LOS SUBMARINOS EN LAS ARMADAS SUDAMERICANAS. ARMA SILENTE, ECONOMICA Y PODEROSAMENTE DISUASIVA

Teniente Primero
Alessandro Mogni Novoa

Al iniciar el presente siglo, encontramos a la Marina de Guerra del Perú en una etapa de reorganización y reestructuración completa de sus principales unidades navales. Entonces, el poderío de las Armadas lo constituían los grandes Acorazados y Cruceros dotados de una formidable capacidad artillera y poderoso blindaje en sus cascos. En Sudamérica las principales Armadas no escatimaban esfuerzo en poseerlos a pesar de lo oneroso que ello resultara; es así que Brasil, Argentina y Chile, al contar con estos buques, se constituyen por esa época en las Marinas más importantes y poderosas de esta parte del Continente.

Ya en Europa con anterioridad, países como Francia, Alemania e Italia venían desarrollando una Unidad Tipo que revolucionaría más tarde como un nuevo concepto de lo que la guerra en el mar significa, una unidad netamente ofensiva que tendría una participación activa sobretodo durante la Primera Guerra Mundial y los primeros años de la Segunda Guerra Mundial, y que hoy en día, gracias a su elevado poder combativo y capacidad de ocultamiento ocupa un sitial importante en casi todas las Marinas del mundo.

El Perú del siglo pasado no sería la excepción en el contexto internacional al construir y probar exitosamente en la mar un prototipo de nave, para, posteriormente, comenzado el presente milenio convertirse en el primer país latinoamericano en operar estas novedosas unidades de combate.

Me refiero al Submarino, arma simple, económica y eficaz que arrebató el sitial de los grandes buques existentes, los que, por su tamaño y numerosos y complicados sistemas de armas empleados para la defensa contra aviones y submarinos, se hacen hoy en día en extremo difíciles de mantener.

Los Submarinos, con un solo sistema de armas actualmente integrado, constituyen la mejor opción antisubmarina hasta hoy conocida y tal vez, la mejor alternativa económica para la destrucción de unidades de superficie de todo tipo.

CUADRO DEMOSTRATIVO DEL PROMEDIO DE ANTIGÜEDAD DE LAS UNIDADES SUBMARINAS PARA EL AÑO 2003

PAIS	NOMBRE UNIDAD	TIPO UNIDAD	PAIS CONSTRUCTOR	A O INCORPORACION	ANTIGÜEDAD POR UNIDAD PARA EL A O 2003 (A OS)	PROMEDIO ANTIGÜEDAD
PERU	BAP. ISLAY	209 - 1100	ALEMANIA	1974	29	29 AÑOS
	BAP. ARICA	209 - 1100	ALEMANIA	1975	28	
	BAP. CASMA	209 - 1200	ALEMANIA	1981	22	
	BAP. ANTOFAGASTA	209 - 1200	ALEMANIA	1981	22	
	BAP. CHIPANA	209 - 1200	ALEMANIA	1983	20	
	BAP. PISAGUA	209 - 1200	ALEMANIA	1983	20	
	BAP. 2 DE MAYO	SIERRA	U.S.A	1954	49	
	BAP. ABTAO	SIERRA	U.S.A	1954	49	
CHILE	BACH. THOMSON	209 - 1400	ALEMANIA	1984	19	15 AÑOS
	BACH. SIMPSON	209 - 1400	ALEMANIA	1984	19	
	BACH. O'BRIEN	SCORPENE	FRANCIA	2003	0	
	BACH. HYATT	SCORPENE	FRANCIA	2003	0	
	BACH. 1 (RUCUMILLA)	OBERON-EX O'BRIEN	U.K.	1976	27	
	BACH. 2 (GUALE)	OBERON-EX HYATT	U.K.	1976	27	
BRASIL	TUPI	209 - 1400	BRASIL	1989	14	18 AÑOS
	TAMOIO	209 - 1400	BRASIL	1995	8	
	TIMBIRA	209 - 1400	BRASIL	1996	7	
	TAPAJOS	209 - 1400	BRASIL	CONSTRUCCION	-------	
	TIKUNA	209 - 1400	BRASIL	CONSTRUCCION	-------	
	TONELERO	OBERON	UK	1975	28	
ARGENTINA	ARA SALTA	209 - 1100	ARGENTINA	1974	29	23 AÑOS
	ARA SAN LUIS	209 - 1100	ARGENTINA	1974	29	
	ARA SANTA CRUZ	TR - 1700	ARGENTINA	1984	19	
	ARA SAN JUAN	TR - 1700	ARGENTINA	1985	18	
	ARA SANTA FE	TR - 1700	ARGENTINA	-------	-------	
	ARA SANTIAGO DEL ESTERO	TR - 1700	ARGENTINA	-------	-------	
VENEZUELA	ARV. CARIBE	209 - 1300	ALEMANIA	1977	26	26 AÑOS
	ARV. SABALO	209 - 1300	ALEMANIA	1977	26	
COLOMBIA	ARC. TAYRONA	209 - 1100	ALEMANIA	1975	28	29 AÑOS
	ARC. PIJAO	209 - 1100	ALEMANIA	1975	28	
	ARC. INTREPIDO	SX - 506	ITALIA	1972	31	
	ARC. INDOMABLE	SX - 506	ITALIA	1972	31	
ECUADOR	BAE. HUANCAVILCA	209 - 1200	ALEMANIA	1977	26	25 AÑOS
	BAE. SHIRI	209 - 1200	ALEMANIA	1978	25	

LOS SUBMARINOS EN LAS ARMADAS SUDAMERICANAS

Las principales Armadas en Sudamérica han demostrado un innegable interés por los submarinos. La validez de esta arma ofensiva, tomando en cuenta que la mejor defensa es el ataque, se ha demostrado concretamente en el Continente desde la llegada de las primeras unidades.

Esta importancia aún perdura, pese a que algunos programas en la región están algo atrasados pero no postergados.

Si bien en la actualidad los fondos no son suficientes para nuevas adquisiciones, no se puede eliminar a Iberoamérica del mercado de submarinos y es inevitable que varias Armadas de la región iniciarán la compra de unidades en los próximos cinco a diez años.

Argentina y Brasil deberán seguir con sus programas donde sus astilleros cumplen un rol fundamental, y es probable que Chile siga este camino con los nuevos submarinos Scorpene, dado que ASMAR cuenta ya con la adecuada tecnología. El Perú en algún momento deberá encarar la situación con la sustitución de sus unidades con más de 40 años en servicio y la modernización de las más recientes.

Lo que se desea al desarrollar el siguiente tema es presentar al lector un panorama actual de las diferentes unidades submarinas existentes en las principales Armadas Sudamericanas desde principios de la década de los setenta, las modificaciones realizadas en algunas de ellas a lo largo de su vida útil y las proyecciones que se tiene de estas naves al iniciar un nuevo milenio.

