

CONSTRUCCIÓN SUBMARINOS “SCORPÈNE”

Capitán de Fragata Raúl ORTÚZAR Maturana

Ingeniero Naval Mecánico (M.Sc.)

Dirección de Ingeniería de Sistemas Navales

Armada de Chile

rortuzarm@armada.cl

RESUMEN

Descripción de la construcción de los primeros Submarinos Scorpène, de tipo convencional diesel-eléctrico y de altos rendimientos operacionales, que fueron construidos para la Armada de Chile, en los Astilleros DCN (Francia) y NAVANTIA (España).

El proceso constructivo de los Submarinos obligó a realizar un sinnúmero de controles intermedios, desde el taller hasta el montaje, operación a bordo y desarrollo de controles y pruebas finales. Para todo lo anterior, se requirió de una muy buena organización para realizar el proceso de aceptación de los equipos y sistemas, desde el Taller hasta la aceptación final de cada Submarino.

Este trabajo expone la lógica constructiva y las experiencias más importantes obtenidas, tanto en las fases de diseño, construcción y validación de los Sistemas de Plataforma y del Sistema de Combate. Como también, las experiencias en el seguimiento de las actividades constructivas y en el proceso de pruebas de los Submarinos primeros de su clase.

ABSTRACT

A summarized description of the construction of the first Scorpène Class diesel-electric submarines and their high operational performances as built for the Chilean Navy by DCN (France) and NAVANTIA (Spain) shipyards .

The construction process of the Submarines forced us to make an endless number of intermediate controls, from the factory to the assembly, operation on board and accomplishment of the tests and trials. For each of the previous phases, a good and solid organization was required to successfully face the challenge of the acceptance process of the equipments and systems, until final acceptance of each Submarine was achieved .

This work presents the construction logic as well as the most important experiences in the phases of design, construction and validation of the Platform and Weapons Systems. Additionally, post construction and trials/tests procedures for the first submarine of its class will be also presented within the scope of this work.

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El 17 de Diciembre de 1997, la Armada de Chile firmó un Contrato con las firmas DCN de Francia y Bazán (actualmente NAVANTIA) de España, para la adquisición de dos Submarinos clase Scorpène para reemplazar los Submarinos de la clase Oberon, “Hyatt” y “O’Brien”.

Dentro de este contexto, el Consorcio DCN-NAVANTIA construyó el SS.“O'Higgins”, el que fue puesto en el agua por los Astilleros DCN en Cherbourg (Francia), en Octubre del año 2003, siendo posteriormente bautizado en una ceremonia realizada el 01 de Noviembre del mismo año.

La segunda Unidad de combate del Programa lo constituyó el SS.”Carrera”, siendo construido en forma seccionada en ambos Astilleros, similar al primer casco y finalmente botado en Cartagena (España), un año más tarde, en los Astilleros de NAVANTIA, España.

2. DISEÑO SS.SCORPÈNE.

2.1. Objetivos del Diseño:

El Submarino Scorpène fue diseñado teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

- a) Una alta disponibilidad operativa, diseñado para estar en la mar 240 días al año.
- b) Una baja vulnerabilidad frente a las amenazas previsibles en el presente y en las próximas décadas.
- c) Alto performance de discreción acústica, combinada con un tamaño moderado. Factores determinantes para obtener una baja susceptibilidad a ser detectado.
- d) Altas prestaciones de sus sensores, que contribuyen a obtener una ventaja acústica sobre sus eventuales adversarios.

2.2. Características principales del Submarino:

- Eslora total	66,40 metros.
- Eslora casco resistente	50,43 metros.
- Diámetro del casco resistente	6,20 metros.
- Manga total, incluyendo hidroplanos	8,00 metros.
- Puntal total	16,40 metros.
- Calado a proa	5,30 metros.
- Calado a popa	5,50 metros.
- Calado medio	5,40 metros.
- Coeficiente de flotabilidad	9,3 %.
- Desplazamiento en sumergido	1.711 toneladas.
- Desplazamiento en superficie	1.560 toneladas.

2.3. Misiones del Submarino:

El Submarino Scorpène está diseñado para realizar misiones para la guerra anti-superficie, anti-submarina y ejecución de operaciones especiales. Lo anterior, debido principalmente a sus altos performances en discreción acústica, capacidad de detección, capacidad para lanzar armas (6 TLT's y 18 armas), y ejecución de misiones de inteligencia.

