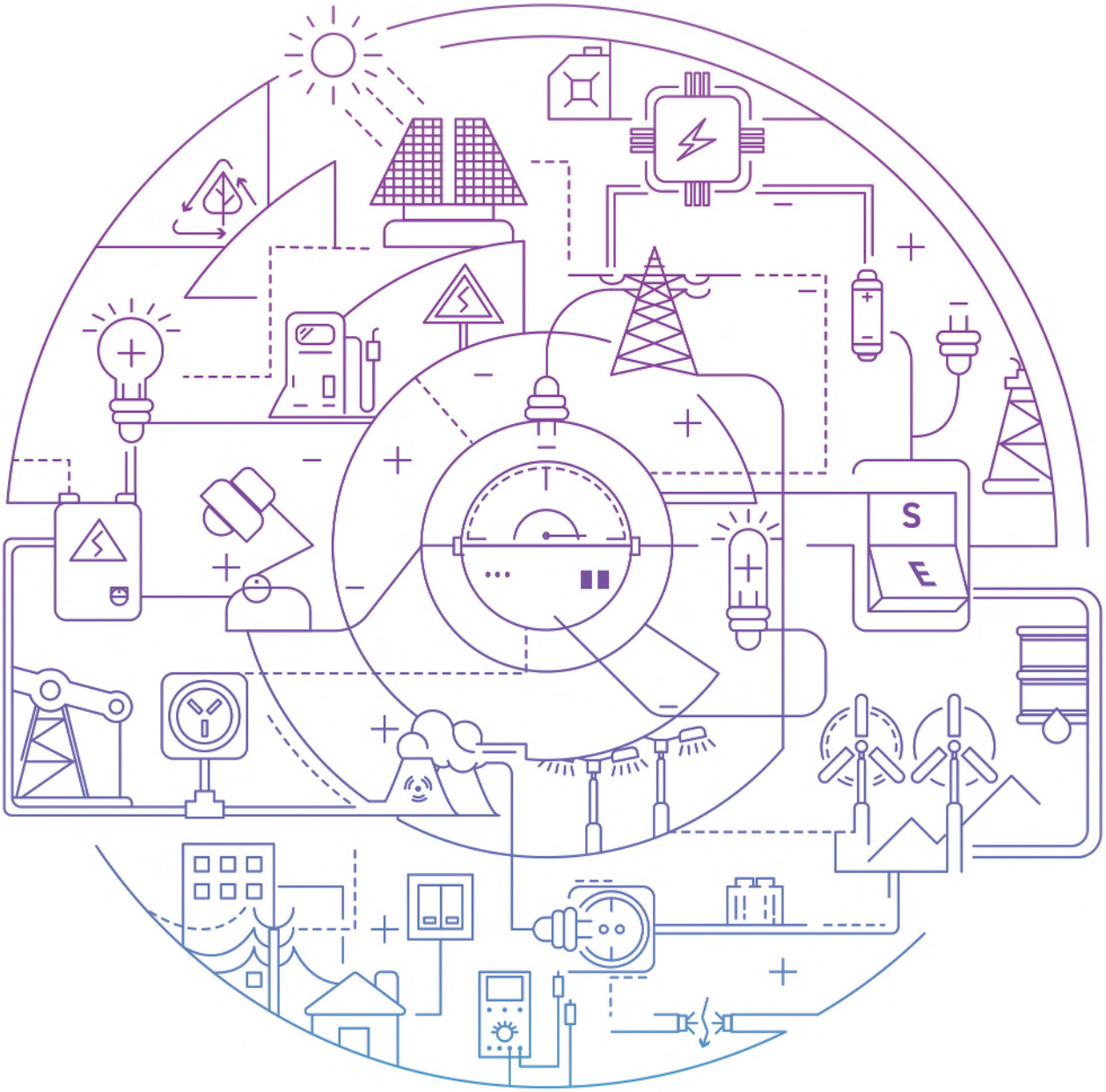
CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN



ENERGÍA NUCLEAR

EL APORTE NUCLEAR A LA TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA

Gustavo Barbarán
Jorge Giubergia

CONTENIDOS

01

05 INTRODUCCIÓN

1

07 OBRAS FINALIZADAS EN EL PERÍODO 2015-2019

07 FINALIZACIÓN DEL PROYECTO DE EXTENSIÓN DE VIDA DE LA CENTRAL NUCLEAR EMBALSE

08 PLAN NACIONAL DE MEDICINA NUCLEAR

09 RESTITUCIÓN DE LA MINERÍA DEL URANIO

2

11 PROYECTOS QUE CONTINÚAN SU DESARROLLO

11 PROYECTO CAREM-25

13 PROYECTO REACTOR DE INVESTIGACIÓN MULTIPROPÓSITO RA-10

14 CANCELACIÓN DEL PROYECTO DE LA CUARTA CENTRAL NUCLEAR (CANDU) Y DEMORA DEL PROYECTO DE LA QUINTA CENTRAL NUCLEAR (PWR)

15 NUEVA PLANTA DE DIÓXIDO DE URANIO EN FORMOSA (DIOXITEK)

16 PROYECTO DE EXTENSIÓN DE VIDA DE LA CENTRAL NUCLEAR ATUCHA I (CNA-I)

16 MINERÍA DEL URANIO

17 RESTO DE LOS PROYECTOS PLANTEADOS EN EL PERIODO 2015-2019

3 19 PLAN DE OBRAS 2020-2029

20 PROYECTO PWR CHINO – QUINTA CENTRAL NUCLEAR

24 PROYECTO ASOCIADO A LA QUINTA CENTRAL NUCLEAR

24 INICIO DEL PROYECTO DE CAREM ESCALA COMERCIAL

25 ENRIQUECIMIENTO DE URANIO

25 REPOSITORIO DE BAJA Y MEDIA ACTIVIDAD

26 MEDICINA NUCLEAR

4 29 INVERSIONES

5 33 JUSTIFICACIÓN Y CONDICIONAMIENTOS PARA UN PROGRAMA NUCLEAR

INTRODUCCIÓN

En la edición 2015 de "Pensar el Futuro" el Sector Nuclear para el período 2016 - 2025, presentaba un ambicioso plan de obras asociadas fundamentalmente a la nucleoelectricidad (construcción de nuevas centrales nucleares) y a otras aplicaciones de la energía nuclear, sobre todo las vinculadas a la salud. Si bien algunos proyectos siguieron avanzando, durante el período 2015 – 2019, se realizó una revisión general, con reprogramaciones y cancelaciones, que generó incertidumbre sobre la estructura futura del sector nuclear argentino.

Dentro de lo presentado inicialmente, se completaron con éxito las tareas del Proyecto de Extensión de Vida de la Central Nuclear Embalse en Córdoba, volviendo a aportar electricidad al sistema en mayo del 2019, asegurando un nuevo ciclo operativo de 30 años.

Los proyectos insignia de ingeniería nuclear nacionales, CAREM-25 y RA-10, continúan en construcción, con algunas demoras y reprogramaciones respecto de lo planificado previamente. El proyecto CAREM preveía su finalización en 2018, actualmente las estimaciones están en el año 2023. Por su parte, el RA-10 estima la finalización de su construcción en el año 2021 y prevé su operación a partir del 2022. Por otro lado, los centros de medicina nuclear previstos en la primera etapa del Plan Nacional de Medicina Nuclear también fueron finalizados, encontrándose actualmente en operación cuatro de ellos, en Paraná, Formosa, Bariloche y Río Gallegos.

Pero sin duda, el impacto más grande sobre el plan presentado fue la cancelación de la denominada cuarta central nuclear (una central de tecnología CANDU, del mismo tipo de la CN Embalse, que usa uranio natural y agua pesada) a ubicarse en el sitio Atucha, próxima a las centrales actuales, y la demora y cambios en las definiciones sobre la denominada quinta central nuclear (un PWR de origen chino que usa uranio enriquecido y agua liviana). En tiempos, el inicio de obra se reprogramó del año 2019 al año 2022. En alcance, lo que iba a ser una obra conjunta entre Nucleoeléctrica Argentina (actuando como arquitecto-ingeniero del proyecto) y las empresas chinas, pasó a ser un contrato llave en mano, con menor participación local.

La decisión de cancelar y reprogramar, respectivamente, las mencionadas centrales presentan dos efectos. Por un lado, el efecto directo de la cancelación de proyectos asociados a las cadenas de suministros locales, como el abastecimiento de los combustibles y componentes para las centrales, entre los que se destacan la Planta Industrial de Agua Pesada, la nueva planta de dióxido de uranio en Formosa y la ampliación de la fábrica de Combustibles Nucleares Argentinos CONUAR. El efecto indirecto, y de más impacto en el largo plazo, es la visualización de un marco poco propicio para establecer una política estable de largo plazo que permita recuperar los costos de investigación, desarrollo en generación de capacidades instaladas al permitir el desarrollo industrial de la tecnología nuclear ya madura conocida como la CANDU, lo que hace presuponer una política nuclear con menos autonomía y más dependencia del exterior, que van en contra de lo logrado en más de 6 décadas del sector nuclear Argentino.

1

OBRAS FINALIZADAS EN EL PERÍODO 2015-2019

1.1 FINALIZACIÓN DEL PROYECTO DE EXTENSIÓN DE VIDA DE LA CENTRAL NUCLEAR EMBALSE

Luego poco más de tres años de parada, el 5 de enero de 2019 volvió a generar energía la Central Nuclear Embalse, concluyendo las tareas de extensión, que como se presentó en el plan de obras, contemplaba tres etapas; evaluación, preparación y ejecución del proyecto, con casi 15 años entre las evaluaciones preliminares y la vuelta a operar.

El Proyecto de Extensión de Vida (PEV) de Embalse comenzó en el año 2005 mediante el entrenamiento del personal de la central en las metodologías de evaluación de estado de los componentes, a través de acuerdos de cooperación técnica con la empresa canadiense AECL. En 2006 el proyecto estaba en fase de estudio y se decidió que este proyecto tendría su fase de parada una vez finalizada la Central Nuclear Atucha II. Este plan se formalizó con la Ley N° 26.566 donde expresamente se menciona al proyecto y se encomienda a NA-SA (Nucleoeléctrica Argentina S.A.) la materialización de los objetivos.

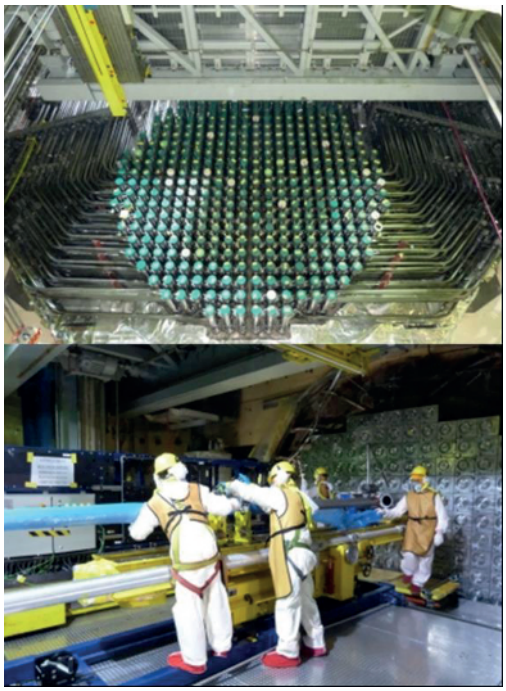
La inversión total del proyecto fue estimada inicialmente en USD 1.300 millones, en su mayoría aportados por el tesoro nacional, pero dentro de los cuales se destacan USD 240 millones aportados por la Corporación Andina de Fomento (CAF). Luego de demoras y reevaluaciones del alcance del proyecto, a mediados del año 2015 se estimó para el plan de obras en USD 3.000 millones. Finalmente, el proyecto se completó ajustado al presupuesto asignado de USD 2140 millones.

