

Breve historia del CAREM

Versión 1 ⁽¹⁾

Juan José Gil Gerbino

20-10-2022

Luego de Malvinas, Carlos Castro Madero, entonces presidente de la CNEA, le pidió a Franco Varotto ⁽²⁾ que se analizara la posibilidad de desarrollar un reactor que permitiera incluir propulsión nuclear en un submarino nacional. Las grandes dificultades para que la Armada Argentina pudiera ser desplegada apropiadamente en la operación de recuperación de las islas se atribuía, entre otras cosas, a la falta de submarinos de ataque de largo alcance y a la falta de observación espacial. Es sabido que la sola sospecha de la presencia de submarinos nucleares ingleses paralizó prácticamente a la Armada. Uno de ellos atacó y hundió al Crucero Gral. Belgrano fuera de la zona de exclusión donde casi pierde la vida un hijo de Castro Madero. Este submarino inglés aparentemente, además, llevaba cargas nucleares.

La gran ventaja de los submarinos nucleares respecto a los convencionales es que pueden navegar grandes distancias en profundidad o permanecer en acecho durante largo tiempo sin emerger que es cuando pueden ser detectados. Los submarinos convencionales o Diesel- Eléctricos navegan con un motor eléctrico alimentado por baterías que se recargan con motores Diesel para lo cual deben emerger parcialmente (snorkel) para abastecer de oxígeno a los motores.

Desde ya, el reactor nuclear del submarino no requiere oxígeno para su funcionamiento, pero debe ser refrigerado permanentemente lo cual implica una fuente de ruido que debe ser minimizado, so pena de volverlo muy vulnerable. Por ende el diseño debe tener en cuenta muy especialmente como minimizar el ruido de las bombas de refrigeración.

Franco me derivó la tarea.

Con un grupo mixto de CNEA e INVAP, en el Centro Atómico de Constituyentes armamos un equipo de 30 o 40 personas provenientes de varios proyectos anteriores: RA6 (Reactor Argentino de Investigación Nro. 6), RA5, RA7 ⁽³⁾, Colombia, etc.

En menos de un año logramos tener un bosquejo, que seguramente con el tiempo lo hubiera modificado pero que postulaba la posibilidad de incluir un reactor nuclear, construido ad hoc, respetando las dimensiones del casco del TR 1700 (sigla que identifica los submarinos vendidos por Thyssen), de ~2350 t de desplazamiento sumergido, con sólo agregar una virola de 7 m en la eslora. Poder utilizar el diseño de los TR era crucial porque

se suponía que el país contaba con la tecnología y el astillero suministrado por Thyssen en condiciones de reproducirlos. No voy a abordar la enorme cantidad de problemas que atacamos: p.ej. respecto a los momentos que afectaban la navegabilidad de la nave debido a la concentración puntual de masas, la generación de oxígeno, el mantenimiento de la atmósfera dentro de la nave en particular por la presencia de un banco de baterías, la amortiguación de ruidos y su aislación del casco, etc.

Pocos meses después se botaba el modelo Rubí francés, de dimensiones similares al TR, que nos indicó que la idea de introducir un reactor nuclear en las dimensiones del TR era factible. En general los submarinos nucleares de ataque desplazan no menos de 6.000 t; los balísticos mucho más.

El principal interesado fue Alfonsín, recién asumido con el advenimiento de la democracia, que envió a Bariloche al Ministro de Defensa Borrás (*el "Manchado"*)⁽⁴⁾ para analizar el tema en detalle. Poco después Raúl Borrás falleció. Lo sucedió Carranza quien también lo apoyó enfáticamente incluyendo la propuesta de una alianza con Brasil en la que invirtió no poco esfuerzo. También falleció tempranamente. Alfonsín apoyó política y económicamente por varios años el proyecto que finalmente fue interrumpido en la época de Menem.

Pero lo interesante es que observamos que el reactor nuclear operando a baja potencia podía refrigerarse por convección natural sin necesidad de operar las bombas del primario; una fuente importante de ruido. Con ello la nave podía navegar a velocidad de patrulla, alrededor de 13 nudos, con mínimo ruido.

