

Política nuclear, transición energética y desarrollo en Argentina (2006-2024)

Lugones, Manuel¹

Introducción

La transición energética se define como las acciones dirigidas a mitigar los efectos del cambio climático, que en las últimas décadas se ha convertido en un tema de creciente interés en la agenda pública global. La preocupación por la sostenibilidad ambiental y social presiona por patrones más sustentables que generan nuevas posibilidades de innovación y creación de nuevos mercados, lo que demanda la elaboración de políticas públicas orientadas al desarrollo de soluciones tecnológicas.

En este marco, a comienzos del siglo XXI se evidencia una revitalización de la industria nuclear sobre la base del desarrollo de nuevas tecnologías orientadas a complementarse con fuentes de generación renovables como la energía eólica y la solar. De esta forma, desde la industria nuclear se promueve el uso de la nucleoelectricidad como una fuente de energía no contaminante que puede complementarse con las fuentes renovables mediante la conformación de un sistema de generación híbrido, y que a su vez puede aprovecharse para la producción de hidrógeno, la descarbonización de actividades industriales (mediante la cogeneración de calor y electricidad) como la producción de acero, cemento y fertilizantes y para la obtención de agua potable mediante la desalinización de agua de mar.

Esto ha impulsado una carrera en torno al diseño y puesta en marcha de pequeños y medianos reactores modulares (SMR por sus siglas en inglés)² que operan por debajo de los 300Mw., así como también en el desarrollo de reactores de altas temperaturas que mejoren la eficiencia de generación, abaraten los costos de operación y reduzcan el volumen de desechos radioactivos. Entre los países que se encuentran inmersos en esta se encuentra, entre otros, los Estados Unidos, China, Rusia, Canadá, Corea del Sur, Reino Unido y Argentina.

¹ Docente-Investigador del Instituto de Estudios en Ciencia, Tecnología, Cultura y Desarrollo (CITECDE) de la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN). Mail: mlugones@unrn.edu.ar
Este trabajo se enmarca en el proyecto de Investigación PI-UNRN N° 40-B-1044 “Políticas de ciencia, tecnología e innovación orientadas a salud pública y transición energética en Argentina: reflexiones sobre su dimensión estratégica para el siglo XXI”.

² El concepto de pequeños reactores modulares se remonta a la década de 1950, momento en el cual la Marina norteamericana estaba desarrollando una fuente de energía nuclear para la propulsión de submarinos.

Analizar el desarrollo de una industria nuclear en países como Argentina en vía de entrada para identificar que desafíos enfrentan los países de menor desarrollo relativo en términos de qué rol que van a jugar en el proceso de transición energética, esto es, como exportadores de recursos naturales bajo la forma de bienes *commodities*, o la de generar capacidades tecnológicas y productivas para impulsar un proceso de desarrollo encaminado hacia la producción de bienes y servicios de mayor valor agregado, y de esta forma, lograr la autonomía tecnológica y energética como sustento para modificar su posición en el escenario internacional.

En este trabajo se analiza el desarrollo de la industria nuclear en Argentina a partir de la decisión adoptada en 2006, de relanzar el plan nuclear a partir de la decisión de (i) finalizar la obra de la central nuclear de Atucha II (paralizada en 1992), (ii) extender la vida útil de la central nuclear de Embalse y (iii) construir el prototipo del reactor modular argentino (CAREM). El análisis se enfoca en estudiar las elecciones tecnológicas realizadas y sus potenciales impactos en términos de facilitar un proceso de desarrollo tecno-productivo.

La industria nuclear a comienzos del siglo XXI

La industria nuclear comenzó a desarrollarse a fines de 1950 al ponerse en operación los primeros reactores “comerciales” (reactores de II generación). En ese momento, la estrategia fue la construcción de reactores con una potencia creciente destinados a generar electricidad de base, es decir, la estrategia fue lograr la competitividad de la nucleoelectricidad a partir de crecientes economías de escala. En el transcurso de las siguientes décadas, la adopción de la tecnología norteamericana de reactores, sobre la base de diferentes estrategias implementadas, como el “control por cooperación” (Lugones y Vera, 2024), permitió la consolidación en el mercado internacional el uso de reactores de uranio enriquecido como combustible y agua liviana como refrigerante y moderador, siendo por lo tanto, los modelos más difundidos los reactores de agua a presión (PWR), y en segundo término, los de agua en ebullición (BWR) (Fernández Arias et al., 2013).³

³ Un tercer modelo, cuyo adopción fue creciendo en la década de 1960, pero que para la década de 1980 su demanda disminuyó fuertemente, con excepción de algunos reactores construidos por India y China sobre la base de adaptaciones al modelo original, son los denominados PHWR tipo CANDU desarrollados por Canadá, cuya principal diferencia es que utilizan uranio natural como combustible y agua pesada como moderador y refrigerante.

