

## **SOCIEDAD CIENTÍFICA ARGENTINA (SCA)**

### **INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y AMBIENTE (IERA)**

#### **INFORME SOBRE ENERGÍA NUCLEAR – Enero 2022**

**Autores: Ing Juan Vernieri – Ing. Cristian Alonso Sisini – Ing. Raúl Ponzielli**

**Colaboraciones: Abog. Laura Haag**

**Coordinación: Ab/Esp Raúl E. Vaccaro**

### **INTRODUCCIÓN**

En el 2006 el Gobierno Nacional en el marco de nuevas propuestas para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero y generación de energía, además de sancionar las leyes de promoción de biocombustibles Nro. 26093 y de Energías Renovables Nro. 26190, decidió reactivar el Plan Nuclear Argentino que se hallaba paralizado desde antes de la crisis que agobió al país al inicio del siglo. Fue entonces que se iniciaron conversaciones con el Gobierno de la Rep. Popular de la China.

En 2009 se sancionó la ley 26566 que relanzó un nuevo Plan Nuclear Argentino a fin de extender la vida útil de las centrales Embalse y Atucha I, finalizar la construcción y puesta en marcha de Atucha II, promover la fabricación del reactor CAREM, con tecnología nacional y prever la construcción de nuevas centrales.

En el 2013 se suscribió con China un “Memorándum de Entendimiento”, en el 2014 se suscribió el “Convenio Marco de Cooperación”, y en el 2015 se firmó un Acuerdo para la construcción de un Reactor Nuclear de Agua Presurizada.

En la Cumbre del G20 en Turquía, (2015) ministros argentinos celebraron convenios con China para la construcción de la cuarta y la quinta central nuclear en Argentina. Y finalmente en el 2016 se suscribió el “Memorándum de Entendimiento” según el cual el Gobierno Argentino se comprometió a iniciar la construcción del Reactor de Agua Pesada no más allá del año 2019.

En el 2017 se adquirió un terreno de 110 has, situado junto a los reactores Atucha I y II, en la localidad de Lima (P.B.A.) para la radicación del nuevo reactor y se aprobó el “Plan Quinquenal Integrado China-Argentina” en el que ambas partes se comprometieron a firmar los contratos comerciales antes del 30 de setiembre de 2017 y a comenzar la construcción de la cuarta Central Nuclear en el 2017 y la quinta Central Nuclear en el 2019. Entonces se preveía una inversión total de 14.000 MMU\$ (para ambas Centrales), de la que China financiaría el 85 %.

A la fecha aún no se suscribieron los citados contratos comerciales.

### **1. Tendencia mundial**

*Estamos asistiendo a una monumental transformación del sector energético mundial, producto de la conjunción de condicionamientos económicos y climáticos, con un progreso sin precedentes de nuevas tecnologías y políticas proactivas específicas para el sector.*<sup>1</sup>

En este marco es innegable que la participación de la energía nuclear en la generación de electricidad mundial se encuentra en declive constante en los últimos años. Pasó de un máximo del 17,5 % en 1996 al 10,1% en 2020 y en la actualidad es irrelevante la construcción de nuevas Centrales Nucleares de generación eléctrica.

En 2019 por primera vez en la historia, las renovables no-hídricas generaron más electricidad que las fuentes nucleares, y a juzgar por la derivada de las curvas, esta situación es irreversible. Paralelamente, el número de reactores operativos en todo el mundo disminuyó en 9 unidades en el último año, con un total de 30 unidades menos que en el pico histórico desde el 2002 (408/438).

Varios países desde hace tiempo renegaron de la energía nuclear, tales como Portugal, Austria, Dinamarca, Nueva Zelanda, Noruega, Luxemburgo e Italia y después del accidente de Fukushima (Japón), que culminó la serie de grandes accidentes nucleares, prácticamente todos los países reconsideraron sus políticas al respecto.

España, Bélgica, Suecia, Suiza, Australia, Filipinas, Países Bajos, Finlandia y República de Corea han resuelto en general abandonarla y no iniciar la construcción de nuevos reactores.

China e India, los dos países que más expanden sus sectores nucleares, lo hacen a un ritmo mucho menor que las renovables. En 2019 tenían aproximadamente 10 veces más potencia instalada en renovables que en nuclear (Argentina tiene 2,3 veces más). Y a pesar de ser los países que más reactores construyen, la realidad sugiere que la transformación se está dando con otras tecnologías. Ya en 2019 las renovables produjeron el doble (China) y más del doble (India) de energía que las fuentes nucleares.

En **Alemania** las imágenes de Fukushima, sumadas a las de sus depósitos de residuos nucleares inundados en una mina de sal y a la falta de destino final para sus combustibles gastados, movieron al gobierno de la Canciller Angela Merkel a decidir la finalización del programa de energía nuclear. Como consecuencia de esta decisión, que en un principio no contó con el respaldo ni de su propio partido y conmocionó a la industria energética, se encuentra en proceso el cierre progresivo de todas sus centrales nucleares. Hasta el momento se han cerrado 8, de las cuales 3 ya han sido completamente desmanteladas y 23 se encuentran en proceso de desmantelamiento.

