

EL SUBMARINO DE PROPULSION NUCLEAR

Raúl Farr Courbis

Introducción

resentamos aquí una relación sucinta pero suficiente de la historia, características y misiones de los submarinos de propulsión nuclear. Lo hacemos en la creencia que esta relación es oportuna, ya que fue un submarino nuclear británico el que torpedeó el crucero *Belgrano*. El Almirante Castro Madero ha hablado, en más de una ocasión, que la Armada argentina debería construir submarinos nucleares. En 1983 la operación Unitas contó con el submarino *George Washington*, que fue el primer submarino nuclear armado con misiles balísticos Polaris.

El submarino de propulsión diesel-eléctrica tuvo destacada actuación en dos guerras mundiales y llegó a su mayor desarrollo en la Armada alemana hacia el fin de la última guerra. Sin embargo, no fue hasta 1954 que el primer submarino de propulsión nuclear, el *Nautilus*, hizo realidad aquel viaje imaginario de 60.000 millas marinas (20.000 leguas) bajo el mar, del primer *Nautilus* ideado por Julio Verne en 1870.

La propulsión nuclear ha cambiado profundamente la naturaleza misma del submarino: de un buque que navegaba en la superficie —a su mayor velocidad y radio de acción, hasta llegar a su área de operaciones, en que se sumergía para atacar naves de comercio— a un buque

que sumergido puede alcanzar su mayor velocidad y radio de acción, y que continúa sumergido para atacar blancos terrestres o marítimos con misiles de largo alcance o naves de guerra de superficie o submarinas con torpedos o torpedos-misiles.

Historia

El *Holland* fue el primer submarino moderno; fue construido por su inventor, John Phillip Holland, y adquirido por la Armada de los Estados Unidos en 1900. Submarinos tipo Holland fueron prontamente adquiridos por casi todos los países marítimos, incluido Chile, y su diseño básico fue utilizado en todos los submarinos construidos, hasta el comienzo de la Segunda Guerra Mundial, por Alemania, Estados Unidos, Gran Bretaña, Japón, Francia, Italia, Rusia y España.

Con el correr de los años, el deseado aumento en radio de acción y armamento trajo el lógico aumento en desplazamiento: de las 435 toneladas, sumergido, del *Holland*, hasta 2.700 toneladas para submarinos oceánicos, al comienzo de la Segunda Guerra Mundial. Caso aparte fue el *Surcouf*, submarino de diseño único construido en 1929 para la Armada francesa; con un desplazamiento, sumergido, de 4.300 toneladas, dos cañones de 8 pulgadas, un pequeño hidroavión y diez tubos lanzatorpedos, era, en su tiempo, el submarino más grande del

mundo. Durante la guerra, el *Surcouf* sirvió con los aliados bajo la bandera de Francia Libre, tuvo largos periodos de reparación y modificación, y terminó desapareciendo en el Caribe, tal vez debido a una explosión interna; no hubo sobrevivientes.

Alemania empezó la guerra con 100 submarinos que no desplazaban más de 1.000 toneladas sumergidos, por unidad. En 1943 estaba produciendo cuarenta submarinos con un desplazamiento de más de 1.600 toneladas sumergidos, por unidad. En 1944, los submarinos alemanes fueron equipados con *snorkel* como respuesta a la creciente amenaza de detección nocturna en la superficie por aviones o naves de escolta equipadas con radar; además, por primera vez los astilleros alemanes empezaron a apartarse del diseño tradicional de los Holland, para construir submarinos de casco estilizado capaces de velocidades superiores a 17 nudos, sumergidos, como también crearon nuevos medios de propulsión sumergido, como la turbina de peróxido de hidrógeno. Todos estos adelantos llegaron muy tarde para cambiar el ya previsible desenlace de la guerra.

