

e|núcleo

Energía y Medio Ambiente

NÚMERO 8 • MARZO 2004

Sumario

PÁGINA 2

Los minerales radiactivos y el abastecimiento energético a largo plazo

PÁGINA 3

Combustibles nucleares

PÁGINA 4

Noticias de actualidad
Estadísticas
Direcciones web

Es una publicación de:

Foro Nuclear
Foro de la Industria Nuclear Española

Editorial

Tras el descubrimiento de la fisión del uranio, los investigadores quedaron deslumbrados por las posibilidades que la fisión en cadena ofrecía para la producción de grandes cantidades de energía muy concentrada y a partir de recursos abundantes. Algunos se atrevieron incluso a predecir que la electricidad producida por reactores nucleares sería tan barata que "no valdría la pena medirla".

Ha transcurrido más de medio siglo y se ha extendido la instalación de centrales nucleares. Los costes de la generación nuclear son hoy competitivos con los de otras fuentes energéticas, incluso en ausencia de tasas a los productores de gases de efecto invernadero y otros contaminantes, de los que la generación nuclear está libre. Hay que tener en cuenta que el estricto control de los residuos radiactivos está incluido en los costes finales. Después de estos cincuenta años, el coste debido al combustible, que constituye una gran parte del coste variable (coste en el que sólo se incurre cuando se funciona), sigue siendo tan reducido como decían aquellos investigadores que pronosticaban el fin de los contadores. Con costes variables tan bajos es lógico que las centrales nucleares operen en base, es decir, todo el tiempo posible. Así, las centrales nucleares funcionan unas 8.000 horas al año a plena potencia, lo que es posible gracias a su excelente comportamiento, y producen

porcentajes importantes de la electricidad generada en los países donde funcionan.

La correcta gestión de los recursos económicos a escala global exige que las centrales nucleares funcionen durante tiempos prolongados, para amortizar las fuertes inversiones realizadas, lo que es perfectamente coherente con el reducido coste variable de la electricidad producida. Para la Humanidad sería un derroche innecesario limitar el funcionamiento de las centrales nucleares a períodos inferiores a sus posibilidades técnicas y económicas. Así

La correcta gestión de los recursos económicos a escala global precisa que las centrales nucleares funcionen durante tiempos prolongados para amortizar las fuertes inversiones realizadas, lo que es perfectamente coherente con el reducido coste variable de la electricidad producida. Sería para la Humanidad un derroche innecesario limitar el funcionamiento de las centrales nucleares a períodos inferiores a sus posibilidades técnicas y económicas.

se ha entendido en países como Estados Unidos, que están prorrogando las autorizaciones de funcionamiento hasta los 60 años. Incluso los países que se han declarado antinucleares por razones extratécnicas, como Alemania o Suecia, han pactado plazos extensos de operación y siguen aumentando las potencias de las centrales existentes. En cuanto a las centrales nuevas que, según

los escenarios razonables, se construirán a medio y largo plazo, podrán contar con recursos de combustible seguros y suficientes para funcionar durante todo el tiempo necesario, en condiciones económicas y seguras.

Los combustibles nucleares constituyen una fuente abundante y económica de energía limpia, con reservas suficientes durante todo el tiempo necesario hasta la llegada de la fusión nuclear, reproducción en la Tierra de los mecanismos solares. ♦

BUZÓN DE LOS LECTORES

Ante el inminente Plan Nacional de Asignación de Emisiones que se deberá aplicar a una gran parte del sector industrial español para cumplir con el Protocolo de Kioto, la energía nuclear se verá reforzada frente a otras fuentes energéticas emisoras de CO₂. ¿Considera el sector nuclear que éste puede ser el camino definitivo para consolidar la energía nuclear como la fuente energética del futuro?

Fernando Gutiérrez (Valencia)

Recientemente he leído la posibilidad de la aplicación de un reactor nuclear en los transbordadores espaciales para futuras misiones al espacio. Sería interesante que el

núcleo explicara esta nueva aplicación, la viabilidad del proyecto y la diferencia con los transbordadores utilizados hasta el momento en las misiones espaciales.