En los Estados Unidos, país líder en producción de energía nuclear, el accidente nuclear ocurrido en 1979 en The Tree Mile Island, hizo que en los 30 años siguientes no se conectase ninguna nueva central nuclear a la red. Es por ello que el parque nuclear norteamericano es el más envejecido del planeta (la mayoría de los reactores entraron en operación en 1985) y de los 93 reactores actualmente en funcionamiento, deberán cerrar unos 40 en las próximas 2 décadas. La más clara evidencia de que el país no apuesta a la energía nuclear, es que prácticamente no se están construyendo nuevos reactores que los reemplacen.

El muy publicitado “renacimiento nuclear” en los Estado Unidos, iniciado a principios de siglo, se terminó abruptamente el 31/07/17 cuando, después de 9 años de iniciado, en medio de un escándalo político y legal (el “Nukegate”), se abandonó el proyecto de expansión nuclear “Virgil C. Summer” (dos reactores nucleares AP1000) en Carolina del Sur, emprendido por SCE&G (una subsidiaria de

---

<sup>1</sup> “El futuro de la Energía Nuclear en la Argentina y en el Mundo” - George Washington University (abril 2021). Dr. Alfredo Caro. físico, egresado del Instituto Balseiro (1976), doctorado en el Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Suiza (1981). Fue Gerente del Centro Atómico y Director del Instituto Balseiro (1993-1995). Actualmente es Research Professor en George Washington University. Es autor de más de 200 publicaciones científicas, mayoritariamente sobre materiales nucleares y nano-materiales.

SCANA) y Santee Cooper (la Autoridad de Servicio Público de Carolina del Sur). Las pérdidas económicas y la posterior indignación pública alteraron drásticamente el futuro de ambas empresas. El costo total pagado por los contribuyentes y accionistas superó los 1.000 MMU\$. Las acciones de SCANA cayeron drásticamente. Westinghouse, la empresa contratista, se acogió al Capítulo 11 de la bancarrota en marzo de 2017. La oficina del Fiscal de los Estados Unidos, en Carolina del Sur, todavía está investigando a los ejecutivos de SCANA y Westinghouse. Hasta ahora, ha habido tres arrestos y una condena.

Los únicos reactores actualmente en construcción, se están instalando en la Central Nuclear Vogtle, situada en el Condado de Burke (Georgia). Se trata de dos reactores de agua presurizada Westinghouse, con una potencia de 2.430 MW. Desde que comenzó la construcción en el 2009, la expansión ha estado plagada de retrasos y sobrecostos y estuvo a punto de cancelarse en 2017. Los supervisores esperan que la Unidad 3 entre finalmente en funcionamiento en el verano de 2022 y que la Unidad 4 comience a operar comercialmente entre junio y agosto del 2023; pero recientemente la Comisión de Servicios Públicos del Estado de Georgia (EE.UU.) ha concluido que es poco probable que la expansión de la central Vogtle, se complete en el plazo previsto y sin sobrecostos (expertos de supervisión independientes prevén que el último costo aprobado del proyecto, de 17.100 MMU\$, aumente en aproximadamente otros 2.000 MMU\$).

Francia, en cambio, ha evidenciado una política contradictoria en la materia. El presidente Emmanuel Macron, al principio de su mandato se había comprometido a reducir la contribución de la energía nuclear a la matriz energética del 75% al 50%, para el año 2035, y comenzó por desactivar los dos reactores de la Central de Fessenheim (cuyo desmantelamiento insumirá unos 25 años y costará varios miles de millones de Euros). Entre las razones que motivaron esa decisión se cuentan los inconvenientes originados por la demorada construcción de un reactor de nueva generación en Flamaville, y la desesperante situación económica de su compañía estatal Électricité de France (EDF). Sin embargo ahora, en un momento en que Europa se enfrenta a un fuerte aumento de los precios de la energía, Francia está tomando un camino diferente al de sus vecinos germanos. El propio E. Macron anunció recientemente que Francia, *por primera vez en décadas, va a relanzar la construcción de reactores nucleares y a seguir desarrollando las energías renovables, para reducir la dependencia de la energía extranjera, cumplir con los objetivos del calentamiento global y mantener los precios bajo control.* (Euronews nov. 2021)

Lo mismo está ocurriendo en estos momentos en Japón, ya que el aumento del precio de la energía, la falta de posibilidades de abastecerse con Renovables y el peligro inminente de desabastecimiento energético para población e industria, ha replanteado el tema de reactivar centrales (Takahama 1 y 2), a fin de lograr el autoabastecimiento y cumplir, a la vez con las metas de emisiones de carbono a 2050 (*El periódicodelaenergía.com del 03/02/2021*)

## **2. Panorama en Argentina:**

En nuestro país, actualmente hay 1.700 MW instalados de energía nuclear y 4.000 MW de energías renovables. Por primera vez, en el 2020, las fuentes renovables produjeron más energía que las nucleares (9.4% de la demanda eléctrica del país fue abastecida por renovables y 7.4% por nuclear). El 22/08/21 se alcanzó el récord del 24,72% de la demanda total nacional abastecida con renovables. El mes de julio de 2021, por su parte, fue el de mayor generación eléctrica en la historia a partir de fuentes renovables, con 1.600 GWh en el mes.