Terminada la guerra en Europa y el Pacífico, la Armada norteamericana aprovechó los avances logrados por los astilleros alemanes, construyendo submarinos experimentales capaces de altas velocidades sumergidos, como también se adoptaron *snorkels* a los submarinos que se retuvieron en servicio. Sin embargo, cuando se construyó el primer submarino de propulsión nuclear, el *Nautilus*, su casco fue de construcción convencional y muy similar al casco de los submarinos de antes de la guerra.

Los submarinos de propulsión nuclear de segunda generación incorporaron todos los adelantos ya alcanzados por los submarinos convencionales, menos el ya ahora innecesario *snorkel*.

Podemos decir, entonces, que el submarino de propulsión nuclear, ahora operado por los Estados Unidos, la Unión Soviética, Gran Bretaña y Francia, ha al-

canzado un alto grado de desarrollo y puede fácilmente exceder, en crucero submarino, las 20.000 leguas del *Nautilus* de Julio Verne.



SUBMARINO NUCLEAR BRITANICO 'SUPERB'

El casco

El casco que se describe aquí es, en realidad, el construido por la General Dynamics, en Groton, Connecticut, en la década de 1960 a 1970, para submarinos de ataque y para submarinos misileros estratégicos originalmente armados con misiles Polaris. Los submarinos construidos posteriormente parecen continuar este diseño, como se puede comprobar comparando las siluetas de las últimas construcciones de los diversos países que construyen estas unidades, con los submarinos de las clases Thresher (ataque) y Lafayette (misilero estratégico), ambos ya próximos a los veinte años de servicio.

El casco tiene forma de cetáceo, presentando, al desplazarse en el medio submarino, superficies curvas que producen un mínimo de turbulencia. Los tres cuartos del largo total son de sección circular y diámetro uniforme. El octavo de proa y popa, también cilíndricos, terminan en lo que se aproxima a una media esfera

estilizada, para evadir curvaturas excesivas productoras de turbulencia. La estructura de la vela se encuentra hacia proa de la mitad de la eslora, contiene el acceso principal en navegación, los periscopios, mástiles retráctiles de antenas y controles para la poca común navegación en la superficie. La forma exterior de la vela está también diseñada para un mínimo de resistencia y turbulencia al movimiento en inmersión.

El casco de presión está construido de acero de alto límite elástico (HY-80), con espesores de 60 a 80 milímetros. La proa contiene sensores y transmisores de sonar, con los tubos lanzatorpedos un cuarto de la eslora más a popa y orientados a un ángulo de 20° a 40° de la proa, hacia cada banda. Los tubos son generalmente recargables con sistemas mecánicos rápidos con misiles, torpedos-misiles o torpedos. Hacia popa siguen los compartimientos de habitabilidad, con comodidades y espacio superiores a los de naves de superficie; el compartimiento de mando y control, que incluye la central de informaciones de combate y la de comunicaciones; en submarinos misileros estratégicos viene el "bosque de Sherwood" o compartimiento atravesado por dieciséis tubos misileros, en arreglo vertical; después viene el compartimiento del reactor, que, desde que no es accesible con el reactor crítico, tiene un túnel de tránsito; sigue el compartimiento de máquinas auxiliares y, por último, el compartimiento de turbinas de propulsión.

La vela lleva, generalmente, a ambas bandas, los planos horizontales para control de inclinación transversal, y en la popa se encuentran el plano del timón y los planos horizontales para control de la inclinación longitudinal.

En los submarinos misileros, los tubos de lanzamiento vertical tienen escotillas herméticas que se abren para permitir lanzamiento sumergido, y cuando están cerradas permiten operaciones de mantenimiento de los misiles en tubo seco, por escotillas de acceso desde el interior del compartimiento misilero.

La planta de propulsión

La planta de propulsión que aquí se describe, utilizada en la mayoría de los submarinos norteamericanos en servicio en 1983, es la denominada S-5-W, donde S es submarino, 5 el número de orden de diseño y W la identificación del diseñador, Westinghouse.