En la década de 1980, la desaceleración de la economía mundial y el creciente rechazo social tras los accidentes de Three Mile Island (1979) y Chernobyl (1986), derivó en un brusco freno de la industria en occidente, que obligó a las principales empresas del sector a introducir modificaciones tendientes a mejorar la competitividad económica y la seguridad de la nucleoelectricidad (Char y Csik, 1987; Erramuspe, 1988). De esta forma, se buscó mejorar la eficiencia de generación, extender la vida útil de 40 a 60 años (incrementando los plazos de amortización del capital invertido) y la introducción de sistemas de seguridad redundantes. Asimismo, se buscó simplificar la construcción y operación de las centrales nucleares reduciendo el número de sistemas y componentes. Esto dio lugar a la oferta de los denominados reactores de III generación, los cuales comenzaron a ser comercializados en la primera década del siglo XXI, principalmente en el mercado del sudeste asiático.⁴

A comienzos del siglo XXI, la industria nuclear se caracterizaba por una fuerte concentración de la actividad en un número reducido de proveedores de tecnología, agrupados en grandes grupos económicos que operan de forma global en diferentes unidades de negocios que, en algunos casos, trascienden al sector de energía. Por ejemplo, la empresa francesa Framatome en la década de 1990 realizó un conjunto de fusiones y adquisiciones con otras compañías europeas, como Siemens de Alemania, que derivó en la conformación del grupo Areva; que compite en el escenario internacional con empresas asiáticas (el grupo coreano Kepco y la Corporación Nuclear Nacional China -CNNC) y el grupo ruso Rosatom.

En este marco, desde el sector se comenzó a impulsar el diseño de nuevos conceptos de reactores –que pueden combinarse entre sí– orientados a:

- (i) El desarrollo de SMR como solución para abaratar los costos operacionales (con una recarga de combustible menos frecuente), acortar los plazos de construcción de 6 a 3 años (armado en serie) y reducir las barreras financieras derivadas de los altos costos de capital de las unidades más grandes. Asimismo, dado su reducido tamaño, no precisarían emplazarse cerca de una fuente de agua para disponer de refrigerante, lo que permitiría instalarlos en lugares en los que no es rentable

⁴ En 2018 entraron en operación el reactor EPR de Areva en la central nuclear de Taishan (China) con una potencia de 1660Mw. Su construcción demandó 10 años y una inversión de 3.800 millones de euros. Y el reactor AP1000 de Westinghouse en la central nuclear de Sanmen (China), de dos unidades de 1157Mw de potencia cada una, que demandó también 10 años de construcción y una inversión de 6.900 millones de euros.

instalar una central nuclear convencional. Por otro lado, la inclusión de nuevos estándares de seguridad pasiva (que no requiere de una acción humana en caso de emergencia), que incluye en algunos diseños un contenedor de acero como barrera de ingeniería adicional. En materia medioambiental, producirían un menor volumen de desechos, reduciendo los costos y riesgos asociados a su manejo a largo plazo. Finalmente, su baja potencia otorgaría flexibilidad operacional ajustando la producción de acuerdo a la demanda de electricidad, posibilitando su combinación con fuentes de energías renovables para compensar sus intermitencias;⁵

- (ii) el desarrollo de reactores rápidos, por ejemplo los refrigerados por sodio líquido de onda viajera, que funcionan con un ciclo de combustible cerrado que permite consumir el material que de otro modo se consideraría como “combustible gastado”, lo que permitiría reducir la cantidad y actividad de los desechos que deberán gestionarse, así como extender las reservas de uranio y,
- (iii) el desarrollo de reactores de IV generación de altas temperaturas (HTGR), que incluyen el uso de nuevos refrigerantes (gases, metales fundidos o sales fundidas) y combustibles alternativos al uranio enriquecido (por ejemplo el torio) con el objetivo de mejorar la eficiencia térmica y disminuir la cantidad de desechos y extender su vida útil a seis décadas reduciendo el impacto en los costos de inversión, que incluyen los gastos derivados de su futuro desmantelamiento. Por otro lado, este tipo de reactores ofrecen como ventaja adicional la generación de calor útil que podría utilizarse en diferentes procesos industriales.⁶

