



**Centro Universitario de la Defensa  
en la Escuela Naval Militar**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE  
VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL  
ARMADA TAILANDESA.*

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**ALUMNO:** AF.SITTINART KUNAWAT

**DIRECTORES:** DIEGO GONZÁLEZ MARTÍNEZ

**CURSO ACADÉMICO:** 2014-2015

Universida<sub>de</sub>Vigo





# Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

## TRABAJO FIN DE GRADO

*ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE  
VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL  
ARMADA TAILANDESA.*

**Grado en Ingeniería Mecánica**

Intensificación en Tecnología Naval

Cuerpo General / Infantería de Marina

Universida<sub>de</sub>Vigo



## RESUMEN

La Real Armada Tailandesa es la organización de defensa que tiene el poder de dirigir sus operaciones en la mar y la costa con la misión principal de proteger el país. Tailandia tiene 1.500 millas náuticas de línea de costa, 350.000 km<sup>2</sup> de área de mar, y más de 900 islas. Se divide en 2 zonas, golfo de Tailandia por el Este y Mar de Andamán por el Oeste. Las zonas de mar son limítrofes con Malasia, Camboya y Birmania. El Golfo de Tailandia y el Mar de Andamán tienen condiciones bien distintas. La Real Armada Tailandesa tiene buena capacidad y alistamiento en la zona Asia Sureste. Los países en Asia Sureste como Malasia, Indonesia, Singapur y Vietnam poseen submarinos y los países de Asia como la India y China están avanzando en la tecnología para la consecución de un submarino nuclear. Según la historia de la Armada Tailandesa, dicha armada poseía unos submarinos los cuales estaban en servicio desde año 1937. Después de esa época la Real Armada Tailandesa no ha tenido ningún submarino en servicio. El submarino es un navío o buque con muy alta tecnología y con el que la Real Armada Tailandesa podría avanzar desde el punto de vista de la capacidad militar por sus características propias ya que el Submarino tiene sus mayores capacidades bajo el agua y son las que lo diferencian del resto de buques superficies y aeronaves, pues, entre las muchas cualidades, es muy difícilmente detectable. Por eso, la amenaza de un submarino a cualquier armada es más peligrosa que la de cualquier buque de superficie, lo que confiere a las armadas que poseen dicho buque un poder armamentístico elevado y disuasorio en lo que a un posible ataque se refiere. Por esta razón la Real Armada Tailandesa debería tener submarinos para alistarse en todo tipo de amenaza y operaciones en el futuro. Así, el trabajo propuesto, “ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA” trata de dar una solución a una necesidad actual de la Real Armada Tailandesa. En dicho trabajo se pretende realizar los estudios y análisis necesarios para la obtención del Submarino óptimo para operar en aguas Tailandesas con todos los condicionantes que, tanto dichos buques requieren como los condicionantes de la zona de operaciones y sin olvidarnos evidentemente del factor económico. Para ello se comenzará analizando una serie de submarinos de varias armadas del mundo así como las condiciones de la costa y los mares de Tailandia. Se estudiarán también las dimensiones y características principales para el buen funcionamiento del Submarino y las misiones a las que vaya a ser destinado, así como las condiciones de la zona a las que ha de ser expuesto. Se hará la consideración de tener un sistema de lanzamiento de misiles a los blancos de superficie, se verán las ventajas y desventajas para este submarino óptimo y se analizarán diversas alternativas tecnológicas innovadoras dentro del mundo de la construcción de submarinos, viendo la idoneidad de estas a las aguas en las que se realizará la misión. Por último, se llegará a unos resultados y conclusiones que será el fruto de todo el trabajo inicial realizado.

# **PALABRAS CLAVE**

Submarino, Misión, Vela, Operativo, Retractil, Armas, Torpedo, Plataforma, Hélices, Apoyos, Casco Resistente, Presión de Inmersión, Resistencia al avance, Potencia de remolque, Velocidd del submarino, Aguas poco profundas, Diesel-Eléctrico, Propulsión, Profundidad.

## CONTENIDO

Contenido .....	1
Índice de Figuras .....	2
Índice de Tablas.....	5
1 Introducción y objetivos .....	6
2 Estado del arte .....	8
3 Desarrollo del TFG.....	28
3.1 La Real Armada Tailandesa.....	28
3.1.1 Estrategia y mision principal .....	28
3.1.2 Zona operativa .....	29
3.2 Submarino en general.....	32
3.2.1 Submarino, su mision y operación.....	32
3.2.2 submarino diésel-eléctrico.....	33
3.2.3 submarino nuclear.....	34
3.3 La tecnología y diseño el submarino.....	36
3.3.1 La forma y estructura del submarino.....	36
3.3.2 El sistema mecánico del submarino.....	40
3.3.3 El sistema eléctrico del submarino.....	48
3.3.4 El sistema AIP.....	50
4 Resultados / Validación / Prueba.....	57
5 Conclusiones y líneas futuras .....	76
6 Bibliografía.....	78
7 Anexo I.....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Submarino el Turtle .....	9
Figura 2-2 U-Boot U 36 .....	10
Figura 2-3 USS Nautilus .....	11
Figura 2-4 USS Scorpion .....	11
Figura 2-5 Submarino clase MIKE .....	12
Figura 2-6 Submarino de la Real Armada Tailandesa .....	13
Figura 2-7 El Príncipe de Songkla .....	14
Figura 2-8 Puente y cañon de HTMS Thonburi en la Escuela Naval .....	15
Figura 2-9 El submarino nuclear de India INS Arihant .....	16
Figura 2-10 El portaaviones tailandés HTMS Chakrinarubhet .....	17
Figura 2-11 Submarino clase Zwaardvis .....	18
Figura 2-12 Submarino clase Scorpene.....	19
Figura 2-13 Submarino clase Sjoormen/ Type A-11B .....	20
Figura 2-14 Submarino Type 209/1300 .....	21
Figura 2-15 INS Arihant.....	23
Figura 2-16 INS Arihant.....	23
Figura 2-17 Submarino Type 209/1200 .....	24
Figura 2-18 Submarino S-70.....	25
Figura 2-19 Submarino clase Kilo.....	26
Figura 2-20 Submarino Type 206A .....	27
Figura 3-1 Golfo de Tailandia y Mar Andaman .....	28
Figura 3-2 Las áreas de la responsabilidad de las tres divisiones.....	29
Figura 3-3 Profundidad en el golfo de Tailandia .....	30
Figura 3-4 Mar Andaman .....	31
Figura 3-5 Las formas de casco.....	36
Figura 3-6 seccion del submarino. ....	37
Figura 3-7 Las secciones del submarino .....	38
Figura 3-8 Los tanques del submarino.....	39
Figura 3-9 El sistema del snorkel.....	40
Figura 3-10 El submarino está haciendo el snorkel. ....	40
Figura 3-11 Sistema de escape de aire .....	41
Figura 3-12 Sistema de seguridad del bajo el agua .....	42
Figura 3-13 El sistema de achique del fondo.....	42
Figura 3-14 El sistema refrigeración por agua salada .....	43
Figura 3-15 El sistema aire alta presión .....	43

Figura 3-16 El sistema hidráulica.....	44
Figura 3-17 El sistema de lastre .....	44
Figura 3-18 Los tangues de lastre babor-estribor .....	45
Figura 3-19 Los tanques de lastre proa-popa .....	45
Figura 3-20 El sistema de residuos .....	46
Figura 3-21 El sistema de apagar incendio .....	47
Figura 3-22 El sistema de refrigeración la batería .....	48
Figura 3-23 Batería en el submarino .....	49
Figura 3-24 El sistema de la propulsión directa .....	50
Figura 3-25 El sistema eléctrico en el submarino .....	50
Figura 3-26 Sistema AIP para los motores diéseles.....	54
Figura 3-27 Sistema MESMA.....	54
Figura 3-28 Sistema MESMA.....	55
Figura 3-29 La reacción en el sistema fuel cell .....	55
Figura 3-30 Sistema AIP Fuel Cell .....	55
Figura 3-31 El submarino con AIP Fuel Cell .....	56
Figura 4-1 Esquema de la propulsión Diésel-eléctrica.....	59
Figura 4-2 La propulsión diésel-electrica del submarino.....	59
Figura 4-3 El submarino con el sistema AIP instalado .....	60
Figura 4-4 La carta con las derrotas desde Tailandia.....	60
Figura 4-5 La carta del golfo de Tailandia que hay profundidad entre 30-50m. ....	61
Figura 4-6 El plano 2D del submarino (1) .....	62
Figura 4-7 El plano 2D del submarino (2) .....	62
Figura 4-8 La resistencia total de remolque (1) .....	65
Figura 4-9 La resistencia total de remolque (2) .....	66
Figura 4-10 La potencia de remolque (1).....	66
Figura 4-11 La potencia de remolque (2).....	66
Figura 4-12 La diferencia de la potencia de remolque (1) .....	67
Figura 4-13 La diferencia de la potencia de remolque (2) .....	67
Figura 4-14 El submarino con la vela recogida .....	70
Figura 4-15 El submarino con la vela extendida .....	70
Figura 4-16 El submarino con las hélices auxiliares .....	71
Figura 4-17 La hélice auxiliar .....	72
Figura 4-18 La hélice auxiliar para el movimiento vertical .....	72
Figura 4-19 Los apoyos con oruga en proa .....	73

Figura 4-20 El apoyo con oruga en popa .....	74
Figura 4-21 La plataforma elevadora .....	74
Figura 7-1 Como superar la flotación.....	79
Figura 7-2 Desplazamiento en la superficie y sumergido .....	80
Figura 7-3 Estabilidad del submarino en la superficie .....	80
Figura 7-4 Efecto de la sumersión.....	81
Figura 7-5 La propulsión nuclear .....	83
Figura 7-6 Un plan del sistema convoy.....	85
Figura 7-7 Aireación por snorkel .....	86
Figura 7-8 El plano 2D del submarino (1) .....	87
Figura 7-9 El plano 2D del submarino (2) .....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Países con capacidad de construir submarino.....	17
Tabla 4-1 La relación de la altura del submarino.....	63
Tabla 4-2 Los valores de la resistencia total y la potencia de remolque de cada velocidad.....	65
Tabla 4-3 Los valores de la propulsión eléctrica para la velocidad 20 nudos.....	68
Tabla 4-4 Los valores de la propulsión eléctrica para la velocidad 40 nudos.....	68

# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## Introducción

En el trabajo fin de grado ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA se exponen las dimensiones y características principales del submarino óptimo para la Real Armada Tailandesa por el estudio de las estrategias y misiones que tendrá que acometer dicho submarino comparándolo con otros submarinos utilizados por otras armadas mundiales.

El submarino es un buque muy utilizable en la misión naval, siendo un buque que tiene ventajas ofensivas por sus capacidades bajo del agua, siendo muy difícil de detectar y pudiendo navegar más sigilosamente que los buques de superficie y acercarse así a la fuerza enemiga. En las operaciones navales o en la guerra puede llevar varios tipos de armas, torpedos, minas y misiles, siendo por ello el submarino la amenaza más peligrosa en la guerra naval.

En la Segunda Guerra Mundial los submarinos tuvieron gran éxito en sus misiones. Por ejemplo, los U-boat de Alemania cortaron la ruta de los británicos y hundieron a muchos buques de guerra y mercantes. A partir esa época muchos países avanzaron en sus tecnologías de submarinos y de ahí que existan algunos países incluso con submarinos nucleares o están avanzando en el proyecto de un submarino nuclear. Además los países del Sureste de Asia como Vietnam, Malasia e Indonesia tienen sus escuadrillas de submarinos. Sin duda, la Real Armada Tailandesa debería tener unos submarinos al igual que otros países.

Desde el año 1951 ningún submarino esta en servicio en la Real Armada Tailandesa por muchas razones, pero dicha armada siempre ha tenido interés en poseer este tipo de artefacto. La Real Armada Tailandesa tiene buena capacidad de fuerza naval comparando con los países del Sureste de Asia. Así, posee varios tipos de buques de superficie, portaaviones y aeronaves, pero no posee submarinos en la actualidad. Es por ello que, aunque posea buques y armas, no es una Armada completa sin tener submarinos.

Con el trabajo fin de grado “ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA” se pretende en adelante obtener un submarino que cumpla con los requerimientos, estrategias y misiones a las que se enfrentará la Real Armada Tailandesa en la zona operativa actual y en otras zonas en las que se propondría operar según las estrategias y capacidades del submarino motivo de estudio. Además, se hará el estudio y comparación con varios tipos de submarinos, analizando ventajas e inconvenientes de estos para adaptarse a todos los condicionantes con los que se encontraría la Real Armada Tailandesa en el desempeño de su misión. Por último se implementarán una serie de mejoras tecnológicas que harán que nuestro submarino sea funcional desde el punto de vista del emplazamiento en el cual le tocará realizar la misión.

## Objetivos

Los objetivos del trabajo fin grado “ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA” es analizar los condicionantes de Aguas Tailandesas y otras necesidades intrínsecas de todo submarino para así obtener un submarino óptimo para la Real Armada Tailandesa. La propuesta de este trabajo fin de grado surge debido a que desde el año 1951 la Real Armada Tailandesa no tiene ningún submarino en servicio y se considera necesaria la existencia de dicha nave en la fuerza naval de Tailandia. El análisis del submarino óptimo para la Real Armada Tailandesa incluirá: dimensiones, características, tipo de propulsión, armas, capacidad operativa. Este análisis será el resultado de los estudios de las estrategias y misiones a las que estará dirigido el submarino. Relevante será también la condición de los mares donde realizará su operación. Además se realizarán diversas comparaciones con submarinos de otras armadas. Para concluir, uno de los objetivos más interesantes de este trabajo fin de grado será el dotar al submarino elegido de una tecnología innovadora, la cual será sometida a las pertinentes comprobaciones y de las cuales se extraerán unos resultados y conclusiones.

## 2 ESTADO DEL ARTE

El submarino es un buque especial, pues se diseña para navegar bajo el agua. En sus inicios fueron diseñados para hacer exploraciones submarinas. Fue tras la Primera Guerra Mundial cuando los submarinos se convirtieron en un arma de guerra y hoy la palabra *submarino* nos sugiere más algo relacionado con temas bélicos que con las exploraciones bajo el agua. Los buques de superficie flotan debido a que su peso es menor que el peso del volumen agua que desalojan (principio de Arquímedes), y se hunden debido a que permiten la inundación de los tanques dispuestos para dicho fin. La cantidad de agua produce que el peso aumente por encima del volumen de agua desalojado. Para conseguir una nueva flotabilidad, el agua es achicada de los tanques y así, éstos pueden subir a la superficie. La hidrostática bajo el agua es un factor muy importante a la hora de diseñar un submarino y su casco. En sus comienzos, los submarinos se diseñaban y construían con un solo casco y su geometría era cilíndrica, y la proa y la popa eran semiesferas, siendo su profundidad limitada hasta 100 m. Posteriormente se pasó al diseño y construcción de submarinos de doble casco, los cuales poseían una mayor resistencia estructural y menos riesgo de inundación tras colisión. Dicho aumento en la resistencia estructural propicio que soportasen mayor presión de inmersión, lo que hizo que aumentasen las profundidades de inmersión hasta 250-400m. de profundidad.

La propulsión del submarino es diseñada con un objetivo claro, poder navegar bajo el agua durante el mayor tiempo posible sin ser detectado. Los primeros submarinos de guerra usaron la propulsión diésel-eléctrica., esto es, cuando se navega en superficie o en modo snorkel, el motor diésel hace girar las hélices y también el generador eléctrico para recargar las baterías. Cuando se navega en inmersión la energía proporcionada por el motor eléctrico para recargar baterías en superficie, hace que estas puedan estar operativas para funcionar en inmersión con el mínimo ruido. Actualmente la propulsión de los submarinos se divide en dos grandes grupos, propulsión diésel-eléctrica y propulsión nuclear. En la propulsión nuclear no se necesita aire y se puede producir aire y agua, pero tienen dos claros inconvenientes, el riesgo de contaminación nuclear (debido a que en dichos submarinos existe un reactor nuclear) y su elevado coste de construcción. Después de analizar varias armadas mundiales, se llega a la conclusión que la mayoría de los submarinos poseen una propulsión diésel-eléctrica (Chile, Malasia, India, etc). Para aumentar la capacidad de este tipo de propulsión se inventó sistema AIP (Propulsión Independiente de Aire).

La forma del submarino de guerra normalmente es cilíndrica o cónica y la profundidad a la cual pueden operar va de 100 a 1000m, y por el contra, la forma o geometría del submarino dedicado a exploración o rescate es esférica. Como se ha dicho, para obtener una mayor resistencia se construyeron con doble casco y dicha configuración se aplica con más facilidad cuando se trata de formas cilíndricas.

El primer submarino militar fue el Turtle diseñado por David Bushnell, con capacidad de operación subacuática y movimiento independiente. Se dotó de hélices para su propulsión. Durante la Guerra de la independencia estadounidense, el Turtle operado por una sola persona, el sargento Ezra Lee, del ejército continental intentó hundir un barco de guerra británico, el HMS Eagle en la bahía de Nueva York el 7 de septiembre de 1766, pero fracasó ya que el buque contaba con una placa de cobre. Los tripulantes del HMS Eagle vieron una extraña embarcación alejándose y se lanzaron en su persecución. El sargento Ezra Lee accionó el torpedo que disponía y hundió al bote que lo perseguía.

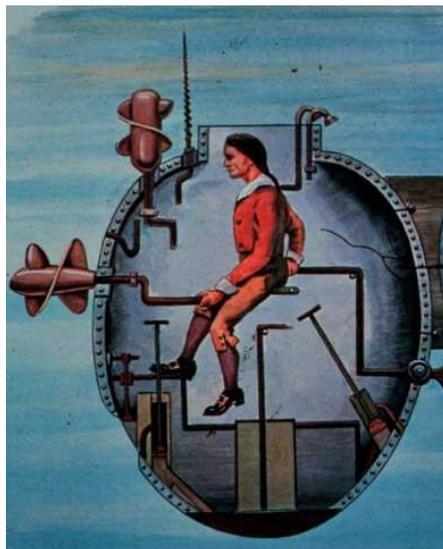


Figura 2-1 Submarino el Turtle

Más tarde surgieron los submarinos de propulsión mecánica (finales del siglo XIX), el primero cuyo sistema de propulsión usaba aire comprimido y que fue el Plongeur de Francia en 1863. Poco tiempo más tarde, el primer submarino que usaba un motor de combustión fue el Ictíneo II con su desplazamiento 65 toneladas, y propulsado por vapor y peróxido, construido en Barcelona en 1864 por Narciso Monturiol. Inicialmente la propulsión era mediante hélices que giraban por acción de 16 hombres. Dos años más tarde se añadió un motor de vapor de 6 CV de potencia. La primera construcción a vapor fue el 22 de octubre de 1867. Estaba diseñada para una tripulación de 2 personas, sumergirse a 30 m de profundidad y permanecer bajo el agua durante 2 horas. Pero bajo el agua el motor consumía rápidamente el oxígeno del submarino. Monturiol recurrió a la química para inventar un motor que consumía una mezcla de clorato potásico, zinc y peróxido de manganeso.

El primer submarino militar completamente útil fue el submarino de Peral de propulsión eléctrica construido por el ingeniero, marino y profesor español de física matemática en la Escuela de Ampliación de Estudios de la Armada, Isaac Peral y Caballero para la Armada Española, prototipo que iba a ser usado en la Guerra Hispano-Estadounidense. Se botó el 8 de septiembre de 1888. Tenía un tubo lanzatorpedos, con dos torpedos de recarga además del que iba ya montado en el tubo, nuevos sistemas de aire, un casco ahusado, propulsor y controles externos con forma de cruz, anticipando diseños muy posteriores. Su velocidad subacuática era de 10 nudos, pero adolecía de un corto alcance debido a la alimentación por baterías de sus sistemas. Las baterías eran una modificación de Peral de un sistema zinc-dicromato potásico. En junio de 1890, el submarino de Peral lanzó el primer torpedo de la historia disparado con éxito, desde un submarino sumergido en el mar. La armada española terminó cancelando el proyecto. Muchos más submarinos fueron construidos en esta época por varios inventores, pero no llegarían a ser armas eficaces hasta bien entrado el siglo XX.

La tecnología de submarinos sigue en continuo avance por aquel entonces en varios países y la propulsión diésel-eléctrica pasa a ser el sistema de energía dominante y artilugios tales como el periscopio son normalizados.

En 1895, el inventor irlandés John Philip Holland diseñó un submarino equipado con un motor de combustión interna en superficie y un motor eléctrico bajo el agua. Algunos de sus submarinos fueron comprados por los Estados Unidos, el Reino Unido, Rusia y Japón.

En la Primera Guerra Mundial, los estrategas militares dieron verdadera importancia a las batallas navales. Los submarinos usaban energía diésel y eléctrica pero requerían recargar con frecuencia sus baterías y tenían una baja velocidad máxima. Los U-Boot (Unterseeboot o Undersea boat) operaban en

superficie por sus motores convencionales, usando sus baterías para sumergirse y realizar ataques. Su casco tenía una sección triangular, con una quilla y una proa distintivas, para controlar el oleaje. Los Estados Unidos decidió entrar en la Primera Guerra Mundial después del hundimiento del RMS Lusitania por acción de U-boot de Alemania. El Submarino alemán U9 hundió tres cruceros británicos en pocos minutos en septiembre de 1914.



Figura 2-2 U-Boot U 36

“En la Primera Guerra Mundial los submarinos alemanes habían llevado a Gran Bretaña casi a la derrota por mar por primera vez desde la batalla de Beachy Head en 1690. Aunque ahora tenían la mayor flota de submarinos del mundo, los británicos creían que el submarino, era tan peligroso en manos de un enemigo que sobrepasaba cualquier ventaja que pudiera tener el usar sus propios submarinos.” Vicealmirante sir Arthur Hezlet, 1967.<sup>[1]</sup>

Entre las guerras mundiales hubo varios diseños de submarinos. También los submarinos portaaviones que fueron equipados con hangar impermeable y una catapulta de vapor, pudiendo lanzar y recoger los hidroaviones. El submarino podía así actuar como unidad de reconocimiento por delante de la flota.

En la Segunda Guerra Mundial, Alemania tuvo la mayor flota de submarinos debido a que el tratado de Versalles limitaba las fuerzas navales de superficie. En la primera mitad de la guerra los submarinos alemanes lograron tener éxito con sus tácticas de cortar las rutas. Los U-Boot operaban de forma prácticamente independiente para localizar convoyes en las zonas asignadas por el alto mando. Si encontraban uno, el submarino no atacaba inmediatamente, sino que lo seguía de cerca para permitir que otros submarinos de la zona encontrarse al convoy y luego se agrupaban en una fuerza mayor para atacarlo simultáneamente. Esta táctica se llamaba “Táctica de Wolfpacks” y podría destruir a muchos buques de guerra y a buques mercantes. Pero en la segunda mitad Alemania fue contrarrestado por el equipo de código cifrado Enigma de la Royal Navy, la cual poseía mayor número de buques escoltas, aviones y mejor sistema de radar y sonar para detectar, así como sistema de alerta temprana, siendo 314 submarinos los que prestaron servicio en la armada estadounidense.

Después de la Segunda Guerra Mundial los Estados Unidos avanzaron en la tecnología de los submarinos, obteniendo el gran éxito con el primer submarino nuclear USS Nautilus que logró ir al polo norte. El siguiente submarino nuclear fue USS Triton, el cual hizo la vuelta al mundo sin navegar en superficie. El sistema energía nuclear se llegó a desarrollar para extraer también oxígeno del agua del mar.

[1] Jeffrey Tall, Submarinos y vehiculos sumergibles, Editorial LIBSA, 2004



Figura 2-3 USS Nautilus

Durante la guerra Fría, los Estados Unidos y la Unión Soviética mantuvieron grandes flotas de submarinos que jugaban al gato y al ratón. Esto permanece en la actualidad a una escala menor debido a que, la Unión Soviética perdió al menos cuatro submarinos: el K-129 se hundió en 1968, el K-8 en 1970, el K-219 en 1986 y el Komsomolets (el único de clase Mike que ostentaba un record de profundidad entre los submarinos militares: 1000 m) en 1989 y los Estados Unidos perdieron al menos tres submarinos: el USS Cochino de propulsión diésel en 1949 por fallo técnico, los nucleares USS Thresher por fallo técnico y USS Scorpion por causa desconocidas. En la Guerra de las Malvinas, el submarino HMS Conqueror fue el primer submarino nuclear en entrar en combate, hundiendo al buque de guerra argentino ARA General Belgrano en zona neutral.



Figura 2-4 USS Scorpion



Figura 2-5 Submarino clase MIKE

El fin de la Guerra Fría, comenzó en la década de 1990. El mundo no se queda en paz pero las guerras y las amenazas habían cambiado. Los ataques de los terroristas, las armas nucleares, los conflictos en un país o entre los países o estados y los estados fallidos. El mundo nunca vive en paz pero está calentando y calentando a la próxima guerra. Los blancos de ataque no sólo son de los militares, pues los civiles también son un blanco, es fácil decir que todo el mundo tiene riesgo de ser blanco de ataque. Los Estados Unidos con sus países aliados vuelven a la guerra otra vez en Afganistán e Iraq. Los países líderes como Estados Unidos, Rusia y China no podrían parar ni dejar sus tecnologías de las armas. Estos países siguen inventando las armas con mejor capacidad. También lo hacen los países de la OTAN, Australia, algún país en Suramérica, India, Irán o país como Corea del norte, los cuales también están mejorando sus capacidades. Las armas y los vehículos encargados de portar las mismas aumentan su capacidad por la mejora de la tecnología, los misiles pueden ser lanzados a largas distancias cruzando incluso continentes y los vehículos con la capacidad de operar sin ser detectados son la mayor invención en esta época. En la fuerza naval, el vehículo que se construye con la mayor tecnología y capacidad ofensiva es el submarino, siendo los submarinos nucleares las amenazas más peligrosas en la batalla naval porque pueden operar en inmersión durante un largo periodo de tiempo con la dificultad de ser detectado.

Los blancos de los submarinos no son sólo otros submarinos y buques de superficie, pues, aeronaves y blancos en tierra también pueden ser el objetivo de los misiles que llevan abordo dichos submarinos. El coste de un submarino nuclear es muy elevado y es por ello que pocos países tienen este tipo de submarino en servicio. De momento los países que poseen la tecnología del submarino nuclear son Estados Unidos, Inglaterra, Francia, Rusia, China e India. Otro tipo de submarino que es más utilizable y el cual es empleado por varias armadas es el submarino con propulsión diésel-eléctrica. El coste del submarino diésel-eléctrico es menor que el submarino nuclear pero su desventaja es que puede ser detectado con mayor facilidad que el submarino nuclear por el uso del snorkel.

En las operaciones navales el submarino puede operar en: operaciones defensivas y operaciones ofensivas. El submarino puede tener la misión de vigilar o de reconocer objetivos. La vigilancia de la base naval, mar o ruta de tráfico económico es una misión principal de todas las armadas. En la batalla naval el portaaviones hace de base flotante y este tiene que ir con buques escoltas. Normalmente los submarinos van por delante para defender la unidad y la base flotante. En la misión de reconocimiento, el submarino tiene más ventajas que los buques superficies por su capacidad navegando bajo el agua. Con ésta capacidad claramente diferenciadora de los buques de superficie, el submarino puede acercarse más a la fuerza del enemigo y entrar a su zona restringida sin que el enemigo lo detecte. El submarino entra en la zona de lanzamiento de su armamento, lanza el armamento y se va sin ser visto, esa es su capacidad ofensiva que, ni un buque de superficie, ni las aeronaves pueden hacerla como un submarino.

En los submarinos de guerra hay que tener muy en cuenta el armamento y los sensores debido a que estos son necesarios para este tipo de submarinos. La primera estrategia desde 1960s era el ataque

## ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.

a los buques hostiles de superficie y sus tráficos logísticos. Por la evolución del submarino, los misiles pueden ser lanzados desde el submarino a los blancos en tierra. Siguiendo estrategia es el ataque a otros submarinos. Los submarinos modernos llevan los torpedos, minas y alguno puede llevar misiles. El sensor principal y más importante es el sonar, trabajando este en base a la propagación del sonido bajo el agua. El sonar puede trabajar en modo activo o pasivo, dependiendo de tipo y su misión. Además el submarino tiene el periscopio para la visión sobre superficie.

“... los submarinos pueden combatir o evitar un combate; pueden tomar y elegir su presa y pueden permanecer durante un tiempo casi indefinido como una amenaza para todos los buques.” Lord Fisher, almirante de la Flota. Mayo de 1913.<sup>[1]</sup> Como los submarinos son una amenaza muy peligrosa en la guerra naval, las medidas antisubmarinas son necesaria para la fuerza naval. Al comienzo de la Primera Guerra Mundial, las mayores armadas ni siquiera habían pensado en las medidas antisubmarinas. Pero fue tras dicha guerra, después de las lecciones aprendidas en la misma, cuando muchas medidas antisubmarinas fueron aplicadas, por ejemplo cambio rumbo con frecuencia (Zigzag), plan de cortinas, operaciones con aeronaves equipadas con equipos lucha antisubmarinas etc. Aunque una armada no tenga submarinos, como es el caso de la Real Armada Tailandesa, esta ha de estar preparada para luchar o proteger su fuerza de la amenaza de los submarinos.

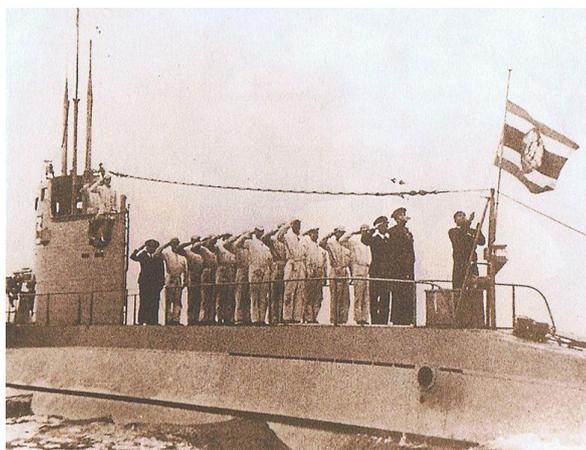


Figura 2-6 Submarino de la Real Armada Tailandesa

En el pasado, la Real Armada Tailandesa, estaba dotada con cuatro submarinos, lo que le confería el poder de ser una de las mejores armadas en el Sureste Asiático. La amenaza del submarino era muy peligrosa porque el sistema de detección no era tan bueno como el actual.

El proyecto de diseño y construcción de un submarino para la Real Armada Tailandesa se comenzó en el año 1910, se propuso la construcción de seis submarinos, pero se anuló por razones económicas después de la primera guerra mundial.

El punto de partida de los submarinos en Tailandia fue en 1910 y el primer proyecto de submarino fue entregado al Rey Vajiravudh (Rama VI).

En el año 1915 El Príncipe de Songkla, Mahidol Adulyadej volvió a Tailandia con su una idea acerca de la fuerza naval Alemana, teniendo un buen conocimiento de submarinos. Este hizo un resumen de un nuevo proyecto de submarino al Ministro de la armada, con la conclusión de que habría que estudiar a los submarinos y su táctica para poder luchar contra ellos sin posibilidad de construir uno propio. Aunque El Rey Vajiravudh (Rama VI) tenía mucho interés en poseer un submarino. En 1916 El Rey escribió una novela sobre la vida dura de los tripulantes de submarinos cuyo submarino tuvo un accidente bajo el agua.

[1] Jeffrey Tall, Submarinos y vehiculos sumergibles, Editorial LIBSA, 2004

En el año 1917 un Capitán de Corbeta participó en el curso de submarinos de La Real Armada Británica con dinero propio del Rey Vajiravudh (Rama VI) y pasó a formar parte de la escuadrilla de submarinos de la Real Armada Británica en la Primera Guerra Mundial.



Figura 2-7 El Príncipe de Songkla

El resumen de proyecto del Príncipe de Songkla coincidió con el boletín oficial del estado del año 1935, el cual dividía los procesos de construcción de submarinos en dos fases y cada fase se dividía a su vez en 2 sub-fases. La primera sub-fase de la primera fase requería del diseño y construcción de 2 submarinos de 230 toneladas que pudiese navegar bajo de agua a una velocidad de 9.5 nudos, 450 millas operativas y 2 tubos de torpedo para defender los 4 ríos (Chaopraya, Thachin, Maeklong y Bangprakong) en parte central de Tailandia. La segunda sub-fase de la primera fase requería del diseño y construcción de 2 submarinos iguales que en la primera sub-fase pero la zona de operación se ampliaba hasta la Isla Juang, Isla Sattakood y Montaña Samroi yod.

En la segunda fase, la primera sub-fase la zona fue ampliada hasta la Isla Samui con 3 submarinos más grandes y en la segunda sub-fase de esta segunda fase se amplió la zona hasta Singapur con 2 submarinos de 1000 toneladas, velocidad de 15.5 nudos y 2500 millas operativas con 4 tubos de torpedos y 2 cañones.

En el año 1935, se aprobó lo establecido entonces en el boletín oficial del estado del proyecto de la Real Armada Tailandesa y fueron cinco países, Italia, Japón, Britania, Holanda y Francia los que ofertaron sus submarinos a La Real Armada Tailandesa, para que esta pudiese valorarlos. Al final se firmó el contrato del proyecto de submarinos con la compañía Mitsubishi de Japón y se construyeron 4 submarinos de 370 toneladas, 1. Matchanhu 2. Viruhn 3. Sinsamuthra y 4. Plaichumbhol. Los submarinos Matchanhu y Viruhn entraron en servicio el día 4 de septiembre de 1937. A partir ese día, el día 4 de septiembre es considerado como “el día del submarino”. El submarino Sinsamuthra y Plaichumbhol entraron en servicio el día 19 de julio de 1938 con el buque Sriyuthaya que también fue construido en Japón. Fueron desechadas las construcciones de dos submarinos más que se iban a construir para aumentar el nivel de la defensa del país debido a la Segunda Guerra Mundial.

Después de la Segunda Guerra Mundial en Japón estaba prohibido fabricar armas, lo cual afectó a la Real Armada Tailandesa que no pudo comprar más piezas y baterías de los submarinos construidos en Japón. La Real Armada Tailandesa no tenía capacidad de producir y tampoco ningún país aliado que lo apoyase para la compra y mantenimiento de submarinos. Los cuatro submarinos se retiraron del servicio en el día 30 de noviembre de 1951.

## ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.

En 1949 la Real Armada Tailandesa presentó el proyecto de nueve submarinos al gobierno, pero este proyecto fue rechazado. En 1951 el ministro de defensa tuvo la orden de dejar la escuadrilla de submarinos, pasando a emplear así la escuadrilla de buques de vigilancia costera.

En el conflicto de Indochina después de que los buques franceses hundieran al HTMS Thonburi y al buque torpedo de la Real Armada Tailandesa, los cuatro submarinos Matchanhu, Viruhn, Sinsamuthra y Plaichumbhol fueron de reconocimiento a la base naval del Indochina-Francia. Ellos operaron durante un tiempo total de 12 horas bajo el agua. Fue el mayor tiempo operando bajo el agua en la historia del submarino de la Real Armada Tailandesa.



Figura 2-8 Puente y cañon de HTMS Thonburi en la Escuela Naval

En la Segunda Guerra Mundial Tailandia participó en la guerra con Japón. El buque petrolero HTMS Samui transportaba los petróleos y combustible de Singapur a Tailandia. Hicieron muchas idas y vueltas, pero al final fue hundido por un torpedo lanzado por un submarino de Estados Unidos en el golfo de Tailandia. No solo fue hundido el petrolero HTMS Samui, también lo fueron los mercantes que transportaban en la misma zona, los hundieron por torpedos o minas dragadas por los submarinos de Estados Unidos.

Los países del Sureste Asiático que poseen submarino son: Malasia, Singapur, Vietnam e Indonesia. Malasia tiene dos submarinos de la clase Zwaardvis de Suecia para practicar a las dotaciones. Las dotaciones se entrenan en Francia para poder afrontar el reto de un nuevo submarino como fue el submarino de la clase Agosta-70. La Armada de Malasia ha comprado no hace mucho dos submarinos de la clase Scorpene. Dichos submarinos de la clase Scorpene son un submarino diésel-eléctrico. Su desplazamiento máximo es 2000 toneladas. Los submarinos de la clase Scorpene hacen que la Armada de Malasia sea una fuerza naval completa. Singapur compró un submarino de segunda mano de la clase Sjoormen a Suecia aunque en un principio mostró gran interés en los submarinos de la clase 206 de Alemania que al final desistió de comprar. Las dotaciones de la armada de Singapur fueron enviadas a cursos de submarino en varios países como Suecia, Alemania y Australia para tener más conocimientos y experiencias. La armada de Singapur compró tres submarinos más de la misma clase, por lo que, los submarinos que tiene la armada de Singapur tienen un nivel completo de operación. Los dos submarinos comprados de segundos mano fueron de la clase Vastergotland (Suecia), para así reemplazar a alguno de clase Sjoormen. La armada de Indonesia compró dos submarinos de la clase 209 de Alemania debido a que estos habían modificado el sistema de lanzamiento y cambiado la batería, dato que gustó a la armada Indonesia. La armada de Indonesia iba también a comprar los submarinos de segunda mano de la clase 206 de Alemania pero se anuló este proyecto por la crisis económica. El hecho de que estos submarinos estuvieran en servicio más que 20 años, supuso que sus dotaciones fuesen los más

capacitados del Sureste Asiático. La armada de Indonesia está en proceso de tener nuevos submarinos y estos podrían ser: Submarino de la clase 209/1300 modificado por compañía Daewoo de Corea del Sur, dos submarinos nuevos de la clase AMUR 1650, Submarino de segunda mano de la clase 877 KILO I y 636 KILO II de Rusia. La armada de Vietnam tiene dos submarinos tipo Midget Submarine de clase Sang-O. Un país Asiático con una buena capacidad es la India ya que la armada de la India tiene 4 submarinos clase 209/1500, 5 de clase Foxtrot/641 y 10 de Kilo/877 EM/636. Sus dotaciones tienen un alto nivel de capacitación en submarinos y sus submarinos están en buena condición ya que pueden completar todas las tácticas. En La India construye un submarino nuclear, “INS Arihant” que será el primero de cinco submarinos de un proyecto de submarinos nucleares. El INS Arihant tiene 110 m de longitud, 6000 toneladas de desplazamiento y un tubo vertical para lanzar los misiles bajo el agua. Podrá aumentar la distancia de lanzamiento de misiles con cabeza de combate nuclear hasta 2200 km. El proyecto del submarino nuclear se empezó en el año 1970, el cual, debido a la determinación tiene éxito.

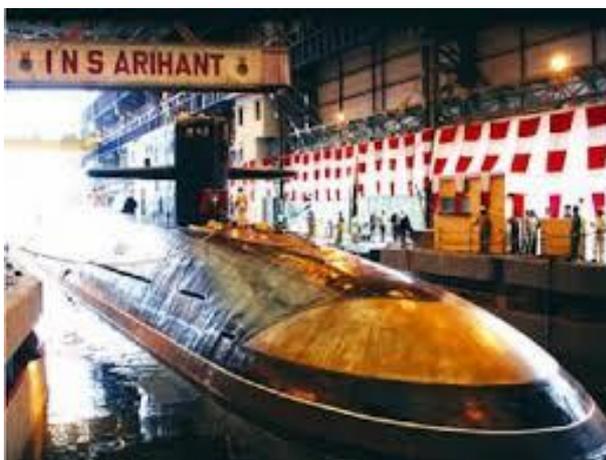


Figura 2-9 El submarino nuclear de India INS Arihant

El Golfo de Tailandia y el mar de Andaman son las zonas económicas de Tailandia. La Real Armada Tailandesa moderna se empezó en la época del Rey Chulalongkorn (Rama V) y esta ha avanzado mucho en muy poco espacio de tiempo. Nunca ha sido la colonia de ningún país en la época de colonización. Por las amenazas en esa época, se preparaba a las fuerzas y aprendían las tecnologías de la parte occidental para ir así incorporándolas mediante la política internacional. Se puede decir que la Real Armada Tailandesa sea mejores armada en el Sureste de Asia. Las fuerzas navales están formadas por varios tipos de buques de superficie. En el tema de submarinos, como se ha mencionado en apartados anteriores, hubo años en los que se disponía de este tipo de armas, pero en la actualidad no, por lo que, por todo lo expuesto hasta la fecha, vemos necesaria la incorporación de dichas naves a la flota de la Real Armada Tailandesa. Así, en estos años la Real Armada Tailandesa ha basado sus fuerzas navales en buques de superficie mediante el empleo de escuadrillas de las fragatas, portaviones, corbetas, buques anfibios, varios tipos de buque patrulleros y aeronaves. Con la fuerza naval que posee actualmente, sería suficiente para cumplir las misiones que se dirigen y también operaciones internacionales, pero el resto de armadas se está modernizando tecnologicamnte con la compra de Submarinos, por lo que, la Real Armada Tailandesa no puede decir que tenga la fuerza naval completa y que sean los mejores en dicha zona.



Figura 2-10 El portaaviones tailandés HTMS Chakrinabhet

A continuación se muestran los países con capacidad de construir submarinos:

Tipo de submarino	Europa	América	Asia	Australia
Nuclear	Rusia Inglaterra Francia	Estados-Unidos	China India	
Diésel-Eléctrico	Rusia Alemania Francia Suecia España Inglaterra Holanda Italia Turquía	Estados-Unidos Brasil	China India Japón Corea del sur Corea del Norte	Australia

Tabla 2-1 Países con capacidad de construir submarinos

## Submarinos de los países en el Sureste Asiático

Los submarinos a disposición de la Real Armada Tailandesa en caso de guerra podrían ser los de los países del Sureste Asiático en el caso de que estos vayan a tener operaciones en misión conjunta. En caso contrario se podría considerar también que serían las amenazas de la fuerza naval de la Real Armada Tailandesa. Todos los submarinos en el Sureste Asiático son submarinos diésel-eléctricos. Estos son Malasia, Singapur, Indonesia y Vietnam.

### Malasia

La armada de Malasia tiene 2 submarinos clase Zwaardvis diseñados y construidos en Suecia. La misión de estos submarinos es la de practicar a las dotaciones. Además tiene 3 submarinos antiguos de la clase Agosta-70 de Francia cuya misión es la misma que la del submarino clase Zwaardvis. La

armada de Malasia ha comprado recientemente dos submarino diésel-eléctricos de clase Scorpene de 2.000 toneladas de desplazamiento con capacidad de lanzar misiles anti-buque. Debido a los submarinos de la clase Scorpene, Malasia es un país con una fuerza naval completa. Será por lo tanto una amenaza y razón de más para que la Real Armada Tailandesa tenga previsto la construcción de uno o varios submarinos.

<p>Malasia</p>
<p>2 submarinos clase Zwaardvis                  Desplazamiento : superficie 2350 Tns, inmersión 2620Tns                  Velocidad : Max 13 nudos en superficie, 20 nudos en inmersión                  Tamaño(pies) : 206 x 25 x 22                  Propulsión : Diésel-Eléctrica : RUB 215x12 diesel engines+generators;4200 shp : 1 motor, 5100 shp, 1 shaft/ Five-bladedpropeller                  Dotación: 65-67                  Torpedo: 533 mm. 6 tubos Honeywell Mk mod.4, 20 torpedos                  Sistema de armas : M8/7 FCS                  Radar : Radar superficie British type 1001; I-band                  Sonar : Flank array FAS 3-1ª standalone                  Sistema EW : Radar Warning Argos 700                  Profundidad : 660 pies                  De : Holanda</p>
<p>2 submarinos clase Scorpene                  Desplazamiento : superficie 1650 Tns, inmersión 1908 Tns                  Velocidad : Max 12 nudos en superficie, 20 nudos en inmersión                  Tamaño(pies) : 208.3 x 20.3 x 19                  Propulsión : 4 motores Diésel-Eléctrica (MTU 16V 396 SE84), 1 motor de 3808 C, 1 Helice                  Dotación : 31                  Armas: 6 tubos de torpedos 21 pulgadas, Torpedos 18A14 MOD 1                  Sistema de armas : UDS International SUBTICS                  Radar : Radar superficie Sagem I-band                  Sonar : Hull Mounted MED FREQ Activa/Pasiva                  Sistema EW : ESM Argos AR 900                  Autonomía : 6500 millas 8 nudos en superficie, 500 millas 4 nudos en inmersión</p>



Figura 2-11 Submarino clase Zwaardvis



Figura 2-12 Submarino clase Scorpene

## Singapur

La armada de Singapur tiene un submarino clase Sjoormen (RSS Challenger) diseñado y construido por Suecia. Singapur estaba interesada en los submarinos de la clase 206 construidos por Alemania pero al final no los compró, procediendo a la compra de 3 submarinos más de la clase que ya tenía inicialmente. Es por ello que, son capaces de combatir completamente. Más tarde compró 2 submarinos de segunda mano de la clase Vastergotland construidos por Suecia para reemplazar a los submarinos de la clase Sjoormen. Las dotaciones de los submarinos fueron enviadas a varios países para recibir la formación necesaria en submarinos, por lo que podría decirse que la Armada de Singapur tiene conocimiento y experiencia suficiente en tema de submarinos.

Singapur
<p>Submarino clase Sjoormen / Type A-11B                  Desplazamiento: superficie 1130 Tns, inmersión 1400 Tns                  Velocidad : Max 12 nudos en superficie, 20 nudos en inmersión                  Tamaño(pies) : 167.3 x 20 x 19                  Propulsión : Diésel-Eléctrica : 4 PV/12 PA2 Diesel; 2200 CV, 1 ASEA Motor; 1500 CV                  Dotación : 23                  Torpedo: 533 mm. 4 tubos 10 FFV 431                                    : guia Activa/ Pasiva Homing 10.8 millas velocidad 25 nudos                                    : Cabeza de combate 45 Kg.                  Sistema de armas : Ericson IPS – 12 Data Automation                  Radar : Radar navegacion Terma I-band                  Sonar : Plessey Hydra : Passive Search                  Profundidad : 415 pies                  De : Suecia</p>
<p>Submarino clase Vastergotland                  Desplazamiento : superficie 1.087 Tns, inmersión 1.161 Tns                  Velocidad: Max 11 nudos en superficie, 20 nudos en inmersión                  Tamaño (m): 48,5 x 6,1 x 5.6                  Propulsión: Diésel-Eléctrica                  Dotación:                  Torpedo: 533 mm. 6 tubos de torpedo y 400 mm. 3 tubod de minas                  De : Suecia</p>



Figura 2-13 Submarino clase Sjoormen/ Type A-11B

## Indonesia

La armada de Indonesia tiene 2 submarinos diseñados y construidos en Alemania. Estos han sido modificados debido al cambio del sistema de lanzamiento y al cambio de baterías. Indonesia tenía la previsión de tener submarinos de la clase 206 pero esto fue anulado por temas económicos. Además ha modificado también los submarinos 209 a 209/1300 que tienen sistema de sonar, radar y armas mejorados y está buscando 6 submarinos para ampliar su fuerza naval. Los 6 submarinos podrían ser submarinos de la clase AMUR 1650, Type 877 KILO I y Type 636 KILO II de Rusia. Con sus más de 20 años de experiencia con submarinos a su servicio, sin duda, Indonesia es un país con mucha experiencia y por tanto, la mejor armada en esta zona con su conocimiento del submarino.

Indonesia
2 submarinos clase 209/Type 1300 Desplazamiento: superficie 1285 Tns, inmersión 1390 Tns Velocidad: Max 11 nudos en superficie, 21.5 nudos en inmersión Tamaño(pies) : 195.2 x 20.3 x 17.9 Propulsión : Diésel-Eléctrica : 4MTU 12V 493 AZ80 GA31L Diésel 2400 CV : 4 GEN; 1 motor; 4600 CV : 1 Shaft Dotación : 34 Torpedo: 533 mm. 8 tubos 14 AEG SUT Mod 0 : guía Activa/ Pasiva Homing 5 millas velocidad 35 nudos, 15 millas velocidad 23 nudos : Cabeza de combate 250 Kg. Sistema de armas : Signal Sinbad System Radar : Radar superficie Thomson-CSF I-band Sonar : Atlas Elektronik CSU 3-2 ; Activa / Pasiva Search and Attack MED FREQ: PSR – ¾ Passive Ranging Sistema EW : ESM; Thomson-CSF DR 2000 U : Radar Warning Profundidad : 790 pies Autonomía : 8200 millas 8 nudos De : Alemania



Figura 2-14 Submarino 209/1300

## Vietnam

Los submarinos de Vietnam son submarinos de la clase Sang-O o clase Yugo diseñados y construidos en Corea del Norte. Sus submarinos son muy antiguos, no estando estos en buen estado de conservación. Vietnam tiene previsto el proyecto de submarinos con Rusia, el cual constará de 6 unidades.

Vietnam
2 submarinos clase Sang-O Desplazamiento: superficie 295 Tns, inmersión 325 Tns Velocidad: Max 7 nudos en superficie, 8 nudos en inmersión Tamaño (pies): 105 x 12 x 10.6 Propulsión: 1 Diésel-Eléctrica; 300 CV: 1 Shrouded Prop; 200 CV Dotación : 19 Torpedo: 533 mm. 4 tubos Minas : 16 minas Radar : Radar navegación Furuno Sonar : Passive hull Autonomía : 2700 millas 8 nudos Misión : Defensa la costa De : Corea del Norte

## Otros países en Asia

### India

Tiene 3 clases de submarinos en el servicio; 4 submarinos de la clase T-209/Type 1500, 5 de la clase Foxtrot/Type 641 y 10 de la clase Kilo/Type 877 EM/636. La armada de la India lleva bastante tiempo teniendo submarinos, es por ello que, se considera que está a un nivel muy alto de capacidad y alistamiento de submarinos y dotaciones. La India puede construir un submarino nuclear. Su primer submarino nuclear es el INS Arihant, el cual es el primero de un ambicioso proyecto formado por 5 submarinos nucleares.

<p>India</p> <p>4 submarinos clase T-209/1500  Desplazamiento: superficie 1660 Tns, inmersión 1850 Tns  Velocidad: Max 11 nudos en superficie, 22 nudos en inmersión  Tamaño (pies): 211.2 x 21.3 x 19.7  Propulsión: Diésel-Eléctrica : 4MTU 12V 493 AZ80 GA31L  Dotación : 36  Torpedo: 533 mm. 8 tubos 14 AEG SUT Mod 1  : guía Activa/ Pasiva Homing 15.3 millas velocidad 23 nudos, 6.6 millas velocidad 35 nudos  : Cabeza de combate 250 Kg.  Minas : 24 minas  Radar : Radar superficie Thomson-CSF Calypso  Sonar : Atlas Elektronik CSU 83 ; Activa / Pasiva Search and Attack MED FREQ  : Thomson Sintra DUUX-5; Passive Ranging and Intercept  Sistema EW : Decoys: C 303 Acoustic Decoy  : ESM: Argo Phoenix II AR 700  : Radar Warning  Profundidad : 853 pies  Autonomía : 8200 millas 8 nudos  De : Alemania</p>
<p>5 submarinos clase FOXTROT/TYPE 641  Desplazamiento: superficie 1952 Tns, inmersión 2475 Tns  Velocidad: Max 16 nudos en superficie, 15 nudos en inmersión  Tamaño(pies) : 299.5 x 24.6 x 19.7  Propulsión : Diésel-Eléctrica 3 Type 37-D diesels; 6000 CV  : 3 Motores; 6400 CV  : 3 Shafts 1 Auxiliar; 140 CV  Dotación : 75  Torpedo: 533 mm. 10 tubos 22 SET65/SEAT-60  Minas : 44 minas  Radar : Radar superficie Snoop Tray I-band  Sonar : Herkules/Fenil proa ; Activa / Pasiva Search and Attack MED FREQ  Sistema EW : ESM: Stop Light  : Radar Warning  Profundidad : 820 pies  Autonomía : 20000 millas 8 nudos  De : Soviet</p>
<p>10 submarinos clase KILO/TYPE 877 EM/636  Desplazamiento : superficie 2325 Tns, inmersión 3076 Tns  Velocidad : Max 10 nudos en superficie, 17 nudos en inmersión  Tamaño(pies) : 238.2 x 32.5 x 21.7  Propulsión : Diésel-Eléctrica : 2 Model 4-2AA-42M Diesels; 3650 CV  : 2 GEN; 1 Motor; 5900 CV  : 1 Shaft 2 MT-168 AUX Motors; 204 CV  : 1 Economic Speed Motor; 130 CV  Dotación: 52  Torpedo: 533 mm. 6 tubos  : guía Activa/ Pasiva Homing 10.3 millas velocidad 45 nudos, 8.1 millas velocidad 40 nudos</p>

ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.

: Cabeza de combate 305 Kg.  
Minas : 24 minas  
Misil : SLCM; Novator SS-N-27 Cabeza de combate 200 Kg.  
: SAM ; SA-N-8  
Radar : Radar superficie MRP-25 I-band  
Sonar : MGK-400 ; Activa / Pasiva Search and Attack MED FREQ  
: MG-519 Active Search  
Sistema EW : Decoys: C 303 Acoustic Decoy  
: ESM: Argo Phoenix II AR 700  
: Radar Warning  
Profundidad : 985 pies  
Autonomía : 6000 millas 7 nudos, 400 millas inmersión velocidad 10 nudos  
De : Soviet

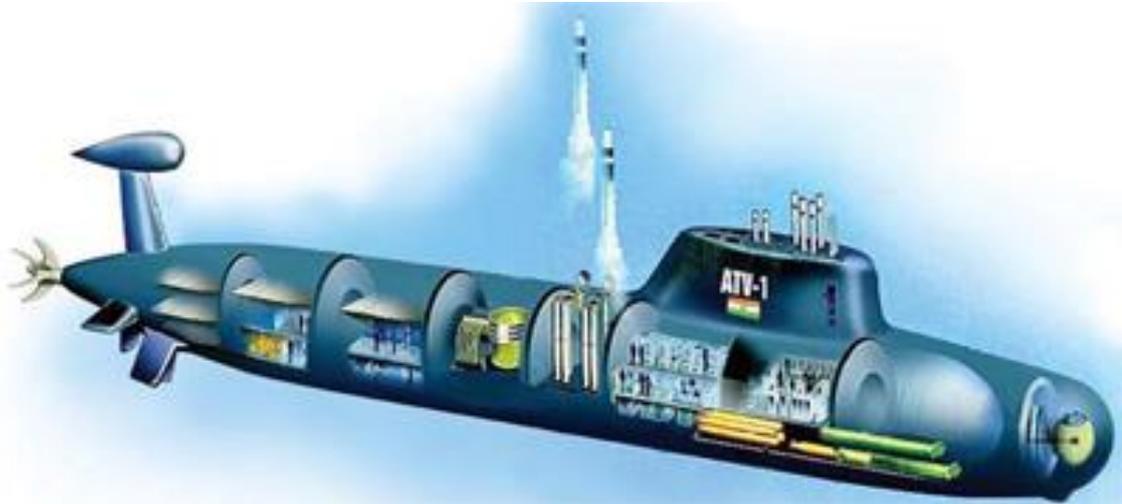


Figura 2-15 INS Arihant



Figura 2-16 INS Arihant

## Los submarinos cuales la Real Armada Tailandesa tenía intereses.

Submarino Type 209/1200 de Corea del Sur
Desplazamiento : superficie 1100 Tns, inmersión 1285 Tns Velocidad : Max 11 nudos en superficie, 22 nudos en inmersión Tamaño(m) : 56.40 x 6.20 x 5.50 Dotación: 33 Torpedo: 533 mm. 8 tubos Minas : Sí Misil : UGM-84 Harpoon Profundidad : 250 m Tiempo de operación : 50 días Autonomía : 11000 millas 10 nudos, 400 millas inmersión velocidad 4 nudos



Figura 2-17 Submarino Type 209/1200

Submarino S70 de España
Desplazamiento: superficie 1490 Tns, inmersión 1740 Tns Velocidad: Max 12 nudos en superficie, 20 nudos en inmersión Tamaño (m): 67.60 x 6.80 x 5.40 Dotación: 54 Torpedo: 533 mm. 4 tubos Minas : Sí Misil : SM-39 Exocet Profundidad : 300 m Tiempo de operación : 50 días Autonomía : 8500 millas 9 nudos

**ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.**



Figura 2-18 Submarino S-70

Submarino S80 de España
Desplazamiento : superficie 2198 Tns, inmersión 2426 Tns Velocidad : Max 12 nudos en superficie, 20 nudos en inmersión Tamaño(m) : 71 x 7.30 x 6.20 Dotación : 32+8 Torpedo: 6 tubos Minas : Sí Misil : Misil SSM Profundidad : Tiempo de operación : 50 días Autonomía :
Submarino Andrastra de Francia
Desplazamiento : superficie 855 Tns, inmersión 1285 Tns Velocidad : >15 nudos en inmersión Tamaño(m) : 48.80 x 6.50 Dotación : 19+8 Torpedo: 6 tubos Minas : Sí Misil : Exocet SM-39 Profundidad : >200 m Tiempo de operación : 50 días Autonomía : 8500 millas 8 nudos
Submarino clase KILO de Rusia
Desplazamiento : superficie 2350 Tns, inmersión 3000 Tns Velocidad : Max 11 nudos en superficie, 19 nudos en inmersión Tamaño(m) : 73.80 x 9.90 Dotación: 52

<p>Torpedo: 6 tubos                  Minas : Sí                  Misil : SA-N-8 Gremlin                  Profundidad : 300 m                  Tiempo de operación : 45 días                  Autonomía : 7500 millas 7 nudos</p>
--



Figura 2-19 Submarino clase Kilo

<p>Submarino clase S20T de China</p>
<p>Desplazamiento : superficie 1850 Tns, inmersión 2300 Tns                  Velocidad : Max 11 nudos en superficie, 22 nudos en inmersión                  Tamaño(m) : 66.00 x 8.00 x 8.20                  Dotación: 38                  Torpedo: tubos                  Minas : Sí                  Misil : SSM                  Profundidad : 300 m                  Tiempo de operación : 60 días                  Autonomía :</p>

<p>Submarino Type 206A de Alemania</p>
<p>Desplazamiento : superficie 450 Tns, inmersión 498 Tns                  Velocidad : Max 10 nudos en superficie, 17 nudos en inmersión                  Tamaño(m) : 48.60 x 4.60 x 4.50                  Dotación : 23+5                  Torpedo: 8 tubos                  Minas : Sí                  Misil : -</p>

ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE  
VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.

---

Profundidad : >200 m

Tiempo de operación : 30 días

Autonomía : 4500 millas inmersión velocidad 5 nudos



Figura 2-20 Submarino Type 206A

## 3 DESARROLLO DEL TFG

### 3.1 La Real Armada Tailandesa

#### 3.1.1 Estrategia y misión principal

Tailandia es un país del sureste de Asia con un área de aproximadamente 51.300 km<sup>2</sup> y de 64 millones de personas. Limítrofe con Laos, Camboya, Birmania y Malasia. Tiene 1.500 millas de línea de costa, 350.000 km<sup>2</sup> de área de mar y más que 900 islas. El golfo de Tailandia está al Este y la Mar de Andaman está al Oeste.

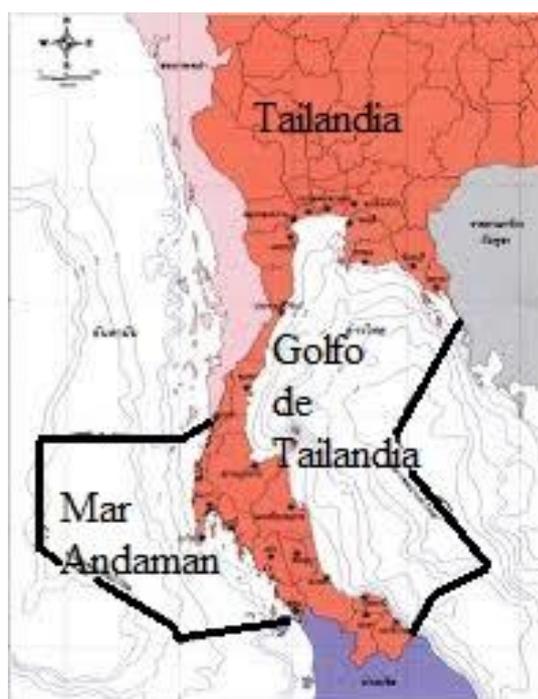


Figura 3-1 Golfo de Tailandia y Mar Andaman

La Real Armada Tailandesa es la organización militar del ministro defensa cuya función principal es la defensa de las aguas territoriales tailandesas. La flota naval está compuesta por buques y vehículos de la Real Armada y la fuerza naval está formada por escuadrillas de varios tipos de buques de superficie, esto es, 2 escuadrillas de las fragatas y corbetas y escuadrilla de varios tipos de patrulleros y un portaaviones son la fuerza de guerra principal.

La Real Armada Tailandesa se divide en tres divisiones. La primera división tiene su responsabilidad sobre el golfo de Tailandia superior. La segunda división tiene como responsabilidad el golfo de Tailandia inferior y la tercera división se encarga de dar soporte al mar de Andamán. Los buques que van a destinarse en cada división, han de tener una cierta rotación.



Figura 3-2 Las áreas de la responsabilidad de las tres divisiones

**Las estrategias y misiones:** Las estrategias y misiones principales de la Real Armada Tailandesa son la defensa y la protección de las aguas territoriales tailandesas y sus bienes. Los recursos de los mares son un factor importante para el avance del país y estos soportan la economía del país. Conflictos en términos de separación de área navegables, rutas de la droga, asuntos ilegales e inmigración son problemas sobre los que tiene responsabilidad la Real Armada Tailandesa.

Con la fuerza naval actual la Real Armada de Tailandia podría cumplir las estrategias y misiones, pues esta se encuentra en buena condición y buen nivel de alistamiento. Los buques modifican sus sistemas y armamentos con frecuencia para mejorar sus capacidades de la operación. La Real Armada Tailandesa tiene varios proyectos en cartera para mejorar, y uno de estos es proyecto de tener una flota de submarinos en servicio. Hubo una época en la que la Real Armada Tailandesa tenía cuatro submarinos, y por varias razones ya explicadas anteriormente, desde esa época ningún submarino ha estado en servicio. La Real Armada Tailandesa debería tener una fuerza naval en sus tres dimensiones en un futuro y para ello se requiere disponer de submarinos. Además, si La Real Armada Tailandesa quiere liderar el sureste asiático ha de poder competir con los países en esta zona como Malasia, Indonesia, Singapur y Vietnam, los cuales poseen submarinos y dotaciones preparadas para realizar operación a bordo de submarinos.

### 3.1.2 Zona operativa

#### Golfo de Tailandia

El golfo de Tailandia es una parte del mar de la China Meridional, océano Pacífico y está rodeado por Tailandia, Malasia, Camboya y Vietnam. Su característica es la desembocadura en el mar. Desde el golfo de Tailandia se puede entrar a Bangkok, capital de Tailandia pasando el río Chaopraya. Está en una zona de clima tropical. El golfo tiene 320.000 km<sup>2</sup>, desembocan en cuatro ríos (Chaopraya, Meklong Thachin y Bangprakong). El fondo del golfo está compuesto por arena y fango.

**Profundidad:** La profundidad máxima es de 80m aproximadamente. La fosa en el centro del golfo tiene más que 50m de la profundidad y esta va hasta la línea entre Koh chang y Bangsapaanyai. La parte superior del golfo es como un rectángulo de 100x100 km<sup>2</sup> con una profundidad máxima de 40m. El golfo de Tailandia está separado del mar de China Meridional por dos líneas que van desde la fosa Kolok al Noreste a 160km hasta el cabo Ca Mau al Suroeste a 100km. El 40% del área total de la zona de costa en el Golfo de Tailandia tiene una profundidad menor de 30m, otro 30% del área total

corresponde a una profundidad entre 30-50m y el 30% restante corresponde a la profundidad que va de 50-80m. Con la poca profundidad existente en el golfo, el intercambio entre agua dulce y agua salada se produce muy lentamente. Y debido a la elevada cantidad del agua dulce que emana de los ríos que salen del golfo, el nivel de la salinidad es de 3,05-3,25% pero donde la profundidad es mayor de 50m el nivel de la salinidad es 3,4%.

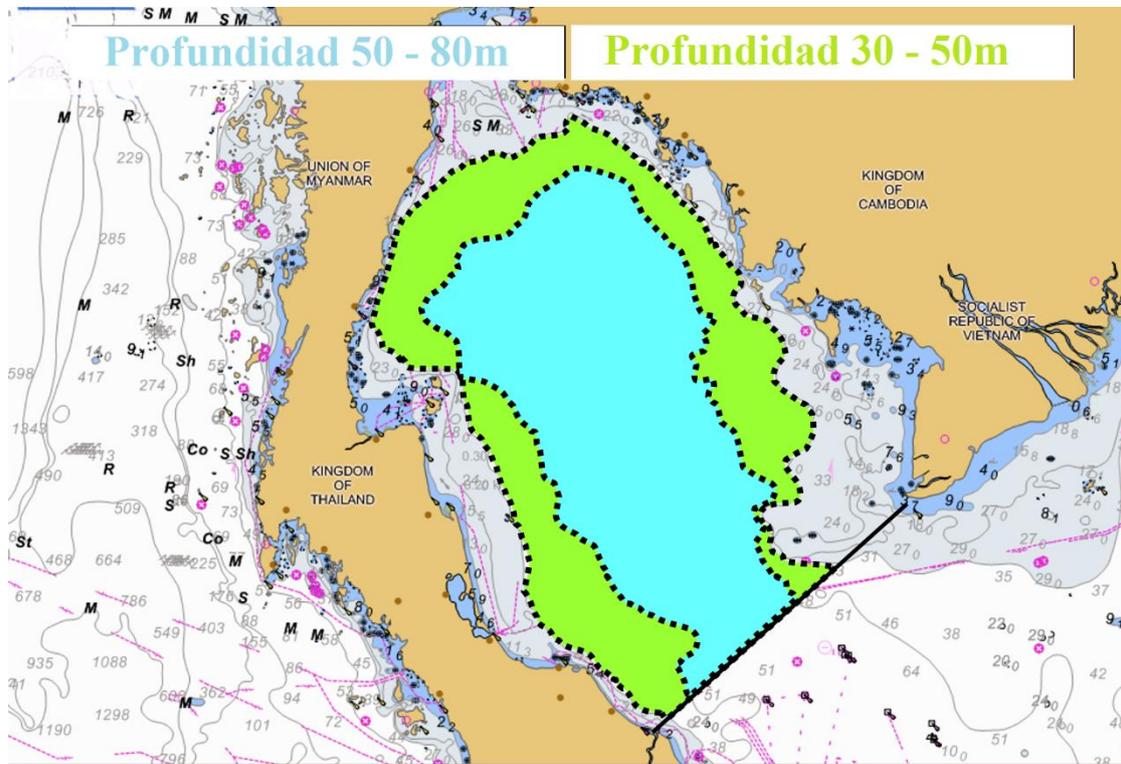


Figura 3-3 Profundidad en el golfo de Tailandia

**Marea Pleamar y marea Bajamar:** Las mareas pleamares y mareas bajamares son diurnas, cada día hay una marea pleamar y una marea bajamar. La máxima marea pleamar es de 2,93 m y la mínima marea bajamar es de 0,32 m. La diferencia es de 2,61 m.

**Viento y Monzones:** Los monzones del noreste producen olas de elevada altura en el oeste del golfo y los monzones del suroeste producen olas de elevada altura en el este del golfo. En el golfo superior, los monzones tienen muy poca fuerza y corto periodo, y es por esta razón por la cual, los monzones producen olas de poca altura. Normalmente la altura de las olas en el golfo es de 1 – 2m.

## Mar Andaman

El mar de Andamán está localizado en el oeste de Tailandia y es la costa donde se localizan las provincias del sur de la parte oeste de Tailandia. Es una parte del océano Índico, y se encuentra al sureste del golfo de Bengala y al sur de Birmania. Tiene 797.700 km<sup>2</sup> con una profundidad promedio de 870m y su máximo llega 3.770m. El mar de Andamán se comunica con el mar de China Meridional a través del estrecho de Malaca. Las islas más conocidas que están situadas en el Mar de Andaman son Phuket, Talutao, Lanta, etc. Son las islas turísticas.

**Profundidad:** La profundidad del mar de Andamán en la zona de las provincias de Ranong, Pangna y oeste de Phuket es de 1.000m por la elevada inclinación que tiene esta zona y su fondo es arena y fango. La profundidad de la zona del sur de Pangna, este de Phuket, Krabi y Trang es inferior a 300m por su menos inclinación.

## ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.

**Corriente:** Las corrientes en el mar se dividen en dos tipos. La primera es la corriente que tiene una dirección constante, se encuentra en la zona del sur de la provincia de Ranong y oeste de la provincia Phuket. La segunda es la corriente cuya dirección no es constante, se encuentra la zona de norte de la provincia Ranong, sur y este de la provincia Phuket. La dirección de la corriente depende de las mareas. En la marea pleamar, la corriente va desde el sur de la isla de Matthew hacia el este de la boca de ría de Ranong y a la vez, va desde sur de la isla Phuket hacia el este de las islas en el golfo de Pangna. En la marea bajamar la dirección es contraria que la marea pleamar.

**Marea pleamar y marea Bajamar:** Las mareas pleamares y bajamares son semi-diurnas, cada día son hay dos mareas pleamares y dos mareas bajamares. La máxima marea es de 3,60m y la mínima bajamar es de 0,38m. La diferencia es 3,22m.

**Viento y Monzones:** En el mar de Andamán existe mar del viento que dura 6 meses cada año. Las olas y el viento suelen tener dirección hacia la costa con una velocidad media de 7,20 km/h y velocidad máxima 69 km/h produciendo con ello olas de 4,15m de altura. En la zona este de la provincia Phuket las olas tienen poca influencia.



Figura 3-4 Mar Andaman

## 3.2 Submarino en general

### 3.2.1 Submarino, su misión y operación

“Los aliados victoriosos capturaron muchos submarinos de los adversarios alemanes, estudiando inmediatamente con gran detalle sus diseños innovadores. Tanto Estados Unidos como Gran Bretaña querían también estar más prevenidos sobre lo que se podría esperar de los submarinos enemigos en el futuro. A ambos lados del Atlántico se había decidido seguir en la cabeza del desarrollo y táctica de los submarinos.” [1]

Desde el primer submarino hasta el submarino más moderno se ha evolucionado mucho en la búsqueda de la más alta tecnología. La amenaza de un submarino era, es y será la amenaza más peligrosa que existe en lo que a artefactos de guerra se refiere. El submarino tiene la característica de ser un vehículo armamentístico ofensivo. No muchas armadas tienen submarinos convencionales, muy pocas los tienen nucleares, y muy pocas son capaces de construir submarinos, aunque todas desean poseer uno.

Se llama “Submarino” porque su función efectiva se produce debajo del agua. Por esta capacidad es mucho más difícil a detectar comparada con los buques y aviones. Como se dice en inglés “Nowhere to be seen but present everywhere”. Como ventajas del submarino tenemos que la meteorología afecta muy poco a la operación del submarino, pues en el caso de mal tiempo, el submarino opera mejor que el buque superficie. Otra gran ventaja es que ante las amenazas aéreas puede responder mediante blancos de superficie, consecuencia de la evolución de las armas de aire. Sus armamentos son los torpedos, los misiles y las minas. El submarino posee un movimiento en tres dimensiones por eso es muy flexible para poder escapar a los enemigos y tiene un área ampliada para su operación. Comparando el número de dotaciones entre los submarinos y varios buques superficies, vemos que, con menos dotaciones del submarino, el submarino tiene más eficacia en el combate. Las misiones del submarino son:

#### **Misiones Ofensivas**

- Cortar las rutas e interrumpir los tráficos en la mar son las misiones principales para disminuir las capacidades de combate del enemigo.
- El control sobre la zona.
- La operación antisubmarina donde se supone que haya la amenaza de submarino.

#### **Misiones Defensivas**

- La defensa la costa, base y plataforma de petróleo.
- Vigilar y proteger de las amenazas la ruta económica en la mar.

Además el submarino se puede dirigir a varias misiones.

- Misión de inteligencia y reconocimiento debido a que el submarino puede ocultarse de la detección. Podría entrar a cualquiera zona de operación.
- La supresión es una misión muy utilizable por la capacidad propia del submarino aunque no sería el submarino nuclear con los misiles.
- Misión de apoyar a otras unidades, por ejemplo, en misión de conducir a la fuerza especial a la costa de un enemigo y la misión de rescate en la zona de enemigo etc.
- Misión de ser un escolta del convoy.

Los Submarinos de guerra se dividen principalmente en dos tipos: diésel-eléctrico y submarino nuclear.

[1] Jeffrey Tall, Submarinos y vehiculos sumergibles, Editorial LIBSA, 2004

### 3.2.2 Submarino diésel-eléctrico

En el submarino diésel-eléctrico se usa la energía eléctrica del motor eléctrico que está conectado al eje que hace girar la hélice. La energía eléctrica viene de la batería que se recarga por el proceso snorkel cuando el submarino está navegando. En el proceso snorkel para recargar la batería, el submarino sube a la superficie porque el motor diésel necesita aire para su combustión y funcionamiento. El generador que está conectado con el motor diésel transforma la energía de motor diésel a energía eléctrica. La energía eléctrica que produce del generador va a recargar a la batería y cuando el submarino está operando bajo en agua, no navega con el motor diésel. Por lo tanto, el equipamiento principal del submarino diésel-eléctrico está formado por uno o varios motores diésel, un o varios generadores eléctricos, baterías y uno o varios motores eléctricos.

Según lo comentado anteriormente sobre las misiones del submarino, el submarino diésel-eléctrico tiene tácticas propias de operación. En primer lugar al submarino se le va a asignar la zona donde va a patrullar dependiendo de la misión y de la amenaza. También se tendrá en cuenta la capacidad de indicar su situación o localización, las condiciones ambientales, la distancia de detección y la distancia a la que están los blancos (velocidad máxima de acercamiento con el mínimo ruido posible). En general las zonas a patrullar serían la ruta de entrada y salida de la base, los puertos y las rutas de tráfico de mercancías importante. La zona a patrullar cerca la costa es más pequeña que lejos de la costa. Para el submarino óptimo de este trabajo de fin de grado las zonas a tratar son el golfo de Tailandia y el mar Andamán.

El siguiente paso es el tránsito del submarino a la zona operativa. En base a la historia se ha deducido que esta fase es la más peligrosa debido a que el submarino tiene que ir con la velocidad adecuada para llegar a la zona en tiempo y forma. Es por ello que el submarino diésel eléctrico tendría que subir a la superficie para haciendo en snorkel, lo que fácilmente detectable. Mientras el submarino está patrullando la zona debería operar a una profundidad apropiada que permita la vigilancia óptima y ser difícilmente detectable. El submarino usa su sonar pasivo que puede detectar un blanco desde gran distancia para así tener suficientemente tiempo de seguir al blanco y provocar el ataque sin ser detectado por el blanco. Por esa razón, el submarino debería conservar la batería para tener suficiente carga y atacar a un blanco y poder huir. Es por ello que en la fase de patrullaje debería navegar con poca velocidad por tema de batería y poco ruido.

En el proceso del ataque el submarino, este tiene que localizar el blanco, su rumbo y su velocidad, producir un acercamiento al blanco objetivo del ataque y atacar. Este proceso dependerá de las características del blanco, la zona y condición de la batería del submarino en ese momento.

En el proceso de escape o retirada del submarino, éste empleará otro método. El método dependerá de la capacidad del submarino y la condición en ese momento.

El último paso es el regreso a la base y este será el mismo que la salida de base, en la cual tendría que cuidar del nivel de profundidad y hacerlo en el snorkel.

Se podrá considerar que una de las desventajas del submarino diésel-eléctrico más salientables que se afecte bastante la operación al tener que hacer gran parte de la misma en snorkel, puesto que, mientras está haciendo el snorkel se podrá detectar por la visión desde buque de superficie o aeronave y con el motor diésel arrancando se producirá demasiado ruido máximo fácilmente detectable por un posible enemigo. Otra desventaja importante es que, a la máxima velocidad, el submarino no podrá estar bajo el agua más que una hora, por lo que tiene una operación y táctica restrictiva.

Para mejorar la capacidad del submarino diésel-eléctrico, se inventaron sistemas AIP (Air Independent Propulsion). Este sistema lo inventaron para el submarino diésel-eléctrico con el fin de poder operar bajo el agua con una duración mayor y seguida. Se disminuye el tiempo de Snorkel.

- Sistema AIP de Walter: Se utiliza la turbina de vapor.

- Sistema AIP de CCD (Closed Cycle Diesel): El Motor diésel trabaja en el circuito cerrado. Se ha evolucionado a otros sistemas como son el CCGT (Closed Cycle Gas Turbine), CCST (Closed Cycle Steam Turbine), Walter y Mesma.
- Sistema AIP de FC (Fuel Cell): Se produce electricidad por el sistema de energía química-eléctrica.
- Sistema AIP Stirling conectado con la propulsión principal

Los sistemas AIP han avanzando y siguen en avance, así, algún sistema ya está instalado en los submarinos. El resultado de la instalación da como resultado un desplazamiento inferior a 1.000 toneladas, un aumento de la duración del submarino operando bajo el agua de 100 horas a 300-400 horas o si este patrulla a baja velocidad, más que 14 días.

Si navega sólo con la energía del sistema AIP a velocidades de 2-4 nudos para patrullar en las zonas operativas, la operación podrá durar 500-675 horas seguidas. A velocidades de 6-8 nudos para la salida y regreso a la base atravesando la zona de patrulla del enemigo, el submarino consumirá la máxima potencia empleando el sistema AIP y el sistema eléctrico para la propulsión en el submarino.

La función del sistema AIP complementado con la batería tendrá la particularidad de que la velocidad será mayor que la velocidad balance del sistema AIP. Su objetivo es aliviar el trabajo de la batería para que esta tenga más duración. Dicha función puede ser:

- A una velocidad elevada de 14 nudos que es la más elevada que la velocidad balance del sistema AIP. Con esta velocidad se navega para seguir al blanco en la zona de patrulla o para acercarse al blanco y atacarlo.
- La velocidad máxima se utiliza después del ataque o cuando se supone que el submarino ha sido detectado durante la operación.

La utilización del sistema AIP hace que la carga de baterías cuando se efectúa la operación de snorkel sea más rápida. Pero el sistema AIP no puede ser usado en toda la misión y es por ello por lo que, el sistema AIP normalmente se usa en situaciones críticas o procesos muy importantes de la operación. En situación normal o con poca amenaza se usará la energía producida haciendo snorkel.

Haciendo una comparativa entre el submarino diésel-eléctrico con sistema AIP incorporado y el submarino diésel-eléctrico sin sistema AIP, podemos observar que las capacidades de los sensores, armamentos y la flexibilidad de la maniobra son casi iguales. El submarino con sistema AIP incorporado ha de ser de mayores dimensiones, pero la diferencia más sustancial entre los dos submarinos es la duración de la operación bajo el agua, debido a que el submarino con el sistema AIP puede permanecer durante mucho más tiempo en inmersión sin hacer snorkel que el submarino diésel-eléctrico. El sistema AIP mejora por lo tanto la capacidad de tácticas del submarino diésel-eléctrico.

### 3.2.3 Submarino nuclear

El submarino nuclear usa la energía nuclear como fuente de energía por lo que ya no necesita hacer snorkel, lo que implica que puede permanecer en inmersión durante toda la misión. No será detectado en la superficie por la visión y no tendrá límite de tiempo en la operación por la propulsión. La parte más importante de un submarino nuclear es el reactor nuclear, pero habrá que tener bien acotada y protegida la zona donde se situó dicho reactor, para evitar posibles fugas radiactivas que ocasionasen daños irreversibles en la vida de las personas. Por su capacidad de operación y táctica, el submarino nuclear es el que posee mejores prestaciones, pero requiere muy alta tecnología, construcción complicada y su coste es muy elevado en relación a otros tipos de submarinos. Son pocos países los que tienen submarinos nucleares, siendo estos: Estados Unidos, Rusia, Francia, Gran Bretaña, China e India.

## ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.

---

Como el reactor no necesita oxígeno, el submarino nuclear es un verdadero submarino. El submarino puede operar totalmente independiente de la superficie y el reactor proporciona una fuente de energía eterna. Las ventajas de la propulsión nuclear para un submarino son:

- Dar una gran velocidad. Es capaz de alcanzar al blanco y puede perseguirlo sin descanso. El submarino nuclear es un cazador agresivo porque no tiene límite en su operación.
- Soporta una gran carga eléctrica mediante sus generadores de turbina vapor. La función que hace que se purifique el aire suele consumir mucha electricidad y es ahí donde entra en juego la altísima energía generada por un reactor nuclear, el cual genera suficiente energía como para producirla.
- Permite la construcción de cascos más grandes, pues con la propulsión nuclear la resistencia al avance que se produce cuando el submarino se encuentra en inmersión es fácilmente vencida por la gran potencia que proporciona la energía nuclear. El tener un casco más grande implica el poder llevar más armamento y sensores mayores. Con mayores armas y sensores mayor será la amenaza y más peligrosa por tener mayor capacidad de destrucción.
- Autonomía ilimitada de la propulsión. El submarino nuclear podría estar navegando bajo el agua hasta 3-4 vueltas del mundo. Pero está limitada por cantidad de alimentos a transportar y por la moral de la dotación. Normalmente los submarinos llevan productos frigoríficos y congeladores suficientes para una duración de patrulla de 90 días.

### 3.3 La tecnología y diseño el submarino

#### 3.3.1 La forma y estructura del submarino

La estructura del submarino se diseña y construye con una resistencia muy elevada. En general las formas son esféricas, cilíndricas o cónicas. Para los submarinos de guerra cuyas profundidades de operación están entre 100 y 1.000m, sus formas son cilíndricas o cónicas. En los submarinos de exploración o rescate las formas son esféricas. En cualquier caso, e indistintamente del tipo de submarino del que se trate, debería tener una estructura con una resistencia muy elevada para poder resistir la presión de inmersión ya que a medida que aumenta la profundidad, la presión es también más alta. Los submarinos cuyas formas son cilíndricas, ofrecen mayor resistencia simplemente por su geometría, debido a que los esfuerzos son mejor soportados en estructuras con formas esféricas que en otras con ángulos más pronunciados.

Viendo la Figura 3-5, se puede deducir lo siguiente:

- Las formas del submarino de exploración del fondo marino son formas esféricas. Este tipo de submarino es muy resistente porque su profundidad de la operación está por debajo de 1.000 m.
- Es la forma ideal del submarino ya que, esta forma tiene más ventajas que las anteriores pero su construcción será más complicada.
- Las formas generales de los submarinos son cilíndricas y pueden ser submarinos de un sólo casco. En las partes de proa y popa están localizados los tanques de lastre.
- En las formas del submarino nuclear hay que dejar una zona para instalar el reactor nuclear y los equipos del sistema nuclear. Estos han de estar bien separados del resto por razones de seguridad y dichas zonas han de estar mejor reforzadas que el resto.

En la forma de doble casco completo se puede modificar la parte exterior para mejorar la hidrodinámica sin afectar a los equipos instalados en el interior. Pero el coste será muy alto.

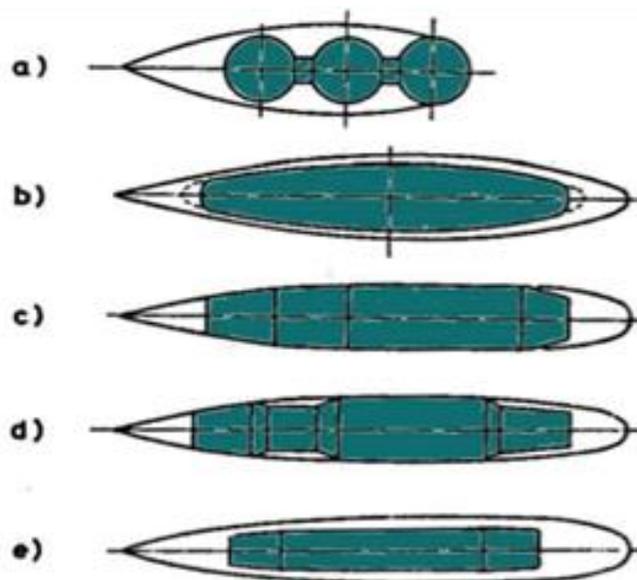


Figura 3. Formas de cascos

Figura 3-5 Las formas de casco

Las ventajas de realizar un submarino con un solo casco a realizarlo con un doble casco son:

- La construcción será más fácil.
- Mejor mantenimiento.
- Habrá más espacio en el interior del submarino

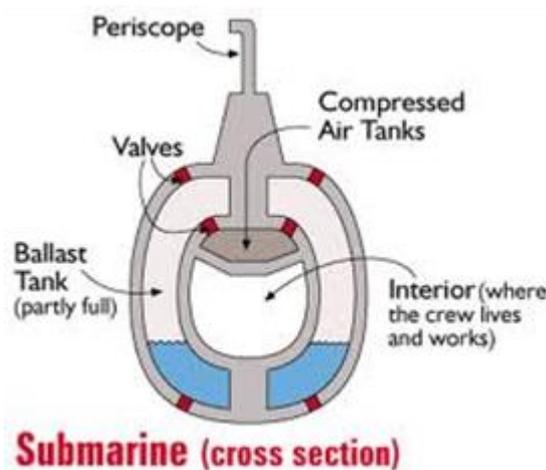


Figura 3-6 sección del submarino

### **Puente, C.I.C. y Cámara de Sonar.**

Los tres compartimentos están localizados y juntos debajo de la vela donde están los equipos del snorkel. La salida a fuera está localizada en esta parte también.

### **Cámara o local de torpedo**

Normalmente está en la proa del submarino. Esta cámara consiste en el pañol de los torpedos, la cámara del equipo del sistema lanzamiento de torpedos y los tubos de lanzamiento de los mismos.

### **Los alojamientos**

Los alojamientos estarán situados entre el puente y la zona de torpedos. Un submarino, reserva su espacio principalmente para los locales en los que van los equipos y la maquinaria propulsora dispuesta en la cámara de máquinas del submarino, por lo que, quedará poco espacio para parte de los alojamientos.

### **La cámara de máquinas**

La cámara de máquina es la zona más grande en el submarino. Casi la mitad del submarino es la cámara de máquinas. Esta se divide en cuatro partes.

- Los motores auxiliares. Esta limita con el puente y alojamiento.
- La máquina principal. Los motores diésel y generadores están instalados aquí.
- El motor eléctrico, los engranajes y eje: Están más a popa.
- El local de baterías: Está localizado en los tres compartimentos anteriores.



# ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.

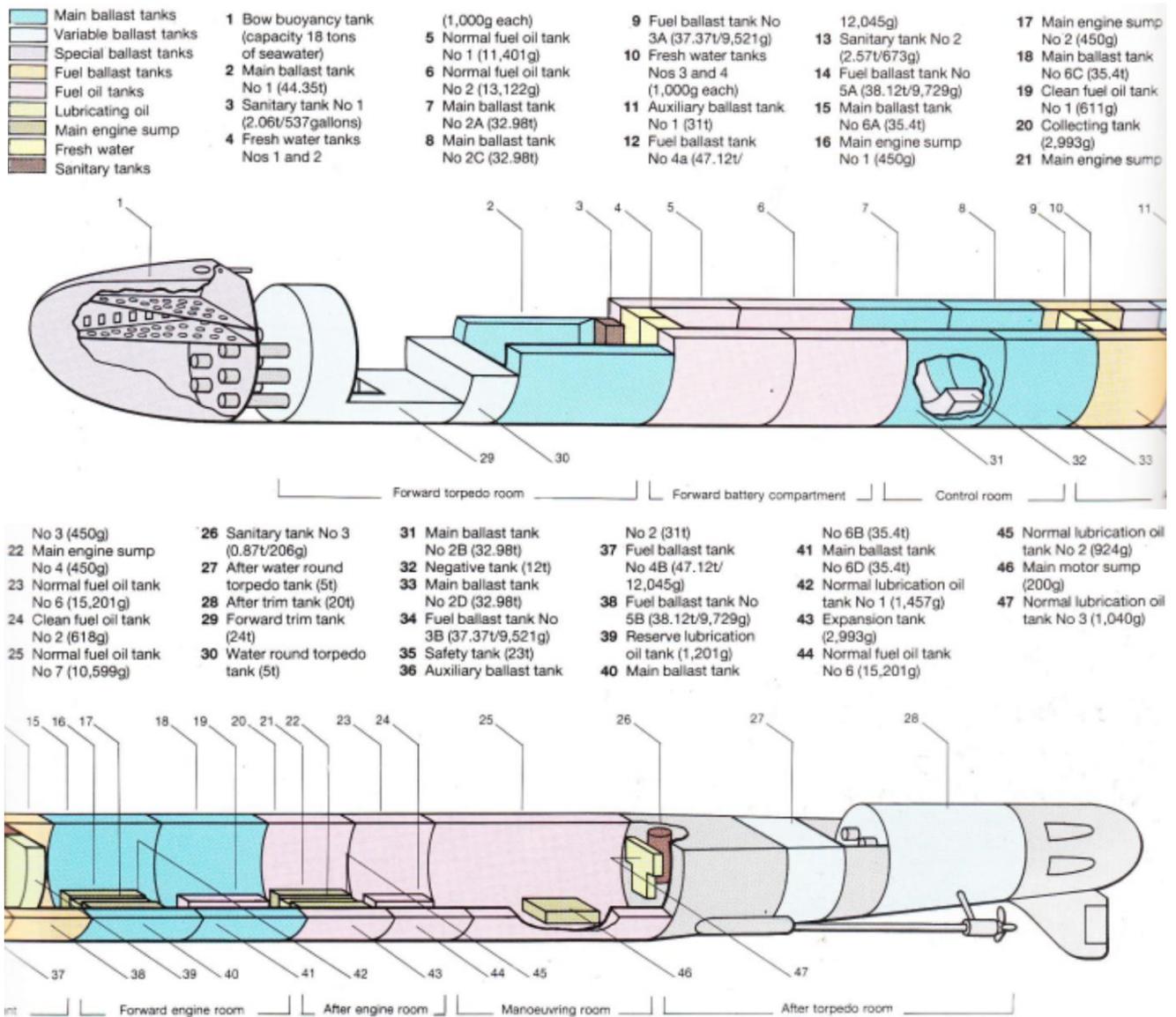


Figura 3-8 Los tanques del submarino

## El lastre de emergencia

Como lastre de emergencia se emplea plomo sólido para ajustar/corregir la estabilidad. En el caso de situaciones de emergencia (falta de achique rápido), estos lastres sólidos pueden ser soltados para subir a la superficie rápidamente.

Los mamparos del submarino.

El submarino se divide en partes/zonas mediante mamparos que van de proa a popa:

- La cámara del torpedo
- El puente y alojamientos
- La cámara auxiliares
- La cámara principal
- La cámara de los equipos de la propulsión

### 3.3.2 Sistema mecánico del submarino

El sistema mecánico del submarino es más complicado que en un buque de superficie porque el submarino tiene su operación bajo el agua. Además de que tiene limitación en los espacios.

#### El sistema del snorkel

El sistema del snorkel es un sistema muy importante en el submarino debido a que el submarino hace el snorkel para obtener oxígeno que convertirá en energía para poder así recargar las baterías, esto es, se necesita aire para arrancar motor diésel que dará energía a los generadores y estos a su vez cargarán las baterías. El snorkel es un tubo que permite al submarino el intercambio de gases de combustión con el exterior, cuando el buque está sumergido. Básicamente dispone de dos conductos: uno de toma de aire fresco para la combustión del motor Diesel y el otro para la expulsión al exterior de los gases de escape. El tubo del snorkel va a capturar aire y este lo hará a 0,5 – 0,8m por encima de la superficie de la vela. Habrá dos flujos de aire, uno de entrada y otro de salida y antes de terminar la operación de snorkel hay que apagar el motor diésel. Los gases del motor diésel deberían pasar por la válvula de escape, pues, de no ser así, los gases se podrían mezclar con agua, disminuyendo la temperatura del agua y provocando una reacción que sería visible para los adversarios.

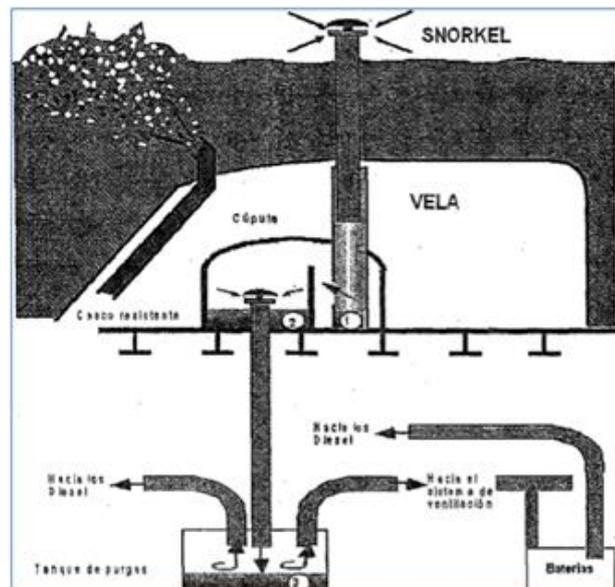


Figura 3-9 El sistema del snorkel



Figura 3-10 El submarino está haciendo el snorkel.

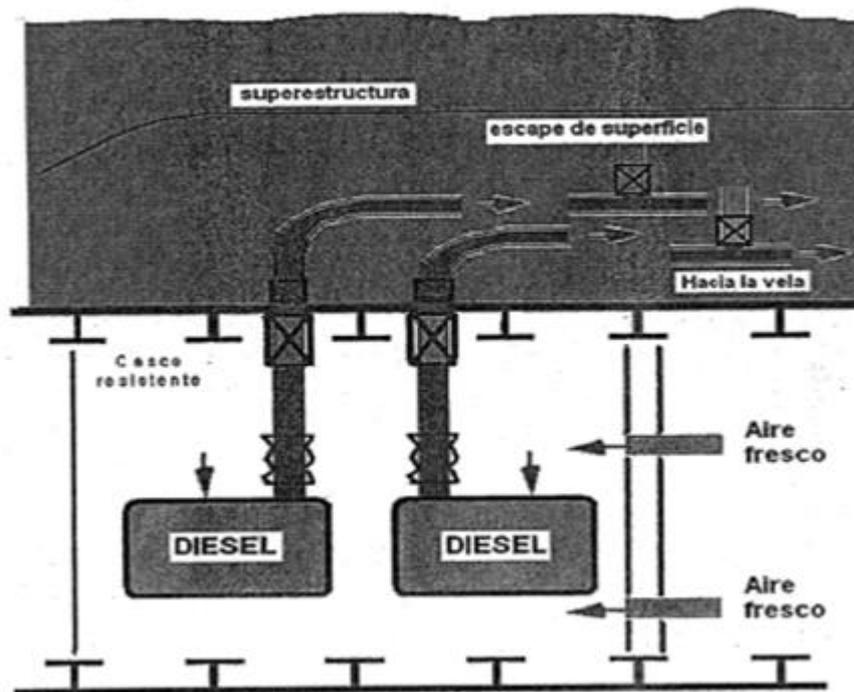


Figura 3-11 Sistema de escape de aire

### El sistema de la seguridad bajo el agua

En caso de emergencia, el sistema de seguridad solucionará el problema volviéndolo a la operación normal. Este sistema consiste en un sistema de refrigeración, los tubos tienen que resistir la presión del agua salada en un punto de profundidad máxima y cualquier vía de que entre a un compartimento. Cuando en el submarino entre agua, esta debería ser achicada, pero en caso de no ser así, se vaciarán los tanques de lastre, y se tirarán los lastres sólidos para subir a la superficie con máxima potencia.

### El circuito de los tubos agua de la mar

Los usos del agua de la mar son:

- Enfriar las máquinas.
- Enfriar agua potable del sistema refrigeración.
- Sistema de lastre
- Producir agua dulce
- Sistema de la medida la profundidad

Se ha de disponer de dos válvulas para poder controlar la entrada y salida de agua en el submarino. Dichas válvulas están conectadas en serie y estas estarán sometidas a una gran presión de inmersión. Dichas válvulas se pueden operar desde lejos mediante transmisiones de válvulas.

El diseño del sistema de tubería de agua salada debería ser más corto para evitar los peligros de rotura y fuga consecuencia de la alta presión. Los tubos deberán estar separados entre sí y cerca de los equipos a los que dan servicio.

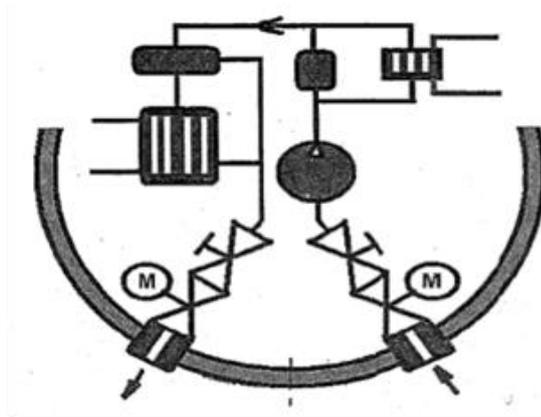


Figura 3-12 Sistema de seguridad del bajo el agua

### El sistema de Achique del fondo

Sus funciones principales son:

- Medir el nivel del fondo o en un tanque
- Achicar agua hacia fuera para corregir la estabilidad del submarino.

El diseño será el mismo que en un buque de superficie. Los tubos llevan agua a una determinada área y después achican el agua hacia fuera. Como el submarino almacena más agua que los buques de superficie por su condición de tener que mantener la flotabilidad negativa en condiciones de inmersión, requieren de algún equipo extra para achicar tanto volumen de agua cuando el submarino asciende.

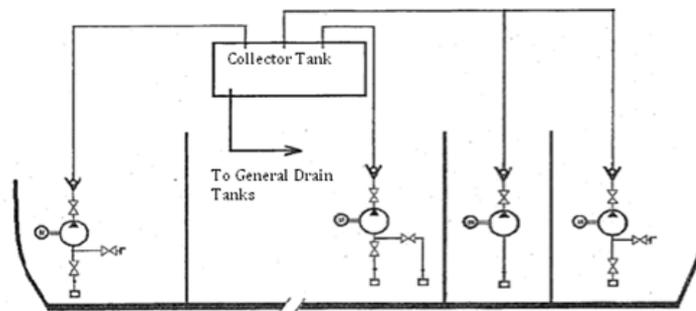


Figura 3-13 El sistema de achicar del fondo

### El sistema refrigeración por agua salada

Los equipos que están refrigerados por agua salada en un submarino son:

- MEP: Motor Eléctrico Principal
- Diésel-Generador
- Compresor de aire alta presión
- Planta Hidráulica
- Baterías
- Aire condición
- Refrigerador
- Dispositivo eléctrico

El agua salada va a enfriar al agua dulce, que será a su vez la que refrigere las máquinas. Los diseña por la cuenta de la temperatura de cada equipo que será distinto.

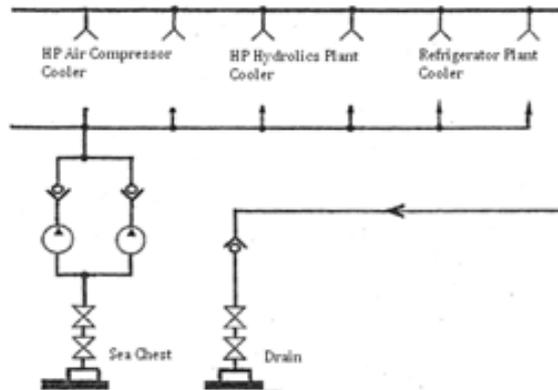


Figura 3-14 El sistema de refrigeración por agua salada

### El sistema aire alta presión

El sistema aire alta presión es el sistema más importantes del submarino. Es necesario para todas operaciones del submarino tanto en superficie como bajo el agua. Su función se requiere en el proceso de achicar agua fuera del tanque de los tanques de lastre. Además se utiliza en el sistema hidráulico, sistema de achique en caso de emergencia etc. Los sistemas que utilizan aire a alta presión son:

- Tanque de lastre normal
- Tanque de lastre de emergencia
- Sistema de rescate
- Sistema hidráulico
- Sistema cierre de válvulas
- Sistema de limpieza de tubería
- Sistema del snorkel
- Sistema de torpedo

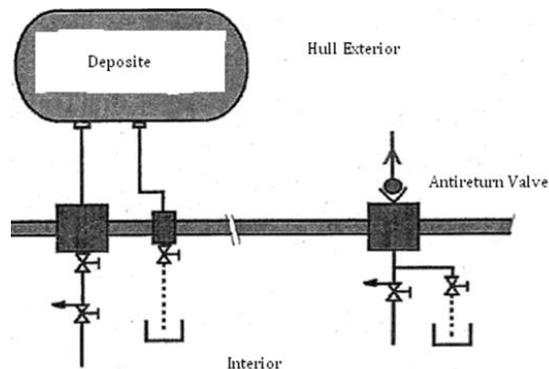


Figura 3-15 El sistema aire alta presión

La presión de aire a alta presión es 250 bares. Los tanques tienen equipos que requieren aire a alta presión y dicho aire es producido cuando el submarino está en la superficie o mientras está haciendo el snorkel.

**El sistema hidráulico**

La mayoría de los sistemas hidráulicos requieren mucha energía y los equipos principales que necesitan este sistema son el timón de dirección y el timón de profundidad, así como los tubos del sistema del snorkel.

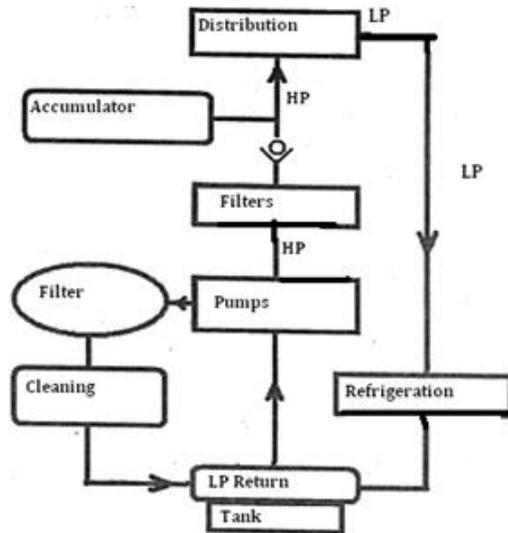


Figura 3-16 El sistema hidráulico

**El sistema de lastre**

Este sistema consiste normalmente en cuatro tanques: en proa, popa, babor y estribor. Los tanques son para lastrear el submarino y así conseguir la inclinación necesaria. Este sistema no será confundido ni estará en contacto geográfico con los tanques de lastre sólido. Este sistema consiste en una bomba para de agua salada que tiene la capacidad de achicar el agua fuera de los tanques. También dispondrá de un sensor de inclinación y un una bomba entre de comunicación entre los tanques.

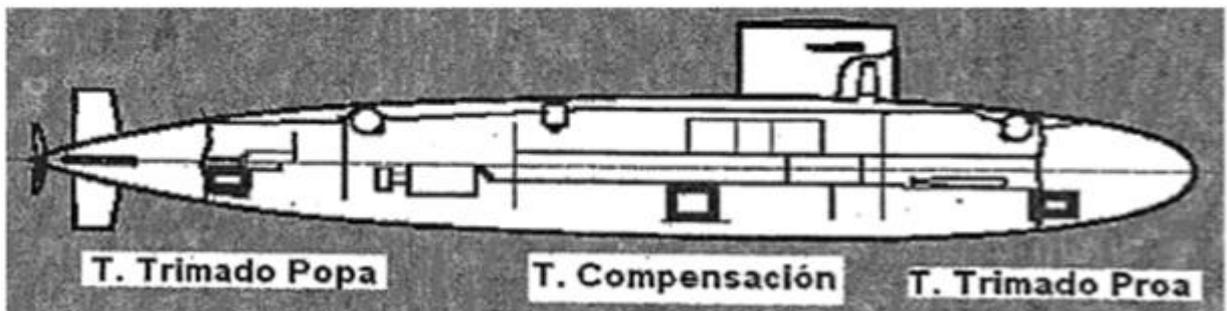


Figura 3-17 El sistema de lastre

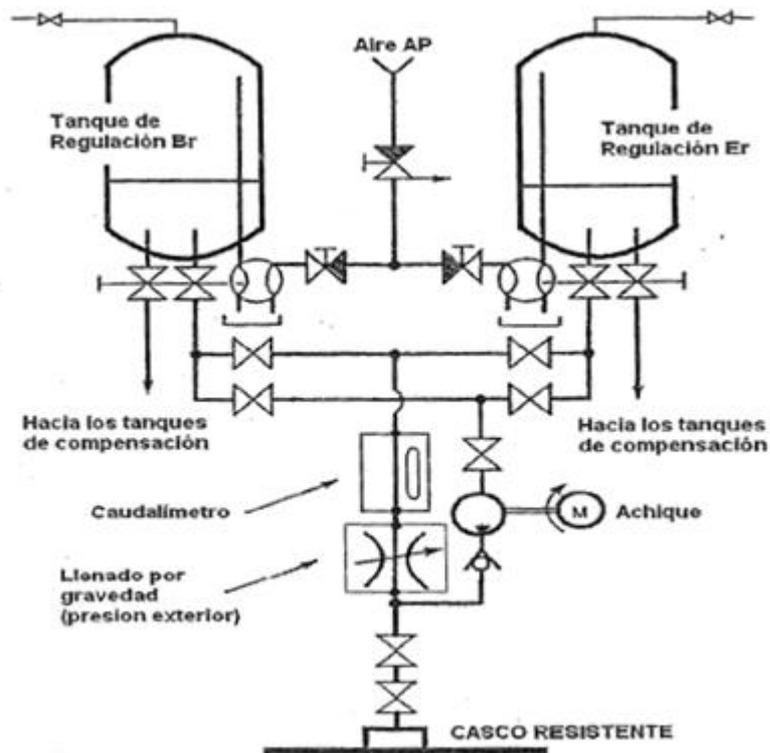


Figura 3-18 Los tanques de lastre babor-estribor

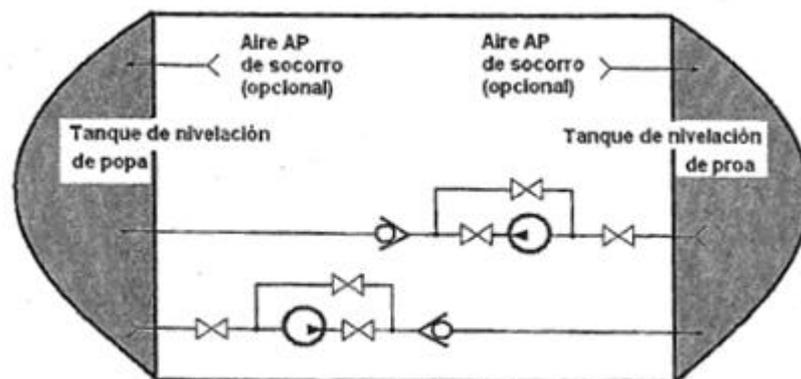


Figura 3-19 Los tanques de lastre proa-popa

### Sistema del agua salada para relleno de los tanques

Durante la navegación los tanques se vaciarán debido al consumo de los fluidos en ellos contenidos, por eso habrá que rellenarlos por agua de mar para la estabilidad del submarino.

- Tanque de combustible
- Tanque compensado tubo de torpedo
- Tanque de torpedo
- Tanque agua salada limpiada
- Etc

### Sistema de agua dulce

En la operación del submarino este sistema trabajara todo tiempo en la operación. Los elementos principales que intervienen en este sistema son:

- Máquina de producir agua dulce
- Tanque de agua dulce
- Tubos de agua dulce

### Sistema de residuos (Aguas negras y grises)

Dicho sistema procesará y descargará agua sucia de los aseos y cocina y sistemas que transporten aguas sucias. La operación del submarino suele durar bastante, por lo que se necesita de unos sistemas de residuos eficaces bajo la presión inmersión máxima. Los sistemas son:

- Sistemas de basura
- Sistemas de aguas residuales

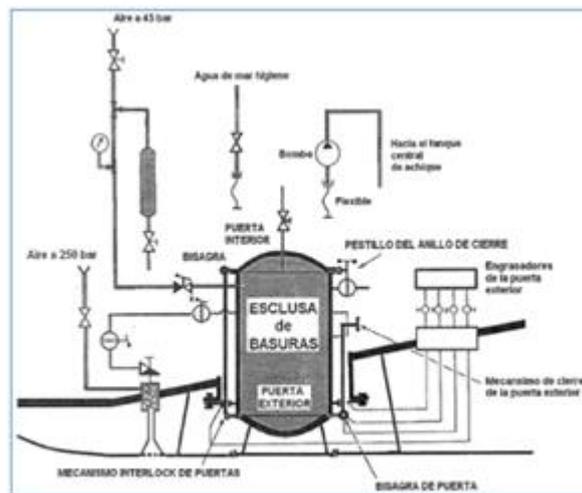


Figura 3-20 El sistema de residuos

### Aislamientos

Tiene mucha importancia en el submarino que los mamparos estén aislados. El submarino tiene limitaciones de espacio y el aislar todos los compartimentos de la temperatura tiene cierta dificultad. La temperatura habrá que controlarla en los compartimentos y en los tubos.

### Sistema de circulación de aire

Los submarinos nucleares y submarinos con el sistema AIP que puede operar bajo el agua por mucho tiempo deberían tener un buen sistema de circulación de aire para que la tripulación tenga cierto confort térmico en su operación.

### Sistema de tratamiento de aire

Este sistema elimina el monóxido de carbono e hidrogeno producidos por las maquinas.

### Sistema contra-incendios

Su función es la detección y extinción de los incendios. Los equipos empleados en dicho sistema son:

- Detectores de humo
- Detectores de incendio
- Detectores en puntos especiales, por ejemplos en la cámara de la batería

Los incendios en la cámara de las baterías serán apagados mediante CO<sub>2</sub>, así como en la mayoría de áreas del submarino. Otros agentes empleados en la extinción de incendios serán el agua salada y la espuma. También es muy utilizado en los submarinos modernos el de rociadores de agua dulce. Estos equipos son instalados en ciertos locales y expulsarán agua a alta presión de rociado. El agua forma una nube que cubre la totalidad del área del local. Se requiere aire a una presión de 100-150bar.

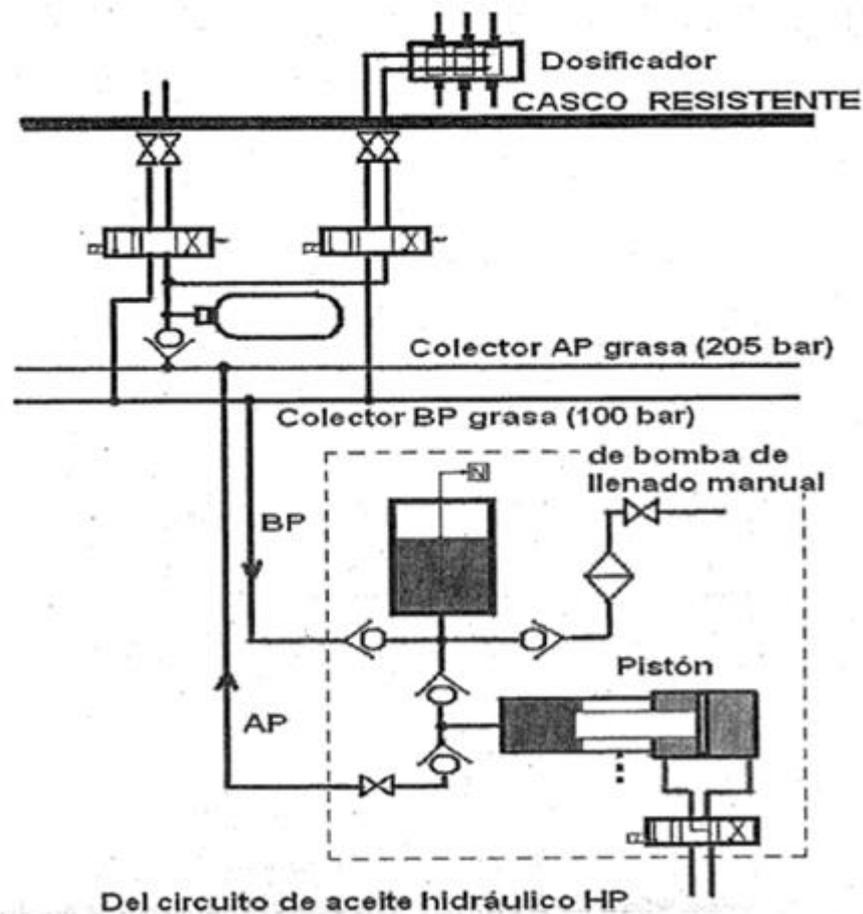


Figura 3-21 El sistema de apagar incendio

### Sistema de aceite de lubricación

Este sistema tiene la función de lubricar a los equipos que se encuentran localizados bajo el agua. Para la lubricación se utiliza la presión. Consiste en los siguientes elementos:

- Bomba de aceite de lubricación
- Tanque de aceite
- Bomba de rotación
- Tanque de almacenamiento de aceite
- Tubería de aceite de lubricación

Los elementos que requieren aceite lubricante son:

- Sistema de timón
- Sistema de ancla
- Sistema de lanza torpedos

- Sistema del snorkel
- Sistema de residuos
- Sistema de sonar

### Sistema de refrigeración de la batería

La propulsión del submarino es la batería. Cuando el submarino está navegando durante un largo periodo tiempo y se están empleando las baterías como fuente de energía, éstas expulsarán calor por reacción química. Las baterías tienen unas dimensiones elevadas y la tubería de agua dulce enfría las baterías, mientras que la de agua salada enfría a los tubos de agua dulce.

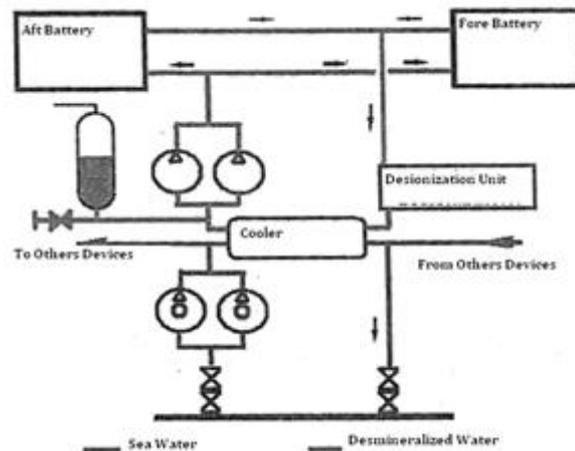


Figura 3-22 El sistema de refrigeración de la batería

### Sistema de torpedos

Este sistema está formado por:

- Tubo lanza torpedo 533mm. Longitud de tubo 4,1-7,5m
- Tubo lanza torpedo 483mm. Longitud de tubo 3,3-5m

Las propulsiones del torpedo son la propulsión eléctrica. El sistema lanza torpedos contiene:

- Un Sistema automático: el torpedo se va por su hélice desde esta en el tubo.
- Sistema de presión de agua: el torpedo sale del tubo por presión de agua. Cuando esta fuera del tubo, el torpedo se mueve hacia el blanco por su propulsión propia.
- Sistema hidráulico
- Sistema de aire a presión

Un torpedo se pesa 1 tonelada y consigue una velocidad de lanzamiento más elevada que la velocidad del propio submarino 12 m/s. La potencia para esta velocidad será 50 kW. El sistema hidráulico es más utilizable en la energía del torpedo.

### 3.3.3 Sistema eléctrico del submarino

Generalmente, los submarinos usan la propulsión diésel-eléctrica y más rara vez el sistema AIP. En ambos casos, es necesaria la electricidad en la mayoría de las operaciones. La energía eléctrica por lo tanto, es la energía principal de la propulsión del submarino.

## Batería

La batería es un equipo que tiene dispone de carga eléctrica para los dispositivos eléctricos del submarino.

- **Batería Pb-Acid:** Su duración será de 5-6 años. En general se hacen de pequeñas dimensiones y están conectadas en serie. Cada batería es de 2V y normalmente se usan 160-200 en una cámara de baterías para producir 320-400V. En el submarino existen dos cámaras de baterías, una situada en proa y otra en popa. El motor tendrá la una propulsión máxima de 800V. La batería Pb-Acid es la más utilizable y la que mejores rendimientos aporta para los submarinos de entonces pero también puede tener alguna desventaja.

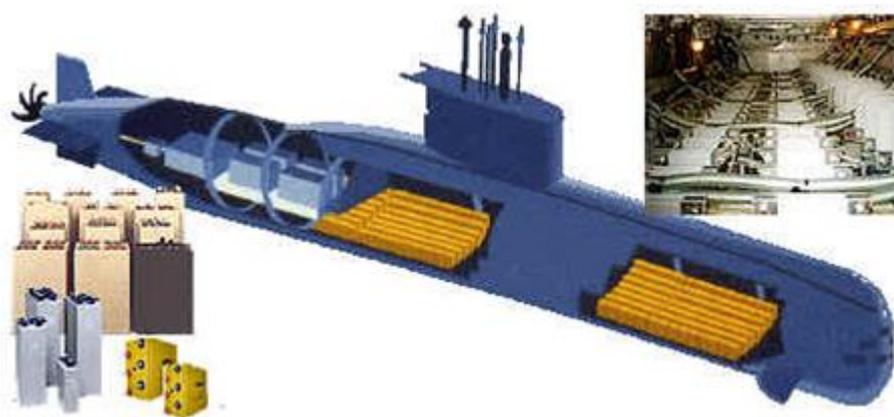


Figura 3-23 Batería en el submarino

- Los motores auxiliares de la batería.
- Sistema de sacudida de electrolito
- Sistema de refrigeración: Mientras la batería está en funcionamiento, la temperatura de la batería alcanzará los 45°. Este sistema de refrigeración emplea agua destilada que va en una tubería que circula por toda la batería.
- Sistema de extinción de incendios: Lo mismo que sistema general de CO<sub>2</sub> del submarino.

## Sistema Eléctrico

En los modernos submarinos diésel-eléctricos, el motor diésel está conectado con el generador mediante el eje para así recargar las baterías. En este caso el generador eléctrico funcionara sólo para suministrar energía eléctrica a las baterías. Por otro lado, cuando el MEP (motor eléctrico principal) es empleado para la propulsión, este es separado del eje del otro sistema de generación de corriente. Este sistema puede ser mejorado si el sistema es diseñado de tal forma que ambas actividades sean independientes, es decir, mediante un sistema de propulsión directa. Esto hará que se pueda controlar mejor el sistema de electricidad

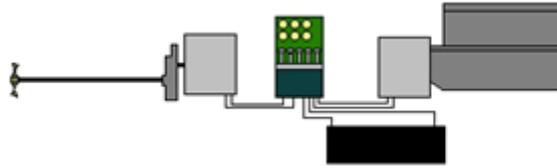


Figura 3-24 El sistema de la propulsión directa

**Sistema de redes de electricidad**

En el submarino, la corriente directa es la que tiene mayor importancia en el buque debido que esta es empleada por el motor eléctrico principal. Tiene que efectuarse un cambio de corriente continua a corriente alterna, y esto se producirá mediante el uso de un convertidor. Sistema de red de electricidad en un submarino será más complicado que en un buque de superficie. Las esencias importantes son:

- Sistema de redes de corriente alterna: en general sería 115V / 60 Hz
- Convertidor 60 kVA
- Sistema de redes de corriente directa para el motor propulsor
- Sistema de redes de corriente directa para otros dispositivos

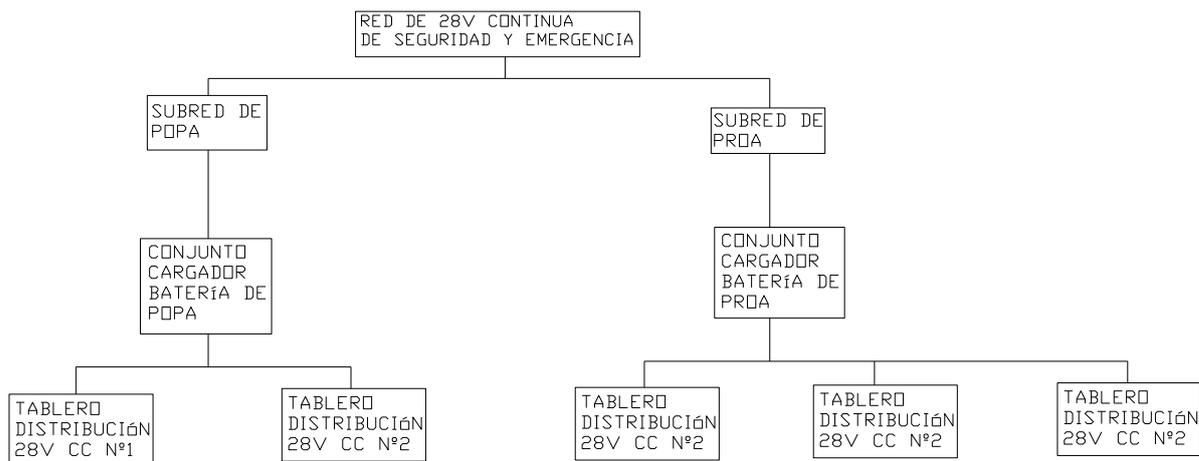


Figura 3-25 El sistema eléctrico en el submarino

**3.3.4 Sistema AIP**

Como se ha dicho en el parte anterior, el sistema AIP se inventó para mejorar la capacidad del submarino diésel-eléctrico. Con dicho sistema, el submarino tendrá más tiempo operando bajo el agua. Vamos a ver la diferencia entre la propulsión normal (sin sistema AIP) y con AIP.

**La propulsión normal**

En los submarinos diésel-eléctricos, la energía eléctrica se almacena en las baterías y es recibida desde los generadores los cuales generan dicha energía. La mayoría de las baterías son Lead-Acids y según los manuales de los fabricantes de dichas baterías, éstas deberían tener una carga suficiente como para dar servicio durante 3-4 días a velocidad baja. Las baterías se cargan cuando el submarino se pone

en posición de Snorkel, por lo que se este se situa a nivel de periscopio dejando los mástiles de respiración y escape fuera de la superficie.

La situación de Snorkel producirá:

- Ruido: Debido a que los motores Diesel tendrán que permanecer arrancados.
- Elevada Temperatura: Debido a que motores Diesel y sus exhaustaciones de gas transmiten temperatura.
- Detección por la visión: Por los mástiles del snorkel encima de la superficie del mar.
- Detección por radar: Por los mástiles y tubos encima de la superficie del mar.

Existe la posibilidad de utilizar otro tipo de batería como es la tipo Li-ion, la cual puede alimentar durante más tiempo que la batería tipo Lead-Acid, además de ser esta de menores dimensiones. El inconveniente de dicha batería es su elevado coste.

### **Factores y variables dimensionales del submarino**

Desde el punto inicial de diseño de un submarino se consideran diversos factores, variables y capacidades necesarias para la operación del submarino. Si empezamos por definir las variables principales del submarino tendremos que, dichas variables son, la longitudinal, el diámetro (forma circular) y el desplazamiento. Además, sabemos que, la relación entre la longitudinal y el diámetro es una variable muy importante, debido a que esta guarda una íntima relación con la resistencia hidrodinámica del casco, o lo que es lo mismo, con la resistencia al avance del submarino. Por otro lado, y en lo que a la operación se refiere, un submarino de gran desplazamiento tendrá una señal magnética alta y una maniobrabilidad baja, así mismo, el coste de la construcción variará con el desplazamiento, a mayor desplazamiento, mayor coste.

**Periodo bajo el agua:** La mayor capacidad y ventaja operativa del submarino está bajo el agua. La variable temporal de permanencia en bajo el agua lo determinará la velocidad y el uso las electricidades del submarino. La capacidad de las baterías va a estar en parte relacionada con el tamaño de las mismas, por lo que, habrá que determinar muy bien el tamaño óptimo para no influir demasiado en las dimensiones del submarino.

**Periodo de la operación:** Una vez se determine la misión para la cual se va a destinar el submarino, se determinará el combuastible necesario y como consecuencia la dimensión de los tanques de combustible.

**Coefficiente de indiscreción:** Dicho coeficiente va en proporción al periodo de recarga de baterías en situación de snorkel. El valor de dicho coeficiente debería ser lo más bajo posible, pues si el periodo de snorkel dura a mucho tiempo, tendrá riesgo de ser detectado. A partir del coeficiente de indiscreción y de la capacidad de la batería, se puede dimensionar el equipo eléctrico y con ello se calculará el diámetro del submarino.

**La velocidad máxima bajo el agua:** Es la variable para establecer la dimensión y eficacia del motor eléctrico y la forma de casco.

**Dotación:** El número de la dotación nos servirá para diseñar los comportamientos en el submarino.

**Capacidad y característica del combate:** Servirá para establecer los tubos de torpedos y sistema de lanzamiento adecuado para la misión.

## **Sistema de propulsión AIP**

La principal desventaja de la propulsión del submarino diésel-eléctrico es el límite del periodo de la operación bajo el agua y la facilidad de ser detectado mientras el submarino está en el proceso de snorkel. Sin duda, el submarino nuclear sería la mejor solución para eliminar esta desventaja, pero el coste es muy alto y la construcción es muy complicada además de ser una energía peligrosa. Es por eso por lo que los submarinos nucleares los tienen pocos países (Estados Unidos, Rusia, Francia, Gran Bretaña, China e India). Un modo de no utilizar energía nuclear sería el instalar un sistema AIP en el submarino diésel-eléctrico.

El sistema AIP es el sistema de propulsión independiente de la atmósfera, incluye un reformador de bioetanol, pilas de combustible, sistemas de control y equipos auxiliares. Si lo comparamos con otros sistemas anerobios, la novedad de este avance reside en que el hidrógeno se obtiene por un proceso químico de reformado a partir de bioetanol que es fácilmente almacenable en la nave, sin que suponga problemas de seguridad para el submarino. Como resultado, los motores de propulsión eléctrica utilizados en el submarino son un 20% más ligero que los utilizados en los submarinos con propulsión diésel-eléctrica, generando aproximadamente un 50% más de energía en comparación con otros submarinos mientras opera en las mismas condiciones. El submarino se utiliza el sistema AIP como sistema auxiliar que trabaje conjuntamente con el sistema diésel-eléctrica dependerá de la situación. Es por ello que, la función del Sistema AIP será cuando el submarino está navegando en la situación normal, por ejemplo, operación de patrulla, pero en la situación en la que necesite alta velocidad como en el caso de una situación de combate va a cambiar a la energía con baterías.

## **Partes o formas principales del sistema AIP**

El Sistema AIP puede tener varias formas dependiendo de los inventores. Según los principios básicos, dicho sistema propulsivo ha de basar su funcionamiento en la independencia del aire de la atmósfera y consistirá en 3 partes principales:

- Sistema para producción de potencia. Este sistema es distinto en función del inventor que lo haya diseñado.
- Sistema alimentación de combustible y oxígeno
- Sistema de escape de gas

## **La eliminación CO<sub>2</sub>**

Cuando el sistema AIP está arrancando, se producen los gases como el sistema propulsor normal. Los gases son CO<sub>2</sub> que vienen del motor o de reacción química de combustible y salen en gran cantidad. Dichos gases deben ser eliminarlos durante la operación bajo el agua, pero el submarino no puede soltar a la atmósfera dichos gases cuando se encuentra en inmersión (el submarino operará a una profundidad entre 10-300 m).

El uso a bordo de submarinos de plantas AIP basadas en la reacción química entre un hidrocarburo y oxígeno (ambos almacenados en el interior del submarino) da lugar a la producción en grandes cantidades de agua y CO<sub>2</sub>, residuos que necesitan ser eliminados. En concreto, la producción de CO<sub>2</sub> en grandes cantidades (y en estado gaseoso) constituye un auténtico problema en un submarino navegando en inmersión, ya que actualmente no resulta viable almacenarlo a bordo, y su eliminación tiene que llevarse a cabo de forma discreta y con un coste energético reducido. Actualmente, hay varias alternativas para eliminar el CO<sub>2</sub> producido en la propulsión de un submarino navegando en inmersión, siendo la más ventajosa la disolución de dicha sustancia en agua de mar y su posterior expulsión al exterior del submarino. Esta alternativa consta básicamente de 3 etapas bien definidas:

- Etapa 1.- Introducir agua de mar a bordo del submarino, haciendo bajar su presión desde la existente en el exterior hasta la presión a la que se quiere realizar el proceso de disolución.
- Etapa 2.- Llevar a cabo el proceso de disolución a presión constante e independiente de la existente en el exterior del submarino.
- Etapa 3.- Expulsar fuera del submarino el agua de mar saturada de CO<sub>2</sub> haciendo subir su presión desde la correspondiente al proceso de disolución hasta la existente en el exterior.

Para ejecutar las etapas 1 y 3 con un coste energético aceptable, resulta necesaria la instalación de un sistema de recuperación de energía, el cual basa su funcionamiento en aprovechar la energía producida en la caída de presión del flujo de agua entrante para elevar la presión del flujo de agua saliente saturada de CO<sub>2</sub>. El sistema arriba citado puede implementarse de 3 formas alternativas:

- Recuperación de doble salto mediante máquinas hidráulicas de desplazamiento positivo.
- Recuperación directa mediante cilindros estacionarios dotados de pistones internos.
- Recuperación directa mediante cilindros rotativos sin pistones internos.

Por otro lado, para ejecutar la etapa 2 de forma silenciosa, y sin ocupar excesivo volumen, resulta necesaria la instalación de un sistema de disolución de CO<sub>2</sub> en agua de mar a baja presión, existiendo actualmente 2 principios funcionales viables:

- Dispersión de finas burbujas de gas en el seno de una masa de agua.
- Difusión directa de CO<sub>2</sub> a través de una inter-fase líquido/gas estable sin procesos de dispersión previos.

### **Distintas Tecnologías dentro del Sistema AIP**

Sistema AIP para motores diésel o ciclo cerrado: Con el mismo principio de motor diésel, se utiliza la potencia del motor diésel para alimentar al generador. En esta configuración hay que añadir un tanque de O<sub>2</sub> líquido debido a que este sistema ha de estar provisto de oxidante. Puesto que el metal de un motor se quema con oxígeno puro, el oxígeno se diluye normalmente con gas de escape reciclado. Como no hay gas de escape al arrancar, se utiliza argón. En resumen, esencialmente reutiliza el aire de escape después de extraer (con posterior bombeo al mar), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y reaprovisiona la cantidad relativamente pequeña de oxígeno (O<sub>2</sub>) consumido por la combustión o, en algunos casos, utiliza gas argón para el fluido inerte reutilizable en lugar del nitrógeno que compone aproximadamente el 80% del aire

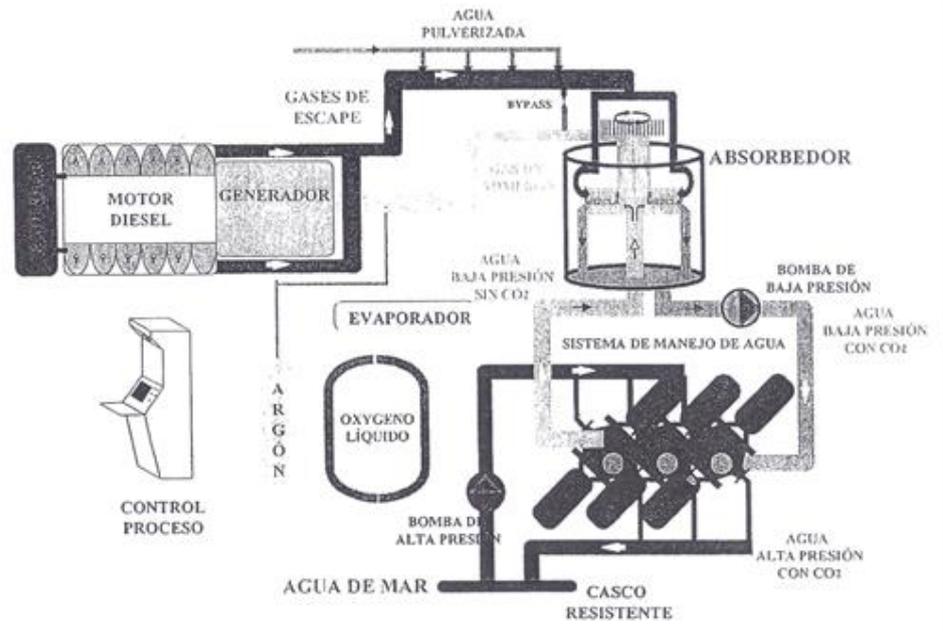


Figura 3-26 Sistema AIP para los motores diésels.

**Sistema AIP para motor Stirling:**

El motor Stirling es motor de combustión externa de cilindros que funciona concombustible diesel y O<sub>2</sub> almacenado, cuyos productos de combustión, debaja presión, se bombean al mar. Los gases son expulsados a la atmósfera por la presión de 20 bares. La desventaja es el limite de la profundidad para echar los gases cuando la presión de fuera más alta.

**Sistema MESMA (Module d’Energie Sous Marine Autonome):**

Es la evolución de DCN Francia que después de experimentar con el submarino nuclear. En dicho sistema se aplica el ciclo de Rankine, pues los vapores van a hacer girar el generador. El sistema MESMA consisten en:

- Circuito principal: Produce la energía dinámica quemando combustible con O<sub>2</sub>, y transmitiendo calor al circuito para producir potencia. Los gases quemados tendrán una presión de hasta 60 bares, por lo que los puede expulsar directamente a la atmósfera el submarino.
- Circuito de producción de potencia: Es el circuito típico de una máquina de vapor. La desventaja es la gran necesidad de espacio requerida y la baja eficacia mecánica.

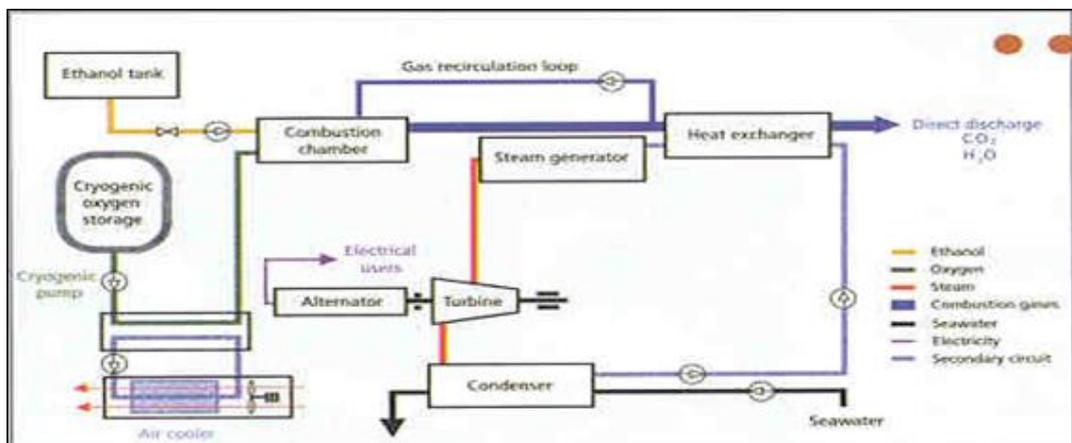


Figura 3-27 Sistema MESMA

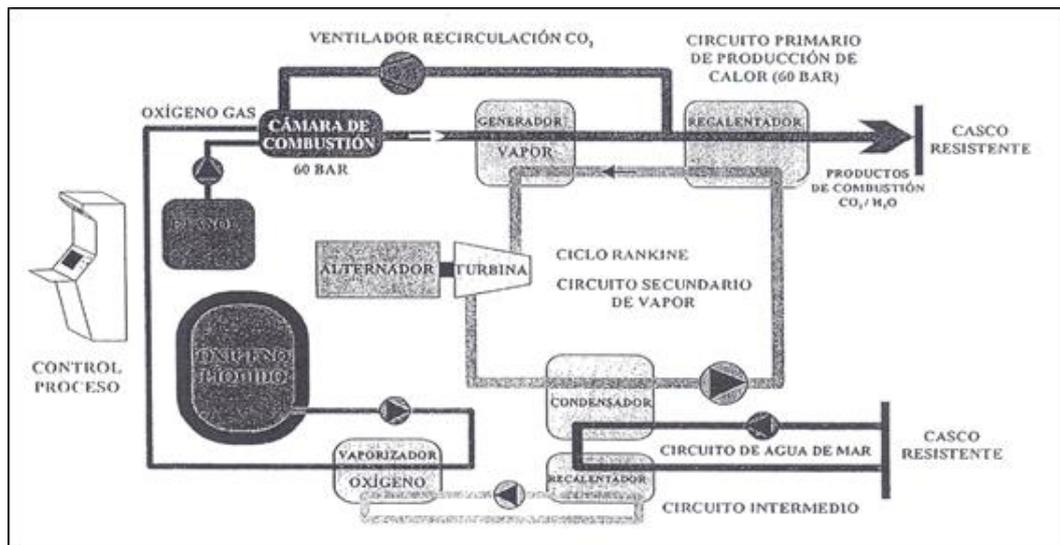


Figura 3-28 Sistema MESMA

**Sistema Fuel cell:**

Es un equipo electro-químico que transforma la energía química a la energía eléctrica directamente

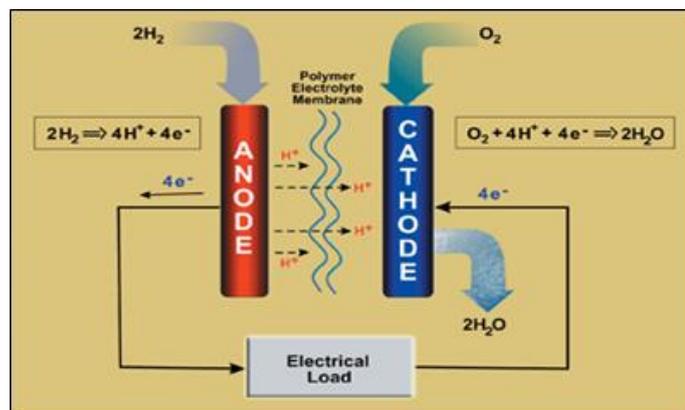


Figura 3-29 La reacción en el sistema fuel cell

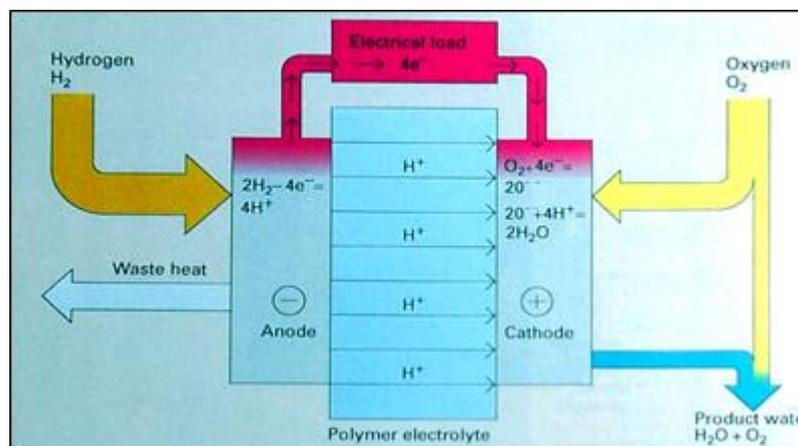


Figura 3-30 Sistema AIP Fuel Cell

El sistema de alimentación de combustible puede ser de dos tipos 2:

- Metallic Hydride: El metal puede adsorber  $H_2$ . Cuando el sistema quiere usar  $H_2$ , se da calor al sistema para que el metal elimine el  $H_2$ . La ventaja es la seguridad de la alimentación de combustible y la desventaja es el peso del metal adsorbido combustible.
- Alimentación en forma de Hidrocarburo o alcohol. La reacción química va a producir  $H_2$ . La ventaja de este sistema es la seguridad de alimentar los sustratos pero la desventaja es que produce  $CO_2$  en la reacción química. Este sistema está más avanzado que el anterior.

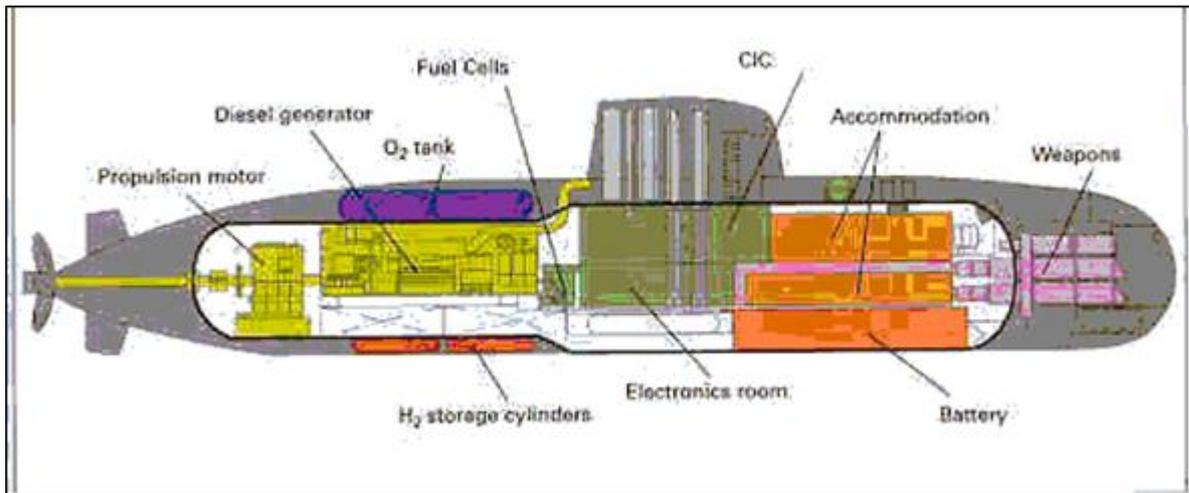


Figura 3-31 El submarino con AIP Fuel cells

## 4 RESULTADOS / VALIDACIÓN / PRUEBA

Según la teoría, la historia naval y las lecciones aprendidas en todos estos años de operativa con submarinos, se puede afirmar sin equivocarse que el submarino es el buque con mayor potencia y mejores capacidades según las estrategias y operativas militares. Es por ello que, La Real Armada Tailandesa en estos momentos no puede ser considerado como una armada completa en los que a fuerza naval se refiere debido a que le falta un submarino para poder operar en las tres dimensiones.

Aunque los buques de superficie y aeronaves son capaces de realizar operaciones antisubmarinas, estos no pueden detectar a un submarino sin el empleo de al menos dos o tres buques de superficie y aeronaves, es por ello que, el tener un submarino para operaciones antisubmarinas sería una muy buena opción.

Según las estrategias y misiones principales realizadas por la Real Armada Tailandesa en la defensa de las aguas territoriales tailandesas, Tailandia debería tener una fuerza naval con un buen nivel de operaciones debido a que los recursos marinos son un factor importante y a veces decisivo en el desarrollo del país (pesca, gas natural, rutas de mercantes, turismo, etc). Si tenemos en cuenta las estrategias militares adoptadas por países que tienen la misma condición que Tailandia, podríamos deducir que el poder militar de estos no sería para desencadenar una guerra, pero sí para posibles negociaciones o acuerdos entre países, y en este caso, el país que tenga más poder militar, tendrá más poder de negociación. El conflicto de la disputa por el área que divide los países y el problema del terrorismo en el sur de Tailandia todavía no han sido solucionados y en un futuro nadie puede asegurar que no exista conflicto con otros países. Es por ello que no se puede dejar avanzar a las fuerzas militares de otros países y no queda otro remedio que mejorar la fuerza naval de Tailandia liderando el Sureste Asiático, para lo cual, el submarino será una buena respuesta. Además, hay que tener en cuenta que los países del Sureste Asiático como Malasia, Indonesia, Singapur y Vietnam ya tienen submarinos y éstos están en buena condición de operación contando con dotaciones que han adquirido un gran conocimiento y experiencia en submarinos. Resumiendo lo anterior se puede afirmar que, la razón más importante de tener submarino no sería la de provocar a la guerra, si no la de evitar la guerra.

Después de todos los estudios realizados, se ha deducido que el submarino de la Real Armada Tailandesa será un submarino convencional diésel-eléctrico, cuyo motor diésel tendrá la función única de generar energía para producir electricidad que será entregada a las baterías, siendo el motor eléctrico principal (M.E.P) el que entrega al eje de la hélice la energía suficiente para propulsar el submarino. Se ha descartado el Submarino nuclear por su elevado coste, aunque como se ha visto en este estudio, de dicho submarino se obtiene un mayor rendimiento que de uno con propulsión-diesel eléctrica, aunque, si bien es cierto, las aguas en las que se desarrollará la operación (aguas con poco calado en gran parte de las zonas), no harían óptimo a un submarino de las dimensiones de los submarinos nucleares.

Los primeros submarinos utilizaban una conexión mecánica directa entre el motor y la hélice, es decir, la conmutación entre los motores diésel para superficie de rodadura, y los motores eléctricos para la propulsión del submarino en condición de sumergido. Esto era efectivamente un "paralelo" tipo de híbrido, puesto que el motor diésel y el motor eléctrico se acoplaban al mismo eje, con la opción de desconectar el motor eléctrico para funcionamiento sumergido, y usando el motor diesel como un generador para recargar las baterías, mientras que en la superficie se realizaba el proceso de Snorkel.

Pero, una verdadera transmisión diésel-eléctrica para los submarinos fue propuesta por primera vez por la Mesa de Ingeniería de la Armada de Estados Unidos en 1928, lo que dio lugar a que, en lugar de mover la hélice directamente mientras el submarino navega en la superficie, el motor diésel del submarino podría mover a un generador que bien podría cargar las baterías del submarino o mover el motor eléctrico. Esto significa que la velocidad del submarino es independiente de la velocidad del motor diésel. Así el diésel podría funcionar a su velocidad óptima. Además uno o más de los motores diésel

podrían ser apagados para mantenimiento, mientras que el submarino continuó navegando utilizando la energía de la batería. La expresión "diésel-eléctrico" en los submarinos generalmente se refiere a que disponen de propulsión eléctrica y diésel por separado. La hélice es movida directamente tanto por el motor eléctrico como por el diésel. Cuando el motor eléctrico mueve la hélice la energía se la proporciona las baterías no el motor diésel. En un accionamiento diésel-eléctrico directo, la hélice (generalmente solo) es accionada directamente por un motor eléctrico, mientras que dos o más generadores diésel proporcionan energía eléctrica para cargar las baterías o accionar el motor eléctrico. Esto aísla mecánicamente el compartimiento del motor ruidoso desde el casco resistente exterior y reduce la firma acústica del submarino

En la propulsión diésel-eléctrica se requieren los siguientes equipos principales que son: motor diésel, generador, baterías y motor eléctrico. En el proceso de arranque y trabajo, el motor diésel necesita hacer snorkel porque este sistema requiere de aire, este proceso es el punto débil del submarino diésel-eléctrico. El motor diésel va a generar energía que entregará al generador para producir la electricidad que va a alimentar a las baterías. El motor eléctrico está conectado al eje que va a girar las hélices para mover el submarino. La cámara de máquinas donde se sitúan los equipos de la propulsión está en la parte de popa del submarino. El submarino Type 206, con un desplazamiento aproximado de 500 toneladas tiene 2 motores diesel generadores MTU 12V493AZ de 600 hp cada uno y 1 Siemens electric para dar una velocidad máxima de 17.5 nudos. El submarino Type 209 con un desplazamiento aproximado de 1.200 toneladas tiene 4 diesel generadores MTU12V493 TY60 de 600 hp y 1 Siemens electric para dar una velocidad máxima 22 nudos. El submarino S-70 con un desplazamiento aproximado de 1.700 toneladas tiene 2 motores diésel de 3.600 hp y 1 motor eléctrico de 3.500 kW para dar una velocidad máxima 20.5 nudos. El submarino óptimo para la Real Armada Tailandesa tendrá una velocidad máxima de 20-25 nudos en inmersión y 10-15 nudos en superficie.



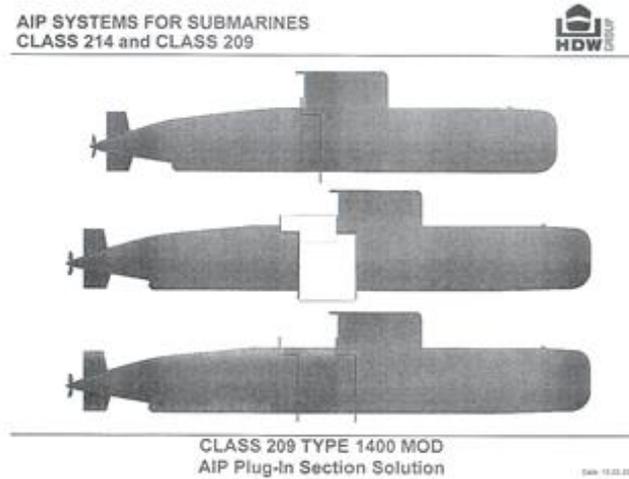


Figura 4-3 El submarino con el sistema AIP instalado

Teniendo en cuenta las *estrategias* y *misiones* principales a realizar por la Real Armada Tailandesa (defensa de las aguas territoriales tailandesas, la protección de los recursos y beneficios de los mares y la vigilancia y patrulla en la zona dirigida), la Real Armada Tailandesa tendrá que poder operar en las tres dimensiones mediante el uso de aeronaves navales, buques de superficie y submarinos. La idea de tener un submarino llamará más la atención a nivel internacional en lo que a fuerza y poder naval se refiere. Las capacidades requeridas del submarino óptimo para aguas Tailandesas serán que, la distancia operativa de ida y vuelta con operación incluida ha de ser mayor de 3.600 millas, la velocidad tendrá que ser entre 6-8 nudos para tránsitos de 18-25 días y poder permanecer en la zona de la operación por lo menos 5 días.



Figura 4-4 La carta con las derrotas desde Tailandia

Las tácticas navales aprovechan al submarino por la ventaja de tener la capacidad de navegar bajo el agua y debido a la dificultad de detección por parte de otras armadas, el submarino es la mejor opción para operaciones de reconocimiento ya que tiene la capacidad de poder entrar la zona de conflicto

## ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.

o acercarse a la fuerza enemiga sin llamar su atención. Al tratarse de un submarino de guerra, su armamento estará compuesto por torpedos pesados de 533 mm para destruir a blancos de superficie u otros submarinos y por minas. El tubo del torpedo pesado de 533 mm tiene una longitud de 4,1-7,5m y las minas pueden ser lanzadas también por el mismo tubo. El submarino motivo de nuestro proyecto tendrá de 4-6 tubos de torpedos localizados en proa y hasta 20 torpedos y 20 minas alojados en el pañol.

Como ya se ha visto, las condiciones ambientales y geográficas del golfo de Tailandia y la mar Andaman son distintas y una de las mayores diferencias reside en la profundidad de ambos mares por lo que en este trabajo fin del grado se propondrá un submarino con un desplazamiento entre 1.000-1.800 toneladas con innovaciones diseñadas para operar en aguas poco profundas y en mar abierto.

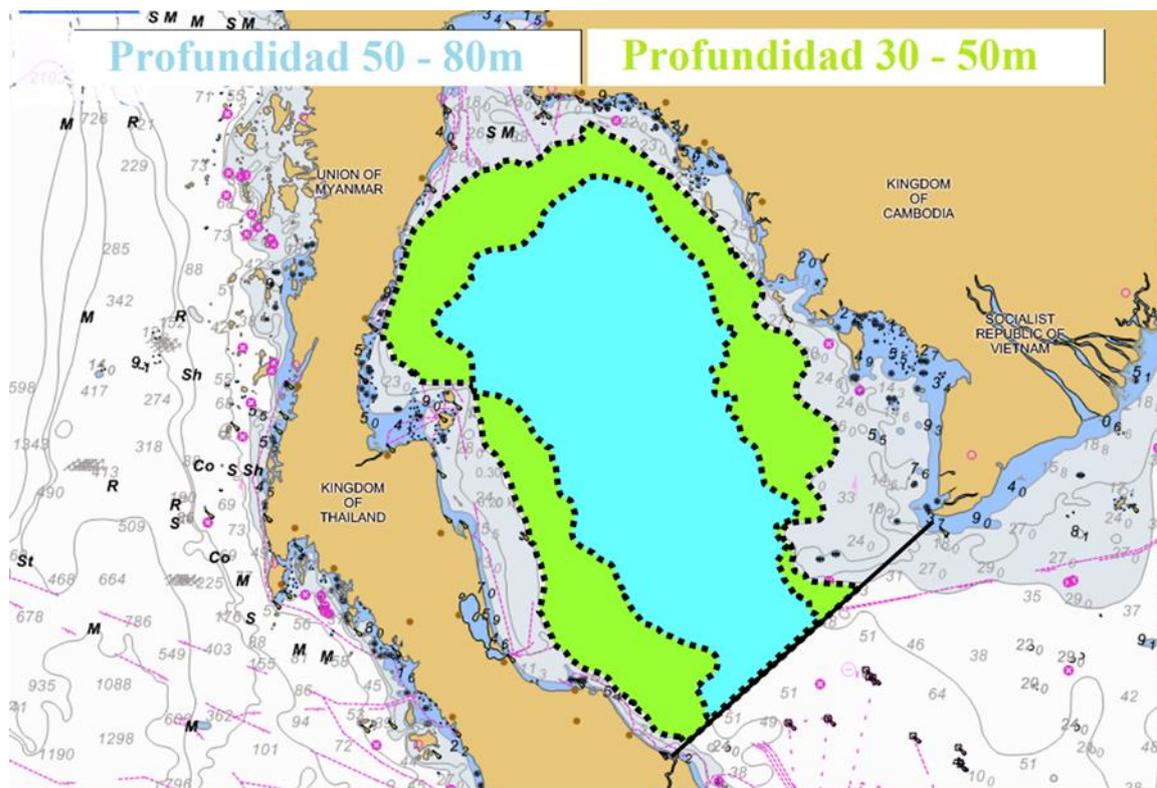
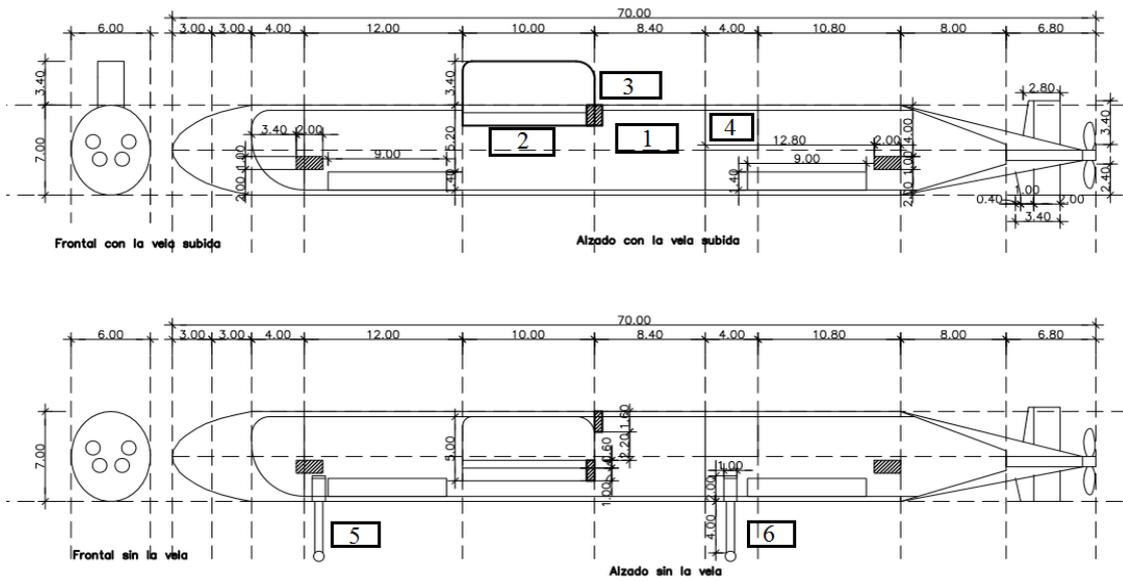


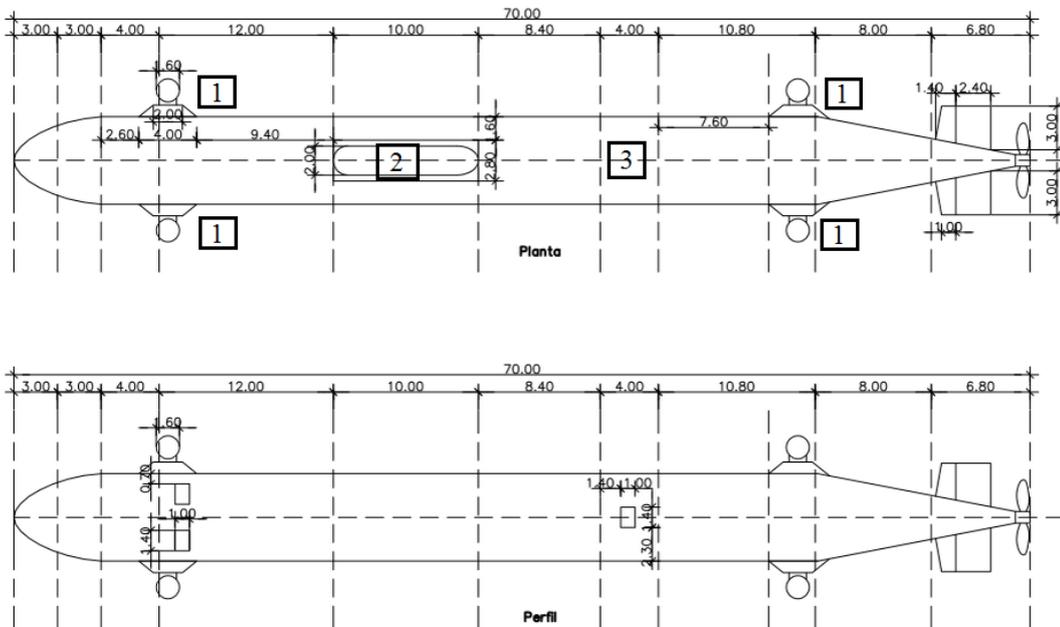
Figura 4-5 La carta del golfo de Tailandia que hay profundidad entre 30-50m.

A continuación se muestran los planos 2D del submarino propuesto en este trabajo fin de grado.



1. El puente y C.I.C. fijo
2. El segundo puente (caso de la vela extendida)
3. Las cajas conectada entre la vela y C.I.C. y tubos de aire entre snorkel y el motor
4. Plataforma elevadora
5. Los apoyos en proa (2)
6. El apoyo en popa (1)

Figura 4-6 El plano 2D del submarino (1)



1. Hélices auxiliares (4)
2. La vela
3. Plataforma elevada

Figura 4-7 El plano 2D del submarino (2)

El nuevo submarino motivo de este trabajo fin de grado mantendrá las capacidades principales de cualquier submarino convencional, pero se han realizado al mismo tiempo las siguientes innovaciones tecnológicas, las cuales resolverán y se adaptarán a ciertos condicionantes de los mares donde se realizará la misión:

## Vela retráctil

### 1. Cálculo de la Profundidad operativa del Submarino

Todo submarino normal de tamaño medio navega teniendo en cuenta una profundidad de seguridad entre 20-30m y ha de rondar normalmente 10m del fondo, además se cuenta también el calado de los buques superficies lo que puede evitar un choque con los buques superficies o los obstáculos en el fondo. En el caso del submarino motivo de estudio y desarrollo se ha disminuido dicha altura haciendo la vela retráctil. Como es conocido, la vela tiene la función principal de proteger a una serie de elementos como son: las torretas que hacen de periscopio de observación, al periscopio de ataque, al snorkel, a los mástiles de comunicación, radares, a las puertas de acceso y a las luces que favorecen la navegación. En nuestro caso, todos estos elementos cambiarán su configuración y se situarán en otra posición para hacer que la vela pueda subir y bajar sin problemas. Habrá por lo tanto dos puentes, uno fijo y otro cuando la vela está extendida.

A continuación se muestra la diferencia en metros de altura de un submarino con vela extendida y sin vela extendida:

Submarino	La profundidad de seguridad(m)	La profundidad total operada(m)
Con la vela, mástiles, snorkel y periscopios (altura 15m)	20	35
Con la vela, mástiles, snorkel y periscopios (altura 15m)	30	40
Sin la vela (altura 7m)	15	30
Sin la vela (altura 7m)	20	35

Tabla 4-1 La relación entre la altura del submarino

Por lo tanto de la tabla 4-1, se deduce que el submarino sin vela (vela recogida) puede operar en un área cuya profundidad sea 5-10m menos que el submarino con la vela extendida.

En los submarinos convencionales, el puente y el C.I.C. están debajo de la vela por motivos de uso de los periscopios y los mástiles desde los equipos que dan servicio a dichos elementos. En nuestro submarino, tanto el puente como el C.I.C se encontrarán a popa del alojamiento de la vela para la navegación sin vela. En el puente fijo se encontrarán también ambos periscopios para la observación y el ataque rápido cuando no esté la vela subida. Cuando el submarino tiene la vela extendida, el puente que operará como tal estará debajo de la vela e instalándose en dicha zona una caja de cables de los mástiles para conectarse entre la vela y C.I.C. Cuando las dos cajas se conecten, se pasa el control y los datos de los mástiles a las consolas para así tener todos los sistemas operativos como un submarino normal usando los periscopios de la vela. La maniobra de subir y bajar la vela debería ser tan silenciosa como fuese posible y debería hacerse en una zona sin amenazas, por ejemplo, un poco después de la salida del puerto o un poco antes de la entrada al puerto.

Debido a que el submarino es un submarino diésel-eléctrico, el proceso snorkel para arrancar los motores diésel es necesario. Sin la vela, el submarino hará la operación de snorkel mediante 2 mangueras flexibles que están conectados con el sistema de la propulsión. Las cabezas serán lanzadas a la superficie y el aire pasará por las mangueras. En superficie se verá como una boya para evitar a la detección. Cuando el submarino tenga la vela subida, la operación se efectuará con el snorkel de la vela como en un submarino convencional. Es importante saber que existe un punto en el cual se conectarán los tubos de la vela con los tubos que vienen de la cámara de máquinas para así poder arrancar el motor diésel mediante las mangueras flexibles o bien haciendo snorkel.

El hecho de implementar la innovación de una vela retráctil a nuestro submarino no solo tendrá ventajas en los que a la profundidad de operación se refiere, dicha innovación afectará también en la resistencia al avance del submarino (resistencia hidrodinámica) y por lo tanto, a un ahorro de potencia que tendrá consecuencias en un ahorro de energía, lo que dará lugar a una mayor permanencia en inmersión.

## 2. Cálculo de la Resistencia de Remolque y Potencia de Remolque

Como se sabe, la resistencia al avance de un cuerpo en inmersión profunda, en un fluido ideal, es nula. Sin embargo, en un fluido real, se desarrolla una capa límite alrededor del cuerpo que produce una fricción y que además altera la distribución de presiones a su alrededor dando lugar a una resistencia que puede ser considerable y que es uno de los principales componentes de la resistencia residual o de forma, las dos de origen viscoso. Según los conceptos básicos sobre la resistencia al avance, la resistencia al avance del casco de un submarino incluido su vela, alerones y timones debería ser minimizada al máximo para que el submarino pueda tener el máximo rendimiento posible. La resistencia de formas o residual es como una resistencia debida a la forma, a la variación de presión dinámica que actúa sobre el cuerpo en inmersión. El coeficiente de resistencia friccional se define como el cociente entre la fuerza de fricción y la superficie mojada del cuerpo sumergido afectado por el factor de la presión dinámica (factor  $q$ ).

$U$  = velocidad del cuerpo sumergido

$$q = \frac{1}{2} \delta U^2$$

El nº de Reynolds ( $Re$ ) =  $L \cdot U / \mu$

La resistencia de fricción es  $R_f = C_f \cdot q \cdot S = (C_f + \Delta C_f) \cdot \frac{1}{2} \delta U^2 \cdot S$

$C_f = 0.075 / (\log Re - 2)^2$   $Re$  es número de Reynolds que se obtienen, para la viscosidad del agua de mar y unas esloras de 60 a 70m

La resistencia residual es  $R_r = C_r \cdot q \cdot S = k \cdot (C_f + \Delta C_f) \cdot \frac{1}{2} \delta U^2 \cdot S$

La resistencia total (del cuerpo desnudo) es  $R_t = \frac{1}{2} \delta U^2 \cdot [(1+k) \cdot (C_f + \Delta C_f)] \cdot S$

Con las formulas anteriores de la resistencia total

Y suponiendo que:

La velocidad ( $U$ ) = 20 nudos = 10 m/s

Longitud del submarino ( $L$ ) = 70 m.

La viscosidad cinemática del agua salada ( $\mu$ ) =  $1,17 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$\delta = \rho g = 10,0454 \text{ Tn/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$Re = 695.134.061,6$$

$$C_f = 1,602 \times 10^{-3}$$

**ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.**

$\Delta C_f = 0.0004$

$k = 0.145$

Superficie mojada total con la vela recogida = 2.274,3221 m<sup>2</sup>

Superficie mojada total con la vela extendida = 2.348,4666 m<sup>2</sup>

La resistencia total (del cuerpo desnudo) con la vela recogida = 271 kN

La resistencia total (del cuerpo desnudo) con la vela extendida = 280 kN

La diferencia de valor de la resistencia total entre 2 casos es 9 kN

Potencia de remolque del cuerpo = La resistencia total (Rt) x Velocidad

Velocidad 20 nudo (10 m/s) con con la vela recogida: Potencia = 271 x 10 = 2710 kW

Velocidad 20 nudo (10 m/s) con con la vela extendida: Potencia = 280 x 10 = 2800 kW

**Los resultados de varias velocidades se presentan en la tabla siguiente:**

Velocidad (nudos)	Resistencia total (kN) con la vela recogida	Resistencia total (kN) con la vela extendida	Potencia (kW) con la vela recogida	Potencia (kW) con la vela extendida	La diferencia de la potencia entre 2 casos (kW)
2	3,529	3,644	3,529	3,644	0,115
6	27,8	28,71	83,4	86,13	2,73
12	102,97	106,334	617,82	638,004	20,184
20	271	280	2710	2800	90
25	411,84	425,25	5.148	5.315,68	167,68
30	585,31	604,33	8.779,65	9.065	285,35
35	784,54	810,19	13.729,55	14.178,35	448,80
40	1.011,62	1.044,64	20.232,41	20.892,96	660,55

Tabla 4-2 Los valores de la resistencia total y la potencia de remolque de cada velocidad

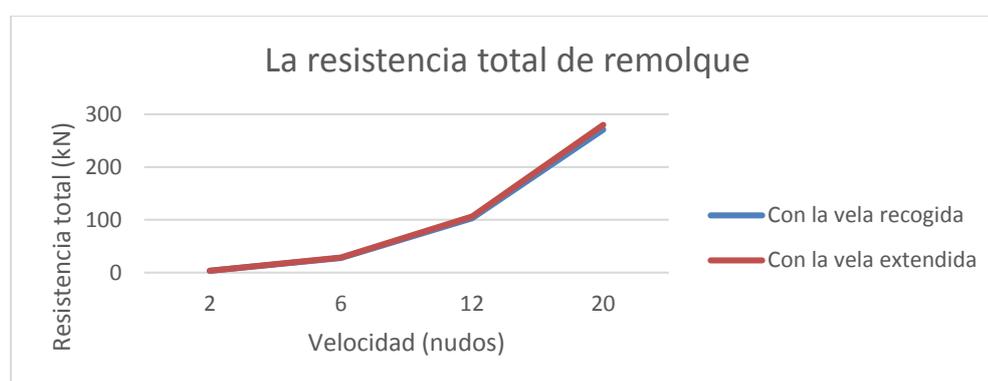


Figura 4-8 La resistencia total de remolque (1)

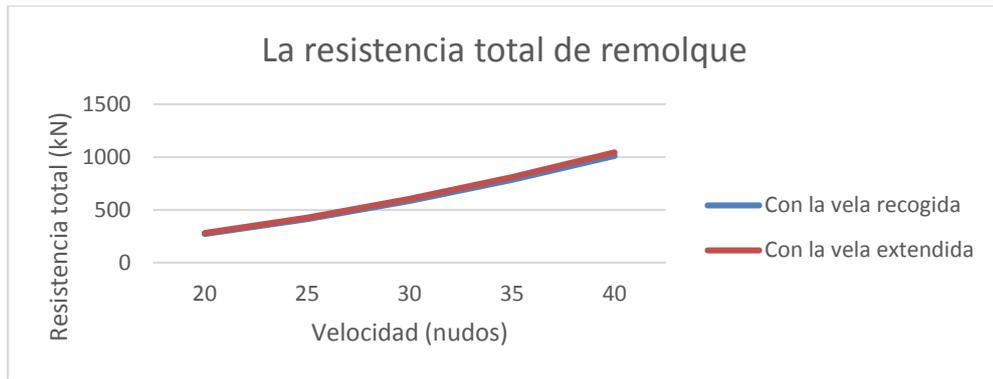


Figura 4-9 La resistencia total de remolque (2)

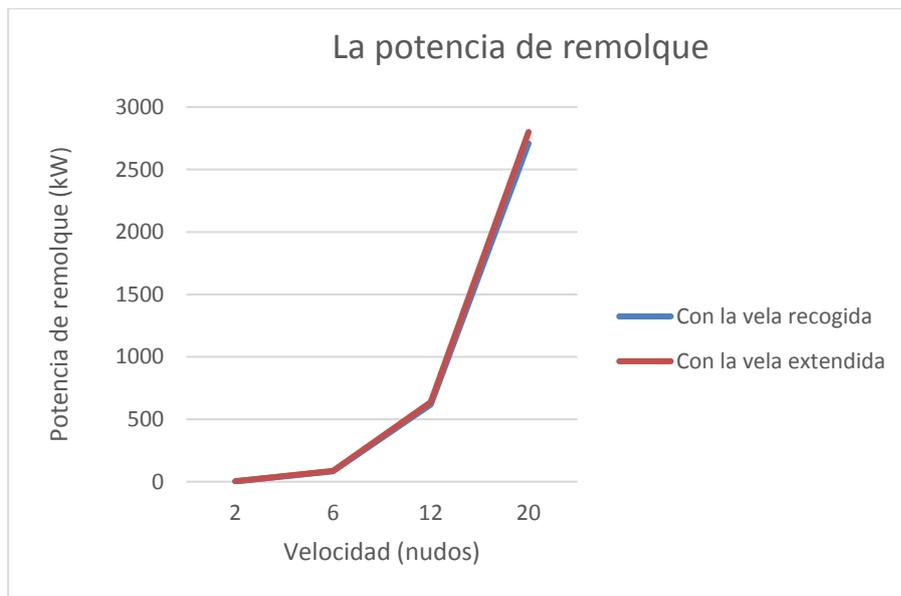


Figura 4-10 La potencia de remolque (1)

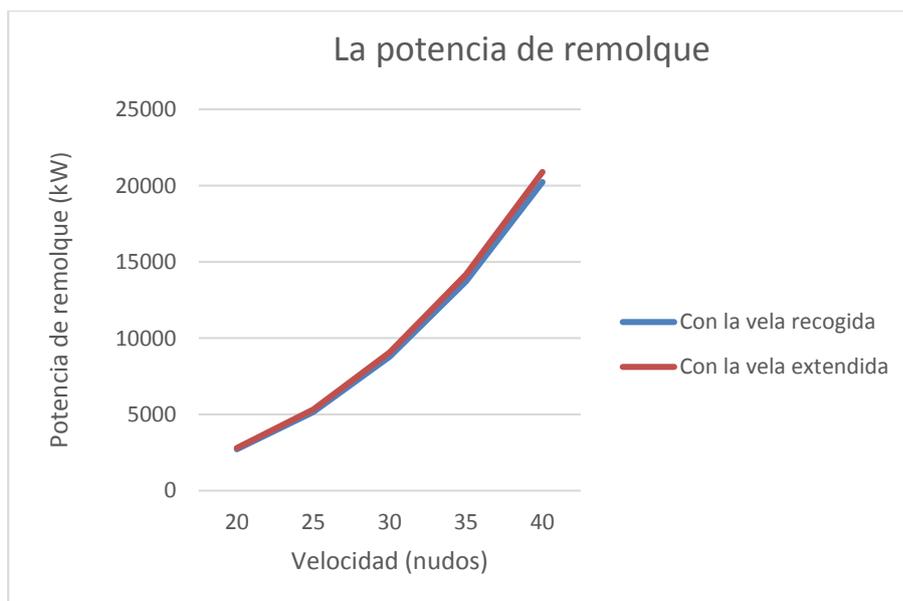


Figura 4-11 La potencia de remolque (2)

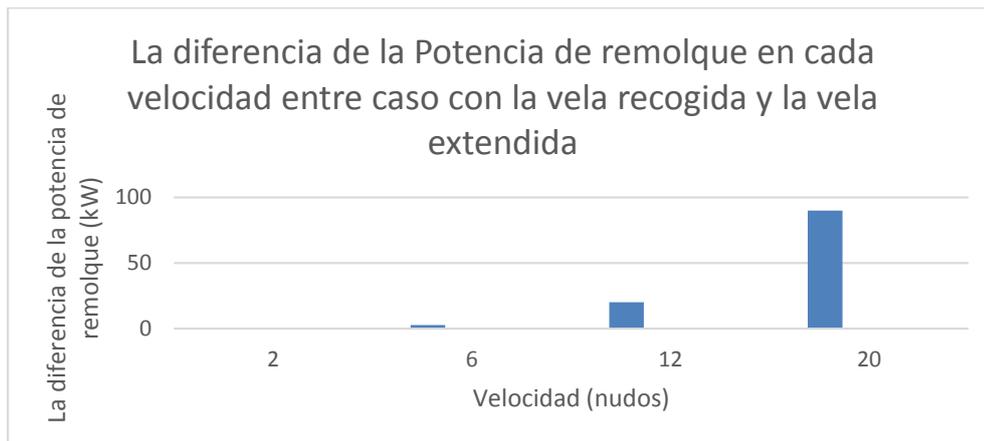


Figura 4-12 La diferencia de la potencia de remolque en cada velocidad entre caso con la vela recogida y la vela extendida (1)

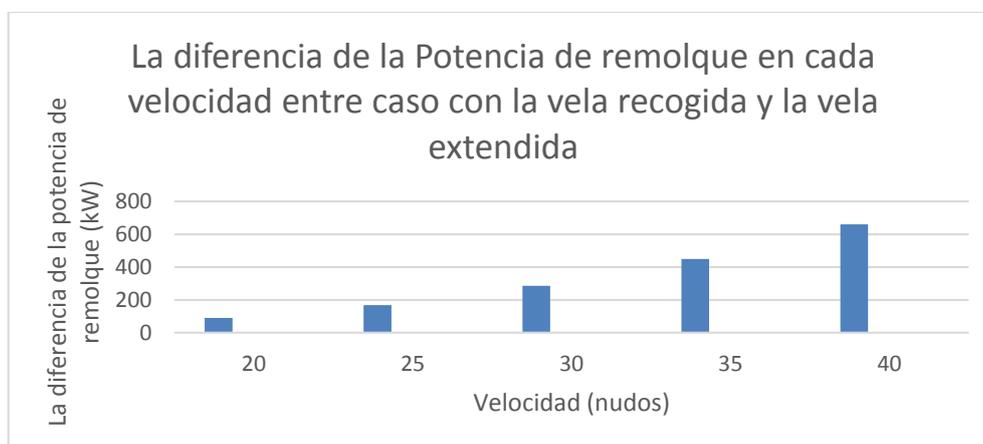


Figura 4-13 La diferencia de la potencia de remolque en cada velocidad entre caso con la vela recogida y la vela extendida (2)

### 3. Cálculo de la Corriente distribuida al motor eléctrico

Para calcular la corriente distribuida al motor eléctrico, cada cámara de baterías produce 320-400 V y sabiendo que en el submarino existen 2 cámaras de baterías, se supone que el motor eléctrico produce 720 V y 800 V.

$$P = V \times I$$

P: Potencia (W)

V: Tensión (V)

I: Corriente (A)

Velocidad 20 nudos	Potencia (kW)	Tensión (V)	Corriente (A)
Con la vela recogida	2710	720	3.763,88
Con la vela extendida	2800	720	3.888,89
Con la vela recogida	2710	800	3.375,50
Con la vela extendida	2800	800	3.500,00

Tabla 4-3 Los valores de la propulsión eléctrica para la velocidad de 20 nudos

La diferencia de corriente para el motor eléctrico entre el caso de la vela recogida y la vela extendida de la tabla 4-3 en el caso de  $V = 720$  es 125,01 A y en el caso de  $V = 800$  es 124,5

Velocidad 40 nudos	Potencia (kW)	Tensión (V)	Corriente (A)
Con la vela recogida	20.232,41	720	28.100,57
Con la vela extendida	20.892,96	720	29.018,00
Con la vela recogida	20.232,41	800	25.290,51
Con la vela extendida	20.892,96	800	26.116,20

Tabla 4-4 Los valores de la propulsión eléctrica para la velocidad 40 nudos

La diferencia de corriente para el motor eléctrico entre el caso de la vela recogida y la vela extendida de la tabla 4-4 en el caso de  $V = 720$  es 917,43 A y en el caso de  $V = 800$  es 825,69 A

De la Tabla 4-2 se puede deducir la diferencia de valores de la potencia para distintas velocidades del submarino. A mayor velocidad mayor la diferencia entre el caso de la vela recogida y caso de la vela extendida. Se puede deducir entonces que, con la vela recogida podría usarse menor energía que con la vela extendida.

De la figura 4-12 y 4-13 también se deduce que la diferencia entre los 2 casos aumentará cuando se aumenta la velocidad del submarino. La diferencia de consumo de energía con la vela recogida respecto a con la vela extendida será mayor a medida que aumenta la velocidad. Esta ventaja se aprovecharía en operaciones de ataque a blancos que deberían hacerse a velocidades altas para entrar en el área de alcance de armas y salir de ella rápidamente.

De la tabla 4-3 y 4-4 se puede deducir la diferencia entre el caso de la vela recogida y la vela extendida, deduciendo que el caso con la vela recogida se necesita menor corriente distribuida al motor eléctrico, pudiendo así ahorrar energía consumida en el submarino.

#### 4. Cálculo de la flotabilidad del Submarino

Vamos ahora a estudiar el mecanismo de flotabilidad de nuestro submarino:

M: masa total del submarino

Fb: fuerza de flotabilidad,  $Fb = \rho g V$

V: Volumen sumergido

$\dot{x}, \ddot{x}$  : Velocidad y aceleración en horizontal en la dirección.

$\dot{y}, \ddot{y}$  : Velocidad y aceleración en vertical en la dirección.

$$M_{total} = Fb = \rho g V$$

- Cuando el submarino esta flotando en la superficie, los tanques de lastre estan vacios:  
 $\dot{y}, \ddot{y} = 0, M_{total} = Fb = \rho g V$
- Cuando el submarino está cambiando el nivel de la profundidad, los tanques de lastre se están relleno de agua.  
 $M_{total} = M_{submarino} + M_{de\ agua\ relleno} : M_{total} g > Fb = \rho g V$   
 $\dot{y}, \ddot{y} \neq 0, M_{total} * g - Fb = M_{total} \ddot{y}, M_{total} g - \rho g V = M_{total} \ddot{y}$
- Cuando el submarino está sumergido totalmente, los tanques de lastre están llenos de agua.

$$\dot{y}, \ddot{y} = 0, M_{total} = M_{submarino} + M_{tanques\ llenos\ de\ agua} : M_{total} g = Fb = \rho g V$$

Para el submarino del trabajo fin de grado que nos ocupa, la masa (M) del submarino en los 2 casos (con la vela recogida y con la vela extendida) serán iguales. La diferencia es el volumen. Cuando el submarino tiene la vela extendida, tendrá más volumen. El volumen de la vela = 45,862 m<sup>3</sup>. Si se supone el volumen del submarino en el caso de la vela recogida es V, sabemos que el volumen del submarino en caso de la vela extendida es V+45,862 m<sup>3</sup>. Se puede considerar entonces que la velocidad en los 2 casos no será la misma para la misma potencia dada para cambiar la profundidad del submarino desde superficie. Por otro lado se podría decir que el submarino requiere distinta cantidad del agua para cambiar la profundidad en el caso de la vela recogida y caso la vela extendida debido al cambio de volumen. La cantidad de agua de relleno se variara con el volumen.

## 5. Diseño 3D del prototipo de Submarino sin y con vela

A continuación se muestra el modelo 3D realizado de nuestro submarino con la vela recogida y con la vela extendida respectivamente.



Figura 4-14 El submarino con la vela recogida



Figura 4-15 El submarino con la vela extendida

## **Implementación de Hélices auxiliares**

### **1. Operatividad de Submarino con hélices auxiliares**

Para mejorar la maniobrabilidad del submarino este submarino es dotado de 4 hélices auxiliares, 2 hélices a proa y otras 2 a popa. Mediante este sistema el submarino podría moverse en horizontal, vertical y lateral debido al giro y orientación de dichas hélices. Debido a que las aguas en las que operaremos serán poco profundas, esta maniobrabilidad en un espacio la buena maniobrabilidad hará que el submarino sea más eficaz y eficiente si cabe en la misión que se le haya encomendado. Para aumentar la resistencia al avance en condición de navegación a altas velocidades, dichas hélices podrán ser alojadas en el interior del submarino, y para ello el eje de las hélices será retráctil, saldrá cuando se usen y se alojarán en el interior cuando finalice su misión. Las hélice podrán girar hasta 90° para movimientos en vertical y horizontal e incluso también en la lateral. Las hélices serán a su vez de paso variable para invertir el sentido de la marcha.

### **2. Diseño 3D de prototipo de Submarino con hélices auxiliares**

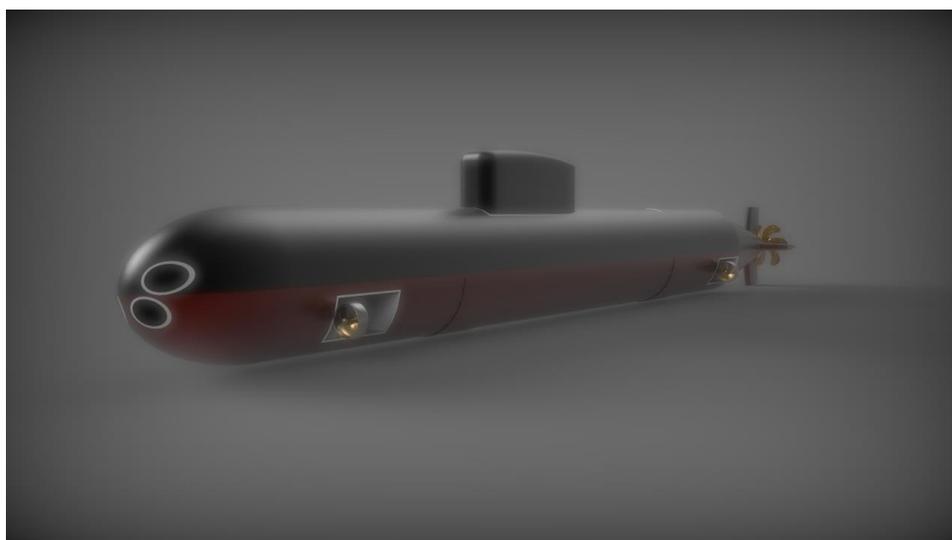


Figura 4-16 El submarino con las hélices auxiliares

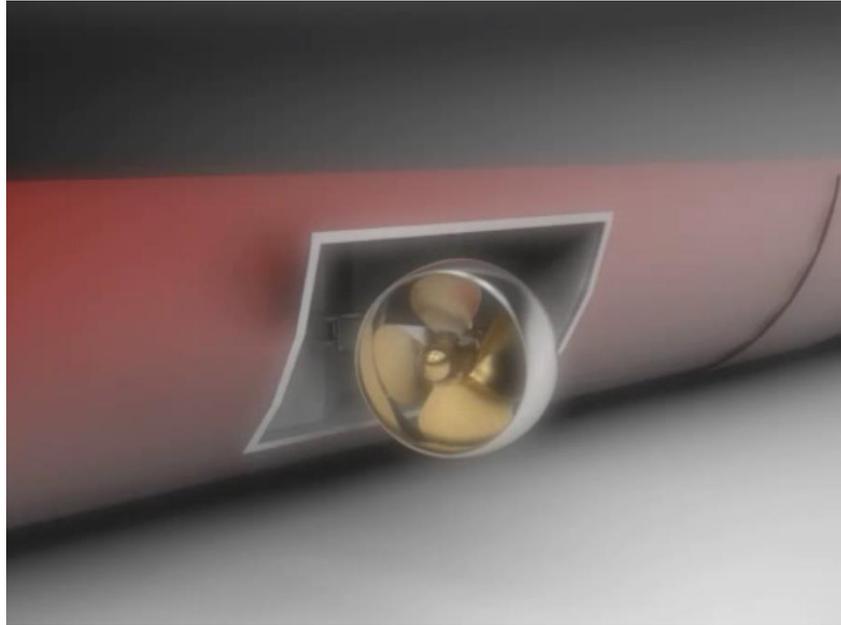


Figura 4-17 La hélice auxiliar

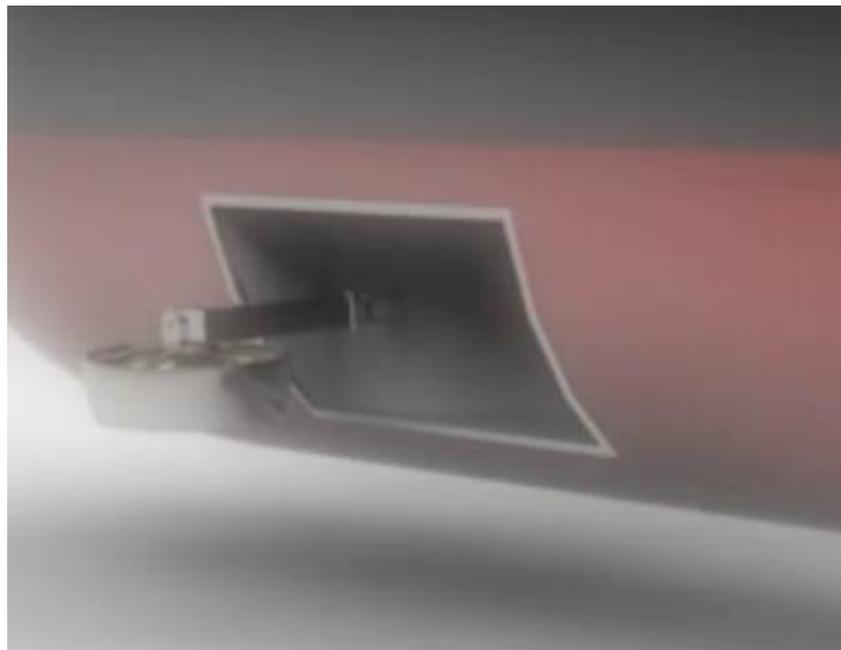


Figura 4-18 La hélice auxiliar para el movimiento vertical

## Sistema de apoyos de oruga

### 1. Operatividad del Submarino con sistema de apoyos de oruga

Al submarino objeto de este trabajo fin de grado se le ha dotado también de 3 puntos de apoyo móviles, 2 puntos en proa a ambos lados del eje central del submarino y otro punto a popa justo en el centro del submarino. Dicha innovación tiene varios objetivos dentro de los cuales destacaremos el hacer de descanso al submarino en el fondo ahorrando así energía y ocultándose en zonas aptas para ello. El submarino podrá entrar al área de su operación o de ataque antes de la operación y ocultarse esperando hasta comience la operación. El submarino tendrá la posibilidad de moverse por el fondo mediante las orugas (tipo carro de combate) dispuestas para dicho fin, aunque esta maniobra dependerá del tipo del fondo en que nos encontremos. Los puntales, los cuales hacen de apoyo también tendrán la propiedad de ser retractiles, y pueden ser extendidos o recogidos según se requiera mediante un sistema eléctrico e hidráulico. En caso de estar recogidos estos tendrá un alojamiento interno. Dicho sistema estará controlado desde el puente, como si del tren de aterrizaje de un avión se tratase. En la función de dar movimiento al submarino, las dos ruedas de orugas de proa van a funcionar como las ruedas de dirección de un coche pudiendo caer a babor o estribor según necesidades del terreno y es la oruga de popa la que funciona como rueda tractora y da la tracción principal al sistema motriz. Este sistema estará dotado de un dispositivo de emergencia, el cual se hará actuar cuando el submarino tenga que moverse rápidamente de un punto fijo, es decir, cuando no le de tiempo para la maniobra de llevar orugas cuando el enemigo lance un ataque contra el submarino.

### 2. Diseño 3D de prototipo de Submarino con sistema de apoyos de oruga

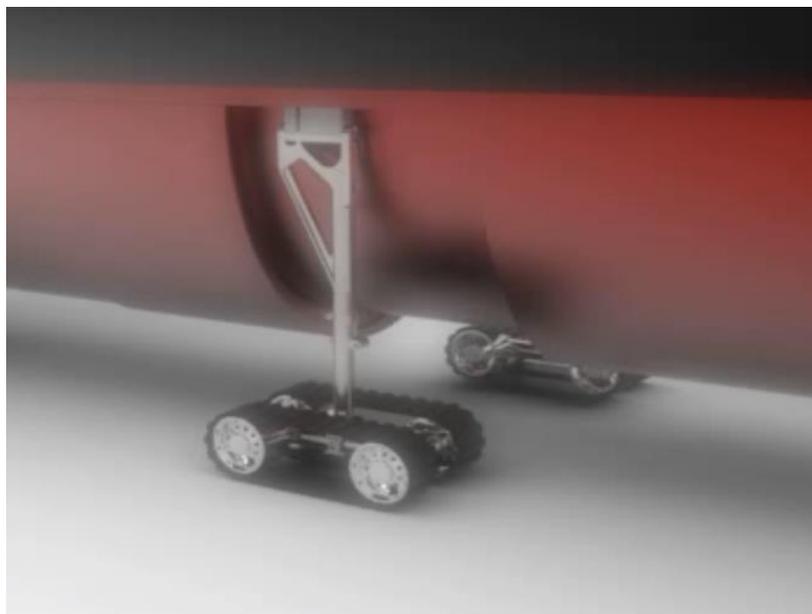


Figura 4-19 Los apoyos de oruga en proa

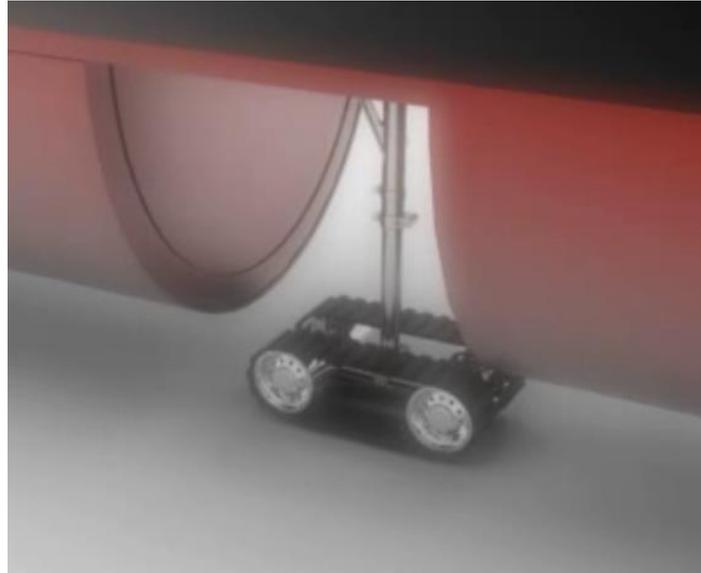


Figura 4-20 El apoyo con oruga en popa

## **Plataforma Elevadora**

### **1. Operatividad del Submarino con plataforma elevadora**

Está situada entre C.I.C. y la cámara máquinas con la idea de mejorar las misiones del grupo de guerra naval especial (submarinistas especializados en guerra naval). La RHIB se subirá a la superficie con los SEAL embarcados y estos irán a sus blancos. Dicha plataforma se empleará mucho en casos de piratería, redes ilegales de tráfico de drogas, armas, etc. Con dicha plataforma podrán realizarse operaciones con rapidez y sin llamar atención a los sospechosos. Además se podrá emplear para realizar operaciones conocidas como SAR (Search And Rescue) cuando haya un accidente en la mar.

### **2. Diseño 3D del prototipo de Submarino con plataforma elevadora**

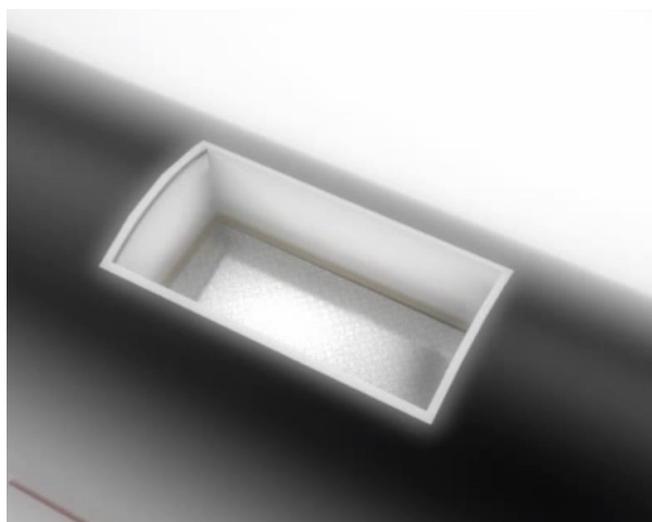


Figura 4-21 La plataforma elevadora

## ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.

Por las innovaciones tecnológicas llevadas a cabo, el submarino considerado como óptimo para el trabajo fin de grado dará más flexibilidad en lo que a la misión y operación a la cual vaya a ser destinado. Según las condiciones del golfo de Tailandia (poco calado y fondo arenoso) la primera restricción a considerar será que nuestro submarino tendrá que tener un desplazamiento entre las 400-1.000 toneladas. La propulsión adoptada será una propulsión diésel-eléctrica por el condicionante económico y de tamaño limitado. El submarino tendrá los sistemas de armas, comunicaciones, detección y protección para cumplir las misiones que se van encomendar tal y como se ha descrito en apartados anteriores. Aunque el submarino tendrá un desplazamiento de 1.000-1.800 toneladas debido a la necesidad de un mínimo tamaño para albergar a toda la dotación, será capaz de operar en aguas poco profundas por el sistema de la vela retráctil. Podrá operar tanto en el golfo de Tailandia como en el océano como cualquier submarino normal. Además, las tres modificaciones realizadas (hélices laterales, apoyos y plataforma), harán de este submarino un submarino innovador con una mejora considerable en las capacidades de operación siendo puntero en misiones de vigilancia costera.

## 5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Las conclusiones a las que se ha llegado con la realización de este trabajo fin de grado “ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA”, y una vez realizados los diversos análisis, cálculos e implementaciones tecnológicas convenientes al submarino tomado como base, han dado lugar a pasar de un submarino que tendría en un principio de 400 - 1.000 toneladas de desplazamiento, derivado ello de las condiciones de poco calado (aguas poco profundas) de la zona o zonas en las que operará nuestro submarino (golfo de Tailandia), lo que daría lugar a espacios reducidos, tanto para dotación como para estiba de armas y equipos, a la elección final, tras aplicación de ciertas modificaciones tecnológicas (vela retráctil), de un submarino que tendrá en torno a las 1.500 - 1.800 toneladas de desplazamiento.

Por otro lado, se ha seleccionado como propulsión, la propulsión diésel-eléctrica para nuestro submarino, debido a que, tanto la propulsión nuclear, como la propulsión con el sistema AIP supondrían un coste que no sería justificable de cara a las misiones a desarrollar en las aguas poco profundas (con poco calado) del Golfo de Tailandia, con zonas muy limitadas geográficamente (poco recorrido para aprovechar la velocidad elevada de un submarino nuclear), y no necesitando en ellas gran permanencia en inmersión.

El submarino seleccionado tendrá los sistemas de armas, comunicación, detección y protección necesarios para cumplir las misiones a las que va a ser destinado. Con el nuevo sistema de vela Retractable tendrá dos modos de control de navegación y operación pudiendo operar tanto en el golfo de Tailandia (vela recogida) como en el océano (vela extendida) como submarino normal.

Con el sistema de apoyo con orugas el submarino podrá ahorrar su energía y quedarse en su zona operativa bajo el agua durante un periodo más largo ya que no necesita tener las hélices en movimiento para mantenerse en equilibrio.

El submarino ganará en maniobrabilidad en las aguas del golfo de Tailandia con sus hélices auxiliares laterales, las cuales, ayudarán también en la maniobra de elevación de la vela, para librarse de posibles obstáculos que pudiesen existir en el área de acción. Además, y debido a las aguas en las que operará nuestro submarino, con un gran tráfico ilegal, el submarino estará dotado de una fuerza naval especial embarcada para misiones contra piratería, ruta ilegal de mercancías, SAR (search and rescue) y misiones navales especiales. Para ello, se ha dotado al submarino de una plataforma elevadora sobre la cual estarán situados los marines que harán las misiones de fuerza naval especial. Dicha plataforma tendrá un movimiento vertical de acercamiento a la superficie para que dichos marines puedan ascender y cumplir la misión encomendada.

Centrándonos en la parte más importante de las innovaciones realizadas en el submarino (vela retráctil) destacar que, con dicho sistema se aumentará el área operativa, pudiendo navegar en aguas poco profundas y ganando 8m de profundidad operativa en base a las profundidades de seguridad que tendrá que cumplir un submarino. Además de esta mejora considerable, el submarino reducirá la resistencia al avance, lo que dará lugar a una reducción de potencia para mantener la misma velocidad derivando esto a un ahorro que hará que el submarino pueda permanecer más tiempo en inmersión sin tener que recargar baterías y subir por lo tanto a la superficie a realizar la operación de snorkel. La vela retráctil también tendrá influencia en la flotabilidad, debido a que el volumen del submarino con la vela extendida es mayor que el volumen con la vela recogida, dicha diferencia será proporcional al agua a envarcar en los tanques de lastre para producir la inmersión del submarino, lo que da lugar a mayor tiempo en la operación de inmersión así como mayor energía necesaria por las bombas que absorben el agua al interior de los tanques de lastre.

ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE  
VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.

Todas las innovaciones realizadas mejorarán considerablemente las capacidades del submarino motivo de estudio siendo este capaz de afrontar las misiones encomendadas tanto en el Golfo de Tailandia como en el océano.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Jeffrey Tall, Submarinos y vehiculos sumergibles, Editorial LIBSA, 2004
- [2] David Miller y John Jordan, Modern submarine warfare, Editorial Salamander Book Ltd., 1987.
- [3] Siripong Boonrasri, Submarino de la Real Armada de Siam, Editorial Odient, 2004
- [4] «Web de La Real Armada Tailandesa,» Available: <http://www3.navy.mi.th/> [Último acceso: 27 enero 2015].
- [5] «Web de La Flota Naval de La Real Armada Tailandesa,» Available: <http://www.fleet.navy.mi.th/> [Último acceso: 7 enero 2015].
- [6] «Web de La primera division de La Real Armada Tailandesa,» Available: <http://www.nac1.navy.mi.th/> [Último acceso: 7 enero 2015].
- [7] «Web de La segunda division de La Real Armada Tailandesa,» Available: <http://www.nac2.navy.mi.th/> [Último acceso: 7 enero 2015].
- [8] «Web de La tercera division de La Real Armada Tailandesa,» Available: <http://www.nac3.navy.mi.th/> [Último acceso: 7 enero 2015].
- [9] «Web de La Gestión del conocimiento para los intereses nacionales Marine Project,» Available: <http://mrpolicy.trf.or.th/> [Último acceso: 4 enero 2015].
- [10] «Web de La Armada Española,» Available: <http://www.armada.mde.es> [Último acceso: 25 enero 2015].
- [11] «Web del Departamento de Hidrografia de la Real Armada Tailandesa,» Available: <http://www.hydro.navy.mi.th/> [Último acceso: 9 enero 2015].
- [12] «Web del Ministerio de Defensa de España,» Available: <http://www.defensa.gob.es/> [Último acceso: 23 enero 2015].
- [13] «Propulsion AIP por James Patton, » Available: <http://www.ara.mil.ar/archivos/Docs/025%282%29.pdf> [Último acceso: 1 marzo 2015].

## 7 ANEXOS

### Como hacer que nuestro submarino flote

Cuando se mete un cuerpo en un líquido, este se hunde hasta que ha desplazado una cantidad de líquido igual a su propio peso. Los objetos que son más densos que el agua se hunden. La densidad se calcula dividiendo la masa entre el volumen y esta puede verse afectada por una serie de factores. Si tomamos por ejemplo una ballena, la capacidad de sus pulmones (el aire que hay en ellos) y su contenido de grasa influyen en su relación masa/volumen, dando una flotabilidad positiva (la ballena flota). Sin embargo, los tiburones, a causa de su estructura ósea y su forma compacta, son más densos que el agua y se hundirían hasta el fondo si no nadaran: tienen una flotabilidad negativa. En un pez, el volumen de aire de su vejiga natatoria se puede alterar según la profundidad sin alterar su masa (peso), por lo que mantiene una flotabilidad neutra. El cuerpo humano, con aire en los pulmones, tiene una flotabilidad normal a unos decímetros de la superficie, por lo que tiene que nadar para seguir a flote; pero, para llevar este cuerpo inflado a las profundidades, se necesitan pesos.

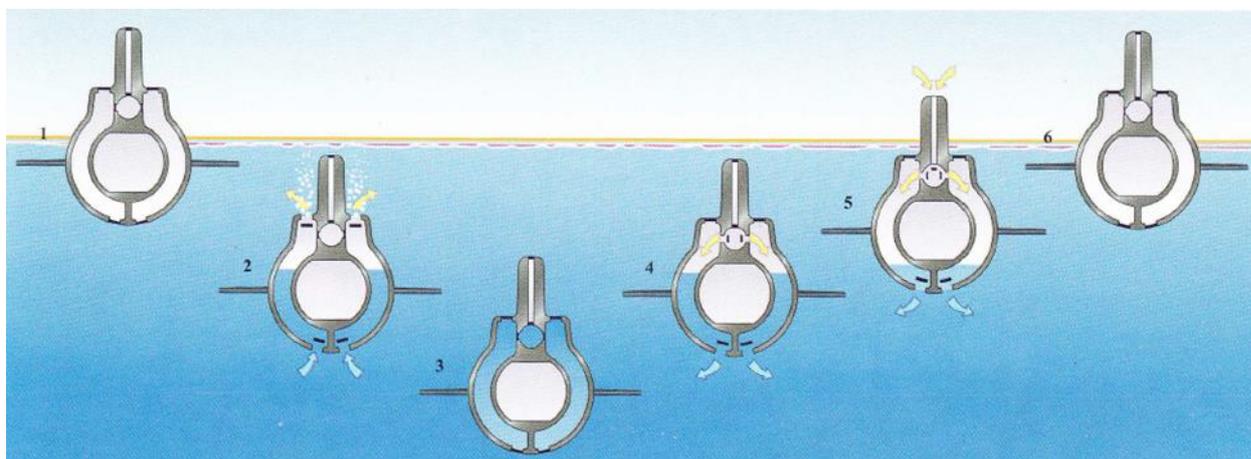


Figura 7-1 Como superar la flotación

1. El submarino con toda su flotabilidad está situado sobre el colchón de aire de los depósitos de lastre
2. Se abren las válvulas principales; el aire sale fuera y el agua entra y anula la flotabilidad positiva.
3. El submarino se hunde y consigue una flotabilidad neutra. Se cierran las válvulas principales.
4. Se insufla en los depósitos de lastre aire a presión, que expulsa el agua.
5. El submarino, ahora menos pesado (menos denso), empieza a subir.
6. El submarino, de vuelta en la superficie, con toda su flotabilidad.

## Estabilidad del submarino

### Desplazamiento en la superficie y sumergido

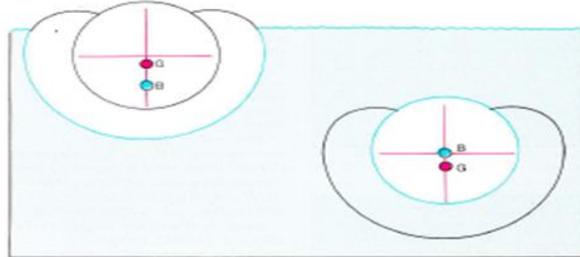


Figura 7-2 Desplazamiento en la superficie y sumergido

La carena del submarino influye en el volumen del agua desplazado por lo que, existe un control sobre la forma de dicha carena debido a que variará el volumen de agua desplazada.

Izquierda: En la superficie los tanques de lastre están vacíos del agua, y el aire ocupará el espacio.

Derecha: Cuando está sumergido, los tanques de lastre están llenos del agua; el submarino tiene el mismo peso pero el volumen de agua desplazada es mayor. El centro de carena (B) se ha movido a encima el centro de gravedad (G).

### Estabilidad del submarino en la superficie

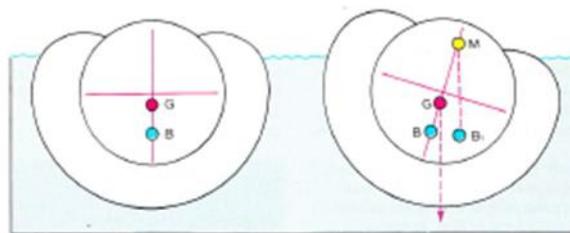


Figura 7-3 Estabilidad del submarino en la superficie

En superficie, el submarino tiene una situación parecida a los buques de superficie. Sin embargo, los tres puntos: B (centro de carena), G (centro de gravedad) y M (metacentro) tienen la misma posición relativa pero están mas cerca. Debido a que su forma es cilíndrica, no tiene elevada resistencia a los movimientos. Por lo tanto, el submarino tiene tendencia a dar la vuelta, haciendo su movimiento en la superficie incómodo.

## Efecto de la sumersión

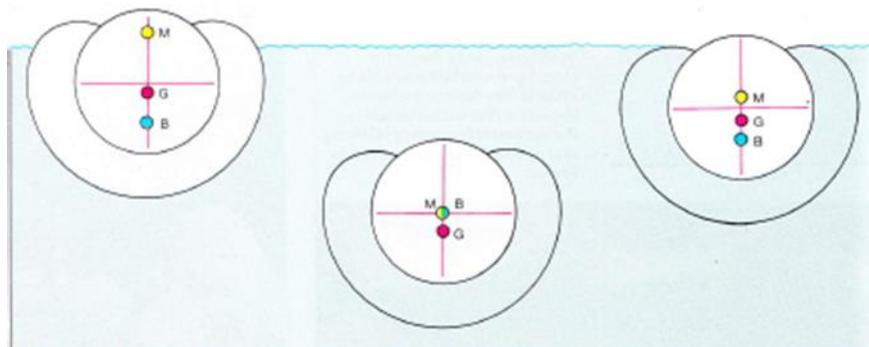


Figura 7-4 Efecto de la sumersión

Izquierda: El centro de carena (B) está por debajo del centro de gravedad (G) y su posición está bajo la línea central del submarino, mientras el metacentro (M) está por encima.

Derecha: Si el submarino está sumergiendo, el centro de carena (B) y el metacentro (M) están próximos el uno del otro.

Centro: El centro de carena (B) y el metacentro (M) están en el centro.

Durante el proceso, el punto de menor estabilidad se encuentra cuando el centro de carena (B) y el centro de gravedad (G) son coincidentes, pero no es peligro. Cuando el submarino asciende a la superficie, el agua está siendo achicada y los compartimentos o tanques están pasando a ser ocupados por aire, la altura del metacentro (GM) se convierá en negativa, y el submarino escorará. Los submarinos están dotados de unas válvulas que pueden restringir aire en partes altas de los tanques y aumentar aire en partes bajas.

## Como funciona un reactor nuclear

El calor que genera un reactor nuclear viene de la escisión de los átomos, un proceso llamando fisión. Cuando un átomo de uranio U-235 se bombardea con neutrones (pequeñas particulares de un átomo) y absorbe uno de esos neutrones, se vuelve inestable y se escinde. En este proceso, el átomo produce más neutrones (una media de 2,5 en cada fisión) que siguen dividiendo más átomos de uranio, lo que produce más neutrones y así sucesivamente. El resultado es una reacción en cadena. Una vez que dicha reacción genera un flojo suficiente de neutrones para el proceso siga, se ha llegado al punto crítico. Para impedir una sobreabundancia de neutrones, entre las barras de uranio se colocan unas barras de control hechas de un metal inerte (por ejemplo, hafnio, cadmio, boro) que absorba los neutrones. Al sacarlas, las placas de uranio quedan expuestas unas a otras y así se gradúa el flujo de neutrones.

Los neutrones desprendidos de un átomo escindido suelen ir demasiado rápido para puedan absorberlos otros átomos; para que la interacción sea segura, los neutrones se frenan mediante un moderador, que puede ser agua, gas o un metal líquido.

El calor lo generan los residuos de la fisión (los subproductos de un átomo escindido además de los neutrones, que pueden ser 200 o más) al chocar unos con otros: parte de su energía cinética (movimiento) la transforman en energía térmica (por fricción).

En la mayoría de los reactores submarinos nucleares se utiliza el agua como moderador y refrigerante. El líquido refringente –que fluye alrededor de las barras que contienen elementos combustibles- es el medio de eliminar el calor generado en el proceso de fisión. Como contiene impurezas radiactivas, este refrigerante está en el circuito cerrado (llamado circuito primario), que interactúa dentro de un generador de vapor con otro circuito de agua (el circuito secundario) que hierve y se convierte en vapor. Este vapor mueve el motor principal y los generadores de turbina. El circuito primario es a presión, elevando así la temperatura del agua hirviendo dentro de él a varios centenares de grados centígrados. Al mantener el agua del circuito primario como una masa homogénea se evita la cavitación (las burbujas), que dañan las barras de uranio.

Un reactor presurizado (a presión) refrigerado por agua tiene un funcionamiento de una elegante sencillez. Cuanto más vapor absorbe el generador del segundo circuito (por ejemplo, abriendo la válvula de paso del motor principal), más fría vuelve a entrar en el reactor el agua del circuito primario. Al estar más fría, es mayor el efecto moderador que, a su vez, frena más neutrones y mejora su flujo. Cuanto mayor es el flujo de neutrones, más grande es también el número de interacciones y más caliente sale el agua del reactor para atender la demanda de más vapor. Lo contrario también es cierto; una menor demanda equivalente a mayor temperatura residual, que reduce el flujo de neutrones.

Para detener este proceso, se insertan las barras de control entre las placas de combustible: a esto se le llama largar reactor.

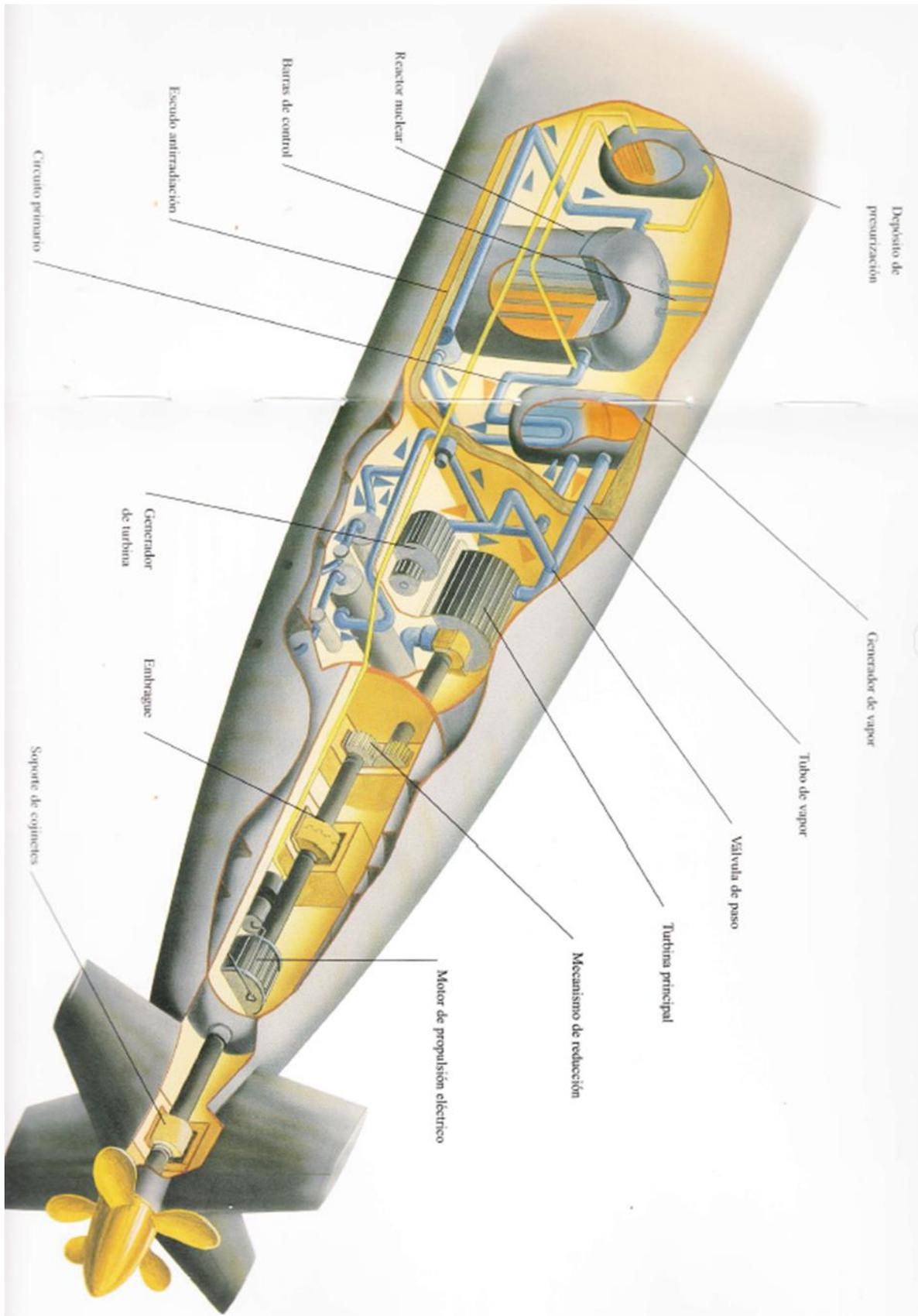


Figura 7-5 La propulsión nuclear

## El sistema de convoyes

A pesar de que los convoyes navales se habían utilizado en Gran Bretaña desde tiempo inmemorial, hubo una enorme oposición a su introducción durante la Primera Guerra Mundial tanto por parte del Almirantazgo como de la propia Marina mercante. El Conde Jellicoe, comandante en jefe de la Gran Flota, mantenía que los convoyes ofrecían un blanco demasiado grande. En diciembre de 1916, un memorándum del Almirantazgo señalaba que había demasiados destinos a los que escoltar y demasiado buques para organizar; los convoyes tenían que viajar a la velocidad de los buques más lento; los reglamentos de presa privaban de protección a los buques en convoy.

La reticencia del Almirantazgo se basaba en gran parte en la creencia de que sería imposible dirigir los aproximadamente 5.000 movimientos que se llevaban a cabo cada semana en los puertos británicos. Un estudio más profundo hecho en 1917 relevó que esta cifra incluía todos los movimientos de cada buque, fueran barcas de pesca o buques de transporte de tropas. En abril (un mes terrible por las pérdidas) el primer ministro tomó personalmente cartas en el asunto y, cuando un estudio más amplio separó el trigo de la paja, se supo que la cifra verdadera era de unos 300 movimientos semanales de entradas y salidas, una cifra muy manejable. Con ayuda del recién nombrado almirante Beattie, que relevó a Jellicoe como comandante en jefe de la Gran Flota, David Lloyd-George se salió por fin con la suya y se instituyó el sistema de convoyes, si bien de bastante mala gana, únicamente con la dotación de un minúsculo número de destructores de escolta.

Sin embargo, las ventajas del convoy superaban con mucho el peligro que representaba un grupo de buques, un blanco demasiado grande, como afirmaba Jellicoe. Un convoy:

- a) Permitía una concentración de escoltas. En lugar de proteger una ruta de navegación, que presentaba más agujeros que un colador, a través de los cuales se podían deslizar los submarinos alemanes, unas escoltas rápidas e imprevisibles eran, a la vez, una fuerza disuasoria y combinada si se detectaba un submarino se sumergiera para escapar, impidiéndole así la posibilidad de disparar sin prisa.
- b) Era más difícil de encontrar un convoy que una serie de buques sueltos dispersos por el océano.
- c) Ofrecía al submarino un solo disparo cuando el convoy pasaba en bloque, en vez de la serie de oportunidades que representaban los buques aislados.

Cuando el sistema empezó a demostrar que era un buen método de protección contra la amenaza de los submarinos alemanes, se fueron asignando cada vez más escoltas para esta misión. El contralmirante William Sims, de la Marina de EE.UU., fue una gran ayuda al destinar a 80 de sus destructores para la misión de escolta. En realidad, durante los últimos 12 meses de la guerra se perdió menos del 0,5 por ciento del tonelaje que navegaba en convoy (menos de 500 toneladas de 100.000), mientras que entre los buques que navegaban solos se habían perdido 12 veces más, una proporción asombrosa. Además, se logró esta reducción a pesar del creciente número de submarinos alemanes que patrullaban, una media de 30 a 40 a la vez.

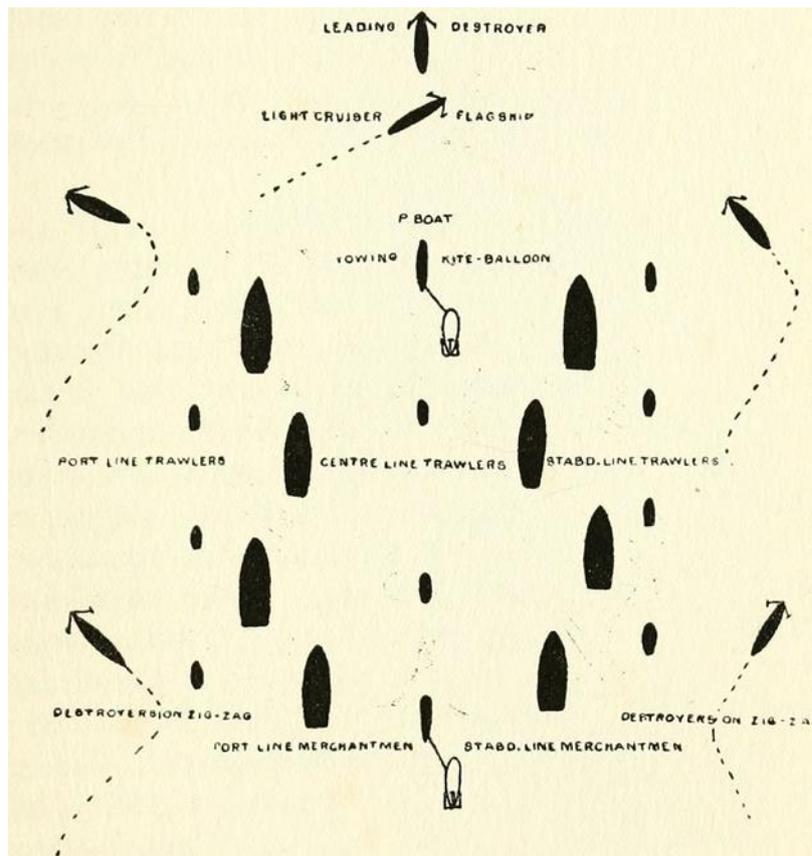


Figura 7-6 Un plan de sistema de Convoy

## Aireación por snorkel

Durante la Segunda Guerra Mundial aumentó, tanto el radio de acción de los aviones que estos podían cubrir, como casi todas las zonas de operación de los submarinos, con lo que podían sorprender a los sumergibles que estuvieran cargando sus baterías en superficie, ya fuesen de patrulla o en tránsito. En 1937, un holandés llamado Schnorkel había inventado un modo de aspirar aire por un tubo en un submarino para alimentar los motores, estando este a profundidad de periscopio. En 1944, los alemanes resucitaron la idea y perfeccionaron el sistema que, a su vez, fue adoptado por los submarinos de todos los países después de la guerra

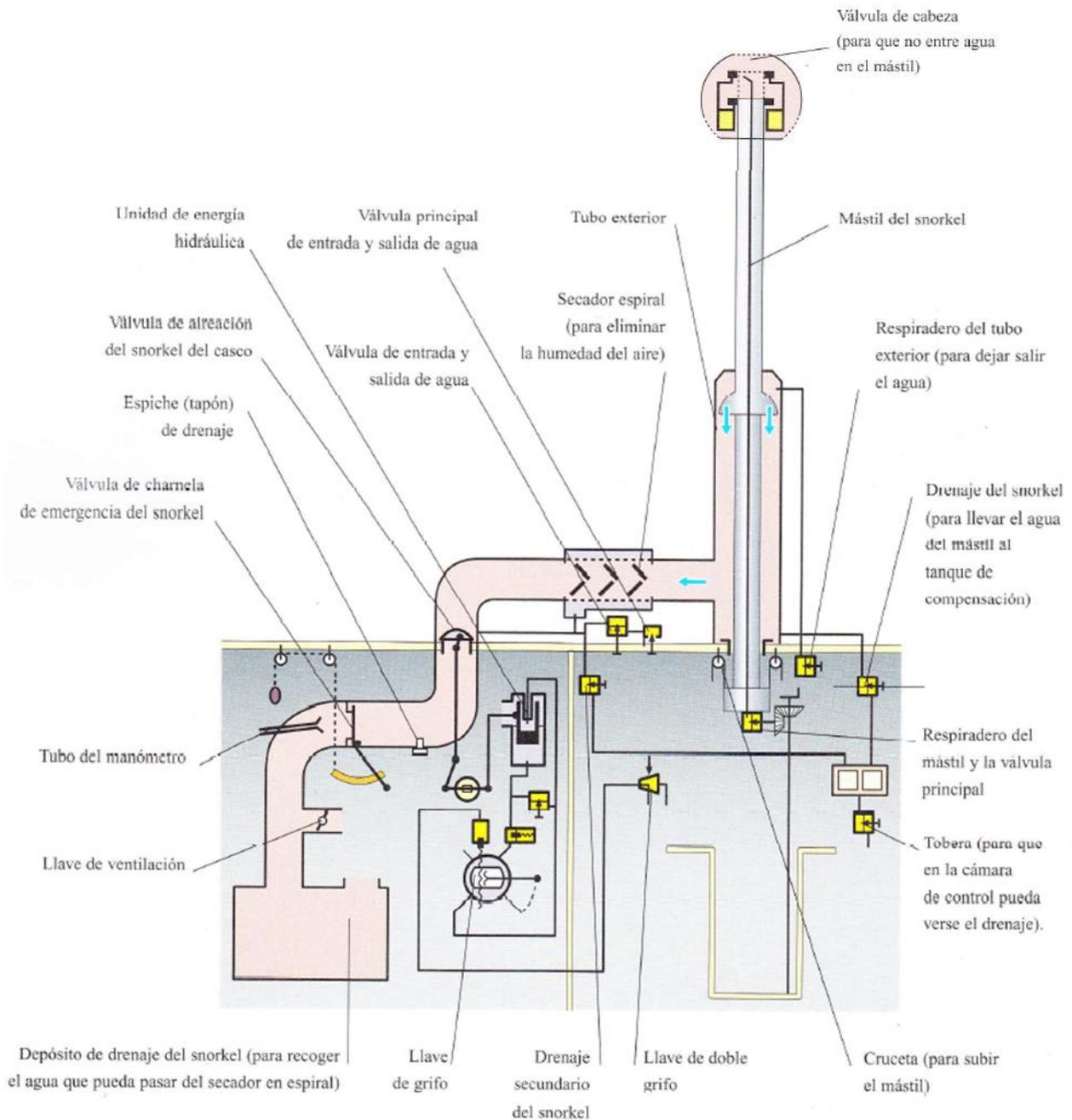


Figura 7-7 Aireación por snorkel

Planos 2D del submarino

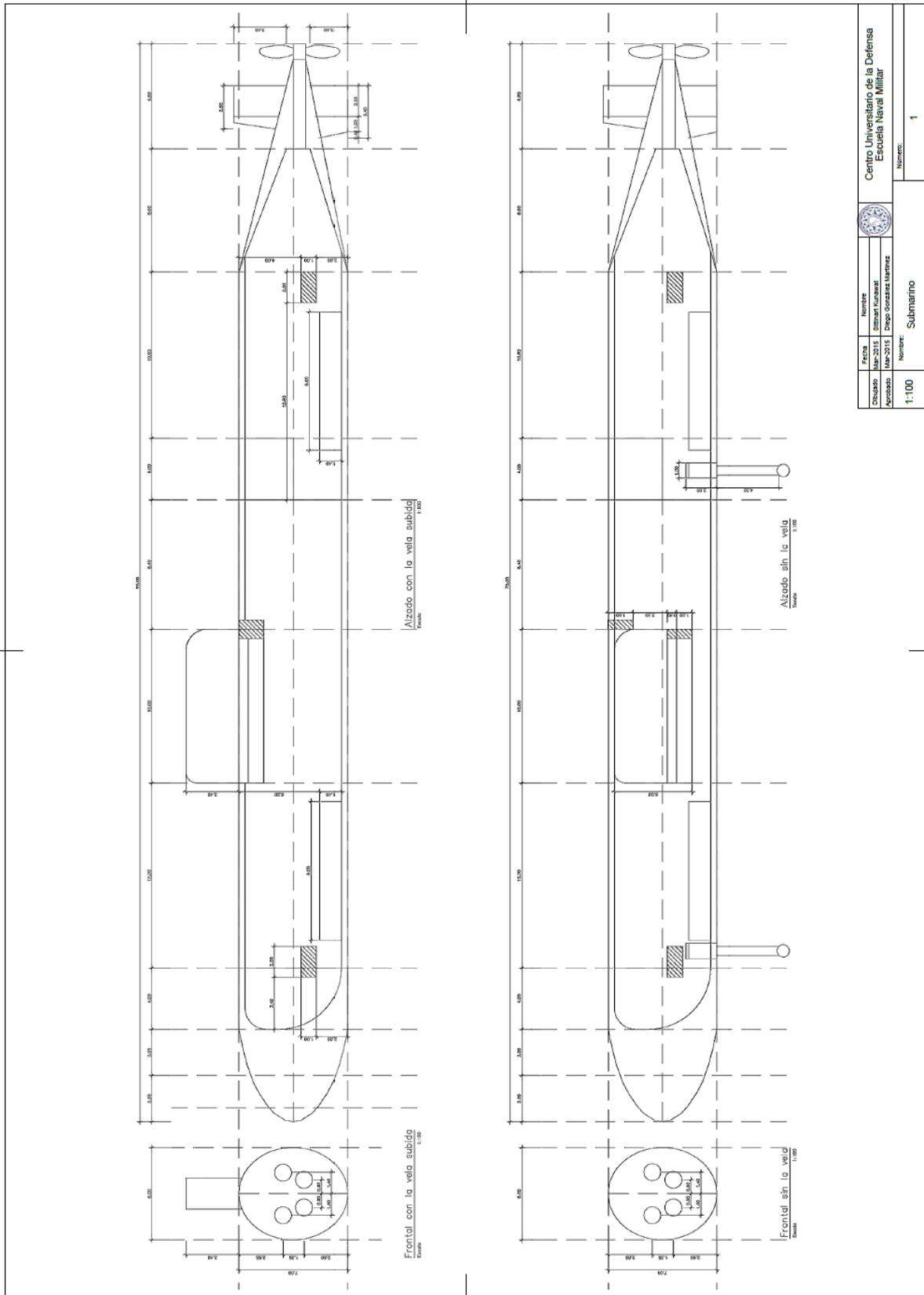
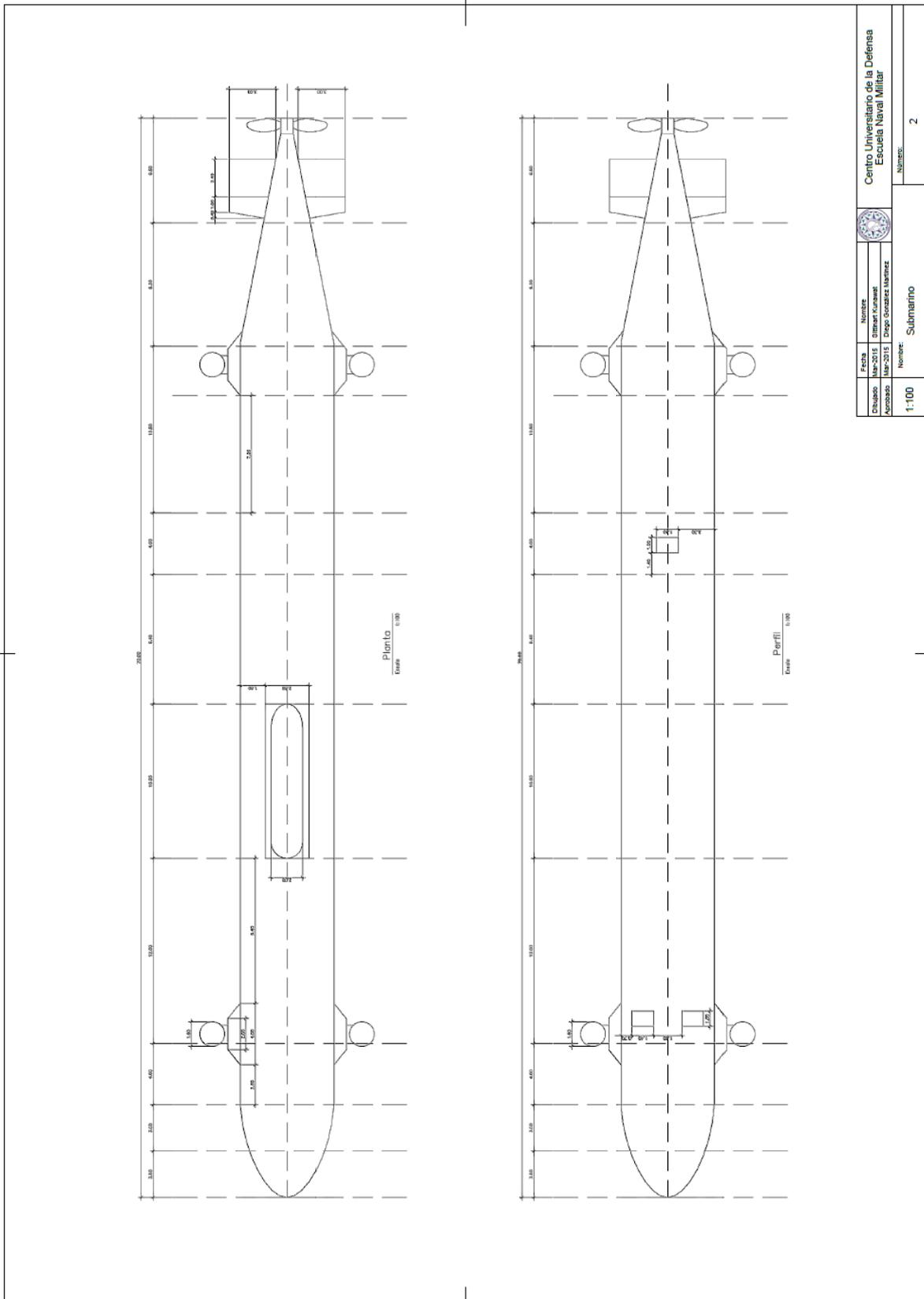


Figura 7-8 El plano 2D del submarino (1)



		Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar	
Fecha Mar-2015	Nombre Sittinart Kunawat	Nombre: Submarino	
Dibuja Mar-2015	Dibuja Diego Gonzalez Martinez	Número: 2	
Escala: 1:100		Nombre: Submarino	

Figura 7-9 El plano 2D del submarino (2)

ANÁLISIS DEL SUBMARINO ÓPTIMO DESDE EL PUNTO DE  
VISTA ESTRATÉGICO, OPERATIVO Y TÉCNICO PARA LA REAL ARMADA TAILANDESA.

---