Es así como el submarino Scorpène está diseñado para hacer frente a las amenazas provenientes de:

- Buques de superficie, con sonares activos y pasivos.
- Aeronaves anti-submarinas con radar, MAD, sonoboyas activas y pasivas, y sonar de profundidad.
- Submarinos nucleares y convencionales de diseño avanzado.
- Campos minados.

2.4. Secuencia de Diseño:

El diseño del Submarino Scorpène abarcó una secuencia lógica que se muestra a continuación, intercalándose procesos de validación, entre cada fase, de los diseños de sistemas y sub-sistemas.

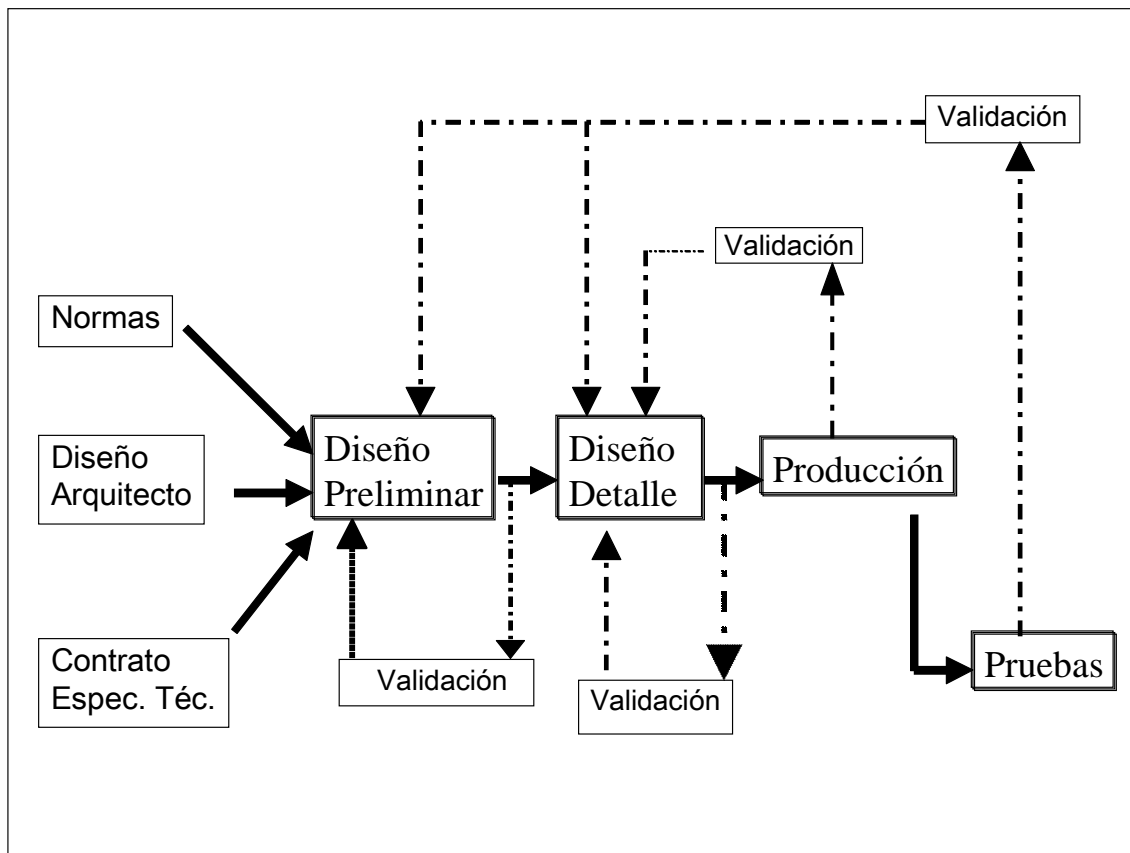


Figura N°1: Secuencia del Diseño SS.Scorpène.

2.5. Situaciones Operacionales:

Los diferentes escenarios y situaciones que debe enfrentar el Submarino durante su operación pueden clasificarse de la siguiente forma:

- 2.5.1. Patrulla: Esta es la situación de navegación normal del submarino, disponiendo de condiciones de discreción y detección acústica extremadamente buenas. En esta situación, la velocidad media es de 4 nudos y el submarino está diseñado para permanecer largos períodos de tiempo a gran profundidad, manteniendo al mínimo la frecuencia de operaciones snorkel.