Desde que la primera de estas plantas llegó a su primer reabastecimiento de combustible nuclear, este nuevo combustible, de uranio enriquecido, como el anterior, aumentó cada vez la energía disponible entre cambios de combustible. El desarrollo posterior de estas plantas ha traído una disminución de la irradiación sónica, por la reducción o eliminación de bombas de circulación primaria, fuentes importantes de ruidos submarinos captables por sonar pasivo, como también cambios en el sistema de propulsión, ya que los reductores de velocidad de las turbinas son otra fuente importante de irradiación sónica.

El diagrama simplificado que se incluye muestra solamente los elementos principales de la planta con las tuberías principales que transmiten la energía térmica entre elementos. El sistema primario, de agua liviana presurizada a 2.000 libras por pulgada cuadrada, está íntegramente contenido en el compartimiento del reactor, que es inaccesible mientras el reactor esté crítico. El sistema secundario, de vapor saturado producido por los generadores de vapor, transfiere la energía del sistema primario, cruza en dos tuberías el compartimiento de maquinaria auxiliar, donde entrega vapor a los turbogeneradores y otros equipos auxiliares, y sigue al compartimiento de propulsión, donde entrega vapor a las dos turbinas de propulsión que, por medio de engranajes reductores, accionan la hélice única.

El sistema primario, que está dispuesto alrededor de la vasija del reactor, consiste de dos circuitos independientes que pueden ser aislados de la vasija del reactor y que permiten operación, a potencia reducida, con un solo circuito. Para enfriamiento de emergencia existe un enfriador del sistema primario que transfiere

