



REVISTA

La Escafandra

ESCUELA DE BUCEO ARMADA DE COLOMBIA



ISSN: 2711-1253

SÉPTIMA EDICIÓN - 2023



REVISTA
La Escafandra
ESCUELA DE BUCEO ARMADA DE COLOMBIA

JUNTA EDICIÓN REVISTA “LA ESCAFANDRA”

Teniente Coronel de I.M. Jaime Alfredo Ordoñez Viteri

jaime.ordonez@armada.mil.co

Director Escuela de Buceo de la Armada de Colombia

Capitán de Corbeta Laura Alejandra Velásquez Guecha

laura.velasquez@armada.mil.co

Subdirectora Escuela de Buceo de la Armada de Colombia

Teniente de Fragata Katheryn Leonor López Urrea

katheryn.lopez@armada.mil.co

Decana Académica Escuela de Buceo Armada de Colombia

Jefe Técnico Edier Julio Pérez Prada

edier.perez@armada.mil.co

Jefe Técnico Asesor Dirección Escuela de Buceo Armada de Colombia

Colaboradores

Sargento Primero de I.M. Yustre Maje Arley

arley.yustre@armada.mil.co

Suboficial Jefe Darío Hernández Mancipe

dario.hernandez@armada.mil.co

Suboficial Primero Jorge Eliecer Chaparro Pedroza

jorge.chaparro@armada.mil.co

Sargento Segundo Repizo Serafin

serafin.repizo@armada.mil.co

Ef Business Outsourcing SAS

Diagramación e Impresión

ISSN 2711-1253

Edición 2023

Descargo de responsabilidad

Las opiniones expresadas en esta revista son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las del Comando de Buceo, Jefatura del Departamento de Buceo y Salvamento o la Dirección de la Escuela de Buceo Armada de Colombia.

Contenido

- 4** Saludo Jefe de Estado Mayor Naval de Apoyo a la Fuerza
- 6** Sumergidos en la estación de buceo
- 11** Narcosis “La borrachera en las profundidades”
- 14** La influencia de las condiciones meteo en la operación “Rosario, la recuperación de Malvinas”
- 18** Semana del buceo en la Armada de Colombia
- 22** Capacidad diferencial – Poder Naval en las profundidades
- 26** La importancia del buceo científico para el estudio y la protección del patrimonio cultural sumergido en Colombia
- 33** Primera campaña no intrusiva al galeón “San José” realizada en Colombia por buzos de la Armada de Colombia
- 36** Supervivencia bajo el agua sinergia de la seguridad aérea y subacuática en evento de amarizaje
- 41** Aplicando capacidades tecnología subacuática al servicio del país
- 56** Aplicando capacidades inspección técnica al naufragio USS “Peacock”
- 67** Regresando a las aguas del río Cauca
- 70** La experiencia del curso basic engineer diver (BED)
- 75** Buceo a gran profundidad, un camino por recorrer
- 80** Importancia del buceo táctico y su contribución en la seguridad en la bahía interna de Cartagena de Indias
- 83** “Bajo el misterio de las aguas del río Guainía: operaciones de salvamento y la lucha contra la minería ilegal”
- 86** Buceo táctico: una capacidad diferencial de la Armada de Colombia en las profundidades
- 91** Técnicas y tecnologías implementadas en las actividades de buceo



Saludo Jefe de Estado Mayor Naval de Apoyo a la Fuerza

Vicealmirante Harry Ernesto Reyna Niño



Es para mí un gran honor darle apertura en esta ocasión a nuestra revista “La Escafandra” en su séptima edición; usted apreciado lector develará un interesante contenido, el cual le ilustrará acerca de los trabajos realizados por nuestro personal de buzos altamente capacitados en las habilidades que integran actualmente el buceo de la Armada de Colombia, llevándola a ser un referente a nivel nacional y regional. Una muestra de estas capacidades se evidenció en la participación en la Operación Multinacional Unitas 2023 en su versión No. 64, la cual también permitió estrechar vínculos y generar lazos de cooperación entre las marinas de guerra de las naciones participantes.

Esta publicación representa un significativo aporte, puesto que se presentan artículos que resaltan la importancia de la capacidad estratégica del buceo en la Armada de Colombia. Actualmente nuestra Institución cuenta con cinco habilidades de buceo: Buceo de Salvamento, Buceo de Seguridad, Buceo Táctico, Soporte de Vida en Emergencias Subacuáticas e Hiperbáricas y Buceo Científico. Uno de los artículos de esta edición, presenta las experiencias durante la capacitación en Construcciones Submarinas, recibida en el exterior por uno de los buzos de la institución durante el curso Basic Engineer Diver (BED), las cuales trae al finalizar el curso para aportar nuevos conocimientos y procedimientos, con los cuales se enriquecerán los procesos de capacitación de las nuevas

generaciones de buzos, cumpliendo con orgullo las expectativas del mando superior y principalmente las necesidades de la Armada y del País. Igualmente, estas oportunidades abren un portal para el intercambio de conocimiento y experiencia en esta nueva capacidad. De igual forma, se publica sobre la exitosa realización de la I Expedición no invasiva al naufragio del Galeón “San José”, por parte de personal cien por ciento colombiano, la cual permitió observar con gran detalle todo lo que aún se conserva dentro del área de Interés. Expedición que se logró de manera exitosa y con los más altos estándares de calidad, gracias a la experticia de nuestros buzos en robótica submarina.

Por otra parte, en estas páginas se relatan las actividades conmemorativas desarrolladas con motivo del aniversario del Buceo en la Armada de Colombia, hito histórico de gran relevancia para nuestros buzos, quienes muchas veces desarrollan labores en condiciones adversas e incluso de alto riesgo en las diferentes latitudes de nuestro territorio colombiano, y siempre manteniendo la seguridad de nuestro personal como pilar primordial.

Adicionalmente, se desarrollaron trabajos que promueven el cuidado del medio ambiente, tal como el apoyo y asistencia en la protección y restauración de coral en las Islas del Rosario, donde los buzos participaron activamente demostrando el inmenso compromiso con nuestra flora y fauna acuática. Por otra parte, se contó con una gran participación en el II Simposio Internacional de Buceo, el cual contó con la presencia de ponentes y asistentes nacionales e internacionales, el cual se realizó en modalidad presencial y virtual simultáneamente, logrando ampliar el alcance de la actividad académica y contar con un importante número de participantes.

Otro de los eventos realizados, fue la Noche de Buzos, un momento de esparcimiento donde estos exploradores de las profundidades se sumergieron en sus recuerdos, sus lazos de amistad y cofradía y llenaron de grandeza un momento inolvidable para todos los asistentes.

Finalmente, cabe resaltar la realización de la competencia anual del “Buzo Más Fuerte”, muy esperada por los egresados de la Escuela de Buceo de la Armada de Colombia, la cual convocó a buzos de todas las habilidades, para participar en las categorías libre y master, en la cual los participantes desplegaron sus capacidades físicas y mentales, para llevarse la distinción al Buzo Más Fuerte de la institución.

Esta publicación de La Escafandra fue creada en el año 2017 y desde entonces ha continuado con la producción de contenido de tipo informativo, dando muestras de la mejora continua en el transcurso de estos años, así como la evolución en los procesos y procedimientos desarrollados en las diferentes habilidades de esta capacidad diferencial de la Armada de Colombia que es el Buceo. Cabe resaltar que la Escuela de Buceo actualmente cuenta con una trayectoria de cuarenta y siete años desde el momento de su creación, constituyéndose en el Alma Mater de los buzos de la Marina colombiana. Durante este tiempo la Escuela ha superado diferentes etapas hasta lograr la obtención de la Acreditación en Alta Calidad del Ministerio de Educación a la Tecnología en Buceo y Salvamento Marítimo y Fluvial. Actualmente la Escuela de Buceo trabaja arduamente para obtener la renovación de la Acreditación en Alta Calidad por parte del Ministerio de Educación.

Espero que esta publicación sea de gran interés y encuentre información relevante en los artículos que nos presenta en su Séptima Edición, permitiéndole de alguna manera compartir, la majestuosidad del Señor de los Mares y las profundidades.

Larga vida a los buzos de la Marina.

¡Poder Naval en las Profundidades!



Suboficial Jefe
Luis Guillermo Rodríguez Santana
Buzo Maestro ARC

“El cumplimiento de las órdenes operacionales de la Armada de Colombia exige la utilización de técnicas de buceo especializado que permitan cumplir con las políticas doctrinales, las reglas de los sistemas de gestión y satisfagan las necesidades institucionales y de la Nación”.



SUMERGIDOS EN LA ESTACIÓN DE BUCEO

Es común encontrar en páginas web, revistas especializadas y catálogos publicitarios la impactante imagen de un ser humano con un gran casco de buceo, ejecutando maniobras especializadas de trabajo sumergido a grandes profundidades. Esta imagen genera una gama de emociones en quienes no han tenido la oportunidad de acercarse a quienes realizan esta exigente labor. Para aquellos que observan desde la superficie, el complejo proceso que permite esta espectacular visualización es desconocido. Requiere la implementación de una larga lista de verificación, capital humano profesional y calificado, además de equipos de alta tecnología que, en sinergia, permiten no solo retratos destacados, sino también intervenciones que cambian el curso de la historia de la humanidad. Estas incluyen descubrimientos, exploración de profundidades, construcción y mantenimiento de estructuras para la comunicación, extracción de materiales valiosos, y una infinidad de otras actividades subacuáticas.

El propósito principal de este escrito es llegar a quienes desde la superficie observan con curiosidad a los buzos submarinos. A través de estas líneas, se describirán los roles y las responsabilidades del personal que, en el caso de la Armada de Colombia, participa activamente en el apoyo y desarrollo operacional de estas actividades. Se compartirán sus denominaciones, una breve descripción de sus intervenciones en las maniobras, así como algunos de los equipos utilizados, para proporcionar al lector una visión general de esta técnica de buceo tan importante que ha aportado tantos éxitos a la institución naval.

Para respaldar estos argumentos, se basarán tanto en la experiencia personal de años de operaciones como buzo de salvamento, como en el material técnico y doctrinal representado en el manual operacional de buceo de la Armada de Colombia. Asimismo, se recurrirá al consenso de normas internacionales para buceo comercial y operaciones submarinas, emitido por la

asociación internacional de contratistas de buceo ADCI en su sexta edición. Estos documentos serán referencias clave para compartir este conocimiento. Iniciemos definiendo la actividad del buceo, que consiste en sumergir el cuerpo en un elemento líquido. Para las operaciones de buceo militar, esto se realiza mediante el uso de equipos especializados que permiten al buzo respirar bajo el agua y llevar a cabo labores específicamente definidas según la naturaleza de la operación o la misión.

