

**3** *El agua en las centrales termoeléctricas*

---

**4** **El agua de refrigeración en las centrales nucleares**

---

**9** *Utilización del uranio en los reactores nucleares*

---

**11** **Los reactores del futuro**

---

**15** **Noticias de actualidad**

---

**18** **Estadísticas**

---

**19** **Direcciones “web”**

---

## Editorial

El aumento del interés por la energía nuclear en todo el mundo ha propiciado una gran abundancia de artículos, presentaciones, declaraciones, programas de radio y televisión, etc., que, en general, aportan información útil para que el público pueda llegar a tener una opinión responsable sobre un tema que ha recibido tanta atención sesgada. Se detectan, sin embargo, algunas comunicaciones que llegan a conclusiones poco ajustadas a la realidad, a causa sin duda de la utilización de datos que resultan ambiguos para los no técnicos.

**el núcleo** no pretende entrar en debates ni calificar declaraciones aparecidas en diversos foros o medios de comunicación. Desea, sin embargo, facilitar de forma sencilla datos fiables que permitan llegar a conclusiones realistas.

En este número se explica brevemente la necesidad de agua para la refrigeración de las centrales nucleares, destacando las diferencias entre circuitos cerrados que no necesitan aportes significativos de agua y circuitos de refrigeración de los condensadores, que requieren caudales importantes de agua y para los que hay soluciones tecnológicas de uso común que permiten la localización de las centrales incluso cerca de cursos de agua poco caudalosos o irregulares.

Por otra parte, en los comentarios sobre estudios de prospectiva existe, a veces, confusión sobre la posible duración de las reservas de uranio, que algunos mantienen que no podrán sos-

*En este número se presentan las posibilidades de aprovechamiento de las grandes reservas energéticas del uranio natural*

tener los programas nucleares futuros más allá de unos decenios. En este número se presentan las posibilidades de aprovechamiento de las grandes reservas energéticas del uranio natural (y del empobrecido), utilizadas solo en pequeña medida en los reactores actuales. Este uranio podrá aprovecharse casi integralmente utilizando los reactores reproductores, cuya tecnología se conoce desde hace tiempo, pero que se está perfeccionando para permitir su incorporación comercial a los parques nucleares, extendiendo la duración de las reservas durante siglos y, desde luego, dando tiempo para el relevo que supondrán las centrales de fusión. ■



**VOLVER  
AL SUMARIO**

## El agua en las centrales termoeléctricas

Las centrales termoeléctricas utilizan para su funcionamiento el calor procedente de la combustión de materiales fósiles en una caldera, o el producido por la fisión del uranio en un reactor nuclear. Esta *energía térmica* ha de transformarse en *energía mecánica*, el giro de una turbina de vapor, que acciona a su vez un alternador, convirtiendo la energía mecánica en *electricidad*.

En estas centrales el fluido de trabajo, el agua, circula en circuito cerrado desde la caldera en las centrales fósiles o el reactor en las nucleares (foco caliente), donde se convierte en vapor a alta presión y temperatura, hasta la turbina, haciéndola girar y perdiendo para ello parte de su energía térmica. El vapor de escape de la turbina, a baja presión, se condensa en un cambiador de calor denominado condensador por cuyos tubos circula agua de refrigeración (foco frío) procedente del mar, o de embalses o ríos. El condensado se bombea después a la caldera o al reactor, donde se cierra el circuito. La evolución del agua en este sistema sigue las leyes de la termodinámica, que imponen una considerable pérdida de energía térmica al generar energía mecánica. El agua de este circuito de trabajo no está en ningún momento en contacto con el combustible fósil o nuclear, ni con el agua de refrigeración del condensador.

En resumen, cuando se menciona el agua en una central térmica se está hablando de *dos* circuitos:

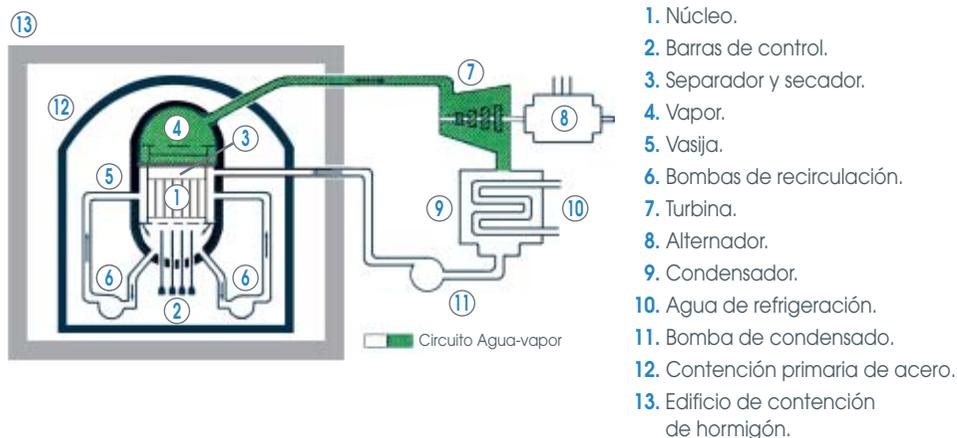
- Un circuito *cerrado* de agua natural de pureza controlada, que sigue la evolución del ciclo termodinámico agua-vapor, para transformar parte de la energía térmica que recibe del combustible en energía mecánica en la turbina, cediendo el resto en el condensador al segundo circuito.
- Un segundo circuito de refrigeración para condensar el vapor de escape. Este circuito, que es *abierto*, utiliza agua procedente del mar o de cursos fluviales, que se devuelve a su procedencia ligeramente más caliente.