- 2.5.2. Tránsito: En esta situación, el submarino puede alcanzar su zona de patrulla en un período de pocos días. La velocidad media es de 8 nudos. Los períodos de snorkel se determinan, entre otros, según las amenazas aéreas y de superficie.
- 2.5.3. Aproximación: Esta es la situación adoptada por el submarino cuando se prepara para lanzamiento de armas contra un objetivo a larga distancia. Se requiere mantener la velocidad durante un período de tiempo limitado a unas pocas horas.
- 2.5.4. Ataque: Esta es la situación adoptada por el submarino cuando está en preparación para el lanzamiento de sus armas. Esta situación no requiere normalmente de altas velocidades. Cada tipo de arma podría tener restricciones de velocidad ó profundidad cuando se dispone a lanzar.
- 2.5.5. Evasión: Esta es la situación adoptada por el submarino cuando quiere escapar de la detección de un oponente. Esta situación requiere normalmente una baja velocidad.
- 2.5.6. Bottoming: El Submarino Scorpène está diseñado para posarse en el fondo a la máxima profundidad operativa, para lo cual el timón inferior de gobierno está reforzado y además, dispone de una apropiada disposición de las rejillas de aspiración y descarga sus circuitos de enfriamiento.

2.6. Firmas:

Debido a la importancia de la discreción en este tipo de buques, el Submarino dispone de medios para minimizar la vulnerabilidad frente a amenazas previstas. Es así como está diseñado teniendo en cuenta su firma Acústica, Óptica, Electromagnética, Magnética e Infrarroja.

Por otra parte, el diseño del casco y hélice ha sido optimizado ante el flujo hidrodinámico propio. Esto asegura una mayor discreción acústica, reduciendo el ruido hidrodinámico y de propulsión propia.

A continuación, se indican cada una de las firmas optimizadas en el diseño:

- 2.6.1. Firma Acústica: La firma acústica generada por el submarino puede ser clasificarla en función de las distintas fuentes de origen del ruido. Existen las fuentes internas, generalmente originadas por las vibraciones que son transmitidas al mar, a través del casco y estructura propia del submarino. El ruido, generado por la maquinaria y equipos instalados en el interior del buque, se transmite al casco a través de los soportes de fijación de la maquinaria, apoyos elásticos y/o plataforma suspendida, según sea el caso. Para minimizar el ruido transmitido por la maquinaria a la estructura, se utilizan acoplamientos elásticos. Para el caso de los equipos más ruidosos se utilizan plataformas suspendidas con doble barrera de acoplamientos elásticos. Para el caso del Motor Propulsor, éste fue diseñado teniendo en cuenta también los ruidos de los partidores electromecánicos y dispositivos de acoplamiento.

Por otra parte, el ruido aéreo también es transmitido al mar a través del casco del submarino. Las ondas sonoras, generadas por la maquinaria y equipos, se transmiten al casco a través del aire contenido en el interior del buque.

Otra grupo de fuentes de ruido corresponden a las fuentes externas. Es decir, el ruido producido en la superficie exterior del casco del submarino por efecto del flujo hidrodinámico, debido al movimiento relativo entre el agua y el Submarino. Por lo tanto, el diseño del contorno del submarino tiene un rol importante para reducir la magnitud del ruido producido por los vórtices del flujo turbulento.

Para minimizar la firma acústica creada por el flujo hidrodinámico fue optimizada la forma hidrodinámica del casco y sus elementos exteriores sobre el mismo, con el objeto de minimizar el efecto de la separación de flujo laminar y aparición de flujo turbulento. En este tópico, es optimizado el diseño de las aperturas del casco, como pasadas de casco, escotillas, rejillas, apéndices y transiciones entre superficies.

Otra fuente externa de ruido es aquel producido por el flujo creado por el movimiento de la hélice propulsora. Este ruido es el de mayor magnitud de los generados por el submarino, cuando está en movimiento. Luego, para minimizar la firma acústica creada por la hélice, se optimizó el diseño de la configuración de elementos exteriores en la popa que limitan la perturbación del flujo en la hélice propulsora, como así también el diseño de sus palas para disminuir los efectos de la cavitación en función de la velocidad de rotación y la profundidad.

También, existe otra fuente externa de ruido, correspondiente aquel producido por el flujo de los gases de descarga, cuando el submarino está en una situación de snorkel. Para lo cual se optimizó la forma y disposición el difusor de gases, montado sobre la estructura de la Vela del Submarino.

- 2.6.2. Firma óptica: Cuando el buque navega cerca de la superficie, en particular cuando está en situación de snorkel, se enfrenta a un mayor riesgo de indiscreción, lo cual aumenta su vulnerabilidad. Para limitar el riesgo de indiscreción se han tenido en cuenta para el diseño los siguientes aspectos:

- La frecuencia de subida a profundidad de periscopio para realizar snorkel para carga de baterías se limita al mínimo necesario, utilizando máquinas diesel-generadores de alta potencia capaces de realizar una carga rápida de las celdas de baterías.
- Los mástiles izables están cubiertos con pinturas de camuflaje.
- El comportamiento del sistema de gobierno garantiza que la profundidad de periscopio se mantenga con un mínimo de fluctuaciones.
- Se limitan ó retardan las descargas de flujos indiscretas, tales como aguas servidas u otras susceptibles de indicar la presencia del submarino a un observador de superficie ó aéreo.
- El exterior del casco está pintado de negro sin símbolos ni nombres.
- Todos los fluidos hidráulicos susceptibles de llegar al exterior del buque deben ser miscibles con el agua de mar.

2.6.3. Firma magnética: Durante la construcción del submarino se ha tenido en cuenta el campo magnético. Al final de la fase de construcción se llevó a cabo una medición de la firma magnética y se previó en caso necesario, que éste fuese sometido a un tratamiento de deperming para eliminar el magnetismo remanente y conseguir así una firma magnética casi neutra.

2.6.4. Firma electromagnética,: El tamaño y diseño de todos los dispositivos izables permiten reducir la superficie reflectora expuesta al radar (Radar Cross Section, RCS). Además, se definió la utilización de recubrimientos absorbentes de radiación.

2.6.5. Firma infrarroja: Las fuentes de calor que irradia el submarino corresponden a las descargas de los circuitos de enfriamiento de agua de mar cuando el buque está sumergido y adicionalmente, la descarga de gases de las máquinas diesel cuando el submarino está en condición snorkel.

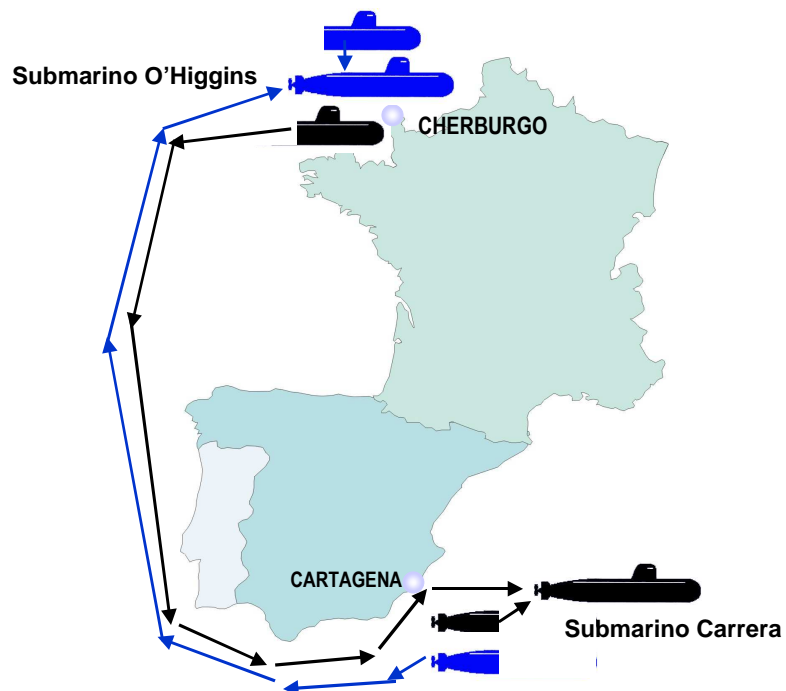
Para limitar la firma infrarroja, el sistema de enfriamiento con agua de mar está diseñado para que el incremento de temperatura entre la entrada y salida de los circuitos de agua de mar no sea superior a 10°C.

Además, los gases de descarga de las máquinas diesel, en condición snorkel pasan a través de un difusor en forma de rejilla para disminuir el tamaño de las burbujas del flujo y así poder aumentar la superficie total de intercambio de calor con el agua de mar.

3. LÓGICA Y SECUENCIA CONSTRUCTIVA.

Por ser un programa de construcción binacional la lógica constructiva aplicada se definió de acuerdo a lo indicado en la siguiente Figura N°2:

	Navantia - Cartagena	DCN - Cherbourg
Construcción SS.O'Higgins Casco de presión		
Outfitting SS.O'Higgins		
Ensamble y Terminación O'H		
Pruebas y Aceptación O'H		
Construcción SS.Carrera Casco de presión		
Outfitting SS.Carrera		
Ensamble y Terminación CA.		
Pruebas y Aceptación CA.		



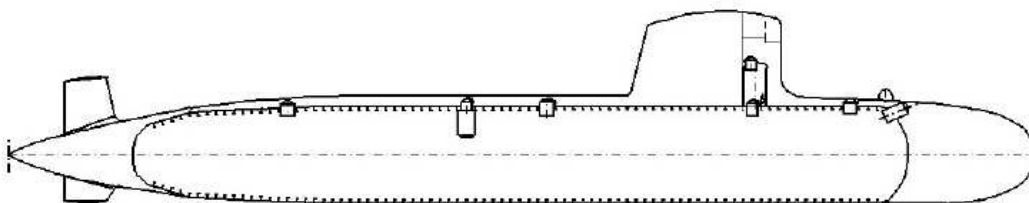
4. CASCO Y ESTRUCTURAS

El Casco resistente es del tipo monocasco con formas de revolución. Las formas exteriores son asimismo de revolución en la zona entre la línea de tangencia de la superestructura con el casco resistente y la quilla, así como en las partes extremas de proa y popa.

La estructura del submarino esta compuesta en términos generales por el casco resistente, casco exterior de popa y de proa, la vela, y una superestructura situada en la parte superior del casco resistente.

El Casco resistente está constituido por secciones y sub-secciones soldadas, divididas en cuatro grandes sectores, que albergan a todos los departamentos y estanques interiores del submarino. Los estanques de lastres principales están ubicados en las estructuras no resistentes de proa y popa del submarino.

El Casco resistente es de acero de alta resistencia 80 HLES, templado y revenido, estando definido en las siguientes áreas o partes: cuadernas, bulárcamas, mamparos elípticos de extremos en popa y proa, refuerzos de transición y refuerzos locales, torrecilla de acceso al puente de gobierno, la cúpula y pozo del mástil de inducción snorkel y la cámara de escape para operaciones especiales y salvamento. Elementos que se describen en la siguiente Figura N°3.



5. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES SISTEMAS.

5.1. Planta Propulsora:

Las características más importantes de la planta propulsora son las siguientes:

- Propulsión diesel-eléctrica.
- Línea de eje con una hélice de paso fijo de alto rendimiento.
- Motor Eléctrico Principal (MEP) de tipo sincrónico de imanes permanentes, con una potencia continua de 2.915 [KW] a 150 r.p.m., suficiente para proporcionar una velocidad máxima en sumergida mayor a 20 nudos.
- Dos departamentos de baterías, tales baterías son del tipo plomo-ácido, de 180 celdas cada uno, capaces de suministrar energía eléctrica al Motor Propulsor y a los sistemas auxiliares para obtener las autonomías especificadas. Las baterías necesitan ser recargadas periódicamente por las máquinas diesel-generadores, siendo el sistema dependiente del aire.

El Submarino Scorpène está preparado para incorporar en el futuro una sección completa conteniendo un Sistema AIP (Air Independent Propulsion) con una incidencia mínima en el diseño original.

