



CAREM: ciencia, tecnología e industrialización

## CAREM: Ciencia, Tecnología e Industrialización

Por *Ricardo De Dicco y Federico Bernal*

Buenos Aires, Diciembre de 2008

El concepto CAREM (Central Argentina de Elementos Modulares) se basa en un reactor nuclear de potencia de “*Generation IV*” con seguridad inherente basada en sistemas pasivos, de construcción, operación y mantenimiento sencillos. El Proyecto CAREM-25, actualmente en curso, consiste en el prototipo de un reactor de 27 MW de potencia eléctrica neta. Futuros módulos del CAREM podrán alcanzar potencias de hasta 300 MWe netos. Diseñado por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), se espera que la culminación del prototipo CAREM-25 pueda llevarse a cabo en 2013.

La historia del Proyecto CAREM se remonta hacia fines de la década del '70, cuando la CNEA se propuso dar un paso muy importante en el desarrollo propio de reactores nucleares de potencia. En ese sentido, hacia 1984 la CNEA presenta en una conferencia internacional organizada por la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) en Lima, Perú, el concepto CAREM.

Durante el período 1985-1999 la CNEA seleccionó como contratista principal para el Proyecto CAREM a la prestigiosa empresa de alta tecnología INVAP Sociedad del Estado, para la realización de la ingeniería y la construcción de varias instalaciones de soporte al diseño con participación activa de especialistas de la CNEA. En ese sentido, se llevó a cabo la construcción del Complejo Tecnológico Pilcaniyeu, donde en 1997 fue emplazado el reactor experimental RA-8, desarrollado por la CNEA e INVAP, cuyo propósito principal sería empleárselo como conjunto crítico del reactor CAREM. No obstante, el Proyecto ETRR-2, reactor nuclear desarrollado por la CNEA e INVAP exportado a Egipto, consumió entre 1996 y 1998 fuerza de trabajo extra que significó un notable costo de oportunidad para el Proyecto CAREM.

Cabe señalar que el desarrollo del Proyecto CAREM sufrió en buena medida un desinterés absoluto por parte del Poder Ejecutivo Nacional a lo largo de toda la década del '90, en lo concerniente a inversión pública destinada a la innovación y desarrollo tecnológico y a la formación de recursos humanos calificados. En ese contexto de bajos recursos económicos asignados al Proyecto, resultan increíbles y notables los excelentes resultados obtenidos por parte de los ingenieros y científicos de la CNEA e INVAP.

Durante el período 2000-2006, si bien se puede apreciar la continuidad de ciertas actividades de desarrollo y modelado, en términos generales el ritmo del Proyecto CAREM disminuye drásticamente. Cabe destacar que el hecho más significativo relacionado al CAREM durante ese período fue la participación de la CNEA en el



proyecto internacional de reactores y ciclos innovadores (INPRO) del OIEA,<sup>1</sup> desde su inicio en el año 2001. Por ello mismo, sobre el final de este período muy lentamente se propone la idea de recuperar ciertas capacidades tecnológicas y de gestión de proyectos a través del CAREM.

En ese sentido, en 2006 se declara de interés nacional la construcción y puesta en marcha del Prototipo de Reactor CAREM, para la generación nucleoelectrica. A partir de esa decisión política del gobierno de turno, la CNEA junto a su cadena de valor explora distintas soluciones de organización. En ese contexto se decide también la reactivación de las obras pendientes en la Central Nucleoelectrica Atucha II, exigiendo así esfuerzos adicionales. No obstante, la demora en el comienzo de la construcción del CAREM permitió enriquecer conocimientos y experiencias en gestión de grandes proyectos nucleares y recuperar calificación de proveedores.

