los recursos señalados, más de 5.000 toneladas de U se consideran razonablemente aseguradas, y el resto "inferidas", es decir, a partir de datos geológicos pero aún no verificadas.

El yacimiento de Ongolo Alaskite forma parte del llamado proyecto Omahola, que tiene unos recursos estimados de casi 15.000 toneladas de U, con perspectivas de aumentar.



Trabajos de exploración en el depósito de Ongolo (Foto: Deep Yellow)

Por otra parte, el proyecto Mkuju River en Tanzania, desarrollado inicialmente por la australiana Mantra Resources, tiene ahora unos recursos razonablemente asegurados de 21.271 toneladas de uranio, más unos recursos inferidos de 14.617 toneladas, con aumentos de 39% y 28%, respectivamente sobre las cifras anteriores. La mayoría de los recursos están a baja profundidad y se prevén pozos poco profundos, con la utilización de una sola instalación de beneficio. La viabilidad del proyecto será confirmada cuando se termine el estudio correspondiente, a finales de 2012.

Mantra Resources fue adquirida por la rusa AtomRedMetZoloto (ARMZ), que encargó la gestión a su participada al 51% Uranium One. Esta última tiene la opción de comprar Mantra a su accionista mayoritario.

Fuente: World Nuclear News, 7 noviembre 2011

## TERMINADA LA PRIMERA FASE DEL ATC RUSO EN KRASNOIARSK

Rusia construye una gran instalación de almacenamiento temporal centralizado para los combustibles usados de sus reactores RBMK y VVER-1000. La instalación está ubicada en Zelezhnogorsk, a unos 60 km de Krasnoyarsk, en Siberia, emplazamiento donde se han desarrollado en el pasado un gran número de actividades nucleares, especialmente los relacionados con la Defensa.

La construcción corre a cargo del Grupo E4, por encargo de Rosatom. El trabajo para la primera fase incluye la construcción de instalaciones para el transporte, las comunicaciones, suministro de agua y saneamientos y la construcción de nuevos edificios y rehabilitación de edificios antiguos. Los combustibles se almacenarán en seco, en contenedores, durante 50 años. Cuando esté terminado, el centro contendrá 38.000 toneladas de combustibles usados, incluyendo los de las centrales RBMK de Kursk, Leningrado y Smolensk, y los de los VVER-1000 en Balakovo, Kalinin, Novovoronezh y Rostov. Los combustibles de reactores VVER-440 y los de diferente tecnología se envían al centro de almacenamiento y reproceso de Mayak, en los Urales.



Nuevo almacén en Zelezhnogorsk (Foto: Rosatom)

Los conjuntos combustibles, encerrados en cápsulas herméticas, se introducirán en contenedores secos con refrigeración natural por aire.

La primera fase ha concluido en diciembre de 2011, y se recibirán en breve los primeros combustibles usados de los reactores RBMK, actualmente almacenados en las centrales, en piscinas próximas a la saturación. Los contenedores, cargados con ocho toneladas de combustible, comenzarán a llegar en marzo de este año. Los combustibles de los VVER están ya en Zelezhnogorsk, almacenados provisionalmente en piscinas. La instalación tiene 270 metros de longitud, 35 de ancho y 40 de alto. Rusia reprocesa actualmente un 16% de los combustibles usados producidos cada año.

Fuentes: Nucleonics Week, 21 abril 2011 y World Nuclear News, 30 enero 2012

## SUPERCONDUCTORES

El 8 de abril de 1911, un grupo de investigadores de la Universidad holandesa de Leiden, dirigido por Heike Kamerlingh Onnes, observó que a una temperatura alrededor de 4°K la resistencia del mercurio al paso de la corriente eléctrica se reducía a cero. Este fenómeno se llama desde entonces superconducción.

En 1933 los físicos alemanes Walther Meissner y Robert Ochsenfeld descubrieron que, a temperaturas por debajo de la superconducción, el campo magnético desaparece, con lo que los superconductores levitan sobre los imanes o inversamente los imanes levitan sobre los superconductores. Poco después, Fritz y Heinz London, de la Universidad de Oxford, condujeron un estudio sobre el "efecto Meissner". Los resultados apuntaban a una configuración peculiar de los electrones, que Fritz London denominó "estado cuántico macroscópico".

La explicación más sencilla de estos fenómenos se debe al comportamiento de los electrones en los átomos. La órbita de los electrones alrededor de los núcleos crea corrientes microscópicas y como normalmente conservan esta situación de excepción en sus órbitas sus niveles de energía se conservan, y en ellos no hay rozamientos ni cambios. En el siglo XX la mecánica cuántica explicaba así la diferencia entre la superconducción y el magnetismo, señalando que esto último comprendía los estados estacionarios y era el origen del magnetismo permanente.

