



Planta nuclear Cattenom, Francia.

Energía Nuclear ¿Un Futuro en Chile?

Marcada fuertemente por el lanzamiento de la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki y el accidente en Chernobyl, la energía nuclear se ha convertido en la fuente de electricidad más controversial. El debate sobre su uso genera de inmediato reacciones polarizadas en la ciudadanía, vinculadas principalmente a temas de seguridad.

Sin embargo, el aumento en la demanda por energía asociada al crecimiento económico, la actual preocupación por el calentamiento global y la urgencia por desarrollar e instalar tecnologías que generen electricidad sin emitir CO₂, han permitido el surgimiento de voces que incentivan la Generación Núcleo Eléctrica (GNE), por ser una alternativa a la generación eléctrica en base a los combustibles fósiles, contar con mayores estándares de seguridad y ser económicamente competitiva.

En Chile la discusión no es diferente. Estudios de diversos organismos no descartan el uso de la energía nuclear en el país, incluso en el corto plazo, el 2020.

UNA MIRADA AL MUNDO

Actualmente la energía nuclear es la fuente de un 16% de la electricidad mundial y según la International Energy Agency (IEA) podría llegar hasta un 22% en el 2050. "Es casi seguro que en el corto plazo van a haber más centrales nucleares, hay países a los que no les queda otra opción, pero creo que Chile debería buscar otro camino", señala el académico del Departamento de Ingeniería Mecánica de la FCFM y experto en energía solar, Roberto Román.

Este ascenso es ratificado por la Comisión Nacional de Energía (CNE), al indicar que hoy se construyen 40 nuevas plantas nucleares en el mundo, mientras que sólo cinco están siendo cerradas por haber cumplido su ciclo de vida útil.

Según datos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) de Naciones Unidas, a diciembre de 2008 existían 439 centrales instaladas en 30 países, con una potencia asociada



Hugo Arellano, académico del Depto. de Física.

Chile debe mantener abiertas todas las opciones energéticas, por lo que la energía nuclear no es una opción a descartar y podría cooperar a la seguridad del suministro eléctrico; es una opción confiable, por los niveles de seguridad que ha alcanzado; y es potencialmente competitiva, especialmente ante los actuales precios de los combustibles fósiles.

cercana a 370 GW (gigawatts). Entre los países que la utilizan se encuentran: Francia 78%, Eslovaquia 57%, Bélgica 56%, Japón 25% y EE.UU. 20%. Le siguen Suiza, Ucrania, Eslovenia y Corea. En Latinoamérica, Argentina con un 9% (centrales de Atucha I y II, y Embalse), Brasil con un 4% (Angra 1 y 2) y México con un 5% (central Laguna Verde). "En ninguno de estos países de América Latina han existido eventos cuestionables que inquieten a la población, en Chile no debiera ser distinto", indica el académico del Departamento de Física de la Facultad y físico nuclear, Hugo Arellano.

EL ESCENARIO EN CHILE

Integrar la Generación Núcleo Eléctrica a la matriz energética implica evaluar si se está en condiciones de llevar a cabo las acciones para tomar una decisión fundada sobre la conveniencia de incluir la opción nuclear. Hasta ahora Chile se ha basado en las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), que estima que desde el comienzo de los estudios hasta la operación efectiva de una planta nuclear, se debe contemplar entre 12 y 15 años.



Académicos Roberto Román (izq.) y Francisco Brieva (der.).

"La inquietud nacional por los efectos de los eventuales cambios climáticos es real y estimo que habrá convergencia en la necesidad de acciones y ajustes a nuestros modelos socio-económicos, procesos productivos y sus tecnologías, y la incorporación de la eficiencia energética a nuestras formas de vida"(F. Brieva).

En esta línea el 2007 el gobierno conformó un grupo de trabajo que estableció tres conclusiones centrales: Chile debe mantener abiertas todas las opciones energéticas, por lo que la energía

nuclear no es una opción a descartar y podría cooperar a la seguridad del suministro eléctrico; es una opción confiable, por los niveles de seguridad que ha alcanzado, y es potencialmente competitiva, especialmente ante los actuales precios de los combustibles fósiles.

