



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Propuesta de mejora y recuperación de las capacidades en
UUSS**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de
Ingeniero Industrial con mención en Gestión Logística

Fernando Julio Huaracha Yupari

Revisor:

Dr. Ing. Omar Armando Manuel Hurtado Jara

Piura, julio de 2019



Resumen Analítico – Informativo

“Propuesta de mejora y recuperación de las capacidades en UUSS”

Fernando Julio Huaracha Yupari

Asesor: Dr. Ing. Omar Armando Manuel Hurtado Jara

Trabajo de Suficiencia Profesional.

Título de Ingeniero Industrial con mención en Gestión Logística

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, julio de 2019

Palabras claves: submarino / operaciones submarinas / capacidad de ocultamiento / factor sorpresa / sistema de respiración de emergencia.

Introducción: Pérdida de capacidades y desgaste de sistemas y equipos de las unidades submarinas tipo 209 por tiempo de servicio de casi 40 años.

Metodología: Durante mis estudios en la escuela de submarino y mi desempeño como oficial submarinista, efectué el análisis de nuevas capacidades de las UUSS en el mundo, las nuevas tecnologías y equipos modernos, principalmente de aquellos que ya se encuentran en Sudamérica, elaboré un estudio a grandes rasgos del costo de implementación de nuevos equipos y accesorios en el mercado nacional e internacional, a fin de optimizar recursos y poder hacer frente estas nuevas amenazas en los próximos años. Utilice el método cualitativo y las técnicas de observación e investigación, juicio de expertos, búsqueda de información y entrevistas, a fin de alcanzar los resultados y llegar al objetivo.

Resultados: Se implementaron materiales y se recuperaron y aumentaron las capacidades del submarino tipo 209 donde laboré durante los años 2017 y 2018, dichas implementaciones aún se encuentran en proceso de evaluación a fin de ser considerada dentro del proyecto de modernización de las demás unidades submarinas.

Conclusiones: La implementación de los diversos materiales y equipos mejora la capacidad de indetectabilidad mediante la técnica de juicio de expertos en 77.5%, optimiza el tiempo de carga de baterías en una hora y reduce el porcentaje de exposición de 16.67% a 12.5%, lo cual también se ve reflejado en el aumento del costo-beneficio de 19.5 %; y por último, es mayor eficiente el uso del gas HELIOX en el sistema de respiración de emergencia debido que la profundidad del mar en la costa del área de lima y callao es de 100 metros.

Fecha de elaboración del resumen: julio de 2019

Analytical-Informative Summary

“Propuesta de mejora y recuperación de las capacidades en UUSS”

Fernando Julio Huaracha Yupari

Advisor: Dr. Ing. Omar Armando Manuel Hurtado Jara

Sufficiency Professional Work

Industrial Engineer degree with a mention in Logistics Management

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, July 2019

Keywords: submarine / underwater operations / concealment capacity / surprise factor / emergency breathing system.

Introduction: Loss of capacities and wear of systems and equipment of submarine units type 209 for service time of almost 40 years.

Methodology: During my studies in the submarine school and my performance as a diving officer, I made the analysis of new UUSS capabilities in the world, new technologies and modern equipment, mainly those already in South America, I elaborated a large study features of the cost of implementing new equipment and accessories in the national and international market, in order to optimize resources and be able to cope with these new threats in the coming years. Use the qualitative method and techniques of observation and investigation, expert judgment, information search and interviews, in order to achieve the results and reach the goal.

Results: Materials were implemented and the capacities of the submarine type 209 where I worked during the years 2017 and 2018 were recovered and increased. These implementations are still under evaluation process in order to be considered within the modernization project of the other submarine units.

Conclusions: The implementation of the different materials and equipment improves the undetectability capacity by means of the expert judgment technique in 77.5%, optimizes the battery charging time in one hour and reduces the percentage of exposure from 16.67% to 12.5%, which also it is reflected in the cost-benefit increase of 19.5%; and finally, the use of HELIOX gas in the emergency breathing system is more efficient because the depth of the sea on the coast of the area of Lima and Callao is 100 meters.

Summary date: July, 2019

Tabla de contenido

Introducción	1
Capítulo 1	3
Generalidades	3
1.1. Marina de Guerra del Perú	3
1.1.1. Misión	3
1.1.2. Visión	3
1.1.3. Organigrama	4
1.2. Fuerza de Submarinos	4
1.3. Unidad Submarina Tipo 209	9
1.3.1. Definición	9
1.3.2. Características generales	10
1.3.3. Operaciones submarinas	10
1.3.4. Misiones internacionales en los últimos años	10
1.4. Descripción general de experiencia	12
1.4.1. Cargos desempeñados	12
1.4.2. Resumen de la actividad profesional	12
1.5. Descripción del problema	14
1.6. Resultados propuestos	15
Capítulo 2	17
Metodología y técnicas	17
2.1. Relación teórica - práctica	17
2.1.1. Análisis	17
2.1.2. Costeo	17
2.2. Relación Teoría Práctica	17
2.2.1. Cualitativa	17
2.3. Cursos	19

2.3.1. Optimización de recursos	19
2.3.2. Productividad operativa	20
2.3.3. Química	20
2.3.4. Electricidad	20
Capítulo 3	21
Desarrollo del Proyecto	21
3.1. Búsqueda y evaluación de alternativas	21
3.1.1. Implementación de un cobertor de piso disipador de sonido	21
3.1.2. Cambio de luces halógenas por luces led en el alumbrado principal de las UUSS	21
3.1.3. Recuperación del sistema de respiración de emergencia	21
3.2. Desarrollo de actividades	23
3.3. Evaluación costo-beneficio	24
3.4. Importancia del proyecto	25
Conclusiones	27
Recomendaciones	29
Bibliografía	31

Figuras

Figura 1 Organigrama de la Marina de Guerra del Perú	4
Figura 2 Foto del B.A.P. Antofagasta navegando en superficie al término de un operativo	8
Figura 3 Foto tomada del periscopio de un submarino peruano a un portaaviones de EEUU	11
Figura 4 Submarino A.R.C. Tayrona a final de proceso de modernización	18
Figura 5 Fotografía con el Alnte Cubides después de la entrevista	19

Tablas

Tabla 1 Evaluación de consumo en una navegación de 10 días	23
Tabla 2 Factor de ocultamiento	24
Tabla 3 Costo - beneficio	25

Introducción

Soy oficial de la Marina de Guerra del Perú con grado militar de Teniente Segundo, con especialización profesional en UUSS. Mi principal campo de trabajo es a bordo de unidades submarinas, en el cual ejerzo funciones como Oficial de Guardia de Navegación. En este sentido tengo la responsabilidad de conducir una navegación segura en inmersión y superficie de acuerdo a las normativas internacionales para prevención de abordajes. Asimismo cumplo funciones como Oficial de Guardia de Ingeniería, donde tengo la responsabilidad de verificar que los sistemas y equipos deben estar funcionando en los parámetros establecidos de acuerdo a los manuales técnicos. Del mismo modo debo tener los conocimientos necesarios para enfrentar diversas emergencias a las que las UUSS se presta al navegar a grandes profundidades.

Por otro lado, realizo funciones técnico – operacionales y administrativas, dado que las UUSS cuenta con diversos sistemas y equipos, de los cuales se debe verificar que todos los asignados al cargo deben encontrarse operativos para cualquier misionamiento, de lo contrario se debe efectuar el mantenimiento correctivo correspondiente, y realizar un programa de mantenimiento preventivo para todos los equipos, a corto y a largo plazo.

Es por esta razón y a la dedicación que le pongo en lo que hago, presentar este trabajo donde hablaré acerca de tres importantes propuestas sobre mejora y recuperación de capacidades de las UUSS que actualmente son la primera línea de defensa ante un conflicto bélico; el cual se desglosa de la siguiente manera:

En el capítulo 1 describo la misión y visión de la marina de guerra del Perú y la historia de la Fuerza de Submarinos; características generales, capacidades y misiones de nuestras UUSS. Luego detallaré y describiré los cargos que desempeñé durante los años en la carrera naval.

En el capítulo 2 describo la relación teórico - práctica y metodología que utilicé para poder proponer e implementar estas mejoras en nuestras UUSS.

En el capítulo 3 explico a detalle cuales son estas propuestas y mediante gráficos las mejoras que trajo al aumento de capacidades y a una navegación más segura.

Finalmente, doy las conclusiones y recomendaciones que estoy seguro serán de su interés, generan preguntas y exclamaciones a fin de querer saber más de esta arma y de nuestra Fuerza de Submarinos; de la misma forma, tengo la seguro que después de estas propuestas y de este trabajo se abrirán nuevas investigaciones.



Capítulo 1

Generalidades

1.1. Marina de Guerra del Perú

Según la página web de la Marina de Guerra del Perú en adelante MGP, es el órgano de ejecución del Ministerio de Defensa, encargado de la defensa marítima, fluvial y lacustre. Forma parte de las Fuerzas Armadas y como tal integra el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas del Perú.

Nuestra Marina de Guerra del Perú conocida en el mundo como Armada Peruana, tiene una trayectoria de casi 200 años desde el 8 de octubre 2021, fecha en que fue creada oficialmente por el libertador Don José de San Martín a raíz de la importancia que tuvieron los temas en el proceso de independización.

1.1.1. Misión

Según la página web de la Marina de Guerra del Perú la misión es: "Ejercer la vigilancia y protección de los intereses nacionales en el ámbito marítimo, fluvial y lacustre, y apoyar la política exterior del Estado a través del Poder Naval; asumir el control del orden interno, coadyuvar en el desarrollo económico y social del país y participar en la Defensa Civil de acuerdo a ley; con el fin de contribuir a garantizar la independencia, soberanía e integridad territorial de la República y el bienestar general de la población".

1.1.2. Visión

Según la página web de la Marina de Guerra del Perú la visión es: "Poder Naval capaz de actuar con éxito donde lo requieran los intereses nacionales"

1.1.3. Organigrama

Actualmente, la MGP se organiza de manera que sea capaz de cumplir con el misionamiento en el frente interno y externo, en el entorno marítimo, fluvial y lacustre; como se muestra en la Figura 1

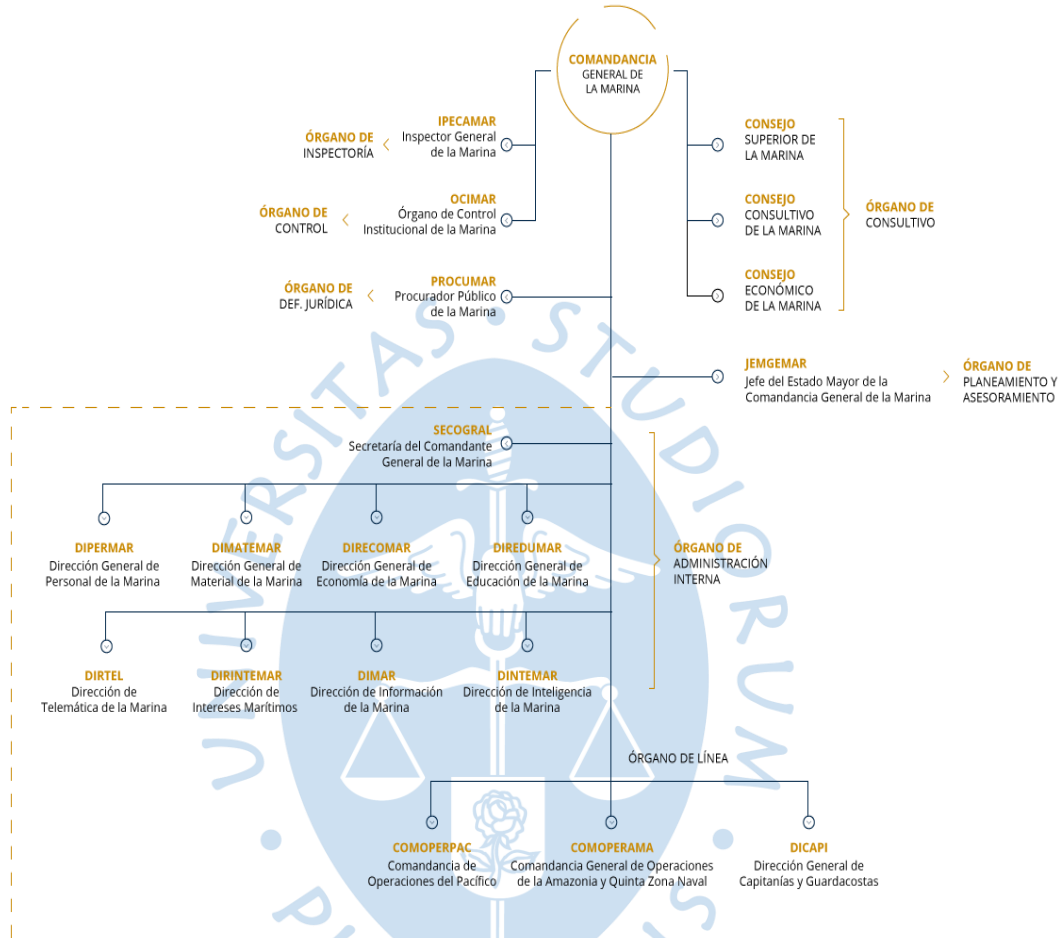


Figura 1 Organigrama de la Marina de Guerra del Perú

Fuente: Marina de Guerra del Perú

1.2. Fuerza de Submarinos

Durante mi tiempo laborando en la Marina de Guerra del Perú, me he desempeñado en los siguientes cargos:

Reseña histórica

La página web de nuestra Marina de guerra del Perú nos dice lo siguiente:

El primer sumergible en la historia de la Marina de Guerra del Perú fue concebido por el ingeniero Federico Blume Othon en 1866 y construido en Piura el año 1879. Exitosas pruebas en Paita y el Callao demostraron que era posible navegar

bajo superficie con un triple sistema de propulsión que incorporaba la acción humana, máquina a vapor y botellas de aire comprimido. Lamentablemente, el desenlace de la Guerra del Pacífico no permitió utilizarlo con éxito y se debió hundir en enero de 1881.

Muchos de los oficiales que combatieron en la Guerra del Pacífico y que conocieron la versatilidad del bote Submarino de Blume apostaron por adquirir sumergibles treinta años más tarde. A principios de la década de 1910 el Perú ordenó la construcción de dos sumergibles tipo Labeuf en Francia, unidades que antes de la Primera Guerra Mundial sólo poseían las potencias navales. Por ello la tradición submarinista en nuestro país se inicia cuando el 19 de agosto del año 1911 se recepciona en los astilleros franceses Scheneider du Chalons, Sur Saone, los sumergibles Ferré y Palacios, nombres que evocan a Diego Ferré Sosa y Enrique Palacios Mendiburu oficiales que sirvieron a bordo del monitor Huáscar y que con su comandante Miguel Grau murieron en el combate de Angamos el 8 de octubre de 1879.

Los sumergibles Ferré y Palacios tenían un desplazamiento de 300 y 400 toneladas respectivamente y contaban con 1 tubo lanzatorpedos en proa, motores diésel Scheneider Carels con una potencia nominal de 400 y 200 H.P. para cada unidad, velocidad 12 y 9 nudos en superficie y 7 y 5 nudos en inmersión. Radio de acción: 2,000 millas a 10 nudos. Dotación: 19 hombres.

En el año 1926 se incorporaron en nuestra flota las UUSS tipo “R” construidos por The Electric Boat Co. de Groton, Connecticut, Estados Unidos de América, entregándose inicialmente en abril de 1926 el R1 y en mayo de 1928 el último de la serie: el R4. Las dos primeras unidades serían bautizadas como BAP Casma y BAP Islay. Los R3 y R4 recibieron los nombres BAP Pacocha y BAP Arica.

Las características principales de estas UUSS eran las siguientes: desplazamiento en superficie 576 toneladas, en inmersión 755 toneladas. Propulsión: 2 máquinas principales diésel Nelseco y motores eléctricos con una potencia nominal de 1,000 H.P. Eslora 186.5 pies, manga 17.5 pies, calado 15 pies. Velocidad en superficie 14.5 nudos y en inmersión 9.5 nudos. Armamento 4 tubos lanzatorpedos en proa un montaje simple de 3 pulgadas en cubierta. Radio de acción a velocidad económica 8,000 millas. Dotación: 30 hombres.

Los flamantes buques conformaron la primera División de UUSS, verdadera viga maestra de una escuela que en el transcurso de 30 años, formalizó instrucción, entrenamiento y experiencia, concatenando así en su conjunto una formación

profesional que da a los submarinistas peruanos lugar de especial reconocimiento profesional en el mundo.

Es del caso recordar lo que el periódico The New London Day publicó el 21 de abril de 1928 respecto a uno de estos buques: The 'R-3' at the time is skidded down the ways, was the finest and most modern submarine in the world, huelgan comentarios en relación a este importante dato que recogiera el contralmirante Federico Salmón de la Jara el año 1950 con motivo del retorno de las UUSS tipo R a los astilleros de su construcción, es importante capítulo de la historia submarinista nacional. Con el Almirante Salmón -por entonces capitán de fragata- integraron la Comisión oficiales de singular prestigio como: los capitanes de corbeta Luis E. Vargas Caballero, Miguel Rotalde, Alfredo Batistini, Carlos Llosa, Luis López de Castilla y con ellos los tenientes primero: Ramón Arróspide, Luis E Villena, Manuel Piqueras, Enrique Gamero, Gastón Herrera y Luis Vargas B. (SN). teniente segundo: Pedro Mazuré, Francisco Mariátegui, Juan Egúsqiza, Pedro Gálvez U., Antonio Miranda, Luis Díaz, Hugo Sommerkamp, Enrique Fernández Dávila, y Enrique Alejandro Marchini. Las dotaciones de los buques y Comandancia de la División prestaron, todos ellos y su personal subalterno, patriótico e invalorable servicio a la nación, labor plural a la que se sumaron en New London el teniente primero Alberto Indacochea Queirolo y el teniente primero Francisco Quiroz Tafur.

Constituyó un tercer hito, en los últimos años de la década del 50, dentro de los planes de renovación de unidades navales, la adquisición de nuevas UUSS tipo "Sierra": BAP 2 de mayo, BAP Abtao, BAP Angamos y BAP Iquique que fueron construidos también en los astilleros de The Electric Boat Co., Groton, Connecticut, de los Estados Unidos. Estos buques desplazaban 825 toneladas en superficie y 1,400 toneladas en inmersión. Propulsión: máquinas principales 2 motores diésel General Motors 278A y motores eléctricos acoplados a dos ejes con una potencia nominal de 2,400 HP. Armamento: 4 tubos lanzatorpedos de 21 pulgadas en proa y 2 en popa, un montaje simple de 5 pulgadas en cubierta (sólo en las UUSS 2 de mayo y Abtao). Eslora: 243 pies, manga 22 pies, calado 14 pies. Velocidad: 16 nudos en superficie y 10 nudos en inmersión. Radio de acción: 5,000 millas a 10 nudos. Dotación: 40 hombres.

Inicialmente los nombres de estos buques fueron Lobo, Tiburón, Atún y Merlín, se mantuvieron en servicio durante cuarenta años y consolidaron una tradición que

hace bien a la espiritualidad submarinista de nuestra Marina de Guerra. Hoy el BAP Abtao constituido en Museo Submarino, único de su tipo en América del Sur, rinde implícito homenaje a la saga submarinista que integró.

El año 1974 se adquirió de la Marina de los Estados Unidos de América dos UUSS tipo “Guppy”. Las características principales de estas unidades bautizadas con los nombres Pacocha y La Pedrera eran las siguientes: desplazamiento en superficie 1,870 toneladas, en inmersión 2,440 toneladas. Propulsados por 3 motores diésel en superficie con una potencia nominal de 4,800 H.P y dos motores eléctricos en inmersión para 5,400 H.P. acoplados a dos ejes. Armamento: 6 tubos lanzatorpedos de 21 pulgadas en proa y 4 en popa. Eslora: 93.8 metros, manga 8.2 metros y calado 5.2 metros. Velocidad: 18 nudos en superficie y 15 nudos en inmersión. Dotación: 85 hombres.

La presencia de estas unidades en nuestra Marina significó importantes tareas de acondicionamiento que realizó el Servicio Industrial de la Marina y el propio personal submarinista cuyas virtudes en el aspecto técnico quedaron demostradas en la operatividad alcanzada, especialmente en el caso del BAP Pacocha. Justamente esta unidad protagoniza en la larga historia de las UUSS peruanos y los hombres que sirven a bordo, dramático episodio que tuvo lugar el 26 de agosto de 1988 cuando el barco pesquero Kyowa Maru embistió el Pacocha por la aleta de babor a las 18:40 horas de aquel día ocasionando que el buque se fuera a pique. Murieron ocho marinos aquella tarde de agosto: capitán de fragata Daniel Nieva Rodríguez, teniente segundo Luis Roca Sara, técnico 2do. Orlando Valdez Pacheco, técnicos 3ro. Carlos Orosco León, Rigoberto Gonzales Pisfil y Walter García Morales, oficial de mar Iro. Juan Oré Rojas y oficial de mar 2do. Carlos Grande Rengifo.

Durante once meses, desde el 30 de agosto de 1988 hasta el 23 de julio de 1989, la Marina peruana realizó un trabajo de salvamento que tiene en sí mismo un significado (...) heroico. Porque se puede ser héroe también, trabajando infatigablemente en demanda de un objetivo en tiempo de paz. La operación de reflotamiento del BAP Pacocha, constó de seis fases que se iniciaron con una preliminar de inspección y evaluación para terminar en la fase de soplado final.

“Ciento cincuenta hombres, setenta de ellos buzos pertenecientes al Servicio de Salvamento laboraron ochocientas horas, doscientas de inspección preliminar y

seiscientas de buceo efectivo antes de reflotar el buque que se encontraba a ciento diez pies de profundidad.

“Dotaciones de la Fuerza de Superficie, BAP Paita; de la Fuerza de Submarinos, BAP Iquique; helicópteros de la Fuerza de Aviación Naval; los remolcadores BAP Unánue, BAP Mejía y BAP Guardián Ríos participaron activamente en las diversas tareas de reflotamiento. Especial protagonismo cupo al remolcador BAP Dueñas que actuó como plataforma de buceo. El esfuerzo mancomunado de los hombres junto con la eficaz administración de los recursos asignados por la Marina, propiciaron que el domingo 23 de julio de 1989, exactamente a las 14 horas y 35 minutos la proa del BAP. Pacocha preludiara la hazaña.

A las 16 horas y 28 minutos, el BAP Pacocha emergió y tras una pronunciada escora a estribor, se estabilizó y quedó perfectamente bien adrizado en superficie.

Los BAP Islay y Arica, UUS tipo 209 construidos en los astilleros Howaldtswerke Deutsche Werft R. G., de Kiel, Alemania arribaron al Callao en los años 1974 y 1975, constituyendo los primeros buques de su tipo en arribar a nuestras costas de un total de seis que incrementaron la Fuerza de Submarinos. Al iniciarse la década del 80 arribaron dos buques más del tipo 209: BAP Casma y BAP Antofagasta (Figura 2). Finalmente, el año 1983 arribaron el BAP Chipana y el BAP Pisagua, completando el número de unidades previsto por la Institución y que constituyen hoy el pilar de esta Fuerza.



Figura 2 Foto del B.A.P. Antofagasta navegando en superficie al término de un operativo

Fuente: Marina de Guerra del Perú

Las características de las UUSS tipo 209 son: desplazamiento 1,180 toneladas en superficie y 1,285 en inmersión. La planta propulsora consta de 4 motores diésel MTU tipo 12V493AZ80 y un motor eléctrico Siemens acoplados a un eje. Velocidad 11 nudos en superficie y 21 nudos en inmersión. La autonomía a 4 nudos es 11,300 millas. Ocho tubos lanza-torpedo de 533 milímetros y capacidad para 14 torpedos filoguiados SST-4 conforman la capacidad armamentista de estas formidables unidades. La eslora es 55.90 metros, manga 6.30 metros y calado 5.50 metros. Los sensores y sistemas de control de tiro son de última generación. La dotación: 35 hombres.

Prueba de este prestigio son los operativos anuales internacionales que se llevan a cabo en la costa atlántica de los Estados Unidos, donde nuestras unidades participan en ejercicios con los buques norteamericanos.

La necesidad de efectuar un especial mantenimiento y cambio de baterías en las UUSS tipo 209 constituyó un reto para el Servicio Industrial de la Marina. Desde el año 1968 el astillero realiza trabajos de gran envergadura en este tipo de naves. Basado en su larga experiencia, el SIMA ha logrado desarrollar eficientes procedimientos que han sido utilizados incluso por otras marinas, como fue el caso del recorrido realizado al submarino colombiano tipo 209 Tayrona entre abril y mayo de 1997.

1.3. Unidad Submarina Tipo 209

1.3.1. Definición

Es un buque de guerra diseñado para operar debajo de la superficie del mar, con la misión primaria de localizar y destruir buques, incluyendo otras UUSS. De la misma forma como misiones secundarias, pero de la misma importancia, realizar misiones de inteligencia, a fin de combatir la pesca ilegal y el tráfico ilícito de drogas.

Según publicaciones de la MGP, el submarino es un buque para operaciones ofensivas o para recolectar información que permanentemente se puede mantener en el núcleo de las operaciones enemigas. Es un elemento controlable que puede ser desplazado hacia los puntos débiles del enemigo utilizando al máximo el factor sorpresa. Esta capacidad primaria es la razón por la cual frecuentemente se seleccionará al submarino como un arma.

1.3.2. Características generales

Submarino Tipo 209 construido en Alemania

- Dimensiones:

Eslora: 56.03 mts.

Manga: 6.24 mts.

Puntal: 11,3 mts.

Desplazamiento: 1180 tn. (inmersión)

Velocidades: Superficie 12 nudos, Inmersión 22 nudos

Armas: capacidad máxima de 14 Torpedos

Propulsión diésel – eléctrica: 480 elementos de batería que alimentan a todos los equipos de abordo y que al descargarse son cargadas por 4 generadores acoplados a 4 máquinas diesels MTU.

Profundidad máxima 872 pies

Profundidad de Snorkell 45 pies

1.3.3. Operaciones submarinas

Según la publicación de conceptos básicos de la guerra naval; son las acciones realizadas por los submarinos para la ejecución de las tareas necesarias para el cumplimiento de la misión asignada.

El desempeño de las unidades submarinas en la conducción de las diferentes tareas asignadas deberá procurar siempre sacar provecho de sus características básicas: gran autonomía y aprovechamiento del factor sorpresa.

Capacidad de ocultamiento - Factor sorpresa: Según publicaciones de la MGP; la capacidad de ocultamiento del submarino es medida por la probabilidad de tiempo expuesto en la superficie sobre 24 horas que es el tiempo total de horas en un día, de esta manera sabremos qué tan probable es para el submarino mantener el factor sorpresa, es decir, a menor probabilidad, mayor probabilidad de no ser detectado, mayor capacidad de ocultamiento.

1.3.4. Misiones internacionales en los últimos años

Durante los últimos años hemos participado en cuatro tipos de operativos internacionales, los cuales se detallan de la siguiente manera:

SIFOREX: Ejercicio netamente antisubmarino realizado cada dos años en las aguas del Océano Pacífico, con una duración de aproximadamente 15 días.

UNITAS: Ejercicio multinacional donde se ejecutan operaciones antisuperficie y antisubmarino; este operativo se realiza dos veces cada año, uno en aguas del Océano Pacífico y el otro en el Océano Atlántico, la duración es casi la misma que un SIFOREX, sin embargo, se involucran más unidades y más países.

BRAPER: Ejercicio similar al UNITAS, pero se realiza cada cuatro años y solo con la Armada Brasileña, y cada vez alternando de territorio. Este operativo tiene como finalidad el compartimiento de conocimientos y experiencias y fortalecer los lazos de amistad.

SUBDIEX: Es el operativo antisubmarino más grande en todo América y uno de los más grandes en el mundo, es organizado por la Armada de los EEUU todos los años en parte de sus dos océanos con una duración aproximada de 5 meses, y con la participación de casi todos los países de Latinoamérica, pues es un orgullo saber, que por la gran trayectoria de nuestra fuerza de submarinos y por la grande experiencia y horas de navegación de nuestros submarinistas, somos llamados a participar todos los años. En la Figura 3 se muestra prueba de ello, un submarino peruano detectó a un portaviones norteamericano sin ser detectado.



Figura 3 Foto tomada del periscopio de un submarino peruano a un portaaviones de EEUU.

Fuente: Elaboración propia

1.4. Descripción general de experiencia

1.4.1. Cargos desempeñados

2014: jefe de la división de control de averías del BAP MONTERO

2015-2016: oficial alumno para obtener la segunda especialidad profesional en submarinos

2017: jefe de la división de comunicaciones, oficial de construcción y oficial secretario del BAP ANTOFAGASTA

2018: jefe del departamento de administración y de la división de electricidad y control de averías del BAP ANTOFAGASTA

2019: jefe del departamento de administración y oficial de construcción del BAP Chipana e integrante de la comisión de inspección del proyecto de recuperación de la capacidad submarina, proyecto submarino BAP Chipana.

1.4.2. Resumen de la actividad profesional

Habiéndome graduado en diciembre del 2013 de la Escuela Naval del Perú como Alferez de fragata me destacaron con fecha 1 de enero 2014 a la Fragata Misilera (FM-53) B.A.P. MONTERO obteniendo el cargo de jefe de la división de control de averías, donde tuve bajo cargo a cuatro tripulantes, mi función administrativa y mientras el buque se encontraba amarrado a muelle, era la de entrenar a la dotación ante posibles acontecimientos de emergencias como incendios e inundación en los diferentes compartimentos de la unidad, así mismo, elaborar un plan de mantenimiento de los equipos y/o herramientas a utilizar durante estas emergencias, como por ejemplo, la recarga de extintores, el mantenimiento de trajes de lucha contra incendio, mantenimientos de equipos como bombas de achique, sistemas de respiración autónoma, entre otros. En el último trimestre de ese año, postule y ocupe vacante para estudiar la segunda especialidad profesional en la Escuela de Submarinos.

La fase de estudios en la Escuela de Submarinos duro dos años 2015 y 2016, el primero como fase teórica y el segundo de forma práctica. Es así como a finales del segundo año presente mi trabajo de investigación sobre la “Importancia de la recuperación del sistema de respiración de emergencia en unidades submarinas clase Angamos”, la cual fue aprobada y obtuve la segunda especialidad como submarinista.

Al graduarme, me destacaron al B.A.P. ANTOFAGASTA y en enero del 2017 me desempeñe en la parte operativa, como jefe de la división de comunicaciones y

oficial de construcción de la unidad y, en la parte administrativa como oficial secretario, los dos primeros se relacionaron a la parte de navegación y preparación de la misma, mi función fue verificar el mantenimiento de la parte exterior del buque, es decir, del casco resistente, la maniobra de amarre y desamarre y de fondeo, así mismo, el mantenimiento y correcto funcionamiento de los equipos de comunicaciones, establecer enlace con estaciones de tierra o con otras unidades cuando la situación operativa lo requería de acuerdo a lo establecido por el comando superior.

Al año siguiente, obtuve el grado inmediato superior a teniente segundo y por criterio del comando y habiendo considerado mis estudios en ingeniería industrial con mención en logística, fui nombrado jefe del departamento de administración y como cargo operativo, jefe de la división de electricidad y de control de averías, el primero me comprometió a realizar procesos de compras directas, ser encargado de la administración de la caja chica y del abastecimiento de la unidad en materia de víveres, elaborando un planeamiento de compras en alimentos perecibles y no perecibles de acuerdo al cronograma de menús para las diferentes navegaciones y operativos durante ese año, lo cual ayudo a reforzar mis conocimientos en el área logística y administración. Durante ese año, participamos de muchos operativos que demandaron gran cantidad de días.

Ese año fui comisionado a un operativo multinacional en Cartagena- Colombia a fin de participar de la rutina en la fuerza de submarinos de ese país y poder embarcarme en un Submarino modernizado y así mismo, compartir experiencia y obtener conocimientos sobre la modernización de sus unidades.

En el presente año, fui destacado a la dirección de Proyectos Navales, actualmente integrante de comisión de inspección del proyecto de recuperación de la capacidad submarina, proyecto submarino B.A.P. CHIPANA y jefe del departamento de administración y oficial encargado de construcción de la mencionada unidad. Respecto a la primera, mi función es la verificación del avance de trabajos del mencionado proyecto respecto a una curva S formada por una cierta cantidad de actividades descritas en el mismo. El segundo y tercero se relaciona solo a la parte administrativa en ejecución de compras directas y administración de la caja chica.

Finalmente, cabe resaltar que durante mis años de servicio he sido miembro de juntas técnicas y de comités de evaluación para la mejora y optimización de recursos a fin de contar con sistemas y equipos siempre operativos y cada vez más eficientes, y

ya que actualmente las unidades submarinas clase Angamos se encuentran en proceso de modernización, por ende, se está considerando la recuperación de sistemas y la actualización tecnológica de los equipos.

1.5. Descripción del problema

Actualmente, nuestra Marina de Guerra del Perú cuenta con seis UUSS construidos en Alemania, BAP ANGAMOS, BAP ANTOFAGASTA, BAP PISAGUA, BAP CHIPANA, BAP ISLAY y BAP ARICA; los cuatros primeros de la década de los 80 y los dos últimos de la década de los 70.

La larga trayectoria y tiempo de servicio de estas UUSS generó que a estas alturas no encontremos en desventaja que a las nuevas tecnologías en el arma submarina y contra esta; de la misma forma, los altos costos de mantenimientos preventivos o correctivos de diversos sistemas y equipos; y en algunos casos, la no utilización de los mismos, hizo que pierdan el grado de importancia y, por lo tanto, dejar de mantenerlos operativos.

Por esta razón, fue necesario adecuarnos a nuestras posibilidades, investigar y encontrar la forma de mejorar nuestras capacidades, asimismo, recuperar sistemas y equipos importantes para sobrevivir ante una emergencia submarina que pueden afectar directamente al cumplimiento de los objetivos en las operaciones y de la misión.

Este el caso del Sistema de Respiración de Emergencias que, al verificar sus tarjetas de historial, obtuve información de que las unidades submarinas lo tenían inoperativo desde hace dos décadas en promedio.

Otra de las características principales de las UUSS es que cuentan con dos tanques de baterías que llevan 240 elementos cada uno, las cuales se cargan con 4 generadores acoplados a 4 máquinas diésel que, mediante un tubo de flujo de aire conectado al exterior a una profundidad de 45 pies pueden cargar estas baterías, sin embargo, es necesario recalcar que mientras más tiempo el Submarino se encuentre a esta profundidad mayor es la probabilidad de su detección; fue el consumo de energía el punto de partida para esta parte de la investigación, el consumo de la electricidad por el alumbrado con focos incandescentes utilizaba cierta cantidad de amperaje mayor a la que podíamos utilizar con un alumbrado moderno y con focos que se pueden comprar a la vuelta de la esquina.

De la misma forma y como lo comentamos anteriormente, en la actualidad las UUSS modernos cuentan con equipos acústicos más eficaces, capaces de detectar ondas acústicas a grandes distancias y discriminar entre ellas al posible enemigo. Es por eso y a raíz de

innumerables ejercicios a los que participé, incluida mi experiencia en la Fuerza de Submarinos Colombiana, donde obtuve ideas concretas de mejora y de nuevas capacidades para las UUSS peruanas, incluido la adquisición de sus modernos equipos ya que fueron modernizados por alemanes hace casi 10 años.

Pues el simple sonido de una voz o pisada fuerte, o de la caída de un objeto en el suelo, generaba una onda acústica que podía alcanzar grandes distancias y ser detectada por modernos equipos; sin embargo, era encontrar una solución directamente en dejar que hablar fuerte sea una necesidad y que el piso tenga una mejor amortiguación.

1.6. Resultados propuestos

El presente trabajo tiene como finalidad dar a conocer las siguientes propuestas de mejora que realicé en el Submarino donde laboré durante los años 2017 y 2018:

- a) Implementación de un cobertor de piso disipador de sonido para reducir el ruido de pisadas y la caída de objetos durante una navegación silenciosa y ultra-silenciosa.
- b) Cambio de luces halógenas por luces led en el alumbrado principal del Submarino para reducir el consumo de energía y aumentar el tiempo entre carga y carga de baterías a fin de reducir la exposición del Submarino y aumentar porcentualmente su capacidad de indetectabilidad.
- c) Recuperación del sistema de respiración de emergencia, el cual puede utilizarse ante una emergencia submarina, mediante:
 - El reemplazo de 4 botellas de aire de fabricación alemana por otras del mercado peruano, optimizando costo de adquisición y mantenimiento, tiempo recuperación en caso de mantenimiento preventivo o correctivo.
 - Cambio de mezcla de aire de NITROX por HELIOX, a fin de poder ser utilizado a mayores profundidades.

De igual manera se espera que muchos de ustedes que ahora están leyendo la presente investigación, conozcan más de su Marina de Guerra, más de su Fuerza de Submarinos y específicamente de las UUSS, que a la fecha siguen un proceso de modernización y de recuperación de capacidades, de lo cual estoy orgulloso en pertenecer.



Capítulo 2

Metodología y técnicas

2.1. Relación teórica - práctica

2.1.1. Análisis

Efectué el análisis de las nuevas capacidades de las UUSS en el mundo, las nuevas tecnologías y equipos modernos, principalmente de aquellos que ya se encuentran en Sudamérica.

2.1.2. Costeo

Elabore un estudio a grandes rasgos del costo de implementación de nuevos equipos y accesorios en el mercado nacional e internacional, a fin de optimizar recursos y poder hacer frente estas nuevas amenazas en los próximos años

2.2. Relación Teoría Práctica

2.2.1. Cualitativa

2.2.1.1. Observación e investigación

Primero se dio la observación participativa y no participativa, debido a que forme parte del problema y la situación a analizar.

La observación participativa la realicé en el buque donde fui destacado desde enero 2017 hasta diciembre 2018, donde empecé a realizar la identificación de la raíz del problema, donde empezarían las mejoras y a analizar las posibles propuestas de soluciones de acuerdo a las posibilidades económicas y de tiempo.

Mientras que la observación no participativa la obtuve cuando fui destacado a la Fuerza de Submarinos Colombiana y tuve la oportunidad de navegar en el Submarino A.R.C. Tayrona, que se muestra en la Figura 4, completamente modernizado.

Me inmiscuí directamente en la comparación, en los pros y contras y que provecho traería para mi fuerza de submarinos por los tantos años de experiencia y de conocimientos brindados.



Figura 4 Submarino A.R.C. Tayrona a final de proceso de modernización
Fuente: Diario “El Universal”

2.2.1.2. Búsqueda de información

Indagué en los manuales técnicos y publicaciones de doctrina de la MGP, a fin de verificar si técnicamente era posible el reemplazo total o de alguna de las partes del sistema de respiración de emergencia, y si las mejoras de capacidades frente a las nuevas capacidades y tecnología en el mundo eran viables doctrinalmente.

Además, busqué información en diversas páginas de internet dedicadas a publicar sobre el sector defensa, actualidad, nuevos roles de las fuerzas armadas frente a las nuevas amenazas en el mundo, nuevas capacidades y recuperación de capacidades, principalmente nuevas alternativas en UUSS modernas y procesos de modernización.

2.2.1.3. Entrevistas

Entrevisté a personal de oficiales con mayor experiencia y que tuvieron la oportunidad de ver las mejores épocas de nuestras UUSS, recalcándome siempre el posicionamiento de nuestra fuerza en Latinoamérica y en el mundo, sin embargo, están complemente de acuerdo que hoy en día existen nuevas tecnologías superiores a las nuestras. A esto también se sumaron

recomendaciones y observaciones a mis ideas, pero al final de todo, me dieron la viabilidad de la experiencia.



Figura 5 Fotografía con el Almirante Cubides después de la entrevista

Fuente: Facebook Marina de Guerra del Perú

De igual manera, cuando fui comisionado a la Fuerza de Submarinos de Colombia, aproveché en compartir conocimientos sobre su proceso de modernización, el cual la Marina de Guerra del Perú sigue desde hace casi un año; y pude entrevistar al Almirante Pedro Cubides, oficial submarinista con mayor rango en la Armada Colombiana y quien fue parte del proyecto de modernización de las USS colombianos entre los años 2010-2014, como se muestra en la Figura N° 5; de aquí rescaté comentarios sobre sus nuevos equipos y capacidades, recomendaciones para nuestro proceso de modernización que las eleve al comando superior apenas llegue a Lima y lo más resaltante, la admiración y respeto que le tienen a nuestra poderosa Fuerza de Submarinos.

2.3. Cursos

2.3.1. Optimización de recursos

Búsqueda de materiales acordes al presupuesto obtenido para la realización de la implementación del cobertor de piso disipador de sonido, cambio de luces alógenas por las luces led y el cambio de botellas del sistema de respiración de emergencia de fabricación alemana por unas del mercado peruano con menor costo de mantenimiento preventivo y correctivo.

2.3.2. Productividad operativa

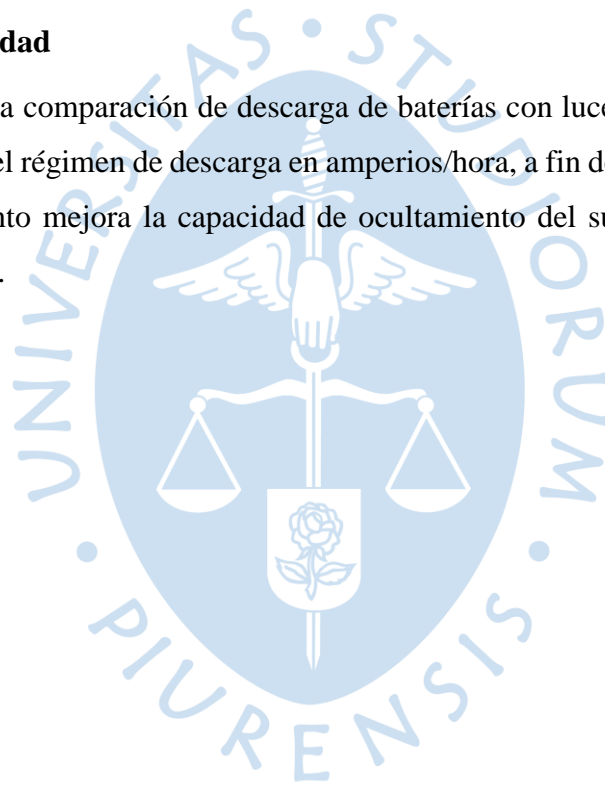
Haber empleado el uso apropiado de recursos humanos, tecnológicos y físicos en la implementación de la mejora de capacidades a través de diversos materiales con características específicas.

2.3.3. Química

Efectué la comparación de los gases NITROX y HELIOX a fin de describir las ventajas y desventajas de cada uno y la evaluar la factibilidad de poder implementarla el HELIOX a bordo de las UUSS.

2.3.4. Electricidad

Efectué la comparación de descarga de baterías con luces alógenas y con luces led, midiendo el régimen de descarga en amperios/hora, a fin de señalar cuanto tiempo se gana y cuanto mejora la capacidad de ocultamiento del submarino expresada en porcentaje (%).



Capítulo 3

Desarrollo del Proyecto

3.1. Búsqueda y evaluación de alternativas

3.1.1. Implementación de un cobertor de piso disipador de sonido

Actualmente las UUSS cuentan con un total de 70 metros cuadrados aproximadamente de piso vinílico de alto tránsito, el cual al hacer contacto con cualquier objeto que caiga desde una superficie superior genera un fuerte ruido a exteriores del buque fáciles de detectar por sonares modernos.

Con esta premisa, empecé la búsqueda en el mercado peruano, materiales que tengan la capacidad de disipar el sonido a un precio asequible. En el transcurso de varios días encontré el piso de material Felpudo que es muy usado en la confección de alfombras y pisos de bienvenida.

3.1.2. Cambio de luces halógenas por luces led en el alumbrado principal de las UUSS

Las UUSS llegaron al Perú entre las décadas de los 70's y 80's con alumbrado compuesto por luces halógenas, los cuales se fueron reemplazando a lo largo de casi 43 años. Sin embargo, la tecnología hizo que en la actualidad tengamos nuevas opciones, unas de ellas son las luces led. Estas tienen un costo mayor pero compensado con su durabilidad.

3.1.3. Recuperación del sistema de respiración de emergencia

Reemplazo de las botellas del grupo número 1 de fabricación alemana por botellas del mercado local peruano

En mi Monografía para obtener la Segunda Especialidad Profesional en Submarinos “Recuperación del sistema de respiración de emergencia (BIBS) de

las unidades submarinas clase Angamos” concluí que; “Mediante la visita y entrevista con el ingeniero Mary de Praxair Perú, se determinó que el costo para adquirir 8 botellas de 50 litros es de treinta y nueve mil doscientos soles (S/ 39,200), lo cual incluye adquisición, traslado, instalación y válvulas hacia las botellas. Mientras que, adquirir una botella alemana de 300 litros similar a la de fabricación costaría 100 mil soles sin incluir los costos de instalación. Por lo tanto, tendríamos un ahorro de por lo menos S/ 60,800 soles y así mismo, al ser de menor tamaño; sería más fácil su traslado y retiro en caso mantenimiento preventivo y correctivo, pruebas hidrostáticas y/o reemplazo.

De la misma forma y continuando con la investigación, el presente año mencioné la investigación a la Dirección de Proyectos Navales, lugar donde actualmente laboro y encargada del proceso de modernización de las UUSS que implica recorrido de equipos y el reemplazo de otros por mejor tecnología. Que no solo podría ser de una optimización de recursos a corto y largo plazo, sino también, estas botellas podrían ser reubicadas y aportar con el relastrado del submarino debido a que los equipos que se están retirando son de mayor peso que aquellos que se están comprando.

Reemplazo del gas NITROX por HELIOX

En mi Monografía para obtener la Segunda Especialidad Profesional en Submarinos “Recuperación del sistema de respiración de emergencia (BIBS) de las unidades submarinas clase Angamos” concluí que; “el uso que le daríamos al Nitrox sería menos eficiente que usarlo con aire seco comprimido, teniendo como principal sustento que las mayores emergencias a bordo son incendios y gas cloro a bordo. Así mismo, el Nitrox no es recomendable debido a que su profundidad máxima de uso es de 40 metros y nuestras áreas de operación y entrenamiento en el área de Lima y Callao supera en promedio los 100 metros”.

A raíz de conclusiones antes mencionadas y de haber tenido el cargo de Jefe de la división de control de averías durante el año 2018, evalué la posibilidad de cambiar el gas NITROX por uno más eficiente de acuerdo a las profundidades del mar peruano.

En la búsqueda de información, Lawrence Martin, en su libro “Scuba Diving Explained”, 1997 nos dice que: el NITROX solo es utilizado hasta los 130 pies de profundidad mientras que el HELIOX es utilizado hasta los 300 pies.

3.2. Desarrollo de actividades

En la implementación del cobertor de piso disipador de sonido empecé con la implementación de 6 metros cuadrados y de acuerdo a la técnica “Juicio de expertos” realizada mediante entrevistas a 4 comandantes de UUSS en distinta fecha y a diferente hora, obtuve los siguientes resultados:

Día 1 por la mañana	Reduce el ruido en un 60%.
Día 2 por la tarde	Reduce el ruido en un 80%.
Día 3 por la mañana	Reduce el ruido en un 90%.
Día 4 por la tarde	Reduce el ruido en un 80%.

De acuerdo a los datos antes mencionados, en promedio se obtiene 77.5% de reducción de ruido de acuerdo al juicio de expertos. A raíz de esta evaluación se procedió a implementar este material solo en 20 metros de piso, debido a que, en algunos ambientes, se encuentran equipos eléctricos y sistemas que funcionan a altas temperaturas teniendo mayor probabilidad de ocasionarse algún incendio.

Cabe resaltar que experimentalmente aún no se encuentra probada, no tiene el resultado exacto de cuanto se reduce el ruido expresado en decibeles tomado de nuestros sonares.

Aportando en la mejora de la capacidad de ocultamiento por la reducción de consumo de energía mediante el cambio de luces halógenas por luces led en el alumbrado principal de las UUSS. Realice la evaluación sobre consumo en una navegación de 10 días, teniendo cuatro generadores que cargan aproximadamente 720 amp/h en óptimas condiciones.

Tabla 1 Evaluación de consumo en una navegación de 10 días

Tipo	Consumo navegando a mínima velocidad	10 días	Diferencia	Tiempo de carga a 45 pies de profundidad
Led	90 amp/h	21600 amp	-	30 horas
Halógena	120 amp/h	28800 amp	7200	40 horas

Fuente: Elaboración propia

De lo visto en la Tabla 1, podemos resaltar:

En la relación de consumo de amperios navegando a mínima velocidad obtenemos un consumo menor del 30% con luces led. Esto genera un ahorro de energía de 7200 amperios, lo cual serian 10 horas menos de carga.

Por lo tanto, de acuerdo a lo estipulado en la publicación de doctrina de la MGP, el factor de ocultamiento de un submarino se obtiene en la relación de cantidad de horas expuesto a 45 pies sobre 24, que es la cantidad de horas en el día. Es decir, el factor de ocultamiento se reduce en la Tabla 2:

Tabla 2 Factor de ocultamiento

Tipo	Tiempo de carga a 45 pies de profundidad	Carga por día	Factor de ocultamiento	Capacidad de ocultamiento
Led	30 horas	3 horas	3/24	12.5%
Halógena	40 horas	4 horas	4/24	16.67%

Fuente: Elaboración propia

3.3. Evaluación costo-beneficio

En el primer punto, la implementación de un cobertor de piso disipador de sonido para reducir el ruido de pisadas y la caída de objetos durante una navegación silenciosa no refleja ahorro, tan solo un gasto extra para mejorar una capacidad.

En el segundo punto, cambio de luces halógenas por luces led en el alumbrado principal del Submarino para reducir el consumo de energía y aumentar el tiempo entre carga y carga de baterías a fin de reducir la exposición del Submarino y aumentar porcentualmente su capacidad de indetectabilidad.

El costo – beneficio de la propuesta antes mencionada se muestra en la Tabla 3

Tabla 3 Costo - beneficio

Tipo	Costo por unidad	Duración por unidad	Beneficio en consumo
Led	S/ 10	30000	30% menor
Halógena	S/ 2	2000	--

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto; un foco led nos cuesta 4 veces más que un foco halógeno; sin embargo, el primero es 14 veces más duradero que el segundo. Y contando con un 30% de mayor eficiencia en la capacidad del submarino, se puede decir que el costo beneficio del LED es de 19.5 respecto al halógeno.

3.4. Importancia del proyecto

La importancia de estas propuestas de mejora se basa principalmente en la misión y visión de la MGP, debido que necesita de unidades entrenadas y capaces de poder cumplirlas. Es por esta razón y por la antigüedad de nuestros buques que tenemos la obligación de realizar propuestas de mejora para mantener capacidades y/o recuperarlas, a fin de llevar una navegación segura, saber que cumpliremos con el objetivo y tendremos mayor probabilidad de volver a casa.



Conclusiones

Respecto a la implementación de un cobertor de piso disipador de sonido se concluye que es una implementación exitosa ya que reduce el ruido de pisadas y la caída de objetos durante las diversas navegaciones mejorando así su capacidad de indetectabilidad mediante la técnica de juicio de expertos en 77.5%.

Respecto al cambio de luces halógenas por luces led en el alumbrado principal del Submarino se concluye que su implementación optimiza el tiempo de carga en una hora, reduciendo el porcentaje de exposición de 16.67% a 12.5%.

Así mismo, a aparte de mejorar la capacidad de indetectabilidad la mejora también se ve reflejado en el aumento del costo-beneficio de 19.5 %, considerando el costo, la duración y la reducción de consumo de 30%.

Como último punto, sobre el reemplazo del gas NITROX por HELIOX, se concluye que; a raíz de que la profundidad del mar en la costa del área de lima y callao es de 100 metros, es mayor eficiente el uso del gas HELIOX.



Recomendaciones

A partir del presente trabajo de suficiencia profesional se recomienda instruir a estudiantes y profesionales a enfocar esfuerzos en la mejora y optimización de sistemas y equipos, y procesos en las diversas actividades que realicen.

Respecto a las dos primeras implementaciones se recomienda su continuidad y la implementación de los mismos en las demás UUSS. Cabe resaltar que actualmente se encuentra en evaluación por la oficina de Recuperación de la capacidad submarina de la MGP.

Respecto al tercer punto de reemplazo del gas NITROX por HELIOX se recomienda que el presente trabajo derive a otros donde el estudio sea científicamente óptimo con pruebas reales en tierra y en la mar a fin de mejorar aún más nuestras capacidades y nuestros procedimientos operacionales.

Se recomienda que las instancias encargadas del manejo investigación y desarrollo cuenten con áreas exclusivas en fomentar la investigación y evaluar el reconocimiento de aquellos que propongan y alcancen mejoras óptimas.



Bibliografía

Entrevista con el Almirante Cubides. (s.f.). Recuperado el junio de 2019, de Marina de Guerra del Perú Oficial: <https://www.facebook.com/MGP.Oficial/>

Huaracha, F. (2016). Recuperación del sistema de respiración de emergencia (bibs) de las unidades submarinas clase Angamos.

Lawrence, M. (1997). Comparación de los gases Nitrox y Heliox. Obtenido de <http://www.lakesidepress.com/pulmonary/books/scuba/section1.htm>

Marina de Guerra del Perú. (s.f.). Recuperado el junio de 2019, de Marina de Guerra del Perú: <https://www.marina.mil.pe/es/>

Misión, Visión, Historia y Organigrama de la Marina de Guerra del Perú. (s.f.). Recuperado el junio de 2019, de Marina de Guerra del Perú: <https://www.marina.mil.pe/es>

Submarino A.R.C. Tayrona. (s.f.). Recuperado el junio de 2019, de El Universal: <https://www.eluniversal.com.co/cartagena/colombia-tiene-los-submarinos-mas-modernos-de-latinoamerica-115184-JSEU202193>

Submarinos. (s.f.). Recuperado el junio de 2019, de Marina de Guerra del Perú: <https://www.marina.mil.pe/es/organos/comoperpac/submarinos/>