La última etapa de la obra comenzó el 31 de diciembre de 2015 cuando Embalse salió de servicio. Inicialmente estaba previsto que esta fase demorara dos años, pero al final terminaron siendo poco más de tres años. En el año 2016 se terminaron los generadores de vapor, componente crítico a ser reemplazado por IMPSA. En el año 2017 se realizó la retubación del reactor y la actualización de los sistemas de control, completando en el año 2018 con la finalización de cambio de componentes y el comienzo de las pruebas de funcionamiento. Algunas demoras por problemas en las soldaduras de los alimentadores (feeders) retrasaron al proyecto.

Con este proyecto, la central nuclear Embalse obtiene 30 años más de operación, se adapta e incorpora nuevos requerimientos regulatorios e incrementa su potencia neta en 35 MW. La mayor parte de los proveedores y de mano de obra fue local, realizada con el objetivo de poder luego trasladar dichas capacidades al proyecto de cuarta central nuclear, que inicialmente iba a ser del mismo tipo que la CN Embalse.

IMPSA: GENERADORES DE VAPOR

RECAMBIO DE COMPONENTES



1.2 PLAN NACIONAL DE MEDICINA NUCLEAR

Con algunas demoras y retrasos, se mantienen los lineamientos básicos presentados en el plan de obras 2015-2025. El objetivo final es la consolidación de una red federal de Centros de Medicina Nuclear (CMN). Las inversiones del plan consisten en la remodelación y actualización de instituciones médicas especializadas y la construcción de CMN distribuidos en todo el país. Estos CMN, nuevos y/o remodelados contarán con instalaciones y equipamiento de alta tecnología, entre los que se encuentran ciclotrones para la fabricación de radioisótopos, laboratorios para la producción de radiofármacos y el equipamiento necesario para el diagnóstico y tratamiento.

FUNDACIÓN intecnus

CEMENER
FUNDACIÓN CENTRO DE MEDICINA NUCLEAR Y MOLECULAR ENTRE RÍOS

CEMNPA
CENTRO DE MEDICINA Nuclear y Radioterapia
PATAGONIA AUSTRAL

En el marco de lo realizado en el período 2015-2019, se terminaron las obras de la primera etapa que consistían en los centros de medicina nuclear en Entre Ríos (CEMENER), Río Gallegos (CEMNPA), Bariloche (INTECNUS) y Formosa (en el hospital principal). Todos estos centros se encuentran operativos. Dos centros que habían sido anunciados como parte de la primera etapa -Santiago del Estero y Santa Rosa- fueron cancelados en distintas etapas de avance.

1.3 RESTITUCIÓN DE LA MINERÍA DEL URANIO

Como resultado de los procesos productivos mineros, se producen las denominadas colas de mineral, que quedan en el sitio una vez que el mineral fue procesado para extraer elementos de interés de la actividad minera, en este caso particular, el uranio. Las colas de mineral son materiales estériles, sin valor económico de muy baja actividad radiológica.

La remediación del sitio se realiza mediante un proceso de ingeniería denominado "encapsulado" el cual contempla la disposición segura y definitiva de las colas de mineral, en el mismo sitio en que se extrajo el mineral, para evitar su dispersión e interacción con el ambiente y las personas. El encapsulado se construye con materiales naturales de la zona. Se comienza compactando el piso natural, el cual es seguido por una capa de grava, una de suelo areno limoso y la colocación de una capa de arcilla compactada. Las colas de mineral se asientan sobre esa capa, se neutralizan con cal y se compactan. Luego se recubren con una cubierta multicapa de arcilla y suelo areno limoso para finalmente construir un enrocado que permita aislarlas totalmente del ambiente.

Dicha obra de ingeniería garantizará sequedad, estanqueidad y resistencia estructural a largo plazo, resistiendo a factores externos como nevadas, vientos, lluvias, terremotos, inundaciones o intrusión de raíces arbustivas o animales cavadores.

El desarrollo e inversión de este proyecto de gestión ambiental fue llevado adelante por la CNEA dentro de sus acciones de remediación de sitios donde hubo actividades relacionadas con la minería del uranio a través del Proyecto de Restitución Ambiental de la Minería del Uranio (PRAMU) en el marco del Convenio de Préstamo BIRF N° 7583-AR celebrado entre el Gobierno Argentino y el Banco Mundial (BM).

El PRAMU mantiene presencia en 6 provincias de la Argentina: Mendoza, Córdoba, San Luis, La Rioja, Salta y Chubut, realizando la caracterización y control ambiental de los sitios de acuerdo con sus características particulares.

En el plan de obras 2015-2025 se había estimado que luego de la finalización de la restitución en el sitio Malargüe, se iban a comenzar los trabajos de remediación en la provincia de Córdoba (Córdoba y Los Gigantes), a partir del año 2016. Con el retraso de las obras de la Nueva Planta de Uranio (NPU) en Formosa, este trabajo también se retrasa ya que la remediación del sitio córdoba depende de la salida de operación de la planta en dicha ciudad.

En septiembre de 2017 se inauguró el parque "El Mirador", la primera obra de remediación ambiental de la minería del uranio en Argentina. El sitio está ubicado en el límite norte de la ciudad de Malargüe (a unos 270 km al sur de la ciudad de Mendoza).

OBRAS EN EL PARQUE EL MIRADOR

Fuente PRAMU

El Parque es un espacio público de esparcimiento de 7 hectáreas para la comunidad. Se encuentra en un predio que la CNEA cedió a la Municipalidad de Malargüe. La finalización de las obras para el encapsulado definitivo de las colas de mineral de uranio muestra un ejemplo de minería segura y responsable de acuerdo con las buenas prácticas nacionales e internacionales que la CNEA lleva adelante según lo

dicta la Ley N° 25.018 de Régimen de Gestión de Residuos Radiactivos, para garantizar la protección del ambiente y de las generaciones presentes y futuras.

DETALLE DE OBRAS PARQUE EL MIRADOR

Malargüe-

2

PROYECTOS QUE CONTINÚAN SU DESARROLLO

2.1 PROYECTO CAREM-25

El CAREM (Central Argentina de Elementos Modulares) es el primer reactor nuclear de potencia íntegramente diseñado y construido en la Argentina, que reafirma con este nuevo hito su capacidad para el desarrollo y puesta en marcha de centrales nucleares, perfilándose a su vez como uno de los líderes mundiales en el segmento de reactores modulares de baja y media potencia (SMR, por sus siglas en inglés).

Esta clase de reactores tienen una gran proyección para el abastecimiento eléctrico de zonas alejadas de los grandes centros urbanos, o también para polos fabriles e industriales con alto consumo de energía (incluyendo la capacidad de alimentar plantas de desalinización de agua de mar).

El prototipo está siendo construido en Lima, provincia de Buenos Aires. El edificio que lo contendrá comprende una superficie de 18.500 m2, de los cuales alrededor de 14.000 m2 corresponden al llamado "módulo nuclear", el sector que incluye la contención del reactor, la sala de control y todos los sistemas de seguridad y de operación de la central. La obra civil comenzó el 8 de febrero de 2014, momento desde el cual el CAREM se ha constituido como el primer SMR del mundo en estar oficialmente en construcción.

CAREM

Maqueta del edificio completo donde se alojará el prototipo del reactor nuclear CAREM con sus dependencias asociadas.

En el año 2015 se adjudica la obra a NA-SA, y en el año 2017, con los cambios de alcance de la empresa NA-SA, se cambia de constructor, yendo a un contrato llave en mano por el BOP (todas las instalaciones de apoyo y sistemas auxiliares del reactor, fuera del reactor en sí) con la empresa TECHINT, que a inicios de 2019 pide una actualización en el precio contratado. El monto inicial presupuestado de la obra eran USD 500 millones, mientras que en la actualidad este valor se actualizó a USD 685 millones.

El reactor CAREM se destaca por un riguroso estándar de seguridad aplicado desde el diseño, obtenido mediante soluciones de alta ingeniería que simplifican su construcción, operación y mantenimiento. Se prevé que alrededor del 70% de sus insumos, componentes y servicios vinculados, sea provisto por empresas argentinas certificadas bajo los exigentes estándares internacionales de calidad, supervisados por la CNEA.

AGOSTO DE 2016

Primera parte de la maniobra de colocación de la primera parte del liner

Actualmente se sigue realizando la obra civil y el montaje electromecánico. El recipiente de presión (principal componente del reactor) ya se encuentra en el sitio. En mayo de 2019 se realizó el hormigonado del nivel 0 de la contención del reactor, uno de los hitos más relevantes del proceso constructivo del edificio de la Central Nuclear.

Esta primera versión de los reactores tipo CAREM será capaz de generar 32 megavatios eléctricos.

Con la reprogramación de trabajos se estima que el avance físico está por encima del 50% mientras que el avance financiero está por encima del 60%. Si bien se había estimado la fecha de entrada en operación en febrero de 2019, las últimas reprogramaciones hacen que se estime la misma para el año 2022.

MAYO DE 2019

Hormigonado nivel Cero

OBRA RA-10

Avance de las obras

La instalación de la pileta del reactor. (1)

Vista en planta de la construcción. (2)

2.2 PROYECTO REACTOR DE INVESTIGACIÓN MULTIPROPÓSITO RA-10

El Proyecto RA-10 se localiza en el Centro Atómico Ezeiza (Provincia de Buenos Aires) e incluye el diseño, construcción, montaje y operación de un reactor nuclear multipropósito, con un aporte de más del 80% de empresas e instituciones locales en tecnología y servicios asociados. La obra civil se inició en 2016, previéndose su puesta en marcha para fines de 2021.

En la actualidad se continúan con las obras civiles y el montaje electromecánico. El último hito constructivo fue la colocación de la pileta de servicios, construida en acero inoxidable grado nuclear. Tiene una altura de 9,2 metros, un peso de 19 toneladas y un volumen aproximado de 195 metros cúbicos. Esta pileta se encuentra unida a la pileta del reactor a través de un canal de transferencia y con canalizaciones para las celdas calientes de producción de radioisótopos. El avance general de la obra está en el 60%. En los próximos meses se instalarán los intercambiadores de calor y las bombas del sistema primario.