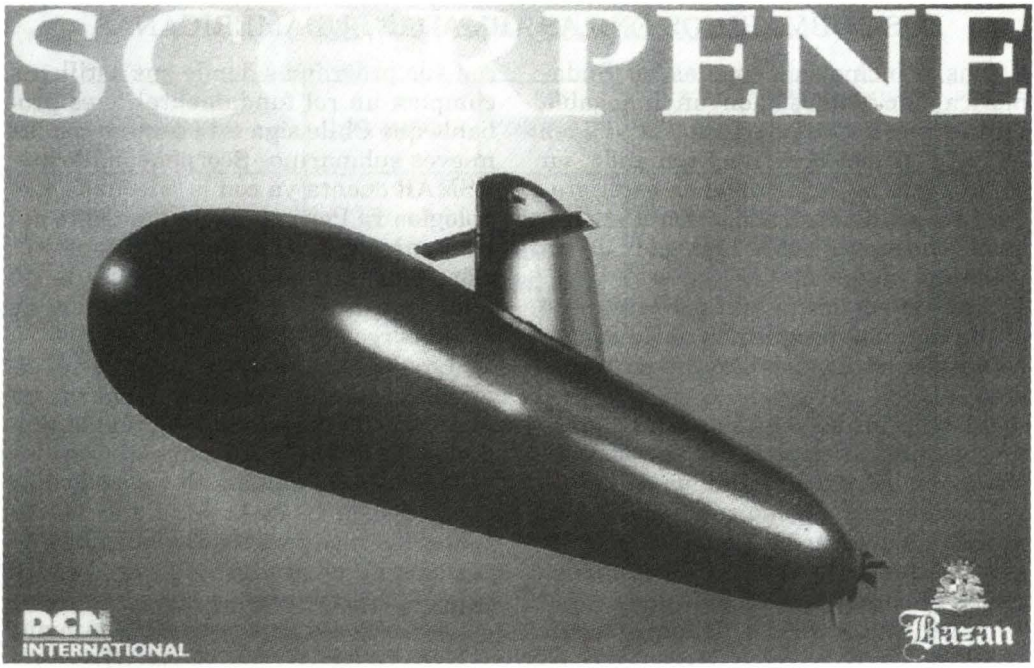
CHILE

A mediados de la década de los setenta la Armada Chilena recibió dos Submarinos encargados especialmente a los Astilleros ingleses Vickers de Barrow in Furness, los *BACH. Obrien* y *BACH. Hyatt.* Estas unidades modernas constituyeron para la época un importante adelanto tecnológico, ya que la Armada operaba tan sólo dos unidades antiguas de procedencia norteamericana, una de las cuales fuera dada de baja en el año 1973 debido a daños de consideración que sufriera en un extraño y poco conocido incidente ocurrido en la mar con buques de superficie. Las dos unidades nuevas de la clase Oberon, con tecnología de la década de los sesenta, con tubos lanzatorpedos a proa y popa armaban en un principio torpedos convencionales ingleses MK-8 y eléctricos norteamericanos de doble propósito MK-37.

Posteriormente, a principios de la década de los noventa son sometidos en ASMAR a trabajos de recorrido integral y modernización, sustituyendo su sistema de control de tiro y sonar inglés por sendos equipos alemanes, modificándosele de igual forma los tubos lanzatorpedos de proa para que puedan lanzar los nuevos torpedos alemanes de doble propósito SUT 266. Otros sensores, equipos auxiliares y electrónicos corrieron igual suerte.

A pesar de ciertos inconvenientes que por diseño han presentado estas unidades desde su incorporación no sólo a la Armada Chilena, siguen aún en servicio en espera de ser sustituidos pronto por los nuevos prototipos clase Scorpene recientemente encargados, de los cuales hablaremos luego.

A principios de los ochenta y, luego de serias controversias de orden político surgidas en la entonces República Federal Alemana por esta compra, la Armada Chilena encargó a la HDW, en Kiel, la construcción de dos submarinos



Maqueta del futuro submarino francés Tipo Scorpene encargado recientemente por la Armada Chilena.

tipo 209, los BACH. *Thompson* y BACH. *Simpson*, los mismos que fueron entregados en el año 1984. Estas unidades del modelo 1400 constituyeron verdaderamente la *vedette* de esta Flotilla de Submarinos; una de las modificaciones más saltantes de estas naves fue la implementación de una tapa o compuerta empernada en el casco resistente sobre el compartimento de motores para facilitar el retiro de las máquinas Diesel y alternadores. Los submarinos Tipo 209, con ocho tubos lanzatorpedos arman en total 14 torpedos eléctricos alemanes de doble propósito SUT 266.

Recientemente, y luego de varios años de estudios, análisis y propuestas económicas la Armada decidió encargar finalmente a un consorcio estatal franco-español, representante del submarino prototipo convencional Scorpene, la construcción de dos de estas unidades, las cuales deberán ser entregadas antes de finalizar el año 2003. Estos submarinos oceánicos vienen a ser la evolución del Agosta 90, tendrán una eslora de 67 metros, un desplazamiento de 1700 toneladas, la capacidad de poder operar por debajo de los 300 metros de profundidad y de lanzar los misiles Exocet SM-39 desde sus seis tubos lanzatorpedos gracias a su Sistema de Combate Subtics; como se verá, estarán dotados con tecnología electrónica de punta y contarán con la experiencia francesa en la innovación de algunos sistemas semejantes a los empleados en sus submarinos nucleares de la clase Rubis. Estos submarinos del Tipo Scorpene han sido elegidos en un concurso internacional donde participaron diseños alemanes, ingleses y suecos. Finalmente, por las facilidades económicas y mejores condiciones de financiamiento que sólo empresas respaldadas por el Estado pueden brindar, se fabri-

carán dos unidades para la Armada chilena, la primera se montará en Francia (Cherburgo) y la segunda en España (Cartagena), y es muy probable que otras dos unidades adicionales sean construidas posteriormente en Astilleros chilenos con asesoría adecuada.

PERÚ

La Fuerza de Submarinos del Perú es la más antigua en el Continente Sudamericano. Data de 1911 con la llegada de los primeros sumergibles franceses del tipo Labeuf, clase Ferré. Pero en realidad, la historia comienza mucho antes, cuando Federico Blume desarrolla y prueba exitosamente en la mar durante 30 minutos en inmersión en el puerto de Paita un prototipo de sumergible, allá por el año 1883.

A lo largo de estos ochentaisiete años de vida, desde su creación como División de Submarinos con la llegada de los primeros sumergibles, muchos oficiales y tripulantes han dejado huella a su paso por las diferentes unidades submarinas que la Escuadra ha poseído, habiendo no sólo navegado por aguas juridiccionales peruanas sino por otros mares. Cabe resaltar que submarinistas argentinos, colombianos, brasileños y venezolanos tienen y tendrán que contar de esta larga tradición conocida al haber obtenido la calificación, en esta Arma, de instructores, aulas y submarinos peruanos.

Actualmente la Fuerza de Submarinos cuenta con 8 unidades, 6 del tipo alemán 209 y 2 de cuatro antiguos modelos del tipo Sierra construidos especialmente para el Perú en los Estados Unidos en la década de los cincuenta, los cuales, considerando los años que tienen en servicio, siguen operando satisfactoriamente con todos sus sistemas operativos, cumpliendo cabalmente las misiones que el Alto Mando Naval les asigna.

Estas unidades son el BAP. *2 de Mayo* y el BAP. *Abtao* que a través de su vida útil han recibido modificaciones y modernizaciones necesarias que les permiten hasta hoy desempeñarse satisfactoriamente, inclusive sobre otras unidades modernas en ejercicios en la mar como lo es, por ejemplo, las Operaciones Anuales UNITAS. A pesar de ello, estas dos naves deberán ser reemplazadas a corto plazo por otras nuevas.

Los submarinos tipo 209 poseen a su vez una larga historia en la Armada Peruana; los primeros dos del modelo 1100 fueron adquiridos a mediados de la década de los setenta, estos son el BAP. *Islay* y BAP. *Arica*. Al respecto, se tiene conocimiento por oficiales submarinistas antiguos que la Marina de Guerra del Perú en la década de los sesenta deseaba adquirir submarinos convencionales nuevos que cumplieran ciertos requisitos de diseño para operar a lo largo y ancho del Mar de Grau. Estos requisitos consistían en unidades que debían ser oceánicas, de por lo menos 1000 toneladas de desplazamiento, de propulsión Diesel Eléctrico, con capacidad para operar en la mar por tiempos mayores a los 30 días y que poseyeran un sistema de armas adecuado para la época. Estos requisitos a solicitud de la Armada Peruana fueron tomados en cuenta por el profesor germano Urich Gabler, quien desarrollaría más tarde, en planos, un prototipo que nacería del submarino alemán tipo 206 y que se conocería como proyecto 209.

