SUBMARINO TIPO - 212 (*)
DISEÑO PRÓXIMO A CONCLUIRSE

Rainer Schepers

Las áreas potenciales para un conflicto marítimo han cambiado drásticamente desde el retiro de la actual flota submarina rusa, a consecuencia de la caída del Imperio Soviético. La Guerra del Golfo Pérsico, en 1,991, demostró claramente para qué tipo de situaciones de conflicto será necesario estar preparado en el futuro. Los enfrentamientos tenderán a producirse en áreas cercanas a costa, con profundidades superiores a los 200 metros, siendo las minas y los submarinos los mayores peligros para las unidades de superficie.

Es por ello que los diseñadores de submarinos buscan conservar en sus proyectos las capacidades propias de un cazador y así poder enfrentar estas amenazas. Los submarinos, a diferencia de los buques de superficie, tienen la ventaja de poder operar en tres dimensiones. Este ambiente los somete a continuos y complejos cambios, otorgando a esta arma grandes posibilidades para los propósitos de ocultamiento. Consecuentemente, un submarino cazador aparece como la plataforma más apropiada para atacar a otro submarino. Es innegable que un submarino de propulsión nuclear ofrece claras ventajas en alcance (autonomía) y velocidad; sin embargo, estos submarinos son demasiado costosos de adquirir y mantener, y no pueden ser construidos en todas las dimensiones. Los submarinos convencionales -con un gran potencial de desarrollo-, se hacen muy apropiados a las mejoras tecnológicas y llegarán a tener cada vez más una mayor importancia en el balance del poder naval.

* De *Naval Forces*, Nº II 1996. Vol. XVII. Págs. del 21 al 29. Traducido por el teniente primero Daniel Torres Méndez.

DEMANDAS DE DISEÑO

El diseño de un nuevo buque o submarino empieza con el establecimiento de los requerimientos y propiedades del nuevo navío.

Estos requerimientos fueron plasmados para el Tipo - 212, durante el tiempo cuando el Mar del Norte y el Mar Báltico fueron áreas operacionales para la flota submarina alemana. Consecuentemente, los ingenieros concentraron el diseño en un submarino capaz de permanecer en estación por largos periodos sin ser detectado. Que la mayor parte del área operacional fuera relativamente poco profunda, sólo hizo la tarea -a los diseñadores de la IKL- más difícil.

De acuerdo a los requerimientos de la Marina Alemana, el nuevo submarino debería ser capaz de:

- Atacar unidades de superficie.
- Atacar submarinos.
- Llevar a cabo misiones de reconocimiento.

La atmósfera políticamente cambiante de la Europa de inicios de los 90's, permitió que otra capacidad le fuera añadida: la de proporcionar asistencia a las fuerzas propias -en situaciones de crisis- en aguas no territoriales, como es el Mediterráneo. Este nuevo requerimiento tuvo una marcada influencia en el diseño del submarino.

Basándose en el perfil general de la misión y teniendo en consideración las potenciales amenazas futuras -deducidas a partir de las tendencias en la técnica y el desarrollo- tres fueron los requerimientos básicos que necesitaban desarrollarse técnicamente en el Tipo - 212:

- Dificultad para ser detectado.
- Capacidad de ataque y duración de la misión.
- Sistemas de autodefensa.

Estos requerimientos demandados pudieron no ser completamente satisfechos con la tecnología disponible a mediados de los 80's. Esta fue la situación en 1987, cuando los primeros bosquejos del submarino fueron hechos.

La fase de definición también demandó el desarrollo de ciertos componentes:

- Un sistema de celdas-combustible.
- Un motor de propulsión magnética permanente.
- Un sonar remolcado con capacidad de detección y clasificación en baja frecuencia.
- Periscopios.
- Sistema de lanzamiento de torpedos a presión de agua.
- Optimización de la señal de ruido del sistema de propulsión del submarino.

El resultado de los desarrollos en las áreas arriba mencionadas -alguna de las cuales fueron realizadas en cooperación con otras naciones-, fueron incorporados en el desarrollo del nuevo submarino. Estas innovaciones técnicas condujeron a un nuevo navío que está caracterizado por:

- La operación del sistema de propulsión, en forma independiente del aire atmosférico durante la mayor parte de la du-

ración de la misión.

- El tamaño del submarino y su hidrodinámica optimizada para aguas poco profundas.
- Bajo nivel de todas las señales, minimizando riesgos de detección.
- Sistema de múltiples sensores con énfasis en el sistema de sonar pasivo.
- Mayor efectividad en la capacidad de los torpedos contra blancos de superficie y submarinos.