El Reactor RA-10 asegurará el autoabastecimiento de radioisótopos de uso médico, contando con capacidad para atender buena parte de la demanda de América Latina; consolidará las capacidades para desarrollos tecnológicos de punta en la industria nuclear y convencional; y abrirá un nuevo horizonte de investigaciones en ciencias básicas y aplicaciones basadas en el uso de técnicas neutrónicas avanzadas.

La instalación será multipropósito, es decir un solo reactor con flexibilidad para desarrollar varias actividades, contando con producción de radioisótopos, materiales y combustibles, además de haces de neutrones para realización de investigación y ciencia y producción de silicio dopado.

FUTURO EDIFICIO DEL RA-10

Maqueta electrónica

El RA-10 es desarrollado íntegramente en Argentina. La CNEA e INVAP trabajan en forma conjunta en la construcción de la nueva instalación, integrando y desarrollando capacidades nacionales en distintas áreas específicas de la pequeña y mediana industria.

De esta forma, con el RA-10 nuestro país se pondrá al tope de los desarrollos de este tipo de reactores, siguiendo una línea de evolución tecnológica cuya referencia inmediata es el Proyecto OPAL, el más moderno reactor de producción de radioisótopos que Argentina –a través de INVAP– construyó para Australia (2007), reafirmando su lugar como referente mundial en tecnología nuclear.

REACTOR EN EL EMPLAZAMIENTO

Maqueta electrónica

2.3 CANCELACIÓN DEL PROYECTO DE LA CUARTA CENTRAL NUCLEAR (CANDU) Y DEMORA DEL PROYECTO DE LA QUINTA CENTRAL NUCLEAR (PWR)

A finales del año 2015, el gobierno argentino firmó una serie de acuerdos con la República Popular de China por el desarrollo de dos proyectos nucleares. La cuarta central nuclear, una central nuclear tipo CANDU (similar a la CN Embalse) y un PWR de diseño chino, el HUALONG-1. Aunque no se habían definido los detalles, en el acuerdo marco quedaba establecido que NA-SA sería la autoridad de diseño y la arquitecta-ingeniera del primer proyecto, dejándole a CNNC (China National Nuclear Corporation) -la empresa por la contraparte China- el liderazgo para el proyecto de la quinta central.

Con el objetivo de revisar los contratos de la administración anterior, se demoraron los plazos estimados inicialmente. Esto llevó la mayor parte del año 2016. En el año 2017, se comenzaron una serie de trabajos para realizar un estudio de localización para la quinta central en la provincia de Rio Negro (la cuarta ya estaba definida anexa a las Atuchas actuales). El esquema presentado para los trabajos de localización no funcionó, generándose un fuerte rechazo por parte de la población cuyas demandas de información no supieron ser atendidas. A eso se le sumó un gobierno débil en un año electoral, por lo que el propio gobernador terminó presentando un proyecto de ley para prohibir la instalación de centrales nucleares en dicha provincia.

Este rechazo impactó nuevamente en los plazos de ambos proyectos. Para el año siguiente, en julio de 2018, Argentina confirma la suspensión indefinida de ambas centrales, aduciendo cuestiones relacionadas con el déficit financiero de nuestro país en el mismo momento donde se gestionaban los créditos stand-by con el FMI.

El valor original previsto para Atucha III (CANDU) era de 5994 millones de dólares. Los términos de referencia del financiamiento se firmaron con el ICBC. El crédito contemplaba un plazo de 18 años por un 85

% del total del proyecto, a un costo financiero total menor al 6,5 % anual y estaba previsto que recién comenzara a pagarse cuando la central estuviese operativa. De ese modo, la venta de la energía generada serviría para devolver el dinero.

En las reuniones del G-20 en diciembre de 2018 el gobierno canceló definitivamente el proyecto de la central CANDU, dejando en suspenso el PWR chino. Este último proyecto fue retomado en abril de 2019 donde se anunció la renegociación con China para cambiar el alcance del proyecto, cambiándolo a un proyecto llave en mano por una central PWR.

En términos financieros, la central costará USD 7.900 millones. El préstamo chino será del 85% del total de la obra y el aporte local será de un 15%. A su vez, la tasa de interés que pagará la Argentina a China será de aproximadamente el 5,5%. En la negociación final hubo una rebaja de casi USD 1.000 millones que logró la Argentina para el financiamiento base de inversión de la central que originalmente era de USD 9.000 millones y que ahora será de USD 7.900 millones. En el plan de obras 2015-2025 el presupuesto presentado era de USD 7.000 millones. Los cambios presupuestarios obedecen más a cambios en los alcances y responsabilidades de las obras y repagos que a otro factor.

2.4 NUEVA PLANTA DE DIÓXIDO DE URANIO EN FORMOSA (DIOXITEK)

Otro de las obras que está en construcción es la Nueva Planta de Uranio (NPU) de Dioxitek en la provincia de Formosa. El inicio de la construcción fue a finales de 2015 y se espera que el comienzo de sus operaciones ocurra en el año 2020. El avance actual se encuentra en un 70% aproximadamente.

NPU

Maqueta digital

EL PROYECTO MANTIENE SU ESTIMADO EN USD 250 MILLONES. LAS PRINCIPALES DEMORAS EN LA CONSTRUCCIÓN SE DEBEN A FALTA DE PRESUPUESTO.

2.5 PROYECTO DE EXTENSIÓN DE VIDA DE LA CENTRAL NUCLEAR ATUCHA I (CNA-I)

El PEV de la CNA-I es un proyecto que viene trabajándose desde hace tiempo, realizando mejoras y actualizaciones de la planta de manera continua. En el marco del proyecto ya se realizó el reemplazo y actualización de los componentes del sistema de emergencia (motores diésel) cumplimentando la nueva normativa post-Fukushima.

Otro de los grandes subproyectos que abarca el PEV es el proyecto de "almacenamiento en seco de elementos combustibles quemados" (ASECQ), que tiene por objetivo liberar espacio de las piletas de almacenamiento, ya que es un limitante para la vida útil de las plantas y para combustibles gastados con más de 10 años de almacenaje ya es posible su disposición segura en silos de hormigón. Dicho proyecto es el principal en ejecución en la actualidad, llegando a un avance físico de un más de un 50%.

Estos silos de hormigón permitirán la disposición de elementos combustibles utilizados sin la necesidad de realizar otra pileta de almacenaje (Atucha I inicialmente tenía una pileta y luego en los '90 se construyó la segunda).

El proyecto general que permite la extensión de la licencia de operación hasta el año 2024 tiene un avance físico de un 35%. Una vez llegada esa fecha, la central efectivamente saldría de servicio durante un año para tareas de extensión de vida y la posibilidad de un nuevo ciclo de operación.

2.6 MINERÍA DEL URANIO

En lo que respecta a los posibles proyectos de explotación minera presentados en el plan 2015-2025, ambos, San Rafael y Cerro Solo, se encuentran suspendidos. Diversos motivos llevan a dicha suspensión, pero entre los principales es la permanencia de leyes que dificultan los proyectos de producción minera, tanto en Mendoza como en Chubut. Otra de las dificultades encontradas fue el cambio de objetivos del sector nuclear nacional, concentrándose en la finalización de los proyectos existentes (RA-10, CAREM) sin abrir otros frentes que requerirían una mayor erogación.

Un nuevo proyecto que si avanza es el de Amarillo Grande, llevado adelante por la empresa Blue Sky Uranium en la provincia de Rio Negro. Dicho proyecto se encuentra todavía en su fase exploratoria, habiendo terminado su evaluación económica preliminar (Preliminary Economic Assessment -PEA-). El PEA es de naturaleza preliminar y se basa únicamente en Recursos Inferidos que se consideran demasiado especulativos geológicamente para que se les apliquen consideraciones económicas que les permitan ser categorizados como Reservas Minerales. Aun con un grado de incertidumbre elevado, es el proyecto que tiene mayores probabilidades de llegar a un estado productivo. El PEA estima posibilidad de extraer alrededor de 8000 t de uranio.

BSK UBICACIÓN DE LA PROPIEDAD

OFICINA DE EXPLORACION

2.7 RESTO DE LOS PROYECTOS PLANTEADOS EN EL PERIODO 2015-2019

En este período de cuatro años, la actividad nuclear tuvo un significante reacomodamiento en sus prioridades. Lo principal, ante el recorte presupuestario, fue el aseguramiento de los proyectos iniciados (CAREM, RA-10, Extensión de Vida de Embalse).

La cancelación y retraso en los proyectos de nuevas centrales nucleares impacta sobre todo en el sistema del ciclo de combustible nuclear, desde la minería del uranio, pasando por los suministros de centrales, como el agua pesada y los combustibles nucleares. Esto se traduce en paradas y demoras de algunos proyectos planteados en el plan de obras anterior, y, aunque no significa una cancelación total de los mismos, en el corto plazo, el sistema nuclear se resiente.

El plan de medicina nuclear fue refuncionalizado y racionalizado, pasando de una estrategia agresiva de instalación en ciudades medianas a la búsqueda de la "sustentabilidad del sistema", creando las condiciones económico-financieras para que dichos centros, fueran autofinanciados y no se transformen en una carga en los sistemas de salud locales. Traducido en obras, luego de la finalización de la primera etapa, la segunda viene con demoras y algún cambio en el alcance, retrasando el resto de las actividades.

Actividades sensibles como el enriquecimiento de uranio, se mantienen en su fase de experimentación y laboratorio, quedando proyectos más ambiciosos sujetos al desarrollo de una estrategia integral de desarrollo nuclear, que en estos momentos se presenta como compleja.

3

PLAN DE OBRAS 2020-2029

Para el período 2020-2029, el Plan de Obras presentará como principal proyecto al denominado Quinta Central Nuclear. Se mantiene el nombre ya que se considera que la central nuclear CAREM-25, si bien es un prototipo funcional, será la cuarta central que finalice su construcción en el país.

El proyecto Quinta Central contempla la compra llave en mano de un reactor nuclear tipo Hualong-1 o HPR1000, de uranio levemente enriquecido y agua liviana, desarrollado como reactor estándar de la República Popular de China. Tiene una potencia bruta de 1150 MW (1000 MWe Netos), y se espera que entregue más de 7.500 GWh de energía al año, incrementando en un 60% la capacidad nuclear instalada del país. Este proyecto se espera que se desarrolle a partir del año 2022, entrando en operación en el 2028.

Si bien no existen anuncios oficiales sobre nuevos reactores, la propuesta incluye un nuevo proyecto de central nucleoeléctrica, la sexta central nuclear. No se definen tecnologías ni proveedores, pero se espera que dicho proyecto sea realizado a partir de la premisa de maximizar la participación local. Este proyecto, comenzaría en el año 2025 y finalizaría en el 2031, con su operación fuera del alcance de este trabajo. Estos dos proyectos concentran más del 50% de la inversión en el período estudiado.

Adicionalmente, en el período 2020-2029 se debería definir el diseño y construcción de un CAREM a escala comercial. Actualmente se estudian diversas configuraciones de la central. Este tipo de reactores, más acordes con la capacidad industrial de nuestro país, permitirían desarrollar una serie de estrategias a largo plazo, con el objetivo de superar la principal barrera que tiene la energía nuclear a nivel mundial, su costo.