Durante 2006 y 2007 se recupera y clasifica la información de ingeniería. También se identifican grupos técnicos de la CNEA y se comienzan contrataciones completando especialidades, sumado a ello la formación básica específica. Por otra parte se crea la Gerencia CAREM y se realiza el primer costeo del reactor. Cabe destacar que la CNEA comienza un proceso de cambio para recuperar sus fortalezas en:

- diseño y construcción de reactores nucleares;
- recuperación de la tecnología de enriquecimiento;
- recuperación de la actividad de exploración y minera;
- producción de RI y desarrollos en medicina nuclear.

De acuerdo a la Gerencia CAREM, en 2008 se da por terminado el proceso de formación básico específico, se propone una nueva estructura organizativa y se establecen cronogramas para:

- construcción y Puesta en Marcha de la Central (2013);
- terminación y operación del Circuito de Alta Presión para el Ensayo de los Mecanismos de Control;
- preparación del Informe Preliminar de Seguridad.

Se reformula el Plan de Gastos e Inversiones, y comienza así la etapa de preparación para la construcción.

#### Adquisiciones y contrataciones:

- equipamiento para desarrollo del combustible nuclear;
- códigos de computadoras para la ingeniería;
- equipamiento necesario para el emplazamiento;
- equipamiento para el desarrollo de la I&C del CAREM;
- instalaciones experimentales y para grupos de trabajo;
- contrataciones de ingenierías, del estudio de impacto ambiental y de personal;

<sup>1</sup> INPRO (OIEA) trabaja en el desarrollo de metodologías para evaluar tecnologías nucleares innovadoras sobre bases regionales y nacionales y facilita la comunicación entre los países miembros.



- Evaluación preliminar de proveedores y pedidos de cotizaciones de: recipiente y generadores de vapor;
- acuerdos institucionales con NA-SA, INVAP y CONUAR.

A continuación se presenta un análisis FODA elaborado por la **Gerencia CAREM**:

Fortalezas:

- *Adecuado conocimiento y experiencia en las tecnologías que se necesitan*
- *Recursos humanos capacitados y en número suficiente en la Argentina y en la CNEA*
- *Proyecto comenzado hace muchos años y conocimiento adecuado de los sectores de la CNEA y empresas del sector nuclear*
- *Exposición nacional e internacional positivas*
- *Localización seleccionada con poco o ningún conflicto*
- *Sector nuclear capaz y con experiencia nacional e internacional.*

Oportunidades:

- *Recuperación del sector nuclear*
- *Apoyo de las autoridades nacionales y de la CNEA*
- *Presupuesto para toma de profesionales y técnicos jóvenes*
- *Proveedores del sector nuclear desarrollados*
- *Revalorización de la energía de origen nuclear*
- *Aceptación de la población circundante*
- *Recuperación CNEA como entidad senior del sector nuclear*
- *Necesidades de centrales tipo CAREM25*
- *Creación Centro de Servicios a Centrales Nucleares*

Debilidades:

- *Respuestas lentas en la gestión de adquisiciones y contrataciones y régimen de impugnaciones*
- *Régimen laboral no favorece el nombramiento de personal de alta calificación*
- *Bajos sueldos en comparación con el sector privado*
- *Proyecto comenzado hace muchos años, con varias interrupciones (baja "cultura de proyecto")*
- *Dinero que no se ejecuta en el período anual se "pierde"*
- *Grupos interesados en el no progreso del proyecto pueden sabotear el proyecto.*

Amenazas:

- *Dificultades para la obtención de insumos.*
- *Necesidades de personal del sector nuclear nacional y extranjero reducen posibilidades de obtener buenos profesionales*



- *Perturbaciones en las compras y contrataciones facilitadas por las leyes de transparencia del sector público demoran los procesos*
- *Cambios drásticos en las condiciones económicas internacionales y nacionales.*

<b>Características generales del Prototipo CAREM-25</b>	
Potencia Eléctrica neta	25 MW
Potencia Térmica	100 MW
Altura recipiente de presión	11 m
Diámetro interno del recipiente de presión	3,16
Inventario total de agua en recipiente de presión	53 m <sup>3</sup>
Enriquecimiento	3,1%
Longitud activa del núcleo	1,4 m
Diámetro equivalente del núcleo	1,31 m
Presión de operación	122,5 at
Temperatura de salida del núcleo	326 °C
Caudal nominal del núcleo	410 kg/s
Densidad volumétrica de potencia del núcleo	55 kw/l
Quemado medio de extracción	22000 MWd/t
Presión de vapor vivo	47 at
Grado de sobrecalentamiento del vapor	30 °C
Fuente: Gerencia CAREM – Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).	