Desde un inicio, el control de los costos fue introducido para asegurar que la totalidad del proyecto estuviera dentro de un marco presupuestal factible. Hoy, el Tipo - 212 puede ser considerado un ejemplo clásico de un diseño de costos por proceso.

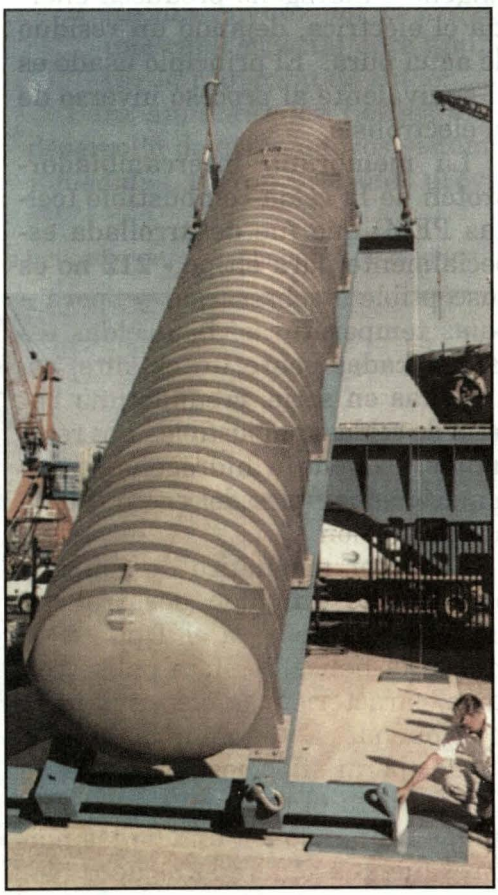
DISEÑO

Los requerimientos necesarios para efectuar misiones de larga duración condujeron a la disyuntiva de:

- Almacenar la energía necesaria en baterías, o
- el desarrollo de un sistema de propulsión independiente de aire atmosférico (AIP).

Porque, por un lado, el almacenamiento de energía en baterías conduciría a la necesidad de instalar un enorme y pesado conjunto de éstas. Y por otro lado, se presentaba como una solución muy cara y compleja, el generar la capacidad necesaria para propulsar al submarino, empleando un sistema de propulsión que pudiera operar independientemente del aire atmosférico.

Finalmente, la solución fue implementada combinando las ventajas correspondientes en un nuevo sistema de propulsión híbrido. Esto



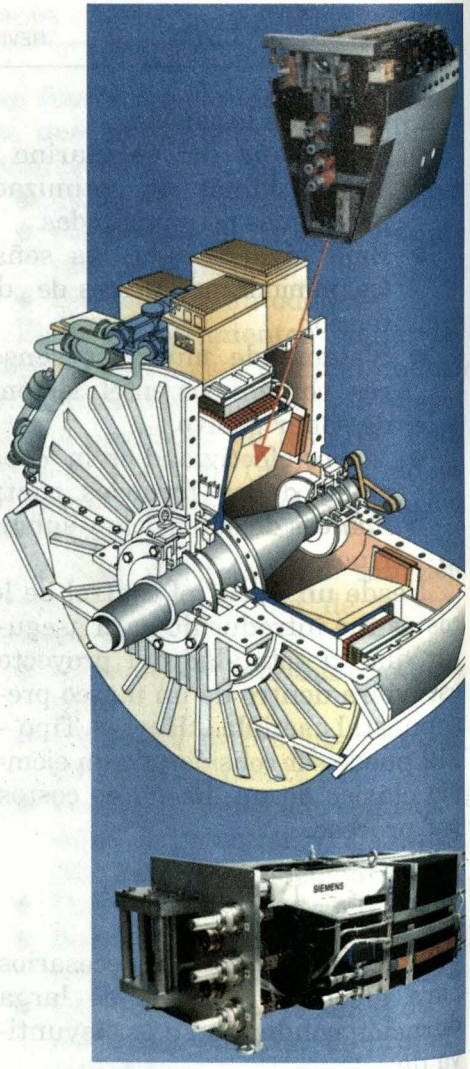
El oxígeno así como el hidrógeno deben ser almacenados para ser usados por las celdas-combustible. En la foto de la derecha, el tanque de oxígeno durante la pruebas en tierra.

significa que el submarino sería equipado con un sistema de propulsión convencional (baterías con un generador diesel dependiente del aire atmosférico), así como un componente AIP integrado al sistema propulsor.

