



## ¿PODRÍA ESPAÑA TENER SUBMARINOS DE PROPULSIÓN NUCLEAR? ALGUNAS DISQUISICIONES ACADÉMICAS

José Manuel SANJURJO JUL  
Vicepresidente de la Real Academia de Ingeniería



(ing.) (retirado)



STA pregunta me la formuló a bocajarro y en privado un compañero académico —lógicamente conocedor de mi pasado en la Armada y de mi experiencia profesional en submarinos— durante un debate informal en la Academia sobre el futuro papel de la energía nuclear en el mix energético europeo. Pregunta aparentemente simple que, como sabe cualquier profesional, no tiene en cambio una respuesta sencilla. Para ser contestada, un buen gallego practicante siempre

podría recurrir al «depende»; pero mi querido y distinguido compañero se merecía algo más elaborado.

Esto me impulsó a poner en orden algunas ideas —que, para ser sincero, ya antes me habían rondado en la cabeza— en unas notas, sin otra pretensión de que me sirvieran de reflexión, muy lejos de pensar que pudieran ser un análisis de viabilidad de las implicaciones técnicas y programáticas en el caso de que España optase por dotarse de una fuerza de submarinos de ataque de propulsión nuclear. Pero que, al final de este ejercicio intelectual, he considerado que podrían ser de interés para la REVISTA GENERAL DE MARINA, alertando de nuevo al lector de que no pasan de ser eso: un puro ejercicio intelectual.

### **Consideraciones iniciales**

Creo necesario, antes de la inmersión, prevenir de que conscientemente he dejado al margen de estas notas cualquier consideración sobre las implicaciones geopolíticas y geoestratégicas que surgirían si España se dotase de una fuerza de submarinos de ataque de propulsión nuclear. Aunque sea obvio lo que podría suponer tanto para la OTAN como para la UE, tales implicaciones podrían ser las que favoreciesen o impidiesen la transferencia de tecnología de otro gobierno.

Es también evidente que estas ideas se refieren únicamente a los submarinos de ataque de propulsión nuclear; los estratégicos quedan fuera de estas reflexiones, ya que tendrían implicaciones de unas dimensiones completamente diferentes. Sin embargo, conviene destacar que todas las marinas con submarinos de ataque de propulsión nuclear operan simultáneamente submarinos estratégicos (1).

### **Estrategia de adquisición: opciones**

Un programa nacional para la adquisición de una flota de submarinos de propulsión nuclear supondría un esfuerzo sin precedentes, económico, técnico, organizativo e industrial, que tendría además consecuencias políticas, sociales e incluso jurídico-legales, complejas y sensibles.

Las principales decisiones que condicionarían la viabilidad del programa serían, indiscutiblemente, por un lado, la estrategia de adquisición que se adoptase y, por el otro, el número de unidades totales de la fuerza, aunque ambas no son independientes, ya que, como se verá, de alguna manera están relacionadas.

---

(1) Si exceptuamos en el futuro a Brasil y a Australia.

En estas disquisiciones, en lo referente al número de unidades —dejando al margen cualquier consideración económica y únicamente como una referencia para la posterior discusión—, se ha considerado un programa de seis submarinos, lo que a efectos operativos supondría disponer siempre de cuatro operativos en la mar.

En cuanto a carga de trabajo, el programa de construcción de estas seis unidades permitiría acometer la construcción inicial de una primera configuración de, por ejemplo, dos unidades, lo que facilitaría el rodaje de toda la infraestructura de producción; y en una segunda fase, las cuatro restantes, con un calendario de construcción más apretado e incorporando la experiencia adquirida en la primera serie; pero como indiqué, esto no es más que una pura hipótesis de trabajo.

El tema crítico que condicionaría toda la viabilidad y aseguraría el éxito del programa residiría en definir una estrategia de adquisición realista, que tuviese en cuenta la soberanía operativa, los riesgos programáticos, el coste total del programa y las implicaciones logísticas y organizativas en la Armada (2). Pero, sobre todo, el calendario de entregas, que necesariamente tendría que estar alineado con el fin de la vida operativa de los submarinos convencionales en servicio.

Las posibles estrategias de adquisición son numerosas y no todas realistas, pero, aunque solamente sea a título teórico y para que nos sirva para establecer el marco de la discusión, de todas ellas vamos a considerar dos que corresponderían a casos extremos y una tercera intermedia entre las anteriores.

- Opción A. Adquisición exterior.
- Opción B. Desarrollo totalmente nacional.
- Opción C. Híbrida: desarrollo nacional con transferencia de tecnología.