Con la cancelación y retraso de los proyectos nucleo eléctricos, baja también la cantidad de requerimientos en el denominado "Ciclo de Combustible Nuclear". Los proyectos para abastecimiento de uranio, de combustibles nucleares y de componentes tendrán una menor escala, contemplándose ampliaciones de plantas existentes en lugar de nuevas instalaciones.

En cuanto a Medicina Nuclear, se mantienen los objetivos de aumentar las capacidades para prevención, control y tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles. Con la etapa 1 del Plan Nacional de Medicina Nuclear finalizada, se espera en el corto plazo la implementación de la etapa 2, con tres nuevos centros más. La propuesta se complementa con las etapas 3 y 4, con diferentes niveles de complejidad, de manera de abarcar a prácticamente todas las provincias del país.

Es en este marco, el plan presentado para el período 2020-2029 incorpora las modestas definiciones actuales de la política nuclear, pero al mismo tiempo intenta presentar las bases para lo que debiera ser un desarrollo nuclear sostenido en un contexto de creciente demanda eléctrica, en un mundo que limita las emisiones de gases de efecto invernadero y el uso de combustible fósiles.

PRINCIPALES PROYECTOS PARA EL PERÍODO 2020-2029

Aun con un alcance menor al presentado en el plan de obras 2016-2025, para el presente plan de obras se espera que se finalicen los proyectos ya comenzados, que permiten a nuestro país generar nuevas capacidades, tanto en lo que es la generación nucleoeléctrica y todo su ciclo de combustible, como en la producción de radioisótopos. Los proyectos asociados a ambas líneas de trabajo desplegadas en el anterior plan de obras presentarán un retraso lógico por la demora y cancelaciones de algunas obras previstas para el período 2016-2025.

3.1 PROYECTO PWR CHINO – QUINTA CENTRAL NUCLEAR

Será el principal proyecto para desarrollar para el período 2020-2029. Luego de las idas y venidas para la ratificación de los dos acuerdos nucleares firmados por el gobierno anterior, quedó solamente en vigencia la central nuclear PWR tipo HUALONG-1 de origen chino. En junio de 2019 se firmó una Carta de Intención donde se ratificó la voluntad de Argentina y China para avanzar con la construcción de una central nuclear.

Se busca que la quinta central sea de uranio enriquecido y agua liviana. Esto es debido a que son centrales más económicas de operar, generan menos residuos y permitirían a Argentina avanzar en diferentes tecnologías para el desarrollo del reactor propio (CAREM) de manera más rápida y sencilla. Como así también se incursionará en la operación un nuevo tipo de reactores en el país, que tiene elevada participación en el mundo.

A diferencia de los acuerdos anteriores, donde el desarrollo del proyecto quedaba a cargo de NA-SA, el actual acuerdo presenta al contrato como llave en mano, con participación local de hasta un 40%.

El préstamo acordado es de USD 7.900 millones a 20 años. El préstamo chino será del 85% del total de la obra y el aporte local será de un 15%. A su vez, la tasa de interés que pagará la Argentina a China será de aproximadamente el 5,5%. Con los cambios en el alcance del proyecto, al final hubo una rebaja de casi USD 1.000 millones que logró la Argentina para el financiamiento base de inversión de la central que originalmente era de USD 9.000 millones y que ahora será de USD 7.900 millones.

Se estima que le inicio de las obras sean el año 2022 y el lugar escogido es el sitio Atucha, donde inicialmente iba la central tipo CANDU cancelada.

La central escogida es el Hualong-1 un reactor de origen chino. Tiene una potencia bruta de 1100 MW (1000 MWe Netos). Es la evolución de la línea de diseño de dicho país, que toma parte de los diseños de las centrales nucleares propias y de otros proveedores que se instalaron en China. Contiene además mejoras de diseño post-fukushima.

El reactor está diseñado para que tenga una vida útil de sesenta años, con un ciclo de recambio de combustible de 18 meses (operación ininterrumpida). Esto asegura una disponibilidad mayor al 90% en su operación. El reactor contiene un núcleo de 177 elementos combustibles que, una vez entrado en régimen, poseen un quemado promedio mayor a 45 GWd/tU. El recipiente de presión es el equipo más grande del mismo con una longitud superior a los 12 m, un diámetro interno de 4,34 m y un espesor de 22 cm. Está conformado por una aleación de acero con un recubrimiento especial de acero inoxidable austenítio al Cr-Ni AISI 309L, lo que garantiza soportar presiones de hasta 150 kg/cm2.

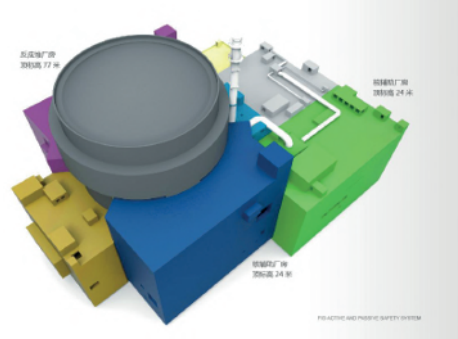
Como prácticamente todas las centrales nucleares que se construyen en la actualidad, adopta métodos para la reducción de tiempos constructivos y manejo del proyecto como ser la modularización de componentes. El plazo de construcción está estimado en 6 años. Durante la construcción se estima un pico de trabajadores de 5.500 y durante la operación (estimada en 60 años) alrededor de 900 trabajadores.

FICHA DE OBRAS NUCLEARES

PLAN DE ENERGÉTICO 2020 - 2029

PROYECTO	Quinta Central Nuclear
TIPO DE OBRA	Central Nuclear – Generación Eléctrica
LOCALIZACIÓN	Lima, partido de Zárate, Provincia de Buenos Aires

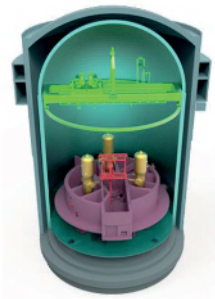
Sitio Atucha. Centrales nucleares Atucha I y II. Al fondo está el sitio destinado al emplaza-miento de la CN Atucha III



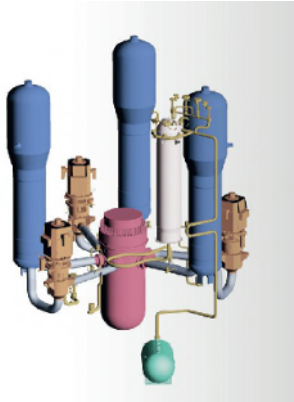
Edificios del reactor

MAQUETA ELECTRÓNICA DEL LAY OUT DEL REACTOR

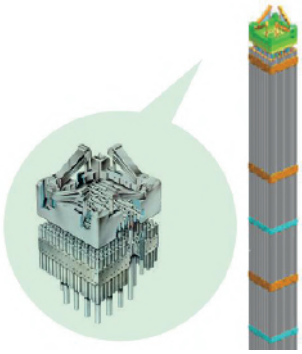
EDIFICIO DEL REACTOR:



Esquema de doble contención



Esquema del circuito primario. Recipiente de presión (rosa), intercambiadores de calor (azul), Bombas del primario (marrón claro), Presurizador (blanco)



Detalle elemento combustible:
Esquema de 17x17 barras (289)
264 vainas con combustible
24 barras estructurales
1 barra con instrumentación

FICHA DE OBRAS NUCLEARES

PLAN DE ENERGÉTICO 2020 - 2029

PLAN	Perfil

DESCRIPCIÓN
CARACTERÍSTICAS TECNICAS
DIMENSIONAMIENTO

La quinta central nuclear será un central tipo PWR (agua liviana, uranio enriquecido) del tipo Hualong 1 de diseño chino. Está diseñada para 60 años, con ciclos de combustible de 18 meses.

POTENCIA BRUTA DE LA CENTRAL	1100 MWe
POTENCIA TÉRMICA DEL REACTOR	3060 MWt
FACTOR DE PLANTA	0,9
CONSTRUCCIÓN	7 años
INVERSIÓN EN U$S	7900 millones
PORCENTAJE DE FINANCIAMIENTO LOCAL	15%
PORCENTAJE DE FINANCIAMIENTO EXTERNO	85%
PARTICIPACIÓN NACIONAL (LOCALIZACIÓN)	Hasta 40 %
PORCENTAJE OBRA CIVIL	25-30%
PORCENTAJE MONTAJE ELECTROMECÁNICO	45-50%
INGENIERÍA – LICENCIAMIENTO – OTROS	20-30%

JUSTIFICACIÓN
EFECTOS ESPERADOS
INTERÉS PARA LA POBLACIÓN
BENEFICIARIOS

La energía generada por la central será superior a 8 millones de MWh, permitiendo ahorros de más de 1700 millones de m3 de gas natural o su equivalente energético.

La energía generada representará alrededor del 6% de la oferta energética actual de Argentina.

Comparativamente hablando, la central nuclear podría abastecer más de 600.000 hogares, cantidad similar a la de la provincia de Entre Ríos.

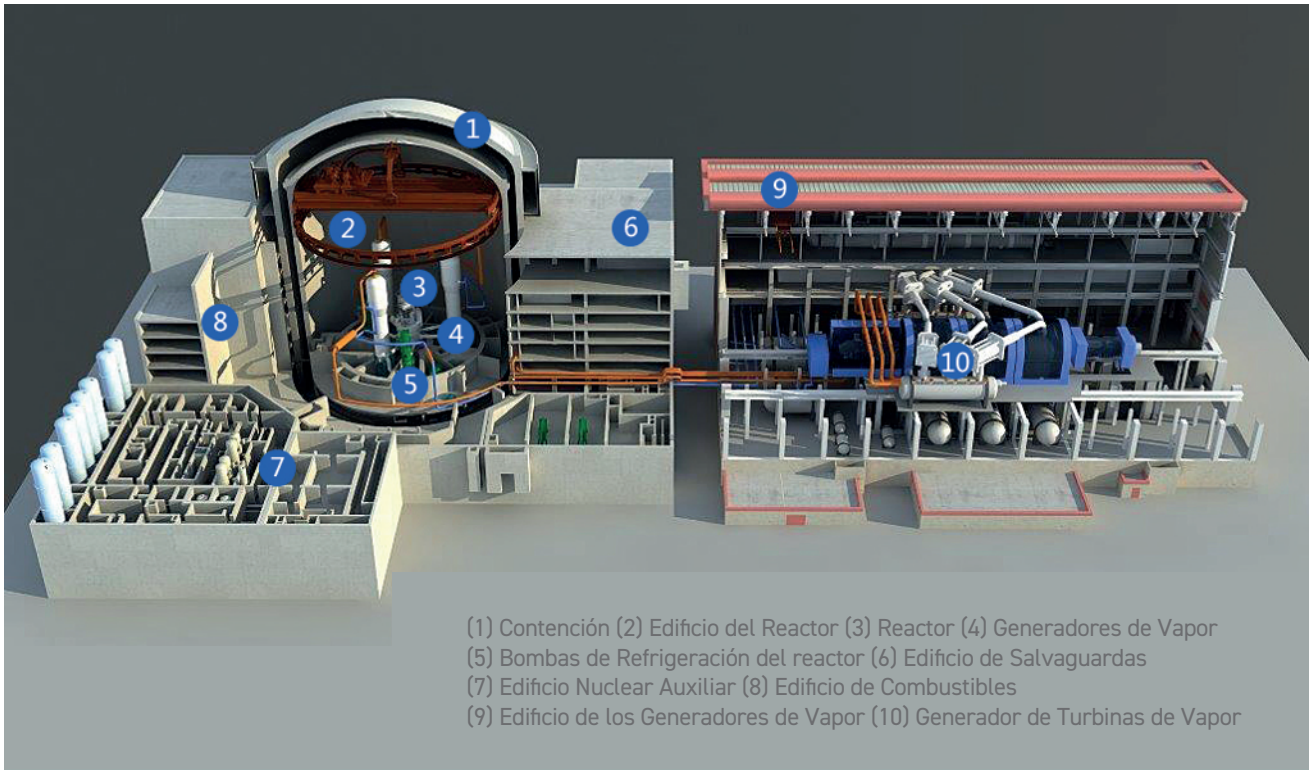
PLAZO DE EJECUCIÓN / REALIZACIÓN

6 años a partir de 2022

REACTOR HPR-1000 (HUALONG-1)