Jaime Villaescusa (Vigo)

En algunos países asiáticos, como Japón, China, India y Corea, la energía nuclear se encuentra en pleno desarrollo con la construcción de nuevas centrales nucleares, además de las ya existentes. Me gustaría que dedicarais un número de **el núcleo** a explicar la situación de la energía nuclear en esta zona del mundo y la diferencia con la tendencia occidental de parón nuclear.

Matilde Catalá (Madrid)

Se estima que sustituir las centrales nucleares en España exigiría invertir 18.000 millones de euros. ¿Está España preparada para hacer frente a este gasto?, ¿cuáles serían las fuentes energéticas alternativas a la energía nuclear? Desearía más información sobre este tema de actualidad.

Javier Díez (Barcelona)

Considero que el desconocimiento general que existe sobre los sistemas de seguridad de las centrales nucleares y la falta de información al público sobre este tema dan lugar al rechazo y a una percepción de riesgo en la población, por ello pienso que se debería informar

sobre el alcance de todas estas medidas, los sistemas que se utilizan y las situaciones de riesgo que se contemplan para los trabajadores, el entorno y las mismas instalaciones.

Guillermo Sanabria (Madrid)

¡Reservamos este espacio para tus opiniones!

elnucleo@foronuclear.org

Envíe su carta, comentario, sugerencia o crítica a elnucleo@foronuclear.org

Los textos destinados a esta sección no deben exceder de 10 líneas y es imprescindible que estén firmados.

el núcleo se reserva el derecho de publicar tales colaboraciones, así como de resumirlas cuando lo considere oportuno.

Los minerales radiactivos y el abastecimiento energético a largo plazo

A nivel global la demanda de energía crece a un ritmo acelerado. El consumo de energía *per capita* varía enormemente entre países industrializados y países en vías de desarrollo. El Consejo Mundial de la Energía predice para 2050 un consumo de unos 29.000 millones de toneladas de carbón (tec), para una población de 10.000 millones de habitantes. Con ello, el consumo medio por habitante sería todavía menor que el de España en 1990 (3,35 tec/habitante).

Para satisfacer esta fuerte demanda se cuenta con reservas suficientes a escala global, si bien repartidas de forma muy desigual. Al ritmo actual de consumo, y con la tecnología existente, las reservas de petróleo, gas natural y uranio durarían 42, 60 y 200 años, respectivamente. Las reservas de carbón, por su parte, pueden durar varios siglos. Sin embargo, aumenta la preocupación por el efecto invernadero y el subsiguiente calentamiento global, muy asociado al consumo de combustibles fósiles. En el futuro habrá que confiar cada vez más en las energías limpias, como las renovables (incluyendo la hidráulica) y la nuclear. Los compromisos del Protocolo de Kioto no se están cumpliendo, salvo en unos pocos países, y será difícil que se cumplan sin una decidida política energética que proporcione incentivos a las energías limpias, incluyendo probablemente tasas a las emisiones de CO₂. Las Directivas de la UE en materia energética se orientan en este sentido.

En todo caso, el aumento de demanda global lleva consigo un incremento en la demanda de electricidad, que exigirá la construcción de un importante número de centrales. Los estudios del Consejo Mundial de la Energía, en el escenario más probable, asignan un papel preponderante a las energías renovables y a la energía nuclear, aunque la participación prevista de estas energías limpias no alcanza a sustituir a las fósiles en la cuantía suficiente para cumplir totalmente los compromisos de Kioto. La construcción de nuevas centrales nucleares que se postulan en el estudio al-

canza 1.600.000 megavatios adicionales hasta 2050, o unas 40 unidades de 1.000 MW cada año.