Optar por adquirir los submarinos de otro país supondría un retroceso inadmisibles para la capacidad ya alcanzada de diseño y construcción de nuestra base tecnológica e industrial, un desequilibrio en la balanza de pagos y una dependencia inaceptable en el sostenimiento. Incluso considerando la posibilidad de un plan de nacionalizaciones y compensaciones, esta opción sería volver a una página que habíamos cerrado hace décadas y condenar a nuestra industria a una dependencia tecnológica; una etapa ya superada.

La gran ventaja de esta alternativa sería disponer de submarinos operativos en un plazo mucho más corto que si elegimos cualquier otra opción, al tiempo

---

(2) Como ejemplo de la importancia de definir una adecuada y sólida estrategia de adquisición, mencionar el caso australiano. Australia anunció en septiembre de 2021 la decisión de adquirir la capacidad de submarinos de ataque de propulsión nuclear con la cooperación y la transferencia de tecnología de los Estados Unidos y el Reino Unido al amparo del Acuerdo AUKUS (Australia, Reino Unido y Estados Unidos). En el mismo instante creó el Nuclear Submarine Taskforce para que en un período de 18 meses definiesen la estrategia óptima de adquisición.

que el gasto total del programa se reduciría significativamente, sobre todo en lo referente a costes no recurrentes de infraestructura e instalaciones. E igualmente, la complejidad de la adquisición sería menor, sobre todo en lo referente al reactor nuclear. Un programa totalmente nacional llevaría consigo el desarrollo, sin transferencia de tecnología exterior, de la plataforma, de sus sistemas y del reactor nuclear. Parece evidente que esta opción está tan lejos de nuestras posibilidades que, con la venia del lector, no le dedicaré más atención.

Es decir, la estrategia de adquisición viable consistiría en optar por adaptar un diseño ya existente en otra marina, de construcción nacional con transferencia de tecnología y la importación del reactor como un paquete completo.

Por otra parte, la solución híbrida de optar por la combinación de un programa nacional —con transferencia de tecnología gobierno-gobierno— y un acuerdo industria-industria —con un socio tecnológico— permitiría considerar toda una panoplia de soluciones intermedias, entre las que habría que encontrar una realista que asegurase acometer el programa asumiendo unos riesgos manejables (3).



Sección sellada de un reactor a su llegada a la grada de construcción.  
(Fuente: (<https://www.marinelink.com>))

---

(3) Este esquema no es nuevo en nuestros programas navales de las últimas décadas. En cierto modo, ésta fue la estrategia de adquisición de las fragatas *F-100*.

Conviene destacar que la viabilidad de esta opción estaría en la adquisición del reactor nuclear como un paquete completo. Aunque más adelante volveremos a este tema, sería impensable un diseño de reactor único; obligatoriamente habría que optar por uno ya en servicio en alguna marina.

### Consideraciones programáticas iniciales

Centrándonos en el hipotético caso de que se optase por la solución híbrida de adaptar un diseño de referencia ya existente (suponiendo que fuese posible alcanzar un acuerdo de transferencia, que sería política y técnicamente complejo y largo), el catálogo de diseños existentes es reducido, ya que entre nuestros aliados únicamente Francia, Reino Unido y Estados Unidos operan submarinos de ataque nucleares, y quedan fuera de cualquier consideración fuera de este entorno.

Por otra parte, habría que tener presente que al menos dos de los submarinos de ataque existentes que podrían ser potenciales candidatos para el diseño de referencia estarían al final de su vida operativa en la década de 2060, que hipotéticamente coincidiría, en el mejor de los casos, con la entrada en servicio de nuestros flamantes submarinos de propulsión nuclear de la clase, llamémosla *Poseidón*. Esta situación ofrecería en cambio la posibilidad, aunque muy remota, de participar en el code-sarrollo de una futura clase, si bien se reducirían prácticamente las opciones a un único candidato (4).



Extraña fotografía en la que se observa la extracción del núcleo en un submarino francés a través de la escotilla logística. (Fuente: <https://uploads.fas.org>)

(4) A pesar de que aún se están entregando los submarinos de la clase *Astute*, el Reino Unido ya ha firmado un contrato con BAE Systems y Rolls Royce por valor de 170 millones de

No puede obviarse que la elección como diseño de referencia de uno de los posibles candidatos llevaría consigo adaptar la misma arquitectura del sistema de combate y prácticamente la misma panoplia de armas y la mayoría de los sensores; es impensable que en un submarino nuclear se puedan hacer cambios de configuración significativos, sobre todo que impliquen modificar el casco resistente o las condiciones de seguridad. Los desplazamientos de los posibles diseños oscilan, aproximadamente, entre las 6.000 y 10.000 toneladas en inmersión. Un salto cuantitativo considerable respecto al S-80 que, como se verá, tendría implicaciones importantes en el astillero.