China ha desarrollado el diseño HPR-1000 (Hualong Pressurized Reactor 1000) basado en la experiencia completa de años desarrollo de ingeniería, construcción y operación de centrales nucleares, al igual a lo que sucedió en Argentina con los reactores CANDU. En línea con las regulaciones internacionales y chinas, el HPR1000 es una planta nuclear de tecnología avanzada.

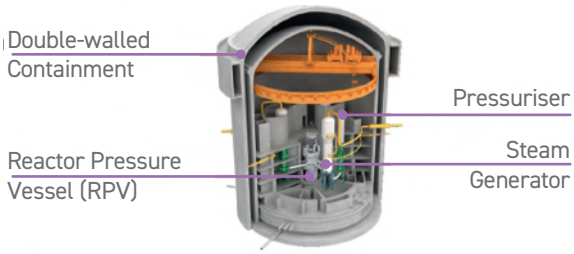
Además, HPR1000 ha combinado los requisitos y estándares seguridad avanzados, como los Safety Standards de la Agencia Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA), los European Utility Requirements (EUR) y otros códigos y normas internacionales. Una ventaja importante del HPR-1000 es que toma la experiencia de los aprendizajes de unidades similares en todo el mundo y se integran al diseño de esta, incluyendo lecciones aprendidas del accidente nuclear japonés de Fukushima.



(1) Contención (2) Edificio del Reactor (3) Reactor (4) Generadores de Vapor
(5) Bombas de Refrigeración del reactor (6) Edificio de Salvaguardas
(7) Edificio Nuclear Auxiliar (8) Edificio de Combustibles
(9) Edificio de los Generadores de Vapor (10) Generador de Turbinas de Vapor

El HPR1000 utiliza tecnología probada similar a la mayoría de otras centrales nucleares PWR (Reactores de Agua liviana Presurizada) actualmente en funcionamiento con éxito en todo el mundo. El funcionamiento es sencillo, a través de la fisión nuclear, el PWR produce calor, se genera vapor y el mismo transfiere calor a través del intercambio de calor en un sistema de tres circuitos, un sistema primario, un sistema secundario y un sistema de enfriamiento.

El HPR1000 está diseñado para ser más robusto y resistente que otros PWR, con tres sistemas de seguridad separados físicamente (3x100%), lo que baja en un orden de magnitud la posibilidad de un accidente, y una potente combinación de sistemas de seguridad activos y pasivos. La seguridad, la fiabilidad y la eficiencia económica de la planta se han mejorado sistemáticamente.



Corte transversal del edificio del reactor de la central, donde se muestran los principales equipos (doble pared de contención, recipiente de presión del reactor (RPV), presurizador y generadores de vapor)

3.2 PROYECTO ASOCIADO A LA QUINTA CENTRAL NUCLEAR

Asociado a la quinta central nuclear, el plan de obras pone a consideración la posibilidad de realizar una central nuclear en tándem con la quinta central, sujeta a la viabilidad de la primera central y disponibilidad de fondos y financiamiento para realizarla.

La central propuesta estaría desfasada en cuatro años su construcción. Esto permitiría realizar alguna economía de escala en relación con el proyecto nuclear conjunto.

El diseño sería similar al actual, de manera de no incurrir en nuevos costos de licenciamiento, ingeniería, o recertificaciones de materiales. Además, se podría incrementar la participación local, tanto en porcentaje como en complejidad de las tareas y componentes asignados.

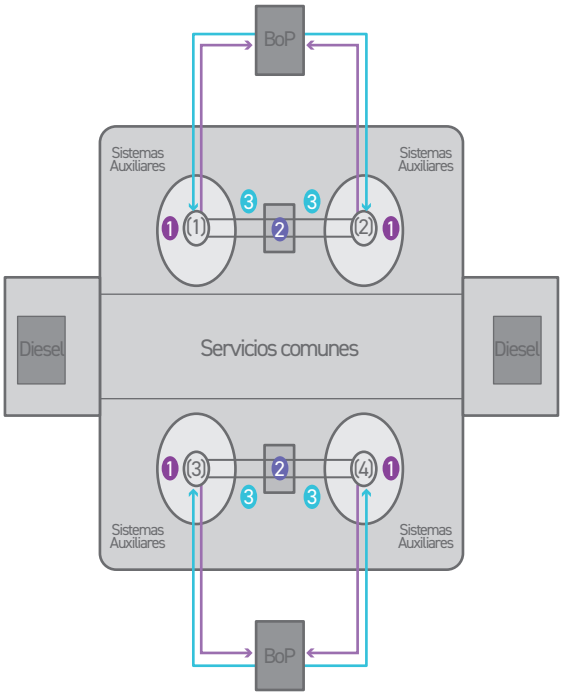
Por último, dos centrales nucleares abaratarían mucho la posibilidad de realizar los combustibles nucleares en forma local, con las licencias requeridas.

3.3 INICIO DEL PROYECTO DE CAREM ESCALA COMERCIAL

Una vez finalizado el proyecto del prototipo de la Central Nuclear CAREM, el paso siguiente lógico es escalar el proyecto a una capacidad comercial que sea el módulo comercial que finalmente se termine construyendo en el país.

El CAREM, como concepto de reactor evolutivo con sistemas de seguridad pasivos y circulación del primario por convección natural, podría ser escalado hasta los 120-150 MWe. Las configuraciones de las centrales que se evalúan pueden ser módulos simples, dobles o cuádruples, con una o dos turbinas que permitan reducir costos de infraestructura asociados al reactor.

Un objetivo es que la versión comercial del CAREM sea una central nuclear multi-modular y que mantenga las mismas bases de diseño de la seguridad nuclear, con incluso mejoras a la misma basada en las realimentaciones del diseño del prototipo. Una de las líneas propuestas es una configuración donde varios sistemas son compartidos para disminuir los costos y que además permita la construcción escalonada por módulos, de manera tal que convivan módulos ya en operación con otros en la fase de construcción. De esa manera coexisten flujos de caja negativos con otros positivos, lo que permite reducir el riesgo financiero.



Si se utilizarán bombas en el primario para asegurar la circulación del circuito primario, el proyecto podría ampliar su capacidad hasta unos 300 MWe.

En el presente trabajo se asume que el reactor será escalado a 120 MWe. Esto presenta ventajas constructivas y de licenciamiento ya que presentará el mismo concepto que el reactor CAREM-25.

Las características más notables del CAREM-25 y que se mantienen en el CAREM comercial son que el circuito primario es integrado y que el refrigerante circula por convección natural. La diferencia de temperatura entre la entrada y la salida de los generadores de vapor, que residen dentro del Recipiente de Presión (RPR), genera a su vez una diferencia de densidad, que es la fuerza impulsora del fluido en el primario del reactor.

Algunos costos preliminares realizados por el grupo que está realizando estos proyectos estima que el costo de un CAREM 480 (cuatro reactores con dos turbinas) es de aproximadamente 5000 USD/kW instalado.

3.4 ENRIQUECIMIENTO DE URANIO

El enriquecimiento de uranio es una actividad fuertemente influenciada por el contexto geopolítico, pero también es una de las fases esenciales para la sostenibilidad de un programa nuclear completo.

El enriquecimiento de uranio implica tener el desarrollo autónomo de todo el ciclo de combustible y el soporte de las exportaciones nucleares que podemos hacer como país, tanto de reactores CAREM como de reactores multipropósito. Todo esto le da seguridad al comprador de que Argentina es un proveedor confiable de suministros nucleares y que garantiza todo el ciclo de combustible. Pudiendo vender los combustibles sin depender de otro país que nos provea uranio enriquecido.

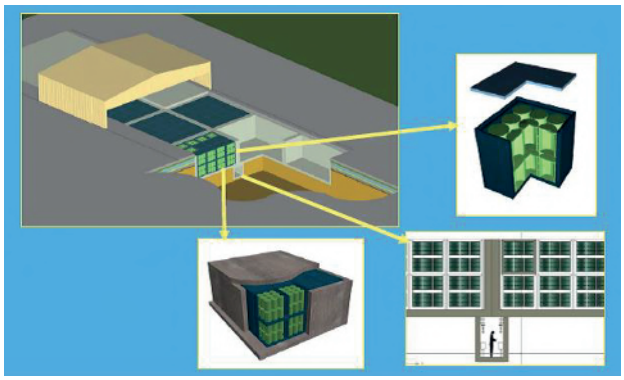
Por ello, la decisión actual es manejar las tres tecnologías necesarias para enriquecer uranio a escala de laboratorio (laser, centrífugas y difusión gaseosa) pero no llevarlas en el corto plazo a una escala industrial. Mantener el dominio de la tecnología para pasar a una escala industrial es una decisión política y solo puede pensarse en un marco de expansión de la actividad nuclear a nivel local.

3.5 REPOSITORIO DE BAJA Y MEDIA ACTIVIDAD

Una de las tareas planteadas para el período 2016-2025 que se mantiene, pero se pospone su inicio para después del año 2025 es la construcción de un repositorio (o almacén centralizado) para residuos de baja y media actividad, que concentre todos los residuos nucleares del país. Las tareas iniciales serán las de selección del emplazamiento, del sistema de disposición, el diseño conceptual del complejo y la comunicación política y social para lograr la aprobación de tan compleja iniciativa.

La tecnología utilizada para el almacenamiento de residuos de nivel medio es un repositorio de hormigón con doble barrera. Esto asegura el aislamiento por 300 años, tiempo en el cual se estima los residuos ya habrán dejado de ser radiactivos, por lo que se puede realizar una disposición común. En las figuras siguientes se observan dos maquetas electrónicas donde se puede apreciar el concepto de "la doble barrera".

CONTENEDORES DE ALMACENAMIENTO



CONTENEDORES DE HORMIGÓN

Arriba se observan los contenedores de almacenamiento (1° barrera) que se aíslan en contenedores de hormigón (2° barrera), abajo se observa el edificio de contención.