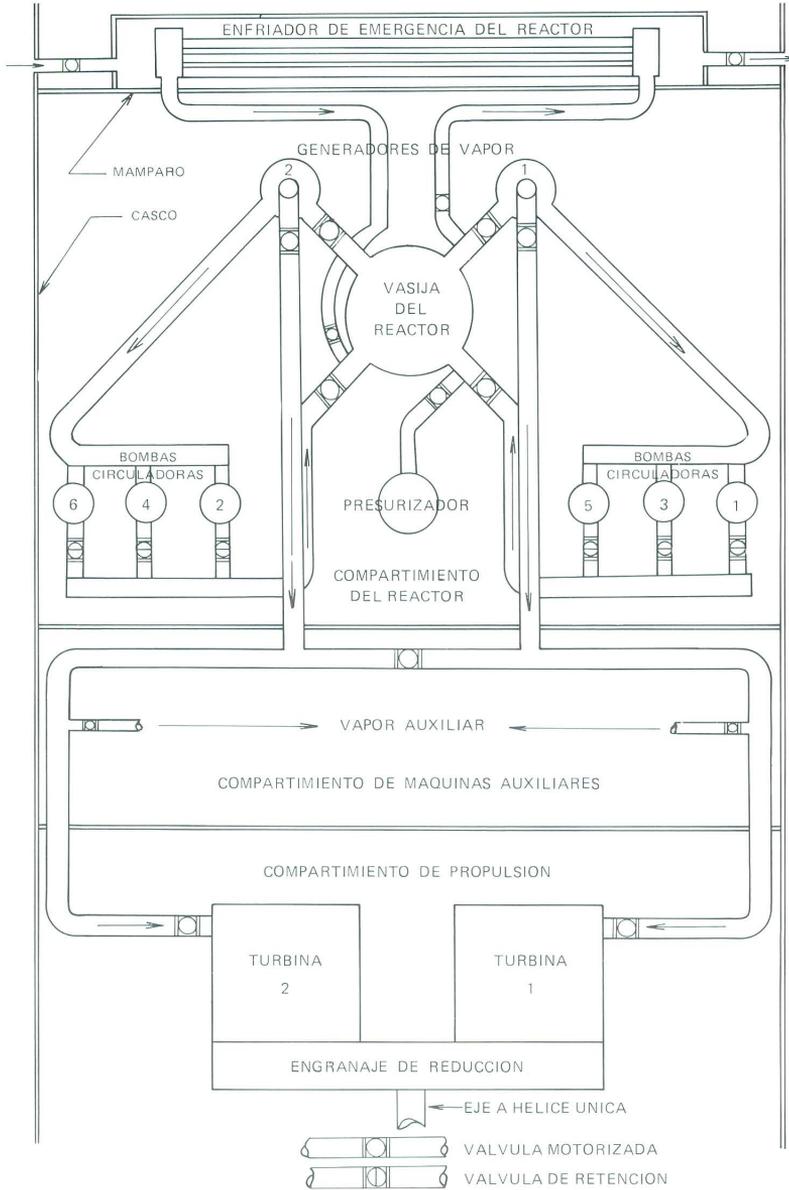


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE PLANTA NUCLEAR S-5-W PARA SUBMARINOS

el calor remanente en la vasija del reactor no crítico, al agua de mar en un estanque en el compartimiento a proa del reactor. Este sistema funciona por convección y no requiere otra energía, para funcionar, que la energía térmica residual del sistema primario. Cada uno de los dos circuitos del reactor incluye un generador de vapor, tres bombas de circulación, aunque dos bastan para obtener la máxima potencia, y las tuberías de 30 centímetros de diámetro con sus válvulas, como se muestran en el diagrama. El reactor genera una potencia térmica aproximada de cien mil kilovatios, de la cual se obtiene una potencia efectiva máxima de 45.000 kilovatios.

Una tubería de 5 centímetros de diámetro conecta la vasija del reactor al presurizador, que es un cilindro de 150 centímetros de diámetro y 500 centímetros de alto. El presurizador tiene calentadores eléctricos internos que permiten elevar la temperatura para formar una burbuja de vapor que amortigua los cambios de presión y que, por control de la temperatura del vapor en la burbuja, permiten controlar la presión del sistema primario.

La reacción nuclear misma es controlada por varillas de control que se insertan en el núcleo para disminuir o terminar la fisión de los átomos de uranio, y se retiran (levantan) para aumentar la fisión. Además de este control, existe un control inherente en el diseño, que cuando aumenta la demanda de vapor baja la temperatura del agua que retorna a la vasija del reactor del generador de vapor a través de las bombas de circulación; esta agua, a menor temperatura, aumenta la reactividad en el núcleo, lo que sube la temperatura en los pasajes del núcleo y, por tanto, la temperatura del agua entrando al generador de vapor; esto tiende a llegar a un punto de equilibrio en que la temperatura del agua regresando a la vasija se mantiene constante para una demanda de vapor constante. Lo contrario ocurre cuando la demanda de vapor disminuye, en que el agua que regresa a través de las bombas sube de temperatura, disminuyendo la reactividad, lo que introduce agua de

menor temperatura al generador de vapor, que reducirá la generación de vapor; esto también llega a un punto de equilibrio, en que la temperatura del agua entrando al generador de vapor se mantiene constante para una demanda de vapor constante. Debido, en parte, a esta característica, denominada coeficiente de temperatura negativo de la reactividad, es posible cambiar de toda fuerza adelante a toda fuerza atrás, pasando por cero revoluciones por minuto, sin que sea necesario mover las varillas de control del reactor.

Cada varilla de control del reactor puede insertarse o removerse gradualmente con un dispositivo electromecánico; además, pueden insertarse en una fracción de segundo cuando sea necesario llevar rápidamente el reactor a condición subcrítica; esta inserción de emergencia puede hacerse por comando manual del operador o como reacción programada y automática de un sensor que detecte una condición anormal que requiera terminar la criticidad del reactor.