Las tendencias pueden observarse en el desarrollo de los actuales prototipos según el tipo de innovación con respecto de la física de los reactores de III generación. Por un lado, se encuentran los diseños que trasladan a una escala menor los reactores de uranio enriquecido y agua ligera, ya sea en su versión PWR o BWR. En este caso, la innovación radica en la búsqueda de una reducción de los costos y en un aumento en el grado de seguridad. Y por otro lado, los diseños que modifican la física de los mismos,

⁵ En 2019 se conectó a la red el primer SMR de diseño PWR (la central flotante Akademik Lomonosov de Rosatom con dos unidades de 35Mw). Esta central tiene la capacidad de generar energía para una ciudad de 100 000 habitantes y es utilizada también para la desalinización de agua de mar para la obtención de 240 mil metros cúbicos de agua potable por día.

⁶ Los reactores de alta temperatura refrigerados por gas funcionan a temperaturas de hasta 950 grados Celsius, lo que los hace entre un 20 y un 33 % más eficientes térmicamente que los reactores refrigerados por agua. En los reactores de sales fundidas, tanto el combustible como el refrigerante son líquidos, de modo que las fisiones del núcleo, en el sentido tradicional, son imposibles. Y los reactores refrigerados por sodio líquido tienen una característica de seguridad incorporada: si se calientan, el sodio líquido se expande y permite que escapen más neutrones a través de los espacios entre los átomos, por lo que la reacción se detiene naturalmente.

tales como los reactores refrigerados por gas a alta temperatura, los de espectro neutrónico rápido y los reactores que utilizan sales fundidas, entre otros, con el objetivo de obtener mayor energía y reducir la cantidad y duración de los residuos radiactivos generados (IAEA, 2020).

Diferentes países, como EE.UU., Canadá, Reino Unido y China, así como iniciativas multinacionales como el GEN IV International Forum, están realizando importantes esfuerzos en materia de financiamiento para promover el desarrollo de SMR y/o reactores de IV generación. Dicho impulso está motorizado por un conjunto de empresas emergentes que no integran el pool de empresas que estuvieron detrás del desarrollo de la industria nuclear entre los años 1960 y 1980. Tal es el caso de Ultra Safe (Canadá), TerraPower (Bill Gates es uno de sus principales inversores), NuScale Power (EE.UU.), Oklo (EE.UU.), X-energy (con colaboración con Dow Chemical) y U-Battery (empresa dirigida por URENCO, Reino Unido). Las cuales compiten con otras grandes empresas o organismos que poseen una larga trayectoria en la industria, como la CNNC, que junto con la empresa Huaneng y la Universidad de Tsinghua, construyeron y pusieron en 2022 en operación un reactor de alta temperatura refrigerado por gas con 200Mw de potencia.

Trayectoria de la industria nuclear en Argentina

El desarrollo de la nucleoelectricidad en Argentina tiene sus orígenes a finales de 1950 al decidirse aprovechar la energía nuclear a partir de reactores que utilicen uranio natural como combustible a ser producido en el país para no depender de proveedores externos (Hurtado, 2014; Lugones, 2020). Con la difusión de los primeros reactores comerciales, se determinó que el mercado eléctrico del Gran Buenos Aires-Litoral poseía el tamaño y costo de energía que tornaba factible la inclusión de la nucleoelectricidad (Alegria et al., 1964).⁷ Además se justificó la construcción de la central por su importancia sobre el desarrollo industrial al definirla como una *industria industrializante*, es decir, como una industria capaz de incentivar el desarrollo de otros sectores industriales (Martin, 1969).