Cuando se habla de *necesidades de agua* en una central se trata del agua de este segundo circuito, pues el agua del circuito primario no se consume, salvo pequeñas cantidades por fugas, maniobras, etc., y siempre de forma controlada. ■

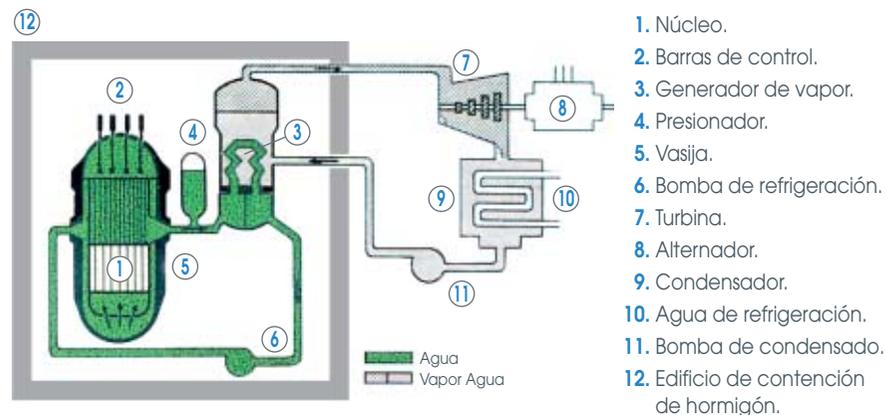
## El agua de refrigeración en las centrales nucleares

En las centrales nucleares la utilización del agua no difiere conceptualmente de la de las centrales térmicas clásicas. Los elementos combustibles que constituyen su núcleo ceden su calor, directa o indirectamente, al circuito cerrado agua/vapor. En los reactores de agua en ebullición el agua se vaporiza directamente en la misma vasija del reactor; el vapor a alta presión va después a la turbina; el vapor de escape, a baja presión, se condensa en el condensador; y el agua condensada regresa a la vasija como agua de alimentación, todo ello en circuito cerrado. En los reactores de agua a presión se utiliza, además, un circuito cerrado (llamado primario) de agua que no se convierte en vapor y que circula por el exterior de los elementos combustibles, trasladando el calor recibido a un generador de vapor en donde lo entrega al circuito cerrado (secundario) agua/vapor. La circulación del agua en estos sistemas puede verse en las siguientes figuras:

**CENTRAL NUCLEAR EQUIPADA CON REACTOR TIPO BWR (agua en ebullición)**



**CENTRAL NUCLEAR EQUIPADA CON REACTOR TIPO PWR (agua a presión)**



## El uso del agua en las centrales nucleares no difiere conceptualmente de su utilización en las centrales térmicas

En ambos casos, la condensación del vapor de escape de la turbina corre a cargo del agua de refrigeración exterior (foco frío), que circula por los tubos del condensador y por tanto no está en contacto con ningún material ni fluido que haya pasado por el reactor. La necesidad de agua de refrigeración exterior está determinada por la energía térmica *perdida* en el ciclo agua-vapor que, según las leyes termodinámicas, va desde 1,25 a 2 kWh térmicos por cada kWh eléctrico generado, según haya o no sobrecalentamiento del vapor y según la temperatura del foco frío. La cifra más alta corresponde a las centrales nucleares de agua ligera, que utilizan vapor saturado, no sobrecalentado, a causa de la limitación de temperatura del foco caliente impuesta por la presión máxima de la vasija.

Una central nuclear de agua ligera de 1.000 MWe entrega constantemente al agua de refrigeración exterior unos 2.000 MWt, aumentando su temperatura ligeramente. Otros reactores avanzados, refrigerados por gas o por metales líquidos, pueden utilizar ciclos de agua-vapor de más alta temperatura y mayor rendimiento, parecidos a los de las centrales térmicas clásicas, perdiendo unos 1.250 MWt por cada 1.000 MWe.

### El circuito abierto

El agua de refrigeración de los condensadores se toma del mar y se devuelve a él lo suficientemente lejos de la toma para que el calor que transporta no influya en la temperatura de la toma. Si el agua procede de un río, lago o embalse próximos, se toma aguas arriba de la central y se vierte aguas abajo, es decir, se devuelve enteramente al medio del que se tomó. Este esquema, válido para las localizaciones costeras o ríos muy caudalosos, se conoce como *circuito abierto de refrigeración*, y con él no existe prácticamente consumo de agua.

Los aproximadamente 2.000 MW térmicos perdidos en el ciclo equivalen a 480 millones de calorías por segundo (Mcal/s). 1 caloría calienta 1 g de agua 1 grado centígrado, luego 1 Mcal calienta 1 Mg (es decir, 1 tonelada o 1 m<sup>3</sup> de agua) 1 grado centígrado. Por consiguiente las 480 Mcal/s calientan un caudal de  $Q$  m<sup>3</sup>/s una temperatura  $\Delta t$  grados, siempre que  $Q \times \Delta t = 480$ .