### Implicaciones en la infraestructura

España cuenta con un astillero con experiencia en la construcción de submarinos convencionales que dispone de una infraestructura de fabricación reducida pero aceptable. Sin embargo, de cara a un programa como el que nos ocupa, convendría tener en cuenta algunas consideraciones relacionadas con las instalaciones y la cadena de producción.



Submarino S-80. (Fuente: Navantia)

---

libras esterlinas para los estudios iniciales de viabilidad del submarino del futuro (*Next Generation Submarines*). Por su parte, la US Navy ha optado por una estrategia evolutiva mediante las configuraciones 6 y 7 de la clase *Virginia*. Aunque no se dispone de información similar, los submarinos de la clase *Suffren* también terminarán su vida útil en la década de los 60.

La actual infraestructura del Astillero de Cartagena, tanto la de producción de aceros como las instalaciones de las gradas de montaje, está diseñada y optimizada para la fabricación de secciones del diámetro del casco resistente del submarino *S-80*. Como ya se indicó, un futuro submarino basado en un diseño ya existente requeriría un desplazamiento de al menos unas 6.000 toneladas en inmersión y, por lo tanto, exigiría un casco resistente de mayor diámetro y eslora que el del *S-80*, lo que supondría rediseñar toda la fabricación de aceros del astillero y dotar de nueva maquinaria a la cadena de producción. De la misma manera, el aumento de eslora conllevaría un número diferente de secciones y mayor peso en cada una de ellas, lo que a su vez también tiene implicaciones en la infraestructura de construcción y en los medios de movimiento, con lo que no se podría descartar la modificación o reemplazo del dique flotante (5). Habría que considerar el mantener la infraestructura actual de producción del *S-80*, ya que el espacio disponible en el astillero no podría albergar la actual línea de producción de aceros y secciones y habría que construir otra totalmente nueva para los futuros submarinos. Por otra parte, no sería recomendable desmontar las instalaciones actuales por si hubiese algún pedido de exportación, o por si por razones de calendario fuese necesario aumentar las unidades de la clase *S-80*. Y aquí se plantea uno de los retos programáticos críticos, ya que diseñar una nueva cadena de producción de aceros y probablemente una nueva grada de montaje exigiría una fuerte inversión y rediseñar o aumentar el espacio útil del astillero.

Otra consideración técnica a tener en cuenta es que el futuro submarino requeriría el cambio de tipo de acero empleado en el *S-80*, por lo que si no se contase con la transferencia de tecnología, esto supondría un largo proceso de desarrollo y validación de nuevos protocolos y métodos de soldadura; certificar todo el proceso es un esfuerzo técnico, crítico, complejo y prolongado.

Pero sin ninguna duda, el asunto que requiere especial atención es el relacionado con la gestión del reactor nuclear durante la construcción y las pruebas, habida cuenta de que no hay experiencia previa y que el Astillero de Cartagena se encuentra prácticamente en el centro urbano.

En la opción que hemos considerado la más viable, expusimos la importación del reactor como una unidad completa recibida del socio tecnológico; el reactor podría llegar al astillero como una sección sellada (6) y, lógicamente, con el reactor inactivo. De esta manera, siguiendo escrupulosamente los protocolos de seguridad establecidos, podría integrarse con las restantes secciones en la grada de construcción; es decir, el submarino podría completarse en Cartagena siempre y cuando se hubiesen adaptado sus instalaciones, como hemos explicado anteriormente.

---

(5) Suponiendo que éste fuese el procedimiento de puesta a flote en el futuro.

(6) Práctica habitual en otros astilleros. Ver fotos en el texto.



Sección que contiene el reactor a su llegada al astillero. (Fuente: <https://www.reddit.com/>)

Otro aspecto completamente diferente sería la realización de pruebas de puerto y de mar en Cartagena con el reactor activado. Resultaría impensable probarlo en estas circunstancias y necesariamente habría que considerar posibles alternativas para acomodar y completar el programa de pruebas.

