

# La importancia del CAREM para el desarrollo y emancipación científico-tecnológica de Argentina



*Ciencia y Energía*

Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas

# ***La importancia del CAREM para el desarrollo y emancipación científico-tecnológica de Argentina***

**Por *Ricardo A. De Dicco***

**Buenos Aires, Julio de 2007**

## **TABLA DE CONTENIDOS**

<b>El CAREM: una necesidad estratégica.....</b>	<b>1</b>
Anexo estadístico de la dependencia hidrocarburífera de Argentina .....	3
<b>CAREM for export.....</b>	<b>7</b>
<b>Apéndice de Imágenes del CAREM .....</b>	<b>11</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>22</b>

**Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT)**

**<http://www.cienciayenergia.com>**

**Buenos Aires, República Argentina**

***Ciencia y Energía* es el Portal de Internet Oficial del CLICeT**

## **El CAREM: una necesidad estratégica**

**D**esde su creación hace 57 años, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) ha contribuido enormemente al desarrollo de la tecnología nuclear en Argentina y en el mundo, desde la formación de técnicos altamente calificados, pasando por la construcción de reactores de investigación, de producción de radioisótopos de aplicación industrial y medicinal, centros atómicos y tecnológicos, aceleradores de partículas, planta de producción de agua pesada, plantas de irradiación, planta de purificación de uranio, extracción minera de uranio, a la participación en la construcción de tres centrales nucleares (dos de ellas en operación y una en construcción) y al diseño totalmente propio y original de una central nuclear: proyecto CAREM.

La Central Argentina de Elementos Modulares (CAREM), es una central de cuarta generación, con seguridad inherente basada en sistemas pasivos, de construcción, operación y mantenimiento sencillos y con un rango de potencias que va de los 25 o 27 MW en las versiones más modestas, hasta los 300 MW en las más complejas.

Ante el presente escenario de crisis energética mundial, del cual Argentina no se encuentra ajeno, resulta estratégico la construcción urgente de un prototipo de 25 MW y casi simultáneamente la construcción de un módulo de 300 MW del CAREM, para luego construir en serie módulos de 300 MW y ubicarlos en proximidades de las mayores aglomeraciones urbanas y parques industriales del país.

Dicha urgencia se explica por el horizonte de vida de las reservas comprobadas de hidrocarburos de Argentina, que alcanza al nivel de extracción actual para menos de 8 años, considerando que la dependencia del aparato productivo nacional de estos recursos naturales no renovables se mantiene aun en el 90% (la nuclear el 2,5%), y que en la matriz de suministro eléctrico los hidrocarburos, particularmente el gas natural, mantienen algo mas del 50% (la nuclear el 8%).

Por otra parte, al existir en el país zonas sin provisión de energía eléctrica ni desarrollo socioeconómico, desiertos demográficos internos a las cuales resultaría carísimo llegar con líneas de alta tensión, en tales lugares, al crear un “oasis energético” mediante la instalación de módulos CAREM, se puede revertir el panorama socioeconómico al suministrar electricidad segura, y asegurar la viabilidad de cualquier emprendimiento económico local, sea minero o transformativo, sin la necesidad de líneas de alta tensión. Es mas, en una de sus varias versiones, el CAREM está incluso pensado para desalinizar agua de mar en desiertos costeros de la Patagonia.

En la década del '70 para suministrar energía eléctrica a la planta de aluminio ALUAR SA, ubicada en Puerto Madryn, sobre la costa atlántica de la Provincia de Chubut, se construyó la central hidroeléctrica Futaleufu de 475 MW de potencia, que al estar ubicada sobre el río cordillerano homónimo se tuvo que invertir en el tendido de una línea de alta tensión de centenares de kilómetros, atravesando toda la estepa patagónica de oeste a este; y también se construyó una central térmica (consume gas natural), que en los últimos años se la convirtió a ciclo combinado, de 260 MW de potencia.

Esta combinación de equipos de generación de energía eléctrica favoreció el desarrollo socioeconómico y cultural de Puerto Madryn, así como también el crecimiento de la producción de aluminio de ALUAR, a tal punto que alcanza un techo de producción debido al pico de suministro de energía provisto por las usinas mencionadas, para lo cual el Estado Nacional financió el tendido de la línea de alta tensión de 500 kV entre Choele-Choel y Puerto Madryn, lográndose la primera etapa de interconexión del Mercado Eléctrico Mayorista con el Mercado Eléctrico Mayorista del Sistema Patagónico.

Cuando la central térmica a gas natural de ALUAR no pueda suministrar más energía eléctrica por escasez del mencionado hidrocarburo, tendrá que ser un módulo CAREM de 300 MW el que deba reemplazar a dicho equipo de generación. Incluso cuando la demanda en la producción de aluminio de ALUAR se encuentre próxima a superar la oferta de energía actual de ambas usinas, se tendrá que planificar la construcción de un segundo módulo CAREM de 300 MW, a fin de evitar el tendido de una segunda línea de alta tensión, y ahorrarle así energía al país. En ese sentido, el primer módulo para ALUAR debería estar operativo en 2012 y el segundo en 2015.

Los parques industriales de Córdoba, de Rosario-San Lorenzo, del Noreste de Buenos Aires y del Conurbano Bonaerense requerirán independizarse del suministro gasífero y de fuel-oil en los próximos cinco años, para evitar problemas de disponibilidad de hidrocarburos y productos derivados, peores de los que hoy se presentan.

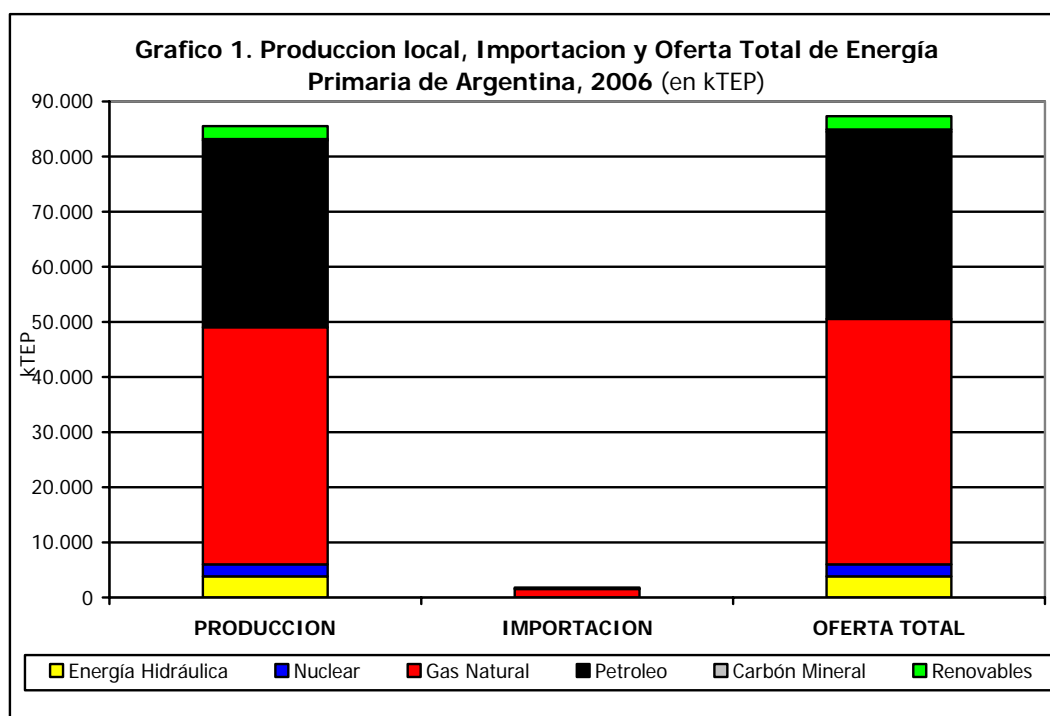
Entonces, para satisfacer la demanda de energía eléctrica de dichas industrias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba, que permitirán mantener puestos de trabajo en las restantes ramas de actividad, se tendrá que construir una decena de centrales nucleares de 700/900 MW de potencia entre 2012 y 2022, inversión que necesariamente deberá realizar el Estado Nacional. No obstante, el sector privado representante de dichas industrias deberá financiar en el corto plazo la construcción de al menos media docena de módulos CAREM de 300 MW, si desea continuar beneficiándose del actual modelo industrial de ventajas competitivas, pues de lo contrario no podrá seguir exportando.