En la construcción de las dos primeras centrales nucleares (Atucha I y Embalse) se impusieron como criterios: (i) que las mismas fueran de uranio natural y agua pesada

⁷ En 1957 se rechazó la oferta de Inglaterra para adquirir un reactor nuclear de potencia. La compra fue desestimada aduciendo que el proyecto no reunía las condiciones adecuadas en cuanto a los costos de instalación y operación, así como también con relación a la participación del personal técnico e industria nacional en el proyecto de construcción (Lugones, 2020).

para garantizar la autonomía tecnológica; teniendo en cuenta las fechas previstas de incorporación de las futuras centrales hidroeléctricas, (ii) contribuir con el objetivo de sustituir el uso de combustibles fósiles en la matriz energética y (iii) fomentar el desarrollo de la industria metalmecánica y metalúrgica (Lugones, 2020).

En la segunda mitad de la década de 1970, se propuso ampliar el parque de generación nuclear a 11 centrales sobre el supuesto de un fuerte crecimiento de la demanda, el encarecimiento del precio del petróleo, y que para mediados de la década siguiente se habría alcanzado la plena utilización de los recursos hidroeléctricos; decidiéndose que las futuras centrales serían del tipo CANDU, que por el tamaño de sus componentes, se ajustaban mejor a las capacidades existentes de la industria local y presentaban mejores perspectivas para impulsar una red de proveedores locales, y de esta forma, constituir al país en un proveedor regional de tecnología, insumos y componentes para este tipo de reactores en los mercados externos (Castro Madero, 1976).

En 1979 se aprobaba la compra de la central nuclear de Atucha II y de la Plata Industrial de Agua Pesada (PIAP), aunque con una readecuación en el número y fechas de entrada de operación de las futuras centrales, en un contexto caracterizado por la entranca en vigor de las restricciones que impuso el “Club de Londres”, por lo que la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) debió asumir la función de subcontratista principal e impulsar la conformación de dos consorcios de empresas proveedoras (Nuclar y Argatom); acelerar los proyectos de desarrollo de las tecnologías para el dominio del ciclo de combustible y abandonar la línea de reactores CANDU. Esto obligó asignar recursos financieros adicionales para acelerar la generación de capacidades locales. Y con el objetivo de facilitar la gestión administrativa-financiera de las diferentes instalaciones de fabricación de tecnología e insumos, fueron creadas un conjunto de empresas asociadas en el transcurso de las décadas de 1970 y 1980: INVAP, Nuclear Mendoza, CONUAR, FAE, ENACE y ENSI (Hurtado, 2014; Lugones, 2020; Rodríguez, 2020).

En la década de 1980, la crisis de la deuda condujo a restricciones financieras con el consecuente atraso de las obras, lo que resultó en un incremento del costo financiero del programa nuclear (Carciofi, 1990; Cancio et al., 1990). Por otro lado, la modificación del escenario energético a partir del crecimiento del gas natural, la reducción en el valor real de las tarifas y una tasa inferior a la prevista de crecimiento de la demanda, resultó en un cuestionamiento del programa nuclear al modificarse las prioridades en materia de

inversión hacia generación térmica convencional de módulos reducidos y de baja intensidad de capital (Guadagni, 1987; Lapeña, 2014).

Este proceso culminó en 1994 al transferirse el control de las centrales a un nuevo actor creado a tal efecto: Nucleoeléctrica Argentina S.A. (NASA), con el objetivo de terminar Atucha II y proceder con la privatización de las tres centrales nucleares, proyecto que no pudo ser concretado debido a la ausencia de recursos financieros suficientes para concluir Atucha II y el desinterés de los actores privados por adquirir las otras dos centrales (Hurtado, 2014).

El relanzamiento del plan nuclear

En 2006 se relanzaba el plan nuclear al anunciarse las inversiones para finalizar la central de Atucha II, extender la vida útil de Embalse, avanzar en el desarrollo del CAREM, reanudar la producción de uranio enriquecido y evaluar la factibilidad de incorporar una cuarta central nuclear.⁸ Este relanzamiento se produjo tras tres años de elevadas tasas de crecimiento económico que empujaron la demanda energética, generando un escenario de restricción en la oferta de energía, lo que impulsó la necesidad de fomentar inversiones para ampliar la capacidad de generación (Rodríguez, 2020).