## **3. Cuestiones ambientales.**

### **3.1 Los combustibles “gastados”, altamente radiactivos y perdurables por milenios, no tienen destino definitivo, cierto y seguro, ni en Argentina, ni en el Mundo.**

Es sabido que la generación nuclear deja combustibles gastados altamente radiactivos y perdurables por milenios. Quienes apoyan el desarrollo nuclear, destacan que los combustibles gastados no son desechos prescindibles sino “residuos”, a los que les resta combustible aprovechable y que por ende conviene conservarlos. Efectivamente, de ellos podría extraerse por reprocesamiento plutonio, elemento que no existe en la naturaleza y que puede utilizarse como combustible en reactores “rápidos” que producen más combustible del que consumen. Fantástica consecuencia que permitiría liberarse del suministro de uranio. Pero su posible uso en armas nucleares originó un debate, una alarma internacional y pánico, cuando la India utilizó plutonio civil en una explosión de prueba en 1974. Este experimento bélico maduró el cambio de política que se venía gestando en los Estados Unidos, que decidió obstaculizar la proliferación nuclear e inició una agresiva disuasión a los programas de reprocesamiento y de reactores rápidos. No obstante ello Francia, el Reino Unido, Alemania y Japón, dispusieron la construcción de plantas de reprocesamiento y reactores rápidos. Incapaz de impedirlo, Estados Unidos promovió un acuerdo internacional limitante sobre el alcance y regulación del sistema de reprocesamiento, a fin de evitar transferencias de tecnología. A la postre Alemania y Japón que habían iniciado plantas, desistieron de su intención de reprocesar. En occidente, sólo Francia ha continuado reprocesando a costa de fuertes subvenciones y tarifas de electricidad altas. Recordemos que la empresa francesa se encuentra cercana a la bancarrota. Por su parte el Reino Unido, abarrotado de plutonio, canceló la actividad.

Los círculos científicos y técnicos consideran que la mejor opción para la disposición final de los residuos de alta radiactividad son formaciones geológicas estables, en profundidades superiores a los 500 metros; sin garantizar que la radiación no podrá llegar a la superficie en algún momento. Sin embargo, todos los países sufren la oposición de la opinión pública sobre el lugar de emplazamiento. Nadie los quiere cerca.

Estados Unidos dispone en estos momentos de 104 reactores de potencia activos, una central nuclear inactiva, 26 centrales nucleares desmanteladas, numerosos depósitos provisionales de combustibles gastados diseminados en todo su territorio y sólo un almacén geológico profundo en operación en Carlsbad (Nuevo México), que no recibe residuos de los reactores productores de electricidad, sino sólo residuos de la fabricación de armas nucleares. También tiene iniciado y paralizado un almacén en Yucca Mountain que el ex presidente Trump intentó reactivar y no pudo, debido, entre otras cosas, a la oposición popular.

Finlandia tiene en construcción un almacén” en la isla de Olkiluoto que, cuando esté terminado en el año 2100, podrá albergar unas escasas 6.500 toneladas. Por ahora ya comenzó a almacenar residuos de baja radiactividad, teniendo programado que en un par de años empezará a almacenar de alta radiactividad.

Hay varios países implementando soluciones finales como Corea del Sur que tiene en funcionamiento, en período de prueba, un repositorio geológico, pero aún no está depositando combustibles gastados sino otro tipo de residuos radiactivos.

Francia inició en Bure, Región de Champaña, la excavación exploratoria del que posiblemente sea el almacén geológico profundo (AGP) más grande del planeta, e instaló un laboratorio de investigación en profundidad.

China prevé tener finalizado un repositorio geológico, en el desierto de Gobi, para el año 2050.

Rusia no tiene, ni ha iniciado, la construcción de almacén geológico alguno, sólo dispone de un laboratorio de investigación subterráneo, en la zona de Krasnoyarsk, para estudiar las propiedades de dicho macizo rocoso.

Suiza cuenta con dos laboratorios subterráneos de investigación.

Alemania tiene identificado en su territorio casi una decena de sitios que podrían ser aptos para la instalación de un repositorio geológico, pero aún ni siquiera ha optado por uno de ellos.