La Comisión Nacional de Energía acogió estas sugerencias y está desarrollando los estudios para establecer la pertinencia de la utilización de la energía nuclear en la generación eléctrica chilena (ver recuadro). De acuerdo con esta entidad, el país dispone actualmente de una matriz energética de 13,5 GW y de aquí al 2030 el consumo podría triplicarse.

Teniendo como base este incremento en la demanda energética, el Colegio de Ingenieros de Chile publicó el "Programa de desarrollo de Centrales Nucleares en Chile, 2009-2030", de Fernando Sierpe, Álvaro Covarrubias y Luis Jobet. El estudio plantea que en 2030 el país podría contar con cuatro reactores nucleares de 1.100 MW c/u, el primero estaría operativo en

2020. En este escenario, el 26% de la energía total generada sería de origen nuclear.

Para el Decano de la FCFM y físico nuclear, Francisco Brieva, la opción nuclear debe ser vista a largo plazo. "En la eventualidad de aceptar este tipo de energía, no debiéramos pensar en tener una central en 2020, porque es un plazo muy corto y hasta este momento la demanda por energía está bajo control. Sin embargo, me resulta difícil creer que se pueda llegar a fines de siglo sin haber enfrentado el desafío de una fuente de energía generosa como la que ofrece la opción nuclear", señala.

Convencido de que debe ser analizada en el país, pero no bajo las actuales condiciones tecnológicas (ver recuadro), el Prof. Roberto Román sostiene que "no tiene ningún sentido pensar que de aquí al 2040 la energía nuclear es una opción real para Chile, con la tecnología existente actualmente lo veo como un profundo error". Para el investigador las razones de estos inconvenientes están relacionadas principalmente

con los altos costos asociados a las centrales, con la dependencia del combustible nuclear, ya que el uranio sería importado sólo desde Canadá, Francia y Estados Unidos, y con el manejo local de los desechos radioactivos. Al respecto indica que "ya que habrán más centrales nucleares, la presión sobre el combustible va a ser mayor y se tendrá menor certeza del suministro. Por lo que no tiene sentido embarcarse en una tecnología que está obsoleta, gastando miles de millones de dólares".

Contrario a esta postura, el Prof. Hugo Arellano asegura que en lo inmediato un reactor nuclear convencional es una opción válida para el país. "La energía nuclear debe ser considerada seriamente, aunque no la veo como una solución permanente, por lo que Chile no se va a llenar de reactores nucleares, creo que será uno, cuyo valor es comparable con el de otras soluciones", asegura.

Un factor crucial a mejorar en la tecnología nuclear convencional o de fisión -rompimiento de núcleos pesados- que utiliza como combustible el uranio, es el nivel de eficiencia. Actualmente fluctúa entre un 30% y un 32%. "La eficiencia de las centrales nucleares no difiere demasiado con respecto al de otras soluciones energéticas, en el mejor de los casos es de un 40%", señala el Prof. Arellano.

Junto con buscar mejores alternativas, la política energética del país debe tener como pilar fundamental el uso eficiente de la energía. Según la CNE con un programa efectivo en esta área podría ahorrarse hasta un 20% de las necesidades previstas.

La sociología

El conciliar los intereses de la sociedad siempre es un desafío, ya que se requieren los consensos necesarios para articular propuestas que tengan validez y funcionalidad en el largo plazo. La decisión de optar o rechazar la energía nuclear no es distinta. "Hoy día la sociología de las soluciones es muy importante. Además de analizar la calidad técnica, se debe considerar cómo es recibida por los ciudadanos, cómo perciben los beneficios, cómo les altera la vida", señala el Prof. Francisco Brieva. "Con esta idea, agrega, se debería educar a la ciudadanía sobre qué significa tener estas opciones - sus beneficios y debilidades -, más que volver la discusión en un dogma".

Justamente las reacciones sociales que provoca el uso de la energía nuclear impide, en ocasio-

nes, la profundización del debate. "La energía atómica hizo su aparición en la humanidad con Hiroshima y Nagasaki y quedó en la retina. Esto nos lleva a actuar con terror ante la opción nuclear, con una ignorancia abismante sobre el tema", asegura el Prof. Arellano. "Sin embargo, agrega, desde el surgimiento de la energía nuclear son millones las personas que se han salvado de morir, debido al desarrollo de aplicaciones específicas en diversos campos de la medicina".