Por ejemplo, un parque industrial que consume 100 MW, con un CAREM de 300 MW puede satisfacer su demanda y comercializar en el Mercado Eléctrico Mayorista el excedente; es decir, en el mediano plazo puede recuperar gran parte de la inversión.

### Anexo estadístico de la dependencia hidrocarburífera de Argentina

**Cuadro 1. Oferta Total de Energía Primaria de Argentina, incluyendo la Producción local, la Importación y la Variación de Stock, año 2006 (en miles de toneladas equivalentes de petróleo y porcentajes)**

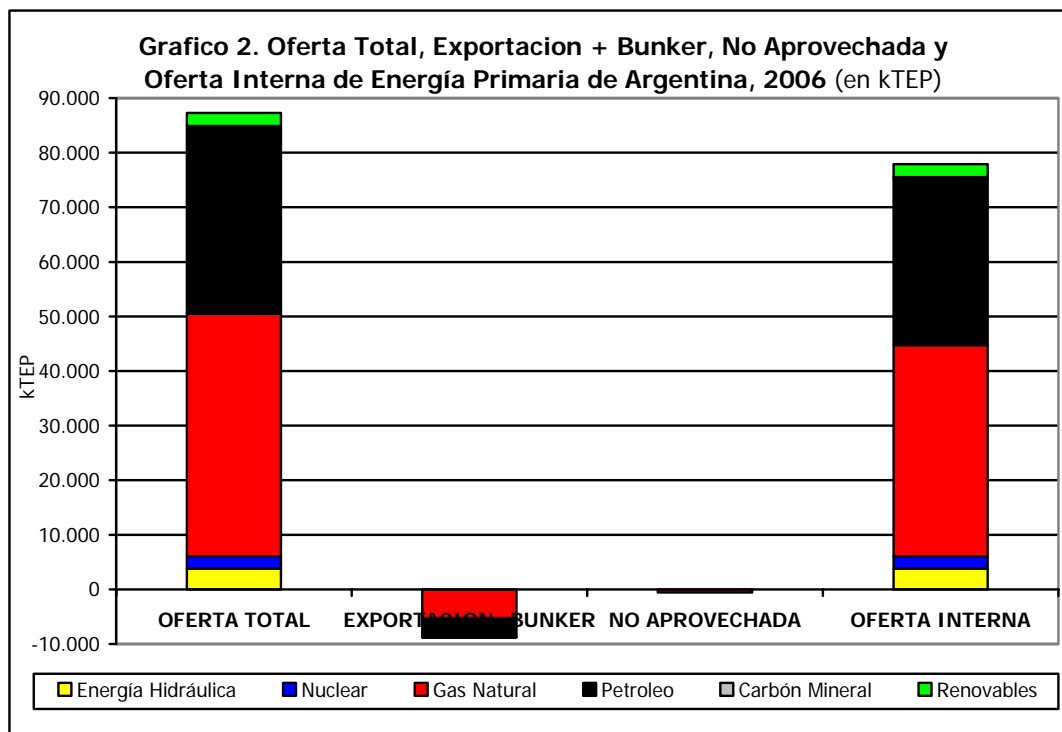
Formas de Energía Primaria	Producción local (kTEP)	Importación (kTEP)	Variación de Stock (kTEP)	OFERTA TOTAL (kTEP)	Participación Porcentual
<b>Hidrocarburos</b>	<b>77.110</b>	<b>1.815</b>	<b>-17</b>	<b>78.909</b>	<b>90,4</b>
<i>Gas Natural</i>	43.004	1.518	0	44.523	51,0
<i>Petróleo</i>	33.854	79	0	33.933	38,9
<i>Carbón Mineral</i>	252	218	-17	453	0,5
<b>Hidroenergía</b>	<b>3.816</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.816</b>	<b>4,4</b>
<b>Nuclear</b>	<b>2.219</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2.219</b>	<b>2,5</b>
<b>Renovables</b>	<b>2.372</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2.372</b>	<b>2,7</b>
<b>TOTAL</b>	<b>85.517</b>	<b>1.815</b>	<b>-17</b>	<b>87.316</b>	<b>100,0</b>