Desde 1933 se encontró que la superconducción ocurría en metales e incluso en algunas aleaciones. A finales de 1950 Alex Müller descubrió que un óxido, el titanato de estroncio, también presentaba el mismo fenómeno que se extendió a óxidos de bario, lantano y cobre. En 1986 se llegó a compuestos que eran superconductores a 30°K y, en algún caso, el óxido de itrio, bario y cobre, hasta 93°K y aún a 135°K. La teoría de John Bardeen, Leon Cooper y Robert Schrieffer (BCS) da una descripción del estado de superconducción en términos de interacciones entre pares de electrones. El descubrimiento de la superconductividad en óxidos de cobre y otros metales hizo que se reanudaran los esfuerzos para obtener estos compuestos y así se hallaron los superconductores que contienen hierro.

Como otros superconductores, esta nueva familia tiene una estructura por capas; las capas de hierro y arsénico están intercaladas con las de samario y oxígeno.

Un descubrimiento posterior por el japonés Jun Akimitsu en 2000 añadió el diboruro magnésico (MgB<sub>2</sub>) a los superconductores. Se trata de un compuesto que tiene una temperatura de superconducción de 39°K, es útil en forma de cables y es relativamente barato.

Las aplicaciones son muy diversas. Una de ellas es la levitación magnética de trenes, en que se han alcanzado velocidades de 481 km por hora. Otra se utiliza en la detección de los campos magnéticos generados por las corrientes que se producen en el corazón y el cerebro, y los efectos de los rayos X, radiación gamma y otras partículas. Una de las posibles aplicaciones es el almacenamiento de energía por medio de volantes girando a altas velocidades o mediante imanes superconductores. En ambos casos se libera la energía almacenada cuando es necesario. Hay casos evidentes como son la transmisión de energía y la utilización en escáner, radiotelescopios y mástiles de telefonía. Todos estos sistemas adolecen del alto valor del mantenimiento.

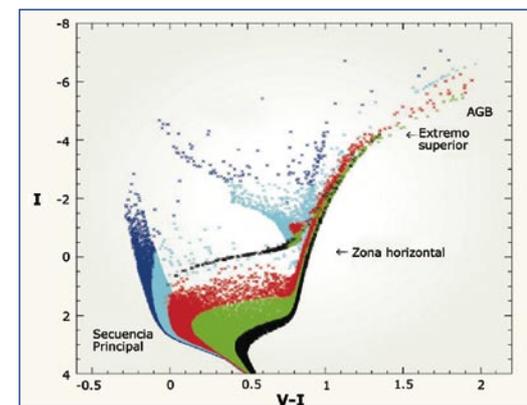
Fuente: *New Scientist*, 5 noviembre 2011

## PALEONTOLOGÍA GALÁCTICA

El pasado siglo permitió conocer cómo son y cómo funcionan las estrellas. Ahora se sabe que las estrellas producen sus radiaciones transformando hidrógeno en helio y de ahí otros elementos más pesados como carbono, nitrógeno y oxígeno. También se conoce cómo terminan sus vidas de estrellas: mediante gigantescas explosiones – las supernovas – donde se forman otros elementos más pesados como son hierro, calcio, magnesio y titanio, o mucho más lentamente como estrellas enanas que no contribuyen casi nada a la radiación del universo.

Se entendió también el papel de los agujeros negros, que residen en los centros de las galaxias, y que intervienen íntimamente con ellas en su devenir.

En el siglo XX, Hertzsprung y Russell en su inicio y Bethe en los años 30, mostraron que la relación entre los colores y luminosidades y las secuencias de su evolución depende de la edad y masa de la estrella. Estrellas como nuestro Sol, de masa baja, tienen edades comparables a la del Universo. Por otra parte, las estrellas de la región exterior – la fotosfera – contienen los restos del gas del que se originaron las estrellas. Además, las estrellas con bajos contenidos de elementos superiores al helio por provenir de gas que no se ha enriquecido de previas generaciones de estrellas se estima que son más antiguas que aquellas con altos contenidos de helio.



En la figura se representa el diagrama color-magnitud de Hertzsprung-Russell, hecha a partir de modelos de evolución estelar ('V', visual, en verde; 'I', magnitud, en rojo) para una galaxia que ha formado estrellas constantemente durante los últimos 13.000 millones de años.

Las estrellas se clasifican según su edad: azul, menos de 300 millones de años; azul claro, de 300 millones de años a 1.100 millones de años; rojo, de 1.100 millones de años a 3.000 millones de años; verde, de 3.000 millones de años a 8.000 millones de años; y negro, mayores de 8.000 millones de años.

Otras estrellas son las rojas gigantes, de más de 1.000 millones de años y no dan una clasificación aceptable. La secuencia principal es la mayor fuente de formación de estrellas. La zona horizontal, en que 'I' tiende a cero, contiene estrellas de más de 10.000 años y es la primera indicación de una población muy antigua.

Otras estrellas son las rojas gigantes, de más de 1.000 millones de años y no dan una clasificación aceptable. La secuencia principal es la mayor fuente de formación de estrellas. La zona horizontal, en que 'I' tiende a cero, contiene estrellas de más de 10.000 años y es la primera indicación de una población muy antigua.

