



# Academia del Mar

## CUADERNO TALÁSICO N°40

Presentado por:

**Académico de Número n°4  
Contraalmirante Domingo R. Giorsetti**

Tema:

**Desarrollo de la energía nuclear en la Argentina y su posible aplicación en la propulsión naval nuclear.**

Presentación:

**2013  
Expuesto y debatido en la Sesión Plenaria Ordinaria**

## **DESARROLLO DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN LA ARGENTINA Y SU POSIBLE APLICACIÓN EN LA PROPULSIÓN NAVAL NUCLEAR.**

Agradezco especialmente a la Academia del Mar que me ha invitado hace dos años a participar como Académico, tenía una deuda pendiente con ellos que no la cumplí el año pasado que es que como nuevo miembro tenía que exponer sobre las áreas de nuestra actividad específica que, en mi caso, es en el área de aplicación de la tecnología nuclear-

Agradezco también a la presidencia del Centro Naval y al Almirante Castro Madero que me pidió que ampliara mi exposición a la aplicación en la propulsión naval nuclear.

Creo que hay toda una historia particular respecto a lo que significó la Armada Argentina, en el proceso del desarrollo nuclear en la Argentina.  
(Muestra las proyecciones)

Destaco especialmente la figura de Jorge Sábato quien en el año 1954 fue convocado por el entonces Presidente de CNEA Capitán de Navío Iraolagoitia. para que estudiara el desarrollo nuclear desde el punto de vista de los combustibles nucleares. Ya que él tenía muy en claro el concepto de la aplicación de la metalurgia en el tratamiento del uranio, mineral básico usado para la fabricación de los Elementos Combustibles para la generación energética nuclear. También lo destaco como educador ya que personalmente tuve la suerte de que me guiara para poder ir avanzando en el conocimiento de toda el área nuclear, y es por ello que le rindo este sencillo, pero sentido homenaje.

### **Hitos del desarrollo nuclear en la Argentina.**

En el año 49 el Dr. Ronald Richter, alemán, con conocimiento básico de física nuclear, fue invitado a entrevistar al General Juan Domingo Perón, por entonces Presidente de la República Argentina, por el tema del desarrollo de los aviones a reacción Pulki 1 y Pulki 2.

Fue en esa oportunidad que lo convenció de que él podía hacer el desarrollo en todo lo referente a la energía nuclear. Recuerdo que estando en esa época en el segundo año del Liceo Militar General Belgrano, en Santa Fe, apareció en la revista PBT, la figura del Presidente, del Gobernador de

Buenos Aires y del Dr Richter exponiendo que se podía generar energía nuclear y envasarla en botellas.

En el año 1951 y principios del 52, los profesores de física de la Escuela Naval, Dres Isnardi, Collo y Bertomeu con la colaboración de los Dres Balseiro, González Domínguez y Cariola, convencieron al que era el edecán de Perón, el Capitán de Fragata Iraolagoitia, que ellos dudaban de que lo que Richter proponía fuera verdadero. Ante tal propuesta Peron ordenó a su edecán que con aquellos científicos fuera a Bariloche a verificar lo que este doctor estaba llevando adelante y se encontraron que lo que él planteaba, si bien tenía relación con lo nuclear, no tenía validación científica.

Perón ordenó a su edecán que con esos profesionales empezara a trabajar en la realidad del desarrollo de la energía nuclear y sus aplicaciones.

Es así como la Comisión de Energía Atómica, creada el 31 de mayo de 1950, a partir del año 1952 inicia su verdadera actividad bajo la Presidencia del Capitán de Navío Pedro Eusebio Iraolagoitia, integrada en lo científico, mayoritariamente por los que lo acompañaran a Bariloche y entre los que también se encontraba el entonces Capitán de Fragata Oscar Quihillalt. En el año 1955 se hace cargo de la Presidencia de CNEA el Capitán de Navío Quihillalt. Por entonces, El Dr. Balseiro, que había trabajado en el tema en Alemania, propuso la creación, en Bariloche, de un Instituto de Física de alto nivel académico. Fue así como en tal Instituto, que actualmente lleva el nombre de su creador, donde se formaron los primeros marinos. De la primera promoción fue el entonces Teniente de Fragata Amilcar Jorge Funes que continuó integrado al ámbito nuclear por el resto de su vida. Paralelamente en el año 1957 la Comisión de Energía Atómica decidió construir su propio reactor de investigación, y en un año lo lograron inaugurándose en enero de 1958. Jorge Sábato en seis meses fabricó el combustible para ese reactor y fue el primer reactor de investigación de toda Latinoamérica y uno de los primeros del mundo en ese momento.