Por diversos problemas políticos y

sociales de la época en el país, los planes para la adquisición de nuevos submarinos fueron dejados de lado y los planos del proyecto existente en Alemania fueron inteligentemente aprovechados por la Marina griega, convirtiéndose así Grecia en el primer país en encargar la construcción de 4 de estas novedosas naves. Por muchos años fueron estos submarinos considerados las mejores unidades convencionales existentes en el mundo. Gracias a los excelentes resultados que se obtendrían de las dos primeras unidades ya en servicio, el Perú encargó al mismo astillero, la HDW, en Kiel, la construcción de 4 unidades adicionales del modelo 1200 más avanzados, la última de las cuales arribaría al Callao en el año 1983. Estos 6 excelentes submarinos vienen a ser la columna vertebral de la Fuerza de Submarinos en el Perú, los cuales se encuentran en buenas condiciones y están operando activamente, permitiendo de esta manera mantener un elevado nivel de entrenamiento.

En el país se ha logrado desarrollar la suficiente capacidad para mantenimiento de unidades submarinas de este tipo, lo cual permitirá operar estas naves por muchos años más. Este mantenimiento no sólo incluye trabajos de carena en dique sino recorridos integrales, trabajos de soldadura de alta calidad en cascos resistentes, tratamiento especial y recuperación de los monoblocks de máquinas Diesel, cambio de baterías, reparación y mantenimiento de todos los sistemas eléctricos, auxiliares, ópticos y electrónicos existentes a bordo.

Pero el rápido desarrollo de la electrónica, particularmente en el campo de la microelectrónica y la aplicación de técnicas digitales en los años anteriores



han causado el desarrollo de sistemas integrados, aumentando, de este modo, la seguridad de los submarinos y mostrando nuevos aspectos operacionales mediante mejores procesamientos de información. Los sensores y los sistemas de control de tiro de los submarinos comisionados en la década de los setenta corresponden en gran parte al estado de desarrollo de los sesenta, caracterizándose por la tecnología de esa época, la cual es una técnica análoga.

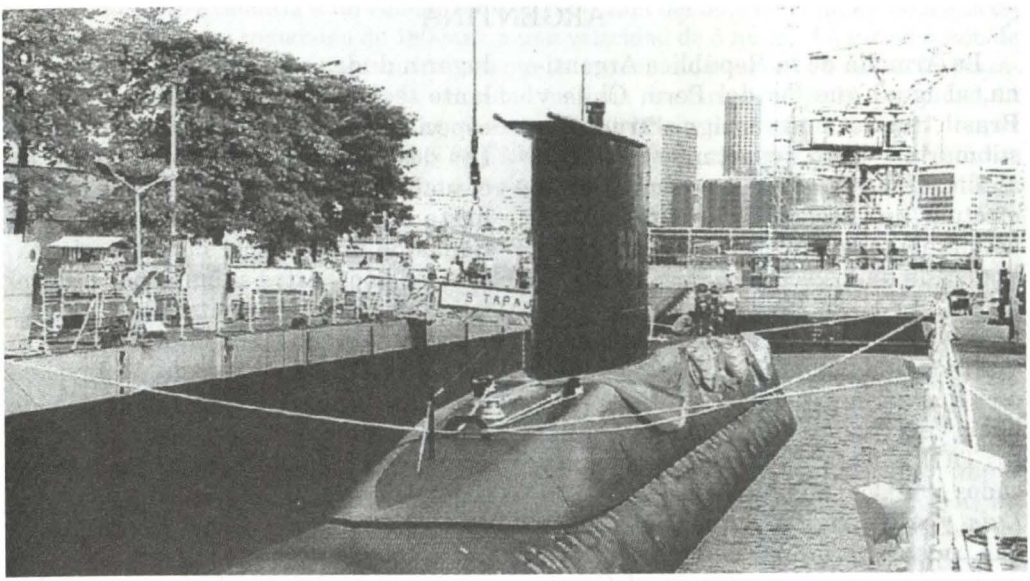
Los submarinos tipo 209 clase Angamos con más de la mitad de su vida útil por delante, se encuentran a la espera de su próxima modernización con una planta de propulsión independiente de aire, un nuevo motor de propulsión Permasyn, nuevos sistemas de control de tiro integrado ISUS-90, nuevos sensores y sistema auxiliares que permitirán equiparar las nuevas tendencias tecnológicas que se vienen introduciendo en la región.

BRASIL

Los submarinos en la Marina brasileña tienen tanta historia como en las Armadas del Perú y Chile. Las primeras unidades recibidas en la década de los años veinte fueron diseños italianos, posteriormente con el devenir de los años sus adquisiciones se orientaron hacia el mercado norteamericano habiendo poseído en la década de los setenta la flota más numerosa de submarinos clase Guppy. Recordaremos que los submarinos de la clase Guppy operaron también por entonces en nuestro país, en Argentina y Venezuela.

Es en esa misma época que Brasil, al igual que Chile, ordena a Inglaterra la construcción de submarinos convencionales de la clase Oberon, el último de los cuales, el tercero, entró en servicio en el año 1977. Se trató, para la Marina, de un gran impulso el contar con estas nuevas unidades ya que hasta ese entonces tan sólo operaba con los submarinos tipo Guppy excedentes de la Marina norteamericana entregados dentro de un programa de asistencia militar.

Los Oberon, a pesar de contar con tecnología de fines de la década de los cincuenta y sesenta, constituyeron las mejores unidades del momento. Actualmente se mantiene en servicio el submarino *Tonelero,* el cual ha sido modernizado con el mismo sonar que operan los submarinos clase Tupi, el CSU-90 ; el *Humaita* y el *Riachuelo,* a pesar de no contar con más de treinta años en uso, se encuentran fuera de servicio y es seguro que muchas de sus piezas sirvan actualmente para mantener operativo al único sobreviviente del grupo y probablemente los dos del mismo tipo existentes en la Armada chilena. Este tipo de unidades nunca tuvieron el éxito que hasta la fecha han ostentado los submarinos alemanes tipo IKL-209 en nuestro Continente.



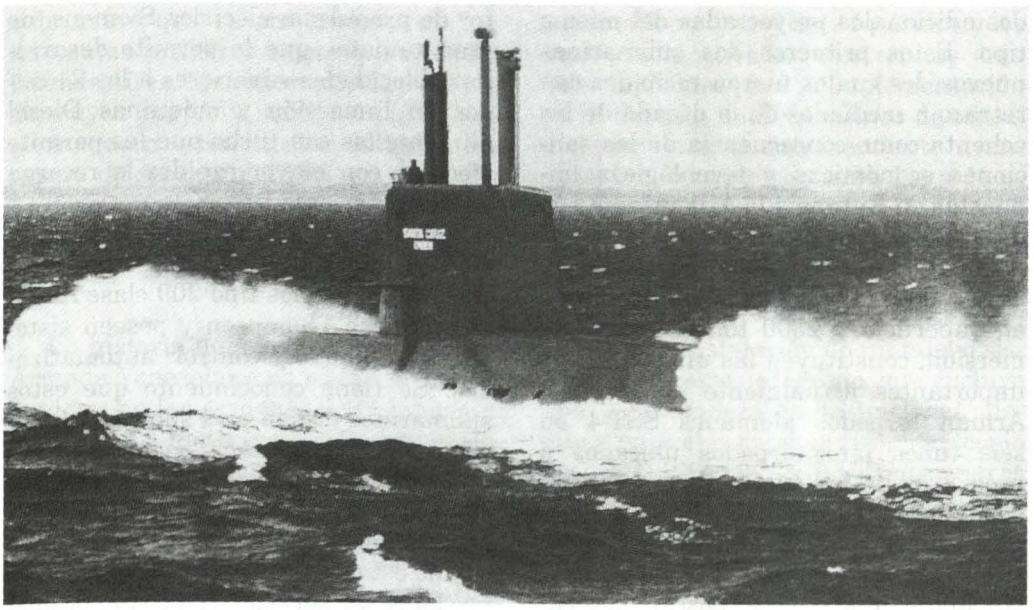
Ceremonia de entrega del cuarto submarino clase Tupi en los Astilleros Navales de Río de Janeiro.