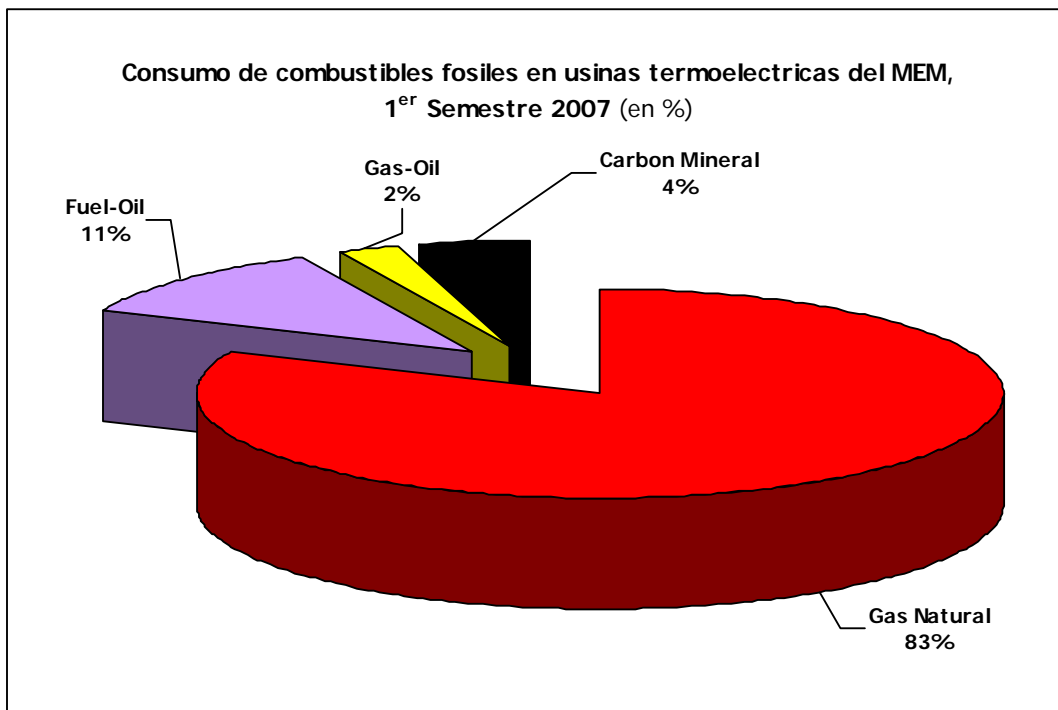
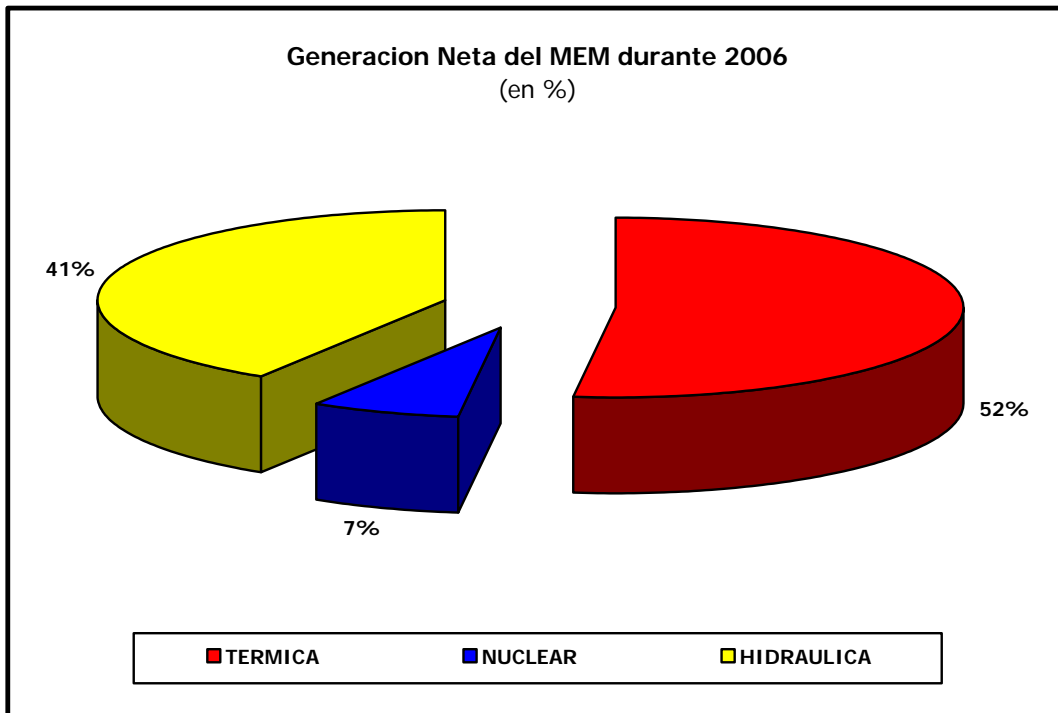
Fuente: elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Energía de la Nación.

**Cuadro 2. Oferta Interna de Energía Primaria de Argentina, incluyendo Oferta Total, Exportación + Bunker y Energía No Aprovechada, año 2006 (en miles de toneladas equivalentes de petróleo y porcentajes)**

Formas de Energía Primaria	Oferta Total (kTEP)	Exportación y Bunker (kTEP)	Energía No Aprovechada (kTEP)	OFERTA INTERNA (kTEP)	Participación Porcentual
<b>Hidrocarburos</b>	<b>78.909</b>	<b>-8.817</b>	<b>-575</b>	<b>69.515</b>	<b>89,3</b>
<i>Gas Natural</i>	44.523	-5.229	-575	38.719	49,7
<i>Petróleo</i>	33.933	-3.520	0	30.414	39,1
<i>Carbón Mineral</i>	453	-68	0	382	0,5
<b>Hidroenergía</b>	<b>3.816</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.816</b>	<b>4,9</b>
<b>Nuclear</b>	<b>2.219</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2.219</b>	<b>2,8</b>
<b>Renovables</b>	<b>2.372</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2.372</b>	<b>3,0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>87.316</b>	<b>-8.817</b>	<b>-575</b>	<b>77.922</b>	<b>100,0</b>



Fuente: elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Energía de la Nación.



Fuente: elaboración propia en base a datos de CAMMESA.

**Cuadro 3. Remanente de reservas comprobadas (hasta el final de la concesión), volúmenes de extracción y horizonte de vida de petróleo y gas natural al 31/12/2006 (en millones de metros cúbicos y años)**

<b>Hidrocarburo</b>	<b>Reservas Comprobadas (millones de m<sup>3</sup>)</b>	<b>Extracción (millones de m<sup>3</sup>)</b>	<b>Relación R/E (años)</b>
<b>PETRÓLEO</b>	<b>305,7</b>	<b>38,3</b>	<b>8,0</b>
<b>GAS NATURAL</b>	<b>406.286</b>	<b>51.812</b>	<b>7,8</b>

Fuente: elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Energía de la Nación.



## CAREM for export

**D**ebe considerarse los frutos económicos de una posible exportación en serie de esta tecnología. En ese sentido, de acuerdo a estudios de mercado realizados por la CNEA, existe una demanda insatisfecha en la oferta nucleoelectrica mundial que únicamente el CAREM podría satisfacer.

Dicho mercado esta conformado por 20 países subdesarrollados que necesitan urgentemente diversificar el riesgo de oferta energética, como por ejemplo Chile, que carece de acceso propio a la tecnología nuclear. Para poder familiarizarse con la misma, INVAP señala que:

“(...) lo único que se puede comprar “de anaquel” en el Hemisferio Norte son centrales de tercera generación de gran tamaño y complejidad, rígidamente pensadas para países ricos, con grandes redes eléctricas, mucha industria propia capaz de proveer insumos, y bolsillos muy profundos. Esta oferta arranca en los 300 MW la unidad, y llega a los 1600.

Sin embargo, los 20 países estudiados por la CNEA necesitarán entre 18 y 34 centrales nucleares chicas, con menos de 150 MW eléctricos por unidad. Esto debería suceder de aquí a 15 años. Y lo único pensado para esa oferta y con madurez técnica como proyecto es el CAREM.