La opción de celdas-combustible probó ser la que menos señal reflejaba (ruido, infrarrojo), y la de mayor eficiencia; por consiguiente, llegó a ser la solución AIP optada. Las celdas-combustible son convertidores electro-químicos de energía, que a partir de una reacción química del oxígeno e hidrógeno producen energía el eléctrica, dejando un residuo de agua pura. El principio usado es el equivalente al proceso inverso de la electrólisis.

La membrana intercambiador-protón de la celda-combustible (celdas PEM) que fue desarrollada especialmente para eltipo - 212 no es susceptible a sobrecargas y opera a bajas temperaturas. Las celdas están ubicadas sobre un estante, conectadas en serie, creando una batería de celdas-combustible. Los reactantes, oxígeno e hidrógeno, están almacenados fuera del casco (interno) de presión .

El motor magnético de rotación permanente (también desarrollado específicamente para el Tipo - 212) mueve la hélice de siete palas, con unas características de cavitación muy buenas. Este motor magnético puede operar silenciosamente desde 0 rpm hasta el máximo número de rpm; eliminando así una de las mayores fuentes generadoras de ruido.



El motor recibe el nombre de PERMASYN y es 40% más pequeño y liviano que un motor convencional de corriente directa, siendo fabricado por la SIEMENS. La batería principal está integrada dentro del sistema de poder, siendo posible alcanzar en cualquier momento la máxima potencia requerida para realizar maniobras urgentes de alta velocidad.

El resultado es un eficiente sistema de propulsión, que cuando

opere en condiciones de inmersión creará la menor señal, de blanco.

GESTIÓN DE LA SEÑAL

Otro reto en el diseño del nuevo submarino fue la gestión o manejo de la señal. El objetivo del sistema propuesto fue el de no menoscabar un tipo de señal para beneficiar a otra, por el contrario se trató de reducir colectivamente las diversas señales del submarino tales como la acústica, magnética, infrarroja, de sonar y de radar.

Ciertamente la señal acústica jugó el más importante rol dentro del desarrollo del diseño del submarino, para ello las siguientes medidas fueron implementadas:

- Instalación de equipos y componentes más silenciosos.
- Todos los equipos que generan ruidos en la sala de máquinas y motores están instalados sobre "stands" que van montados elásticamente sobre unas paredes, las cuales a su vez se encuentran aisladas acústicamente del casco.
- Instalación de cajas de cambios o engranajes montados elásticamente en la sala de máquinas.
- Montaje elástico de tuberías.
- Sellado de todas las aberturas del casco con compuertas que reducen el ruido de los fluídos.
- Recubrimiento del casco con una capa especial para aminorar la radiación de ruido.

Para aminorar los riesgos en el desarrollo de estos nuevos sistemas y medidas, fueron probados previa-

Mando y Sistema de Control de Armamento indicados para el submarino de mañana.





Fotografía del prototipo del Sistema de Lanzamiento a Presión de Agua.

mente en instalaciones de tierra. Una completa sala de ingeniería, incluyendo el módulo atenuador de ruido, fue construido, así como la sección de popa del casco de presión, a escala natural. Los equipos fueron instalados y probados para optimizar su posición dentro de la sala a fin de minimizar el ruido. Los conocimientos adquiridos de estos experimentos determinaron las especificaciones finales del diseño.

La intensidad de blanco es la medida determinante para juzgar el peligro que para el submarino representan los sonares activos. Así como la medida de la intensidad de blanco está particularmente influenciada por el tamaño y la forma del submarino. Una particular atención fue puesta en relación de la longitud del diámetro; la línea de la reflexión máxima ha sido conservada tan pequeña como fuera posible.

A través de la aplicación de nuevos materiales en esta área, así como a través del uso de atenuadores de reflexión dentro del segundo casco, fue posible reducir significativamente el valor máximo de la señal de mayor intensidad emanada por un submarino.

SISTEMA DE CONTROL DE TIRO (CMS)

La tercera mayor área de desarrollo fueron los sensores integrados al sistema de armas y su respectiva integración dentro del Sistema de Control de Tiro (CMS). Cabe mencionar que el Sistema de Navegación Inercial (SINS) seleccionado, es el PL-41/Mk 4 fabricado por LITEF, siendo éste de la cuarta generación. El sistema de armamento principal será el torpedo DM2A4, el que tendrá un gran alcance tanto contra blancos de superficie como contra submarinos. Este torpedo es el producto de un proyecto de desarrollo conjunto realizado con Francia e Italia, basado sobre el torpedo DM-2A3. Puede ser lanzado desde un tubo lanzatorpedos, por medio de una descarga de agua a presión. El sistema hidráulico ha sido probado ventajosamente en aguas poco pro-

fundas debido a su alta velocidad de descarga y su bajo ruido.