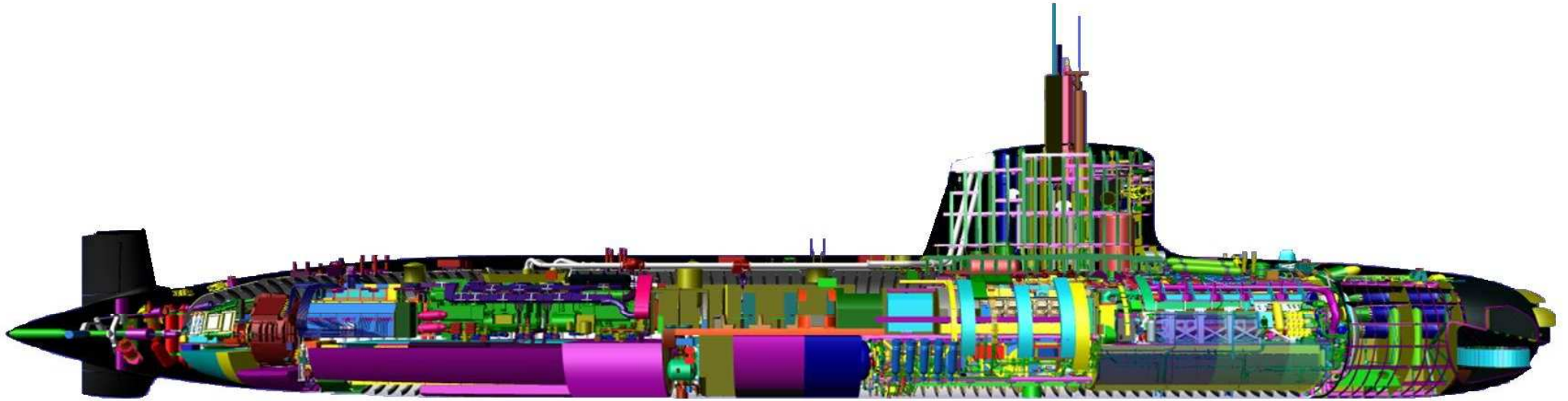


Figura N°4: Distribución General del Submarino Scorpène.

5.2. Características Planta Eléctrica:

Submarino posee cuatro máquinas diesel modelo MTU 12V 396 SE84 con sus correspondientes generadores rectificadores JEMOUNT INDUSTRIES 580 [KW], capaces de efectuar la carga de baterías al régimen necesario para el cumplimiento de la tasa de indiscreción requerida.

Cada máquina diesel-generador incorpora su propio rectificador de tal forma que la corriente eléctrica producida sea continua.

El Submarino Scorpène dispone de red eléctrica principal continua, redes de corriente alterna de 115 [Volts], 60 y 400 [Hz]; 220 [Volts], 60 [Hz], y una red de corriente continua a 28 [Volts] de seguridad y emergencia.

5.3. Características del Sistema de Combate:

El Sistema de Combate se puede clasificar a su vez en los sub-sistemas: Combat Management System (CMS); Navegación; Detección de Aeronaves y Unidades de Superficie; Comunicaciones Submarinas, y mediciones ambientales.

El sistema integrado de gestión y control SUBTICS (Submarine Tactical Information and Command System), integra la detección acústica, la detección aire/superficie, navegación y el control de las armas. El SUBTICS en general realiza las siguientes funciones desde 6 consolas multifunción (MFCC):

- Vigilancia acústica.
- ESM, y radar de vigilancia (operación y adquisición de datos).
- Adquisición de datos y vídeo del periscopio optrónico y de ataque.
- Transmisión y adquisición data link del sistema de telecomunicaciones exteriores.
- Adquisición de datos de navegación (hora, rumbo, cabeceo, balanceo, profundidad, velocidad, latitud y longitud).
- Gestión de rastreo y análisis de movimiento del blanco.
- Identificación y clasificación.
- Elaboración y evaluación de situación.
- Control de armas.
- Localización de averías y monitorización de comportamiento.

5.4. Sistemas de Detección:

El submarino posee los siguientes tipos de sonares para la detección acústica:

- Sonar Activo (AA), utilizado para transmitir en frecuencia modulada.
- Sonar Cilíndrico (CA), utilizado para detección acústica panorámica 360°.
- Sonar Distribuido (DA), utilizado para detección acústica de los costados del buque.
- Sonar de Interceptación (IA), utilizado para vigilancia de pulsos acústicos.
- Sonar de Flanco (FA), utilizado para detección pasiva de los costados del buque.

Para la detección de superficie el submarino posee un Periscopio de ataque, un mástil Optrónico, un mástil de Radar, un mástil de comunicaciones y un mástil ESM.

5.5. Sistema de Navegación:

El Submarino posee equipos de navegación y de ayuda como: Central inercial de navegación, Girocompás, Corredora electromagnética, Receptor GPS, Ecosonda y Sistema de información horaria.

5.6. Sistema Armamento:

El sistema de control de armas fue diseñado para operar en dos modos: centralizado y local. En el modo centralizado, los procedimientos de combate se realizan desde la Central de Combate (PCNO), siendo la vigilancia, configuración, lanzamiento y guía de los torpedos realizada desde cualquier consola MFCC. Por otra parte, en el modo local, el lanzamiento y guía de los torpedos puede realizarse directamente desde las consolas de lanzamiento locales, cuando el buque se encuentra en una condición degradada.

El submarino posee seis Tubos Lanzatorpedos (TLT's) de 21" capaces de lanzar torpedos pesados filo-guiados y misiles anti-buque encapsulados en un contenedor submarino (VSM), siendo las armas integradas al SS.Scorpène los torpedos Black Shark y SUT266 filo-guiados, y misiles Exocet SM39.

Los seis TLT's están acondicionados con dispositivos de seguridad mecánicas, hidráulicas, neumáticas y eléctricas, para evitar situaciones riesgosas, tal como una posible inundación con agua de mar.