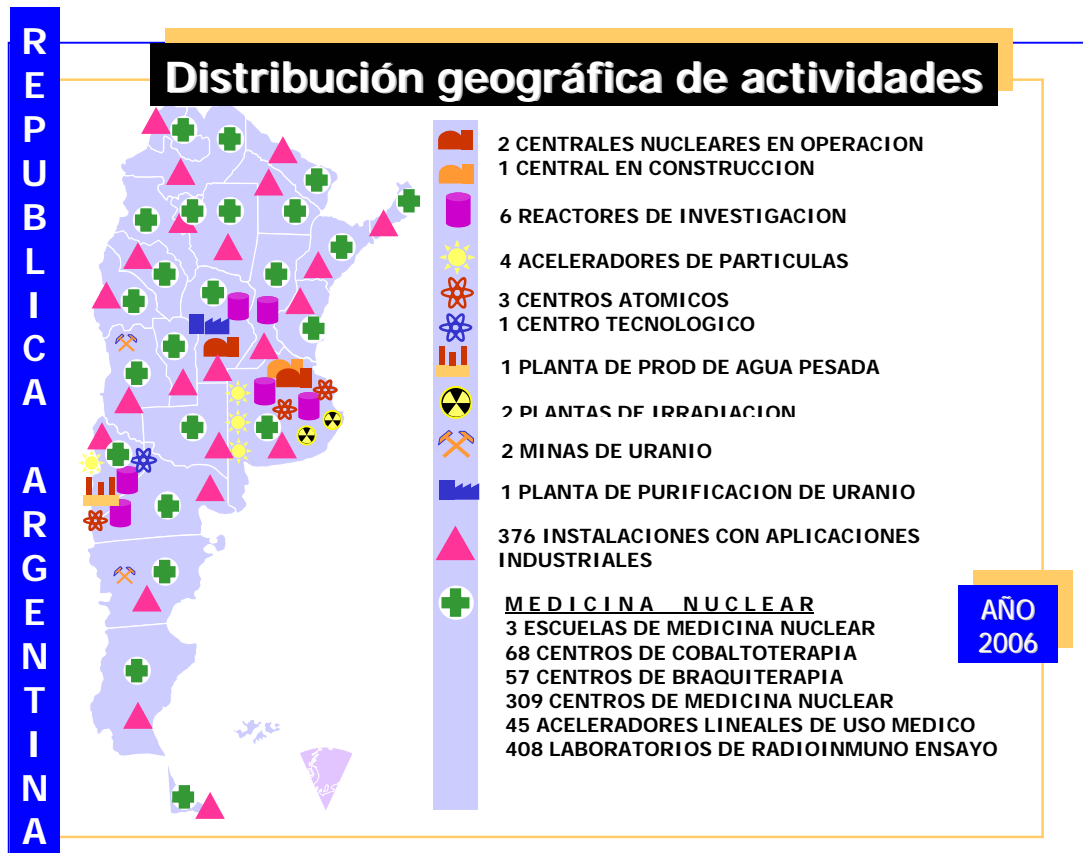
Sólo hay que mostrar un prototipo en funcionamiento en la Argentina, y nuestro país terminará inaugurando –y posiblemente dominando, al menos durante un tiempo- un mercado todavía inexistente”.

Veamos entonces las ventajas competitivas del CAREM en el contexto actual del sector nuclear argentino:

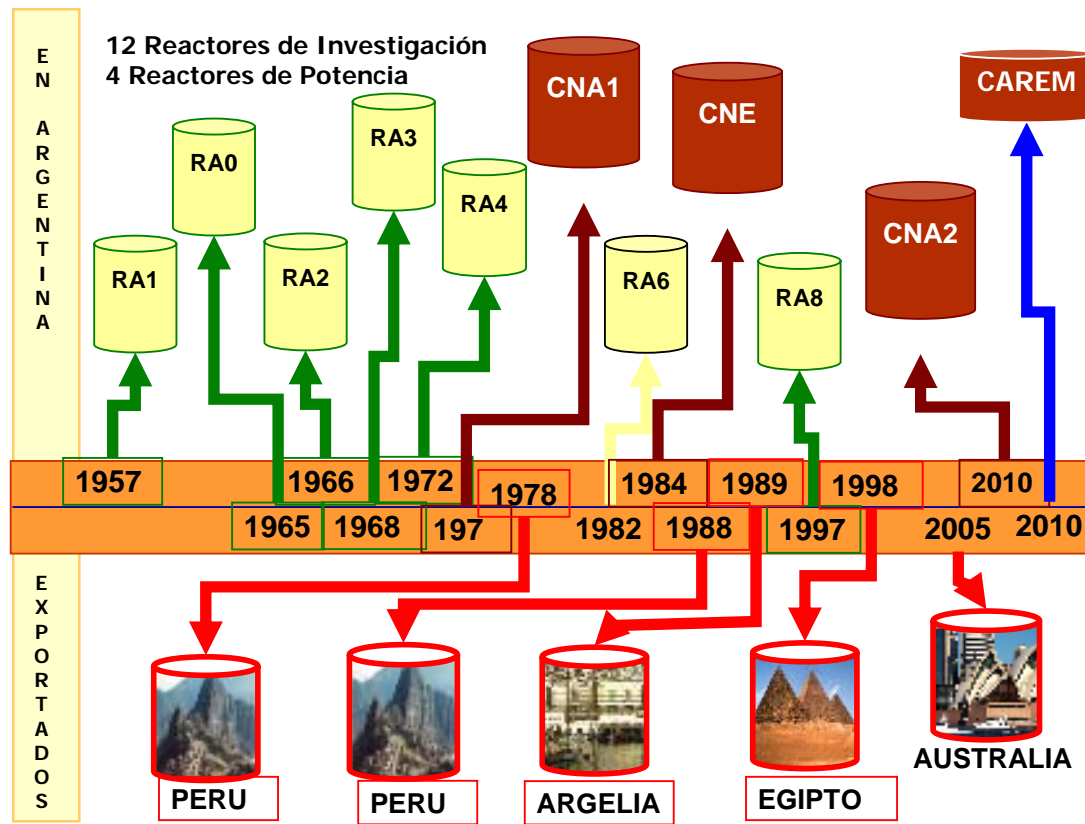
1) Argentina cuenta con un dominio completo de la tecnología nuclear:

- 2 centrales nucleares en operación
- 1 central nuclear en avanzado estado de construcción
- 6 reactores nucleares de investigación
- 4 aceleradores de partículas
- 3 centros atómicos
- 1 centro tecnológico
- 1 planta de producción de agua pesada
- 2 plantas de irradiación
- 2 minas de uranio
- 1 planta de purificación de uranio
- 376 instalaciones con aplicaciones industriales
- 3 escuelas de medicina nuclear
- 68 centros de cobaltoterapia

- 57 centros de braquiterapia
- 309 centros de medicina nuclear
- 45 aceleradores lineales de uso medico
- 408 laboratorios de radioinmuno ensayo



Fuente: Comisión Nacional de Energía Atómica.