Es por esta razón que Brasil decide seguir los pasos de Argentina, Perú, Colombia, Venezuela, Ecuador y Chile, adquiriendo en la década de los noventa la versión más reciente en la región del afamado submarino tipo IKL-209, el modelo 1400 que en la Marina se le identifica como de la clase Tupi al ser éste el nombre de la primera unidad que se construyó en Kiel, Alemania. Las tres siguientes unidades han sido construidas íntegramente en astilleros brasileños con asesoría alemana y ya se encuentran operando satisfactoriamente. Estos son el *Tamoio,* el *Timbara* y el *Tapajo,* encontrándose actualmente en fase final de construcción la quinta unidad modificada, el *Tikuna,* que ha sufrido cierto retraso debido a problemas presupuestales y que contará con una eslora extendida en 6 metros (con el correspondiente incremento en su desplazamiento), con un motor más poderoso y diferentes sistemas. Cabe mencionar que a pesar de la corta vida en servicio que tienen estas modernas unidades, carecen de los adelantos tecnológicos de punta que se impondrán al comenzar el nuevo milenio, siendo muy probable que la Marina ya haya efectuado un estudio completo para la próxima modernización de éstas unidades con la instalación y puesta en servicio de un Sistema de Propulsión Independiente de Aire. El arma usada en estas unidades es el torpedo inglés de doble propósito Tigerfish y es probable que la Marina brasileña se encuentre hoy en día interesada en el torpedo sueco Bofors 2000.

Brasil es el único país en el Continente Sudamericano que viene desarrollando desde hace varios años atrás un prototipo de lo que será en el futuro su propio submarino nuclear de ataque, proyecto el cual se ha visto también afectado por problemas presupuestales que han retrasado el programa.

ARGENTINA

La Armada de la República Argentina, al igual que las del Perú, Chile y Brasil, posee una antigua tradición submarina. Pero respetando la época analizada en el tema, me remontaré a efectuar una reseña de los submarinos actualmente en servicio. A principios de la década de los setenta, Argentina encarga a la HDW de Alemania la construcción de los componentes de dos submarinos tipo 209 modelo 1100 los mismos que serían posteriormente ensamblados en Buenos Aires por los astilleros TANDANOR. En 1974 fueron bautizados con los nombres de ARA. *San Luis* y ARA. *Salta,* submarinos estos que constituyeron por entonces los primeros modelos existentes en el Continente Sudamericano. Esta compra, sin lugar a dudas, constituyó un gran adelanto tecnológico para la Armada y en especial para sus astilleros navales. Los dos submarinos se convirtieron en el umbral de una nueva era puesto que hasta entonces operaban unidades antiguas de procedencia norteamericana. Con los años, estos submarinos han seguido operando eficientemente gracias a los trabajos de mantenimiento que se les ha realizado en el país, incluyendo trabajos como la implementación de nuevos sistemas, tal es el caso del sistema de respiración de emergencia existente en los modelos alemanes más modernos. Mención especial constituye la participación de al menos uno de estos submarinos durante la Guerra por las Islas Malvinas en el Atlántico Sur, el



Submarino argentino ARA *Santa Cruz* durante sus pruebas en la mar.

(La compañía alemana Thyssen Nordseewerke ha desarrollado una planta AIP Diesel de Ciclo Cerrado (CCD), la cual ha sido probada satisfactoriamente en la mar en el año 1993. Esta planta proporcionaría a un submarino una reducción del 30% en el índice de indiscreción, una travesía en inmersión de 1800nm. a una velocidad de 5 nudos. La introducción de la sección CCD se traduciría en un incremento de aproximadamente 10% en el desplazamiento, una pequeña reducción de la velocidad máxima con baterías. En la actualidad, la atención se centra en los submarinos argentinos TR 1700 clase Santa Cruz, construidos por la misma Thyssen. Este sistema Diesel de Ciclo Cerrado consta de un motor Diesel 275 Kw MTU 8V183SE92 conectado con un magneto permanente o un generador DC encapsulado dentro de una caja acústica).

ARA *San Luis,* que operó durante casi todo el conflicto logrando incursionar dentro de la cortina de la Flota Inglesa y efectuar varios ataques a unidades de superficie con resultados negativos debido a problemas en la filoguía de los torpedos empleados. Cabe resaltar que esta unidad incursora luego del ataque infructuoso soportaría, por parte de los buques ingleses, hostilidad por más de 24 horas.

A fines de la década de los setenta, la Armada Argentina asume el proyecto más ambicioso del Continente Sudamericano al encargar a la Thyssen la construcción en Emden, Alemania, de dos nuevos submarinos oceánicos tipo TR-1700; este contrato se consideró grande, puesto que a la compra antes mencionada se sumaba la construcción en la Argentina de un moderno astillero, el Domecq García de Buenos Aires, el cual se emplearía para el ensamblado más adelante de las otras cuatro unida-

des adicionales proyectadas del mismo tipo. Estos primeros dos submarinos nuevos, los cuales fueron recibidos con retraso a mediados de la década de los ochenta como consecuencia de las sanciones económicas y tecnológicas impuestas en Europa a la Argentina luego de la guerra antes mencionada, son el ARA. *San Juan* y ARA. *Santa Cruz*. Con 1700 toneladas de desplazamiento en superficie y 2300 toneladas en inmersión, constituyen las unidades más importantes actualmente en servicio. Arman torpedos alemanes SST-4 en seis tubos lanzatorpedos ubicados a proa, tres de los cuales tienen capacidad adicional para el sembrado de minas, poseen todas las comodidades del caso para navegar por más de 70 días sin ingresar a puerto, poseen dos cubiertas, gran capacidad para almacenamiento de torpedos de reserva, un motor de propulsión eléctrica Siemens, de gran tamaño, que le permite desarrollar velocidades superiores a los 24 nudos en inmersión y máquinas Diesel alimentadas con turbo que les permite efectuar con mayor rapidez la recarga de sus baterías.

Sus Sensores y Sistema de Control de Tiro son similares a los empleados en los submarinos tipo 209 clase Angamos o clase Thompson y poseen sistemas de trimado y control automatizados. Se tiene conocimiento que estos submarinos no son más silenciosos, navegando en inmersión y en snorkel, que un tipo 209. Lo que se tiene bien en claro es que este diseño alemán no ha tenido eco en otras Marinas del mundo, siendo éstas actualmente las únicas dos unidades en servicio. A su vez, problemas económicos en la nación del Plata conllevaron a la paralización del tercer

El ASTILLERO NAVAL DOMECQ GARCIA, imponente y moderna edificación, está actualmente a cargo del mantenimiento mayor que se efectúa a los submarinos tipo 209 y se encuentra a la espera de lo que suceda en un futuro próximo con el destino de los restantes TR-1700, siendo difícil pensar en el desprendimiento de estas unidades necesarias en el contexto naval argentino, más aún si se tiene en cuenta las excelentes cualidades que poseen.



submarino que se ensamblaba en los flamantes astilleros Domecq García de Buenos Aires. Me refiero al ARA. *Santa Fe,* cuyas partes y secciones del casco permanecen actualmente sellados en espera de ser completado.

