

Energía nuclear

Una opción que vuelve a considerarse

Por Patricia y Susie Linn

A 20 años del accidente de Chernobyl, cuando muchos piensan que la opción nuclear está perimida, se están desarrollando nuevos reactores. Sus características son: seguros, pequeños, económicos y accesibles a los países en desarrollo. Son los reactores del futuro.

El Uruguay está pasando por una crisis energética que obliga a los actores involucrados en el tema a considerar y evaluar todas las opciones de obtención de energía. Entre ellas importa el análisis de la posible energía eólica, el uso de etanol como combustible, el biodiesel y también la energía nuclear.

"Mundialmente", dice la Dra. Diva Puig, abogada especializada en derecho nuclear (1), consultada a título personal por Uruguay Con Ciencia (UCC), "el aumento del costo del petróleo, la previsible futura escasez del mismo y de otros combustibles fósiles, y ante la necesidad de reducir las emisiones de anhídrido carbónico que producen el calentamiento del planeta, son muchos los países que están reconsiderando la opción nuclear. Además ahora el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) está apoyando el desarrollo de reactores pequeños a los que cualquier país puede acceder", continúa informando la Dra. Puig.

Según el doctor en Ciencias Roberto Suárez Antola, también consultado a título personal por UCC, en los países desarrollados -gracias a las presiones de los ecologistas- se hacen estudios de costo - beneficio teniendo en cuenta las externalidades; es decir, todos los impactos sobre el medio ambiente y sobre la salud de la población. En países como Japón, desde el año pasado la unidad de energía eléctrica generada a partir de la energía nuclear resulta más económica que la unidad de energía eléctrica generada a partir de la quema de combustibles fósiles, teniendo en cuenta las externalidades mencionadas.

Uruguay

En Uruguay no existen plantas de energía nuclear. Según informa la Dra. Puig, la energía de origen nuclear está prohibida por ley. "Esto es así también en Italia, por

ejemplo. Posiblemente se deba a que la energía nuclear irrumpió en el mundo con la bomba atómica, lo que le dio publicidad negativa por el desastre apocalíptico que resultó de su lanzamiento. Pero en realidad, si es controlada, la energía nuclear aporta muchos más beneficios que perjuicios."

El artículo 27 de la ley N° 16.832, del 17 de junio de 1997, establece que está prohibido el uso de energía de origen nuclear en el territorio nacional. Además, señala Puig, "ningún agente del mercado mayorista de energía eléctrica puede realizar contratos de abastecimiento de energía eléctrica con generadores nucleares ni con generadores extranjeros, cuyas plantas contaminen el territorio nacional".

La doctora observa que la ley no quedó bien planteada por al menos dos motivos: uno es que no se puede comprar energía eléctrica de una red -de Argentina, por ejemplo- si a ésta se entrega energía de origen nuclear. También nos observa la mención de una planta extranjera que contamine el territorio nacional, ya que, si el objetivo del legislador era evitar las consecuencias de un accidente, no lo logra. Hay centrales muy próximas a la



Torres de enfriamiento de la planta nuclear en Grundremmingen, Alemania. Foto: IAEA.org Image Bank

frontera en virtud de lo cual la radiactividad que podría escaparse nos afectaría aun cuando no tengamos centrales.

Dada la prohibición del uso de energía nuclear para la producción de electricidad, no hay políticas de capacitación de personal en el área. A ello se debe que haya sólo diez o doce ingenieros nucleares uruguayos, la casi totalidad de ellos trabajando en el exterior. "Por supuesto, no estudiaron en Uruguay", dice Suárez Antola, uno de los profesionales especializados quien obtuvo su Postgrado en Ingeniería Nuclear de la Universidad de Buenos Aires, UBA, en 1978. Suárez Antola es Asesor Físico de la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear (DNETN) y Profesor de Ingeniería y Matemáticas Aplicadas en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica Dámaso Antonio Larrañaga (UCU).

Nuevos diseños

A principios de 2005, Suárez Antola fue enviado al Departamento de Energía Nuclear de OIEA, en Viena, con el propósito de actualizarse en el tema. "Allí encontré que han habido cambios sustanciales en los conceptos sobre los que se basan las plantas nucleares que se proyectan actualmente", explica. "Se está desarrollando la idea de plantas intrínsecamente seguras, con sistemas de seguridad pasivos y activos, al contrario de los anteriores, en los que la seguridad depende fundamentalmente de sistemas activos", agrega.