En la década del 60 fueron algunos oficiales de marina a estudiar a Bariloche, entre ellos el Almirante Carlos Castro Madero, de cuerpo de comando, primero de su promoción (75) en la Escuela Naval, estudió ingeniería electrónica, volvió a la Armada, fue el primero en la Escuela de Guerra Naval, y por entonces el entonces Capitán Funes lo convenció de que fuera a Bariloche y junto con otros marinos hizo el curso de Física Nuclear en el Instituto Balseiro en aquella década y completando su capacitación con un doctorado en EEUU.

En esa misma década y por una idea del Almirante Castro Madero se planteó la conveniencia de enviar a estudiar a oficiales navales a la Comisión de Energía Atómica en el área de materiales, combustibles y reactores nucleares. Fue en esa oportunidad, en el 69, que fui seleccionado para hacer el Curso Panamericano de Metalurgia Nuclear (un año) en dicha Comisión con otros dos oficiales que hicieron el curso de reactores.

Esto lo recuerdo hoy en relación a la aplicación naval nuclear de los reactores y dado en que en ese entonces se pensó en capacitar a gente de la Armada para estar en condiciones de cubrir dos áreas fundamentales de la propulsión naval nuclear, reactor y combustible nuclear.

La CNEA, ya antes del año 68 planteó la necesidad de poder hacer un reactor de potencia para la generación nucleoelectrónica. En ese momento hubo una discusión de si sería de uranio natural o de uranio enriquecido. Como para este último dependeríamos de su suministro totalmente de la voluntad de Estados Unidos es que el Presidente del país en ese momento Gral. Juan Carlos Onganía envió al Capitán de Fragata Castro Madero, al Coronel Antúnez y al Comodoro Servigliano, a analizar y estudiar estas variantes por distintos países. La recomendación de aquellos fue de que se hiciera de uranio natural y de ahí surgió el contrato con la Empresa de Alemania, Siemens, para hacer Atucha I. la que en mayo del 1974 fue puesta en servicio y continúa en servicio hasta el presente.

En la década del 70 se planteó la posibilidad de una nueva central nuclear la que en 1974 se contrató a los canadienses. Esta contiene un reactor distinto del de Atucha I, pero más sencillo y también de uranio natural. El montaje de este reactor en la provincia de Córdoba- Central Nuclear Embalse- y el suministro de sus combustibles, contratado a la Empresa AECL, en un principio venía muy bien hasta que la India, que había comprado y puesto en operación uno igual, logró reprocesar el combustible quemado y obtener plutonio con el que construyó su primera bomba atómica. Por ello, aunque se cumplió con montar el reactor y suministrar sus primeras cargas de combustible, se suspendió la entrega de la tecnología de su fabricación como se había contratado En función de ello, se plantearon situaciones políticamente difíciles y entonces se decidió que el combustible fuera desarrollado y producido totalmente en el país bajo el control de la Comisión de Energía Atómica

A fines de la década de los 70 se planteó la necesidad de una tercera central nuclear. Durante el período del 76 al 83 hubo un apoyo total y la concepción de generación eléctrica a través de la fisión nuclear fue tenida en cuenta. Se

acordó la construcción de cuatro centrales nucleares, la primera que aún se está terminando, fue Atucha II y se aspiraba a tener tres centrales más para lo cual se conformó, junto con la empresa alemana KWU, una empresa con gente de la Comisión de Energía Atómica. Se trató de una empresa que fue denominada Empresa Nuclear Argentina de Centrales Eléctricas (ENACE). En el año 82 con el Almirante Castro Madero de Presidente, se conformó esta empresa. En el año 83, con la asunción del gobierno democrático, esta proyección dejó de ser parte de una política de Estado. La central Atucha II fue iniciada en mayo del 80 para estar activa en el 87 pero en el 84 se tuvo que frenar su construcción por falta de fondos, y todavía estamos tratando de terminarla. Durante todo el período, desde el 83 hasta el 90, todo lo que fue desarrollo nuclear para la generación nucleoelectrónica estuvo demorado por falta de fondos.