Naturalmente surgió la idea de por qué no hacer un reactor que operara 100% con convección natural. La operación en convección natural obligaba a un reactor de muy baja potencia para los estándares de la época. Pero también ofrecía márgenes de seguridad muy superiores a los reactores convencionales debido a que su diseño incluía los generadores de vapor dentro del recipiente de presión, no necesitaba bombas de refrigeración y era auto presurizado. Así nació el concepto CAREM que si bien por la altura que implicaba la convección natural no podía ubicarse en un submarino convencional como el TR 1700, bien podría operar como central nuclear de generación eléctrica. Fue Franco que generó la idea del reactor pequeño como fuente alternativa de generación⁽⁵⁾ y fue también principal sostén de su realización. *Sin la visión y el soporte de Varotto el CAREM no hubiera existido.*

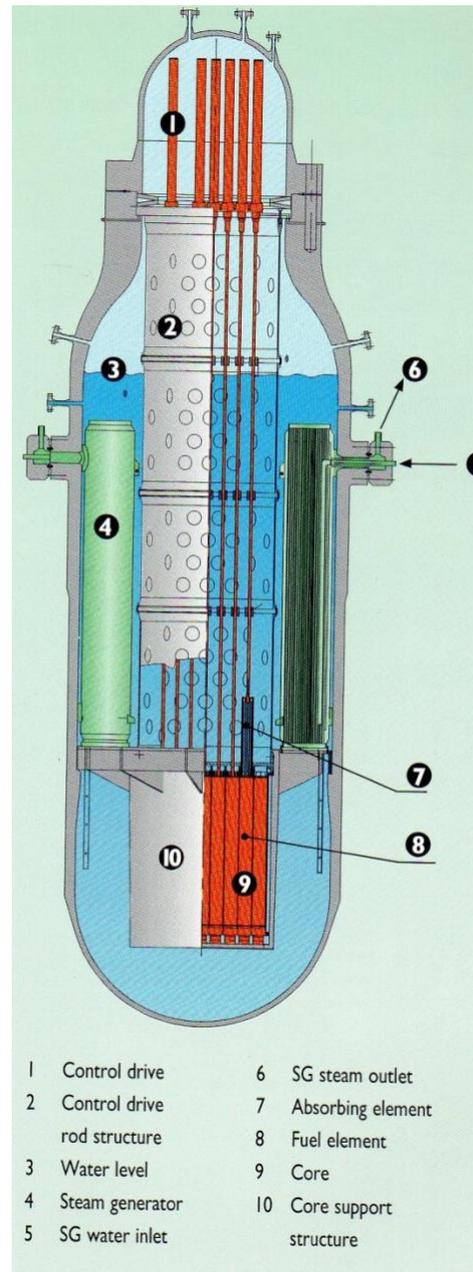
En 1984 se realizó en Lima, Perú, un congreso del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Franco vio la oportunidad de presentar el concepto CAREM para lo cual me envió al congreso y paralelamente decidió solicitar la patente al INPI que meses

después fue otorgada por Resolución 232054 a nombre de INVAP. A esa altura hacía años que yo colaboraba con INVAP pese a que formalmente revistaba en la CNEA con destino en INVAP.

En este congreso también participó un nutrido grupo de profesionales de la CNEA, algunos de ellos con cargos importantes, que expresaron su total desacuerdo con el concepto CAREM ⁽⁶⁾; pienso que por estar imbuidos en el concepto de las grandes plantas nucleares, algo parecido a lo que pasaría con las PC personales frente a la IBM 360. Años después el CAREM se convertiría en el proyecto insignia de la CNEA.

A fines del 1984 la CNEA me envió a Viena para asistir a un seminario de los SMR, en ese entonces la sigla representaba "Small and Medium Reactors" (luego Modular reemplazaría Medium). Estando en Viena y al finalizar el seminario Franco me pide que asista a una feria industrial en Bucarest junto con Roberto Cirimello ⁽⁷⁾. Menciono este viaje porque, frente a prototipos de turbinas de avión que se exhibían en la feria, aprendí algo muy elemental de lo que no era totalmente consciente y es que la tecnología es tecnología en la medida que se comercialice. Un joven Faurie, luego embajador de Menem en Francia y ministro de RREE de Macri, nos atendió

como Consejero en la Embajada Argentina.