Las reservas de materias primas nucleares

Con la tecnología y el consumo actuales, las reservas de uranio, que se estiman hoy en unos 16 millones de toneladas, pueden durar más de 200 años. Sin embargo, con las estimaciones del Consejo Mundial de la Energía, hacia 2050 se habrá gastado la mitad de las reservas actuales y estimadas, y sólo quedarán reservas para 25 años más. No obstante, el panorama es más alentador, porque los avances tecnológicos, que se prevén con bases muy firmes, aumentan estas reservas hasta cifras más que suficientes para satisfacer la demanda de minerales radiactivos hasta la llegada de la fusión nuclear, que dispondrá en su día de recursos ilimitados.

Unas cifras pueden aclarar estas ideas: un kilogramo de uranio natural se convierte en el proceso de enriquecimiento en unos 170 gramos de uranio enriquecido y, con la energía que produce éste, se aprovecha sólo un 0,7% del contenido energético del uranio inicial. Esto es el resultado de que la mayoría de las fisiones se producen en el uranio-235, que representa sólo el 0,711% del uranio natural. El rendimiento energético se multiplicaría si pudiera aprovecharse el uranio-238, que constituye casi todo el uranio natural.

Utilización intensiva de los recursos de combustibles nucleares

Aunque el único elemento fisionable que existe en la naturaleza es el uranio-235, el uranio-238, que es un material fértil, da lugar por absorción de neutrones a plutonio, que es también fisionable y contribuye al funcionamiento del reactor. Los elementos fisionables que no se llegan a consumir pueden separarse de los combustibles gastados para ser reutilizados, mezclados con nuevo material fértil. Existen varias maneras

de utilizar los materiales fértiles, con lo que se aumenta el rendimiento energético del uranio (o se utiliza el torio), incrementando considerablemente las reservas energéticas de los materiales radiactivos.

- Para utilizar el torio (otro material fértil) se utilizan inicialmente elementos combustibles en los que el torio está mezclado con uranio-235 o plutonio. Con este procedimiento pueden aprovecharse las reservas de torio, que son al menos tan abundantes como las del uranio. Esta clase de reactores no está aún comercializada, pero se investiga activamente en países como India, con reservas abundantes de torio.

- Para utilizar más intensivamente las reservas de uranio se pueden usar varias clases de reactores o ciclos de combustible.

- Mezcla de uranio natural con uranio muy enriquecido procedente de los arsenales militares y utilización de la mezcla en reactores normales.

- Mezcla de uranio natural con plutonio procedente de arsenales militares o de la reelaboración de los combustibles gastados, y utilización del combustible resultante, llamado MOX, en los reactores actuales, con pequeñas modificaciones. Estos combustibles se están utilizando ya, en proporciones aún modestas. Con ello se puede llegar a aumentar las reservas de uranio en un 35%.

- Reactores rápidos (sin moderador), que utilizan combustible de uranio natural con un enriquecimiento inicial más alto que los combustibles actuales. Estos reactores permitirán aumentar el rendimiento por un factor de 50, por lo menos, utilizando el llamado ciclo de reproducción. El hecho de que no se hayan comercializado aún estos reactores se debe a razones de no proliferación y, sobre todo, a que no se ha presentado aún una escasez de uranio, alejando así su necesidad. ♦

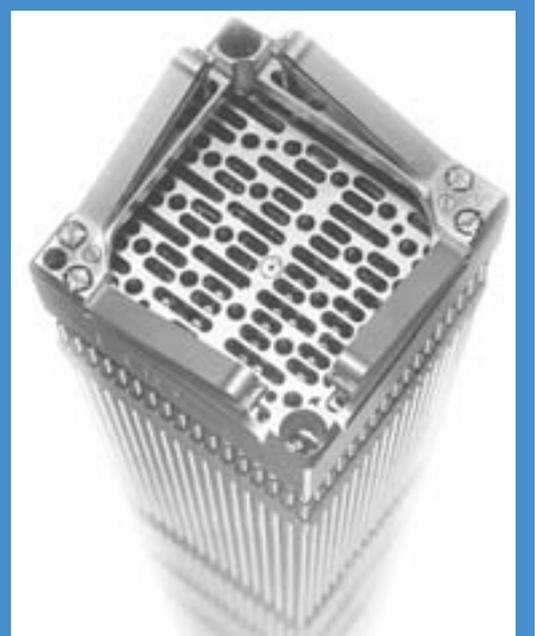
ENERGÍA GENERADA POR LOS COMBUSTIBLES NUCLEARES