En el 90 cuando asumió el Dr. Carlos Menem como Presidente de la República se volvió a reactivar Atucha II entre el 90 y el 93. Hasta el 94 todo este desarrollo estaba en manos de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Se incluía también la parte de propulsión nuclear y la fabricación de combustibles. Pero durante ese mismo año 1994 se separó en tres partes lo que hacía la CNEA. Parte la asumió la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) y otra parte Nucleoelectrónica Argentina SA (NASA), y el resto lo retenía la CNEA. La idea política de la creación de NASA era la de privatizar las centrales nucleares, pero ello no se pudo lograr porque no se encontraron interesados en asumir la responsabilidad para una operación segura. Entonces se formó NASA, empresa estatal que sigue en pie y todo el grupo de gente que había estado en la empresa ENACE y la gente que estaba en la Dirección de Centrales Nucleares de la CONEA se incluyó en esa empresa. Lo más grave del año 94 fue que lo que quedaba de la Comisión de Energía Atómica, se lo planteó como que no tenía nada que hacer en lo nuclear, en el desarrollo nuclear, y a todos los profesionales se les ofreció el retiro voluntario. Fue un momento de desarticulación de las distintas áreas de lo nuclear y el precio lo pagó la Comisión Nacional de Energía Atómica, no así NASA que siguió operando las centrales nucleares de Embalse y de Atucha I.

La Autoridad Regulatoria Nuclear pasó a depender de Presidencia de la Nación, y sigue en las mismas condiciones.

Desde el año 2006 la intención del gobierno nacional fue la de retomar todo lo que era el área nuclear y terminar con Atucha II. La empresa Alemana KWU que había alcanzado el 70 % de la construcción desapareció a fines de

los 90, por lo que no quedaba nadie para su prosecución. La misma, fue adquirida por la empresa francesa AREVA la que no quiso hacerse cargo de terminar Atucha II. Ante esta circunstancia NASA se hizo cargo, con la máxima colaboración de CONEA en la parte de ingeniería, en cuanto a terminar con el montaje y la puesta en marcha.

Cabe observar que las personas que están conduciendo estas dos instituciones, dependientes de la Secretaría de Energía, son gente no política, sino del cuño de la CONEA o de las áreas comprometidas desde siempre con el desarrollo nuclear argentino.

Es así como a través de una ley del año 2009, aprobada mayoritariamente en el Congreso, se retomó el desarrollo de la tecnología nuclear. Con esto se ha vuelto a retomar una política que, es de esperar, se constituya en una política de Estado que se fue abandonando en forma creciente a partir del año 1983. El grave problema, que hay a nivel mundial, es el de seguir quemando petróleo y sus derivados, debido a la gran cantidad de dióxido de carbono que va a la atmósfera y que contribuye al cambio climático global. Esto es lo que hace que, más que nunca, sea indispensable que contemos con una política de Estado respecto de este desarrollo de la energía nucleoelectrónica.

Mi intención es ponerlos en la posición de ver la historia nuclear desde el 1983 al 2006 donde no hubo una visión de las autoridades políticas argentinas de llevar el programa nuclear adelante.

En este gráfico se muestra (lo proyecta) el sector nuclear en la década del 90, la ley 24.804 y los decretos correspondientes que hicieron que se dividiera en tres distintas partes la Comisión Nacional de Energía Atómica. Esto parecería que podría haber sido positivo pero, realmente, lo que sucedió fue que se desarticuló una política integral.

Para quienes no tienen muy claro lo que es la generación de energía a través del átomo de uranio, les digo que el uranio natural está formado por 99,3% de uranio 238 y 0.7% de uranio 235 pero el único que tiene la posibilidad de que se le parta el núcleo liberando energía es el del uranio 235.

Un neutrón que impacta en un núcleo de uranio 235 lo parte en dos creando dos nuevos elementos químicamente distintos, apareciendo además 2 o 3 neutrones que sucesivamente impactan en otros núcleos de U235. Esto ocurre en tiempos infinitesimales, por lo tanto, esta acción es tan rápida que

se convierte en violenta si no hay una forma de control, esto se llama "reacción en cadena".

Cuando hablamos de que en Argentina somos el país de Latinoamérica que más centrales nucleares de potencia está operando, podemos comparar con todos los países que en el mundo tienen en este momento reactores de potencia generando energía eléctrica; en total hay 435 reactores nucleares que generan del orden de 370.049 megavatios netos en total, y hay 68 centrales nucleares en construcción. De estas 68 centrales nucleares hay sólo una que la están terminando en Estados Unidos, el resto están repartidas en China, India, Korea y países de la ex Unión Soviética.