Para residuos de nivel bajo en cambio se opta por un repositorio de hormigón con barrera simple, esto asegura su aislamiento por 50 años.

En este caso, los plazos para la ejecución de los proyectos son fuertemente dependientes de la sensibilidad social y el apoyo político para realizar la tarea, ya que prácticamente todas las provincias tienen un régimen o ley que limita o prohíbe el traslado, procesamiento, almacenamiento de residuos radiactivos.

El proyecto contempla el inicio de las actividades en el año 2020, y que se extiendan por diez años, a un monto estimado de USD 400 millones.

3.6 MEDICINA NUCLEAR

Como se mencionó previamente, la instalación de centros de medicina nuclear se mantiene, aunque con un leve retraso. En la segunda etapa se presentan los centros de medicina nuclear en Pergamino, Salta y San Juan y el centro de protonterapia que será instalado en el Hospital Roffo, el primero de América Latina y el segundo del hemisferio sur. Estos proyectos están en proceso de búsqueda de financiamiento – CMN Salta, Protonterapia- mientras que los otros, más retrasados, todavía se encuentran en la etapa de acuerdos políticos para la firma de convenios.

CENTRO DE MEDICINA NUCLEAR DE ALTA COMPLEJIDAD SALTA

El Centro de Medicina Nuclear de Alta Complejidad (CMNAC) de la Provincia de Salta, tendrá alcance regional hacia todo el NOA y también sobre los países limítrofes, mediante un trabajo coordinado y conjunto del Gobierno de la Provincia de Salta, la CNEA y el Gobierno Nacional.

El centro estará orientado:

1. *Diagnóstico y Tratamiento: Cubrir las necesidades asistenciales de la Provincia de Salta y su región de influencia, entre las que se encuentran las provincias que comprenden el Noroeste Argentino, estas son: Salta, Jujuy, Santiago del Estero, Catamarca, Tucumán y La Rioja, y a los países limítrofes: Bolivia, Paraguay y Chile. Constituyéndose en la opción primaria en diagnóstico y tratamiento de los pacientes oncológicos mediante radioterapia.*

2. *Formación de Recursos Humanos: El Centro llevará adelante sistemas de Residencias Médicas con acreditación universitaria.*

3. *La Instalación de un Ciclotrón para la producción y desarrollo de radioisótopos y radiofármacos para diversos estudios que se realizan en el sector público y en el privado de toda la región.*

El terreno destinado al CMNAC, cuya titularidad es de la provincia de Salta, tiene una superficie total de 6097 m2, es un predio contiguo a las instalaciones del "Hospital Público Materno Infantil", y de la fundación H.O.Pe.

El CMNAC prevé dos etapas de ejecución, en la Etapa 1, se ejecutarán las obras destinadas a Diagnóstico y Tratamiento incluyendo: el Servicio de Imágenes (PET/CT, Tomografía Computada, Ecografía, Resonancia), Radioterapia con Acelerador, Laboratorio de Análisis clínicos, Quimioterapia y Braquiterapia. En la Etapa 2 se prevé la construcción del Ciclotrón y Laboratorio de Radiofarmacia

LA ETAPA 1 SE DESARROLLARÁ ÍNTEGRAMENTE EN EL TERRENO DESTINADO AL CMNAC DE 6097 M2.

La etapa 2 se desarrollará en las instalaciones con que cuenta la Regional Noroeste de la CNEA en la ciudad de Salta, la cual se encuentra a 6 km del CMNAC y a solo 9 minutos por la autopista que vincula ambos sitios, debido a que la Regional Noroeste de la CNEA cuenta con las habilitaciones del predio que requiere la ARN, y así mismo, cuenta con personal formado con experiencia en actividades radiológicamente expuesta.

SE ESTIMA QUE TENDRÁ UN COSTO DEL ORDEN DE LOS USD 30 MILLONES, COMENZANDO SU CONSTRUCCIÓN EN 2021.

INVAP realizará la ingeniería de detalle para la búsqueda de financiamiento por parte de los organismos internacionales.

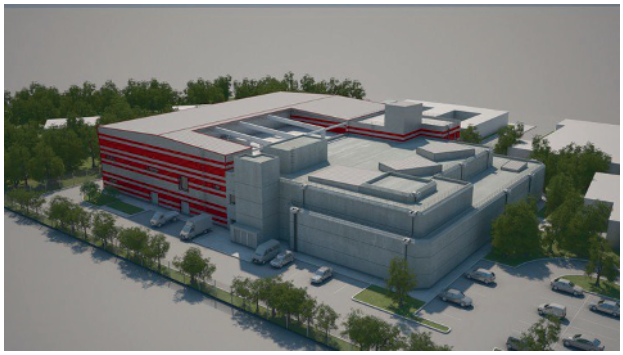
CENTRO DE PROTONTERAPIA

En la ciudad de Buenos Aires avanza la construcción del Centro Argentino de Protonterapia (CEARP), y estará dedicado a la investigación y el tratamiento de tumores de difícil acceso y/o pediátricos con terapia de protones. Se trata de un proyecto de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) que nació en 2015 e involucra a INVAP, la Universidad Nacional de Buenos Aires (UBA) y el Hospital de Pediatría Juan P. Garrahan.

El Centro Argentino se ubicará en un predio lindero al Instituto de Oncología Angel Roffo (UBA), tendrá una superficie de 7.858 m2 y contará con cinco plantas que albergarán un área de radioterapia convencional, una de protonterapia y otra destinada a la investigación. La inversión total es de 80 millones de dólares y está a cargo de la Secretaría de Energía.

FUTURO CENTRO DE PROTONTERAPIA

Maqueta electrónica



La nueva terapia para usar la radiación con protones se considera una técnica más segura y efectiva y hasta ahora es una práctica utilizada solo en ochenta centros especializados en todo el mundo, que operan principalmente en los Estados Unidos, Europa y Asia. Y también pronto será una realidad en Argentina.

A diferencia de los fotones, los protones causan un daño menor al tejido sano circundante al entrar en el organismo, y descargan la mayor parte de su energía de manera concentrada donde se encuentra el tumor. Una vez depositada esta energía en donde está ubicado el tumor, no se produce un daño adicional al tejido sano que se encuentra detrás de este ya que no hay una dosis de salida. Este fenómeno se conoce como pico de Bragg. Gracias a esto, el tejido sano resulta menos expuesto a la radiación, y las complicaciones del tratamiento son menores.

Para los profesionales, las ventajas de la terapia de protones son ciertas porque garantiza una mayor eficacia en el tratamiento de tumores y menos efectos secundarios. A diferencia de los fotones, de hecho, los protones causan menos daño a los tejidos sanos, descargando la mayor parte de su energía en el área afectada por el tumor.

La evidencia científica actual sugiere el uso de protones en un número creciente de casos con beneficios en comparación con otras técnicas de radioterapia, especialmente en el tratamiento de cánceres pediátricos, cáncer avanzado de cabeza y cuello, tumores oculares, carcinoma hepatocelular, tumores de la columna vertebral.

Según las estimaciones de las partes involucradas en el proyecto, en solo un año habrá alrededor de trescientos pacientes pediátricos con tumores del sistema nervioso central que se beneficiarán de la nueva terapia, además de unos 1.300 adultos. Siendo el único centro a nivel subcontinental, se estima, además, que más de siete mil pacientes podrían ser provenientes de países vecinos y más de 12 mil de toda América Latina.

El Centro Argentino de Terapia de Protones en Buenos Aires será el primero en Argentina y en toda América Latina. El objetivo es llevar el nuevo centro, con la maquinaria producida en Bélgica, en dos etapas entre 2021 y 2022.

4

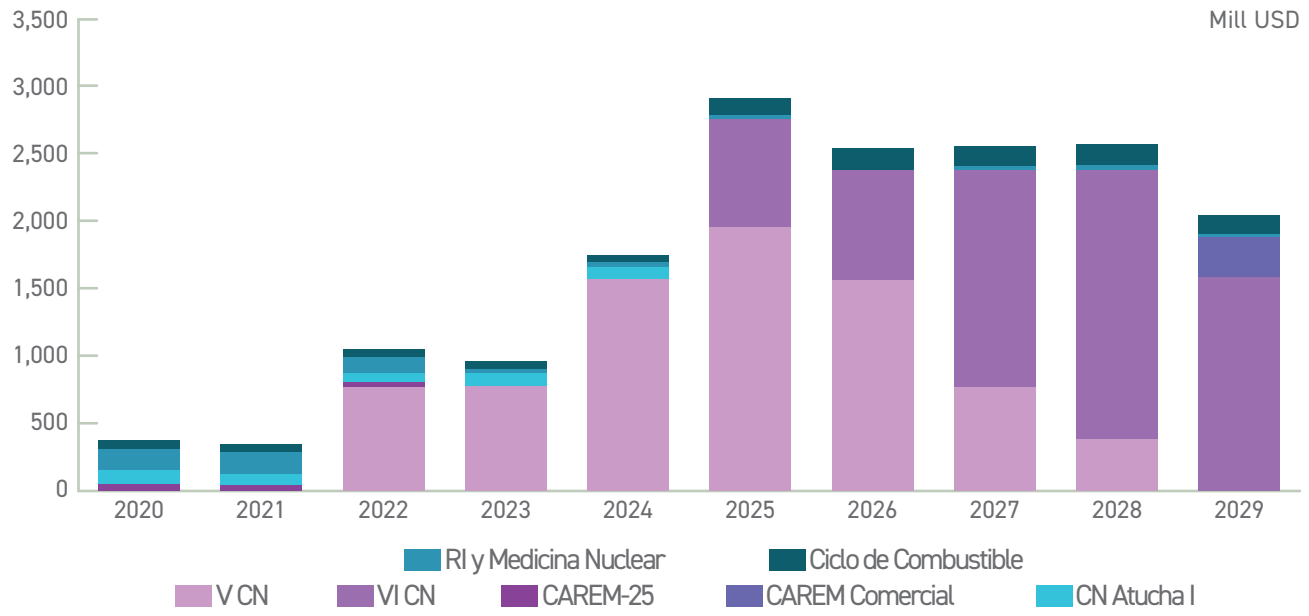
INVERSIONES

Para el período de estudio, las inversiones que se contemplaron están en el orden de los 17.000 millones de dólares, que, incluyendo el mantenimiento de las instalaciones, supera los 18.500 millones.