Fuente: Comisión Nacional de Energía Atómica.

2) Argentina ha exportado varios reactores de investigación impecables, cuyas entregas se realizaron en tiempo y forma, y los técnicos de CNEA e INVAP Sociedad del Estado han obtenido para el país un reconocimiento y prestigio mundial como fabricante de reactores.

3) Argentina no necesariamente comercializa sus reactores mediante la modalidad “llave en mano”. Muy por el contrario, otorga al país comprador una formación profesional muy intensa de personal técnico no solo en la operación sino, además, en el diseño de unidades nucleares, capacitando a la industria local. Ello no ocurre con los países desarrollados que dominan la tecnología nuclear, ya que no desean que sus clientes se conviertan en futuros competidores, o incluso plazas autoabastecidas.

4) El CAREM es una tecnología que abarca una gran panoplia de potencias posibles, desde los 25 a los 300 MW de potencia, con la posibilidad de lograr múltiples propósitos: generación de energía eléctrica; desalinización de agua de mar, producción de radioisótopos de uso industrial y medicinal, investigación y formación profesional, extracción de crudos pesados, producción de hidrogeno, etc.

5) Con el CAREM, el país comprador comienza su desarrollo nuclear con una central modernísima de cuarta generación, en lugar de acceder a tecnología que data de los años

'50, como es una central avanzada de tercera generación de tipo APWR. Y esto significa seguridad inherente como no la da nadie. Porque no existe ninguna central nucleoelectrica en oferta capaz de atenderse sola, sin personal, durante las primeras 48 horas posteriores a un accidente grave. Salvo el CAREM.

En este sentido es importante que Argentina comience urgente la construcción de un prototipo de 25 MW (como vidriera para la exportación) y módulos de 300 MW para satisfacer la demanda de energía eléctrica del aparato productivo nacional, particularmente de los parques industriales.

De acuerdo con INVAP:

*“(...) además de crear un nuevo oasis energético y económico en su territorio como “showroom” y luego exportar decenas de unidades, el CAREM instalaría al país como competidor en un mercado que hoy mueve 20.000 millones de dólares por año en combustibles nucleares para centrales, y 30.000 millones más en servicios y repuestos.*

*Un primer CAREM como “showroom” no sería nada que ya no se haya hecho. Con la sola inversión de construir el reactor de investigación RA-6 en Bariloche, durante los años '80, la Argentina se volvió el mejor exportador mundial de este tipo de unidades. Con 30 millones de dólares invertidos, ya lleva ganados centenares.*

*Pero los premios en el mercado nucleoelectrico son incomparablemente mayores. Entre 1987 y 1999 se licitaron 4 reactores de investigación, por precios entre los 30 y los 180 millones de dólares (e INVAP ganó 3 de esas compulsas). Pero en ese mismo período se construyeron más de 50 centrales. Hoy en el mundo funcionan 441 centrales, hay 32 en construcción y 30 más pedidas.*

*En suma, hacer una central es pasar a jugar en primera división”.*

Si esto no sucede, países como EE.UU., Corea del Sur e India avanzaran con sus propios proyectos inferiores tecnológicamente al CAREM, pero el solo hecho de que Argentina no ocupe ese mercado las ventajas competitivas (y más de 20 años de trabajo de centenares de expertos) se perderán.

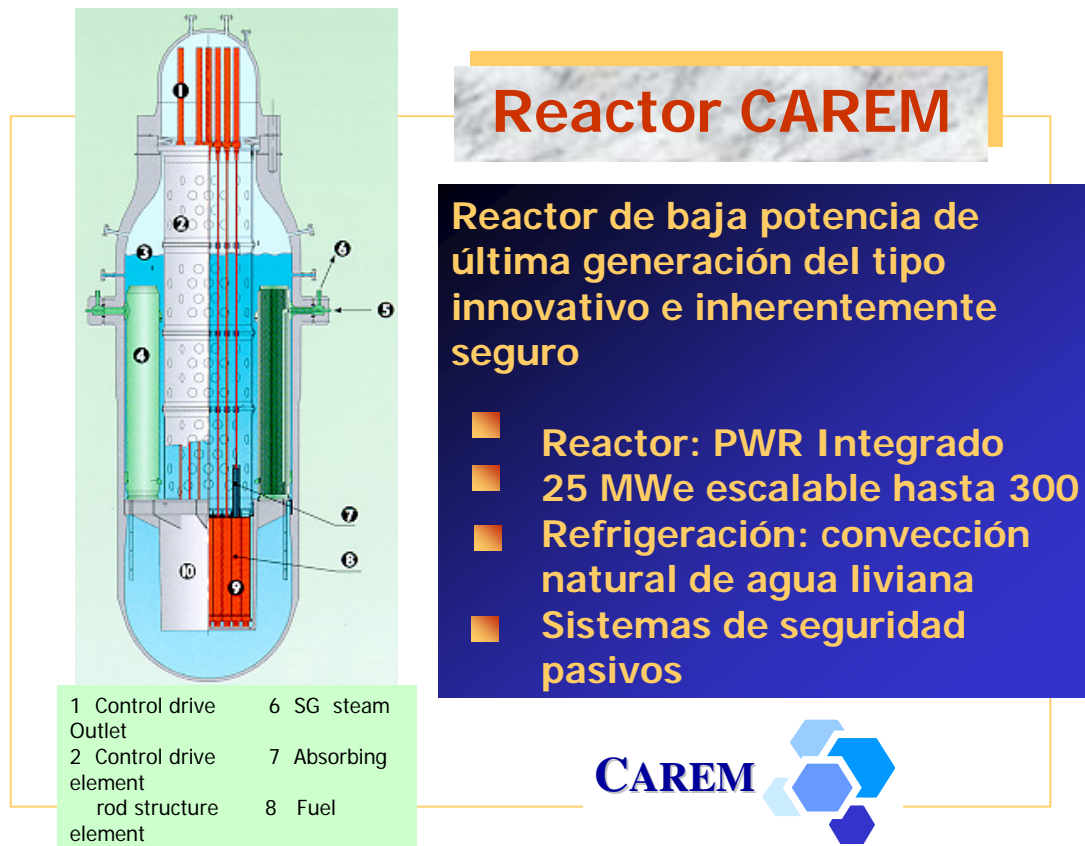
***Ricardo De Dicco. Buenos Aires, 9 de Julio de 2007.***