Corte ilustrativo del concepto CAREM en un folleto de 1994

INVAP continuó avanzando en la ingeniería conceptual que a su vez generaba la necesidad de comenzar proyectos de validación experimental.

A pesar de lo ocurrido en Perú, al poco tiempo los funcionarios de la CNEA comenzaron a rever su posición y la CNEA comenzó a apoyar el CAREM. Se firmaron contratos para el desarrollo de la ingeniería básica y para la construcción de dispositivos experimentales. Entre ellos una Facilidad Crítica llamada RA 8 motivada por la necesidad de estudiar el efecto de los venenos quemables, (incluidos en las barras combustibles del reactor), en la reactividad del reactor y sus coeficientes de seguridad y los límites de concentración de boro en el moderador. Numerosos ensayos permitieron verificar y ajustar los códigos de cálculo neutrónicos. Además se montó el Laboratorio de Ensayos Termohidráulicos con circuitos de agua de alta presión y temperatura para el estudio y análisis de la estabilidad de la refrigeración por convección natural, los coeficientes de vacío a la salida del núcleo y otros conceptos innovativos que caracterizan al CAREM. Estas instalaciones se llevaron a cabo en Pilcaniyeu. Varios otros dispositivos se montaron en los talleres de INVAP como ser los relacionados con los novedosos mecanismos de las barras de control incluidos dentro del recipiente de presión.

Un hecho relevante fue la aprobación, como resultado de los esfuerzos conjuntos de CNEA-INVAP, en diciembre de 1999 de la ley 25160 "Ley de Financiamiento para el proyecto CAREM" con el acuerdo de los bloques mayoritarios. Esta ley establece los mecanismos básicos para financiar la fase ejecutiva del Proyecto (construcción del prototipo) y aprobaba una inversión de 132 millones de pesos para la construcción del prototipo que en la práctica no se concretó, pero le dio visibilidad política e institucional.

En un principio prevaleció la idea del CAREM como una solución de "nicho" es decir aplicable a sitios aislados o de redes eléctricas pequeñas. Al tiempo entendimos que en realidad podría funcionar como integrante principal de un plan electro nuclear nacional y como fomento clave de una industria nuclear nacional con orientación exportadora. Hoy en gran parte del mundo se consideran a los SMR no como complemento de un plan núcleo eléctrico sino como componentes centrales del plan excluyendo las plantas grandes.

La realidad es que en la Argentina, más allá de las referencias obligadas, el CAREM no es considerado seriamente como reemplazo a los proyectos de plantas nucleares importadas. Es más bien un adorno tecnológico.

En INVAP realizamos un enorme esfuerzo de difusión nacional e internacional. Presentamos el proyecto en Turquía, Perú, Argelia, Egipto, Irán, Cuba, ex Checoslovaquia, Tailandia, Siria, Indonesia, etc. Con algunos de ellos se iniciaron conversaciones en firme que incluso en el caso de Turquía condujeron a la formación de una empresa binacional que preveía la construcción conjunta de un prototipo en cada uno de los dos países, y en Arabia Saudita a la firma de tratados interministeriales con la activa participación del fallecido Ministro de RREE Héctor Timerman. El fracaso de estos

emprendimiento es motivo de controversias. Personalmente pienso que no fue precisamente la actitud de la CNEA la que ayudó a su éxito.



1990-1991-Reuniones en Ankara por la constitución de una empresa conjunta para la explotación comercial del CAREM

Horacio Osuna, Manuel Mondino, Jorge Martínez Favini, Franco Varotto, Juan José Gil Gerbino

Otra alianza fallida, que es importante mencionar, fue la **Sociedad CAREM S.A.** integrada por la CNEA, IMPSA e INVAP y promovida por el Ministro Julio de Vido en 2009.

En 1993 se firma un convenio entre CNEA e INVAP por el cual INVAP transfiere la patente y todas las instalaciones relacionadas con el CAREM a la CNEA incluida toda la documentación relevante. A partir de ese momento la conducción del proyecto pasa a la CNEA con la continua colaboración de INVAP a través de contratos de ingeniería.