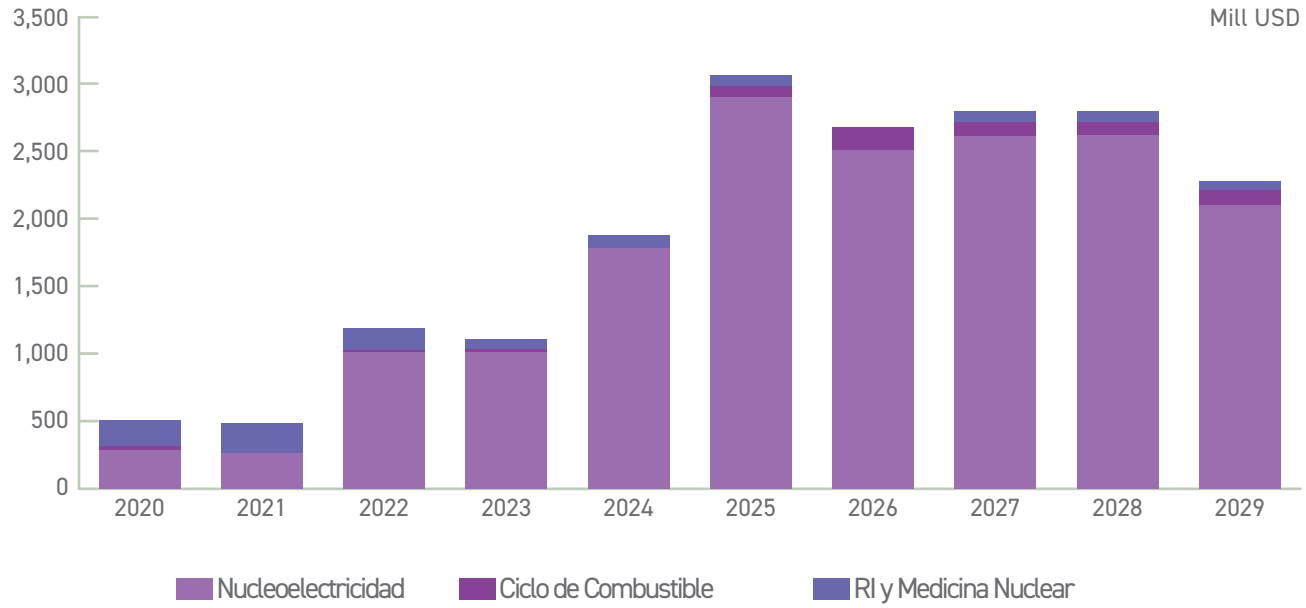
Los principales proyectos serán las dos centrales nucleares pensadas con un desfasaje de cuatro años, suponiendo que se mantienen los montos de inversión, esto significa que ambas se llevan más del 75% de las inversiones planteadas en todo el período de estudio, donde un 85% de los fondos requeridos por ambas centrales serán proporcionadas con fondos extranjeros provenientes de China.

Si se analizan los destinos, es decir los grupos de proyecto, se observa que el mayor monto (más del 90%) será destinado a la construcción de centrales nucleares, mientras que las inversiones del ciclo de combustible y medicina nuclear se llevan un porcentaje sensiblemente menor, sin que esto signifique que la importancia de los tres destinos sea similar.

INVERSIONES POR PROYECTO



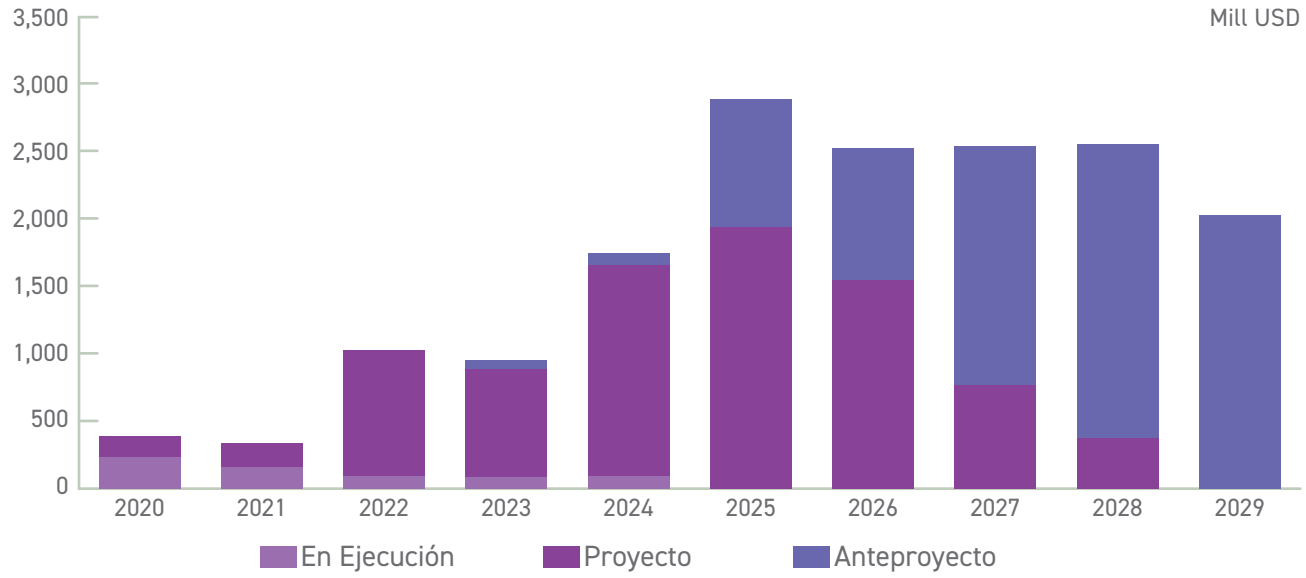
INVERSIONES POR DESTINO



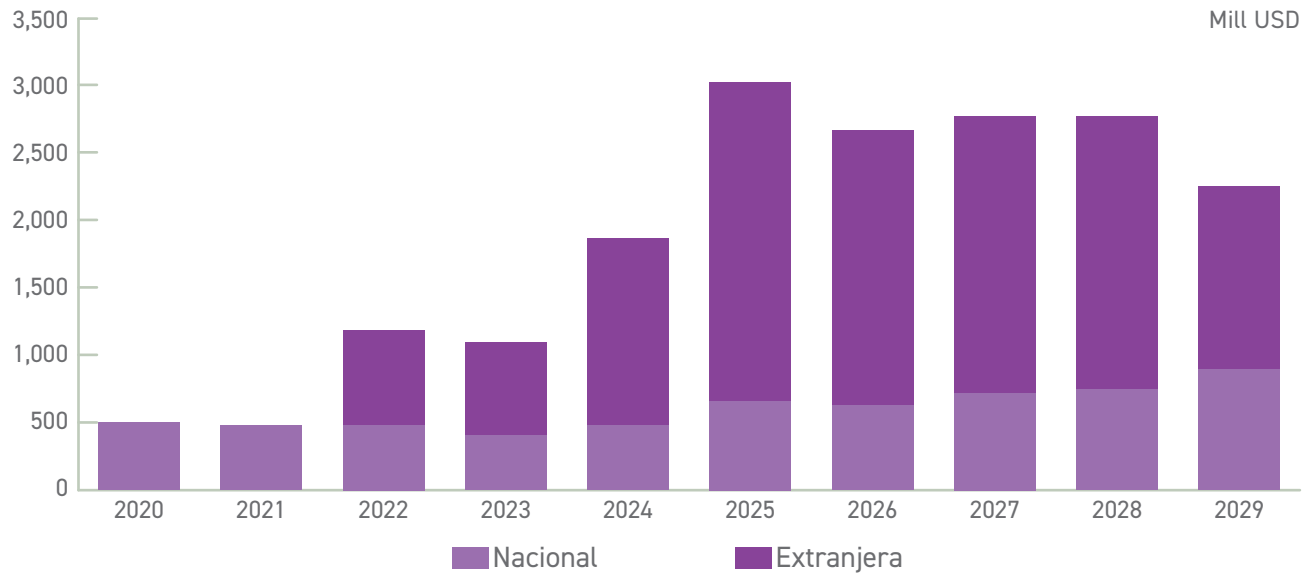
Por otra parte, se representaron las inversiones por estado de avance, es decir si ya se encuentran en ejecución, si son proyectos firmes, o si son un anteproyecto. Los montos considerados para el mantenimiento de las instalaciones son considerados en ejecución. Las inversiones consideradas en anteproyecto son las que tienen mayor incertidumbre en cuanto a los plazos y montos.

Finalmente se presenta la fuente de financiamiento del plan de obras nucleares. La fuente de financiamiento extranjera abarca exclusivamente a las grandes centrales nucleares. Como se mencionó en el acuerdo con China por la quinta central nuclear, este país se compromete a un financiamiento del 85% de la obra. Para la sexta se propuso un porcentaje similar, aun cuando todavía no se haya definido el esquema de financiamiento.

INVERSIONES POR ESTADO DE AVANCE DEL PROYECTO



INVERSIONES POR FUENTE DE FINANCIAMIENTO



5

JUSTIFICACIÓN Y CONDICIONAMIENTOS PARA UN PROGRAMA NUCLEAR.

Si bien esta propuesta está acotada temporalmente al plan de obras del sector nuclear, creemos que es fundamental contemplar un horizonte mayor para evaluar la sostenibilidad del sector nuclear. Consideramos que el desarrollo nuclear es más amplio que la incorporación de la nucleoelectricidad en la generación eléctrica es una herramienta para el desarrollo tecnológico e industrial del país. Al mismo tiempo, sabemos que debe hacerse de manera transparente, clara, participativa, y no a cualquier costo.

A continuación, presentamos las razones que llevan a pensar sobre la necesidad de desarrollar el sector nuclear en su conjunto y el marco conceptual sobre el cual la sostenemos.

A nivel mundial, existe una fuerte presión para descarbonizar las matrices energéticas. Esto es, dejar de usar combustibles fósiles, que computan más del 80% de la oferta primaria de energía, tanto global como de Argentina. El Acuerdo de París, celebrado en el año 2015, establece para el año 2050 sistemas energéticos neutros en carbono, donde las emisiones se compensen con sumideros de CO2, como puede ser el sector forestal. Este desafío es enorme.

A medida que el mundo busca reducciones más profundas en las emisiones de carbono del sector eléctrico, el costo incremental (respaldo firme, líneas de transporte, integración al sistema) de la energía proveniente de las energías renovables aumenta dramáticamente. En los niveles de "descarbonización profunda" que se han discutido ampliamente en las deliberaciones de política internacional, por ejemplo, un objetivo de emisiones para el sector eléctrico para 2050 que está muy por debajo de 50 gramos de dióxido de carbono por kilovatio hora de generación de electricidad (gCO2/kWh), incluyen la generación nuclear en la combinación de opciones de capacidad que ayuda a minimizar o limitar el aumento de los costos del sistema, lo que hace que alcanzar objetivos de emisiones más estrictos sea más realista (en todo el mundo, las emisiones del sector eléctrico actualmente promedian aproximadamente 500 gCO2/kWh). Reducir el costo de la tecnología nuclear puede ayudar a reducir el costo de cumplir objetivos de descarbonización aún más modestos (como un objetivo de emisiones de 100 gCO2/kWh).

La energía nuclear proporciona otros beneficios: reduce otros tipos de contaminación del aire asociados con la producción de electricidad por ejemplo emisiones de material particulado; Además, contribuye a la diversificación de las fuentes de combustible y la estabilidad de la red, tiene bajos requisitos de terreno y crea empleos bien remunerados. Estos beneficios son importantes en ciertos contextos; por ejemplo, la energía nuclear puede ser atractiva en países que no tienen suficiente superficie disponible para plantas de generación eléctrica o patrones climáticos adecuados para el despliegue a gran escala de energías renovables, o en países que buscan reducir el uso de

carbón para mejorar la calidad del aire, o en países que están preocupados por la seguridad y la fiabilidad de su suministro de energía.