Los dos primeros objetivos arriba indicados, suponen una continuidad con la estrategia implementada desde mediados de la década de 1980 a nivel mundial: extender la vida útil de las centrales de forma tal de amortizar las inversiones realizadas e incorporar mejoras en los sistemas de seguridad, operación y mantenimiento. Y para el caso específico de Argentina, la finalización de Atucha II significaba sostener un mercado para las empresas del sector creadas para abastecer de insumos a un parque nucleoelectrico basado en uranio natural y agua pesada.

Con respecto al tercer objetivo, la CNEA y NASA comenzaron a proponer la expansión de la nucleoelectricidad por su potencial aporte al proceso de transición energética, posicionando al CAREM como un proyecto central en dicha dirección. Hacia finales de la década de 1990 se tomaron las primeras medidas tendientes a la incorporación de energías renovables, en particular a partir de 2009 comenzaron a ganar fuerza diferentes

⁸ Estos objetivos quedaron plasmados en el Plan Estratégico Institucional de la CNEA 2010-2019 y en su posterior revisión para el período 2015-2025. En dicho Plan se fijaron como objetivos centrales: contribuir tecnológicamente a la generación de electricidad y garantizar el desarrollo y provisión nacional de los elementos combustibles.

programas tendientes a ampliar la producción de energía mediante energía eólica y solar.⁹ Sin embargo, las acciones dirigidas a diversificar la matriz energética y limitar la dependencia sobre los hidrocarburos tuvieron un bajo impacto al prevalecer la explotación del gas natural –en especial el no convencional- por su impacto sobre la balanza de pagos –reducir importaciones desde Bolivia e incrementar los ingresos generados por exportaciones (Ceppi, 2022).

En el caso específico del proyecto CAREM, este se había iniciado en 1987 al proyectarse el diseño de una central de mediana potencia (380Mw) basada en un reactor de agua presurizada del tipo de recipiente a presión, con la posibilidad de configurarla para un reactor del tipo de tubo a presión, que pudiera utilizar diferentes tipos de combustibles (uranio natural, uranio ligeramente enriquecido y plutonio). En un mercado internacional deprimido por los elevados costos de instalación y una menor demanda producto del accidente de Chernobyl, el proyecto se ofrecía como una alternativa tecnológica orientada hacia países de menor desarrollo por su menor costo financiero, su impacto sobre la industria local al requerir la fabricación de equipos más pequeños que pueden fabricarse en serie, los menores gastos en diseño e ingeniería y una mayor flexibilidad y adaptación a redes de distribución eléctrica con capacidades limitadas (González, *et al.*, 1987).

Tras el escenario de parálisis del programa nuclear, a inicios del presente siglo se tomaron los primeros pasos para retomar el proyecto al incorporar al país a una iniciativa multinacional conformada por 14 países para impulsar el desarrollo de SMR. Esto implicó introducir cambios en el diseño original del CAREM orientados a utilizar como combustible uranio levemente enriquecido (entre el 1,8 y el 3,4%) y agua liviana como refrigerante. Otros aspectos que se incorporaron fue la simplificación del diseño integrando el circuito primario, los generadores de vapor y los mecanismos de control al recipiente de presión, la circulación del refrigerante por convección natural (sistema de seguridad pasivo) y su autopresurización. Iniciándose en 2014 la construcción del prototipo con el objetivo de validar el diseño.

⁹ Hacemos referencia al régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentables de biocombustibles, el régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica, el proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa, el programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables y el régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red pública, entre otros.

La decisión de avanzar en el proyecto CAREM se produce en la emergencia de una “nueva geopolítica energética”, en la cual países como los EE.UU. - en el marco de una disputa hegemónica con China- se encuentran impulsando innovaciones con el objetivo de revertir el deterioro de su entramado productivo nuclear y recuperar la incidencia perdida en la configuración global de la industria. Esto ha llevado que países como los EE.UU. impongan diferentes barreras para que países como la Argentina puedan avanzar en el desarrollo de tecnologías que puedan disputar espacio en los mercados internacionales (Ceppi, 2022; Cúneo, 2024).