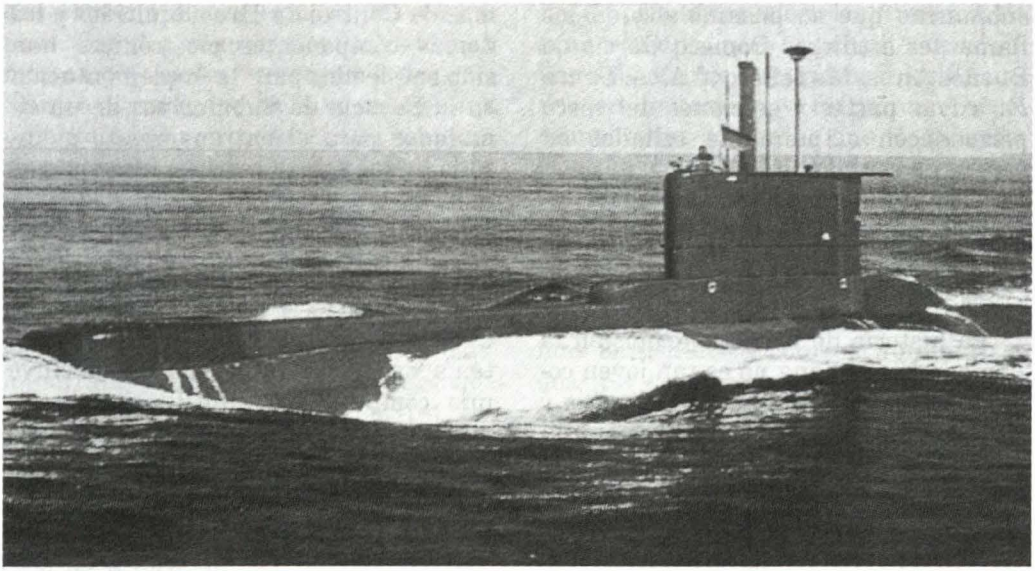
La Computadora de uno de los Sistemas de Control de Tiro adquiridos y los demás componentes electrónicos han sido empleados para la implementación en la Escuela de Submarinos de un simulador para el entrenamiento avanzado, igual suerte corrieron las máquinas Diesel.

VENEZUELA

La historia de los submarinos en la Armada Venezolana no es tan joven como lo es en las Armadas de Colombia y Ecuador. La historia de este escuadrón se remonta a principios de la década de los sesenta con la adquisición de un submarino norteamericano y la posterior incorporación de otras dos unidades adicionales de igual procedencia, material el cual fue cedido por la Marina norteamericana. Todas estas unidades fueron excelentes buques escuela para las futuras generaciones venideras. Pero, como hemos visto, la década de los setenta constituye el período en el cual los submarinos alemanes tipo 209 se consolidan en la región, y Venezuela no podía quedarse a la zaga en el Continente Sudamericano. Es así que en el año 1977 la Armada recibe dos unidades de este tipo, el ARV. *Caribe* y el ARV. *Sabalo,* cuyas tripulaciones iniciales se entrenaron en el Perú tiempo antes de su incorporación a la flota. Estas modernas unidades constituyeron a la postre sus mejores naves de combate y hoy, gracias a una completa modernización efectuada en Alemania en el año 1992, las hacen las mejores unidades de la región caribeña. Esta modernización y recorrido, considerada como la más importante efectuada a un submarino iberoamericano tuvo un valor aproximado de 90 millones de dólares y abarcó desde la instalación de un nuevo sistema de armas integrado que incluye una computadora multifuncional alemana para el control de tiro, periscopio con estabilizador de horizonte y tres aumentos en su lente, giróscopo inercial, mesa de ploteo con carta electrónica, sensores acústicos nuevos, entre otros, hasta la implementación de dos tanques de lastre adicionales, la instalación de convertidores estáticos para todos sus sistemas eléctricos, equipos de supervivencia y de control nuevos y el cambio completo de la cubierta principal y vela con nuevas tapas de fibra de vidrio de alta resistencia a las presiones del fondo del mar. Es aspiración del Alto Mando Naval adquirir los torpedos italianos A-184 para sus submarinos que arman actualmente los torpedos alemanes SST-4.

A lo largo de todos estos años muchos han sido los oficiales venezolanos que obtuvieron su calificación en submarinos en el Perú y como anécdota mencionaré que más de uno se llevó de regreso a su patria una peruana como esposa.

Los submarinos venezolanos participan anualmente en el Operativo UNITAS Fase Cero como en la fase correspondiente en aguas jurisdiccionales venezolanas. Un submarino, por lo general, en cada fase.



Submarino *ARV. Caribe* con eslora de 59.5 metros durante sus pruebas en la mar. Quince años después sufriria una modernización integral de casi todos sus sistemas y la modificación total de su cubierta y vela.

COLOMBIA

La Armada de la República de Colombia opera desde mediados de la década de los setenta dos submarinos alemanes tipo 209 modelo 1100 , el ARC. *Tayrona* y ARC. *Pijao* y dos minisubmarinos italianos de asalto de la clase SX-506, el ARC. *Intrépido* y ARC. *Indomable.* Las primeras dotaciones de oficiales y personal subalterno de este joven Escuadrón fueron capacitadas en la Escuela de Submarinos y unidades submarinas de la Armada Peruana. Al igual que los submarinos ecuatorianos, Colombia ha recurrido siempre a los astilleros de origen para mantenimientos de envergadura y modernizaciones significativas como los realizados en algunos de sus sensores más importantes en el año 1990. En el año 1997 el submarino ARC. *Tayrona* arribó al puerto del Callao con el fin de someterse a trabajos de mantenimiento y carena en los Astilleros del Servicio Industrial de la Marina-SIMA.

Asimismo, estos submarinos han venido participando en operativos conjuntos con los de la Armada del Ecuador, así como en operativos mayores como lo son las UNITAS Fase Cero. No se tiene conocimiento sobre algún proyecto a corto plazo para modernizarlos, pero, por los años que tienen en servicio, estas naves se encuentran en excelentes condiciones de operatividad y mantenimiento luego del recorrido que se les efectuara en los astilleros de la HDW. Colombia sigue siendo un potencial mercado para al menos dos nuevas unidades adicionales.

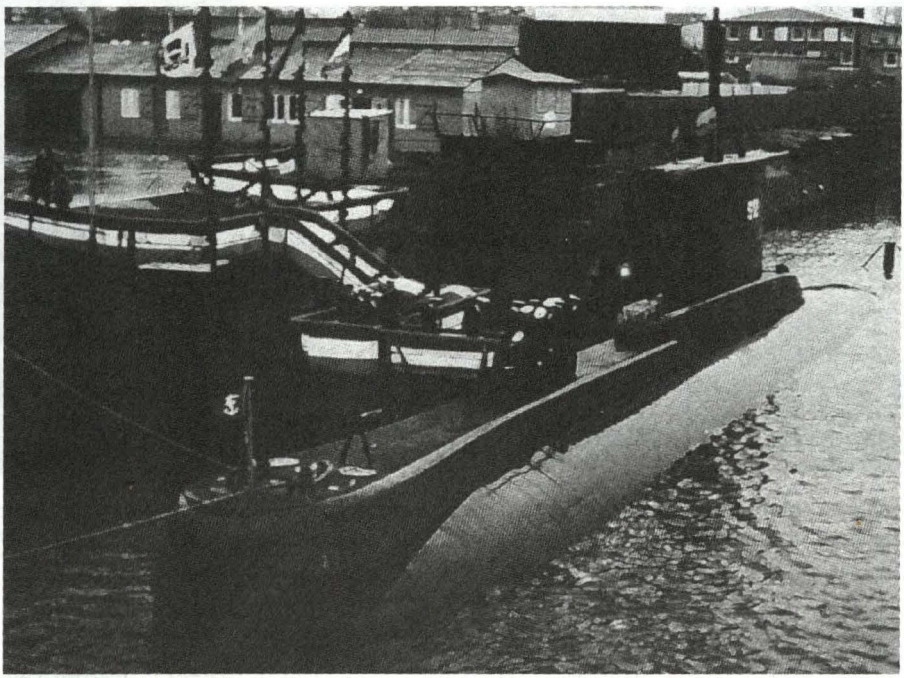


Submarino colombiano Tipo 209 ARC. *Tayrona* ingresando a uno de los diques flotantes del Servicio Industrial de la Marina -Callao (SIMAC) para su carrena y recorrido - Mayo 1997.