La seguridad activa implica que, dado un problema, se debe poner en funcionamiento, automáticamente o no, un sistema que lo solucione. La pasiva, en cambio, se basa en dejar actuar a las leyes de la naturaleza; es decir, que se desarrollan sistemas que reaccionan espontáneamente frente a un cambio del reactor, estabilizándolo. De esta manera, los sistemas de

seguridad no se pueden apagar, o desconectar, como hicieron en Chernobyl (ver recuadro 2).

"En realidad", dice el Dr. Suárez Antola, opinando a título personal, "las centrales nucleares pueden considerarse seguras. A menudo se afirma que son peligrosas porque pueden explotar como una bomba o dejar salir al exterior productos de fisión radiactivos que se acumulan en su interior. Lo primero es técnicamente imposible y lo segundo es sumamente improbable, porque dichos productos están protegidos, envueltos en vainas del combustible, la vasija del reactor y un edificio de contención de hormigón. Sólo en Chernobyl (en la antigua Unión Soviética) se produjo un accidente nuclear que afectó seriamente a la población externa a la instalación; en ese caso la central no tenía barreras de contención suficientes."

"Hubo otro accidente importante, el de Three Miles Island, en Harrisburg (Estados Unidos), pero hasta ahora no se ha podido demostrar fehacientemente que la población localizada en las zonas adyacentes

Central nuclear

La principal diferencia entre una central nuclear y una convencional radica en el proceso utilizado para obtener el calor que convierte el agua en vapor, que a su vez pone en movimiento las turbinas para generar electricidad. Mientras que en una central convencional se utiliza combustible fósil, en una atómica se genera calor a través de una reacción nuclear: la fisión de átomos inestables.

Fisión

En líneas generales, la fisión consiste en modificar la estructura atómica de un elemento. Se produce cuando el núcleo de un átomo pesado es colisionado por un neutrón, ocasionando la rotura del núcleo y su separación en dos núcleos más pequeños, además de dos o tres neutrones y emanación de energía en forma de calor y luz. Los dos neutrones producidos en la fisión de un átomo reaccionan con otros, que a su vez liberan energía y más neutrones, generándose así una reacción en cadena.

Combustible

El sistema más usado para generar energía nuclear utiliza como combustible el uranio radioactivo (que emite neutrones espontáneamente) enriquecido o concentrado. Otros reactores

emplean uranio natural, o uranio y thorio, o plutonio.

El uranio radioactivo se encuentra en minerales en una proporción de apenas el 0.7% del total de uranio. Por ello, normalmente se concentra o se enriquece. Una vez enriquecido, se encapsula en pequeñas pastillas de dióxido de uranio de unos milímetros (cada una de las cuales contiene la energía equivalente a una tonelada de carbón) y se coloca cubierto en vainas herméticas que impiden la salida de los productos de la fisión, en barras de unos cuatro metros de largo que se reúnen en grupos de unas 50 a 200 varillas. Un reactor nuclear típico puede contener unas 250 de estas agrupaciones de varillas.

Control

Los neutrones producidos en la reacción nuclear se mueven a velocidades muy altas. Para que se dé una reacción en cadena (es decir, en forma continua) se debe bajar la velocidad de estas partículas, utilizándose para ello un moderador. En general se emplean como moderadores el agua natural, el agua pesada o el grafito. Como no todos los neutrones deben llegar a la siguiente barra, se utilizan barras de control de cadmio o boro,

materiales cuya característica es la de absorber neutrones sin fisionarse. Esto permite regular la reacción, bajando o subiendo las barras.

Desechos

Después de unos años de funcionamiento, el combustible se desecha, ya que por las transformaciones sufridas como consecuencia de las reacciones nucleares, ya no es eficiente para la producción de calor. Además de transformarse parte del combustible en otros elementos radiactivos, los elementos de la vaina y la varilla también se transforman. Por lo que los desechos o residuos de las plantas nucleares son muy peligrosos y exigen un tratamiento especial y riguroso.

En el combustible aparecen productos de la fisión, estroncio 90 y cesio 137, tecnecio 99, entre otros, y elementos transuránicos como el plutonio, neptunio, americio y curio. En la vaina y en los materiales estructurales se originan los denominados productos de activación, cobalto 60, níquel 63, generados por reacciones en algunas de las impurezas de los elementos constituyentes de los mismos.

a la central, haya resultado perjudicada en su salud. De todos modos -continúa diciendo Suárez Antola- las centrales nucleares son sistemas muy complejos, como otros que fueron y son desarrollados utilizando la tecnología contemporánea (como los aviones), lo cual de por sí introduce dificultades para prever la totalidad de los incidentes posibles. Esos incidentes no tienen que desembocar necesariamente en accidentes, pero en el caso de las centrales nucleares, éstas se diseñan teniendo en cuenta los peores accidentes posibles, por más que puedan resultar extremadamente improbables”.