Bajo este marco, Argentina optó en 2010 negociar con China para adquirir dos reactores. Uno del tipo CANDU, copia de los reactores canadienses comprados por dicho país en 2002, lo que permitiría aprovechar las capacidades instaladas en materia de combustibles y agua pesada existentes en el país. Y el segundo, un reactor de III generación HPR-1000, esto es, de uranio enriquecido y agua liviana. En 2014 se firmaron las cartas de intención y memorandos de entendimiento, los cuales con el cambio de gobierno a fines de 2015 fueron objeto de varias revisiones. Entre otros aspectos, se cuestionó que el proyecto demandaba una serie de modificaciones para que el reactor CANDU pudiera satisfacer los requerimientos de seguridad pos-Fukushima, lo que podría resultar en un incremento de 800 a 1000 millones sobre el costo original, lo que a su vez redundaría en un alto costo de capital del MW instalado. En consecuencia, se decidió avanzar en la compra del HPR-1000 por un monto de 8000 millones de dólares, compra que a la fecha no ha sido concretada. La cual también ha sido objeto de críticas, dado el valor y las condiciones de financiamiento pactadas, que implicaría que el costo de la energía generada sea entre un 40 y 50% más alto que el de reactores similares ofrecidos por otros fabricantes, por el ejemplo el AP-1000 de Westinghouse o el EPR de Areva (Caro, 2023)

La potencial compra de estos reactores estuvo atravesado por el interés de China en expandir su influencia en la región (así como el interés de incrementar su participación en el mercado nuclear como exportador de tecnología), lo que implicó, de acuerdo a Caro (2023), vincular el proyecto con otras negociaciones encaradas entre ambos países, un *swap* de monedas, la construcción de dos centrales hidroeléctricas y la instalación de una base de observación espacial en la región patagónica. Todos estos acuerdos han sido objeto de presiones internacionales, en particular de EE.UU. que pretende evitar el avance de China en la región, lo que se agrega la presión ejercida para que Argentina

desestime seguir avanzando en el desarrollo del CAREM, utilizando como medio de presión la renegociación de la deuda contraída con el FMI en 2019.

Más allá de los aspectos económicos, los giros político-ideológicos de la última década favorecieron la implementación de decisiones coyunturales que derivaron en atrasados en los giros presupuestarios que afectaron la continuidad de las obras emprendidas, así como el cuestionamiento a las cartas de intención firmadas con China, lo que se evidencia además en una planificación deficitaria respecto del aprovechamiento de las diferentes fuentes de energía y una mayor vulnerabilidad frente a las presiones internacionales.

Conclusiones

El desarrollo de una industria nuclear en Argentina entre 1950 y 1990 se sostuvo en un conjunto de decisiones estratégicas que permitieron alcanzar una relativa autonomía tecnológica pese al marco de inestabilidad política-institucional de dicho período. Esto permitió conformar un complejo nuclear integrado por la CNEA y un número reducido de empresas asociadas.

Tras la parálisis del sector en la década de 1990, a partir de las capacidades existentes, se retomó un plan de desarrollo de su industria nuclear a partir de dos estrategias que se desplegaron de forma paralela. Por un lado, continuar con el desarrollo iniciado en la década de 1960 basado en centrales de uranio natural y agua pesada, mientras que de forma paralela se iniciaron negociaciones para adquirir un reactor de potencia de III generación de origen Chino, lo que implica que a futuro se avanzaría en la incorporación de reactores de uranio enriquecido, abandonando la línea de reactores elegida en los orígenes del programa nuclear. Y por el otro, insertándose en la carrera internacional por introducir al mercado un SMR de diseño propio que mantiene el concepto de los reactores PWR o BWR, identificándose una ventana de oportunidad al encontrarse los SMR en una etapa experimental.¹⁰

El principal desafío que enfrenta la industria nuclear argentina radica en la posibilidad de mantener en el tiempo las decisiones políticas adoptadas, aspecto que se ha visto debilitado al no poder garantizar los recursos financieros necesarios para sostener las

¹⁰ No obstante, la industria nuclear a nivel global enfrenta los siguientes retos: (i) el rechazo social a la industria nuclear por los cuestionamientos a las condiciones de seguridad y del tratamiento de los desechos nucleares. (ii) Y que no se ha logrado probar aun que los SMR sean económicamente competitivos frente a otras alternativas tecnológicas disponibles.

inversiones de capital requeridas debido al escenario de restricción externa. Este aspecto resulta crítico en el caso del proyecto CAREM, que compite con otros prototipos similares en desarrollo en Rusia, EE.UU. y Japón, países que sostienen un elevado nivel de inversión en sus respectivos proyectos.