Suecia, por su parte, es uno de los países más avanzados en la materia ya que dispone de un almacén temporal de combustible gastado (de las tres centrales nucleares del país), para unos 30 años, en las instalaciones subterráneas de Clab situadas en Oskarshamn, y el gobierno se encuentra en vías de construir un almacén geológico profundo.

En concreto, el destino de los residuos nucleares de alta radiactividad en el planeta todavía no tiene solución, mientras que más de 250 mil toneladas están esperando ser almacenadas.

### **3.2 Caso argentino: el tratamiento de residuos, la remediación de las minas y establecimientos de procesamiento de uranio, abandonados, ha sido legal y presupuestariamente descuidada.**

El Plan Nuclear Argentino surge en 1950 con la creación de la CNEA (Dto 10936/50) y a su amparo comienzan las exploraciones en busca de uranio, así se descubre el yacimiento “Papagayo” en la provincia de Mendoza. Luego de otros descubrimientos, en 1952 comienza la extracción de uranio en el yacimiento “Agua Botada”, en Malargüe (Mendoza).

A casi cincuenta años de producir “combustibles gastados” (desde 1974, año de entrada en operación de Atucha I) nuestro país, a pesar de varios intentos de construir una planta reprocesadora, no reprocesa sus combustibles gastados, los cuales se encuentran acumulados en piscinas de enfriamiento y disipación, en cada uno de los reactores<sup>2</sup>. Si bien por cada MWh de energía eléctrica generado, un reactor nuclear genera 6,7 gr de dióxido de uranio “gastado”, a fines de 2020 ya había acumuladas 1.632 toneladas en Atucha I, 493 toneladas en Atucha II y 2.724 toneladas en Embalse, que se suman a las más de 250.000 toneladas existentes en el mundo y a las 12.000 toneladas anuales que se producen en el planeta; sin destino definitivo, cierto y seguro.

En virtud del citado acuerdo internacional, de los excesivos costos de reprocesamiento, de la insuficiencia de desarrollo tecnológico en la materia, de la falta de precio en el mercado del plutonio (en el mundo hay acumuladas 200 toneladas de plutonio separado, considerado un costoso y ambientalmente riesgoso desperdicio), y la imposibilidad de exportar por los elevadísimos costos de transporte de los productos nucleares; Argentina no reprocesa, no reprocesará, ni tiene reactores rápidos capaces de aprovechar los combustibles gastados. Todo lo expresado nos lleva a la conclusión que sus combustibles gastados son en realidad desechos nucleares inútiles que debe conservar, no en la esperanza de su futuro aprovechamiento sino porque, como el resto del mundo, no tiene destino definitivo y seguro para ellos.

Sucesivas normas otorgaron a la CNEA la gestión de los residuos hasta que en 1998 se sancionó la ley 25018, que ratificó esta función y responsabilidad de *“Gestionar los residuos provenientes de la actividad nuclear estatal y privada incluyendo los generados en la clausura de las instalaciones, los derivados de la minería del uranio, y los que provengan de yacimientos mineros abandonados o establecimientos fabriles fuera de servicio”* (art. 10).

Para entonces ya eran numerosos los sitios mineros con pasivos ambientales en el país: una decena de yacimientos abandonados y 8 Complejos Fabriles donde se lixiviaban con ácidos los minerales extraídos. En el 2000 la CNEA gestionó un crédito de 70 MU\$ del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), que fue aprobado y puesto a disposición en el año 2010.

---

<sup>2</sup> En rigor eso es así en ATUCHA I y II, pero en EMBALSE ya hay parte de los combustibles gastados acumulados en superficie, en seco, en cilindros de hormigón de 20 cm de espesor. Los residuos, en su interior, están calientes y el calor se disipa por aire.

Con buen criterio el Organismo destinó el recurso disponible a culminar los trabajos ya iniciados en el Complejo Fabril Malargüe, donde era más riesgosa y grave la falta de remediación, dado que en una superficie de 70 hectáreas, a escasos 2.000 metros de la plaza San Martín, se habían lixiviado con ácido sulfúrico centenares de miles de toneladas de mineral, que generaron unas 700.000 toneladas de residuos sólidos. La CNEA en 2018 concluyó sus trabajos y, en coordinación con la Municipalidad, diseñó un parque con espacios deportivos, bicisenda y juegos infantiles, entre otros. La remediación del Complejo fue completa y constituye prácticamente el único gran trabajo de remediación en el país.

El "Séptimo Reporte Nacional" (documento oficial de la CNEA del año 2020), admite la falta de remediaciones completas en los demás sitios afectados donde sólo se aplicaron paliativos.

En la actualidad la CNEA dispone de partidas presupuestarias para continuar exploraciones, incluso en provincias en donde las explotaciones están prohibidas como Mendoza y Chubut, y no dispone de recursos suficientes para cumplir las exigencias de la Ley 25018 que la obliga a la aplicación del principio "impacto ambiental tan bajo como sea posible".

#### 4. Cuestiones de seguridad.

Los diseños de estructuras nucleares han previsto la posibilidad que, por accidente, se estrellara un avión sobre ellas. Después del suceso de las torres gemelas de Nueva York, la probabilidad que un evento así se produzca, no accidentalmente sino deliberadamente (ataque terrorista), ha aumentado considerablemente.

Los riesgos de daños, producto de la acción humana, no terminan con el terrorismo, están también el soborno, la corrupción, la falsificación, así como la infiltración del crimen organizado. En el caso de corrupción ya hemos citado lo ocurrido en Estados Unidos con la construcción de dos reactores nucleares en Carolina del Sur. También debemos destacar que el gobierno británico autorizó el transporte clandestino, en vuelos regulares, de residuos radiactivos en cajas que viajaban como "valijas diplomáticas", aunque no hubo accidentes.

A diferencia de otros, los desastres nucleares pueden tener consecuencias globales y perdurables por siglos.

Dada la escasez de eventos significativos, las medidas de seguridad que rigen en Argentina se consideran efectivas, ya que cumplen normas internacionales. Sin perjuicio de ello, nuestro país sufrió un accidente con contaminación radiactiva dentro de una instalación nuclear, pero sin liberación de partículas al exterior. El mismo ocurrió el 23/09/1983 en el Centro Constituyentes, que aún funciona en el partido de San Martín, en el Gran Buenos Aires. Una falla humana en la reconfiguración del núcleo del reactor de investigación RA-2 liberó una potente dosis de neutrones y radiación gamma que provocó la muerte del técnico electromecánico Osvaldo Rogulich y contaminó gravemente a otras 17 personas.

Han ocurrido otros eventos, que pueden considerarse "domésticos", en países latinoamericanos: como el de Goiania (en Brasil) y uno gravísimo en ciudad Juárez (México) donde, ignorando los riesgos que se asumían, se manipularon aparatos de medicina nuclear obsoletos y mal descartados, provocando la muerte de varias personas.

No obstante la referida exigüidad de eventos, existe coincidencia entre los expertos que nuestro país no está exento de sufrir este tipo de siniestros. El reconocido ambientalista argentino, Doctor Raúl Montenegro, titular de la Fundación para la Defensa del Ambiente (FUNAM), en entrevista periodística que le efectuara IProfesional, ha destacado<sup>3</sup> la ausencia de protocolos de seguridad

<sup>3</sup> <https://www.iprofesional.com/politica/293521-chernobyl-es-posible-en-una-central-nuclear-argentina>

ampliada, ya que de ocurrir un evento grave con la liberación de materiales radiactivos en alguno de los reactores en funcionamiento, la afectación directa podría incluir a los países vecinos como Uruguay con impactos sobre la salud y el medio ambiente. Para controlar un desastre de este tipo, se necesitan medidas de emergencia de gran alcance. El sistema de emergencia previsto, indicó el experto, sólo comprende medidas para la población de Lima (la localidad más cercana al emplazamiento de Atucha I y II), y los habitantes de la localidad cordobesa de Embalse, (vecina a la planta homónima). Montenegro, remarcó la necesidad de ampliar fuertemente el protocolo de acciones a un radio de, al menos, 500 kilómetros

*"No tenemos un sistema sanitario y mucho menos personal técnico capacitado.... Ni en Córdoba, ni en Buenos Aires. El Estado, además, también debería estar económicamente preparado para una situación así, pero la realidad es que no existen previsiones y lo único que persisten son los recortes de presupuesto"*, dijo Montenegro al medio citado. Además de cualquier eventual falla técnica, el especialista sostuvo que tampoco se han concebido protocolos para situaciones de terrorismo o de vicisitudes externas a los reactores, como puede ser la caída de un avión sobre las instalaciones. Según el experto, las potencias nucleares cuentan con políticas específicas para enfrentar potenciales acciones terroristas, que incluye el derribo de aeronaves sobrevolantes (Francia), pautas que acá no existen

Parte de los residuos radiactivos de Embalse se almacenan en silos secos ubicados fuera del edificio que alberga al reactor. En el caso de Atucha I está demorada la construcción del correspondiente edificio para almacenamiento "en seco" del combustible gastado; y próximamente deberán construirse los correspondientes a Atucha II y al reactor CAREM.