Ubicación: una decisión clave

Uno de los aspectos más controversiales a la hora de analizar la factibilidad de instalar centrales nucleares en el país, es su ubicación. ¿Los requisitos?, localizar sitios emplazados en zonas de baja densidad poblacional, cercanos a los centros de mayor demanda eléctrica, con abundantes recursos hídricos para refrigeración, zonas de menor sismicidad y alejadas de volcanes, fuera de áreas protegidas, entre otros criterios.

Considerando estos factores el "Programa de desarrollo de Centrales Nucleares en Chile, 2009-2030" del Colegio de Ingenieros, propone tres alternativas que corresponden a franjas costeras de 200 km de longitud, la primera ubicada al

norte de Antofagasta, la segunda al norte de Papudo y la tercera al sur de San Antonio.

Para el Prof. Brieva, éste es el tema donde se juega la factibilidad del programa nuclear. "Todos ellos satisfacen los criterios planteados. Pero, ¿se conoce la sensibilidad de las respectivas comunidades sobre el tema: sus ventajas, sus beneficios y sus eventuales riesgos? Una discusión mal planteada a nivel nacional, con rechazo popular a la selección de un sitio particular, generaría una amenaza importante a la opción de desarrollo de un programa nuclear", asegura.

Los costos

Los valores asociados a la energía nuclear dependen de varios factores. Entre ellos, la construcción de la central, su tamaño, tecnología y ubicación, los años de vida útil que fluctúan entre los 40 y 60, costos del sistema de control y seguridad, disposición de los desechos, precio y disponibilidad del uranio, seguros comprometidos, capacitación de RR.HH., entre otros.

De acuerdo con las estimaciones del Colegio de Ingenieros, sólo la construcción de las cuatro centrales nucleares en el país antes de 2030,

Estudios de Factibilidad

La Comisión Nacional de Energía (CNE) ha encargado diversos estudios para compilar información que establezca la factibilidad de contar con energía nuclear en el país. Entre los análisis requeridos están los que buscan determinar los riesgos naturales que hay en Chile para la opción núcleo-eléctrica, en especial, en lo referente a la sismicidad del país y a la definición de eventuales locaciones para la instalación de centrales nucleares.

En septiembre pasado, la FCFM se adjudicó ante la CNE el proyecto "Caracterización de riesgos naturales para el desarrollo de un programa núcleo-eléctrico en Chile". El estudio, que se inició el 22 de septiembre y concluirá en enero de 2010, pretende dar una opinión experta respecto de los parámetros y requerimientos generales en la perspectiva de riesgos naturales para la instalación de centrales nucleares, con-

siderando experiencias internacionales y normas globales en la temática.

En él participan los académicos de los departamentos de Geología, Brian Townley, Sofía Rebolledo, Gabriel Vargas, Alfredo Lahsen y Sergio Sepúlveda; de Geofísica, Armando Cisternas, Sergio Barrientos y Jaime Campos; de Ingeniería Civil, Rodolfo Saragoni, James McPhee y Mauricio Sarrazín; y la académica del Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, María Victoria Soto.

"En el estudio esperamos evaluar los tiempos necesarios para la búsqueda y selección de áreas específicas de posibles emplazamientos de centrales, entregar nuestra opinión acerca de las condiciones de riesgos naturales existentes en Chile y señalar, si existen, regiones en nuestro país que cumplan los requerimientos básicos para evaluar, en términos de riesgos naturales, la seguridad del proyecto", señala el Prof. Sergio Sepúlveda del Departamento de Geología e investigador del proyecto.

Fusión Nuclear: ¿La Energía del Futuro?

Los reactores nucleares que están operativos actualmente funcionan mediante el proceso de fisión nuclear, es decir, por el rompimiento de núcleos pesados. Sin embargo, se espera que hacia fines de siglo se concrete la fusión nuclear. Este desafío científico y tecnológico trata de emular los procesos de generación de energía ocurridos en el sol, a través de la unión de núcleos livianos, por ejemplo, de Hidrógeno.