El concepto CAREM es la base de casi todos los proyectos SMR del mundo, proyectos que se han convertido en una alternativa de sustitución de las grandes unidades nucleares en muchos países. Algunos pocos muy avanzados como el NuScale que logró la licencia del DOE.

Por diversas razones, no sólo económicas, la construcción del prototipo del CAREM en Atucha se ha prolongado fuera de los plazos razonables, situación que le resta credibilidad e impide la concreción de alianzas con algunas de las muchas empresas que están desarrollando SMRs pero que nos disponen de la experiencia que en el tema desarrolló la Argentina. Es necesario, con una adecuada conducción, realizar los ensayos faltantes y finalizar la construcción a la vez de avanzar en el diseño de un SMR competitivo en términos técnicos, regulatorios y económicos con el

agregado de innovaciones que solo pueden provenir de audaces planes de I&D para los cuales la CNEA, NASA e INVAP cuentan con los recursos humanos y físicos necesarios.

Para que el CAREM deje de ser un adorno tecnológico es imprescindible la reformulación del rol de la CNEA hacia un perfil I&D sin descartar la posibilidad de crear un organismo que se dedique exclusivamente al desarrollo del CAREM.

.....

(1) Debido a que no cuento con acceso a documentación en la CNEA e INVAP, sólo a mis archivos personales, y a la falta de paciencia y rigurosidad que caracterizan a Mario Mariscotti y Maximiliano Cernadas, este escrito puede contener errores y omisiones importantes que espero los vaya corrigiendo gracias a los comentarios y aportes de los lectores, en particular de Franco.

(2) Conrado Franco Varotto: Franco para INVAP (etapa nuclear) y Conrado para CONAE (etapa espacial)

(3) El proyecto RA 7 (Reactor Argentino de Investigación Nro 7) de 100MWt y agua pesada se concibió como alternativa a la planta de enriquecimiento. Estaba destinado, también, a Pilcaniyeu; alcanzó una ingeniería conceptual avanzada.

(4) El Ministro de Defensa Borrás terminó siendo apodado en INVAP como "el Manchado" ya que, en una reunión en Villa Golf, Franco le vertió una taza de café en el pantalón. De allí el apodo.

(5) Desde el principio se vio que una de las grandes ventajas de un reactor nuclear tipo CAREM es que sus partes podían fabricarse en serie, en facilidades ad hoc y luego montarse en muy poco tiempo en el lugar de destino. Lo que imaginábamos (siempre optimistas) es que se podían bajar los tiempos entre inicio y finalización a un año. Desde ya, por sus características hacían al CAREM muy atractivo para pequeñas localidades aisladas. Pero luego nos dimos cuenta que podría ser una alternativa para reemplazar o complementar las grandes centrales nucleares, que requieren de largos tiempos de construcción (y por ende intereses intercalares muy relevantes incidiendo en sus costos) y con el punto crítico de la necesidad de contar con fuente de energía externa segura para la refrigeración, (aspecto que fue uno de los apoyos fundamentales por parte de los movimientos opositores a la energía nuclear en el mundo), Aun cuando se pensara en una central con varios módulos, el sólo hecho de que fuese posible ir incrementando su capacidad de producción acorde a las necesidades o bien construir todos los módulos simultáneamente, otorga a los SMR tipo CAREM una ventaja competitiva enorme. Lamentablemente, como es usual en nuestro país, la falta de continuidad en la acción para obtener un determinado objetivo dio como resultado un retardo en su construcción que aún perdura. No es un problema que se haya manifestado solamente en el CAREM.

Una ventaja no despreciable es que debido a la baja densidad de potencia de su núcleo puede hacer "seguimiento de carga" que si bien no es un modo de operación económica lo convierte en un aliado (no generador de gases de invernadero) de las energías renovables no gestionables.

(6) Al poco tiempo varios se convirtieron al CAREM.

(7) Eran aún tiempos de Ceaușescu (¿dónde estarán las fotos nuestras con el dictador en el stand de INVAP?).