Sin embargo, el principal atributo de la energía nuclear, generalmente aplicable, que puede justificar su crecimiento futuro a escala global es su naturaleza baja en carbono.

Esto significa reemplazar varios usos energéticos por su equivalente eléctrico (como ser autos eléctricos, o la calefacción residencial), que implicará un incremento en la demanda eléctrica. Simultáneamente, se debe trabajar para descarbonizar la generación eléctrica, donde el gas natural contabiliza más del 60% de la generación actual en Argentina. Para este desafío, creemos que todos los recursos energéticos bajos en carbono son necesarios ya que actúan de manera complementaria.

La demanda eléctrica en argentina para el año 2018 fue de 135 TWh de energía. Haciendo un cálculo tendencial, para el año 2030 ésta llegará a 190 TWh. Si extrapolamos dichas tendencias al año 2050, con algunas iniciativas de eficiencia energética, podemos estimar la demanda eléctrica para dicho año en 350 TWh de energía demandada.

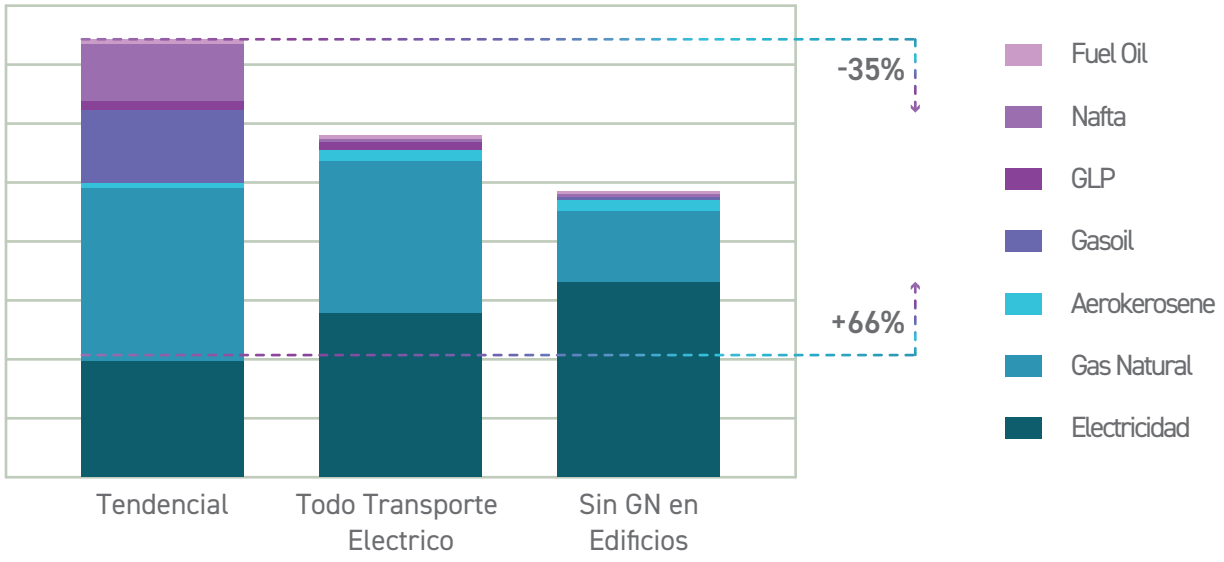
De acuerdo con el siguiente gráfico, donde se estiman todas las demandas energéticas finales al año 2050, un escenario tendencial de 350 TWh de energía eléctrica representa el 27% de la energía final demandada, considerando todos los otros combustibles usados.

Algunos cálculos aproximativos para obtener órdenes de magnitud se pueden realizar tomando como objetivo la eliminación de lo que es gas natural en edificios (residenciales, comerciales y públicos) o todos los combustibles usados en transporte en un hipotético escenario donde todo el transporte se electrifica.

Estos cambios en la demanda final son de largo plazo y es muy difícil que ocurran todos juntos, ya que, si bien la electrificación es uno de los principales drivers en la transformación energética, no son los únicos, donde también entran a jugar el hidrógeno como vector energético, y otros combustibles alternativos, además de un incremento en la eficiencia energética y gestión de demanda en todas las formas de uso.

Para tener un orden de magnitud, en estos escenarios planteados, el uso energético final se reduce en un 35%, mientras que el uso de la energía eléctrica aumenta un 66% más que en el caso tendencial, llegando a 550 TWh de demanda final para el año 2050.

DEMANDA DE ENERGÍA FINAL AL 2050 (ESTIMADA)



Este proceso sin duda es complejo y de largo aliento. No se superpone con el necesario desarrollo petrolero/gasífero de Vaca Muerta, sino que más bien, complementa y trasciende al mismo.

La nucleoelectricidad, corazón de cualquier programa nuclear, posee características que se complementan con el resto de las ofertas tecnológicas bajas en emisiones: hidroeléctrica, eólica y solar. Su generación de base permite, trabajando en conjunto con la hidroeléctrica, tener un sistema más estable, dada las condiciones variables del resto de la generación, permitiendo a los administradores del sistema eléctrico estabilizar el sistema de generación. Al mismo tiempo, dado los bajos costos de combustibles, estabiliza los costos de generación. Una vez amortizadas las centrales, la generación es de bajo coste, disminuye los picos de precios que ocurren en sistemas respaldados en energía térmica.

En términos de recursos usados, la energía nuclear también se destaca por los pocos recursos que utiliza en función de la energía generada en todo su ciclo de vida. Una central nuclear está diseñada con una vida útil de 60 años, solo superada por algunas represas hidroeléctricas.

La energía nuclear, al contrario de lo que la percepción pública le atribuye, es una de las energías más seguras que existen en el mundo. Si bien reconocemos que existe un largo camino para generar una aceptación social de la nucleoelectricidad, esto debe realizarse buscando los consensos necesarios y modos de implementación que permitan el desarrollo que visualizamos.

Además de la percepción pública, la energía nuclear tiene un problema mayor, su elevado costo en relación con otras tecnologías de generación, principalmente solar y eólica. El decrecimiento en los costos de capital de estas últimas contrasta notoriamente con el incremento en dichos costos de la energía nuclear. Los últimos datos respecto a la próxima central nuclear son elocuentes, 8.000 USD/kW-instalado de costo de capital. A esos costos, no hay programa que se sostenga.

Por lo mencionado previamente, los esfuerzos de reducción de costos deben centrarse no solo en el diseño de la central o en la tecnología específica del reactor, sino también en mejoras en la forma que se construye la planta en general y formas de acelerar el proceso de construcción, para reducir los costos e intereses durante este período.

Un desarrollo nuclear autónomo requiere un compromiso en el desarrollo de los sectores de recursos humanos y científico-tecnológicos de avanzada, llevando a un aumento en el grado de complejidad del sistema productivo nacional. Esta es una de las características más importantes del desarrollo nuclear, poniendo como ejemplo la evolución de INVAP, de ser una empresa creada para desarrollar proyectos nucleares a todo su impresionante desarrollo actual en el sector aeroespacial y en otras áreas.

Existen experiencias exitosas en el mundo que Argentina debiera replicar para transformar el actual modelo de construcción intermitente (una central cada 10 años) a un programa nuclear sostenido en el tiempo. Esto permitiría la repetición de un mismo modelo de centrales que llevaría a una baja en los costos de capital, por amortización de desarrollos tecnológicos y economías de aprendizaje y menores tiempos de construcción.

Entre las estrategias probadas para un exitoso plan nuclear de largo plazo se encuentran las siguientes:

- *Finalización completa del diseño de la central antes del inicio de la construcción.*
- *Desarrollo de una cadena de suministro confiable y probado para componentes del sistema de suministro de vapor nuclear (NSSS Nuclear Steam Supply System) y acceso a una fuerza laboral calificada.*
- *Inclusión de fabricantes y constructores en el equipo de diseño inicial, para asegurar que los componentes se puedan fabricar y que las estructuras se puedan construir según los estándares relevantes.*
- *Nombramiento de un solo gerenciador de contrato principal que tenga experiencia probada en la gestión de múltiples subcontratistas independientes.*
- *Establecimiento de una estructura de contratación en la que todos los contratistas (y*

subcontratistas) tengan un interés especial en el éxito del proyecto.

- *Adopción de procesos administrativos contractuales que permitan ajustes rápidos y no litigiosos a cambios no anticipados en los requisitos o el desempeño del subcontratista.*
- *Desarrollo del proyecto en un entorno regulatorio flexible que puede acomodar cambios pequeños e imprevistos en el diseño y la construcción de manera oportuna.*

Sumada a estas buenas prácticas constructivas de grandes proyectos, la modularización, cuando se usa juiciosamente en la construcción de plantas nucleares y en la fabricación de componentes, podría ser una estrategia viable de reducción de costos en diseños avanzados de reactores.

En países con altas tasas de mano de obra y baja productividad existen incentivos más fuertes para usar la construcción modular en fábricas y astilleros para reducir los requisitos de mano de obra (especialmente para mano de obra muy costosa en el sitio de la planta). Sin embargo, para estructuras, sistemas y componentes que son menos complejos, el ensamblaje in situ puede ser la opción menos costosa.

También las actividades de ingeniería civil en apoyo de la construcción de nuevos reactores se pueden realizar de manera modular mediante el empleo de estructuras que están diseñadas para ser fabricadas y ensambladas utilizando técnicas avanzadas de concreto cuando dicho enfoque es menos costoso que el convencional. La estandarización en el diseño (especialmente en sitios de unidades múltiples), el empotramiento debajo del nivel del suelo o bajo tierra y el aislamiento sísmico pueden reducir los costos de construcción y mejorar la seguridad.

Pensamos que el desarrollo del CAREM comercial, un reactor diseñado para ser realizado en forma modular y estandarizado debiera contemplar estas estrategias para una implementación exitosa del mismo. Los desafíos que enfrentan los sistemas energéticos a futuro son enormes. Por historia y capacidades generadas, Argentina puede utilizar a la energía nuclear para transformar parte de su matriz energética, y aportar a los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados por las Naciones Unidas.

Un programa nuclear debe ser de largo plazo, sostenido y donde su principal capital sea la acumulación de capacidades tecnológica-industriales y de generación de trabajo de calidad. Entendemos que esto es desarrollo genuino. Además de permitir que la energía nuclear se incluya en el mix energético, ese debe aprovechar esta tecnología para generar un desarrollo productivo, tecnológico e industrial de calidad en nuestro país, que trasciende las aplicaciones de generación de electricidad y tiene otras importantes aplicaciones como son preservar lo más valorado por las personas su salud y bienestar.

Cámara Argentina de la construcción

EL APORTE NUCLEAR A LA TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA

autor Gustavo Barbarán
Jorge Giubergia

diseño Hey, Baires!