Para mayor información sobre el Proyecto CAREM-25 consultar la website de la CNEA: <http://www.cnea.gov.ar>

También se puede consultar información adicional sobre el CAREM en las websites de INVAP Sociedad del Estado y del CLICET:

**Reactor CAREM:** <http://www.invap.net/nuclear/carem/index.html>

**CAREM: primer reactor de potencia 100% argentino:**  
[http://www.cienciayenergia.com/Contenido/tecnologia\\_nuclear/pdf/071130\\_i\\_rad\\_6.pdf](http://www.cienciayenergia.com/Contenido/tecnologia_nuclear/pdf/071130_i_rad_6.pdf)

**La importancia del CAREM para el desarrollo científico-tecnológico de Argentina:**  
[http://www.cienciayenergia.com/Contenido/tecnologia\\_nuclear/pdf/070710\\_f\\_rad\\_6\\_1.pdf](http://www.cienciayenergia.com/Contenido/tecnologia_nuclear/pdf/070710_f_rad_6_1.pdf)

**Ricardo De Dicco y Federico Bernal. Buenos Aires, 11 de Diciembre de 2008.**

A continuación se presentan las últimas novedades publicadas por la CNEA en relación al Proyecto CAREM:

## ***2/Mar/2009. Comenzó oficialmente la Evaluación de Impacto Ambiental del CAREM***

*La CNEA dio inicio formal a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) del Reactor CAREM, que estará a cargo de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda (UTN-FRA).*

*Así quedó establecido a través de un convenio entre la Comisión y esta Facultad, rubricado el pasado jueves 26 de febrero por la Lic. Norma Boero, Presidenta de la CNEA, y el Ing. Jorge Del Gener, Decano de la UTN-FRA, en un acto que contó con la presencia de autoridades de ambas entidades. La Lic. Boero ratificó ante los presentes que el Proyecto CAREM es una de las principales prioridades del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, resaltando el apoyo que la institución brindará en relación al estudio de Impacto Ambiental y a todo lo relacionado con el CAREM.*

*Además de los firmantes, participaron de la reunión el Ing. José Ernesto Gregui (Gerente de Área Seguridad Nuclear y Ambiente); el Dr. Gabriel Barceló (Gerente de Relaciones Institucionales); el Lic. Fabián Becerra (Jefe del Departamento Secretaría y Despacho); el Ing. Enrique Cinat (Gerente de Seguridad Radiológica y Nuclear); el Ing. Néstor Bárbaro (titular de la Gerencia Actividades Ambientales); el Lic. Heriberto Boado Magan (Gerente del CAREM); el Ing. Fernando Cunturis (responsable del Informe de Seguridad y Aspectos Ambientales del CAREM); el Ing. Jorge Calzoni (Secretario Académico de la UTN-FRA y ex vicepresidente de la CNEA); el Ing. Hipólito Choren (Director del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad); y la Ing. Cristina Speltini (Secretaria Departamental de la misma área).*

*Este acuerdo específico se inscribe dentro del Convenio Marco de Colaboración Recíproca N° 507 que establece la asistencia "en los campos de la investigación científica técnica, prestación de servicios, capacitación y diseño e implementación de programas de desarrollo" (originalmente firmado el 19/02/2003), y establece la creación de una Unidad de Coordinación, integrada por un miembro de CNEA y otro de la UTN-FRA, la cual estará a cargo de programar y supervisar las actividades y de aprobar los certificados de Avances Mensuales de las tareas realizadas.*