Fuente: *Science*, 8 julio 2011

## EL DEVENIR DE LAS GALAXIAS

Muchos años atrás nuestra galaxia, la Vía Láctea, compartía el universo con otros cien mil millones de galaxias. Si se compara este escenario con lo que ocurrirá cuando el cosmos tenga una edad diez veces mayor que la actual, nuestra Vía Láctea se reducirá a una isla de estrellas flotando en un espacio increíblemente vasto y vacío.

El agente causante de este futuro tan solitario es la misteriosa energía oscura que acelera la expansión del cosmos. Después de miles de millones de años, las galaxias existentes enviarán luz que nunca llegará hasta nosotros. Si nos situamos en nuestra galaxia, ésta será la única que quede en el universo observable.

De las observaciones realizadas por la cosmogonía, se desprende que el universo era más denso en el pasado y que hace 13.700 millones de años tuvo lugar la explosión primordial que conocemos como *big bang*.

Para aclarar estos conceptos, Abraham Loeb, de la Universidad de Harvard, publicó recientemente un estudio en que comenzó afirmando que las leyes de física y cosmología son tan precisas que se puede predecir lo que le ocurrirá a nuestro universo en el futuro: dentro de miles de millones de años tendrán lugar dos acontecimientos, uno dramático y otro menos dramático pero más profundo.

Comenzará todo con nuestra vecina galaxia Andrómeda, que en 2.300 millones de años

pasará cerca de la Vía Láctea y volverá, a los 5.000 millones de años, chocando violentamente con la Vía Láctea. Los grandes agujeros negros de las dos galaxias se unirán y las estrellas de ambas formarán un conjunto de estrellas en el que nuestro Sol se desplazará de su posición actual de 26.000 años luz del centro de la galaxia hasta unos 60.000 años luz.

Afortunadamente será posible encontrar alternativas, ya que el 70% de las estrellas se enfrían lentamente durante tiempos casi infinitos, convirtiéndose en enanas rojas, pudiendo mantener planetas que alojen vida. Sin embargo, la visión desde estos planetas no será como la actual: el cielo no tendrá estrellas como ahora.

### El futuro del cosmos

El futuro del cosmos	
Desde hoy en:	
2.300 millones de años	La galaxia de Andrómeda pasa cerca de la Vía Láctea
5.000 millones de años	Andrómeda y la Vía Láctea se unen para formar la galaxia elíptica Milkomeda
	La expansión del universo se acelera por la energía oscura
1.000.000 millones de años	Todas las restantes galaxias desaparecen del universo observable
	Las estrellas hiperveloces son las únicas fuentes de luz observables fuera de Milkomeda
10.000.000 millones de años	El fondo cósmico de microondas no medible
100.000.000 millones de años	Todas las estrellas del universo desaparecen

Esta nueva galaxia, bautizada en inglés como Milkomeda, quemará todo su combustible y morirá arrastrando consigo a nuestro Sol. Agotado su comportamiento como estrella, el Sol se habrá convertido en una gigante roja, dentro de la que posiblemente estará nuestra Tierra. Pasado cierto tiempo, el gigante se reducirá a un rescaldo del tamaño de la Tierra, desapareciendo de la vista.

La ausencia de estrellas dará lugar a la acción repulsiva de la materia oscura, que provocará que las posibles galaxias se alejen de nosotros porque viajarán a la velocidad de la luz. Siempre habrá objetos observables en el cosmos, tales como las denominadas estrellas hiperveloces, que se forman en el halo de la Vía Láctea y acabarán escapando de ésta.

Fuente: *New Scientist*, 2 abril y 28 mayo 2011

## NUEVOS REACTORES NUCLEARES DE INVESTIGACIÓN EN HOLANDA

El Gobierno de los Países Bajos aprobó el 20 de enero de 2012 la construcción de una sustitución del antiguo reactor de alto flujo en Petten, que ha funcionado desde 1961. El Ministro de Asuntos Económicos dijo que el Gobierno federal y la provincia del norte de Holanda abonarán cada uno 40 millones de euros para el diseño, adquisición y licenciamiento del reactor de investigación, que se denominará Pallas y funcionará hacia 2022.

El coste total del nuevo reactor será de 500 millones de euros. La inversión adicional se dispondrá en la segunda fase. Estos costes se

recuperarán con la venta de isótopos y las investigaciones en futura tecnología. Los suministros de Petten han proporcionado el 60% de la demanda europea y el 30% del mundo.

Por otra parte, el Gobierno holandés ha confirmado que invertirá 38 millones de euros en un proyecto de la Universidad de Delft denominado Oyster para construir una fuente fría de neutrones que servirá, entre otras cosas, para investigar en materiales para reactores nucleares y celdas solares, así como para el tratamiento del cáncer.

Fuente: *NucNet*, 23 enero 2012

## Socios FORO NUCLEAR

AEC - AMAC - ANCI - 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 - 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 BARCELONA - 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 - WESTINGHOUSE ELECTRIC SPAIN - WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERVICES