

Salvamento submarino en la Marina de Guerra del Perú: capacidades, limitaciones operativas y opciones tecnológicas para su desarrollo

Submarine Rescue in the Peruvian Navy: Capabilities, Operational Limitations and Technological Options for its Development

Recibido: 07 de enero del 2021 | Aceptado: 17 de mayo del 2021

Carlo Mario Bertalmio Nicolini

<https://orcid.org/0000-0003-1290-0535>

Agregado Naval Adjunto a la Embajada del Perú en la República Federativa del Brasil.

Es calificado en Buceo y Salvamento. Ostenta una Maestría en Administración Portuaria, Pesquera y Marítima.

Email: carlodive@hotmail.com

9

Resumen: Esta investigación busca determinar si en la actualidad la Marina de Guerra del Perú (MGP) se encuentra en condiciones de afrontar una situación de urgencia y/o emergencia a una profundidad mayor a 350 pies, ya sea para realizar operaciones de rescate en una unidad submarina o recuperación de algún artefacto de valor estratégico. El tipo de investigación es cualitativa, de análisis documental (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), contiene una apreciación de las tecnologías de buceo profundo disponibles en la actualidad, como son los trajes atmosféricos, vehículos de operación directa, vehículos de operación remota y sistemas de buceo de saturación, habiéndose realizado una evaluación de sus principales características, incluyendo una comparativa entre sus ventajas y desventajas contrastadas con los medios que dispone la MGP. Asimismo, se evaluó la capacitación que reciben en su formación los alumnos de la Escuela de Buceo y Salvamento de la MGP, destacando la importancia del estudio de las más recientes tecnologías utilizadas por otras instituciones navales e industrias a nivel global. La investigación permitirá de identificar las capacidades, limitaciones operativas, opciones tecnológicas de buceo profundo y profesionalización del

personal del Grupo de Salvamento para operaciones de salvamento submarino a gran profundidad.

Palabras clave: Marina de Guerra del Perú, salvamento profundo, tecnologías de buceo, buceo profundo.

Abstract: This research seeks to determine whether the Peruvian Navy is currently able to face an emergency or urgency situation at a depth greater than 350 feet, either to carry out rescue operations in a submarine unit or to recover a device of strategic value. This is a qualitative research of documentary analysis (Hernández, Fernández and Baptista 2014), as it provides an appraisal of deep diving technologies currently available, such as atmospheric diving suits, direct operation vehicles, remote operation vehicles and saturation diving systems after having carried out an assessment of its main characteristics, including a comparison between its advantages and disadvantages based on the logistics available to the Navy. Likewise, the training received by the students of the Peruvian Navy's Diving and Rescue School was assessed, highlighting the importance of studying the most recent technologies used by other Navies and industries globally. The research will contribute to identify the capabilities, operational limitations, deep diving technology options and professionalization of the Peruvian Rescue Group personnel for deep-sea rescue.

Keywords: Peruvian Navy, deep salvage, diving technologies, deep diving.

1. INTRODUCCIÓN

El buceo es una actividad que se inicia por la curiosidad del hombre acerca de los misterios que encerraban los océanos y mares, luego por la necesidad de alimentarse y posteriormente con el desarrollo de embarcaciones, surge el requerimiento de recuperar los artefactos de valor hundidos en accidentes y guerras (U.S. Navy, 2008).

Los avances tecnológicos han permitido al hombre fabricar embarcaciones y artefactos navales cada vez más grandes, complejos y eficientes, los cuales no se encuentran libres de sufrir una avería o accidente por causas fortuitas, errores humanos o desastres naturales.

Esta continua aventura evolutiva de exploración y aprovechamiento del mar ha ido de la mano con el desarrollo de nuevos materiales, técnicas y equipamientos de buceo, que permitieron inicialmente al hombre ampliar el tiempo y la profundidad de sus primeras inmersiones, logrando como consecuencia tener acceso a nuevos

recursos. La evolución de estas técnicas y equipos de buceo continúan hasta la actualidad y mantiene el enfoque de lograr una mayor profundidad y tiempo de inmersión (U.S. Navy, 2008).

El salvamento submarino es un tema muy especializado y al mismo tiempo poco estudiado, ya que ha existido mayor inversión en el estudio del espacio exterior que en la investigación de los fondos marinos de nuestro planeta. Así, podemos mencionar que hasta la fecha, 12 personas han pisado la luna como resultado de las misiones Apollo realizadas entre 1969 y 1975, mientras que solo dos personas, Jacques Piccard y Donald Walsh, a bordo del batiscafo *Trieste*, embarcación sumergible preparada para resistir grandes presiones y destinada a explorar las profundidades del mar, lograron descender hasta 36,070 pies en el abismo de Challenger, en la fosa de las Marianas que está ubicado en el Océano Pacífico.

Vásquez (2011) señala que la investigación subacuática en nuestro país no se encuentra muy desarrollada, lo que ocasiona que no podamos realizar avances científicos importantes en este campo, a pesar de tener una amplia variedad biológica y geológica en nuestro mar y lecho marino. Asimismo, Escate (2016), en su trabajo de investigación, buscó identificar los riesgos a los que se ven inmersos los buzos comerciales y/o artesanales, encontrando un alto grado de vulnerabilidad por las condiciones de trabajo y desconocimiento de deberes y derechos en el referido grupo humano.