## Apéndice de Imágenes del CAREM

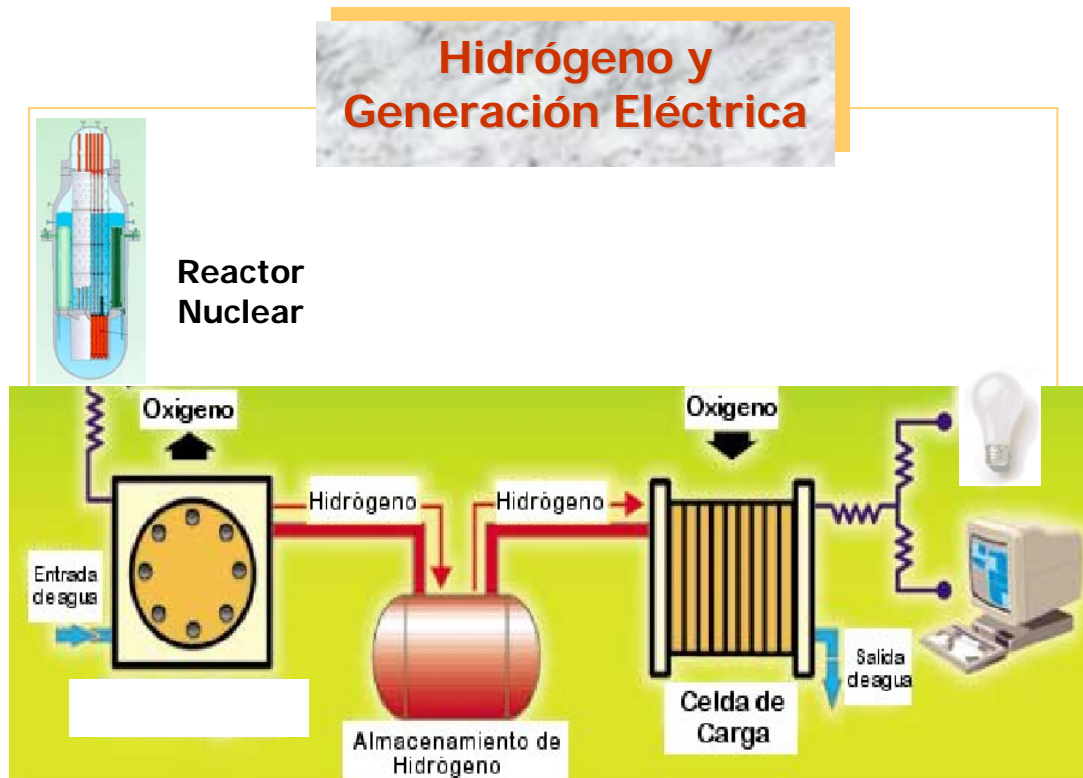
### Central Argentina de Elementos Modulares (CAREM)



Fuente: INVAP Sociedad del Estado.



Fuente: Comisión Nacional de Energía Atómica.



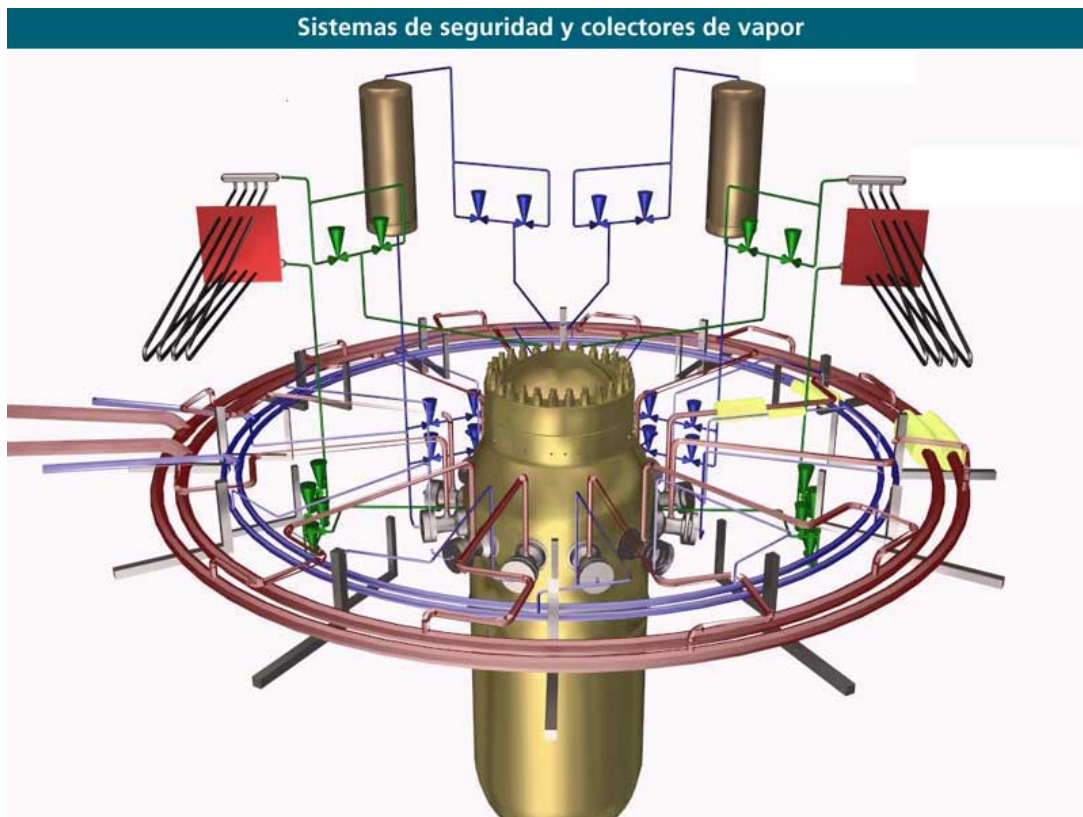
Fuente: Comisión Nacional de Energía Atómica.

## Recipiente de presión del CAREM



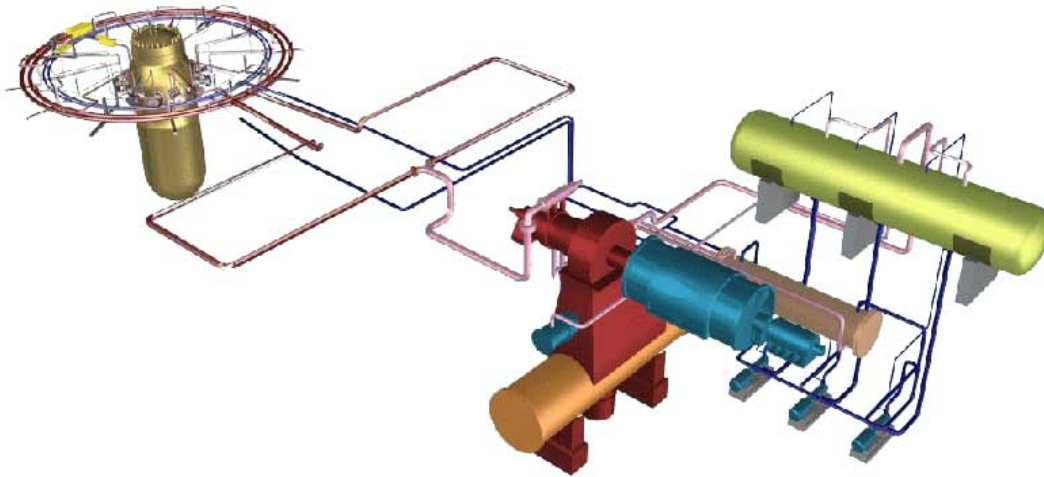
Fuente: INVAP Sociedad del Estado.