Por otro lado, queda pendiente que posición va adoptar Argentina frente a la disputa entre EE.UU. y China. A diferencia de lo ocurrido entre 1950-1980, período en el cual se sostuvo la decisión de no aceptar las condiciones que imponían las potencias nucleares, la etapa actual de debilidad financiera imponen una condición de vulnerabilidad para afirmar una postura que defienda la autonomía tecnológica frente a las presiones externas.

Finalmente, la sucesión en la última década de gobiernos de distinto signo ideológico, han afectado la construcción de un modelo de gobernanza energético, lo que ha implicado modificaciones en las reglas de juego, en las interacciones entre los diferentes actores y, con relación al punto anterior, como se gestionan las influencias del contexto internacional. En consecuencia, no se ha logrado establecer mecanismos de complementación entre la nucleoelectricidad y el desarrollo de otras fuentes de energía, en particular, las renovables. Por lo tanto, al no lograrse definir un modelo de desarrollo –para el sector energético–, resulta en un escenario de incertidumbre que afecta la consistencia y continuidad de las políticas.

Referencias

Alegria, J., Csik, B., Nasjleti, E., Papadópulos, C., & Quihillalt, O. (1964). La contribución de la energía nuclear a la solución del problema energético argentino. Informe N° 115. Buenos Aires: CNEA.

Cancio, R., Perona, C., & Peñaloza, C. (1990). Valor real de una asignación presupuestaria. Un método de cálculo. Informe N° 499. Buenos Aires: CNEA.

Carciofi, R. (1990). La desarticulación del pacto fiscal. Una interpretación sobre la evolución del sector público argentino en las últimas dos décadas. Buenos Aires: CEPAL.

Caro, A. (2023). La generación nucleoelectrica en Argentina y el mundo. Buenos Aires: FUNDAR.

Castro Madero, C. (1976). Argentina. Política nuclear. *Estrategia*, 42: 42-47.

Ceppi, N. (2022) La gobernanza energética de la República Argentina en el siglo XXI: Desentrañando sus ejes centrales. *Relaciones Internacionales*, 95(1): 147-167.

Char y Csik (1987)

Cúneo, D. (2024). La planificación estatal de grandes programas tecnológicos desde la semiperiferia: los proyectos CAREM y ARSAT. *Realidad Económica*, 54(363): 89-120.

Erramuspe, H. (1988). Períodos de construcción y puesta fuera de servicio definitivo de centrales nucleares. Informe N° 492. Buenos Aires: CNEA.

Fernández Arias, P., Cuevas, A. & Vergara, D. (2013). Historia de la evolución técnica de los reactores nucleares de agua a presión. *ArtefaCToS*, 6(1): 109-138.

González, A., Frischengruber, K., Recalde, J., Solanilla, R., & Vanzulli, R. (1987). ARGOS PHWR 380 Argentine Offer of a Safer Pressurized Heavy - Water Reactor of 380 MW. Informe N° 484. Buenos Aires: CNEA.

Guadagni, A. (1987). Decisiones energéticas para el futuro. *Desarrollo Económico*, 26(104): 609-630.

Hurtado, D. (2014). El sueño de la Argentina atómica. Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional (1945-2006). Buenos Aires: Edhasa.

IAEA (2020). *Advances in Small Modular Reactors and Technology Developments*. Viena: IAEA.

Lapeña, J. (2014). La energía en tiempos de Alfonsín. Innovación, planificación estratégica, obras y autoabastecimiento. Buenos Aires: Eudeba.

Lugones, M. & Vera, N. (2024). Los programas nucleoelectricos de Argentina, Brasil y México: Un estudio comparativo de estrategias de desarrollo tecnológico. *Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología Y Sociedad -CTS*, 19(57): 79-104.

Lugones, M. (2020). Política nuclear y política energética en la Argentina. El Programa Nucleoelectrico de la CNEA (1965-1985). Tesis de posgrado. Bernal: UNQ.

Martin, J.-M. (1969). El papel posible de la industria nuclear en la consolidación de la industrialización en la Argentina. *Desarrollo Económico*, 9(34): 235-257.

Rodríguez, M. (2020). Estado, industria y desarrollo. Atucha II y la senda del Programa Nuclear Argentino (1979-2014). Rosario: Prohistoria ediciones.