En el nivel internacional, Carter (1976), elaboró un reporte para la USN, sobre el ADS JIM Suit, basado en un estudio comparativo entre el JIM Suit y el equipo de buceo estándar MK V, utilizado por la USN en aquel momento (Smith, 1987), examinó la logística requerida por la USN, para operar el *Navy One Man One Atmosphere Diving System* (NOMOADS), analizando los aspectos contractuales de adquisición, concentrándose en la fiabilidad, mantenimiento, disponibilidad, disposición de piezas de repuesto y el costo total del ciclo de vida de cada sistema.

Callaghan (1987) realizó un estudio acerca de los efectos del desastre del submarino nuclear USS Thresher, en 1963, enfocándose en cómo este incidente repercutió en las nuevas medidas de seguridad vigentes y sobre la necesidad de contar con mejores capacidades en los sistemas de inmersión profunda que se encontraban en servicio en la USN. Morat (2010) enfocó su investigación en los Buzos Especialistas Ingenieros (BEI) presentándolos como una herramienta de apoyo a la población civil al afrontar una situación catastrófica. Galisteo (2014) realizó un estudio con la finalidad de descubrir los mecanismos y protocolos que derivan del rescate de personas, así como la posible recuperación de un submarino.

Noguera (2014) enfocó su investigación en cómo medir el nitrógeno residual en la sangre de un buzo de forma práctica y segura al término de una inmersión. Colgary (2016) realizó un estudio de los trajes atmosféricos (ADS) actualmente en servicio, analizado cuantitativamente su operabilidad.

Una vez expuestas las ideas de diversos expertos sobre el problema vigente, indicamos que la finalidad del presente trabajo de investigación está orientado al análisis de la capacidad actual del salvamento submarino en la Marina de Guerra del Perú (MGP), buscando identificar las capacidades y limitaciones operativas existentes en operaciones de buceo profundo, y en base a eso, proponer luego de la evaluación de las tecnologías disponibles en la actualidad, una alternativa viable que logre cerrar o reducir sustancialmente una posible brecha con relación al buceo profundo, acompañada de la profesionalización correspondiente. Asimismo, busca generar un incremento en el conocimiento sobre las consecuencias que se presentarían al no estar preparados, ante una situación desafortunada, que involucre la posible pérdida de vidas humanas, por no encontrarnos debidamente equipados y entrenados.

Este trabajo se centrará en la presente interrogante: **¿Actualmente la Marina de Guerra del Perú se encuentra en condiciones de afrontar una situación de urgencia y/o emergencia a una profundidad mayor a la que se encuentra equipada y preparada?** Partiendo de la problemática general, establezco mi objetivo general y objetivos específicos, los cuales serán el eje de la investigación:

1.1. Objetivo General

- Determinar, si en la actualidad, la MGP se encuentra en condiciones de afrontar una situación de urgencia y/o emergencia a una profundidad mayor a la que se encuentra equipada y preparada.

1.2. Objetivos Específicos

- Analizar las tecnologías de buceo profundo disponibles en la actualidad a nivel internacional.
- Evaluar si la capacitación que reciben los alumnos de la Escuela de Buceo y Salvamento de la MGP contempla el estudio de otras tecnologías empleadas en el mundo.

El trabajo de investigación desarrollado es poco conocido en la institución, a esto se suma la falta de manuales y procedimientos operativos vigentes (POV). Cabe mencionar que internacionalmente existe un reducido número de investigaciones referentes al buceo profundo, destacando significativamente el

desarrollo aportado por la Armada de los Estados Unidos (USN) en equipos, sistemas y procedimientos desde los años 60, y la compañía francesa *Compagnie Maritime d'Expertises (COMEX)*, con sus investigaciones en buceo saturado con empleo de hidrógeno en la mezcla respirable, sin dejar de mencionar los avances tecnológicos obtenidos por Phil Nuytten, en el desarrollo de los Trajes de Buceo Atmosférico (ADS), Vehículos de Operación Directa (DOV) y Vehículos de Operación Remota (ROV).

2. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

2.1. Diseño:

El tipo de investigación es cualitativa, análisis documental (Hernández, Fernández y Baptista 2014). Los referidos autores definen este tipo de investigación como aquella que resulta de la combinación del enfoque cualitativo y el análisis documental.

El diseño de la investigación es de tipo descriptivo documental y por medio de entrevistas reservadas, mediante un cuestionario de 18 preguntas, enfocadas desde tres categorías:

- Categoría 1: Con respecto a la profundidad de las operaciones de buceo.
- Categoría 2: Con respecto a las tecnologías disponibles en operaciones de buceo profundo.
- Categoría 3: Con respecto a la profesionalización del personal del Grupo de Salvamento (GRUSAL).

2.2. Instrumentos:

Mediante el cuestionario elaborado, el cual fue entregado a los expertos entrevistados, se permitió formar un criterio sobre los sistemas que se utilizan actualmente y cuál es la tendencia futura de los mismos en la MGP.