ECUADOR

La Armada de la República del Ecuador hasta el año 1978 jamás había operado unidades tipo Submarinos. El crecimiento desproporcionado y rápido de esta pequeña Marina se inició en la década de los setenta, al adquirir por vez primera y sin mayor experiencia dos submarinos alemanes tipo 209 modelo 1200 pero con sensores y electrónica de los primeros modelos existentes, creándose así el Escuadrón de Submarinos. Estos submarinos, el BAE. *Huancavilca* y BAE. *Shiri* han venido operando sin mayores contratiempos, salvo pequeños accidentes como varaduras e incendios en su equipos electrónicos. Desde hace algunos años atrás, con asesoría chilena y apoyo de diverso material excedente proveniente de submarinos venezolanos luego de su modernización, la Armada Ecuatoriana ha efectuado diversos trabajos de mantenimiento a bordo de sus unidades, pero los trabajos mayores han tenido que ser efectuados a principios de la presente década en los astilleros de origen. Por los años que tienen estas unidades en servicio deberán ser modernizadas pronto. En varia-

das ocasiones se ha dado a conocer la intención de efectuar estos trabajos en los Astilleros chilenos ASMAR. Cabe destacar que a estos submarinos nunca se les ha visto participando en operativos importantes o de envergadura como puede ser el Operativo UNITAS Fase Cero, en los han participando, en los últimos años, unidades colombianas, venezolanas y peruanas. El armamento usado en estas naves es el torpedo eléctrico antisuperficie alemán SST-4 y los también eléctricos norteamericanos de doble propósito modelo MK-37.



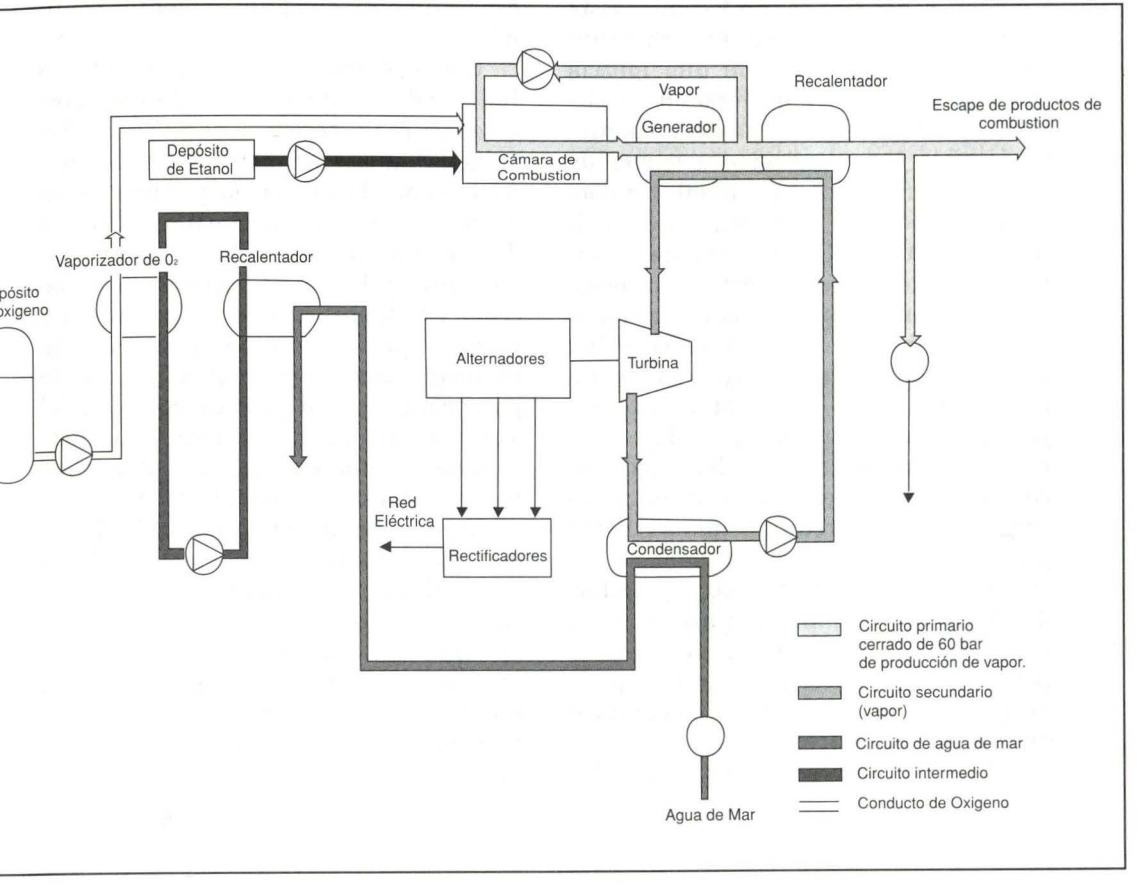
Submarino ecuatoriano Tipo 209, con eslora extendida después de la ceremonia de entrega en los astilleros de Kiel, Alemania.

NUEVOS SISTEMAS DE PROPULSIÓN

El Sistema MESMA

Lo más interesante de estos nuevos submarinos es sin lugar a dudas la introducción en el Continente Sudamericano de una nueva tecnología en cuanto a sistemas de propulsión se refiere, un Sistema Independiente de Aire (AIP), sistema aún no probado, que mejorará la resistencia en inmersión y a baja velocidad de estos submarinos convencionales, ampliando así el tiempo transcurrido antes de que el submarino necesite efectuar snorkel para recargar sus baterías. A bajas velocidades y con cargas eléctricas minimizadas, los sistemas AIP pueden ampliar la capacidad de una batería típica moderna para submarinos de 3 días a 3 semanas.

Estos sistemas operacionales nuevos son diseños híbridos que requerirán de una planta de propulsión diesel-eléctrica para alcanzar una alta velocidad. Es por ello que Francia viene desarrollando esta tecnología AIP, la cual al no haber sido probada aún en el mar, ha



llevado cierta controversia al seno del Alto Mando Naval y autoridades civiles chilenas.

Por la importancia que este nuevo sistema de propulsión significa no sólo para submarinos nuevos sino para los que actualmente se encuentran en la mitad de su vida útil, se hará una explicación detallada de lo que el Sistema MESMA francés significa: Actualmente existe un prototipo de tamaño normal del Sistema AIP MESMA (Module Energie Sous-Marin Autonome) en el DCN Indret. Este sistema viene siendo desarrollado por un consorcio conformado por DCN, Technicatome, Termodyne, Air Liquide, Bertin & Cie, de Francia, y EN Bazán, de España. Este sistema produce energía térmica resultado de la combustión de una mezcla gaseosa de etanol y oxígeno en su circuito primario para posteriormente convertirla en electricidad a través de un ciclo Rankine convencional. En operación, se bombea el oxígeno líquido almacenado a -185°C al interior de un vaporizador donde pasa a estado gaseoso.