*El Ing. Choren explicó que la UTN-FRA cuenta con experiencia previa en la industria nuclear, ya que en el pasado ha realizado otros estudios de estas características, como por ejemplo el desarrollado en el Complejo Minero de Sierra Pintada, y destacó además el nivel técnico del plantel de profesionales tanto de la universidad, como de la CNEA.*

*Entre las principales tareas a desarrollar se destacan la evaluación de la condición ambiental de base y el relevamiento y análisis de los antecedentes estadísticos e históricos, información que será obtenida a partir del cruce de información con la CNEA y otros organismos relacionados.; el estudio detallado de los aspectos ambientales y de seguridad de las instalaciones nucleares y las convencionales de la central nucleoelectrónica; el análisis de las normativas vigentes para la elaboración de*



*la Matriz Legal del CAREM; la ejecución de modelos fisicomatemáticos de difusión en la atmósfera y en el curso de agua; el análisis de potenciales riesgos; y la elaboración de la Matriz de Impacto Ambiental.*

*Más allá del EIA propiamente dicho, que es fundamental no sólo por la importancia de una programación y un diseño responsables con el entorno del futuro reactor, sino también para obtener por parte de las autoridades bonaerenses el permiso de construcción, durante la reunión se hizo hincapié en la importancia de fomentar la actividad académica y la relación entre la CNEA, sus Institutos y las Universidades. En este sentido, la Lic. Boero destacó la relación que ha existido durante años con la UTN-FRA y manifestó su intención de generar un intercambio más fluido, a lo que el Ing. Del Gener expresó su predisposición para que esta relación siga por muchos años.*

*Por su parte, el Ing. Calzoni remarcó que la política de la UTN-FRA es favorecer la formación de profesionales en función de las necesidades del mercado, y adelantó que, mientras se están actualizando algunos planes de estudio con la intención de generar un mayor interés en las especializaciones por parte de los jóvenes, se trabaja también en la creación de un Doctorado en Química, una carrera de postgrado que se realizaría en conjunto con la CNEA.*

#### **2/Feb/2009. Se desarrollaron los estudios de suelo en la zona de emplazamiento del CAREM**

*La construcción del prototipo de reactor CAREM comenzó a materializarse a partir de la puesta en marcha de los trabajos de análisis de suelo, que se desarrollaron durante el mes de enero en el predio de la ex Planta Experimental de Agua Pesada (PEAP), situado en Lima, provincia de Buenos Aires, en el terreno lindante con la Central Nuclear Atucha I.*

*El pasado lunes 5 de enero comenzó formalmente la primera etapa de los trabajos geofísicos, geotécnicos y de topografía necesarios para establecer los fundamentos principales que regirán la construcción de las instalaciones del reactor. ALH Geofísica fue la empresa adjudicataria del proceso de contratación llevado a cabo por el área de Compras de la Gerencia CAREM durante 2008, que inició el trabajo con el replanteo topográfico de perfiles de Tomografía Eléctrica, la colocación de las primeras estacas y la medición geofísica del primer perfil. Hacia fines del mes de enero se presentó un primer informe, previo al que incluirá los resultados de las muestras enviadas al laboratorio.*

*El Lic. Heriberto Boado Magan, Gerente del CAREM, y el Coordinador de los estudios de suelo, Ing. Hugo Pirani, asistieron al predio durante las primeras jornadas para supervisar los primeros pasos del trabajo. El 8 de enero se sumó a estas actividades el Ing. Mauricio Bisauta, Vicepresidente de la CNEA, quien se interiorizó sobre el estado de avance del proyecto, materializando a la vez el apoyo que La Casa viene brindando al Proyecto.*



*Cabe recordar que las principales obras civiles a diseñar y construir formarán un conjunto edilicio que ocupará un área de aproximadamente 2.500 m<sup>2</sup> dentro de los 25 mil m<sup>2</sup> que constituirán la zona del reactor y demás edificios que integrarán el complejo. El predio de la ex PEAP tiene una superficie total de aproximadamente 10 hectáreas.*