Definido esto, pasamos al concepto específico de esta técnica de inmersión, conocida como “buceo asistido desde la superficie o buceo semiautónomo”. Su característica principal radica en la incursión subacuática mediante el uso de equipos que suministran gases respirables a los buzos desde la superficie (plataformas, muelles, embarcaciones, etc.), manteniendo una conexión permanente con el buzo. Además, implica la capacidad efectiva de comunicación de audio y transmisión de imágenes de video en las unidades equipadas, lo que permite llevar a cabo labores como cortes y soldaduras submarinas, mantenimiento subacuático industrial, inmersiones a grandes profundidades y operaciones de salvamento, entre otras.

Para desarrollar esta técnica, asegurando el cumplimiento de estándares doctrinales, parámetros de seguridad física, políticas de protección ambiental y ejecución de trabajos con altos estándares de calidad, se requiere un personal altamente calificado y experimentado. Este personal garantiza el cumplimiento de todos estos requisitos y está descrito a continuación:

Supervisor de Buceo Semiautónomo

Este profesional es el Buzo de Salvamento más experimentado del equipo de buceo. Para las operaciones de la ARC (Armada de la República de Colombia), debe estar debidamente calificado y certificado de acuerdo con los procedimientos



vigentes establecidos por el Comando de Buceo. Es la persona encargada de todas las operaciones subacuáticas y tiene una amplia gama de funciones, entre las que se destacan las siguientes:

- 1. Planificación y Ejecución de Inmersiones:** Encargado de diseñar y llevar a cabo las inmersiones, coordinando cada etapa del proceso para garantizar su correcta ejecución.
- 2. Conocimiento Detallado del Equipo y Personal:** Posee un conocimiento exhaustivo del equipo de buzos, evaluando su calificación, experiencia y habilidades específicas para cada misión que se lleve a cabo.
- 3. Prevención y Atención de Emergencias:** Está capacitado para identificar, prevenir y gestionar emergencias o contingencias asociadas con las operaciones de buceo, implementando protocolos de respuesta eficientes.
- 4. Reporte de Avances y Necesidades Operacionales:** Informa de manera constante a los comandantes de operación sobre el progreso operacional y cualquier necesidad que surja durante el desarrollo de las inmersiones.
- 5. Conocimiento Técnico Específico:** Posee un profundo entendimiento de la técnica de inmersión, así como de los equipos y elementos vitales necesarios para asegurar la operatividad y seguridad en las actividades subacuáticas.

Buzo Principal:

El Buzo Principal, integrante de la Armada de Colombia con entrenamiento específico en inmersiones utilizando esta técnica de buceo, posee habilidades para desenvolverse con destreza en entornos subacuáticos. Su capacitación le permite utilizar equipos y herramientas especializadas, ejecutar acciones

y tomar decisiones acordes con los planes de buceo y las directrices recibidas del Supervisor de Buceo. Entre sus funciones principales se destacan:

- 1. Conocimiento de Equipos y Procedimientos de Emergencia:** Domina el uso de equipos de buceo y está familiarizado con los procedimientos de emergencia para actuar de manera efectiva en situaciones imprevistas.
- 2. Reporte y Comunicación:** Informa regularmente sobre el progreso de sus trabajos, novedades y condiciones del entorno de inmersión al supervisor y al equipo, manteniendo una comunicación constante y precisa.
- 3. Ejecución de Labores y Formación Requerida:** Realiza tareas acordes a su formación y experiencia, reportando al supervisor en caso de no contar con la preparación necesaria para una labor específica.
- 4. Condición Médica y Física:** Mantiene un óptimo estado médico y físico para garantizar un desempeño eficiente y seguro durante las operaciones subacuáticas.
- 5. Información y Asesoramiento:** Reporta novedades propias, del equipo de buceo y de la operación en general, asesorando al supervisor con base en su experiencia para contribuir en la toma de decisiones relacionadas con la misión.

El Buzo Principal desempeña un papel fundamental, no solo en la ejecución de las tareas subacuáticas, sino también en el mantenimiento de la seguridad, comunicación efectiva y asesoramiento para la toma de decisiones.

El Buzo de Emergencia:

Al igual que el Buzo Principal, es un buceador capacitado con funciones y condiciones similares. Su rol primordial es mantenerse

equipado y preparado para ingresar al agua en caso de emergencia con otro buzo sumergido.

Sus principales responsabilidades incluyen:

1. **Rescate y Asistencia en Emergencias Subacuáticas:** Se desplaza hábilmente bajo el agua para ubicar, auxiliar y rescatar a un buzo en situación de emergencia, garantizando su seguridad y retorno seguro a la superficie.
2. **Atención Primaria al Buzo Accidentado:** Conoce y aplica procedimientos de atención primaria para buzos accidentados, priorizando la salvaguarda de su vida y asegurando su retorno seguro a la superficie.
3. **Revisión y Mantenimiento del Equipamiento:** Se encarga de revisar, mantener y garantizar el funcionamiento adecuado de su equipamiento, asegurando que esté en óptimas condiciones para actuar en situaciones de emergencia.
4. **Apoyo en Actividades de Descompresión:** En determinadas circunstancias, puede fungir como buzo de apoyo durante las actividades de descompresión en una cámara hiperbárica, proporcionando asistencia y apoyo necesario para garantizar el bienestar del buzo afectado.



Figura 1. Buzo con suministro desde la superficie
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

Buzo Tender

El Buzo Tender, especializado en salvamento, desempeña una función crucial para la seguridad del equipo de buceo. Sus responsabilidades abarcan:

1. **Revisión y Equipamiento del Material de Buceo:** Realiza revisiones exhaustivas del equipo de buceo, asegurando su correcto funcionamiento y preparación para la inmersión. Además, se encarga del equipamiento del buzo que ingresará al agua.
2. **Control de la Línea de Respiración y Comunicación:** Supervisa y controla la línea de respiración y comunicación durante el desarrollo de la operación, garantizando una comunicación fluida y constante entre el buzo y el equipo de superficie.
3. **Informar Cambios en Condiciones Meteorológicas:** Reporta al supervisor de buceo cualquier cambio relevante en las condiciones meteorológicas y del entorno de la misión que puedan afectar la seguridad o el desarrollo de la operación.
4. **Rotación en Roles de Emergencia:** Alternativamente, puede rotar como Buzo Principal o Buzo de Emergencia (stand by) según su nivel de experiencia y necesidades operativas, contribuyendo así a la seguridad y disponibilidad del equipo.
5. **Equipación y Desequipación del Buzo:** Se encarga de equipar y desequipar al buzo, llevando a cabo listas de verificación para garantizar la seguridad del buzo en cada inmersión, asegurándose de la presencia de todos los accesorios necesarios.

Operador de caja de control

Siendo un Buzo de Salvamento con formación especializada, tiene la capacidad para operar el equipo desde donde se controlan aspectos vitales del buzo, como el suministro de gases respirables, la profundidad, la calidad de las



mezclas de respiración, los tiempos de buceo y la comunicación directa con el buzo. Sus funciones destacadas incluyen:

- 1. Control del Tiempo y Profundidad del Buceo:** Mantiene el control preciso del tiempo y la profundidad de la inmersión, ajustándolos conforme al plan previo establecido para la inmersión.
- 2. Vigilancia de la Condición del Buzo:** Supervisa constantemente la condición del buzo durante su estancia subacuática, manteniendo comunicación radial para garantizar su seguridad y bienestar.
- 3. Reporte de Novedades al Supervisor de Buceo:** Informa al supervisor de buceo sobre cualquier novedad o cambio ocurrido durante la inmersión, proporcionando detalles relacionados con el buzo y los equipos utilizados.

Operador de Cámara Hiperbárica

Este buzo, con formación específica, opera la cámara de recompresión que permite eliminar el exceso de nitrógeno del cuerpo tras inmersiones prolongadas. Generalmente, este rol es asumido



Figura 2. Operador cámara hiperbárica
Fuente: Hospital Naval de Cartagena.

por un oficial o suboficial con especialización en medicina o enfermería, ofreciendo atención médica en casos de enfermedades o accidentes relacionados con el buceo. Su participación en las operaciones submarinas se determina según las necesidades de la misión, pudiendo también estar disponible en los centros hiperbáricos de los hospitales navales.

Operador de Compresores y Bancos de Gases

Esta persona está especializada en la operación de equipos de compresión de gases respirables y almacenamiento, garantizando un suministro suficiente y de calidad para buzos en inmersión o descompresión en cámaras hiperbáricas.

Este equipo de buceo de la Armada de Colombia, altamente capacitado, se forma en la Escuela de Buceo y Salvamento en Cartagena de Indias y adquiere experiencia a través de su desempeño en departamentos de Buceo y Salvamento en bases navales, así como en divisiones de buceo en estaciones de Guardacostas. Estas habilidades y experiencia permiten a la institución contar con un personal preparado para atender las necesidades de la nación.

Las labores realizadas por el personal de buceo de la Armada de Colombia abarcan desde actividades de inspección en terminales petroleros hasta intervenciones de ingeniería subacuática en la represa de Hidroitango. Estos trabajos, entre otros, han consolidado la reputación del buceo de la Armada de Colombia como una capacidad estratégica diferencial al servicio de Colombia.

Es esencial recordar que cada buzo es un ser humano que, con compromiso y amor por su profesión, se arriesga diariamente en las profundidades para cumplir con las exigencias de la Patria.



Suboficial Segundo
Jorge Guevara Castellar
Buzo Salvamentista



● NARCOSIS “LA BORRACHERA EN LAS PROFUNDIDADES”



¿Sabías que el aire que respiras está compuesto casi en un 79% por nitrógeno y el resto es oxígeno? Esta mezcla es idónea para un ser humano a nivel del mar. Sin embargo, ¿qué sucede al aumentar la presión del ambiente? A profundidades elevadas, puede surgir una extraña sensación llamada narcosis. ¿Qué es la narcosis? Para simplificarlo, es similar a estar intoxicado con alcohol. A partir de 36 metros de profundidad, tu cuerpo podría experimentar sus efectos, provocando sensaciones que van desde lo extraño y jocoso hasta la euforia. A medida que la profundidad aumenta, estos efectos se intensifican, llegando incluso a la somnolencia y la torpeza para realizar actividades específicas. Este fenómeno, también conocido como “la borrachera de las profundidades”, ha llevado a la creación de paquetes de “buceo narcótico” en algunos lugares turísticos, donde los buceadores experimentan estos efectos durante unos minutos, sin sufrir las consecuencias posteriores, ya que al ascender, el efecto desaparece casi de inmediato y sin secuelas. Estas actividades siempre se llevan a cabo bajo un alto nivel de seguridad, con la supervisión de una persona experimentada.

Testimonios de buceadores, incluyendo el mío propio, que han experimentado la narcosis durante inmersiones recreativas, coinciden en que puede ser una experiencia agradable y atractiva, ofreciendo una visión distorsionada y aumentada de la realidad. Algunos han mencionado ver sirenas, experimentar ataques de risa o incluso celebraciones triunfales. Sin embargo, al salir a la superficie, contar lo vivido se convierte en una anécdota graciosa. Algunos describen una desconexión momentánea, la mente en blanco y la mirada perdida, mientras otros sienten el cuerpo pesado, los párpados caídos o experimentan ataques de risa, riéndose incluso de cómo suben las burbujas. Esta experiencia puede generar risas contagiosas. En mi caso, experimenté un momento de calma hasta que mi compañero me vio dando vueltas en círculo, lo que desató risas y un



Figura 1. Ceremonia de Imposición de Insignia de Buzo Maestro.
Fuente: Departamento de Buceo Armada de Colombia

ambiente jovial hasta que salí de la profundidad, afortunadamente sin incidentes. Sin embargo, es crucial recalcar que la diversión no puede comprometer la seguridad de los buceadores, es una regla.

Por otro lado, el buceo comercial, al ser una actividad laboral, exige tareas más específicas y precisas, demandando mayor concentración y destreza. Aquí, las habilidades individuales y la experiencia de los buzos juegan un papel crucial. Aunque trabajar bajo el efecto de la narcosis no es sencillo, tampoco es imposible. En algunos casos, el cuerpo se habitúa a este estado, haciendo que los síntomas sean imperceptibles debido a la exposición constante a tales profundidades o debido a condiciones físicas internas. Entonces, ¿qué es la narcosis físicamente? Según Arthur Guyton y John Hall en su libro “El Tratado de Fisiología Médica”, se cree que el mecanismo del efecto narcótico es similar al de otros gases anestésicos. Se disuelve en las sustancias grasas de las membranas neuronales, alterando la conductancia iónica a través de estas, reduciendo la excitabilidad neuronal. Sin embargo, es importante destacar que este fenómeno no se centra en la cantidad de nitrógeno disuelto en los tejidos, que se regula por el tiempo y la profundidad de exposición.

Hablamos de una captación y liberación rápida de nitrógeno al experimentar la narcosis, indicando

que se trata de un cambio de profundidad con poca exposición. Es decir, si descendemos a una profundidad donde se experimentan estos síntomas, normalmente tendremos poco tiempo en el fondo, y la sensación aparecerá y desaparecerá fácilmente al ascender a menos de 36 metros.

Ahora, hablemos de la ley de los gases, específicamente la de Dalton. Esta ley establece que la presión total ejercida por una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones individuales de cada gas. En una mezcla, la parte de la presión total contribuida por un solo gas se denomina presión parcial del gas.

Para llegar a una conclusión, se puede emplear el método de la fórmula "T". En esta fórmula, solamente puede haber un valor desconocido, lo que conduce a una simple multiplicación cruzada o división para resolver la incógnita. La fórmula "T" se representa de la siguiente manera:

$$\frac{(\text{presión parcial})/(\text{atmósferas absolutas})}{\% \text{ de volumen (en forma decimal)}}$$

Y finalicemos con el CAPÍTULO IV, ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL BUCEO CON MEZCLAS DE GASES, EFECTOS SECUNDARIOS DE LA PRESIÓN DURANTE EL DESCENSO, del manual de buceo con mezcla de gases de la ARC. La narcosis por gas inerte se manifiesta como confusión o estupor debido al incremento de la presión del gas inerte disuelto, lo que afecta la claridad mental del buceador al respirar aire comprimido a profundidades significativas. La forma más común de esta narcosis se asocia al nitrógeno.

No hay un tratamiento específico para la narcosis por nitrógeno. Se recomienda que un buzo que experimente estos efectos sea llevado a una profundidad menos extrema, donde los síntomas tienden a revertirse. Es crucial destacar que esta práctica no debe ser realizada sin la capacitación adecuada y la compañía de personal experto en buceo. La seguridad es fundamental, ya que exponer la vida de una persona en actividades recreativas no es recomendable.

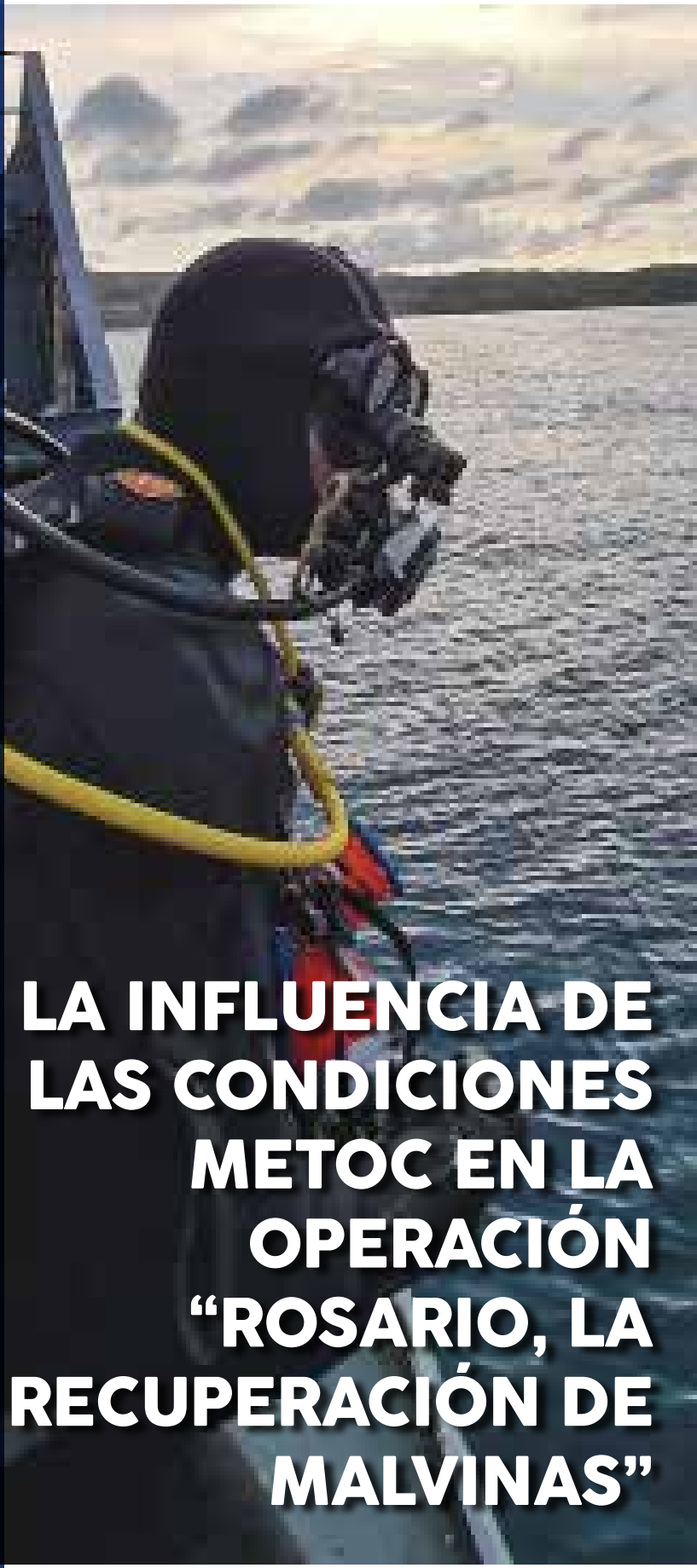
Profundidades de referencia		
Pies	Metros	Efecto
0-100	0 - 30.5	Deterioro leve del desempeño en tareas no practicadas. Euforia leve.
100	30.5	El razonamiento y la memoria inmediata afectaron más que la coordinación motora y reacciones de elección. Retraso en la respuesta a los estímulos visuales y auditivos.
100-165	30.5 - 50.3	La risa y la locuacidad pueden ser superadas por el autocontrol. Fijación de ideas y exceso de confianza. Errores de cálculo.
165	50.3	Somnolencia, alucinaciones, deterioro del juicio.
165-230	50.3 - 70.1	Ambiente de grupo agradable. Puede ser una reacción de terror en algunos. Hablador. Mareos reportados ocasionalmente. Risas descontroladas que se aproximan a la histeria en algunos.
230	70.1	Deterioro severo del rendimiento intelectual. Destreza manual menos afectada.



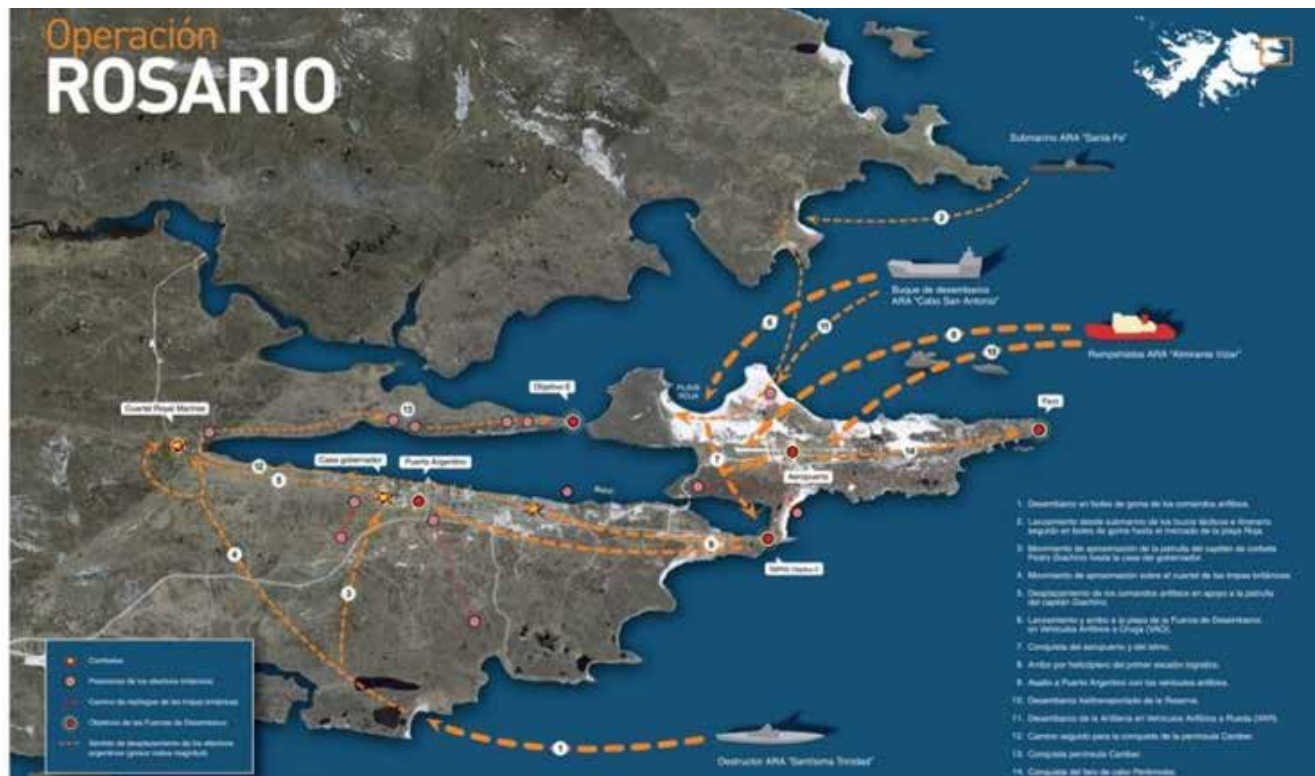
Teniente de Navío
Juan Andrés Suarez Acuña
Jefe Desarrollo Cibernético

«Las condiciones ambientales subacuáticas tienen una influencia principal sobre la selección de buzos, técnica de buceo y el equipo a ser usado.»