Posteriormente es llevado a la cámara de combustión, donde se combina con etanol, produciéndose una salida térmica de 700°C y 60 bar de presión para calentar el circuito secundario. Un recirculador recicla parte del gas de escape enfriado para regular la temperatura dentro del circuito primario. Estos gases pasan por un permutador de calor produciendo vapor a 500°C y 18 bar de presión. El submarino arroja estos gases de escape a 60 bar de presión, permitiendo su descarga a cualquier profundidad de inmersión sin el empleo de bombas auxiliares.

El circuito secundario es una turbina convencional impulsada por vapor y de ciclo Rankine que maneja un alternador turbo de alta velocidad para suministrar corriente directa al submarino.

La generación de sonido de baja frecuencia es eliminada gracias a la maquinaria rotativa empleada en vez de una de movimiento alterno. El oxígeno líquido y el etanol se almacenan de manera separada en una sección del submarino destinada a satisfacer la exigente seguridad a bordo y los requisitos de riesgo de almacenamiento. Las normas de control y contención le deben a la experiencia de DCN y Technicatome en el campo de la propulsión nuclear, especialmente en el de ambientes confinados.

Como se podrá apreciar, el Sistema Independiente de Aire amplía los intervalos entre las recargas de baterías. Esto tiene un importante y favorable impacto sobre la eficiencia y supervivencia del submarino, puesto que los periodos de Snorkel degradan sensores importantes y hacen al submarino indiscreto y vulnerable a ser eliminado. La potencia proveniente de la batería sólo es usada cuando el requerimiento de potencia excede al nivel de potencia del sistema AIP. La autonomía en inmersión ha sido incrementada de días a semanas con este sistema. Además, el sistema no aumenta las señales de detección. Los niveles de ruido son similares a aquéllos que se dan en el modo de corrida de baterías silenciosas. En fin, el Sistema MESMA es una alternativa para la batería principal existente como fuente de energía para la fuerza de propulsión y requerimientos de carga auxiliar.

El Sistema de Celdas de Combustible, FC FUEL CELL.

Asimismo, los largos periodos de tránsito que tienen los submarinos hasta su área de operaciones, así como los tiempos de permanencia en éstos obligan a cometer indiscreciones en superficie debido a los periodos de snorkel ineludibles y necesarios para el funcionamiento de sus máquinas Diesel acopladas a los generadores que proporcionan la energía para cargar las baterías. Estas tasas de indiscreción a la que son sometidos los submarinos los ponen en grave riesgo de ser detectados, y consecuentemente vulnerables, durante estos periodos. Esta limitada autonomía de las celdas de plomo ácido en los submarinos convencionales puede ser ampliada considerablemente hoy en día gracias a la integración de un sistema que convierta la energía independiente del aire de la superficie. Las investigaciones en este campo han demostrado las grandes ventajas de usar un Sistema de Celdas de Combustible, FC FUEL CELL.

Me refiero a este novedoso Sistema de Propulsión Independiente de Aire no sólo por que sea un desarrollo alemán, es decir de los mismos fabricantes de nuestros submarinos, sino porque este Sistema de Celdas de Combustible, a diferencia del Sistema MESMA francés, dejó de ser un prototipo y se convirtió en realidad probada satisfactoriamente en la mar a bordo del submarino alemán U1 clase 206, el cual fue dotado en el año 1987 de una planta de energía de 100 Kw, navegando en inmersión con periodos de larga duración.

El Sistema de Celdas de Combustible es un sistema autónomo, compacto, que puede ser completamente integrado en la sección de presión del casco de los submarinos clase Angamos ya que el sistema seccionado de estos submarinos permite cortar el casco entre el compartimento del Puesto Central y el compartimento de Controles para instalarlo con un costo relativamente bajo.

El Sistema de Celdas de Combustible PEM

La Celda de Combustible PEM, que será instalado en el submarino tipo 212, es un transformador de energía electroquímica que opera con una razonable eficacia (70%), y no produce ruido. Su funcionamiento se basa en el principio de electrólisis inversa del agua para generar energía eléctrica mediante la combinación de hidrógeno y oxígeno. Los productos de la reacción son agua y relativamente poco calor (80 grados centígrados), considerando el alto grado de eficiencia del sistema. El hidrógeno y el oxígeno reaccionan directamente para proporcionar electricidad.

La función y diseños básicos de la Celda de Combustible PEM (Polymer Electryte Membrane) son bastante simples. El electrolito es una membrana polímera conductora de protones. Los protones se mueven del ánodo al cátodo, donde se forma agua líquida como producto de la reacción. Los electrodos son electrodos de difusión de gas catalizadores de platino. Las hojas de carbón funcionan como dispositivos de toma de corriente. Las unidades de enfriamiento extraen de la célula los productos derivados como son el agua y el calor.

El verdadero elemento electroquímico donde se transforma la energía es la unidad de electrodos de membrana. Di-

cha unidad está formada por un electrolito polímero, electrodos de difusión de gas con catalizador de platino y hojas de carbón a los lados. Estas plantas de celdas de combustible permiten efectuar misiones por más de 15 días en continua inmersión a una velocidad de 8 nudos e independientemente del aire externo. El concepto modular permite a la planta ser incorporada al submarino o ser totalmente integrada.

Como ventajas de estas plantas podemos mencionar su baja firma acústica, su bajo ruido, la transferencia mínima de desechos y calor al agua de mar, su alta eficacia, su fácil mantenimiento y que sus productos derivados no dañan el medio ambiente.

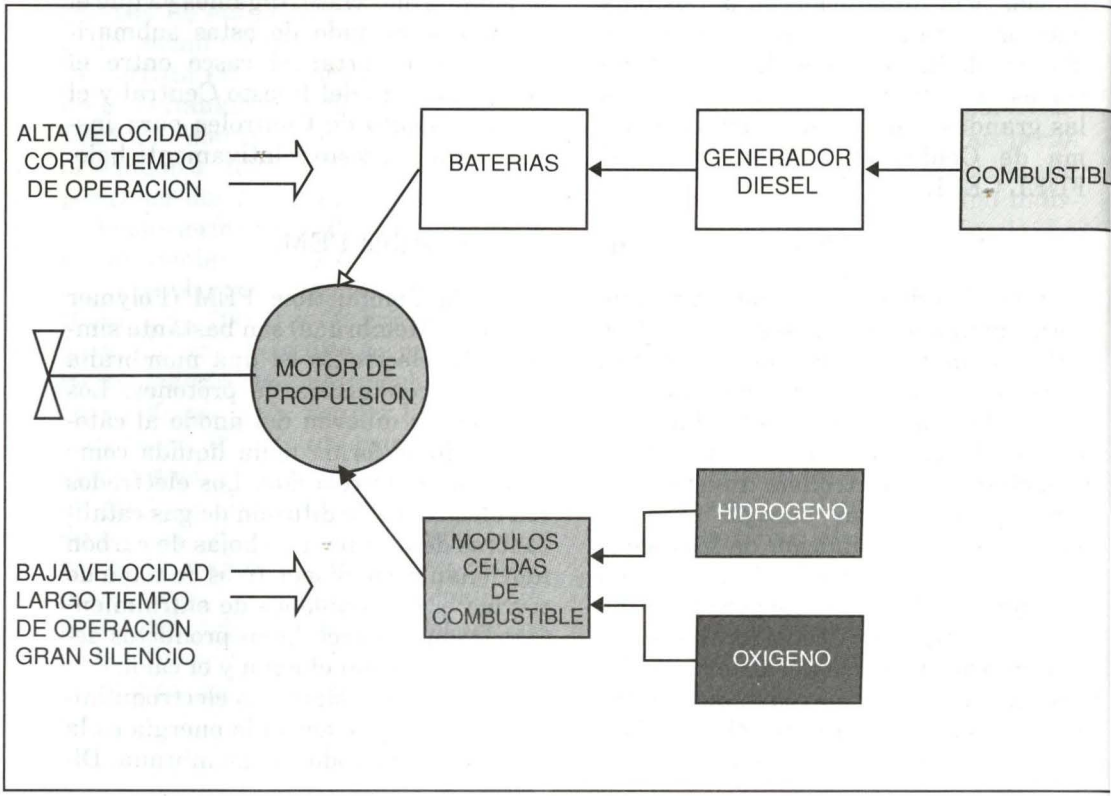
El hidrógeno como transportador de energía se almacena mejor en cilindros de hidruros de metal ubicados fuera del casco de presión.