La potencia nuclear instalada en el año 2004 era la siguiente: Francia tenía 49 centrales nucleares, con lo que cubría el 70% de sus necesidades de electricidad; le seguía Bélgica y así sucesivamente. Estados Unidos tenía 99 centrales nucleares, pero con ello sólo satisfacía el 17% de toda la generación de energía eléctrica necesaria.

Argentina con sus dos centrales nucleares tenía el 4% de la generación de energía en el país.

Este gráfico (lo muestra) da una comparación entre la generación núcleo eléctrica y la generación a través de las centrales térmicas, es decir las que queman petróleo, gas o carbón. En las hidráulicas, el costo del combustible es cero, el de las térmicas es medio bajo y las nucleares tienen un valor de costo medio. El costo del combustible de las térmicas es cada día más elevado debido al continuo aumento de costo del petróleo y el gas. El de las nucleares, si bien se ha incrementado el costo del uranio en los últimos años, sigue siendo manejable.

Lo importante es el tamaño y lugar de instalación de cada tipo de ellas para poder satisfacer las necesidades con estas centrales. En las hidráulicas la instalación es donde hay saltos de nivel de agua, como particularmente sucede en el caso de nuestro país. Además, si bien se genera energía hay que transmitirla a los sitios de consumo y el costo de transmisión es muy alto. En las térmicas la producción de energía se puede adaptar al lugar que la requiere, lo mismo sucede con las usinas nucleares.

Fundamental es la contaminación del medio ambiente: Las centrales hidráulicas producen cambios regionales. Las térmicas son fuertemente contaminantes, los residuos no desaparecen ya que permanecen en la

atmósfera. Hay un trabajo muy interesante de un científico francés, Bruno Comby, quién, si bien originalmente se identificó con Greenpeace, en su libro “La energía nuclear, el futuro de la ecología”, rescata el valor de la generación nucleoelectrónica

Hay una planilla que rescaté, del año 1994, expuesta por el Presidente de la CONEA de ese entonces, donde se muestra que las centrales nucleares Atucha I y Embalse habían generado 88 millones de megavatios y consumido 1700 toneladas de uranio, con un costo de 800 millones de dólares. La economía comparativa de costos con lo que hubiera significado quemar fósiles (petróleo-carbón) durante esos años, habría sido de 2.120 millones de dólares y se planteaba que con esa economía se hubiera podido terminar Atucha II sin ningún problema.

Además, para la misma generación de energía eléctrica se hubieran liberado a la atmósfera, quemando combustibles fósiles, millones de toneladas de CO<sub>2</sub> donde el mismo es irreductible.

La central nuclear de Atucha I, en el año 1974 producía 340 megavatios, posteriormente aumentó de potencia en junio del año 1997 cuando se enriqueció levemente el porcentaje de U<sup>235</sup>, y en junio del año 2012 estaba generando 382 megavatios

El total de generación nuclear eléctrica en el país es de 1000 megavatios.. En el momento actual el sector nuclear argentino está constituido por la CONEA en la investigación, desarrollo y aplicación de lo nuclear; NASA, que opera las centrales nucleares y está terminando la central Atucha II, y que está a cargo de las tratativas de la construcción, por la ley nuclear del 2009, de la cuarta y quinta central; INVAP (INVESTIGACIONES APLICADAS) , una empresa de Río Negro, que junto con la Comisión de Energía Atómica, está integrada por ex profesionales de CONEA y mayoritariamente por los egresados del Instituto Balseiro, la que ha construido varios reactores de investigación y desarrollo en distintos países de mundo y DIOSITEX que es la empresa que opera todo lo que es la producción de uranio desde su extracción hasta su conversión en polvo de uranio que posteriormente se convierte en combustible que va a las centrales.

Asimismo la empresa ENSI, situada en la provincia de Neuquén, es la encargada de la producción de agua pesada, fundamental para la alimentación de nuestras centrales nucleares de potencia y que su acción es bajar el nivel de energía de la reacción en cadena a la vez que extrae parte



del calor generado. La característica de esta agua es tener en el núcleo de los átomos de hidrógeno un protón y un neutrón (deuterio) y eso hace que se pueda reducir la energía con que salen los neutrones y así fisiónar otros átomos de U235. Este fue un tema encarado en su momento durante la presidencia del Almirante Castro Madero. -ENSI produjo el agua pesada para la central Atucha II.

Sin estas empresas sería muy difícil llevar adelante el plan nuclear con centrales que usan uranio natural

Hay otra empresa FAE que hace las vainas de los combustibles, que es un desarrollo propio argentino Esas vainas son de un metal, que no absorbe neutrones y que soportan las temperaturas elevadas que alcanza el combustible.