(Manual planeamiento de operaciones de buceo, 2013, p. 21).



LA INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES METOC EN LA OPERACIÓN “ROSARIO, LA RECUPERACIÓN DE MALVINAS”



El papel protagónico que han tenido los buzos en el desarrollo de las operaciones estratégicas va más allá de sus complejidades y riesgos; unifica un gran número de variables inmersas en un complejo sistema meteorológico que forma parte del planeamiento y ejecución de la misión (Piella, 2011).

Los buzos de la marina son tropas de élite, herederos de una serie de destrezas en diversas técnicas, donde reposan responsabilidades y funciones claramente establecidas en pro del cumplimiento de la misión. Las operaciones de buceo, debido a su contexto estratégico y complejidad de ejecución, requieren un planeamiento metódico para asegurar a la tripulación una conciencia situacional completa. Esta conciencia se define por el General (R) de Brigada Aérea de la FACH¹ como la habilidad del personal para no dejarse afectar por adversidades imprevistas en el teatro de operaciones y para enfrentar cambios tecnológicos en la toma de decisiones (Sáiz & Roca, 2012). El buceo táctico,

1 Fuerza Aérea de Chile

Figura 1. Guerra de las Malvinas
Fuente: Wikipedia

como toda actividad militar, exige amplios y sólidos conocimientos en todos los ámbitos del saber; las operaciones con buzos requieren de una doctrina y de un personal capacitado que se ciña a esta (Acuña, 2013). A lo largo de la historia en la evolución de la guerra, este tipo de operaciones han representado una ventaja estratégica sobre sus opositores, generando el factor sorpresa y el éxito en la operación. Así, en el empleo de la batalla, se destacan misiones de acción directa integradas por buzos tácticos de combate para realizar tareas como reconocimiento especial, incursiones, infiltraciones y abordajes en el mar, respaldados en el planeamiento de las condiciones METOC (Camogli, 2011).

Un ejemplo del desempeño de los buzos en las operaciones tácticas es la “Operación Rosario”, realizada por la agrupación de buzos tácticos de la Armada Argentina, primera unidad especial de Sudamérica, creada en el año de 1952. Para la preparación de los grupos operativos, realizan



trabajos en distintos tipos de aguas, corrientes y costas, permitiendo su adaptabilidad a todos los climas y escenarios. La zona de Mar del Plata es óptima y es donde se hace el adiestramiento básico. Puerto Madryn posee mayor profundidad, lo que permite un buceo más técnico y complejo debido a las diferencias de corrientes y mareas, mientras que la zona de Ushuaia tiene al frío como característica principal, siendo un factor limitante en todas las actividades acuáticas (McLaren, 2013).

La Operación Rosario tuvo por objetivo retomar el control de la capital de las Islas Malvinas por parte de Argentina mediante un asalto directo y sorpresivo. Cronológicamente se exponen las siguientes etapas:

- El 29 de marzo de 1982, la FT40² zarpó en formación circular, protegiendo el buque

2 Fuerza de Tarea No. 40



Figura 2. Guerra de la Malvinas
Fuente. Wikipedia

de desembarco ARA Cabo San Antonio, considerado de mayor valor estratégico. Inicialmente, navegaban a 14 nudos, pero la velocidad se redujo a 06 nudos debido a vientos de 45 nudos y las pésimas condiciones climáticas, lo que resultó en un retraso de 03 días en la fecha planificada para el ataque. Se consideraba esencial al menos un día de mar calmo para realizar el desembarco (BÜSSER, 2007).

- El 31 de marzo, el comandante de la FT40 informó a la tripulación que el oponente tenía conocimiento del ataque, eliminando así el factor sorpresa y dificultando un posible ataque aéreo.
- El 01 de abril, diez buzos tácticos colocaron balizas de radionavegación para apagar el faro Cabo San Felipe, permitiendo así la incursión de la tropa sin ser detectados. A bordo del ARA “Santísima Trinidad”, los comandos anfibios y buzos tácticos se prepararon para su objetivo, repasando mentalmente las actitudes y acciones necesarias durante el desplazamiento y la misión misma, demostrando en la práctica el entrenamiento previo en condiciones climáticas y marítimas adversas (BÜSSER, 2007).
- El 02 de abril, los buzos de la ARA³ “Nadan” llegaron a la playa en el norte de Puerto Argentino desde un submarino, facilitando el desembarco de vehículos anfibios y tropas argentinas. Con este ataque, después de casi 150 años, Argentina logró el dominio de las Malvinas.

Las condiciones meteorológicas son un elemento esencial en las operaciones de buceo militar y constituyen una parte integral de la planificación. La información METOC (Meteorología y Oceanografía) debe ser recolectada, analizada y organizada para el cumplimiento exitoso de la misión. Una vez definido el tipo de operación a realizar (inspección y búsqueda submarina, trabajos de mantenimiento submarino,

3 Armada de la República Argentina

inspecciones tácticas de combate, inspecciones en espacios cerrados, entre otras a nivel táctico), es crucial conocer los datos de las condiciones superficiales, los factores naturales y el estado del mar, profundidad, tipo de fondo, entre otros, los cuales son influenciados por la ubicación geográfica del teatro de operaciones, condiciones de viento, mareas, corrientes, y temperatura (Nievas & Bonavena, 2012).

La efectiva planificación y verificación de la información METOC reducen riesgos para los buzos, como quemaduras por el viento y solares, hipotermia, congelación o agotamiento por el calor. Si estos factores no se consideran, pueden disminuir la efectividad del personal en la operación.

Según Cuevas y Sanz (2014), en un entorno tecnológico en constante cambio, es crucial revisar los desafíos del apoyo meteorológico en nuestro siglo para una correcta planificación y establecer una hoja de ruta para afrontarlos eficazmente (p. 25).

En la estrategia militar, como se evidencia en el caso de la “Operación Rosario”, un buen plan de condiciones METOC puede proporcionar una ventaja táctica sobre el enemigo y ayudar en la toma de decisiones en la planificación de la misión. Sin embargo, un desconocimiento o manejo inadecuado de esta información puede ocasionar retrasos en la operación y la pérdida del factor sorpresa, disminuyendo la efectividad del ataque contra el enemigo.

Por estas razones, se concluye que la meteorología es indispensable en el desarrollo de operaciones militares de cualquier tipo. Estas deben ser estudiadas y evaluadas previamente para lograr ventajas sobre el enemigo. En operaciones de buceo, contar con condiciones METOC favorables mejora la efectividad para impactar al enemigo, reduce los tiempos necesarios para la misión y contribuye a salvaguardar la vida de los tripulantes.

Referencias Bibliográficas

- Acuña, C. H. (2013). El entrenamiento CRM (Crew Resource Management) aplicado al ámbito de la Fuerza de Submarinos de la Armada Argentina (Operaciones de Submarinos y de Buzos Tácticos). Universidad Nacional de Mar del Plata.
- BÜSSER, C. A. C. (2007). Reflexiones y experiencias sobre la recuperación de las Malvinas. *Boletín Del Centro Naval*, Buenos Aires, (818), 65–86.
- Camogli, P. (2011). Batallas de Malvinas: todos los combates de la guerra del Atlántico sur. Aguilar.
- Nievas, F., & Bonavena, P. A. (2012). Una guerra inesperada: el combate por Malvinas en 1982. *Cuadernos de Marte*, (3), 9–56.
- Piella, G. C. (2011). El proceso de planeamiento de la defensa nacional. *Revista General de Marina*, 260(5), 833–842.
- Sáiz, M., & Roca, D. S. (2012). El inicio de la psicología aplicada a la aviación: desde el principio del siglo XX a la década de los años treinta. *Revista de Historia de La Psicología*, 33(4), 7–36.
- McLaren, E. (09 de septiembre de 2013). Fuerzas Especiales: Buzos tácticos (parte 3) [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://fdra.blogspot.com/2013/09/fuerzas-especiales-buzos-tacticos-parte.html>
- Anónimo (2019). 02 de abril: Operación Rosario, la recuperación de Malvinas. Recuperado de <https://www.nuestromar.org/67360-04-2019/2-abril-operaci-n-rosario-recuperaci-n-malvinas>.
- Cuevas y Sanz (2014). Documentos de Seguridad y Defensa 64: El apoyo meteorológico a las operaciones del siglo XXI. España: Edita Ministerio de Defensa.
- Manual planeamiento de operaciones de buceo Armada Nacional ARC, 2013, p. 21).



Suboficial Primero
Antonio José Guzmán Quiroga
Coordinador Seguridad y
Salud en el trabajo



SEMANA DEL BUCEO EN LA ARMADA DE COLOMBIA

Esta importante semana para todos los buzos de la Armada de Colombia se llevó a cabo entre el 25 y el 29 de septiembre de 2023. Durante la versión del año en curso se realizaron diferentes actividades relacionadas al buceo, las cuales se efectuaron en las instalaciones de la Base Naval No. 01 ARC “Bolívar”, en la ciudad de Cartagena de Indias – Colombia, contando con la participación del personal que integra los diferentes roles del buceo a lo largo y ancho del territorio colombiano, así como también, participan aquellos que se encuentran en uso de buen retiro, buzos civiles y médicos hiperbáricos. El eje temático de la Semana del Buceo fue la evolución del buceo a nivel nacional e internacional, de igual manera, la relevancia que tiene la capacidad del buceo para la Armada de Colombia, referente en el país e incluso en la Región.

Ceremonia del Buceo

Fue realizada en el Club Naval de Oficiales realizando la imposición de distintivos de Buzo Maestro, Buzos de Primera Clase, Segunda Clase e Instructor de Buceo. Esta ceremonia conmemoró los 47 años de la Escuela de Buceo de la Armada de Colombia y la el Aniversario de la capacidad de buceo en la institución. Se destacó por su mística y marcialidad, así como por la demostración de capacidades que se desarrolló en cada uno de los roles del buceo.