Una consecuencia irónica del desarrollo de la propulsión nuclear para naves de superficie y submarinas, fue la retrogresión técnica del sistema de vapor del térmicamente eficiente vapor sobrecalentado, al relativamente ineficiente vapor saturado que se utilizaba en las unidades navales de la Primera Guerra Mundial. La razón para este retorno al pasado técnico es la imposibilidad de obtener vapor en el sistema secundario, a una temperatura superior a la del agua presurizada del sistema primario, temperatura que está, a su vez, limitada por la presión de 2.000 libras por pulgada cuadrada, a la que corresponde una temperatura máxima de 335° C.

La tripulación de un submarino nuclear está efectivamente protegida de los efectos de la radiación por medio de escudos instalados alrededor de la vasija del reactor, en la cubierta y mamparos laterales del túnel que atraviesa el compartimiento del reactor, y en los mamparos de proa y popa del mismo compartimiento.

La vasija del reactor está rodeada por un estanque de agua que sirve de

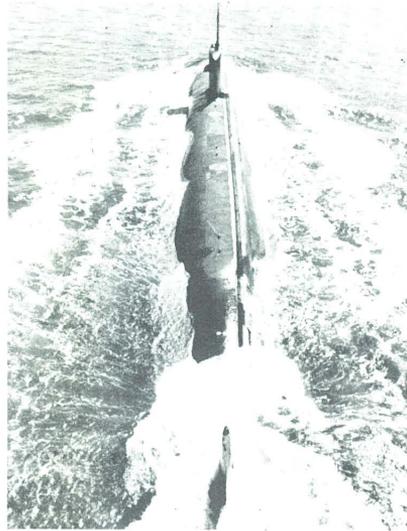
escudo contra los neutrones, y de plomo en láminas que sirve como escudo contra la radiación gama; los mamparos del compartimiento y la cubierta del túnel tienen plomo en láminas para absorber radiación gama, y polietileno en láminas para absorción de neutrones. Esta protección es tan efectiva, que los tripulantes de un submarino nuclear reciben una dosis de radiación media inferior a la de civiles que están sujetos a la radiación normal media en la superficie de la Tierra.

Cuando la propulsión del submarino depende de una hélice única, existe un sistema de propulsión auxiliar con una hélice accionada por un motor eléctrico que puede desarrollar una velocidad de siete nudos. La hélice se baja de su alojamiento en el casco solamente cuando se necesita, y desde que puede girar 360° puede utilizarse para maniobras de ataque.

Armamento y equipo

Los submarinos de propulsión nuclear de Estados Unidos y de Gran Bretaña tienen una gran similitud en equipo y armamento, debido a una cooperación tecnológica y política que se ha mantenido desde el acuerdo de Estados Mayores Conjuntos, ABC-1 en 1941; en realidad, el diseño del primer submarino nuclear británico, el *Dreadnought*, fue réplica del primer submarino norteamericano con planta S-5-W, el *Skipjack*. En cambio, los submarinos nucleares de Francia y la Unión Soviética han sido diseñados y equipados en base a su tecnología nacional, sin otra ayuda foránea que la información que pudieron obtener por diversos medios.

Todos los submarinos están armados con misiles, torpedos y misiles-torpedos. Los misiles de poco alcance (hasta 100 kilómetros) pueden ser lanzados por los tubos lanzatorpedos, que también lanzan torpedos y misiles-torpedos. Los misiles de mediano alcance (tácticos) y los misiles de largo alcance (estratégicos) requieren tubos de lanzamiento especiales, que están montados verticalmente en el casco.



SUBMARINO NUCLEAR ESTADOUNIDENSE
"SAN FRANCISCO"

Para comunicarse, los submarinos cuentan con teléfonos de ondas ultrasónicas para comunicaciones cercanas, radio y teletipo directo o vía satélite, que requiere aflorar a la superficie o elevar a la superficie una capsula remolcada con antena que permita la transmisión o recepción. Un sistema nuevo de ondas electromagnéticas de muy baja frecuencia permitiría transmitir y recibir mensajes sumergido, pero se ignora cuando tal sistema estaría operacional.