En el caso de localización costera no hay problema de refrigeración, pues no hay limitación en el caudal disponible que se toma del mar. Hay que alejar, sin embargo, el punto de descarga de agua caliente del punto de toma para asegurar su dilución sin alterar localmente las condiciones ambientales del mar.

El problema puede surgir en localizaciones en el interior, cerca de cursos de agua, donde las autoridades hidrográficas pueden establecer, y establecen, limitaciones tanto en los caudales de agua que se pueden captar como en los aumentos máximos admitidos en su temperatura aguas abajo de la central (no más de 3 °C de aumento de temperatura y captaciones máximas en función del caudal del río). Es fácil calcular que una captación de unos 40 m<sup>3</sup>/s, normal en una central de 1.000 MW, calentándose 12 °C y mezclándose después con 120 m<sup>3</sup>/s no captados dan aguas abajo del río 160 m<sup>3</sup>/s de agua con un aumento de temperatura de 3 °C. No hay *consumo* de agua, pero sí *utilización* necesaria.

Si el río fuera el Tajo, que tiene un caudal medio anual de unos 350 m<sup>3</sup>/s, este modo de refrigeración sería practicable, pero hay que pensar que el caudal del río puede ser puntualmente bastante menor en períodos de estiaje, por lo que en casos determinados podría necesitarse reducir temporalmente la potencia de la central, o autorizarse aumentos transitorios de temperatura superiores a 3°C. Este era el caso de la central nuclear de Zorita (Guadalajara), de mucha menor necesidad de agua dado que su potencia era de 150 MWe. La central costera Vandellós-II (Tarragona) funciona en ciclo abierto con agua del mar. La central de Garoña (Burgos) funciona también en ciclo abierto con agua del Ebro, pues su potencia de 466 MW plantea necesidades de refrigeración que se encuentran cómodamente dentro de los límites permitidos. Las demás centrales españolas utilizan esquemas de refrigeración en circuito cerrado.

## El ciclo cerrado

Si no se dispone de ningún curso de agua abundante cerca de la central, se puede utilizar un *embalse artificial* que sirva para refrigerar el agua por evaporación natural antes de devolverla al río a la temperatura adecuada. Este es el caso de Almaraz (Cáceres).

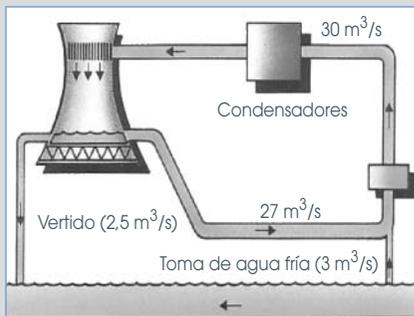
Más frecuentemente se utilizan *torres de refrigeración* que mantienen la temperatura del agua a bajos niveles. El agua de refrigeración que sale caliente del condensador se lleva a la parte superior de las torres de refrigeración, donde cae en forma de lluvia y se evapora en parte en contacto con el aire ascendente que entra por la base. La evaporación disipa una gran cantidad de calor, casi 600 millones de calorías por  $\text{m}^3$ . El resto del agua, que ha aportado el calor de evaporación, se recircula después al condensador. Este esquema se conoce como *circuito cerrado de refrigeración*. En este caso, la cantidad de agua tomada del medio acuático es mucho menor, ya que solo se requiere la necesaria para reponer el agua evaporada en las torres de refrigeración. A modo de ejemplo, para una central de 1.000 MW eléctricos pueden pasar por el condensador  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  de agua, resultado de la suma de  $27 \text{ m}^3/\text{s}$  que recirculan y  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  tomados del río, al que se devuelven después  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Los  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  restantes, perdidos por evaporación, constituyen el *consumo* de agua de refrigeración de la central. Las torres de refrigeración pueden ser de tiro natural o forzado, y se utilizan también torres secas en las que el aire refrigera el vapor a través de una pared. El penacho producido en las torres de enfriamiento es única y exclusivamente vapor de agua libre de contaminante alguno, debido a la estanqueidad de los circuitos de la central que así lo aseguran.

Las figuras adjuntas presentan los esquemas de circuitos abiertos o cerrados para centrales de unos 1.000 MW eléctricos.

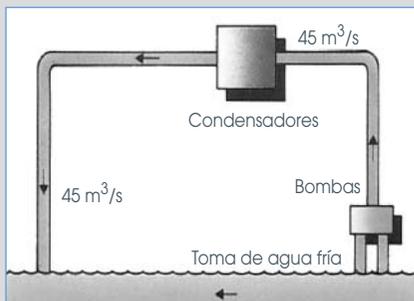
En resumen, como se ha dicho, una central de 1.000 MWe, en una localización cercana a un río como, por ejemplo, el Ebro, que tiene un caudal medio cercano a unos  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ , *capta* en

### CIRCUITO CERRADO

Agua evaporada ( $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ )



### CIRCUITO ABIERTO



VOLVER  
AL SUMARIO

circuito abierto unos  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ , pero *necesita* que el río lleve  $160 \text{ m}^3/\text{s}$ . En circuito cerrado con torres de refrigeración *capta*  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ , *devuelve*  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  y *consume*  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , cantidades insignificantes que permiten incluso la localización de centrales de múltiples unidades.