Cuando comienza a funcionar un elemento combustible en un reactor, casi toda la energía que produce procede de las fisiones del uranio-235 que, en los reactores modernos, está presente en una proporción del 3 al 4%, siendo el resto uranio-238, que no es fisionable por neutrones. Parte de los neutrones, sin embargo, son absorbidos por el uranio-238, dando lugar a plutonio-239, elemento fisionable que no existe en la naturaleza. Durante la estancia del elemento combustible en el reactor, las fisiones se producen en el uranio-235 que se va consumiendo y, en menor proporción, en el plutonio que se va formando. El elemento combustible se retira cuando los núcleos absorbentes que se van formando por las fisiones predominan sobre los núcleos fisionables en su competencia por los neutrones.

Un elemento combustible de un reactor típico PWR de 1250 MW contiene unos 500 kg de uranio enriquecido y produce, durante su estancia en el reactor, unos 170

millones de kWh. El reactor tiene unos 190 elementos combustibles y cada año se sustituyen unos 60 agotados por otros nuevos; el reactor genera en un año una energía eléctrica equivalente a la que producirían 3 millones de toneladas de carbón, o unos 1.500 trenes de carbón, que habrían producido en una central térmica casi 12,5 millones de toneladas de CO₂.

Los elementos combustibles gastados que se extraen del reactor producen todavía calor y radiaciones, pero el combustible residual y los fragmentos de fisión producidos permanecen encerrados herméticamente en el interior de las vainas, por lo que pueden almacenarse en piscinas o en contenedores que permiten la disipación del calor y proporcionan blindaje para las radiaciones. Cuando los elementos combustibles se enfrían suficientemente se llevan a reelaborar o a su almacenamiento final. En todo caso, se trata de volúmenes muy pequeños en comparación con la energía producida.



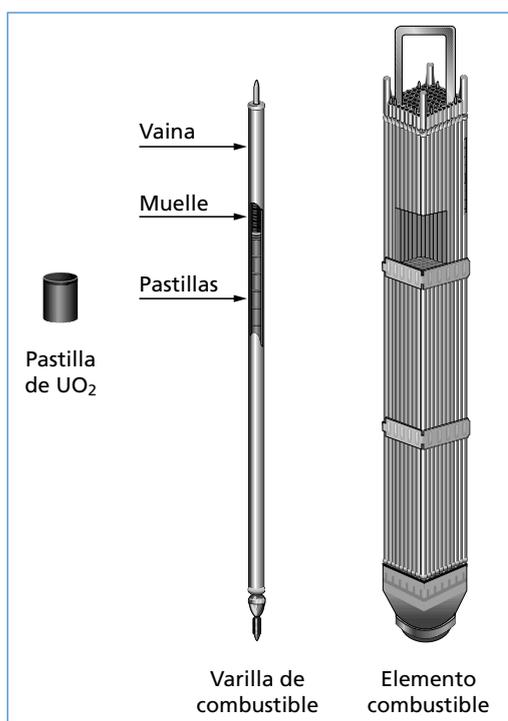
La industria de los combustibles nucleares

En un reactor típico, por ejemplo del tipo PWR, el uranio que experimenta las fisiones se dispone en forma de pastillas cerámicas de óxido de uranio, de unos 8 mm de diámetro y 12 mm de longitud, apiladas dentro de vainas metálicas herméticas de unos 9,5 mm de diámetro y 4 m de longitud. A su vez estas varillas se agrupan en haces de unas 264 varillas, con una disposición cuadrada y mantenidas en su posición por rejillas separadoras intermedias y cabezales en los extremos, formando conjuntos robustos que se pueden manipular con una grúa. Cada uno de estos elementos combustibles pesa unos 600 kg y en un reactor típico hay unos 190, que contienen en total unas 95 toneladas de uranio. Las varillas están espaciadas de manera que entre ellas pueda circular agua que sirve de moderador y refrigerante.