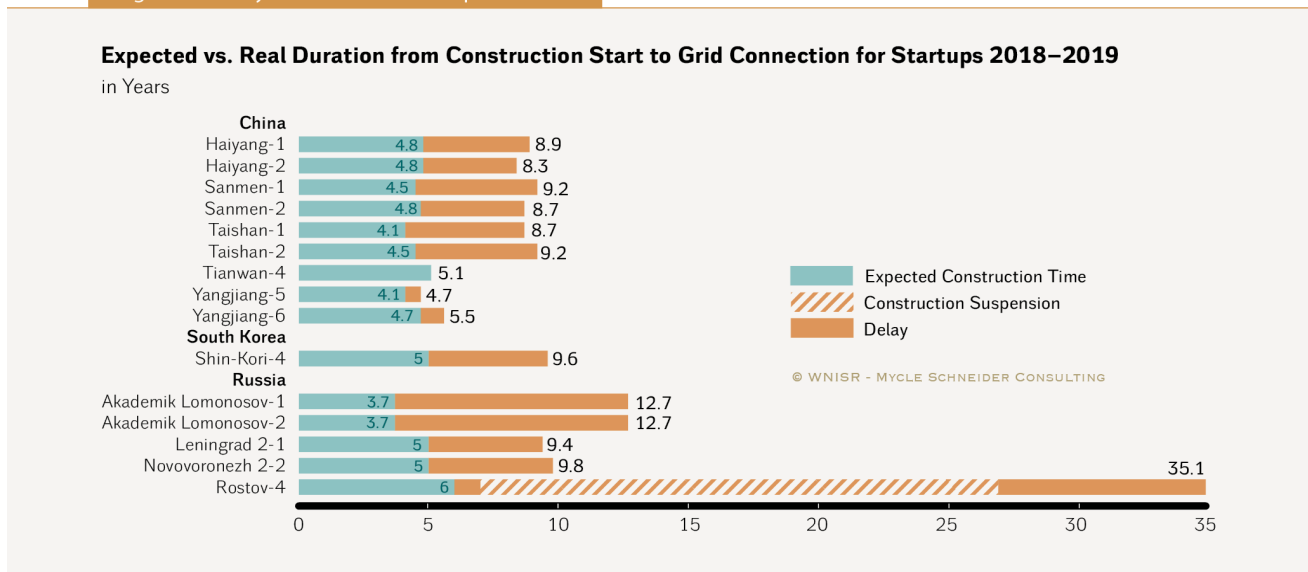
A mediados del año pasado, la Fundación para la Defensa del Medio Ambiente (FUNAM) denunció que el 17/11/2017 *"...se produjo el salto de varios sellos de contención en el área de operaciones del reactor nuclear de Embalse, lo que permitió la liberación de vapor con tritio 3 radiactivo, en el área de operaciones donde se encontraban unas 50 personas"*. *"Durante las cinco horas que duró el episodio hubo registros altos de tritio radiactivo al mediodía y a las 14 horas, situación que forzó la evacuación total del área contaminada"* y *"...cinco trabajadores resultaron contaminados"*. La ONG consignó además que en esa misma Central Nuclear de Córdoba *"...ya se produjo anteriormente otro incidente que no llegó a descargar material radiactivo al ambiente"*. (NOTA 1)

## **5. Cuestiones económico financieras**

**5.1. Costo de Capital:** El costo de capital para la instalación de centrales nucleares para generación de energía es uno de los más altos, comparado con el de las otras tecnologías de generación. Con el agravante que, en la mayoría de los casos, ese costo se incrementa por retrasos en la construcción de los reactores nucleares, y terminan siendo del orden de 8 a 9 años.

En el gráfico siguiente se muestran los tiempos proyectados de construcción de los últimos reactores nucleares habilitados en el mundo y los retrasos experimentados.

Figure 8 · Delays for Units Started Up 2018–2019



Fuente:

[https://www.worldnuclearreport.org/The-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2020-HTML.html#\\_idTextAnchor052](https://www.worldnuclearreport.org/The-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2020-HTML.html#_idTextAnchor052)

## 5.2 Costo nivelado de generación (LCOE<sup>4</sup>):

Tal cual surge del siguiente cuadro, el costo nivelado de generación nuclear (LCOE) resulta ser el mayor de todas las tecnologías.

TECNOLOGÍA	UNIDAD	COSTOS NIVELADOS DE ENERGÍA (LCOE)	
		MÍN.	MÁX.
EÓLICA (ON SHORE)	US\$/MWh	26	54
SOLAR FOTO-VOLTAICA	US\$/MWh	29	38
CICLO COMBINADO (alimentado con gas natural)	US\$/MWh	44	73
GEOTÉRMICA	US\$/MWh	59	101
CARBÓN	US\$/MWh	65	159
<b>NUCLEAR</b>	<b>US\$/MWh</b>	<b>129</b>	<b>198</b>

<sup>4</sup> El LCOE (Levelized Cost of Energy) es el valor del coste total actual de construir y operar una instalación generadora de energía a lo largo de toda su vida útil.