## Conclusiones

El agua utilizada por las centrales nucleares para su refrigeración es la única que se toma del medio ambiente en cantidad importante. El resto del agua utilizada está confinada en circuitos cerrados que no necesitan otras aportaciones que las necesarias por maniobras o por pequeñas fugas, siempre controladas.

El agua de refrigeración se toma del mar o de cursos de agua y se devuelve a su procedencia, ligeramente más caliente, sin haber estado en contacto con materiales ni fluidos radiactivos y sin consumo alguno.

La temperatura del agua que se devuelve al ambiente está limitada por las autoridades de manera que no altere las condiciones de los cursos de agua de donde se tomó. El caudal de agua utilizada es muy inferior al disponible en el curso de agua. En los casos en que no pueda garantizarse esta circunstancia, las centrales disponen de torres de refrigeración que minimizan la necesidad de captar grandes volúmenes de agua a cambio de un pequeño consumo para evaporación.

En España hay grandes posibilidades de localizaciones costeras y no hay limitación en las localizaciones fluviales siempre que se utilicen torres de refrigeración, como es el caso en la gran mayoría de las instalaciones en todos los países. ■

**En las nucleares,  
el agua  
de refrigeración  
se devuelve  
a su procedencia**

## Utilización del uranio en los reactores nucleares

Los reactores nucleares actuales están alimentados con uranio. Al final del decenio 1930-1940 se descubrió la fisión del uranio como resultado de la colisión de un núcleo de este elemento con un neutrón y pronto quedó patente que las fisiones del uranio tenían lugar solamente en el isótopo U-235, único elemento *fisionable* existente en la naturaleza, en una proporción de 0,711%, siendo el resto prácticamente U-238. La energía liberada en la fisión del uranio es enorme. Si un kg de uranio se fisionara totalmente produciría una energía de mil megavatios térmicos por día (1.000 MWd).

En los reactores los elementos combustibles, formados por pastillas de óxido de uranio o por uranio metálico, según los tipos de reactor, tienen una vida útil limitada, por la acumulación de productos de fisión absorbentes de neutrones y por deformaciones en las pastillas de combustible. En cambio, parte de los neutrones producidos por la fisión del U-235 son absorbidos por el U-238, dando lugar al isótopo artificial Pu-239, que es *fisionable*. Parte de este plutonio se fisiona también, contribuyendo a la energía producida. En definitiva, *a través del plutonio se consume parte del U-238 no fisionable*, aumentando así el rendimiento del uranio. El U-238 se llama por ello *material fértil*, pues puede servir para generar material fisionable. Pueden, pues, concebirse reactores que quemen porciones de uranio mayores, e incluso mucho mayores, que el contenido en U-235 del uranio natural.

En los actuales reactores de agua ligera (de uranio enriquecido en U-235 hasta el 3%-4%) se llega a unos 45 MWd (térmicos)/kg de U enriquecido, pero ese enriquecimiento ha necesitado unos 7 kg de U natural, por lo que en realidad, la energía extraída del uranio es de unos 6 MWd por kg de uranio natural, es decir, un 0,6% de los 1.000 teóricos. Se trata, en todo caso, de cifras importantes, incluso con esos porcentajes. Un reactor de 1.000 MW eléctricos (3.000 MWt) necesita solo unas 180 tU natural cada año.

Un parque nuclear razonable para 2030 puede ser de 660 GWe (cifra expuesta por la Agencia de Energía Nuclear (AEN) de la OCDE como "alta") y puede compararse con 525 y 883

expuestos por la Agencia Internacional de la Energía (IAE) para sus escenarios “alternativo” y “necesario para mantener el CO<sub>2</sub> a un nivel de 450 ppm”, respectivamente (hay que destacar que los escenarios expuestos por esta entidad, en su informe WEO 2007, incluyen por primera vez estudios minuciosos de las perspectivas india y china, así como las necesidades de control del CO<sub>2</sub>).

Las reservas actuales de uranio razonablemente aseguradas e inferidas, según la denominación de la AEN, son de unos 5,5 millones de toneladas. El parque actual, incrementado paulatinamente hasta 660 GWe en 2030, habría consumido hasta esa fecha unos 2 millones de toneladas y, desde entonces, incluso suponiendo que no se instalaran más reactores, unas 125.000 toneladas anuales más, que agotarían las reservas restantes en unos 30 años. Con esos rendimientos no parece posible sustentar un programa a más largo plazo, con miles de reactores, hasta que se disponga de la fusión nuclear.