Finalmente, la Empresa CONUAR, fabricante de los EC para las centrales Atucha I y II y la Central Embalse

La CNEA trabaja también en todo lo que a la aplicación de la energía nuclear en salud se refiere y la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) asume el control físico de todas las instalaciones a lo largo del país evitando que se haga un mal uso de los radioisótopos que ellas utilizan.

Este grafico, nos muestra todos los reactores, desde los reactores de investigación que el país ha construido desde el 57 hasta el 68 (muestra una imagen proyectada).

En el año 1974 se empieza con la posibilidad de la construcción de Atucha I; en el año 1978 la Argentina, a través de la Comisión de Energía Atómica, se hace cargo de la capacidad de fabricación y exportación de reactores, en el año 1982 se construyó un reactor en Bariloche, en el año 1984 se pone en servicio operativo la central nuclear de Embalse. En el año 1989 comienza la empresa INVAP a construir un reactor en Argelia cuyos Elementos Combustibles son fabricados en Argentina. En el año 1997 se pone en funcionamiento el reactor RA 8, que es un reactor previsto como para hacer los estudios base para la propulsión de un submarino nuclear. En el año 1998 INVAP vende este tipo de reactor a Egipto. En el año 2013 se está operando para la puesta en marcha de la central de Atucha II.

Las centrales nucleares en principio tenían una vida útil de 30 años, pasado ese lapso había que renovarlas totalmente. En la de Embalse se va a hacer

la renovación con tecnología y mano de obra totalmente argentina, lo mismo en el año 2017 con Atucha I y está prevista para el año 2020/22 la cuarta central de potencia, que será del mismo tipo que la central nuclear de Embalse. El reactor CAREN de 25 megavatios puede ser extendido en su potencia hasta el orden de los 300 megavatios.

(El orador muestra gráficos y procede a la explicación de los mismos)

Gráfico sobre los requerimientos energéticos hasta el año 2030; no está previsto el aumento de los combustibles que queman fuel oil.

Gráfico de la Secretaría de Energía para los requerimientos energéticos hasta el 2030.

Gráfico de una central nuclear, con la producción de vapor que va a las turbinas.

La inversión para la central nuclear Atucha II, fue creciendo hasta el 2012, en el 2013 bajó y a fin de año generará energía.

El proyecto CAREN comenzado por INVAP para un submarino, quedó estancado por bastante tiempo y retomado por la Comisión de Energía Atómica en los últimos años. Se trata de un reactor de 25 megavatios.

Actualmente Argentina sigue fabricando los mejores combustibles para reactores de Investigación y Desarrollo del mundo en una fábrica muy chica que opera el Centro Atómico Constituyentes.

Con respecto a la Autoridad Regulatoria Nuclear, depende de la Presidencia de la Nación y está en relación con la Agencia Internacional de Energía Atómica con sede en Viena (Austria) que es quien regula y controla el buen uso de la energía nuclear en el mundo.

## **Debate.**

**Ac. Reggini:** Usted hizo una mega exposición que muestra que este trabajo es valiosísimo para toda la ingeniería y su desarrollo, no ha existido un trabajo de esta naturaleza que una tantos de los elementos de la ingeniería. Uno de ellos ha sido la fabricación de aviones con muchas fábricas para la industria aeronáutica.

Pregunta: Soy licenciado en física, me parece que usted apunta al submarino real no como un motor de propulsión.

Respuesta: Lo expuesto es la primera etapa porque si bien puede ser un reactor que genere vapor suficiente para accionar un turbogenerador para la recarga de baterías es posible que podría requerir agregar un módulo al submarino actual. En ese sentido pienso que si hay algo que le falta a la Argentina y es la capacidad de rediseñar el TR-1700 donde se le pueda acoplar dicho módulo y la otra parte complementaria es la parte de readaptación integral del submarino cuando es propulsado con generación nucleoelectrica

**Ac. Domínguez:** En algunas décadas se van a terminar los combustibles fósiles, la energía nuclear ¿puede ser un sustituto válido para los métodos actuales de propulsión? Me preocupa el futuro de la navegación, si no logramos esta conversión tendríamos que volver a la vela.

Respuesta: Con todo lo que hay de uranio se tiene para 500 años más. Otra posibilidad es vía la fusión nuclear que no genera residuos radioactivos, pero la misma aún no está dominada tecnológicamente como para propulsar reactores controlables.