"La fusión nuclear es un camino mucho más lógico que la fisión porque al trabajar con núcleos de Hidrógeno, generan productos secundarios mucho más manejables", señala el Prof. Roberto Román. Además, agrega el Prof. Francisco Brieva, "es una fuente de energía muy atractiva, por su enorme disponibilidad. Superados los desafíos de la ciencia y concretados los desarrollos tecnológicos para controlarla, será la energía del próximo siglo".

En el mundo se están llevando a cabo tres grandes experimentos basados en este proceso. El proyecto (ITER) International Thermonuclear Experimental Reactor, en el que participan la Unión Europea, Canadá, Japón, Rusia y EE.UU.; el Tokamak y el (NIF) National Ignition Facility, en Estados Unidos.



requerirían de una inversión cercana a los US\$ 11.000 millones.

En cuanto a los precios estimados de la energía eléctrica de origen nuclear estaría en el rango de los 70-80 US\$/MWh, valor que se compara favorablemente a lo observado en el Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), durante 2008 cuando alcanzaron un máximo de 120 y 170 US\$/MWh, respectivamente.

Medio ambiente

La preocupación por el cuidado del medio ambiente y las evidencias de los efectos de la producción y consumo de energía sobre los cambios ambientales globales, están llevando a la necesidad de realizar ajustes urgentes que mitiguen las emisiones de gases de efecto invernadero.

En este contexto, si bien la energía nuclear no emite CO₂ a la atmósfera, se deben considerar las emisiones durante el ciclo completo de existencia de una planta nuclear, que parte con la extracción y enriquecimiento del uranio.

Según la International Energy Agency (IEA) la energía nuclear mundial podría llegar hasta un 22% en el 2050. De cumplirse esta proyección, las emisiones de CO₂ se reducirían entre un 6% y un 10%.

De acuerdo con lo planteado por Sierpe, Covarrubias y Jobet para 2030 Chile contaría con una matriz eléctrica en que el 39% provendría de la suma de fuentes renovables no convencionales y de energía nuclear, las que junto al 43% propuesto para generación hidráulica, llevaría a que un 82% de la energía usada en Chile no generaría gases que degraden el medio ambiente.

"La inquietud nacional por los efectos de los eventuales cambios climáticos es real y estimo que habrá convergencia en la necesidad de acciones y ajustes a nuestros modelos socio-económicos, procesos productivos y sus tecnologías, y la incorporación de la eficiencia energética a nuestras formas de vida. Otra discusión, más compleja, será la aceptación como legítima de toda fuente de generación de energía con la sola restricción de ser ambientalmente amigable", señala el Prof. Francisco Brieva.

Seguridad e incidentes

Entre los argumentos que con mayor frecuencia surgen en contra del uso de la energía nuclear,

el de seguridad tiene un lugar preponderante. Precisamente para su resguardo desde 1984 Chile cuenta con una Ley de Seguridad Nuclear, N° 18.302, que permite el uso regulado de la energía de este tipo, contempla un proceso de autorizaciones para el emplazamiento, construcción, puesta en servicio, operación, cierre y desmantelamiento de las instalaciones nucleares. Sin embargo, los actuales estudios desarrollados por la CNE indican que de adoptar la opción nuclear se debe perfeccionar este marco regulatorio.

Especial preocupación generan los desechos radiactivos, tanto por su manipulación como por su almacenamiento. Aspectos que no debieran ser un impedimento, señala el Prof. Arellano, debido a la tecnología existente y a los altos estándares de seguridad. "Un reactor nuclear de 1 GW genera anualmente desechos con un volumen del orden de 10 m³, y en Chile no debiera ser mayor a eso", indica.

El último incidente nuclear ocurrió en Japón en el 2007. Un terremoto de magnitud 6.8 en la escala Richter generó un incendio parcial en la central nuclear Kashiwazaki, liberando escapes radioactivos al mar. Sin embargo, aún se recuerda el mayor accidente nuclear conocido hasta hoy, en Chernobyl en 1986.