Afortunadamente, la generación de especies fisionables (como el plutonio-239) a expensas de las especies fértiles (como el uranio-238) abre un panorama alentador. Cuando se desarrolle la tecnología necesaria para convertir comercialmente en especies fisionables proporciones sustanciales de las especies fértiles, las reservas de uranio serán prácticamente inagotables. Además, otro elemento pesado, el torio, del cual existen reservas al menos tan abundantes como las del uranio, es también un material fértil si se irradia con neutrones, produciendo uranio-233, que es también fisionable. Con ello se abren dos caminos para utilizar de forma integral las reservas de minerales radiactivos: el ciclo del uranio y el del torio. Aunque solo se aprovechara por esta vía la mitad de las reservas de ambos minerales, estas podrían durar cientos de años (comparando este 50% con el 0,6% resulta un factor de 80 veces el tiempo estimado con los reactores actuales) y, desde luego, garantizar el abastecimiento mundial de electricidad durante el tiempo necesario para el despliegue de los futuros reactores de fusión. ■

*Existen reactores de agua ligera que utilizan los llamados combustibles MOX, que contienen óxidos mezclados de uranio y plutonio —procedente de combustibles reciclados— y que aprovechan el uranio con mayor rendimiento*

## Los reactores del futuro

Todos los reactores comerciales convierten parte de su material fértil (uranio-238) en material fisionable (plutonio) que colabora con el U-235 en la producción de energía. Pueden construirse reactores que produzcan en su material fértil cantidades de material fisionable (como el plutonio) suficientes para sustituir en mayor o menor medida al material fisionable consumido. Estos son los llamados reactores **convertidores**. En la actualidad se han comenzado a utilizar en reactores de agua ligera combustibles llamados MOX que contienen óxidos mezclados de uranio y plutonio (procedente este último de combustibles reprocessados de otros reactores), que aprovechan el uranio con mayor rendimiento.

Puede llegarse más lejos en ciertos reactores, colocando un núcleo central enriquecido en material fisionable y rodeado de una capa exterior de material fértil en donde se vaya produciendo material fisionable, que sustituya después el material fisionable quemado en el núcleo e incluso proporcione un excedente para dotar nuevos reactores. En estos reactores la especie fisionable se *reproduce*, por lo que se llaman **reproductores**. En ellos, una vez establecido su ciclo de funcionamiento, solo se necesitan adiciones de uranio, natural o empobrecido.

La capacidad de los materiales fisionables para la reproducción depende básicamente de cuál de los tres materiales fisionables que existen se trata (U-235, Pu-239 ó U-233, este último generado en el ciclo del torio). Cada especie fisionable podrá reproducir si un núcleo, al absorber un neutrón, se fisiona y produce suficientes neutrones para continuar la cadena, compensar fugas y absorciones parásitas y producir en el material fértil más de un nuevo núcleo fisionable.

Las tres especies fisionables se comportan de distinta manera si el reactor está moderado (reactores térmicos) o si no lo está (reactores rápidos).

El **U-235** no produce por cada absorción de un neutrón suficientes neutrones para reproducir, ni en reactores térmicos ni en reactores rápidos.

El **Pu-239**, generado en el U-238, tampoco es capaz de reproducir en reactores térmicos, pero sí en reactores rápidos. El interés de los técnicos en estos reactores data de hace más de medio siglo y, de hecho, la primera electricidad de origen nuclear se produjo en el pequeño reactor rápido EBR-1, en Idaho (EE.UU.).

El **U-233**, que se forma por las absorciones de neutrones en el torio-232, es capaz de reproducir, tanto en reactores térmicos como en rápidos.

### Reproductores rápidos (ciclo del uranio)

Varios países han tenido, o tienen, programas de desarrollo de reproductores rápidos y se han esforzado en vencer los problemas técnicos habidos con varios prototipos y demostradores que se construyeron. El nivel tecnológico alcanzado ha sido muy estimable y se llegó a construir y operar un reactor de 1.200 MW en Francia, además de varios demostradores en distintos países. La mayor parte de estos programas se detuvieron en los años ochenta porque el pequeño aumento de la demanda, los precios bajos de los combustibles fósiles y la práctica detención de las construcciones nucleares dieron lugar a una menor presión sobre las reservas de uranio y unos precios muy favorables de este material. Además, la preocupación por la proliferación nuclear levantó en varios países importantes obstáculos para la reelaboración, necesaria para separar el plutonio de los combustibles gastados.

Actualmente, en una situación energética totalmente distinta, están en marcha programas internacionales, como el GIF-IV, el INPRO y el GNEP que se proponen desarrollar reactores rápidos comerciales, junto con sistemas de reelaboración sin separación del uranio y el plutonio, favoreciendo con ello la no-proliferación. Los reactores que se consideran son prioritariamente de refrigeración por sodio líquido o por gas a alta temperatura, pero se estudiarán también otros, como los refrigerados por plomo-bismuto.