Un motivo fundamental que justifica el relanzamiento de la industria nuclear en el mundo, es el cambio conceptual de los nuevos reactores. Casi todos los reactores nucleares en operación en la actualidad, son los denominados de agua ligera de segunda generación, derivados directamente de los diseños de los años 50 y 60. Se hicieron para los submarinos nucleares norteamericanos, que utilizan como combustible nuclear el uranio y como refrigerante agua. Luego se trasladó esa tecnología para su aplicación civil con un gasto de investigación relativamente pequeño. También hay algunos reactores del modelo RBMK (2), construidos en la ex Unión Soviética con el doble fin de generar energía eléctrica y también plutonio de grado militar. De este tipo era el reactor de Chernobyl.

Los nuevos reactores de tercera y cuarta generación, que puedan estar funcionando en el 2010 y 2030 respectivamente, se están desarrollando por iniciativas internacionales que apoyan proyectos de reactores avanzados que cumplan con los requisitos de mejora en la seguridad, mejora de la economía, baja susceptibilidad a la proliferación y minimización de los residuos radiactivos generados. También tienen en cuenta el gran interés que van a tener las altas temperaturas obtenibles, con vistas a la producción de hidrógeno.



Planta nuclear Embalse en Córdoba, Argentina.
Foto:IAEA.org Image Bank

la Universidad Gazi de Turquía y la Universidad Católica del Uruguay, junto con grupos de trabajo de instituciones de investigación en Suiza, Rusia y Japón. Este año el plan de trabajo es hacer los “cálculos neutrónicos” del reactor (5). El profesor Roberto Suárez trabaja en el estudio de la estabilidad de ese concepto de reactor, aplicando un encare físico-matemático que recientemente comenzó a desarrollar en el Uruguay.

“Los motivos para desarrollar ese tipo de reactores ahora son conocidos y aceptados por la comunidad nuclear”, dice Sefidvash (6), “pero hace 30 años provocaba serias discusiones, no se aceptaba el concepto de modularidad, y el de seguridad intrínseca no era aceptado por la industria nuclear”. Una de sus publicaciones fue demorada por un árbitro porque no le gustaba el término “inherentemente seguro”. La industria nuclear estaba preocupada de que si el público se enteraba de la posibilidad de diseñar un reactor nuclear innovador con características tales como simple, intrínsecamente seguro, enfriamiento pasivo, ambientalmente amigable, con resistencia a la proliferación, pequeño y económico al mismo tiempo, los reactores nucleares actuales serían considerados obsoletos, afectando al sector.



Brasil

En el Foro Internacional de la cuarta Generación (GIF), realizado en el año 2003, que reunió proyectos de 10 países, se hizo una selección de seis tipos diferentes de reactores que se cree representan los reactores nucleares del futuro. En el Departamento de Ingeniería Nuclear de la Universidad Federal de Río Grande se investiga con financiamiento de la OIEA el desarrollo de uno de estos reactores de cuarta generación, el FBNR (3) (Fixed Bed Nuclear Reactor) inventado por el Ing. Farhang Sefidvash (4), profesor en dicha Universidad desde 1979.

Se trata de proyectos que se desarrollan con colaboración internacional. En este caso trabajan activamente en la Comisión Nacional de Energía Atómica del Brasil, el Centro Tecnológico del Ejército del Brasil, el Instituto de Ciencia y Tecnología Nuclear de Vietnam,

Los problemas de desarrollar la tecnología nuclear para obtener energía son numerosos. Uno es que emprender un programa de energía nuclear hace pensar en las bombas arrojadas sobre Hiroshima y Nagasaki. Armar una bomba atómica no es difícil, lo complicado es obtener el uranio enriquecido o el plutonio necesarios para construirla. Los reactores nucleares utilizan uranio enriquecido y uno de los residuos es el plutonio, por lo que el país que genera energía nuclear dispone de la tecnología y los materiales para hacer bombas. Esto implica entrar en un juego de relaciones internacionales, de controles, inspecciones y tensiones al que no todos quieren entrar.

Otro problema es el fantasma de Chernobyl (7). Por más que ese accidente ocurrió en condiciones muy

especiales, ya que se desconectaron los sistemas de seguridad para hacer un experimento, por más que los reactores modernos sean más chicos e intrínsecamente seguros, el accidente ocurrió y los daños fueron muchos y graves.