Se realizó un viaje de investigación a la ciudad de Seattle, Estados Unidos (EE. UU.) y a la ciudad de Vancouver, Canadá, con el objeto de conocer el desarrollo de las tecnologías y procedimientos del salvamento submarino en el continente americano, desde sus orígenes hasta la actualidad, evaluando la interoperabilidad de los sistemas y equipos más modernos con los procedimientos y plataformas que se encuentran activas en la MGP.

Se elaboró un cuadernillo de validación de los instrumentos de recolección de datos a través de juicio de expertos, el cual contenía una carta de presentación, las

definiciones de las variables y dimensiones, la matriz de operacionalización de variables y el certificado de validez de contenido del instrumento.

La técnica utilizada para el procesamiento de la información y prueba de hipótesis fue el análisis descriptivo de los datos generados a partir de las entrevistas, contrastados mediante preguntas cruzadas en las visitas realizadas. Complementariamente a lo mencionado, se realizó el análisis de la información documental recopilada de trabajos de investigación, libros y manuales relacionados con el tema de investigación.

2.3. Muestra:

Se entrevistó a especialistas con experiencia en el tema de investigación que residen en Lima, Perú; en Seattle, EE.UU.; y en Vancouver, Canadá. Dichos expertos nacionales y extranjeros laboran en campos tan especializados como el salvamento de unidades submarinas, salvamento marítimo, operaciones de buceo profundo comercial y militar, así como especialistas reconocidos en hidrografía, buceo de saturación, desarrolladores de las últimas tecnologías en sistemas de buceo profundo e historiadores en la evolución de los sistemas de buceo profundo de la USN, de acuerdo al siguiente detalle:

- Vicealmirante (r) Eduardo Darcourt Adrianzén (2018) Callao, Perú “Operaciones de salvamento y refluotamiento de unidades submarinas”.
- Capitán de Fragata (r) Luis Giampietri Ramos (2018) Callao, Perú “Operaciones de salvamento y de buceo profundo”.
- Capitán de Fragata Carlos Holguín Valdivia (2018) Callao, Perú “Morfología y principales características del lecho marino en el Pacífico Sur”.
- Capitán de Fragata Luis Soto Mendoza(r) (2018) Callao, Perú “Buceo saturado y operaciones de salvamento y buceo profundo”.
- President of Nuytco Research Ltd. Phil Nuytten (2018) Vancouver, Canadá “Presente y futuro de las tecnologías de buceo profundo”.
- Chief of Operations of Nuytco Research Ltd., Chief of Pilots An Expert Pilot for ADS, DOV y ROV Jeff Heaton (2018) Vancouver, Canadá “Capacidades y limitaciones de las tecnologías de buceo profundo disponibles”. “Operación y mantenimiento de ADS, DOV y ROV”.
- Curadora del Museo Submarino de la USN Mary Ryan (2018) Seattle, EE. UU. “Historia de la evolución de los sistemas de salvamento y buceo profundo de la USN.

La variable seleccionada fue la “capacidad operativa de salvamento”, la cual puede definirse como la capacidad que tiene el Grupo de Salvamento de la MGP para actuar ante un siniestro submarino, el cual puede estar compuesto por el hundimiento de una unidad naval de superficie, submarina, artefacto o aeronave. Esta capacidad puede ser medida por la profundidad a la que es posible descender, pudiendo estar referida a su vez, a los medios de apoyo con que se cuenta para facilitar los trabajos, dentro de los que se encuentran las plataformas de buceo, sistemas de buceo profundo y el equipamiento de buceo. Otro aspecto que puede ser medido es el nivel de profesionalización del personal calificado en buceo y salvamento. Para tal fin, se utilizaron los siguientes indicadores:

- Profundidad de las operaciones de buceo
- Tecnologías disponibles para operaciones de buceo profundo
- Profesionalización del personal del grupo de salvamento

3. RESULTADOS

3.1. Objetivo General:

Determinar si en la actualidad la MGP se encuentra en condiciones de afrontar una situación de urgencia y/o emergencia a una profundidad mayor a la que se encuentra equipada y preparada. (Indicador: Profundidad de las operaciones de buceo).

Empezaremos por analizar el suministro de gas respirable. Al respecto, se sabe que respirar aire comprimido a una profundidad mayor de 100 pies puede causar narcosis por nitrógeno, lo que afecta el juicio y la conciencia del buzo, poniéndolo en riesgo a él y a toda operación de buceo. En la década de 1930, la Navy Experimental Diving Unit (NEDU) desarrolló y perfeccionó una mezcla de gases respirables diferente al aire comprimido que reemplazaba el nitrógeno por helio. Respirar una mezcla de HELIOX hace que el buceo en aguas profundas sea más seguro y permita a los buzos sumergirse a mayor profundidad por más tiempo. Actualmente la MGP utiliza la mezcla HELIOX para operaciones de buceo profundo hasta los 350 pies de profundidad (Bond, 1993).

En lo que respecta a plataformas de salvamento y equipamiento, en el año 2016 se incorporó a la MGP el Remolcador Auxiliar de Salvamento B.A.P. Morales (RAS-180), nave que cuenta con un sistema de buceo profundo con mezcla de gases, que utiliza como gas respirable el HELIOX en proporciones variables de oxígeno y helio, y permite alcanzar profundidades de hasta 350 pies, logrando superar los 240 pies que es la profundidad límite para realizar buceos únicamente

con aire comprimido, marcando así un avance importante en las operaciones de buceo profundo. Esto ha logrado incrementar en gran medida el área de fondo marino a la que se puede acceder en caso se requiera el auxilio de una unidad submarina, recuperación de artefactos de alto valor estratégico o la realización de inspecciones subacuática (Watson, 2016).

El GRUSAL de la MGP, tiene una amplia variedad de equipos y sistemas de buceo que emplean aire comprimido como gas respirable, estos son utilizados en operaciones de salvamento de forma eficiente y segura hasta los 190 pies, y en casos excepcionales hasta los 240 pies. Estos sistemas y equipos fueron adquiridos como resultado de distintas experiencias obtenidas en una amplia variedad de trabajos subacuáticos de pequeña y gran envergadura, como el reflotamiento del submarino B.A.P Pacocha en el año 1989, realizado en inmediaciones del puerto del Callao a una profundidad de 122 pies, utilizando como gas respirable el aire.

Podemos identificar tres periodos bien definidos en GRUSAL en lo que a equipamiento se refiere. El primer periodo se inicia desde su creación en el año 1969, con las escafandras que corresponden al equipo de buceo pesado MK V, que fue el primer sistema de buceo dependiente de superficie en la MGP. El segundo periodo se inicia como resultado de la llegada de los cascos de buceo SuperLite 17B, con sus respectivos componentes periféricos y una serie de equipos y herramientas de salvamento. Esto fue, como producto del planeamiento desarrollado para el reflotamiento del submarino B.A.P Pacocha en el año 1989. El tercer periodo se inicia con la incorporación del Remolcador Auxiliar de Salvamento en el año 2016, equipado con el primer sistema de buceo profundo de la MGP, el cual utiliza HELIOX como gas respirable, cascos SuperLite 37 con sus respectivos sistemas periféricos, campana de buceo abierta y en el caso de inspecciones subacuáticas, esta nave también está equipada con un ROV Falcón capaz de descender hasta una profundidad de 1000 pies.

En caso se presente una emergencia con una unidad submarina y pérdida propulsión o la capacidad de emerger a superficie por sus propios medios, la nave se irá a pique hasta chocar con el fondo, dependiendo de su posición podría descender a cualquier profundidad. Considerando que el casco resistente colapsa teóricamente a 1,500 pies, nos encontramos ante el posible escenario que un submarino pueda encontrarse en esta situación límite, inmovilizado a la máxima profundidad de diseño del casco resistente con su tripulación a salvo en su interior.

Lo señalado nos lleva a establecer que GRUSAL se encuentra equipado para realizar operaciones de buceo profundo e inspecciones submarinas con aire comprimido hasta profundidades de 190 pies, en casos excepcionales hasta 240 pies, 350 pies utilizando HELIOX y hasta 1000 pies sólo para inspecciones

visuales con el ROV, utilizando una amplia variedad de plataformas que varían desde embarcaciones menores hasta unidades especializadas. A continuación, en la tabla 1 se hace referencia al equipamiento del Grupo de Salvamento de la MGP.

TABLA 1

Equipamiento del Grupo de Salvamento de la MGP.

PLATAFORMAS		EQUIPOS DE BUCEO		EQUIPOS DE INGENIERIA		EQUIPOS DE SALVAMENTO		SANIDAD	
Cantidad	Tipo	Cantidad	Tipo	Cantidad	Tipo	Cantidad	Tipo	Cantidad	Tipo
1	Remolcador Auxiliar de Salvamento	80	Equipos SCUBA	5	Moto compresores Quincy	50	Bolsas de levantamiento total (200 toneladas)	3	Camaras hiperbáricas
2	Lanchas Balleneras	1	Estación de buceo con mezcla de gases (embarcada)	4	Moto compresoras de buceo portátiles	30	Pontones de salvamento de 2 toneladas	3	Equipos de respuesta rápida
1	Lancha Tritón	4	Estaciones de buceo con cascos Superlite 47	1	Planta de aire comprimido	1	Sistema de aparejo de playa		
8	Botes ZODIAC 470	1	ROV FALCON (1000 pies)	2	Sistema de soldadura submarina	1	Equipo completo para maniobras submarinas		
		1	Estación de buceo móvil	6	Motobomba de salvamento				

Fuente: Datos provienen de la muestra de estudio.

3.2. Objetivo Específico 1:

Realizar un análisis entre las tecnologías de buceo profundo disponibles en la actualidad a nivel internacional. (Indicador: Tecnologías disponibles para operaciones de buceo profundo).

Empezaremos por analizar el principal problema del buceo dependiente de superficie en modalidad de intervención, y es que se encuentra limitado por el tiempo que disponen los buzos para trabajar bajo el agua y los expone a largos e incómodos períodos de descompresión, situación que generó la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías a lo largo de los años, que permitan alcanzar mayores profundidades durante más tiempo de forma segura para los buzos y operadores.

George Bond (1993) quien fue un oficial médico y científico de la USN, introdujo el concepto de buceo de saturación en la década de 1950. Fue el responsable del "Proyecto Génesis", que iniciaba experimentos con ratas de laboratorio y fue evolucionando hasta experimentar con humanos en cámaras hiperbáricas respirando helio y oxígeno. Mediante la aplicación práctica de esta técnica, se permitió a los buzos vivir y trabajar bajo el agua durante días o semanas, realizando al término de su estadía un único período de descompresión, comparativamente corto. La NEDU (Naval Sea Systems Command, por sus siglas en inglés) brindó apoyo técnico para las hipótesis de Bond, mediante el desarrollo de tablas especiales de descompresión para buceos de saturación.

Nuytten (2014) uno de los principales desarrolladores de los Trajes de Buceo Atmosférico (ADS), Vehículos de Operación Directa (DOV) y Vehículos de Operación Remota (ROV), en North Vancouver, Canadá, es presidente de Nuytco Ltd., quien desarrolló el concepto de los DOV a partir del concepto de mantener la presión de trabajo del piloto a una atmósfera y así evitar las complicaciones de la compresión y descompresión, con la diferencia de que el piloto no requiere de la utilización de su propia fuerza para la realización de las tareas, ya que emplea uno o dos brazos robóticos operados desde el interior de la nave mediante joysticks, que al no tener articulaciones, no requiere de juntas giratorias. Otra diferencia importante es que este vehículo es autónomo, no requiere de una línea umbilical que le provea de aire, energía o telemetría.

El uso de los ROV data de la década de los años 60, la Armada de los Estados Unidos desarrolló el Cable Controlled Underwater Recovery Vehicle (CURV), con la finalidad de contar con un sistema de recuperación de artefactos del fondo marino a gran profundidad. Basados en esta tecnología fueron desarrollados los

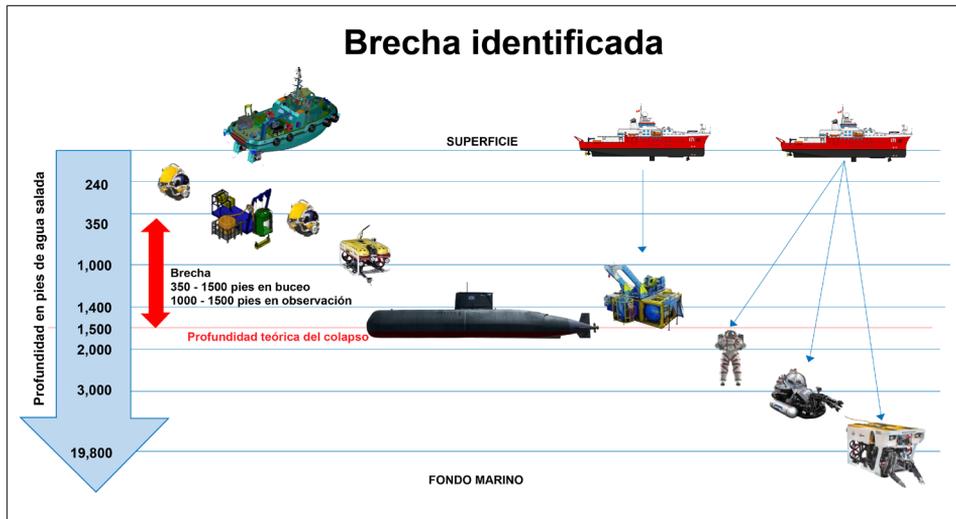
ROV work class de alta gama, los cuales en la actualidad son considerados como una herramienta esencial.

En operaciones de buceo profundo que involucre buzos, ya sea en modo intervención o en modalidad de saturación, es obligatorio el uso de ROV de observación por parte del supervisor de buceo, ya que mediante esta herramienta se puede tener una visión completa de las operaciones que están realizando.

En el campo militar, los ROV son utilizados para realizar inspecciones y realizar operaciones de recuperación de torpedos, minas y otros artefactos de alto valor militar, y en el ámbito civil para realizar inspecciones de estructuras sumergidas y en operaciones relacionadas con la industria petrolera offshore, minería submarina y recuperación de artefactos y minerales de alto valor comercial.

Como resultado de la investigación realizada y de acuerdo a la figura 1, se han identificado cuatro tecnologías que podrían cerrar la brecha existente entre los 350 pies, que es la profundidad actual a la que se podría realizar una operación de salvamento submarino profundo con el apoyo del B.A.P. Morales, y los 1,500 pies que es la profundidad de colapso del casco resistente de una unidad submarina, situación a la cual la AP no se encuentra en condición de afrontar de forma autónoma en la actualidad.

FIGURA 1
 Brecha identificada.



Fuente: Elaboración propia.

La primera tecnología considerada para cubrir la brecha identificada es el buceo de saturación, utilizada principalmente en operaciones relacionadas a la industria petrolera, que permite realizar inmersiones de hasta 1,400 pies, realizando una sola compresión inicial y una sola descompresión al término del trabajo. La duración de este proceso de descompresión depende directamente de la profundidad de trabajo y no del tiempo de permanencia en la presión de trabajo.

La segunda tecnología estudiada son los ADS, que posibilitan realizar inmersiones de hasta 2,000 pies, permitiendo al piloto el uso de sus extremidades para realizar trabajos manuales de precisión. Su operación y mantenimiento es relativamente sencillo, el periodo de entrenamiento básico tiene una duración de dos semanas, y no requiere de una plataforma muy compleja para su operación.

La tercera tecnología evaluada consiste en la utilización de los DOV, capaces de descender 3,000 pies. Están provistos de hasta dos brazos robóticos utilizados para efectuar las tareas manuales, manteniendo en su interior hasta dos pilotos a presión atmosférica. No requiere de un umbilical, ya que cuenta con dos bancos de baterías y dos sistemas de soporte vital que le proporcionan 50 horas de autonomía, energía suficiente para cada inmersión, sin embargo, puede ser conectado un umbilical para ser operado de forma remota. Al igual que los ADS, requiere en superficie de una plataforma como soporte, la cual deberá contar con anclas de gran agarre o un sistema de posicionamiento dinámico, una grúa o pescante que sirva como su sistema de lanzamiento y recuperación.

La cuarta tecnología considerada está centrada en la utilización de ROV workclass de alta gama. Los modelos más completos pueden sumergirse hasta 19,800 pies, utilizan brazos robóticos y una serie de sensores que permiten al piloto, que se encuentra en superficie, tener una adecuada descripción del fondo en donde se realiza el trabajo, y requieren de una línea umbilical que les proporcione energía y telemetría. Su principal ventaja es que ningún buzo o piloto se encuentra expuesto a los riesgos que existen en el lugar de trabajo. Este tipo de tecnología tuvo un papel muy destacado en la búsqueda, detección e identificación del submarino argentino A.R.A. San Juan S-42, hundido a casi 3,000 pies de profundidad en el océano Atlántico, gracias a sus excelentes capacidades como herramienta de observación y su permanencia indefinida en área del siniestro.

En el viaje de investigación realizado a la ciudad de Vancouver, Canadá, se tuvo oportunidad de conocer y conversar sobre la situación actual de los equipos y sistemas de buceo profundo con Phil Nuytten y Jeff Heaton, presidente y jefe de operaciones respectivamente de *Nuytco Research Ltd.* Esta empresa es protagonista del desarrollo tecnológico de los ADS, DOV y ROV.

Durante la visita se pudo conocer las instalaciones de *Nuytco Research Ltd.*, apreciar el proceso de fabricación de sus productos, conocer el funcionamiento de los sistemas, e incluso poder ingresar al interior de un ADS y de un DOV, experimentando cómo estos dispositivos interactúan con el exterior.

Entre los temas que se trataron en la entrevista, estuvieron los costos de operación y mantenimiento de las diferentes tecnologías evaluadas, dentro de los cuales, el que tiene mayor costo de mantenimiento es el buceo de saturación, debido a la gran cantidad de componentes críticos que tiene el sistema para sostener, en condiciones adecuadas, a los buzos que se encuentran saturados. En el caso de los ROV, el costo de mantenimiento es menor que en los sistemas de saturación, ya que no requieren de unidades de soporte vital (LSU), pero sí un complejo plan de mantenimiento en sus sistemas robóticos. Los DOV tienen costos de operación y mantenimiento similares a los ROV, sin embargo, la tecnología que requiere, de un menor costo en operación y mantenimiento, son los ADS, gracias a que no necesitan de sistemas robóticos y electrónicos muy complejos.

3.3. Objetivo Específico 2:

Evaluar si la capacitación que reciben los alumnos de la Escuela de Buceo y Salvamento de la MGP contempla el estudio de otras tecnologías empleadas en el mundo. (Indicador: Profesionalización del personal del Grupo de Salvamento)

La Escuela de Buceo y Salvamento de la MGP cuenta con una malla curricular variada y exigente, que permite al alumno de buceo obtener un amplio conocimiento de la especialidad y una condición física adecuada para afrontar las exigencias propias de la actividad, la cual ha sido desarrollada en base a la experiencia adquirida a lo largo de los años durante los trabajos submarinos requeridos por la MGP. (Escuela Superior de Guerra Naval, 2013).

La profesionalización del personal del GRUSAL está enfocada en dos aspectos fundamentales: La correcta operación y el mantenimiento preventivo y correctivo de los diferentes equipos y sistemas especializados de buceo con que cuenta, los cuales provienen de distintos fabricantes, por lo tanto, exige un alto grado de especialización.

Dentro de la operación de los sistemas de buceo, podemos hacer una subdivisión de lo que corresponde al trabajo que se desarrolla dentro del agua y en la superficie: La primera demandará que el buzo se encuentre en un óptimo estado físico, mental y tenga un conocimiento integral de su equipo y de los procedimientos establecidos, mientras que en la segunda requerirá que el

personal que se encuentra en la superficie, comprenda su función a detalle y tenga un amplio entendimiento del equipo o sistema que está operando, así como de los procedimientos de emergencia en caso se presente una falla.