Para navegación se cuenta con sistemas inerciales de gran fiabilidad y precisión, y como respaldo sistemas de navegación por satélite, además de Loran y sus derivaciones.

Para localizar posibles blancos submarinos o de superficie, se utiliza el sonar activo o el pasivo, ya sea en la proa del submarino o en capsula submarina remolcada.

Misiones

El submarino de propulsión nuclear hizo realidad, por primera vez, un barco realmente construido para el ambiente submarino, sin dependencia directa de la superficie. La capacidad para navegar, sin aflorar, largas distancias a velocidades en exceso de 25 nudos, hacen posible para los submarinos nucleares cumplir misiones que eran inimaginables para los submarinos de la Primera o Segunda Guerra Mundial. La misión principal de estos últimos, la destrucción del comercio marítimo del adversario, ha pasado a ser una misión de último recurso para submarinos nucleares, que son normalmente requeridos para misiones de mayor importancia estratégica o táctica.

En estos días (1984), los submarinos nucleares en servicio pueden clasificarse en tres tipos principales:

1. Submarinos misileros estratégicos (SME);
2. Submarinos misileros tácticos (SMT); y
3. Submarinos de ataque (SA).

Los SME están armados con misiles balísticos, de ojivas múltiples nucleares, que pueden impactar con precisión blancos terrestres a distancias de 8.000 kilómetros o más. Como armamento defensivo llevan torpedos, misiles y misiles-torpedos que se lanzan por los tubos lanzatorpedos.

Los SMT están armados con misiles balísticos o de crucero, monojivales, con carga nuclear o convencional con alcance de hasta 3.000 kilómetros para impactar blancos terrestres o marítimos. Utilizan el mismo armamento defensivo que los SME. Estados Unidos no tiene SMT en servicio o en construcción.

Los SA tienen como armamento principal sus tubos lanzatorpedos, que pueden lanzar misiles, torpedos y misiles-torpedos. Todas las armas de los submarinos nucleares son de lanzamiento sumergido.

Las misiones de los SME son asignadas a cada unidad en patrulla y tienen como objetivo responder a un ataque nu-

clear del adversario, en concierto con las otras armas estratégicas, para la máxima destrucción de ciudades, centros industriales y bases aéreas o navales.

Las misiones de los SMT pueden ser asignadas por unidades o por grupos de dos o tres submarinos, y tendrán por objetivo la defensa de unidades de superficie contra otras unidades de superficie, que pueden incluir portaaviones, o el ataque a blancos terrestres o marítimos dentro del alcance de sus misiles.

Las misiones de los SA pueden ser ofensivas, contra naves de todos los tipos del adversario, o defensivas, como escolta de las propias fuerzas de superficie. Para la Unión Soviética, en una tercera guerra mundial en que no se produzca el temido intercambio nuclear, podría ser productivo atacar el tráfico comercial de los aliados y repetir, con medios muy superiores, el rol de los submarinos alemanes en las últimas dos guerras mundiales.

* * *

Creemos que solamente hay una manera de neutralizar el submarino nuclear; ésta sería crear un sistema de detección y localización que permitiera detectar y localizar submarinos sumergidos desde grandes distancias, por medio de detectores en naves de superficie, aviones o en satélites artificiales. Los medios para destruir un submarino localizado existen, y esta destrucción podría hacerse desde una distancia considerable. Sin embargo, a pesar del casi increíble desarrollo de los medios de detección y localización en el medio atmosférico de nuestro planeta y en el espacio extraterrestre, parece que el ambiente submarino provee una barrera que hasta hoy ha derrotado los esfuerzos de la técnica para penetrarla y revelar la presencia de submarinos.

Para la mantención del balance de fuerzas, garantía contra la autodestrucción de la especie humana, y para la continuada y merecida retribución a los sacrificios patrióticos de los submarinistas del mundo entero, deseamos que los submarinos sigan seguros e indetectables en las profundidades de los océanos.

* * *