El combustible en el reactor

Cuando se producen las fisiones del uranio, los fragmentos de fisión, animados por una gran energía, son frenados por los átomos circundantes, transformando su energía en calor, que se transmite desde la pastilla, a través de la vaina, al agua que circula por su exterior y que transporta el calor al sistema de producción de vapor. En los reactores PWR el agua se lleva a un cambiador de calor (el *generador de vapor*) donde se produce, en un circuito separado, el vapor que acciona el turboalternador que genera la electricidad. En los reactores BWR se permite que el calor transmitido al agua refrigerante la haga hervir directamente, separando después el vapor y llevándolo a la turbina.

Los fragmentos de fisión, sólidos o gaseosos, quedan atrapados, en su mayor parte, en el interior de las pastillas y, en todo caso, dentro de las vainas, hasta que el combustible se agota y se retira el elemento del reactor para su almacenamiento o reelaboración.



Fases del ciclo del combustible

El ciclo del combustible va desde la extracción del mineral de uranio, pasando por la utilización en el reactor y terminando por la reelaboración o el almacenamiento final de los elementos combustibles gastados. En España la actividad industrial del ciclo del combustible anterior a la entrada en el reactor está a cargo de la empresa ENUSA Industrias Avanzadas, en competencia con otras extranjeras. Todas las actividades posteriores a la permanencia en el reactor son competencia de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa).

Minería y beneficio del uranio. El uranio está presente en la naturaleza, principalmente en terrenos graníticos o sedimentarios, si bien el contenido normal de uranio en los minerales es muy bajo, del orden de unas décimas por ciento, por lo que la explotación no resulta rentable en muchos casos. Las instalaciones de tratamiento de estos minerales suelen estar cerca de las minas, por razones de transporte. En ellas se elimina la mayor parte de las impurezas y se producen unos concentrados de uranio que suelen denominarse con el nombre de *torta amarilla*. Actualmente, los concentrados de uranio proceden de Australia, Canadá, y otros países. En España, aunque hay capacidad de producción, han dejado de explotarse los recursos nacionales.

Conversión y enriquecimiento. Los concentrados de uranio deben después convertirse en hexafluoruro de uranio (UF₆) gaseoso. Este proceso, que sólo es económico para grandes volúmenes, tiene lugar en pocos países. A partir de este UF₆ las instalaciones de difusión gaseosa o de centrifugación *enriquecen* el contenido de uranio-235 desde el 0,711% natural al 3 ó 4% que requieren los reactores actuales de agua ligera. España obtiene los servicios de enriquecimiento de instalaciones americanas o europeas y participa en la fábrica francesa de Eurodif.

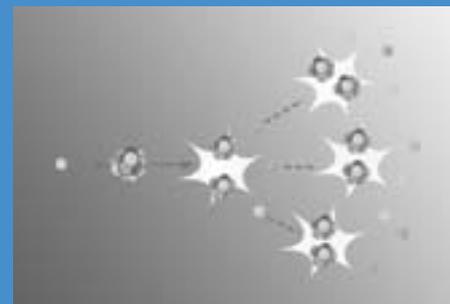
Fabricación y transporte. El UF₆ enriquecido se convierte después en polvo de óxido de uranio (UO₂) y se transforma en pastillas cerámicas que se introducen en vainas de una aleación de circonio. Estas vainas se cierran con tapones herméticos y se disponen en elementos combustibles, listos para transportarlos a los reactores. En España la mayor parte de esta actividad está a cargo de ENUSA. Los elementos fabricados se llevan, en contenedores homologados, a las centrales para su introducción en los reactores.