El Tipo - 212 está equipado con dos montajes triples de tubos lanzatorpedos, los tubos pueden ser automáticamente recargados. La característica principal de lanzamiento es que los torpedos reciben un impulso inicial, por lo que el sistema de propulsión del torpedo sólo comienza a operar luego de haber abandonado totalmente el tubo de lanzamiento.

El largo alcance del torpedo sólo puede ser utilizado ventajosamente si los sensores de la nave pueden detectar y clasificar un blanco enemigo lo suficientemente a tiempo -temprano-; es por ello que el submarino está equipado con un Sistema de Control de Tiro (CMS). Similar en estructura y capacidades a un sistema de gestión de combate embarcado a bordo de una moderna fragata, siendo el sistema elegido el MSI-9OU, desarrollado con la empresa noruega Kongsberg y empleados por la Marina Real Noruega en sus submarinos Clase Ula.



El Sistema de Control de Tiro (CMS), desarrollado conjuntamente con Noruega, forma el corazón de un sistema que recolecta todo lo captado por los sensores, lo evalúa, y calcula automáticamente toda la información del blanco necesaria para los torpedos y la posterior decisión de lanzamiento. El Sistema de Control de Tiro (CMS), integra la data proveniente de los sonares, sistemas de navegación y sensores optrónicos sobre un bus de data.

El Sistema Sonar es el DBQS 40, el cual consiste en:

- Detección pasiva de mediana frecuencia.
- Un sonar remolcado para detección pasiva en baja frecuencia.
- Un sonar lateral para frecuencias ubicadas entre los dos sistemas antes mencionados.
- Telémetro pasivo.
- Sistema de interceptación de sonares enemigos.

Periscopio y Snorkels fabricados por Riva Calzoni, Italia. Coparticipación en el desarrollo del programa de construcción alemán.



Los Sistemas de Comunicaciones y Navegación tienen la misma capacidad disponible de los instalados a bordo de los modernos buques de superficie alemanes, fabricados por la Allied Signal, ELAC Nawtik, así como la Atlas Electronik. *(Foto superior).*

COOPERACIÓN CON ITALIA

La Marina Italiana decidió, en diciembre de 1995, la construcción de dos submarinos Tipo - 212 en forma paralela al programa de construcción alemán. El gobierno e industria italianos han encontrando coincidencias para allanar los detalles de coparticipación en el desarrollo del proyecto, como por ejemplo, los periscopios y snorkels, fabricados por Riva Calzoni, los cuales están calificados para operar hasta una velocidad de 15 nudos. Para satisfacer los requerimientos particulares de la Marina Italiana, algunos pequeños cambios han sido efectuados. Por ejemplo, la profundidad operacional deseada por la Marina Italiana ha sido más profunda que la requerida por la Marina Alemana; por lo que este requerimiento fue satisfecho en el camino, sin cambiar las dimensiones internas de la nave, pero incrementando la longitud y diámetro del casco externo. Esto permitiría presentar el diseño interior básicamente sin cambio alguno y así limitar cualquier costo adicional.

EL RESULTADO

Después de incluir el nuevo requerimiento de profundidad, las medidas básicas son:

- Eslora: 56.3 mts.
- Desplazamiento, 1,500 tons.
- Diámetro del casco, 7. 0 y 5.7 mts.

El casco consiste de dos cilindros de diferentes diámetros, los cuales están conectados a través de

un cono. Es la combinación de un submarino monocasco -en la proa- y de un submarino de doble casco para el resto de la nave. El espacio entre los cascos en la proa es usado para el almacenaje del hidrógeno y oxígeno necesarios para el sistema de celdas-combustible.

El gran espacio delantero del cilindro permite la inserción de una segunda cubierta. El Centro de Operaciones de Combate así como los controles del submarino están localizados en un ambiente de la cubierta superior. Esto permite una mejor integración entre la misión y la dotación del submarino. Próximo al Centro de Operaciones de Combate se encuentra la habitabilidad para una tripulación de 24 hombres. En la sección de proa se encuentran los tubos lanza torpedos. En la cubierta inferior se ubican los pañoles de torpedos y los comedores de la tripulación.

El casco de presión con todo sus módulos está construido en acero clase 1.3964 -no magnético-. Los submarinos Tipo 206 y 2O6A fueron construidos con el mismo tipo de acero; por lo que la marina germana cuenta con una experiencia de 20 años con este tipo de material. De esta forma se compensa el uso inevitable de material magnético a bordo. En adición, el submarino está en capacidad de medir su propio campo magnético, tanto el permanente como el inducido y genera un campo de compensación.