II Simposio Internacional de Buceo

Contó con la participación de ponentes y asistentes, nacionales e internacionales, pertenecientes diferentes marinas de América, Doctores expertos de México y Argentina entre otros. Fue un evento académico que permitió la movilización estudiantil y el intercambio de conocimientos no sólo con la academia sino también con el gremio marítimo y del buceo nacional e internacional. El tema central fue la importancia de las actividades subacuáticas para

el desarrollo marítimo de un país. Se contó con la participación de la Universidad del Sinú a través del Programa de Biología Marina, en donde por primera vez participó personal estudiantil a fin a las actividades subacuáticas.



Figura 1..

Fuente: Armada de Colombia https://77x.com/fnc_armadacol/status/1707780341308522650?s=48&t=y8Zt4R1iUULE4FoQaSyxA.

La noche del Buzo

Contó con la participación de personal de buzos militares activos, en uso de buen retiro y civiles. Fue un conversatorio que permitió compartir experiencias y nuevos aprendizajes, exponiéndolos como insumo al conocimiento de las generaciones de buzos presentes. Dentro de las experiencias compartidas se cita el derrame de hidrocarburos en el Golfo de Morrosquillo, el submarino azul, los buzos kamikazes de Chingaza, la operación en Hidruituango y el desarrollo tecnológico y evolución de la capacidad del buceo en la institución.

Competencia de “El Buzo más fuerte”

Esta competencia, creada en el año 2019, con la firme intención de generar una sana competencia entre los participantes, donde se ponen a prueba de manera calificativa las habilidades y capacidades de los participantes. En esta versión la competencia midió diferentes habilidades indispensables de los buzos, como lo son: el co-



nocimiento de los procedimientos, habilidades físicas, razonamiento bajo el agua, capacidad pulmonar, técnicas de natación sin y con equipo de superficie, conocimiento del equipo de buceo, resistencia y recuperación física. Gracias a la creación de este reto, se contó con la participación de personal buzos de las diferentes Fuerzas Navales, quienes deseaban con ansias el inicio de las actividades para demostrar sus capacidades.



Figura 2. Buzo durante recorrido de natación de resistencia con equipo de superficie.
Fuente: Armada de Colombia.



Figura 3. Navegación subacuática con equipo Autónomo.
Fuente: Armada de Colombia.



Figura 5. Salto de confianza desde 10 metros de altura.
Fuente: Armada de Colombia.



Figura 6. Finalistas de la Competencia.
Fuente: Armada de Colombia.

Restauración de Coral.

Se desarrolló un importante evento de restauración de corales en las Islas del Rosario, contribuyendo a la protección del medio ambiente marino, aportando así al crecimiento de los ecosistemas marinos que se generan entorno al coral y atesorando la vida en nuestros mares. Esta actividad fue desarrollada en conjunto con el Ministerio del Medio Ambiente, Fundación un Millón de Corales por Colombia, Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo y se contó con la participación del Oceanario. Se llevó a cabo con personal de buzos de la marina colombiana y biólogos expertos en la técnica sistemática para la reconstrucción de corales.



Figura 6.

Fuente: <https://www.eluniversal.com.co/cartagena/galeria-restauran-corales-en-parque-nacional-del-rosario-y-san-bernardo-HI9093595>.



Figura 8. Buzos que participaron en la jornada de restauración de coral.

Fuente: Armada de Colombia, <https://www.armada.mil.co/es/content/armada-colombia-en-articulacion-con-entidades-ambientales-restauran-corales-en-islas-del>



Figura 6.

Fuente: <https://www.eluniversal.com.co/cartagena/galeria-restauran-corales-en-parque-nacional-del-rosario-y-san-bernardo-HI9093595>.

Se debe tener en cuenta el proyecto “Un Millón de Corales por Colombia” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual, en conjunto con Conservación Internacional Colombia y recursos del Fondo Colombia en Paz, impulsan lo invaluable que son los corales en el ecosistema marino, así como también, los cuidados que debemos tener al momento de interactuar con ellos, evitando así destruirlos.

Referencias Bibliográficas

Restauran corales en Islas del Rosario en Cartagena. Tomado de: <https://caracol.com.co/2023/09/28/restauran-corales-en-islas-del-rosario-en-cartagena/>

Galería: Restauran corales en Parque Nacional del Rosario y San Bernardo. Tomado de: <https://www.eluniversal.com.co/cartagena/galeria-restauran-corales-en-parque-nacional-del-rosario-y-san-bernardo-HI9093595>

Objetivos y Funciones (de la Armada de Colombia). Tomado de: <https://www.armada.mil.co/es/content/objetivos-y-funciones#:~:text=La%20Armada%20Nacional%20tiene%20como,jurisdicci%C3%B3n%20de%20la%20Armada%20Nacional.>

[https://77x.com/fnc_armadacol/status/1707780341308522650?s=48\\$t=y8Z-t4R1iUULE4FoQaSyxA](https://77x.com/fnc_armadacol/status/1707780341308522650?s=48$t=y8Z-t4R1iUULE4FoQaSyxA)

<https://www.armada.mil.co/es/content/armada-colombia-en-articulacion-con-entidades-ambientales-restauran-corales-en-islas-del>

<https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/es/avanza-programa-un-millon-de-corales-por-colombia-para-restaurar-arrecifes/>



Suboficial Primero
Diego Fernando Gutiérrez Arboleda
Técnico de Buceo

**CAPACIDAD
DIFERENCIAL
– PODER
NAVAL EN LAS
PROFUNDIDADES**

Con el crecimiento del buceo en Colombia y basado en los roles del buceo delineados en el Plan de Desarrollo Naval, el Departamento de Buceo y Salvamento BNLO1 contribuye a través de sus líneas de negocio al fortalecimiento, desarrollo, innovación e investigación de una capacidad diferenciada con proyección regional. Entre estas se encuentran:

Inspección de naves, artefactos navales, plataformas, estructuras flotantes fijas y estructuras submarinas

El Departamento de Buceo y Salvamento de la Armada de Colombia cuenta con un recurso humano invaluable en sus operaciones subacuáticas. Cada buzo experto deja su distintiva impronta en los desafíos que enfrenta, respaldado por su conocimiento especializado. Este enfoque se refleja en el impacto internacional positivo observado una vez finalizado el servicio, evidente en la mejora de los terminales marítimos, embarcaciones y estructuras submarinas. Esto no solo ha permitido la apertura de nuevos mercados, sino también la generación de oportunidades de negocio gracias al uso de equipos de alta tecnología para llevar a cabo diversas actividades subacuáticas, tales como:

- Mantenimiento integral de infraestructura submarina.
- Asistencia a Obras Civiles Subacuáticas y Monitoreos con Equipos Hidroacústicos (Sonar 2D Y 3D).
- Operación con Vehículo Operado a Control Remoto - ROV.
- Operaciones subacuáticas con mezcla de gases.
- Salvamento marítimo y fluvial.
- Recuperación de material sumergido.
- Corte y soldadura submarina.
- Inspección técnica submarina con

información en tiempo real, certificada en casa clasificadora.

- Inspecciones de seguridad obra viva a embarcaciones.
- Trabajos subacuáticos en hidroeléctricas.

Inspecciones submarinas técnicas con equipos especializados

Dado que las inspecciones submarinas se ven afectadas por condiciones meteomarinarias variables, incluyendo restricciones basadas en el estado del mar, la visibilidad limitada y factores climáticos, se vuelve imperativo emplear las tecnologías más recientes y las técnicas más avanzadas. Este enfoque busca optimizar las operaciones subacuáticas, garantizando la efectividad y seguridad en entornos marítimos desafiantes.

- Toma de potenciales.
- Calibración de láminas.
- Tomas de espesores.
- Inspecciones submarinas con registros filmicos y fotográficos.

Servicios de robótica submarina

El Departamento de Buceo y Salvamento de la Armada de Colombia (A.R.C.) se centra en brindar soluciones eficientes e innovadoras a sus aliados estratégicos. Su servicio emprendedor está diseñado para anticipar eventos y emergencias en aguas colombianas hasta una profundidad de 1.500 metros. En este sentido, cuenta con el sistema robótico submarino más exitoso en su categoría, equipado con un software de control avanzado e inteligente que garantiza la accesibilidad a información macro y micro en tiempo real. Además, dispone de funciones de georreferenciación y capacidad para transmitir datos.

Inspecciones Subacuáticas de Seguridad

Desde la entrada en vigencia del capítulo XI-2 del



Convenio SOLAS el 1 de julio de 2004, el Código Internacional para la Protección de los Buques y de las Instalaciones Portuarias (Código PBIP) ha sido fundamental para las acciones ejecutadas por el Departamento de Buceo y Salvamento en su jurisdicción. Estas acciones contribuyen a la protección del transporte marítimo internacional y garantizan la defensa y seguridad de los puertos en Colombia.

Asistencia en Salvamento Marítimo y Fluvial

El Departamento de Buceo y Salvamento de la Armada de Colombia (A.R.C.) es líder en servicios tecnológicos subacuáticos especializados, con 47 años de experiencia en operaciones costa afuera. Estas operaciones contribuyen al desarrollo y apoyo del poder naval, marítimo y fluvial del país. Las actividades relacionadas con el salvamento incluyen:

- Rescate de personal, equipo y maquinaria.
- Asistencia a ingeniería subacuática e infraestructura marítima.

Búsqueda

En el marco del océano, existe una variable muy común que es el riesgo de perder elementos y/o naves. Para hacer frente a esta situación, los buzos profesionales del Departamento de Buceo y Salvamento se dedican a la búsqueda y localización de embarcaciones en mar abierto, así como en zonas costeras y/o portuarias.

Mantenimientos Submarinos

Para el Departamento de Buceo y Salvamento, el recurso humano es el activo más importante. Los buzos profesionales invierten en conocimientos actualizados con estándares internacionales, como los establecidos por la

Asociación Internacional de Contratistas de Buceo (ADCI). Contribuyen así a la integridad de la infraestructura costa afuera mediante el uso de equipos y técnicas apropiadas. Este Departamento cuenta con estaciones de buceo industrial desplegadas en el territorio colombiano, las cuales están equipadas con sistemas de soporte de vida para descompresión en superficie y estaciones de buceo básicas para trabajos con suministro desde la superficie sin necesidad de descompresión. A continuación, se detallan algunos alcances propios de esta actividad subacuática:

- Relimpia y mantenimiento a bocatomas, lagunas, canales e instalaciones portuarias.
- Mantenimiento y reparaciones de estructuras o equipos submarinos.
- Reparaciones varias submarinas.
- Limpiezas submarinas.
- Limpieza de tuberías.