Utilización en el reactor. Los elementos combustibles se colocan en una estructura metálica colocada dentro de la vasija de presión. Cada elemento permanece en el reactor unos tres o cuatro años, hasta que el uranio se consume todo lo posible. Durante su estancia en el reactor, cada elemento es cambiado varias veces de sitio, desde la periferia hacia el centro, para que la mayor presencia de neutrones que hay en el centro compense la disminución de su uranio y la absorción parásita en los fragmentos de fisión. Los combustibles gastados se extraen del núcleo y se almacenan en una piscina para que

COMBUSTIBLES NUCLEARES

En 1938 Otto Hahn y sus colaboradores descubrieron la ruptura del átomo (en realidad, de su núcleo), al hacer incidir neutrones (partículas pesadas, eléctricamente neutras, descubiertas en 1932) sobre átomos de uranio. Con ello esperaban obtener elementos más pesados, pero encontraron que se habían producido elementos de masa mucho más pequeña que el uranio, del orden de la mitad, prueba de que el núcleo de uranio se había partido en dos. Pronto se descubrió también que el elemento que sufría esta reacción era en realidad el isótopo uranio-235, presente en el uranio natural en proporción muy pequeña, y que la reacción era mucho más probable cuando el neutrón incidente tenía una velocidad (o energía) pequeña, correspondiente a la temperatura del medio en que se mueve.

En una reacción de fisión se producen dos o tres neutrones de alta energía que pueden inducir otras fisiones en átomos de uranio cercanos. Cuando la disposición de los materiales es la adecuada, la cadena de fisiones puede automantenerse, lo que es el fundamento de los reactores nucleares.



La reacción de fisión del átomo produce una gran cantidad de energía, por la liberación de las energías que mantenían sus componentes (protones y neutrones) juntos, a pesar de la repulsión de las cargas positivas de los protones. Esta energía es un millón de veces superior a la de las reacciones de combustión, que tienen lugar por interacciones entre los electrones de los átomos, no entre sus núcleos. La mayor parte de la energía nuclear de la fisión se comunica en forma de energía cinética a los fragmentos de fisión producidos. La obtención de las materias primas que contienen el uranio natural, las transformaciones a las que deben someterse para convertirlos en *combustibles* nucleares aptos para funcionar industrialmente, su utilización en reactores nucleares y la disposición final de dichos combustibles cuando estén agotados constituyen el llamado *ciclo del combustible nuclear*.

se enfrían y que decaiga la radiactividad de los fragmentos de fisión.

Disposición de los combustibles gastados. Los combustibles gastados pueden reelaborarse para separar los combustibles no consumidos y los productos de fisión, para su reutilización y disposición final, respectivamente (ciclo cerrado), o tratarse como residuos y almacenarse en instalaciones subterráneas llamadas *repositorios* (ciclo abierto). España ha elegido, de momento, esta última opción. Tanto el transporte de los elementos gastados como su almacenamiento son actividades reguladas e inspeccionadas por los organismos competentes, y son objeto de una reacción social comprensible, pero poco fundamentada, por la seguridad con que se realizan. ♦

Este boletín es una publicación del Foro de la Industria Nuclear Española (FINE), asociación sin ánimo de lucro que representa a la industria nuclear, dedicada a la divulgación sobre los usos pacíficos de la energía nuclear.

Edita

Foro de la Industria Nuclear Española
C/ Boix y Morer, 6
28003 Madrid
Tel. 91 553 63 03
Fax: 91 535 08 82
elnucleo@foronuclear.org
www.foronuclear.org

Dirección y Coordinación
Piluca Núñez y Luis Palacios

Administración y suscripciones gratuitas
Esperanza Balaguer

Depósito Legal
M-10205-2004

SOCIOS del FORO NUCLEAR

- CN ALMARAZ
- CN ASCÓ
- CN COFRENTES
- CN JOSÉ CABRERA
- CN TRILLO 1
- CN VANDELLÓS II
- DOMINGUIS
- DTN
- EMPRESARIOS AGRUPADOS
- ENDESA
- ENSA
- ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS
- FRAMATOME ANP
- GENERAL ELECTRIC INTERNATIONAL
- GHESA
- HIDROCANTÁBRICO
- IBERDROLA
- INITEC
- LAINSA L.A.I.
- LAINSA S.C.I.
- MONCOBRA
- NUCLEONOR
- PROINSA
- TECNATOM
- UNESA
- UNIÓN FENOSA
- WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERV.