Es necesario mencionar que los reactores que integran los posibles diseños de referencia presentan problemáticas diferentes, cada una con sus ventajas y sus inconvenientes. Los actualmente en servicio tanto en la US Navy como en la Royal Navy utilizan como combustible uranio con un grado de enriquecimiento equivalente al del armamento nuclear (HEU) (7). Esto evidentemente incrementa el riesgo en el hipotético caso de un accidente que, aunque muy improbable, es siempre posible. Optar por este combustible con ese grado de enriquecimiento potencialmente complicaría el tema jurídico internacional, ya que España es firmante del Tratado de No Proliferación Nuclear (8), asunto que convendría no subestimar, primero por las repercusiones internacionales y segundo porque complicaría las negociaciones de transferencia de tecnología. Pero la gran ventaja operativa y logística de este tipo de reactores es su alta densidad de energía, que no requeriría recarga de combustible durante la vida útil operativa del submarino.

---

(7) *Highly enriched uranium.*

(8) Australia tiene la misma problemática con su actual programa.

El otro reactor considerado, que es el que utiliza la Marina francesa en la clase *Suffren*, se alimenta de uranio enriquecido en el grado de utilización civil (LEU) (9) y por lo tanto caería fuera del Tratado (10) y la adquisición de combustible se simplificaría; pero la gran desventaja es la baja densidad energética, lo que obligaría a la recarga cada 10 años aproximadamente, es decir, al menos dos veces en la vida del submarino, lo que supone una complicación logística y de diseño considerable (11).

En un estudio más amplio de la estrategia de adquisición habría necesariamente que examinar la previsible evolución de los actuales reactores en servicio y las configuraciones que estuviesen disponibles en el período de construcción de nuestros submarinos; no tendría sentido elegir un tipo de reactor de la anterior generación que presentase problemas de obsolescencia.



Instalaciones nucleares de Rolls Royce en Derby. (Fuente: <https://www.bbc.com>)

---

(9) *Low enriched uranium*.

(10) Este tema, que en este artículo se trata de manera tangencial, requeriría un análisis jurídico profundo por expertos en legislación internacional.

(11) La elección entre combustible HEU y LEU no es un tema tan simple, ya que habría que considerar otros aspectos: de coste, maniobrabilidad operativa, normativa nacional en materia de inspección de instalaciones nucleares, etc., pero no es el momento ni el lugar de extenderse en el tema.



Traslado de un reactor Rolls Royce PWR3 en la factoría de Derby.  
(Fuente: <https://twitter.com/NavyLookout>)

## Personal

Si bien los retos tecnológicos y programáticos del programa serían ingentes, no lo son menos los de personal y los organizativos que tendrían que acometer la industria y el Ministerio de Defensa, muy en particular la Armada.

La columna vertebral de un programa de esta naturaleza es la seguridad. Un programa integral de seguridad abarcaría el estricto control efectivo de calidad de todo el proceso de ingeniería de sistemas, desde el diseño, la construcción y las pruebas, la certificación de materiales y componentes, las instalaciones, los programas informáticos, la formación y certificación de todo el personal de la industria involucrado en el proceso y, por último, la formación y adiestramiento del personal de la Armada.

Todas las marinas que hemos considerado tienen un impecable historial de seguridad por lo que, la transferencia de tecnología, y la cooperación gobierno-gobierno exigiría que adoptásemos los mismos estándares de seguridad que nuestro socio.

Un tema importante para la Armada son las exigencias de personal que acarrearía el programa. Para tener una idea de estas necesidades, retomaremos la hipótesis de seis unidades con una dotación estimada de 100 personas. Tomando como referencia los datos de otras marinas, y teniendo en cuenta que nosotros seríamos nuevos en el club y que no deberíamos escatimar personal, el esquema de dos dotaciones por submarino operativo y una para los inmovilizados

necesitaría un colchón para afrontar posibles imprevistos, lo que supondría contar con un total de 1.000 tripulantes de las diferentes graduaciones y niveles, adiestrados y certificados. Para la estimación de personal no embarcado relacionado con el programa, también basándonos en la información de otras marinas, sería razonable aplicar un factor entre 2,5 a 3 al total de las dotaciones, es decir, unas 1.800 personas.

Otro factor a tener en cuenta para estimar el alcance total del programa es toda la infraestructura indispensable para la formación, el adiestramiento y para mantener a las dotaciones certificadas; como mínimo se requerirá disponer de simuladores y de un sistema de referencia de la propulsión, especialmente del reactor. El otro capítulo, no menor, serán las necesidades relacionadas con el mantenimiento que, inevitablemente, serán mucho más exigentes que las de un submarino convencional. La gran incógnita es si la actual Base de Submarinos podría reunir las condiciones de seguridad como base operativa y logística para una flotilla de submarinos de propulsión nuclear; tema complejo que excede las intenciones de estas notas.