En lo que corresponde a mantenimiento, dependiendo de cada región o país, encontramos diferentes términos, definiciones y normas. Por ejemplo, la norma francesa AFNOR NF X 60-010, la cual dice que el mantenimiento es “el conjunto de acciones que permiten conservar o restablecer un bien a un estado especificado o a una situación tal, que pueda asegurar un servicio determinado”. La norma británica BS 3811, dice que es “la combinación de todas las acciones técnicas y administrativas asociadas tendientes a conservar un ítem o restablecerlo a un estado, tal que pueda realizar la función requerida”. La norma militar norteamericana que es una de las más exigentes MIL – STD – 721 C, señala que son “todas las acciones necesarias para conservar un ítem en un estado especificado o restablecerlo a él”.

En general podemos clasificar el mantenimiento en dos tipos: El preventivo y el correctivo. El primero puede ser programado o también puede ser deducido, y el segundo dependiendo de la gravedad de la falla puede ser inmediato o puede ser diferido.

En los años 2009, 2010 y 2014 la MGP envió al Centro de Instrucción Almirante Átilla Monteiro Aché (CIAMA) de la Armada de Brasil, a un grupo de oficiales y personal subalterno con el fin de capacitarse en la técnica de buceo saturado, para adquirir nuevos conocimientos y aplicarlos a las necesidades propias de la institución.

4. DISCUSIÓN

4.1. Análisis de resultados del Objetivo General

El GRUSAL no cuenta con equipamiento que le permita realizar operaciones de salvamento submarino a más de 350 pies, e inspecciones visuales a más de 1000 pies de profundidad. Esto genera una dependencia con las potencias extranjeras que puedan prestar ese servicio, los cuales se encuentran supeditados a los costos y tiempo que demande su traslado, siempre y cuando esté disponible el país y no esté comprometido en otra operación o se encuentre fuera de servicio el equipamiento necesario por efectos de mantenimiento o fallas. Cabe resaltar que el grupo que realice el trabajo, tendría acceso irrestricto del artefacto que se encuentra en el fondo, pudiendo existir la posibilidad que se exponga información sensible.

Es necesario contar con algún sistema de buceo profundo que esté compuesto de elementos adecuados de almacenamiento, aditamentos especiales para su

transporte, soporte vital del buzo o piloto, módulo de control y monitoreo en superficie adecuado, que permita llegar hasta los 1,500 pies de profundidad con la finalidad de realizar operaciones de salvamento submarino. Asimismo, esta capacidad permitirá la recuperación de artefactos de alto valor militar y civil como aeronaves y torpedos, en una amplia área de lecho marino.

4.2. Análisis de resultados del Objetivo Específico 1

La incorporación del buceo de saturación requerirá inversión para la adquisición de una nueva plataforma que cuente con Posicionamiento Dinámico tipo 2 (DP2) y la asignación de un área para la instalación de los módulos portátiles, paquetes de cilindros de mezcla de fondo, mezcla de descompresión, oxígeno, cámaras hiperbáricas y diferentes componentes que conforman el sistema.

Con relación al tiempo, tomemos un ejemplo, un trabajo de 8 horas a 1000 pies de profundidad requerirá de aproximadamente 24 horas de compresión, más 8 horas de trabajo, más 240 horas de descompresión, lo que nos da un total de 272 horas de operación por 8 horas de trabajo efectivo en el fondo. Un aspecto importante por considerar es la cantidad de mezcla que se debe tener como stock permanente en caso de una emergencia, y el tiempo en el que puede ser proporcionada por el proveedor local (Bond, 1993).

Este problema de costos, plataforma, espacio y tiempo se reduce significativamente con el empleo de los ADS, ya que puede ser operado desde las plataformas que actualmente cuenta la MGP, reduciendo el costo de inversión, en lo que respecta al tiempo, para la misma operación de 8 horas en el fondo a 1,000 pies de profundidad. Este sistema no requiere de tiempo de compresión ni descompresión, requiriendo aproximadamente 10 minutos para descender y otros 10 minutos para su ascenso al término del buceo, reduciendo las 272 horas de operación que requeriría el sistema de saturación a solo 8.3 horas.

En el caso de optar por la utilización de los DOV o los ROV work class, estos equipos requieren de plataformas más grandes y con una grúa más potente, dependiendo las características específicas de los ROV, requerirán también de un complejo soporte técnico con especialistas en robótica, electrónica y sistemas, adicionalmente, se debe considerar un amplio catálogo de repuestos críticos de los diferentes componentes y subsistemas.