Una pastilla de uranio con un peso de 5 gramos produce tanta energía como 810 kg de carbón

noticias de actualidad

Un informe de la Unión Europea apoya el papel de la energía nuclear.

Un informe preparado por el Comité Económico y Social Europeo, que asesora a la Comisión Europea, afirma que Europa no puede prescindir de la energía nuclear. Es "completamente irracional pensar que las energías renovables pueden sustituirla en la producción energética sin emisiones de CO₂. El abandono de la energía nuclear sería extremadamente caro para los consumidores de la Unión Europea. La energía nuclear proporciona una gran ayuda en la garantía de suministro mediante el mantenimiento de un precio estable y competitivo en un momento en el que los precios del mercado interno de la electricidad están empezando a crecer agudamente". El informe indica que la seguridad nuclear y la protección radiológica "están resueltas" y que el almacenamiento final de los residuos radiactivos "está siendo resuelto". Por último, el Comité Económico y Social Europeo considera que un abandono parcial o total de la energía nuclear impediría a la Unión Europea alcanzar sus compromisos medioambientales. Por consiguiente, es necesario realizar una campaña informativa dirigida a la "sociedad civil organizada" para permitir una consideración racional de todos estos asuntos. ♦

Aumento del consumo eléctrico en España en 2003.

Durante el año 2003 se ha producido en España un aumento del consumo eléctrico del 6% respecto al año anterior, alcanzando los 228.104 millones de kWh. En los últimos seis años, el consumo ha experimentado un incremento acumulado del 31%. Por su parte, la producción de electricidad también ha aumentado un 6,5% respecto al año 2002, con una cifra total de 262.203 millones de kWh. La gran producción hidráulica (gracias a la elevada pluviosidad del año 2003) y la incorporación al sistema eléctrico de las nuevas centrales de ciclo combinado han contribuido a conseguir esta producción récord. Las centrales nucleares españolas han producido 61.848

millones de kWh, un 1,9% menos que en el año 2002. Esto se ha debido a que ocho de las nueve centrales tuvieron parada de recarga durante el año, en comparación a sólo cinco centrales en 2002. Las centrales nucleares españolas, con tan sólo el 12,3% de la potencia total instalada, producen el 24% del total de la electricidad consumida en el país. ♦

Estudio de la Comisión Europea sobre almacenamientos regionales de residuos.

La Comisión Europea ha acordado poner en marcha un estudio piloto sobre la posibilidad de almacenamientos regionales de residuos radiactivos en Europa. El concepto de almacenamientos compartidos para residuos radiactivos de alta actividad se incluyó en el paquete de directivas nucleares propuesto por la Comisión Europea en noviembre de 2002. La fase inicial del estudio sólo contemplará los requisitos técnicos y legales y no considerará la tarea de identificar países que pudieran albergar el almacenamiento compartido. En una primera reunión de trabajo se establecerá un inventario global de todos los residuos radiactivos producidos en Europa y se examinarán todas las cuestiones legales y regulatorias relacionadas con sus movimientos transfronterizos.