Las lógicas limitaciones de espacio no permiten tratar las extensas y complejas implicaciones relacionadas con los cambios orgánicos que acarrearía el programa, tanto en la Secretaría de Estado del Ministerio de Defensa como en la Armada, y posiblemente en la estructura empresarial. Cambios que abarcarían desde la creación de una dirección de propulsión nuclear, la reorganización del proceso del aseguramiento de calidad y la inspección *in situ* de toda la cadena de suministro y del proceso de ingeniería de sistemas.



Adiestramiento de personal en un simulador. (Foto: Armada)

## Coste y calendario

Sería imprudente en estos momentos estimar el coste global del programa, que dependerá en gran medida de la estrategia de obtención que finalmente se decidiese. Los costes recurrentes, como una primera aproximación de referencia, necesariamente imprecisa, se podrían cifrar en unos 2.500 millones por unidad, considerando como tales todo lo relativo a la construcción de cada unidad. Con la incertidumbre del camino a seguir para la adquisición, sería imposible predecir, ni siquiera a grandes rasgos, los gastos no recurrentes; pero al lector interesado le pueden servir de referencia los numerosos análisis económicos publicados en diversos informes sobre el programa australiano, accesibles en la red.

En cuanto al calendario, todo depende de si para el reemplazo de los *S-80* se optase por un submarino convencional o de propulsión nuclear; en este caso, la primera unidad tendría que estar lista para entrar en servicio en la década de los 60. Un calendario en absoluto desahogado dada la complejidad del programa.

## Unas consideraciones finales

Dejando al margen cualquier observación política y estratégica, la pregunta correcta que nos deberíamos formular es qué clase de submarinos reemplazarán a los *S-80* al final de su vida operativa; o lo que es lo mismo, en el caso de que se optase por la solución nuclear, la gran incógnita es si en los próximos treinta años seríamos capaces de estructurar un programa que asegurase la entrada en servicio de la primera unidad de una clase española de submarinos de ataque de propulsión nuclear.

Afrontar el desarrollo de una unidad de este tipo supondría un reto ingente de ingeniería para la base tecnológica industrial, que pondría a prueba su capacidad; para el Ministerio de Defensa el desafío sería gestionarlo, y para la Armada, tener que acometer las necesarias transformaciones orgánicas que le permitieran adaptarse al cambio tecnológico, y constituiría el mayor salto tecnológico desde la transición de la vela al vapor.

Un programa de semejante envergadura sólo sería posible con un amplio consenso nacional. Y desde el punto de vista programático, únicamente sería viable si se optase por un diseño de referencia lo más parecido a los ya existentes en otras marinas, con los mínimos cambios posibles, que permitiese adaptaciones y evitando modificaciones estructurales del casco resistente.

La opción de un futuro codesarrollo y coproducción y el establecimiento de infraestructuras compartidas, aunque hipotética, probablemente fuese la solución deseable, aunque si realmente el requisito fuese que la siguiente generación de submarinos sea de propulsión nuclear, podría acarrear problemas de calendario.

La decisión crítica que condicionaría todo el programa desde el inicio sería, sin duda alguna, la del tipo de reactor, en base a lo comentado en un apartado anterior. Hay que descartar la tentación de utilizar reactores modulares, que últimamente se ofrecen para uso civil: experimentos con gaseosa, que diría el castizo; en esta área no se puede correr el más mínimo riesgo, y la opción de diseñar un submarino con esas características sería, casi seguro, un desastre.

La elección del reactor llevaría consigo optar por un diseño de referencia específico, lo que a su vez conllevaría adoptar las armas y los sensores integrados en ese diseño. Aquí surge una problemática que requiere un análisis en profundidad, y es que los submarinos que nos podrían servir de referencia estarían a punto de finalizar su vida operativa en el momento en que entrara en servicio un posible submarino español.

El mayor riesgo de un proyecto de semejante complejidad es la precipitación; en otras palabras, tratar de comprimir las distintas etapas del proceso de ingeniería de sistemas, acentuando el riesgo si se cometen errores de juicio al definir la hoja de ruta. Por tanto, aunque pudiese parecer una frivolidad cuando aún estamos empeñados en finalizar el *S-80*, no sería imprudente empezar a identificar y a analizar diferentes (12) potenciales estrategias de adquisición.



---

(12) Similar al que se está realizando en Australia.

Fragata *Victoria*. (Foto: Roberto Romero Rodríguez)