Estas medidas para reducir tanto las señales acústica y magnética contribuyen a su gran capacidad para autoprotegerse de las minas y de sensores especializados. La vulnerabilidad del submarino ha sido drásticamente reducida con la instalación de todos los equipos de a bordo sobre monturas resistentes y/o absorbentes a golpes. Y aún más allá, el submarino ha sido diseñado para resistir golpes bastantes significativos que se puedan producir bajo la quilla.

ÁREAS DE PRUEBA

Muchas áreas del programa requirieron adiestrarse en nuevos campos, a fin de reducir los riesgos que conllevan el desarrollo de nuevos sistemas y diseños. Es por ello que fueron construidos ambientes especiales para realizar las pruebas necesarias.

El ambiente de pruebas para el sistema de celdas-combustible (ITA-BZA) fue construido en las mismas dimensiones y características correspondientes a los parámetros operacionales. El propósito de este ambiente es el de:

- Comprobar cada uno de los componentes del sistema de celdas-combustible, en forma individual.
- Probar los sistemas de almacenamiento del hidrógeno y del oxígeno respectivamente.
- Verificar la confiabilidad de los sub-sistemas y del sistema principal.
- Medir la eficiencia del sistema de celdas-combustible y veri-

ficar la potencia entregada.
- Llevar acabo las pruebas de aceptación.

Las facilidades para las pruebas deberían de reducir los problemas asociados al desarrollo e integración de un nuevo sistema. Las pruebas externas del submarino permitieron un mejor acceso a los diferentes componentes del sistema y corregir los problemas antes de la construcción del primer submarino.

Para un sistema de armas siempre es necesario que los componentes individuales sean probados y posteriormente integrados a las instalaciones de prueba para la verificación de sus capacidades operacionales. Las instalaciones de prueba del Sistema de Control de Tiro (ITA-FUWES) probarán todas las funciones con simuladores y sensores reales, así como con torpedos de prueba; permitiendo -de esta manera- la verificación de los procedimientos de instalación y su operación subsecuente sin tener que convertir el submarino en un laboratorio, evitando potenciales retrasos en la entrega de la nave, lo cual ocurre generalmente en cada nuevo proyecto. Las facilidades de prueba durarán hasta el verano europeo de 1999. Luego de satisfacer su rol primario, el prototipo será convertido en una unidad de entrenamiento para las futuras tripulaciones de submarinos.

STATUS

Luego de la firma del contrato en el verano de 1994 y de la implementación del presupuesto correspondiente del año 1995, el primer objetivo del consorcio submarino ARGE U212 es el de completar las especificaciones. Muchos de los componentes de sistemas incluido en la fase de definición (concluido en 1992) son de fácil reemplazo. El primer "actual" trabajo en el Tipo - 212 comenzará en el verano europeo de 1998, después de completar la fase de pruebas, de modo tal que en el otoño del 2001 las primeras pruebas funcionales puedan ser llevadas a cabo. El primer submarino operacional deberá llevar a cabo pruebas intensivas para verificar sus capacidades. Aproximadamente 18 meses después y por un intervalo de 6 meses, los submarinos 2, 3 y 4 serán lanzados al mar. Esta pausa es intencional, en razón de que las lecciones aprendidas en la construcción del primer submarino deben ser implementadas en la producción en serie.

El Tipo - 212 inaugura una nueva era en la tecnología de submarinos AIP. Sus diseños no han sido desarrollados aisladamente para un nuevo sistema de propulsión. Por el contrario, el submarino fue diseñado para satisfacer las diferentes misiones de la marina incluyendo un sistema de armas completamente balanceado. Para culminar, estas celdas-combustibles son realmente una parte integrante del total de la solución. El Tipo - 212 está actualmente programado para unirse a la flota submarina alemana en un corto periodo, que se puede señalar en el año 2003.

INGRESE AL BANCO MÁS ÁGIL, CÁLIDO Y PERSONAL.



- *Banca Personal*
- *Banca Empresarial*
- *Banca Institucional*
- *Comercio Exterior*

30 ANIVERSARIO

BANCO DE COMERCIO

Ágil, cálido, personal.

Jirón Lampa 560, Lima, 1, Perú. Teléfono (51-1) 428-9400, Fax (51-1) 426-8454. Télex 25604PP-BANCOM
Home page:http//www.Bancomercio.com Correo electrónico: bancomercio@ibm.net



La práctica del buceo ha originado la recopilación para la medicina subacuática un considerable registro e información respecto a cómo el cuerpo humano responde a esfuerzos para los cuales no ha sido diseñado.