Fuente: “El futuro de la Energía Nuclear en Argentina y en el Mundo”, George Washington University (abril 2021)

En este contexto el Dr. Alfredo Caro sostiene <sup>5</sup>: *Considerando el estado de la economía argentina, su deuda externa y su crónica falta de divisas, invertir 7.500 MMU\$ en la compra de una central Hualong One y 6.500 MMU\$ en un reactor CANDU, no sería la decisión más conveniente. Los recursos que el Estado dispone para el sector son limitados y por lo tanto la elección del destino de los mismos es importante. El crédito chino por ambas centrales cubre el 85% de la inversión y Argentina debe contribuir con 2.100 MMU\$. Con el 50% del aporte que debe hacer el Estado argentino (1.050 MU\$), se puede instalar una central de gas de Ciclo Combinado, de la misma potencia, y en menos de dos años tenerla en operación...* (NOTA 2)

### **5.3. Costos de desmantelamiento y disposición final de los residuos radiactivos:**

El costo de desmantelamiento es rigurosamente incierto por la poca experiencia de desactivación de centrales nucleares de escala comercial.

En España el proceso de desmantelamiento se está realizando, en diferentes fases, en las centrales nucleares José Cabrera (Zorita), Vandellòs I y Santa María de Garoña.

Por su parte el Gobierno de Corea del Sur prevé cerrar 11, de los 24 reactores nucleares del país, antes de que termine el año 2030. Por lo pronto ha iniciado el desmantelamiento del reactor Kori-1; y recientemente ha decidido el cierre definitivo del reactor nuclear Wolsong-1, en Gyeongju, a unos 370 km al sureste de Seúl.

La Agencia Internacional de Energía (AIE) dijo, en su informe *World Energy Outlook 2014*, que casi 200 de los 434 reactores entonces en funcionamiento en todo el mundo, serán clausurados antes de 2040, y estimó que el costo del desmantelamiento de ellos sería de unos 87.000 MM€, lo que supondría un coste de unos 435 MM€ por central. Sin embargo, muchos expertos consideraron la estimación de la AIE demasiado baja, ya que no incluyó el coste de la eliminación y/o almacenamiento a largo plazo de los residuos nucleares, y porque los costos de desmantelamiento varían significativamente por reactor y por país; estimando en definitiva que la clausura de un reactor podría elevarse, en promedio, hasta los 1.300 MM€.

Y aunque la tecnología utilizada para la clausura de una central nuclear podría llegar a ser gradualmente más barata, el costo de los depósitos de residuos finales es, en gran medida, desconocido y podrían acabar experimentando una espiral ascendente con el paso del tiempo. Por otra parte, la vida útil de un reactor nuclear se mide en décadas, lo que significa que los costos de financiación dependen en gran medida de los niveles de las tasas de interés, y éstos son impredecibles.

## **CONCLUSIONES**

El IERA en función del análisis realizado y teniendo en cuenta las tecnologías actuales asociadas a la construcción de centrales nucleares; costo de capital y financiero; riesgos; tiempos de construcción; posibles actuales alternativas con menor costo de energía generada e impacto ambiental presente y futuro; aboga porque la República Argentina cese definitivamente en la construcción de nuevas centrales nucleares, y proceda al cierre progresivo de las que actualmente se encuentran en funcionamiento, para terminar así con la generación de residuos radiactivos, hasta disponer de fuentes renovables y de escasas emisiones de carbono.

Existen sobradas razones para ello y, afortunadamente, parece que por fin esta es la tendencia mundial.

---

<sup>5</sup> El futuro de la Energía Nuclear en la Argentina y en el Mundo” - George Washington University (abril 2021).  
Dr. Alfredo Caro

Desde el punto de vista ambiental, principal objeto de análisis del IERA, las observaciones son múltiples. En primer lugar, la realidad incontrastable de la falta de previsión en el tratamiento de los residuos nucleares; luego la posibilidad de una contingencia de alto impacto por fugas o desperfectos, en el estado actual de la tecnología, lo que ameritaría su supresión por aplicación del principio precautorio y en tercer lugar la imposibilidad de que este tipo de tecnología reemplace, en el corto y mediano plazo, las fuentes de generación eléctrica más contaminantes y permita alcanzar las metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, a que nuestro país se ha comprometido.

Los altos costos de inversión, la incertidumbre de su monto final y los plazos de construcción y puesta en marcha, generalmente incumplidos en todo el mundo, agregan otros elementos a la luz de la realidad económica argentina y sus prioridades, que completan el cuadro disuasorio en la materia.

No obstante ello, existe un reducido número de países que persiste en la construcción de nuevos reactores nucleares, motivados por razones estratégicas y/o económico-financieras (a nuestro entender estas últimas sólo se justificarían en el corto plazo y si se ignoran los costos futuros de desmantelamiento y disposición final de los residuos radiactivos).

La dinámica del mercado de la energía en el mundo es un elemento insoslayable en el análisis, como señalamos en los casos de Francia y Japón. En nuestro país las energías renovables aún no permiten reemplazar a las tradicionales, de donde nuestra apuesta mayor continúa siendo la utilización de gas natural y los desarrollos de nuevas tecnologías de almacenamiento y producción de hidrógeno azul y verde.

La prolongada y grave crisis económica y social de nuestro país, es una limitante a la hora de tomar decisiones en este rubro, que implica la continuidad y aseguramiento de un servicio público.