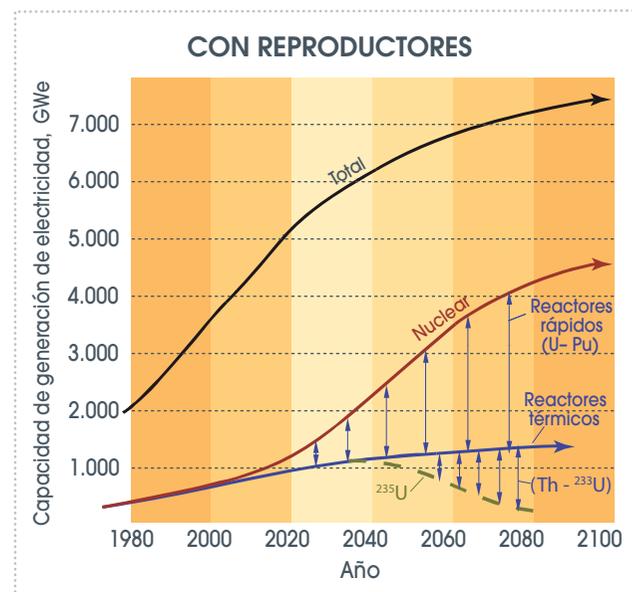
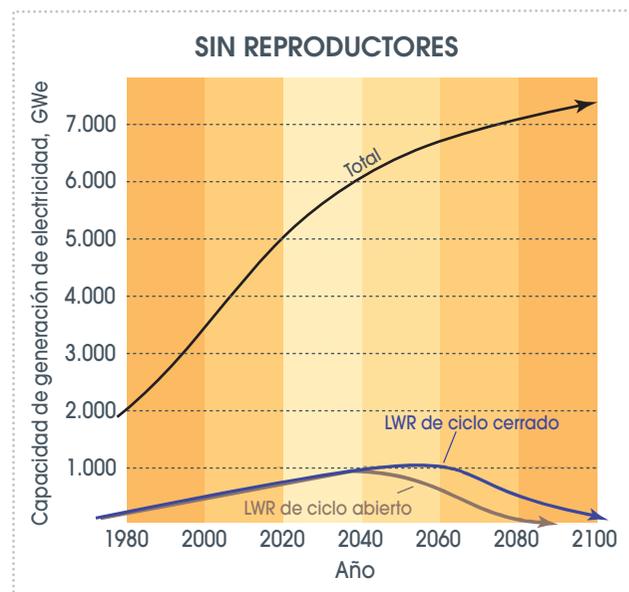
## Reproductores térmicos (ciclo del torio)

Es cierto que estos reproductores deberán iniciar su funcionamiento con U-235 o Pu-239, más el material fértil, torio, hasta que se forme suficiente U-233, pero el ciclo llegará a ser autosuficiente al cabo de pocos años. Los esfuerzos de desarrollo se han centrado, por el momento, en reactores térmicos, y las primeras realizaciones comerciales serán, seguramente, reactores convertidores. No cabe duda que, si bien el avance tecnológico es en este campo inferior al del ciclo del uranio, el torio desempeñará un papel muy importante para el abastecimiento de las centrales nucleares del siglo XXI.

## Aprovechamiento de las reservas de materiales fértiles

A medida que se llegue a cifras razonables de conversión primero, y de reproducción después, los convertidores, de uranio y de torio, y los reproductores podrán ir contribuyendo progresivamente a la estructura del amplio parque nuclear necesario en la segunda mitad del siglo XXI, aprovechando de forma importante las reservas existentes de minerales radiactivos.

En los gráficos al pie puede verse una interesante estimación del ruso E. Adamov sobre la posible evolución de los reactores durante el siglo actual. Para una capacidad de generación eléctrica total a fin del siglo de unos 7.000 GW se representa la contribución nuclear con y sin reactores convertidores y reproductores, incluido el ciclo del torio, teniendo en cuenta unas reservas de uranio incrementadas hasta 10 millones de toneladas, reservas sustanciales de torio y, desde luego, el desarrollo de los reactores futuros. El gráfico de la izquierda (sin reproductores) muestra un crecimiento del parque nuclear hasta un máximo de unos 1.000 GWe, incluso con reciclado térmico, hacia 2060. En el gráfico de la derecha se ve que la introducción de reproductores térmicos (U-233/Th) y rápidos (Pu/U-238) permite llegar a fin de siglo con más de 4.000 GWe, un 60% del total. Esta capacidad confiere a la energía nuclear un papel decisivo en cualquier estrategia energética que exija la sociedad para sus necesidades en el resto del siglo XXI y años siguientes, en los que se dispondrá además de energías inagotables, como las renovables y la de fusión nuclear. ■



Notas: Escenario ilustrativo, sobre la base de posibles reservas de uranio barato de aproximadamente 10 Mt.

## Noticias de actualidad

### La Comisión Europea reafirma el papel de la energía nuclear para mitigar las emisiones contaminantes y reducir la dependencia exterior

La Comisión Europea ha publicado un estudio estratégico sobre energía, el *Strategic Energy Review*, centrado en la seguridad de suministro y en el que se propone estimular la inversión en infraestructuras energéticas más eficientes y con bajo contenido de carbono. Destaca que, si las decisiones de inversión en energía nuclear y fuentes de energía renovables se toman rápidamente, casi dos tercios de la generación de electricidad de la Unión Europea podrían ser de baja emisión de carbono a principios de 2020. La nueva revisión del plan estratégico europeo y el paquete de medidas que le acompañan ayudarán a completar la nueva política energética europea, que tiene en cuenta tres objetivos básicos: competitividad, sostenibilidad y seguridad del suministro. La Comisión Europea también ha actualizado el Programa Indicativo Nuclear (PINIC), que propone la utilización de la tecnología más avanzada en la construcción de futuros reactores. Asimismo, pide garantizar los más altos estándares de seguridad nuclear y la simplificación y la armonización de la concesión de licencias, ya que actualmente los Estados miembros tienen diferentes requisitos y procedimientos. La Comisión Europea reconoce que la energía nuclear desempeña un papel importante en la transición a una economía baja en carbono y reduce la dependencia exterior de la UE. Sin embargo, considera que la elección de incluir la energía nuclear en el *mix* energético corresponde a cada Estado miembro.