Asistencia a obras civiles subacuáticas

Una de las características más llamativas para el Departamento de Buceo y Salvamento es la ingeniería submarina, para la cual no existen límites en los desafíos que enfrentan. El Departamento cuenta con infraestructura y personal especializado y exclusivo para cada proyecto.

- Construcción e instalación de emisarios submarinos.
- Calibraciones submarinas.
- Corte y Soldadura Submarina.
- Interventoría y monitoreo de trabajos submarinos.

Servicios de buceo industrial o comercial

El dinamismo del entorno conlleva a que las empresas efectúen las reingenierías respectivas

para llevar las estrategias y redefinir su gestión. Es por ello que el Departamento de Buceo y Salvamento en los últimos años ha desarrollado el concepto de Marketing Estratégico, para el cual tiene el gusto de poner a disposición:

- Soporte hiperbárico.
- Buceo con mezcla de gases EANX – TRIMIX – HELIOX, entre otros.
- Buceo asistido desde la superficie con mezcla de gases respirables y sistema de monitoreo especializado.
- Producción, almacenamiento de mezcla de gases respirables para el buceo.
- Buceo técnico hasta 100 metros de profundidad.

Expediciones científicas internacionales/ nacionales

La Comisión Colombiana del Océano, líder del Programa Antártico Colombiano, permitió que el Departamento de Buceo y Salvamento participara en las diferentes expediciones científicas, desarrollando maniobras de buceo en estas aguas gélidas con el propósito de potencializar las labores de investigación

científica nacional en la Antártica. Asimismo, es preciso indicar el compromiso y la participación del Departamento de Buceo y Salvamento en la “Expedición Científica Seaflower”, la cual constituye un esfuerzo articulado por múltiples entidades del orden nacional en pro de la generación de conocimiento de la Reserva de Biosfera.

Atención de emergencias submarinas

La Armada de Colombia (A.R.C.), a través del Departamento de Buceo y Salvamento, tiene el propósito de ejecutar servicios para la prevención de desastres y emergencias en los ríos y mares. Una experiencia significativa de impacto nacional fue la recuperación de 96 canecas que cayeron accidentalmente en el río Magdalena en el norte de Colombia en el año 2008, donde se logró un resultado revelador con la ayuda de casi 50 buzos pertenecientes a esta entidad. Asimismo, en el año 2020, durante el huracán IOTA, buzos de esta organización contribuyeron significativamente a la restauración marina y a la extracción de elementos en las islas de San Andrés y Providencia.



Figura 1. Lanzamiento del ROV LYNX.
Fuente: Armada de Colombia.

Capitán de Corbeta
Gina Hernández Peláez
Coordinadora Área de Patrimonio
Cultural Sumergido


Carlos Del Cairo Hurtado
Investigador
Grupo de Oceanología Escuela
Naval - Armada de Colombia

Jesús Aldana Mendoza
Investigador
Grupo de Oceanología Escuela
Naval - Armada de Colombia

Victoria Báez Santos
Investigadora
Grupo de Oceanología Escuela
Naval - Armada de Colombia

Fernando Cadena Duque
Buzo Salvamentista
Departamento de Buceo y
Salvamento - Armada de Colombia

Santiago Estrada Robledo
Instructor de Buceo
Reef-Shepherd Dive Center



**LA IMPORTANCIA
DEL BUCEO
CIENTÍFICO PARA
EL ESTUDIO Y
LA PROTECCIÓN
DEL PATRIMONIO
CULTURAL
SUMERGIDO EN
COLOMBIA**

Introducción: buceo científico y patrimonio cultural sumergido

En el contexto de la arqueología marítima y subacuática como disciplina científica, se ha evidenciado la necesidad de contar con un equipo multidisciplinario para comprender los enigmas del pasado sumergidos en cuerpos de agua (Muckelroy, 1978). El buceo, al resolver las limitaciones fisiológicas para trabajar bajo el agua, ha sido fundamental desde sus inicios para acercarse científicamente a estructuras y elementos que reflejan actividades humanas pasadas (Muckelroy, 1978).

En Colombia, el abordaje inicial de un contexto arqueológico sumergido se realizó con el estudio del naufragio “Salmedina I” en los 90, implicando buzos en el análisis de evidencias en el lecho marino, sugiriendo un origen británico y un periodo alrededor del siglo XVIII (Uribe, 2006). Posteriormente, a principios del nuevo milenio, estudiantes de diversas universidades colombianas participaron en un curso de buceo arqueológico organizado por la Armada Nacional y el Ministerio de Cultura, para una aproximación no intrusiva al posible navío español “Conquistador” relacionado con el asedio inglés de 1741 (Del Cairo & García, 2002).

Esta interacción entre buceo científico y arqueología subacuática, tanto a nivel global como en Colombia, ha sido clave para investigar y proteger el Patrimonio Cultural Sumergido. Más allá de la contribución tecnológica, el valor principal del buceo autónomo radica en su apuesta científica para métodos y técnicas de investigación, gestión y salvaguardia de recursos patrimoniales en aguas globales (Muckelroy, 1978). Por ende, este escrito resalta la relevancia del buceo científico en el progresivo desarrollo de la arqueología marítima y subacuática en Colombia y sus contribuciones al estudio y protección de los patrimonios sumergidos locales.

Una aproximación interdisciplinaria: los aportes del buceo en el estudio de un patrimonio complejo y diverso

La estrecha relación entre el buceo científico y la arqueología subacuática se fundamenta en la colaboración interdisciplinaria, clave para abordar el estudio de lechos acuáticos y sus evidencias culturales (Ciarlo, 2009). Esta interdisciplinaria permite integrar múltiples perspectivas y conocimientos científicos para responder a interrogantes arqueológicas (Ciarlo, 2009). El buceo autónomo facilita el acceso a yacimientos arqueológicos sumergidos, permitiendo a expertos de diversas disciplinas acercarse y comprender aspectos ambientales y culturales (Ciarlo, 2009).

Sin embargo, el buceo autónomo tiene limitaciones derivadas de factores como la profundidad, temperatura, visibilidad y obstáculos en la columna de agua (Bowens, 2009). A pesar de estas limitaciones, es el único medio que proporciona acceso inmediato a profundidades acuáticas para la recopilación de datos sobre eventos pasados (Bowens, 2009).

Los Patrimonios Culturales Sumergidos son vulnerables a factores naturales y antrópicos, lo que destaca su necesidad de protección y gestión (Martin, 2011). El buceo permite monitorear estos sitios, contribuyendo a su protección contra saqueos ilegales y a la aplicación de medidas de gestión para salvaguardar estos yacimientos (Martin, 2011).

El buceo científico ha integrado desarrollos tecnológicos modernos para proteger y salvaguardar distintos tipos de patrimonios sumergidos, no limitándose únicamente a naufragios famosos (Del Cairo et al., 2021). Se encuentran diversos yacimientos en los lechos acuáticos, incluyendo infraestructuras portuarias, basureros, artefactos náuticos y edificaciones civiles (Del Cairo et al., 2021).



Gracias al buceo autónomo, se puede documentar visualmente estos sitios utilizando cámaras sumergibles o carcasas especiales para registros audiovisuales (Del Cairo et al., 2021). Además, la fotogrametría tridimensional se ha empleado en arqueología subacuática para reconstruir sitios sumergidos a partir de fotos y videos, generando modelos 3D (McCarthy & Benjamin, 2014; Yamafune et al., 2016).

La difusión de esta información es esencial, ya que las documentaciones in-situ, obtenidas mediante el buceo, permiten que el público general acceda a estos escenarios y sus historias (Del Cairo et al., 2021). Además de la divulgación, el buceo científico ha posibilitado la excavación y análisis detallado de contextos culturales bajo el agua (Del Cairo et al., 2021).

En el contexto de la arqueología náutica colombiana, el buceo autónomo ha permitido la excavación de dos embarcaciones posiblemente relacionadas con el asedio inglés a la Bahía de Cartagena de Indias en 1741 (Fundación Terraфирme, 2016; Fundación Terraфирme, 2017).

Manejo y gestión de los patrimonios subacuáticos por medio de su aproximación: experiencias con buceo en el contexto colombiano.

En Colombia, las aguas han demostrado un evidente potencial en términos de Patrimonio Cultural Sumergido, impulsando investigaciones en torno a este tema, particularmente gracias a los aportes del buceo científico. Este ha reforzado su potencial para el estudio y la protección de este patrimonio único en varias iniciativas locales. Además de las investigaciones arqueológicas en entornos sumergidos vinculados a naufragios históricos en Cartagena de Indias, se destacan dos iniciativas científicas donde el buceo ha desempeñado un papel clave en su desarrollo y resultados. Ambas iniciativas comparten el

objetivo de conocer para proteger, reconociendo que los patrimonios sumergidos están expuestos a diversos factores que pueden afectar su integridad y su preservación para las generaciones futuras. Por ende, estos dos escenarios investigativos consisten en la construcción e implementación de una propuesta metodológica para el registro del Patrimonio Cultural Sumergido nacional.



Figura 1. Buzo prospectando con detector de metales en búsqueda de posibles correlatos arqueológicos sumergidos
Fuente: Elaboración propia.

Por un lado, se encuentra el proyecto “Desarrollo e Implementación de la Propuesta Metodológica para el Registro Nacional del Patrimonio Sumergido en Colombia: Fase Piloto Cartagena de Indias y Alrededores”, llevado a cabo por un equipo interdisciplinario del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe de la Dirección General Marítima y el Departamento de Buceo y Salvamento de la Armada de Colombia. Durante esta investigación, se realizaron tareas de recopilación de fuentes históricas y cartográficas, prospecciones geofísicas con equipos de sensoramiento remoto, verificación de anomalías, localización de yacimientos y visitas a contextos arqueológicos mediante buceo autónomo (Del Cairo et al., 2021; Moreno, 2021). Estos acercamientos a los sitios permitieron llevar a cabo levantamientos planimétricos, fotográficos y fotogramétricos de las evidencias identificadas, con un enfoque no intrusivo para registrar e inventariar múltiples

contextos arqueológicos en la bahía de la ciudad y sus alrededores (Del Cairo et al., 2021; Moreno, 2021).



Figura 2. Buzo tomando registro fotográfico de un contexto arqueológico en Cartagena de Indias
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Buzo realizando verificación visual durante el proyecto de Propuesta Metodológica para el Registro del Patrimonio Cultural Sumergido en Cartagena de Indias
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se encuentra el estudio titulado “Apropiación social del Paisaje Cultural Marítimo en Providencia y Santa Catalina: Caracterización del espacio náutico desde una perspectiva histórica” desarrollado en el marco de la “Expedición Científica Seaflower Old Providence & St. Catalina”, organizada por la Comisión Colombiana del Océano (CCO). Este estudio interdisciplinario conjunto entre la Dirección General Marítima (DIMAR) y el Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH) se encuentra documentado por Del Cairo et al. (2020) y Moreno & Báez (2020). En

este caso, se implementaron las mismas fases metodológicas utilizadas en el caso de Cartagena de Indias. El buceo tuvo un papel protagonista, permitiendo localizar, registrar, documentar y analizar detalladamente los yacimientos de esta región del archipiélago (Del Cairo et al., 2020; Moreno & Báez, 2020).