Mientras tanto no es una buena noticia que se confirme el anuncio del presidente de Nucleoeléctrica SA, José Luis Antúnez, en cuanto a que (en el marco del Convenio con China) *“La empresa Nucleoeléctrica Argentina SA (NASA) prevé iniciar la construcción de Atucha III, la cuarta central atómica de la Argentina, a partir de junio de 2022, y dos años después hacer lo propio con la quinta central del llamado “proyecto nacional”, que será recuperado tras ser dado de baja en 2017.”*<sup>6</sup>

En las conclusiones del Informe “El futuro de la Energía Nuclear en la Argentina y en el Mundo” (publicado por la Universidad George Washington (abril 2021), el Dr. Alfredo Caro propone una posición intermedia en el sentido de declarar una moratoria de cinco (5) años para la toma de una decisión suponiendo que, en ese plazo, el mundo habrá avanzado significativamente en la transición a las energías renovables y ofrecerá un panorama más claro sobre el rol de la energía nuclear. El IERA no considera razonable esta propuesta “conciliadora” que, en definitiva significa postergar la decisión final, aunque prevea la denuncia del Convenio con China ya que si la decisión fuera, llegado el caso, licitar la construcción de nuevos reactores nucleares, no tendría sentido mantener latente el Convenio.

Por último y en relación con el futuro del Sector Nuclear Argentino y en particular al de los recursos humanos altamente especializados disponibles, que forman parte de un programa de I+D que ha sobrevivido por más de medio siglo; se considera que deberían abocarse a la investigación y desarrollo de tecnologías con fines medicinales y a la búsqueda de soluciones seguras y definitivas para los desechos nucleares ya producidos. Sin perjuicio de ello nos parece razonable continuar con el proyecto CAREM (reactor de baja potencia), con la expectativa de avanzar en un cambio tecnológico que haga posible la utilización de esta fuente.

NOTAS:

---

6

<https://www.telam.com.ar/notas/202107/562454-junio-2022-construccion-atucha-iii-proyecto-quinta-central.htm>

1

NOTA 1: Una muestra de sedimentos de la Central Nuclear Embalse, tomada recientemente en la costa del lago cercana a la boca del canal de descarga, fue remitida al laboratorio francés de la ONG CRIIRAD, que encontró la presencia de Cobalto-60 con un margen grande de error  $0,20 \pm 0,14$  Bq/kg (la C. N. Embalse produce Cobalto para usos medicinales y para exportación).

Nucleoeléctrica Argentina (NASA) que, en un monitoreo realizado en el año 2005, ya había detectado 3,2 Bq/kg de cobalto-60 en las muestras tomadas de los sedimentos del canal de descarga de la Central Nuclear Embalse (*“las únicas muestras que mostraron algunos isótopos emisores gamma debidos a la Centra”*, según el Informe); en el segundo semestre del año 2019 detectó 2,75 Bq/kg de cobalto-60, en una muestra de sedimento tomada en el mismo lugar.

Fuente: <https://elresaltador.com.ar/> (01/03/21).

NOTA 2: Un Informe de Bloomberg NEF, publicado el 16/12/21, sobre la competitividad de los costos nivelados de energía (LCOE por sus siglas en inglés), de diferentes tecnologías de generación y almacenamiento de energía, que cubre más de 700 proyectos financiados recientemente y 13.000 pronósticos de LCOE modelados para 25 tecnologías y 54 países de todo el mundo; consigna los siguientes valores para el primer semestre el año 2021: 38 U\$\$/MWh para la solar fotovoltaica móvil, 48 U\$\$/MWh para la solar fotovoltaica fija, 41 U\$\$/MWh para la eólica on shore, 69 U\$\$/MWh para la eólica off shore excluida la transmisión en alta mar, 82 U\$\$/MWh para la eólica off shore incluida la transmisión en alta mar, 138 U\$\$/MWh para almacenamiento en baterías con duración de cuatro horas, entre 133 y 449 U\$\$/MWh para la energía generada con carbón (con captura y almacenamiento de carbono), entre 156 y 336 U\$\$/MWh para la energía generada con gas natural con captura y almacenamiento de carbono, entre 293 y 535 U\$\$/MWh para la energía generada en turbinas de gas (TG) con hidrógeno verde, 240 U\$\$/MWh para la energía nuclear generada en pequeños reactores con operando diariamente y 354 U\$\$/MWh para la energía nuclear generada en pequeños reactores operando en función del seguimiento de la demanda.

Según este Informe, la solar fotovoltaica y la eólica on shore son actualmente las fuentes más baratas de nueva generación eléctrica a gran escala, en países que representan más de dos tercios de la población mundial, alrededor del 77% del PIB global y el 91% de la generación eléctrica.

Fuente:  
<https://www.bloomberg.com/latam/blog/actualizacion-del-costo-nivelado-de-energia-lcoe-para-1er-semestre-de-2021/>