Sismicidad

En países sísmicos como Chile, se debe tener especial cuidado en la elección de las zonas de emplazamiento de las centrales nucleares. Para evitar accidentes, es necesaria la realización de un trabajo conjunto de pre-construcción en el que participen sismólogos, geólogos, geotécnicos e ingenieros.

"Es un desafío propio de la ingeniería, pero superable. Además existe un conocimiento local que puede respaldar y dar seguridad de que ése no es un problema crucial", señala el Prof. Francisco Brieva.

Para el Director Científico del Servicio Sismológico de la FCFM, Sergio Barrientos, al momento de evaluar la elección de sitios para instalaciones nucleares se tienen en consideración los estándares internacionales de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). Éstos se basan en dos documentos que son actualizados constantemente: "Site Evaluation for Nuclear Installations" y "Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants".



Central nuclear de Angra, Brasil.

Por ejemplo, en cuanto a terremotos "se deben evaluar las condiciones geológicas, sismológicas, así como las de ingeniería geológica y de geotecnia en la región de interés, recolectar información sobre sismicidad pre-histórica, histórica y la registrada instrumentalmente, el peligro asociado a terremotos debe ser determinado mediante evaluaciones sismo-tectónicas usando la información recolectada, entre otros factores", indica el Prof. Barrientos.

Además se deben considerar los factores relacionados con las fallas superficiales y los tsunamis. Con respecto a la identificación de zonas no apropiadas en el país para la instalación de centrales nucleares, el Director Científico del Servicio Sismológico, señala que "desde el punto de vista sismológico nos estamos abocando a la tarea de recolección de antecedentes. Es necesario realizar muchos estudios, tanto a escala regional y local como también a diferentes escalas de tiempo, que permitan entregar suficiente información para la identificación de estos lugares".

Recursos humanos

La adopción de la Generación Núcleo Eléctrica (GNE) trae consigo externalidades tecnológicas de importancia, debido al alto grado de sofisticación científica y tecnológica que exige un programa nuclear.

Desafíos que implican preparar los recursos humanos necesarios para llevarlo a cabo, sin embargo, el extenso período que abarcan los estudios y la puesta en marcha de las centrales, permite formar a estos especialistas al nivel de países como Francia y Estados Unidos, donde existe una larga tradición en este tipo de formación profesional. En Chile, el panorama es distinto, ya que según el Prof. Hugo Arellano sería irresponsable formar ingenieros nucleares, si Chile no puede ofrecer actualmente el campo laboral para su desempeño. Sin embargo, asegura que es importante entregar las herramientas necesarias para que los profesionales formados en nuestro país conozcan objetivamente la opción nuclear. "Esta idea nos llevó a plantear a la Facultad la creación de un programa de especialización (*minor*) en energía nuclear, el que comenzará a dictarse el próximo año. El objetivo es desmitificar el tema", señala el investigador.

Las decisiones en torno a la opción nuclear para el país deben contemplar los análisis en sus diferentes escenarios. Las variables son muchas, las voces a favor y en contra también. Cualquier decisión respecto de la opción nuclear implicará costos de algún tipo, lo importante es que los estudios consideren los impactos económicos, ambientales, sociales y geopolíticos que la fundamenten. Para el Prof. Roberto Román, más que analizar la opción nuclear se deben aprovechar los recursos del país. "Dado que



Accidente nuclear en Chernobyl, 1986

nosotros tenemos recursos muchísimo más abundantes en energías renovables, lo lógico es aprovechar esta riqueza. Debiéramos centrar nuestros esfuerzos hacia ello, son fuentes seguras, confiables y sustentables", señala el académico.

Sin embargo, para el físico nuclear Hugo Arellano, "la adopción de la energía nuclear nos permite culturalmente ser partícipes de esta tecnología, quedarse fuera sería grave", asegura. En esta misma línea, el Prof. Brieva sostiene que "para satisfacer la demanda energética, necesariamente tendrá que utilizarse una combinación de soluciones. El hacerlo bien tiene que ver con la capacidad de abandonar dogmas, pues es difícil pensar que la energía nuclear no va a ser uno de esos elementos", concluye. 

Texto: Ana María Sáez C.