Partiendo de todo lo mencionado anteriormente, es posible señalar que el buceo se configura como un actor transversal en este tipo de aproximaciones integrales en la investigación y salvaguarda del Patrimonio Cultural Sumergido (PCS). Esto ocurre en la medida en que adquiere y produce la información necesaria para tomar las decisiones más adecuadas en relación con un correcto manejo y una adecuada gestión de estos recursos patrimoniales del ámbito local. La aproximación y el estudio de estos contextos arqueológicos por medio del buceo científico permiten conocer con más detalle las particularidades de un sitio histórico derivado de un evento pretérito, al mismo tiempo que amplía su alcance a una escala mayor, posibilitando que distintos públicos reconozcan y aprendan sobre las evidencias culturales que constituyen sus territorios acuáticos.

Consideraciones finales: hacia la protección integral e interinstitucional de un vulnerable patrimonio

Como se observó a lo largo de esta sucinta reflexión, el buceo y la arqueología subacuática comparten un vínculo histórico desde la concepción misma de la disciplina y su paulatino crecimiento en el ámbito colombiano. Desde las primeras aproximaciones a yacimientos arqueológicos sumergidos, la ciencia ha recurrido al buceo autónomo como el medio necesario para obtener datos y responder las complejas interrogantes que existen alrededor de las evidencias materiales, reflejo de los fenómenos pasados. Con el crecimiento y la madurez de la arqueología marítima y subacuática, y de



*Figura 4. Registro fotográfico subacuático de un cañón en Providencia y Santa Catalina
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 5. Fotografía subacuática de una pieza de artillería durante la Expedición Científica Seaflower Old Providence & St. Catalina
Fuente: Elaboración propia.*

la mano con el buceo científico, se logró llegar a configurar lo que hoy día se denomina como “buceo arqueológico”; siendo este la integración de ambas áreas de conocimiento y los aportes teóricos, metodológicos e interpretativos que puede brindar cada una.

Partiendo de lo mencionado anteriormente, el buceo arqueológico ha jugado y desempeña un rol transversal en cualquier aproximación analítica interesada por los cuerpos de agua y el pasado de las sociedades humanas. Es necesario que el buceo adquiera una dimensión integral incorporando los distintos conocimientos y capacidades de las ciencias naturales y humanas, acompañando los esfuerzos interdisciplinarios por analizar los Patrimonios Culturales Sumergidos. En el corto y largo plazo, el buceo científico debe seguir enriqueciendo sus perspectivas investigativas en el manejo, gestión y protección de los recursos históricos presentes en diferentes entornos acuáticos del ámbito colombiano.

Dada la reconocida y señalada vulnerabilidad de los patrimonios subacuáticos, se requiere que el buceo aporte más allá de la tecnología para acceder a los sitios. Los múltiples actores de este sector deben realizar esfuerzos en pro de la salvaguardia patrimonial, ya que están en constante interacción con los sitios arqueológicos de forma cotidiana, conviviendo con ellos de una forma u otra. La interinstitucionalidad es clave en estos estudios, pues ninguna disciplina o institución debe actuar de manera aislada. Por lo tanto, todos los actores, tanto públicos como privados vinculados con el buceo, deben propender por la protección de estos recursos de interés común a nivel local, regional, continental y mundial.

Referencias Bibliográficas

- Bowens, A. (Ed.). (2009). *Underwater Archaeology. The NAS guide to Principles and Practice (Second Edi)*.
- Ciarlo, N. (2009). *Multidisciplina e interdisciplina en arqueología: una experiencia con el Grupo de Arqueometalurgia (Fi-UBA)*. Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano. *Novedades de Antropología* 62:10-12.
- Del Cairo, C. & García, M. (2002). *Generalidades de un Yacimiento Sumergido. Curso de Protección y Conservación del Patrimonio Cultural Sumergido*. Ministerio de Cultura de Colombia - Museo Naval del Caribe - Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”.
- Del Cairo, C., Chadid, A., Quintana, D., López, A., Aldana, J., Báez, V., Sarmiento, J., Acosta, D. & Moreno, M. (2020). *Apropiación social del Paisaje Cultural Marítimo en Providencia y Santa Catalina: Caracterización del espacio náutico desde una perspectiva histórica*. Expedición Científica Seaflower Old Providence & St. Catalina. Dirección General Marítima (DIMAR) - Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH).
- Del Cairo, C., Báez, V., Chadid, A., Moreno, M., Hernández, G., Vallejo, S., Quintana, D., Andrade, C., López, A. & Guzmán, R. (2021). *Desarrollo e Implementación de la Propuesta Metodológica para el Registro Nacional del Patrimonio Sumergido en Colombia: Fase Piloto Cartagena de Indias y Alrededores*. Informe Final de Investigación. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH) - Dirección General Marítima (DIMAR). Ministerio de Defensa de Colombia.
- Fundación Terra firme. (2016). *Plan de Relocalización de los Restos de un Naufragio de Manzanillo 15 en el Marco de Dragado y Profundización del Canal de Manzanillo y Bocachica, Cartagena de Indias*. Fundación Terra firme - Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH) - Instituto Nacional de Vías (INVIAS).
- Fundación Terra firme. (2017). *Investigación Arqueológica y de las Medidas de*




- Protección, Intervención y Divulgación de un Pecio Colonial Localizado en Espacios Subacuáticos en la Zona de Bocachica, Cartagena de Indias. Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH) - Instituto Nacional de Vías (INVIAS).
- Martin, C. (2011) Wreck-site formation processes. The Oxford Handbook of Maritime Archaeology.
- McCarthy, J. & Benjamin, J. (2014). Multi-image photogrammetry for underwater archaeological site recording: an accessible, diver-based approach. Journal of Maritime Archaeology.
- Moreno, M. (2021). La Importancia del Inventario del Patrimonio Cultural Sumergido en el ordenamiento marino costero en Colombia. I Congreso Iberoamericano de Arqueología Náutica y Subacuática (CIANYS). Libro de Resúmenes. <http://hdl.handle.net/10498/25256>
- Moreno, M. & Báez, V. (2021). Expedición Seaflower: El Paisaje Cultural Marítimo de Providencia y Santa Catalina. Resultados Preliminares. Boletín Científico CIOH, 40 (1). <https://doi.org/10.26640/22159045.2021.566>
- Muckelroy, K. (1978) Maritime Archaeology. Cambridge, University Press.
- Uribe, C. (2006). Los inicios de la arqueología submarina en Colombia: Salmedina I. En Historias sumergidas. Hacia la protección del patrimonio cultural subacuático en Latinoamérica. Ed. Carlos Del Cairo & María Catalina Chaves. Bogotá, Universidad Externado de Colombia.
- Yamafune, K., Torres, R. & Castro, F. (2016). Multi-Image Photogrammetry to Record and Reconstruct Underwater Shipwreck Sites. J Archaeol Method Theory.



Figura 6. Buzo en inspección subacuática
Fuente: Deártamento de Buceo y Salvamento



Suboficial Segundo
Daniel Felipe Villamizar Mantilla
Técnico de Buceo

A diver in a dark blue uniform and a white hard hat is seen from the side, looking towards a large industrial structure. The structure is made of metal and has a red vertical beam. The background is a clear sky. The text is overlaid on the right side of the image.

**PRIMERA CAMPAÑA
NO INTRUSIVA
AL GALEÓN SAN
JOSÉ REALIZADA
EN COLOMBIA
POR BUZOS DE
LA ARMADA DE
COLOMBIA**



El océano ha representado uno de los mayores enigmas por resolver en la historia de la humanidad. A lo largo del tiempo, el hombre ha evolucionado utilizando diversas técnicas para adentrarse en el lecho marino, reconociendo que la anatomía humana no está naturalmente preparada para descender por sí sola a las profundidades. Fue así como se descubrió que con el auxilio de la tecnología se podía avanzar de manera más rápida y segura en las inmensas extensiones del mar. Estos avances tecnológicos nos han permitido descubrir y aprender más sobre los ecosistemas y la historia que residen en los océanos.

La Armada de Colombia ejemplifica cómo el buceo ha evolucionado con el paso de los años a través del Departamento de Buceo y Salvamento. Han desarrollado técnicas que han permitido superar los límites de profundidad en Colombia. Uno de estos avances es la creación de una sección de equipos especializados y robótica submarina, que ya cuenta con 02 ROV (Vehículo Operado Remotamente). El más reciente de estos equipos fue adquirido para verificar el pecio del Galeón San José, un sitio de gran valor cultural e histórico.



Figura 1. Operación del ROV desde el control room
Fuente: Armada de Colombia

El desafío para los buzos de la Armada de Colombia implicados en esta operación era significativo, ya que nunca antes se había adquirido un equipo de esta magnitud para una operación tan profunda e importante a nivel nacional. A partir de enero de 2022, 14 buzos de la Armada de Colombia se dedicaron a la recepción, capacitación y puesta en marcha del robot submarino, con el fin de llevar a cabo la primera campaña no intrusiva en el Galeón San José.

La tarea era clara pero nada sencilla. Durante meses, se enfrentaron a desafíos debido a la instalación del equipo en el Buque hidrográfico multipropósito ARC “Caribe”, la plataforma de lanzamiento del vehículo. Estos desafíos se superaron uno a uno mientras el personal se capacitaba como pilotos y técnicos en mantenimiento de ROV. La responsabilidad era enorme debido a la importancia de la operación, su impacto nacional y el valor comercial del equipo.

El 07 de mayo de 2021, día de zarpe para el inicio de la operación, el grupo de pilotos ROV ya capacitados junto con investigadores de la Dirección Marítima de Colombia y la tripulación del ARC “Caribe” se hicieron a la mar en búsqueda del histórico Galeón San José. Había gran ansiedad y muchas expectativas en el ambiente por lo que pudiera ocurrir durante el desarrollo de la operación.

Al llegar al sitio de inmersión, se realizaron los últimos ajustes del equipo y se llevaron a cabo pruebas de sistemas y sensores para minimizar al máximo el margen de error. El alistamiento del ROV culminó con una ofrenda floral en memoria de las almas que perecieron en 1708, cuando el galeón fue hundido por piratas británicos. También se pidió permiso a Dios para llevar a cabo la inspección de los restos del pecio.