6. PROCESO DE PRUEBAS.

6.1. Organización del Proceso de Aceptación:

La organización de las pruebas de aceptación fue definida desde el comienzo, de acuerdo al Contrato de construcción de ambos submarinos, en donde se estableció el procedimiento, composición, organización y competencia de la Comisión de Aceptación, formada por representantes de ambas partes, para el tratamiento de las Inspecciones y Pruebas.

El proceso de aceptación tuvo por objetivo probar, verificar y/o chequear que los sistemas cumplieren con las funcionalidades y performances definidas en las Especificaciones Técnicas del Contrato.

Este proceso consistió en la realización de pruebas e inspecciones. Las pruebas se dividieron en "Tests" o chequeos internos, por medio de los cuales el Contratista se aseguró de la calidad y validez del sistema, sub-sistema y/o equipo y de "Trials" ó pruebas contractuales, que constituyeron una operación de inspección formal requerida para la declaración de aceptación por parte de la Marina de Chile. Además, se definieron inspecciones parciales y contractuales de los distintos Departamentos y/o

Estanques del Submarino. El procedimiento de aceptación contractual fue organizado por el Contratista, seguido y finalizado por la Comisión de Aceptación. En el caso del primer Submarino, fue organizado tal proceso por el Astillero DCN y para el segundo, por NAVANTIA.

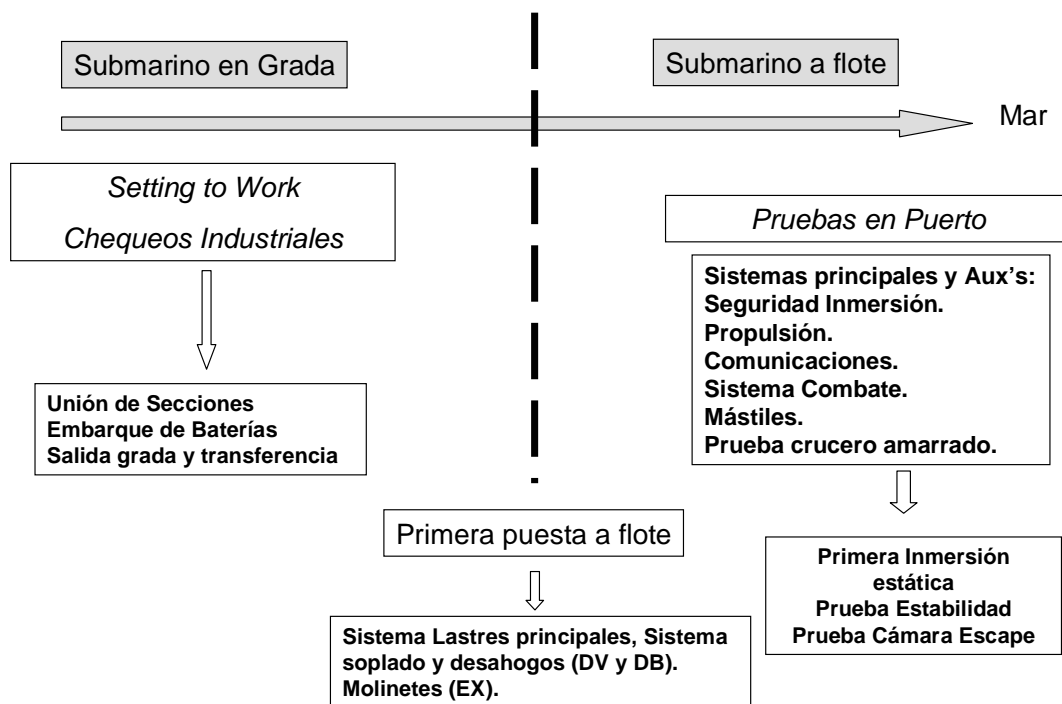
6.2. Protocolos de Pruebas:

El contenido de los Protocolos de Pruebas de Aceptación, PTP, describe el procedimiento de detalle para probar que la funcionalidad, definida explícitamente en las Especificaciones Técnicas, fuese cumplida.

En el proceso de revisión de los Protocolos de Pruebas, el Panel de expertos de ambas partes, TMP (Trials Managing Panel), y la Comisión de Aceptación, acordaron su aceptación en detalle, separando a su vez cada protocolo en pruebas elementales.

Así se definieron 73 protocolos de pruebas en fábrica, FAT; 121 protocolos de pruebas en puerto, HAT, y 95 protocolos de pruebas en la mar, SAT.