Queda además el tema de los desechos de las plantas nucleares, que son sustancias radiactivas. A pesar de que se habla de que la energía nuclear es una industria limpia, porque no genera gases ni líquidos que se descargan al medio ambiente, no lo es si se consideran los residuos que genera, ya que son muy peligrosos. Además, se producen residuos radiactivos desde que se inicia la explotación de los yacimientos de uranio, durante los procesos de excavación y molienda para extraer y concentrar el uranio, así como también en el enriquecimiento y reprocesamiento que separa al uranio-235 y el plutonio-239.

Desechos radiactivos

Al inicio de la era nuclear se pensó que los residuos

de escasa actividad radiactiva, como herramientas y guantes utilizados en el manejo de los materiales radiactivos y otros desechos, podrían ser enterrados en pozos profundos o cercados en zonas desiertas. Los residuos de gran actividad radiactiva, como las varillas de combustible agotado, que periódicamente se deben sacar del núcleo del reactor y aislarlas por miles de años, podrían ser reprocesadas para extraer el uranio no utilizado y el plutonio, que se usa para la fabricación de bombas atómicas y como combustible en algunos reactores.

Pero por el temor a que se desencadenara la proliferación de armas nucleares, se decidió prohibir el reprocesamiento comercial de los residuos nucleares. Aun si no existiera esta prohibición, no se podría eliminar el problema por completo, ya que las técnicas de reprocesamiento separan sólo el plutonio de los otros productos de fisión nuclear (cesio-137, estroncio-90, yodo-131) que deben ser almacenados por unos 1000 años.

Actualmente se piensa que el mejor sitio para los desechos es bajo tierra, en los océanos o en el espacio.

Centrales nucleares - Situación actual

El mundo

Según el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), existen 442 centrales nucleares, que generan el 17% de la energía eléctrica del planeta.

- **Estados Unidos: 104 plantas**
- **España: 9 plantas**
(que proveen el 27% de la energía eléctrica)
- **Francia: 57 plantas**
(generando el 85% de la energía eléctrica)
- **América Latina: 6 plantas, de las cuales:**

Hay 2 en Argentina
Hay 2 en Brasil
Hay 2 en México

Por otra parte, en el presente hay 27 plantas nucleares en construcción en todo el mundo:

Hay 1 en Finlandia, que sería la más grande del mundo
Hay 1 Argentina
La mayoría de las restantes se están construyendo en Asia y Europa del Este.

Argentina

Cuenta con dos plantas nucleares que en el año 2005 generaron el 6.9% de la energía eléctrica del país:

Atucha I en Lima (Provincia de Buenos Aires), que se encuentra en funcionamiento desde 1974.

Embalse de Río Tercero (Provincia de Córdoba), en funcionamiento desde 1983.

Además, está Atucha II (Lima, Provincia de Buenos Aires), que se encuentra en construcción.

El uranio utilizado en estas plantas se extrae en Salta, San Luis, Córdoba, La Rioja, Chubut y Mendoza, y se procesa para las plantas de energía en Ezeiza (Buenos Aires).

Brasil

Dispone de dos plantas nucleares para la generación de electricidad.

Angra I (a 160 km. al oeste de Río de Janeiro), fue construida en 1982.

Angra II (en la misma ubicación que Angra I), comenzó a funcionar en el año 2000.

Según cifras del 2005, estas

dos plantas aportan el 2,4% de la energía eléctrica del país.

Angra III: El Consejo Nacional de Política Energética (CNPE) decidió, en una reunión celebrada a comienzos del corriente mes de julio, autorizar a la compañía nuclear operadora Eletronuclear a tomar nuevas acciones específicas, que podrían allanar el camino hacia un posible reinicio del proyecto de construcción de Angra III el año que viene.

Brasil cuenta con una planta de enriquecimiento de uranio en Resende (estado de Río de Janeiro) desde el año 2003. Es uno de los pocos países del mundo con capacidad de enriquecer uranio.

México

Cuenta con dos plantas nucleares para la producción de electricidad:

Laguna Verde I (ubicada en Veracruz), fue inaugurada en 1989.

Laguna Verde II (ubicada en la misma zona), comenzó a funcionar en 1994.

Según cifras del 2005, estas dos plantas producen el 5% de la energía eléctrica que se genera en México.



El accidente de Chernobyl

Un experimento en el cuarto reactor de la central de Chernobyl, en Ucrania, que pretendía simular un corte en el suministro eléctrico, provocó el mayor accidente nuclear de la historia. Eventualmente, se supo que ese día se había realizado un experimento relacionado con la seguridad del reactor.

Consistía en averiguar si al apagar el reactor N°4, se podría mantener en funcionamiento las bombas de agua de los sistemas de emergencia con la inercia de la turbina del reactor, ya que les preocupaba que a los motores diesel les llevara cierto tiempo ponerse en marcha.