*En lo referido a la construcción del reactor propiamente dicho, unos 1.000 m<sup>2</sup> se destinarán al sector central del edificio, que tendrá una mayor altura y peso respecto al resto de la construcción, además de que su función será crítica (ya que contendrá el recipiente de presión del reactor) y -por ende- la más importante. Esta obra estará constituida mayoritariamente por hormigón armado, tendrá una altura aproximada a los 45 m, un nivel inferior de subsuelo que estará a más de 8 m por debajo del nivel actual del terreno, y estará caracterizada por su gran rigidez y resistencia estructural, con un peso promedio de al menos el doble que el correspondiente a edificios convencionales destinados a viviendas.*

*El estudio del suelo tiene como objetivo general contar con información de tipo geofísica para identificar construcciones e instalaciones existentes, como también detectar rasgos geológicos y geotécnicos que sirvan para orientar la elección del sitio final de emplazamiento de los edificios a construir. Además posibilitará generar la información geotécnica y los criterios de decisión necesarios para favorecer el diseño ejecutivo de los cimientos y estructuras de las obras en óptimas condiciones de seguridad y previsibilidad.*






## NOTAS SOBRE LOS AUTORES

### Ricardo A. De Dicco

- Es especialista en Economía de la Energía y en Infraestructura y Planificación Energética del Instituto de Investigación en Ciencias Sociales (IDICSO) de la Universidad del Salvador.
- Especialista en Tecnología Nuclear y en Teledetección Satelital del Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT).
- Se desempeñó entre 1991 y 2001 como consultor internacional en Tecnologías de la Información y de las Telecomunicaciones Satelitales.
- A partir de 2002 inició sus actividades de docencia e investigación científica sobre la problemática energética de Argentina y de América Latina en el Área de Recursos Energéticos y Planificación para el Desarrollo del IDICSO (Universidad del Salvador), desde 2005 en la Universidad de Buenos Aires, a partir de 2006 como Director de Investigación Científico-Técnica del CLICeT, y desde 2008 es miembro del Observatorio de Prospectiva Tecnológica Energética Nacional (OPTE) de Argentina.
- También brindó servicios de consultoría a PDVSA Argentina S.A. y de asesoramiento a organismos públicos e internacionales, como ser la Comisión de Energía y Combustibles de la H. Cámara de Diputados de la Nación, el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios y la Organización de Naciones Unidas.
- Ha participado como expositor en numerosos seminarios y congresos nacionales e internacionales sobre la problemática energética de Argentina y de América Latina.
- Es autor de más de un centenar de informes de investigación y artículos de opinión publicados en instituciones académicas y medios de prensa del país y extranjeros.
- Entre sus últimas publicaciones, se destacan: *"2010, ¿Odisea Energética? Petróleo y Crisis"* (Editorial Capital Intelectual, Colección Claves para Todos, Buenos Aires, 2006), co-autor de *"La Cuestión Energética en la Argentina"* (FCE-UBA y ACARA, Buenos Aires, 2006), de *"L'Argentine après la débâcle. Itinéraire d'une recomposition inédite"* (Michel Houdiard Editeur, París, 2007) y de *"Cien años de petróleo argentino. Descubrimiento, saqueo y perspectivas"* (Editorial Capital Intelectual, Colección Claves para Todos, Buenos Aires, 2008).