6.3. Lógica de Pruebas:



6.4. Pruebas de Aceptación:

Las pruebas, ya sea FAT, HAT y SAT, tuvieron por objeto asegurar la completa y satisfactoria operación de los equipos y sistemas integrados a bordo del Submarino, por medio de la verificación de sus capacidades. Las pruebas se dividieron en dos categorías:

- Pruebas Tipo: que se efectuaron sólo en el primer Submarino de la clase.
- Pruebas Standard: que se afectaron en ambos Submarinos.

Los protocolos de pruebas definieron pruebas elementales o parciales; es así como para ambos submarinos se realizaron 1.608 pruebas, sin contar las de fábrica, desglosadas en: 998 pruebas HAT y 610 pruebas SAT.

La cantidad total de observaciones y comentarios que se presentaron durante el proceso ascendieron a 3.027, distribuidos en 1.736 observaciones para el primer submarino y 1.291, para el segundo. Tales observaciones fueron tratadas, analizadas y sancionadas por la Comisión de Aceptación, quedando corregidas al final del proceso.

6.5. Inspecciones de Instalación:

Las Inspecciones tuvieron por objeto inspeccionar y/o verificar aquellas áreas que, por si mismas, no pueden ser sometidas a pruebas. Estas Inspecciones fueron divididas en tres fases:

- Inspección de Departamentos (CIF1): Inspección que se realizó antes de la instalación de los equipos con el objeto de verificar el estado de la superficie y pintura de las superficies antes de la instalación de éstos. Esta Inspección se realizó por Locales o Departamentos.
- Inspección de montaje de los equipos y equipamiento en cada Local (CIF2): Inspección que se realizó para verificar el correcto montaje de los equipos, accesorios y/o sistemas, en cumplimiento a los planos de Arreglo General y montaje, y el acceso a las operaciones de mantenimiento que requieran efectuarse a bordo. Tales inspecciones se realizaron por bigrama/departamentos.
- Inspección Final de Departamentos (CIF3): Inspección que consistió en una inspección visual, a efectuarse al término de las pruebas en la mar, dirigida a verificar el estado final de pintura, limpieza de los Departamentos y estado general de las superficies de trabajo.

En general, la mayor cantidad de inspecciones se realizaron a las instalaciones de los equipos y sistemas, es decir, CIF2, efectuándose 1.500 inspecciones en cada submarino. En tales inspecciones se generaron 9.618 observaciones, desglosadas en 4.581 para el primer submarino y 5.037, para el segundo.

7. CONCLUSIONES.

El Submarino Scorpène ha sido beneficiado de los últimos desarrollos del submarino balístico francés (SSBN) de la clase “Le Triomphant”. Esto incluye una optimización hidrodinámica de la forma “albacora”, la utilización de material fibra reforzada, GRP (Glass reinforced plastic) y el mejoramiento en el diseño de circuitos y equipos eléctricos.

Además, el Submarino Scorpène ha implementado en su diseño la utilización de plataformas suspendidas aisladas del casco de presión, donde van instalados los equipos principales sobre montajes elásticos, que impiden la transferencia de los ruidos de baja frecuencia desde los departamentos, vía casco, hacia el océano, reduciendo de esta forma sustancialmente su firma acústica.

El diseño, construcción y montaje de los sistemas contempló un muy alto nivel de modularidad, lo que permite un alto nivel de accesibilidad y mantenibilidad de sus sistemas.

El alto nivel de control y supervisión de los sistemas de la plataforma ha permitido una excelente herramienta operacional, eficiente y segura.

Un proceso exigente de control de calidad, puesta en servicio (setting to work) e inspecciones para chequear cada sistema y su rendimiento permitió operar con seguridad los submarinos primeros de la clase, durante el exigente proceso de pruebas.

Los resultados obtenidos durante las pruebas y durante el primer año de operación evidencian un alto nivel de los performances definidos al inicio del programa de construcción, en aspectos como:

- Propulsión.
- Maniobrabilidad.
- Endurance.
- Discreción acústica.
- Detección de sensores acústicos.
- Integración del Sistema de Combate.

Es así como se puede concluir que el Submarino Scorpène es considerado el submarino convencional más moderno y letal del mundo.

8. BIBLIOGRAFIA;

- Apuntes internos Armada de Chile.
- “Materiales para la Construcción de Buques”, CF. Raúl Ortúzar Maturana, Revista de Marina N°2/1999.