### Enel completará la construcción de dos reactores nucleares en Eslovaquia

La filial eslovaca Slovenské Elektrarne, de la compañía eléctrica estatal italiana Enel, ha iniciado las obras para la finalización de la construcción de las unidades 3 y 4 en la central nuclear de Mochovce, en Eslovaquia, después de haber estado parada desde el año 1992 y tras la

aprobación de la Autoridad Regulatoria Nuclear de Eslovaquia (UJD SR) de todas las mejoras de seguridad en los diseños del proyecto. La obra civil se encontraba en un 70% de avance y el montaje de equipos, sistemas y estructuras en un 30%. Se trata de dos reactores de agua a presión VVER de origen soviético de 440 MW de potencia instalada. La inversión asciende a 2.775 millones de euros, y se espera que la puesta en marcha tenga lugar en 2012 y 2013 respectivamente. La producción eléctrica de estas dos nuevas centrales reemplazará la pérdida de la central nuclear de Bohunice con la clausura de la unidad 1, llevada a cabo en el año 2007 como exigencia para la incorporación de Eslovaquia a la Unión Europea en mayo de 2004, y de la unidad 2, que tendrá lugar a finales de este año 2008.

### Contrato de 2.500 millones de dólares para Yucca Mountain

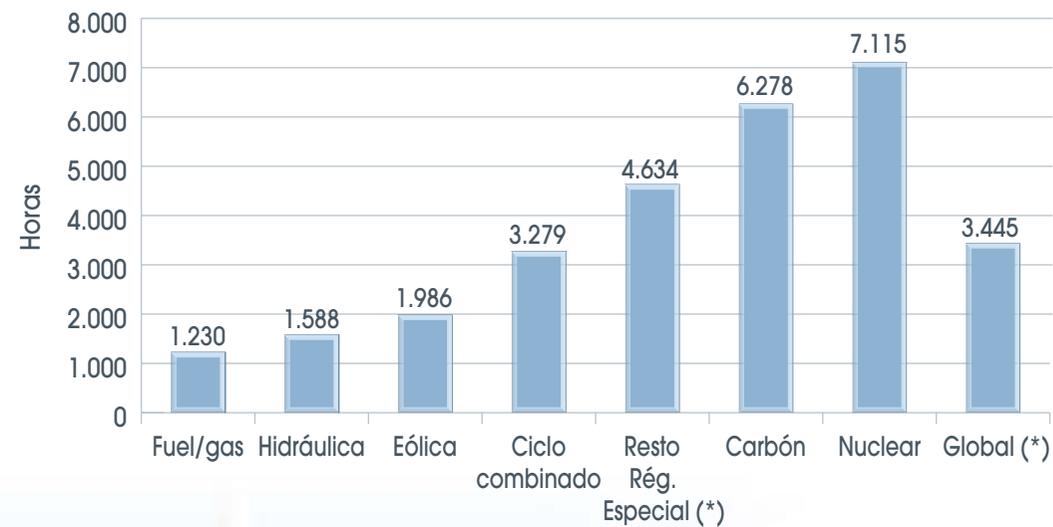
El Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) ha concedido un contrato de 2.500 millones de dólares a la empresa USA Repository Services (USA-RS) para la gestión de los trabajos para el licenciamiento y la finalización del almacén geológico profundo de Yucca Mountain en el estado de Nevada. Los principales objetivos del contrato se centran en proporcionar experiencia de gestión y apoyo para la finalización del diseño del almacén; pedir información adicional al departamento de solicitud de licencias de la Comisión Reguladora Nuclear (NRC); proporcionar apoyo al DOE en las actividades del licenciamiento; operar la instalación de Yucca Mountain y proporcionar experiencia y apoyo integral en la gestión de la construcción. El contrato entrará en vigor completamente a partir del 1 de abril de 2009, con una duración de cinco años prorrogables por cinco años adicionales hasta marzo de 2019. En junio de este año, el DOE presentó a la NRC una solicitud con 8.600 folios para la construcción del almacén. El Congreso de los Estados Unidos ha concedido un plazo de tres años a la NRC para la evaluación de la solicitud y la concesión o no del permiso. El DOE estima que el coste de la construcción y la operación del almacén durante los próximos 150 años será de 96.000 millones de dólares.