Se decidió bajar la potencia en dos etapas, para no dejar de cumplir con la demanda energética de la red. La primera etapa funcionó bien, pero al reanudar el proceso de bajar la potencia, quizás por impaciencia u otras razones ajenas a una operación normal, se hizo en mucho menos tiempo del estipulado.

A raíz de este descenso acelerado, se acumuló una mayor cantidad que la usual de un producto de la fisión: el gas xenón¹³⁵. Este elemento es un gran absorbente de neutrones, por lo que, previendo que su aumento haría que hubiera menos neutrones

(y por ende menos reacciones de fisión, lo que cerraría el reactor), se retiraron más barras de control de lo aceptado para un mínimo de seguridad, dejando en funcionamiento sólo ocho de las 170 que tenía el reactor. En un funcionamiento normal, tan pocas barras de control harían funcionar los sistemas de control que detendrían el reactor en forma automática. Fue por ello que, para evitar que se detuviese, desactivaron los sistemas de protección.

El descenso en la potencia llevó también a que las bombas de líquido refrigerante bajaran su rendimiento y, por lo tanto, que aumentara la temperatura en el reactor. Tan pronto se dieron cuenta de esto, trataron de volver a colocar las barras de control, pero éstas se habían deformado a consecuencia de la temperatura, con lo que sólo lograron introducir las en un tercio de su longitud. Por si fuera poco, se les olvidó que las barras de control aumentan la reacción en cadena en el momento en que son introducidas, para luego hacerla caer en picado. Es decir, que debían haber contado con un aumento en la reacción, pero no fue así, y el reactor ya estaba trabajando muy cerca del límite.

El súbito incremento en

la temperatura, producido por el aumento de la reacción en cadena, provocó la destrucción de las barras de combustible, una enorme generación de vapor, y al reaccionar el agua de refrigeración con el zirconio (metal de las barras de combustible), se liberaron grandes cantidades de hidrógeno. La presión de los gases rompió las estructuras y segundos después ocurrió una segunda explosión. El gas hidrógeno reaccionó con el oxígeno del aire y, entre otras cosas, hizo que el techo del reactor, de aproximadamente 100 toneladas, volase llevándose con él los protectores biológicos y los tubos refrigerantes. Esta explosión química (no fue una explosión nuclear) dispersó una cantidad de radiactividad equivalente a la de varias bombas atómicas.

Una vez expuesto el reactor al aire, las barras de grafito ardieron. Para apagar este incendio, se comenzó por bombear refrigerante al reactor. Luego de 10 horas, utilizando helicópteros derramaron grandes cantidades de arena, plomo y boro (absorbente de neutrones) sobre el reactor, pero tampoco así se consiguió dominar el fuego. Por último, se derramó nitrógeno líquido para enfriar el reactor, logrando finalmente apagarlo.

Pero no se conoce realmente las consecuencias de las reacciones de esa mezcla de elementos radiactivos en los alrededores de los sitios de almacenamiento. Los modelos matemáticos con que se cuenta son insuficientes para explicar el comportamiento de los residuos radiactivos a largo plazo y cuantificar los daños que pueden causar en su entorno. Hay una gran actividad de investigación con el objetivo de aumentar la capacidad de hacer predicciones confiables. También la hay en procedimientos para irradiar los residuos de forma de transformarlos en elementos no radiactivos. Pero el tema no está resuelto aún. ☹

(1) La Dra. Diva Puig es además experta y consultora externa del Organismo Internacional de Energía Atómica, y acaba de regresar de un foro mundial sobre el tema, que se llevó a cabo en Canadá.

(2) RBMK: Reactor Bolshoy Moshchnosty Kanalny

(Reactor de Canales de Alta Potencia)

(3) Información sobre el reactor y sobre el proyecto se puede encontrar en <http://www.rcgg.ufrgs.br/fbnr.htm>

(4) Farhang Sefidvash es profesor de Energía Nuclear en la Universidad Federal de Río Grande, Ph. D. del Imperial College of University of London, inventor de un nuevo concepto de reactor nuclear y autor de más de 95 publicaciones científicas.

(5) Información tomada de una entrevista realizada a Farhang Sefidvash para el Jornal da Universidade. Se puede encontrar en: <http://www.rcgg.ufrgs.br/JU.pdf>

(6) Tomado de "A Scientific Dream in Action - Farhang Sefidvash".

<http://www.rcgg.ufrgs.br/ICTP> - Farhang Sefidvash. pdf

(7) Central nuclear de Ucrania que estalló en 1986, expandiendo la radiactividad en un radio de más de 30 kilómetros