Fuente: INVAP Sociedad del Estado.

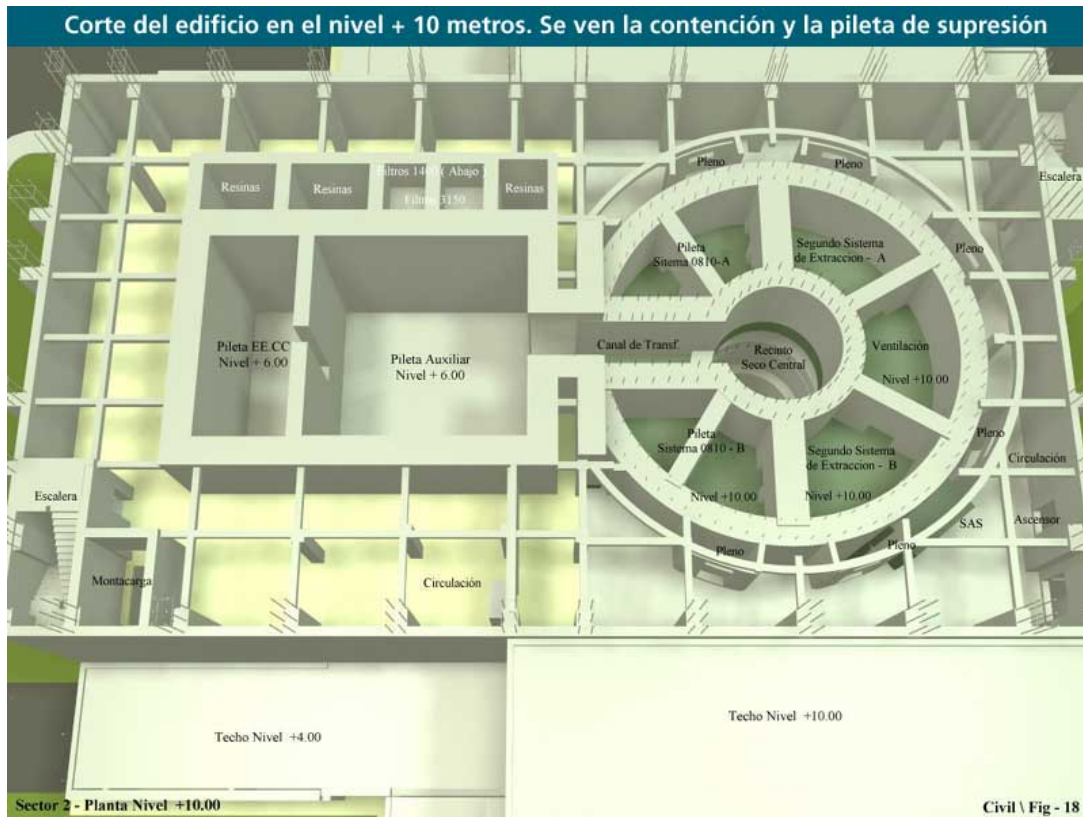
Recipiente de presión y turbogruppo generador



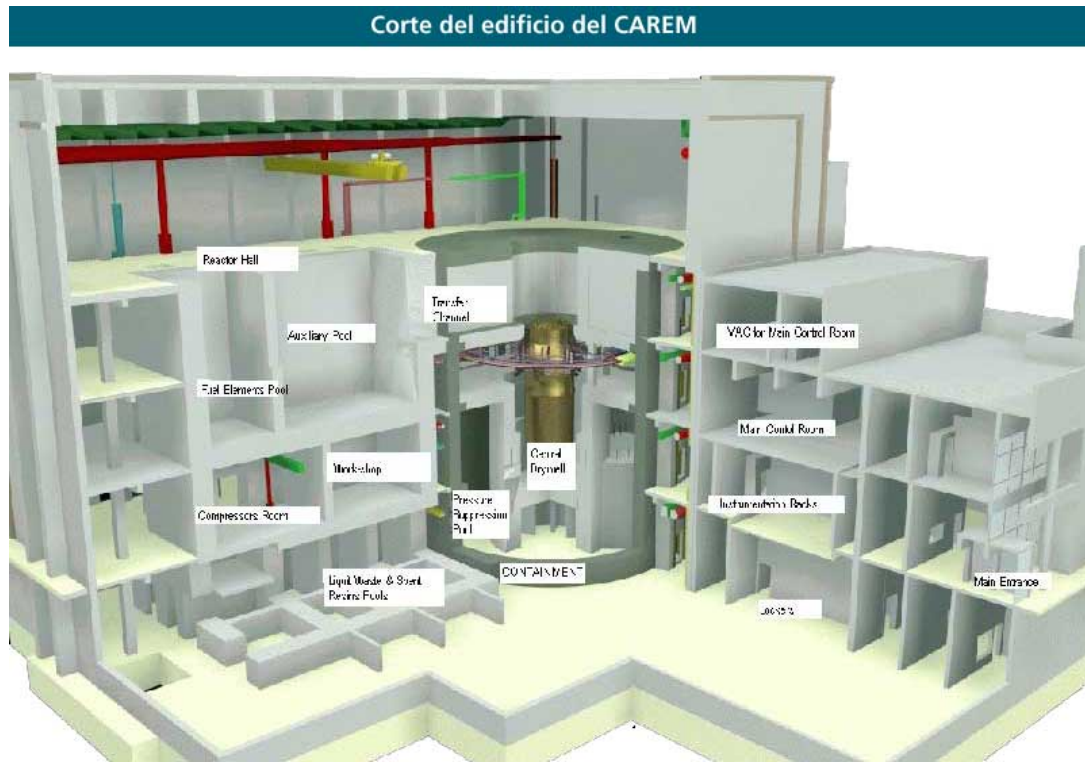
Fuente: INVAP Sociedad del Estado.



Fuente: INVAP Sociedad del Estado.