Ninguna de las tecnologías identificadas puede por sí sola reemplazar a las demás, cada una cuenta con diferentes ventajas y limitaciones. Por ejemplo, en

el buceo de saturación los buzos pueden realizar las tareas con total libertad de movimiento, pero requiere de una plataforma especializada y de un considerable tiempo de descompresión final. En el caso de los ADS, los pilotos no se encuentran expuestos al aumento o disminución de la presión, sin embargo, estos trajes tienen cierta limitación de la movilidad, requiriendo de un constante entrenamiento. Los DOV no requieren de una línea umbilical a superficie, no obstante tienen una maniobrabilidad restringida y requieren de un soporte técnico importante, y por último, los ROV work class, tienen la capacidad de descender a grandes profundidades, muy superiores a los tres sistemas mencionados anteriormente, pero con la contraparte de tener un alto costo, y requieren de un complejo soporte técnico durante su operación sin dejar de lado, que hasta el momento ningún ROV ha podido igualar la destreza e intuición de un humano al momento de realizar una tarea bajo el agua. La implementación de los ADS, podría ser una solución rápida y de bajo costo para la MGP, ya que, puede ser operado desde las plataformas que se encuentran en servicio actualmente, necesita poco espacio para su estiba, presenta un bajo costo de mantenimiento, no requiere de un soporte técnico complejo y el curso de capacitación en operación y mantenimiento tiene una duración de dos semanas, el cual se realizaría en territorio nacional.

4.3. Análisis de resultados del Objetivo Específico 2

La constante innovación tecnológica requiere cambios en la malla curricular de la Escuela de Buceo y Salvamento de la MGP, estas deben incluir cursos de electrónica, robótica, procedimientos de buceo profundo, entre otros.

La capacitación del personal de GRUSAL en sistemas de buceo profundo es fundamental, ya que, en caso se realice alguna operación de entrenamiento internacional o apoyar a otros países, al presentarse una emergencia trascendental, este personal debe encontrarse preparado, y así, pueda participar de la operación con la finalidad de tener una presencia permanente durante las tareas que se realicen.

5. CONCLUSIONES

1. Se requiere desarrollar el procedimiento para solicitar el apoyo de Grupos de Salvamento de otros países, en caso, se presente una emergencia con una unidad submarina a una profundidad superior, a la que, el actual equipamiento del Grupo de Salvamento de la MGP permite descender. Debe incluir aeropuertos, carreteras, puertos y embarcaciones que permitan un traslado inmediato al área de operaciones.
2. La MGP debe evaluar la posibilidad de invertir en la adquisición de un sistema de buceo profundo, que permita al Grupo de Salvamento estar preparado ante una situación de emergencia con alguna unidad submarina o necesidad de recuperación de artefactos de alto valor estratégico.
3. Los sistemas ADS son los más adecuados para su implementación en el Grupo de Salvamento de la MGP, en relación, con la alcanzable operatividad y costos razonables de mantenimiento de los diversos equipos.
4. Establecer un plan de capacitación, nacional e internacional, al personal de oficiales y subalternos del Grupo de Salvamento en la operación y mantenimiento de los ADS. Asimismo, considerar en la malla de estudios de la Escuela de Buceo y Salvamento, asignaturas que logren obtener las capacidades idóneas en operaciones de salvamento y buceo profundo.
5. Continuar con la capacitación del personal superior y subalterno en cursos en el extranjero, que permitan mantener actualizados los conocimientos y procedimientos en operaciones de salvamento y buceo profundo.

REFERENCIAS

- Bond G. (1993). *Papa Topside: The Sealab Chronicles of Capt. George F. Bond*, US Naval Institute Press, Annapolis, EE.UU.
- Callaghan P. (1987). *Efectos del desastre del submarino nuclear USS Thresher y como este incidente repercutió en las nuevas medidas de seguridad vigentes y sobre la necesidad de contar con mejores capacidades en los sistemas de inmersión profunda* (Thesis Master of Arts in History). Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, EE.UU.
- Carter R. (1976). *Reporte para la Armada de los Estados Unidos sobre el ADS JIM Suit*, Navy Experimental Diving Unit, Panamá City, Florida.
- Colgary J. (2016). *An Experimental Study of the One Atmosphere Diving Suit (ADS) and Data Analysis of Military Diving* (Naval Engineer's Degree and Master of Science in Mechanical Engineering). Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, EE.UU.
- Escuela Superior de Guerra Naval (2013). *Escuela de Buceo y Salvamento*. Recuperado de <https://www.esup.edu.pe/buceo.html>
- Hernández R., Fernández C. y Baptista M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Editorial Mc Graw Hill Education, Interamericana de Editores S.A. de C.V.
- Noguera J. (2014). *Medidor de Nitrógeno Residual* (Tesis de Bachiller). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Nuytten, P. (2014). The Case for One Atmosphere Diving. *Diving Magazine*. Recuperado de <http://divermag.com/the-case-for-one-atmosphere-diving-exosuit>
- Smith M. (1987). *Soporte logístico para el One Man One Atmosphere Diving System, NOMOADS* (Thesis Master of Science in Management). Naval Postgraduate School, Monterey, California, EE.UU.
- U.S. Navy, (2008). *US Diving Manual Revision 6*, Volume 1-5, Naval Sea Systems Command.
- U.S. Navy, (2013). *US Salvage Manual Revision 2*. Naval Sea Systems Command.
- Vásquez M. (2011). *Desarrollo de un Control Electrónico Para un Submarino Eléctrico Experimental*, (Tesis de bachiller). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Watson P. (2016). SIMA Callao bota el RAS-180 BAP "Morales". *Infodefensa.com*. Recuperado de <https://www.infodefensa.com/latam/2016/09/08/noticia-callao-emolcador-auxiliar-salvamento-ras180-morales.html>