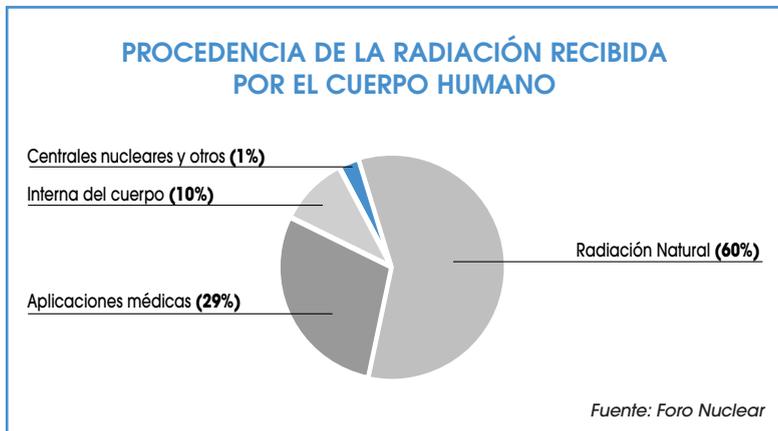
Por otra parte, el Ministro de Energía Atómica ruso ha declarado que la región de Krasnoyarsk sería una candidata adecuada para la construcción de una instalación de almacenamiento de combustible gastado a nivel mundial. El ministro Rumyantsev anunció esta propuesta durante una visita a Japón, señalando que "la idea para un acercamiento multinacional para la gestión de los residuos radiactivos y el combustible gastado fue sugerida recientemente por el director de la Agencia Internacional de la Energía Atómica, Mohamed ElBaradei". Rumyantsev dijo que un proyecto internacional "puede ser de interés", y que Rusia "indudablemente tomaría parte en cualquier acuerdo", con la intención de construir un almacenamiento internacional en su territorio. ♦

Un informe francés indica que la energía nuclear en base es más competitiva que el gas natural.

El informe "Los costes relativos de la producción de electricidad" ha sido preparado por la Dirección General de Energía y Recursos Naturales para el Ministerio de Industria francés, y hace referencia a los costes estimados de las distintas fuentes de producción de electricidad —nuclear, gas y carbón— para los años de referencia 2007 y 2015. En sus conclusiones, el informe indica que para la producción de electricidad en base (más de 330 días al año), la energía nuclear, con un coste de 28,4 euros por MWh, es más competitiva que el gas (35 euros por MWh) y que el carbón (32 a 37,7 euros por MWh). Esta competitividad se incrementa cuando se tienen en cuenta los costes derivados de la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, que pueden representar entre 1,5 y 15 euros por MWh para el gas y el carbón, de acuerdo con los costes hipotéticos de una tonelada de CO₂. El informe añade que el coste de la producción nuclear es más estable que el de carbón y mucho más estable que el de gas. El Ministerio de Industria ha indicado que se pretende "determinar y comparar los costes asociados con cada fuente de producción de electricidad para los años objetivo 2007 y 2015 y para permitir a los especialistas estudiar las múltiples variantes existentes en el cálculo de los costes de la producción de energía". ♦

Uso de bacterias para la limpieza de la contaminación radiactiva.

Investigadores del Departamento de Energía de Estados Unidos han decodificado y analizado el genoma de una bacteria con la función potencial de limpiar la contaminación radiactiva y generar electricidad. En su estudio se indica que la bacteria *Geobacter sulfurreducens* posee la extraordinaria capacidad de transportar electrones y reducir los iones metálicos como parte de su metabolismo de generación de electricidad. El genoma de este minúsculo microorganismo podría ayudar a resolver los más difíciles problemas de limpieza y a generar energía basándose en fuentes biológicas. La bacteria reduce los iones metálicos mediante un proceso químico en el que se añaden electrones a los iones. De esta manera, los metales se convierten en menos solubles en agua, y los radionucleidos y metales se eliminan más fácilmente del agua subterránea. Los investigadores también indican que son interesantes las pequeñas cargas de electricidad que se crean en el proceso, por su capacidad potencial de generar una corriente eléctrica en una "bio-batería". El objetivo de esta investigación es conseguir mecanismos para la inmovilización a largo plazo de contaminantes en el agua subterránea y para reducir los riesgos a las personas y al medio ambiente. ♦



DIRECCIONES "WEB" RECOMENDADAS



- BNFL-BRITISH NUCLEAR FUELS
www.bnfl.com
- ENUSA
www.enusa.es
- ENRESA
www.enresa.es
- FRAMATOME COGEMA FUELS
www.framatome.com
- GENERAL ELECTRIC
www.ge.com

- NUKEM
www.nukem.com
- URANIUM & NUCLEAR POWER INFORMATION CENTER AUSTRALIA
www.uic.com.au
- WORLD NUCLEAR ASSOCIATION
www.world-nuclear.org
- WORLD NUCLEAR FUEL MARKET
www.wnfm.com