## La nuclear es más fiable que el petróleo o el gas

De acuerdo con la reciente publicación *Nuclear Energy Outlook* de la Agencia de Energía Nuclear (NEA) de la OCDE, la seguridad en el suministro energético es mucho más fiable si procede de la energía nuclear que si procede del petróleo o del gas. Además, la alta densidad energética del uranio significa que su transporte es menos vulnerable a interrupciones, y que el almacenamiento de una gran cantidad de reservas es más fácil que con combustibles fósiles. Una tonelada de uranio produce la misma cantidad de energía que entre 10.000 y 16.000 toneladas de petróleo, utilizando las tecnologías actuales. El desarrollo tecnológico futuro incrementará aún más esta proporción. Durante la presentación del informe, el Director General de la NEA, Luis Echávarri, subrayó el papel que la energía nuclear juega en el suministro con costes competitivos y estables, al mismo tiempo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero. Según uno de los escenarios contemplados en el estudio, la tecnología nuclear actual podría proporcionar más de una quinta parte de la producción eléctrica en el año 2050, con el aumento esperado de la demanda en países como China e India, y unos 1.400 reactores del tamaño habitualmente utilizado hoy en día estarían en operación en ese año 2050, generando el cuádruple de la producción eléctrica nuclear actual. Sin embargo, la publicación indica que para conseguir esta expansión, es imprescindible el apoyo social y el consenso político. Además, los gobiernos tienen la importante responsabilidad de mantener una regulación eficaz y continua de la seguridad, de realizar esfuerzos en desarrollar soluciones para el almacenamiento de los residuos y de apoyar y reforzar el régimen internacional de no proliferación. ■

# Estadísticas

Funcionamiento medio de las distintas centrales de producción de electricidad en España en 2007



(\*) Cogeneración, minihidráulica, biomasa, residuos.

(\*\*) Producción total/potencia total instalada.

Fuente: elaboración propia.

[elnucleo@foronuclear.org](mailto:elnucleo@foronuclear.org)

**DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN**  
Piluca Núñez y Luis Palacios

**SOCIOS DE FORO NUCLEAR**

AMPHOS XXI  
AREVA NP ESPAÑA  
CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ  
CENTRAL NUCLEAR ASCÓ  
CENTRAL NUCLEAR COFRENTES  
CENTRAL NUCLEAR JOSÉ CABRERA  
CENTRAL NUCLEAR TRILLO I  
CENTRAL NUCLEAR VANDELLÓS II  
COAPSA CONTROL, S.L.  
DOMINGUIS, S.L.  
EMPRESARIOS AGRUPADOS, A.I.E.  
ENDESA  
ENSA  
ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS, S.A.  
GENERAL ELECTRIC INTERNATIONAL, INC.  
GHESA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, S.A.  
HC ENERGÍA  
IBERDROLA, S.A.  
INITEC  
LAINSA, LOGÍSTICA Y ACONDICIONAMIENTOS INDUSTRIALES, S.A.  
LAINSA, SERVICIO CONTRA INCENDIOS, S.A.  
MINERA DE RÍO ALAGÓN, S.L.  
NUCLENOR, S.A.  
PROINSA  
SIEMSA, S.A.  
TAMOIN POWER SERVICES - TPS  
TECNATOM, S.A.  
TÉCNICAS REUNIDAS S.A.  
UNESA, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA  
UNIÓN FENOSA, S.A.  
WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERVICES, S.A.

**SOCIOS ADHERIDOS**

ANCI, ASOCIACIÓN NACIONAL DE CONSTRUCTORES INDEPENDIENTES  
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD  
AGRUPACIÓN DE MUNICIPIOS EN ÁREAS CON CENTRALES NUCLEARES  
CÁMARA OFICIAL DE COMERCIO INDUSTRIA Y NAVEGACIÓN DE BARCELONA  
CLUB ESPAÑOL DEL MEDIO AMBIENTE  
CONSEJO SUPERIOR DE COLEGIOS DE INGENIEROS DE MINAS DE ESPAÑA  
ETS INGENIEROS DE CAMINOS DE MADRID  
ETS INGENIEROS DE MINAS DE MADRID  
ETS INGENIEROS INDUSTRIALES DE BARCELONA  
ETS INGENIEROS INDUSTRIALES DE BILBAO  
ETS INGENIEROS INDUSTRIALES DE MADRID  
ETS INGENIEROS INDUSTRIALES DE VALENCIA  
ETS INGENIEROS NAVALES DE MADRID  
INSTITUTO DE INGENIERÍA DE ESPAÑA  
SEOPAN  
SERCOBE  
TECNIBERIA, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS DE INGENIERÍA, CONSULTORÍA Y SERVICIOS

**VOLVER  
AL SUMARIO**

## Direcciones “web” recomendadas

Agencia de la Energía Nuclear (AEN)

<http://www.nea.fr/>

Segundo Estudio Estratégico de la Energía de la Comisión Europea

[http://ec.europa.eu/energy/strategies/2008/2008\\_11\\_ser2\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/strategies/2008/2008_11_ser2_en.htm)

Estudio Mundial sobre la Energía (World Energy Outlook)

<http://www.worldenergyoutlook.org/>

Enusa Industrias Avanzadas

<http://www.enusa.es/>

Asociación Nuclear Mundial (WNA)

<http://www.world-nuclear.org/>

Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA)

<http://www.iaea.org/>

Instituto de la Energía Nuclear (NEI)

<http://www.nei.org/>

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (información nuclear)

<http://www.mityc.es/nuclear/>

## Última hora

*La Comisión Europea vuelve a reafirmar el papel  
de la energía nuclear para frenar las emisiones contaminantes  
en su segundo estudio estratégico de la energía*

• • •

*En EE.UU., 50 reactores tienen licencia para funcionar 60 años*