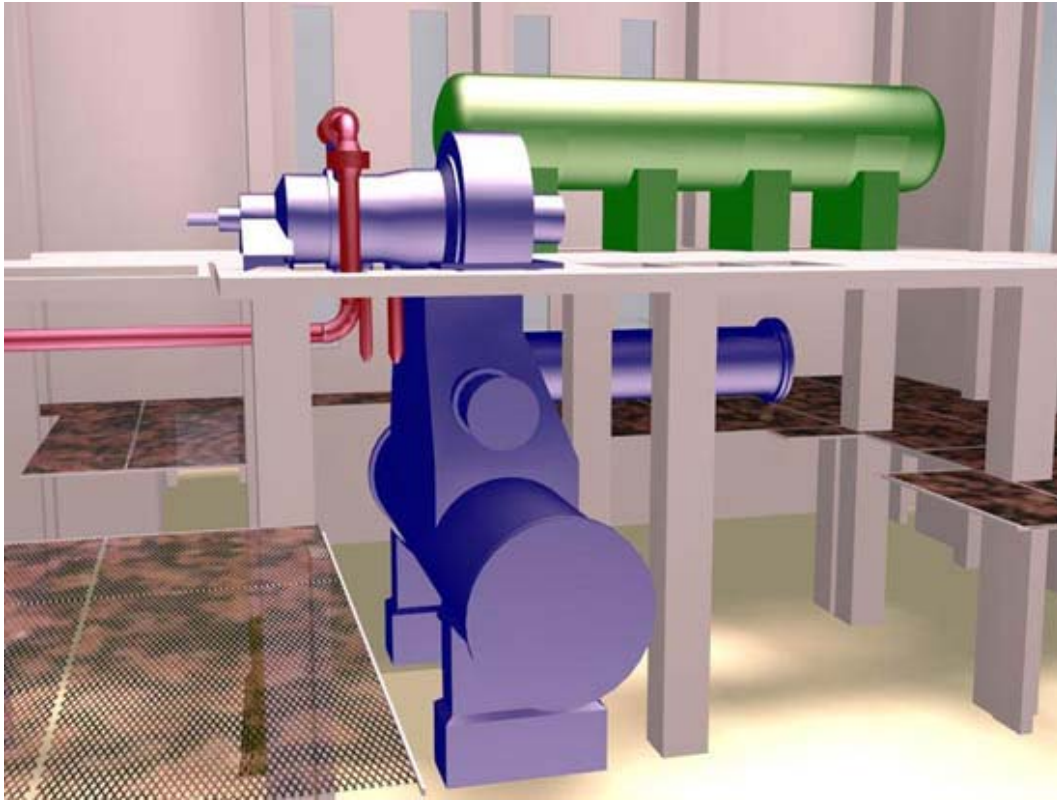


Fuente: INVAP Sociedad del Estado.



Fuente: INVAP Sociedad del Estado.

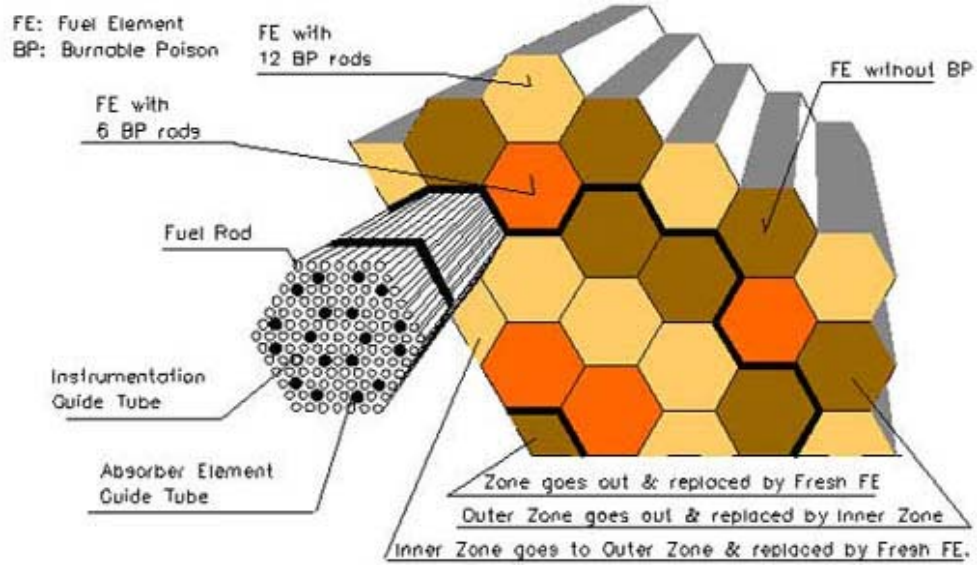
### Turbogrupo de la central con su condensador



Fuente: INVAP Sociedad del Estado.



### Núcleo del CAREM



Fuente: INVAP Sociedad del Estado.

## Referencias bibliográficas

**De Dicco, Ricardo** (2007). *Balance Energético Nacional 2006*. Informe del Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT). Buenos Aires.

\_\_\_\_ (2006a). *2010, ¿Odisea Energética? Petróleo y Crisis*. Editorial Capital Intelectual, Colección Claves para Todos. Buenos Aires.

\_\_\_\_ (2006b). *La importancia de la Energía Nuclear para el desarrollo socioeconómico de Argentina y Sudamérica*. AREPO30, Material del Área de Recursos Energéticos y Planificación para el Desarrollo del Instituto de Investigación en Ciencias Sociales (IDICSO) de la Universidad del Salvador. Ponencia presentada el 15 de Junio de 2006 en la H. Cámara de Diputados de la Nación.

**De Dicco, Ricardo y Alfredo Fernández Franzini** (2006). *Evolución histórica del Sistema de Generación Nucleoeléctrica de Argentina, periodo 1974-2006*. Informe del Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT). Buenos Aires.

## Sitios de Internet consultados:

- **Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA):**  
<http://www.cnea.gov.ar>
- **Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista S.A. (CAMMESA):**  
<http://www.cammesa.com.ar>
- **Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado (INVAP):**  
<http://www.invap.com.ar>
- **Secretaría de Energía de la Nación:**  
<http://www.energia.gov.ar>



## NOTAS SOBRE EL AUTOR

**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.
- Se desempeñó entre 1991 y 2001 como consultor internacional en Tecnologías de la Información y de las Telecomunicaciones.
- A partir de 2002 inició sus actividades de docencia e investigación científica sobre la problemática energética de Argentina y 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 y a partir de 2006 como Director de Investigación Científico-Técnica del Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT).
- 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 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) y de *"L'Argentine après la débâcle. Itinéraire d'une recomposition inédite"* (Michel Houdiard Editeur, París, 2007).

**Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT)**

<http://www.cienciayenergia.com>

**Buenos Aires, República Argentina**

*Ciencia y Energía* es el Portal de Internet Oficial del CLICeT

***Ciencia y Energía***  
***Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas***  
***(CLICeT)***

**Dirección Editorial**

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

**Dirección de Investigación Científico-Técnica**

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

**Dirección Comercial y Prensa**

Federico Bernal  
Gustavo Lahoud  
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)

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

- ***Situación Energética de Argentina***  
Federico Bernal
- ***Situación Energética en el Mundo***  
Facundo Deluchi
- ***Latinoamérica e Integración Regional***  
Gustavo Lahoud
- ***Defensa Nacional, Seguridad Hemisférica y Recursos Naturales***  
Gustavo Lahoud
- ***Energías Alternativas y Renovables***  
José Francisco Freda
- ***Tecnología Nuclear Argentina***  
Alfredo Fernández Franzini
- ***Tecnología Aeroespacial Argentina***  
Ricardo De Dicco

Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT)

<http://www.cienciayenergia.com>

Buenos Aires, República Argentina

*Ciencia y Energía* es el Portal de Internet Oficial del CLICeT