Correo electrónico: [dedicco@yahoo.com.ar](mailto:dedicco@yahoo.com.ar)

	<b>Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas</b>
<a href="http://www.cienciayenergia.com">http://www.cienciayenergia.com</a>	<b>Buenos Aires, República Argentina</b>
<b>Ciencia y Energía es la Publicación Oficial del CLICeT</b>	

## Federico Bernal

- Es bioquímico y biotecnólogo de la Universidad de Buenos Aires.
- Fue becario de investigación en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en el Instituto Nacional de Alimentos (INAL) y en el Instituto Nacional de Medicamentos (INAME).
- Desde hace varios años se desempeña como Director Ejecutivo de la Sociedad Iberoamericana de Información Científica (SIIC) y como Director Editorial del Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT).
- También se desempeña como colaborador del Área de Recursos Energéticos y Planificación para el Desarrollo del IDICSO (Universidad del Salvador), y como columnista especializado en materia energética de los periódicos Página/12, Buenos Aires Económico y del mensuario Le Monde Diplomatique "el Dipló" (Edición Cono Sur).
- En 2006 fue conductor del programa de TV por cable "Conciencia y Energía", transmitido por Canal Metro.
- Ha participado como expositor en numerosos seminarios y congresos nacionales e internacionales sobre la problemática energética de Argentina y de América Latina.
- Entre sus últimas publicaciones, se destacan: *"Petróleo, Estado y Soberanía. Hacia la empresa multiestatal latinoamericana de hidrocarburos"* (Ed. Biblos, Buenos Aires, 2005) y co-autor de *"Cien años de petróleo argentino. Descubrimiento, saqueo y perspectivas"* (Editorial Capital Intelectual, Colección Claves para Todos, Buenos Aires, 2008).
- Es bisnieto del Ing. Enrique Hermitte, descubridor del petróleo argentino en Comodoro Rivadavia, el 13 de Diciembre de 1907.

Correo electrónico: [editorial@cienciayenergia.com](mailto:editorial@cienciayenergia.com)

	<b>Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas</b>
<a href="http://www.cienciayenergia.com">http://www.cienciayenergia.com</a>	<b>Buenos Aires, República Argentina</b>
<b><i>Ciencia y Energía</i> es la Publicación Oficial del CLICeT</b>	



### **Staff del CLICeT**

#### **Dirección Editorial**

Federico Bernal y Ricardo De Dicco  
[editorial@cienciayenergia.com](mailto:editorial@cienciayenergia.com)

#### **Dirección de Investigación Científico-Técnica**

Ricardo De Dicco y José Francisco Freda  
[investigacion@cienciayenergia.com](mailto:investigacion@cienciayenergia.com)

#### **Dirección Comercial y Prensa**

Juan Manuel García  
[comercialyprensa@cienciayenergia.com](mailto:comercialyprensa@cienciayenergia.com)

#### **Dirección de Arte y Diseño Gráfico**

Gabriel De Dicco  
[webmaster@cienciayenergia.com](mailto:webmaster@cienciayenergia.com)



**Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas**

<http://www.cienciayenergia.com>

**Buenos Aires, República Argentina**

*Ciencia y Energía* es la Publicación Oficial del CLICeT



## Coordinadores de los Departamentos de la Dirección de Investigación Científico-Técnica

- ***Latinoamérica e Integración Regional***  
Gustavo Lahoud y Federico Bernal
- ***Defensa Nacional, Seguridad Hemisférica y Recursos Naturales***  
Gustavo Lahoud
- ***Industria, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo***  
Federico Bernal y Ricardo De Dicco
- ***Agro, Soberanía Alimentaria y Cuestión Nacional***  
Federico Bernal y José Francisco Freda
- ***Estadística, Prospectiva y Planificación Energética***  
Ricardo De Dicco, José Francisco Freda y Alfredo Fernández Franzini
- ***Energía en Argentina***  
Federico Bernal y José Francisco Freda
- ***Energía en el Mundo***  
Gustavo Lahoud y Facundo Deluchi
- ***Energías Alternativas***  
Juan Manuel García y Ricardo De Dicco
- ***Combustibles Renovables***  
Juan Manuel García y Federico Bernal
- ***Tecnología Nuclear Argentina***  
Ricardo De Dicco y Facundo Deluchi
- ***Tecnología Aeroespacial***  
Ricardo De Dicco y Facundo Deluchi



Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas

<http://www.cienciayenergia.com>

Buenos Aires, República Argentina

*Ciencia y Energía* es la Publicación Oficial del CLICeT