El oxígeno se almacena en forma líquida, especialmente en tanques aislados ubicados fuera del casco de presión del submarino.

El suministro de oxígeno de las celdas de combustible se encarga de proporcionar el oxígeno que necesita la tripulación durante la inmersión.

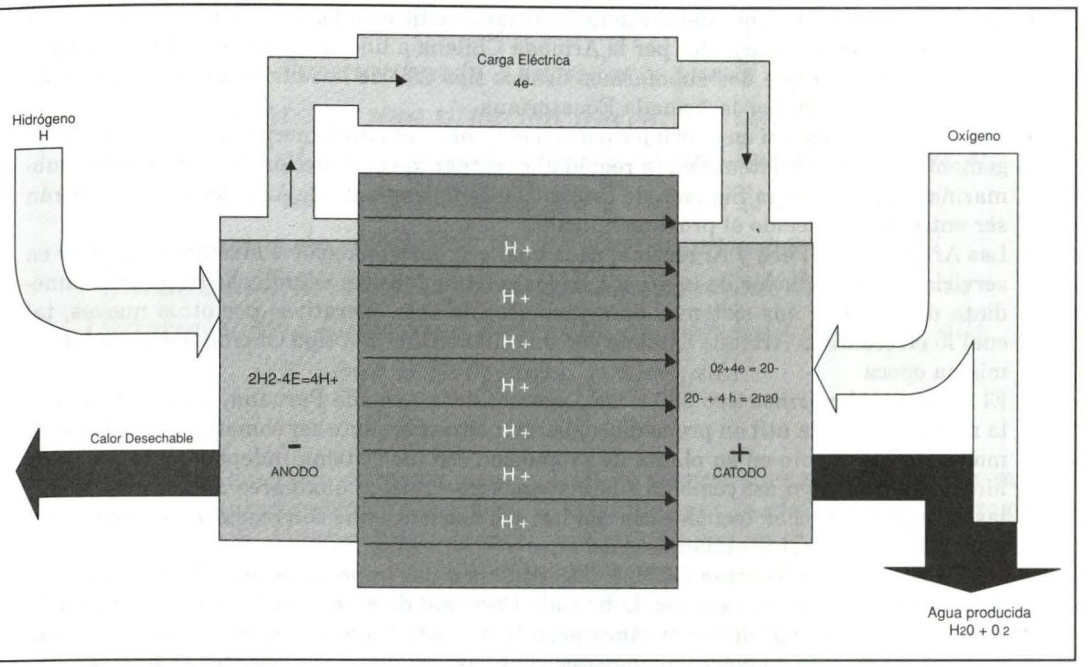
Gráfico de la Planta y sus componentes.

LA PLANTA CONSTA DE LOS SIGUIENTES COMPONENTES



Convertidor de energía, módulo de celdas de combustible de membrana de polímero.
Portador de energía, hidrogeno almacenado en cilindros de hidruro de metal.
Agentes de oxidación, oxígeno líquido en tanques aislados especialmente.
Energía suministrada, electricidad DC paralela a las suministradas por las baterías de a bordo.
Producto de reacción, agua para uso a bordo.
Enfriamiento, sistema de enfriamiento de doble circuito con utilización del calor residual.
Gas residual, oxígeno utilizado a bordo (tripulación), hidrógeno de la fase de inicio combustionado catalíticamente en el sistema de ventilación del submarino (baterías).
Control, sistema de control separado con mecanismos integrados automáticos de seguridad.

Proceso de Conversión Electroquímica
Celdas Combustibles PEM



CONCLUSIONES

- La década de los setenta constituye el periodo en la región donde se consolida la presencia del arma submarina.
- Las principales Armadas Sudamericanas encargaron en las tres últimas décadas la construcción de submarinos convencionales nuevos, predominando la presencia de la industria naval alemana
- A partir de esta época ninguna nación sudamericana incorpora submarinos de segunda mano a sus flotas.

- Las industrias navales de Brasil y Argentina lograron un significativo desarrollo en la construcción o ensamblado de sus submarinos, contando siempre con la asesoría técnica adecuada.
- La industria naval de Brasil es la única que ha logrado avances significativos en el desarrollo del proyecto para la construcción de un submarino propulsado por energía nuclear.
- Las Armadas chilena y venezolana constituyen las únicas que a lo largo de este tiempo efectuaron, ya sea en el país o en el extranjero, modernización de envergadura a sus unidades submarinas en servicio.
- El Servicio Industrial de la Marina-Callao (SIMAC) efectúa el mantenimiento y recorrido integral de los submarinos peruanos tipo 209 y Sierra, habiendo efectuado en el año 1997 la carena y recorrido parcial del submarino colombiano ARC. *Tayrona.* Este astillero peruano se encuentra hoy en día en la capacidad de efectuar trabajos de envergadura a este tipo de unidades y de brindar asesoría técnica.
- Venezuela, Colombia y Ecuador son los únicos países que no han logrado desarrollar capacidad plena para someter a sus unidades a mantenimiento y recorridos mayores.
- Las últimas adquisiciones del presente siglo las constituyen los submarinos clase Scorpene, recientemente encargados por la Armada Chilena a un consorcio estatal franco-español y es probable que dos submarinos usados tipo 209 de la Marina griega hayan sido comprados también por la Armada Ecuatoriana.
- Chile se constituye así en el primer país en el Continente Sudamericano que rompe la hegemonía alemana existente en la región al encargar la construcción de estos nuevos submarinos dotados de un Sistema de Propulsión Independiente de Aire, los cuales deberán ser entregados iniciado el próximo milenio.
- Las Armadas del Perú y Argentina, cada cual con dos submarinos alemanes tipo 209 en servicio desde mediados de la década de los setenta deberán estudiar la necesidad inmediata de sustituir sus sistemas de armas actualmente operativos por otros nuevos, tal cual lo efectuara la Armada Chilena con sus submarinos del tipo Oberon que datan de la misma época.
- El resto de submarinos tipo 209 clase Angamos de la Armada Peruana, al encontrarse en la mitad de su vida útil en promedio, deberán necesariamente ser sometidos a trabajos de modernización tanto en su planta de propulsión con un Sistema Independiente de Aire y Motor de Permasyn así como en sus Sistemas de Armas y auxiliares a fin de equiparar las nuevas tendencias tecnológicas con las adquisiciones que se vienen realizando en ésta parte del continente sudamericano.
- La industria naval francesa DCN, al constituirse como empresa estatal, logró imponerse sobre su contendor más cercano, la privada Ferrostal de Alemania durante la reciente licitación internacional de submarinos para la Armada Chilena, logrando ofertar de esta manera, de gobierno a gobierno, mayores ventajas económicas en cuanto al financiamiento de los submarinos Scorpene se refiere.
- Durante la citada licitación internacional y a solicitud de la misma Armada Chilena, el prototipo francés Scorpene compitió con el submarino alemán Tipo 209 modelo 1400 y no contra el tipo 212 ó 214, más avanzados.
- A raíz de los últimos acontecimientos comerciales que esta compra ha sucitado en el seno y al más alto nivel de la Comunidad Económica Europea se desliza la posibilidad de que la empresa estatal francesa DCN sea privatizada.
- La Armada Chilena, con la adquisición de los dos submarinos clase Scorpene se coloca a la vanguardia en el Continente Sudamericano con tecnología de punta.