Con todo listo, se procedió a la primera inmersión del robot submarino. Al alcanzar la profundidad de trabajo, la emoción era palpable, similar a la



Figura 2. Campaña Galeón
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia

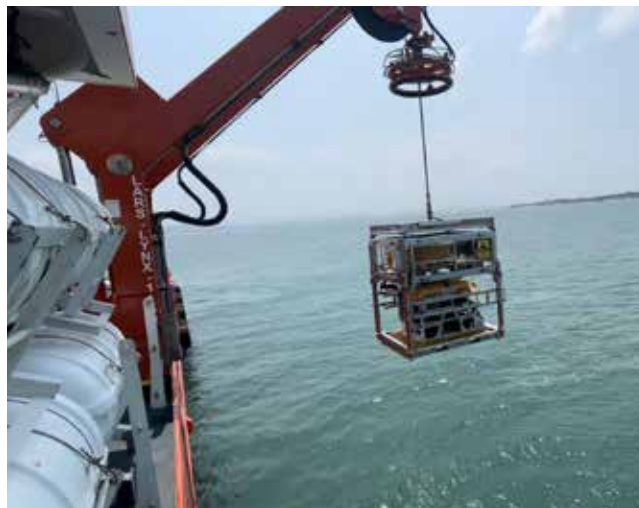


Figura 3. Descenso del ROV
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia

de infantes, por lo que podrían encontrar en las profundidades. La búsqueda del pecio comenzó y al encontrar los primeros elementos, se percibió que cada minuto de trabajo iniciado seis meses atrás había valido la pena. El sacrificio y las largas horas de trabajo se reflejaron en lo asombroso que resultó encontrar este tesoro histórico sumergido en las profundidades marinas.

Cada elemento que debía ser filmado para su verificación por los investigadores tenía una importancia histórica tremenda, desde una moneda de oro hasta una vasija de barro. Todo era significativo a nivel histórico y su valor era

inmenso. En ese momento, el descanso o las horas de sueño pasaban a segundo plano; la prioridad era explorar y examinar cada metro cuadrado del lecho marino.

Con la tarea cumplida, solo quedaba disfrutar de los elogios hacia el grupo de trabajo. El robot había cumplido su propósito y el personal de buzos recibió muchas felicitaciones. La misión fue un éxito; se demostró que se pueden realizar inspecciones sin manipular elementos de valor histórico, simplemente observando que todo se mantenga en su lugar, protegiendo así nuestro patrimonio naval sumergido.



Figura 3. Estructura del Pecio
Fuente: Armada de Colombia



Figura 4. Material de patrimonio cultural sumergido
Fuente: Armada de Colombia



Suboficial Jefe
Wilhem Isaac Gutiérrez Galindo
Supervisor Sección Financiera
Escuela de Aviación Naval

A photograph of a grey helicopter with the identification number 'ARC 228' and the Colombian flag on its side, parked on the deck of a ship. A person in a flight suit is standing near the open side door of the helicopter. The background shows a blue sky with white clouds and the sea.

SUPERVIVENCIA BAJO EL AGUA SINERGIA DE LA SEGURIDAD AÉREA Y SUBACUÁTICA EN EVENTO DE AMARIZAJE

Los espacios de navegación aérea, marítima y fluvial en el territorio colombiano han atravesado diversas etapas desde las convenciones internacionales de París, Chicago y Ginebra sobre el mar territorial de 1958. Estas convenciones han permitido a Colombia dirigir procesos que contribuyen a la gestión de la seguridad operativa de la aviación a nivel mundial, estableciendo un marco legal y regulador que fomenta el crecimiento tanto de la aviación militar como civil del país.

Además, la participación de diferentes Estados miembros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) con el fin de promover e integrar la seguridad y eficiencia de la aviación ha involucrado procedimientos, normativas y reglamentaciones. Esto se observa en los “Reglamentos Federales de Aviación” (FAR) para los Estados Unidos, así como en el desarrollo de los “Requisitos de Aviación Conjunta” (JAR) para la aviación europea (EASA). Estas disposiciones asignan la legislación local a la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC), que abarca tanto la Aviación Militar de Colombia como la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado (AAAES), permitiendo cumplir con regulaciones tanto nacionales como internacionales para cada sector.

El sobrevuelo sobre el mar conlleva una serie de desafíos y riesgos adicionales en comparación con los vuelos sobre tierra. Los procedimientos varían considerablemente y se vuelven más rigurosos. Por ejemplo, la tripulación debe mantener referencias visuales, y en ocasiones, la distancia de navegación puede resultar en pérdida de comunicación en ruta. El monitoreo, localización y seguimiento de las aeronaves también representan desafíos, lo que exige una planificación exhaustiva de procedimientos y planes de contingencia en caso de emergencia que requiera un aterrizaje forzoso en el agua.

Las normas aéreas actuales se estandarizan tanto para aviones de ala fija como para helicópteros de ala rotatoria cuando realizan operaciones prolongadas sobre el mar. Estos deben cumplir con requisitos mínimos de equipamiento que mitiguen el riesgo. Esto incluye el dominio de técnicas diseñadas para extender las posibilidades de vida y supervivencia en caso de accidente en el mar, asegurando un procedimiento seguro y planificado para aterrizar sobre el agua (amarizaje) o en situaciones donde la aeronave deba aterrizar sin previo aviso (RAC 121).

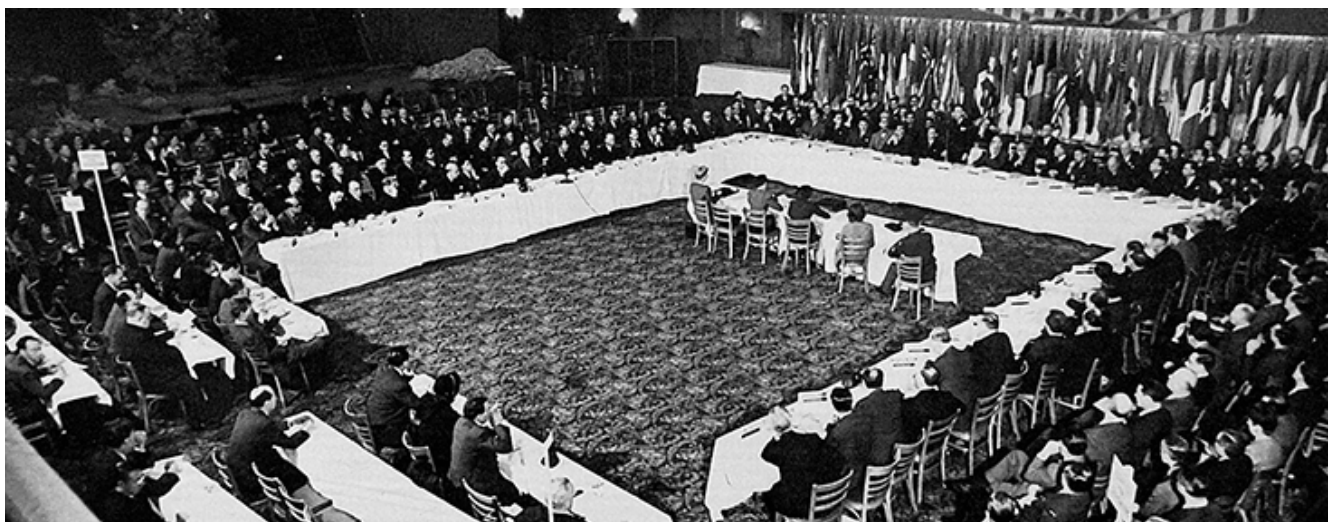


Figura 1. Reunión de la OACI redactando el Convenio sobre Aviación Civil Internacional, Chicago 1944
Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional.



Figura 2. Tripulante de helicóptero efectuando chequeo cruzado previo al vuelo.
Fuente: Escuela de Aviación Naval Armada de Colombia.

El Reglamento Aeronáutico Colombiano (RAC) establece parámetros estándar para operaciones prolongadas sobre el agua en aguas colombianas. Para aeronaves de ala fija, implica operar a una distancia horizontal superior a 50 millas náuticas (NM) desde la línea de costa más cercana. En el caso de aeronaves de ala rotatoria, involucra vuelos más allá de la distancia que permite la autorrotación. En estas circunstancias, se exige el uso de equipos de supervivencia, como chalecos salvavidas, balsas, entrenamiento en procedimientos de amerizaje y salidas de emergencia adecuadas, entre otros (RAC 135, pág. 77).

Colombia, con sus favorables condiciones biogeográficas, posee costas en dos océanos y cuenta con 892,102 km² de aguas jurisdiccionales en un área total de 2,070,408 km² (Invemar, 2020). En los últimos años, ha habido un incremento en las operaciones marítimas colombianas, especialmente en zonas offshore, implicando la participación de helicópteros para el acceso y traslado de personal en plataformas dedicadas a la exploración y explotación de recursos como petróleo, gas y minería en alta mar (FAA. AC No: 90-80C).

En este contexto, la Armada de Colombia regula la aeronavegabilidad y operaciones a través del Comando de Alistamiento de la Aviación Naval. Esto garantiza que todas sus tripulaciones sean entrenadas y cualificadas para afrontar posibles amerizajes forzados. El personal recibe capacitación en la Escuela de Aviación Naval - ESCAN (Revista “La Escafandra” Sexta Edición 2022, pág. 94). Las tripulaciones de helicópteros de la Aviación Naval han liderado el uso y diseño de capacitaciones en equipos de emergencia de respiración con aire comprimido subacuático. Esta formación ha incrementado los estándares de seguridad requeridos y ha permitido entrenar a tripulaciones tanto de la Aviación Civil nacional como internacional.



Figura 3. Entrenamiento de Escape de Helicóptero Bajo el Agua.
Fuente: Escuela de Aviación Naval Armada de Colombia.



Figura 4. Vista frontal del simulador
Fuente: Escuela de Aviación de la Armada de Colombia

Basado en estudios internacionales realizados por la Research & Technology Organization (RTO), constituida como la organización de investigación de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), se estableció en el documento RTO-AG-341 AC/323(HFM-054) TP/33 que la principal causa de muerte, alcanzando el 15% en eventos de amarizaje y choque contra el agua, es el ahogamiento. Esto se debe a la incapacidad de mantener la respiración el tiempo suficiente para escapar de la cabina de una aeronave. El uso de algún tipo de Sistema de Respiración de Emergencia (EBS) puede prolongar el tiempo bajo el agua, mejorando así



Figura 5. Tripulante verificando el EBS.
Fuente: Escuela de Aviación Naval Armada de Colombia.

la supervivencia de la tripulación o los pasajeros de helicópteros que vuelan sobre el agua.

Los sistemas de aire comprimido se basan en un aparato de respiración subacuática autónomo, conocido comúnmente como equipo SCUBA (Self-Contained Underwater Breathing Apparatus). Este Sistema de Respiración de Emergencia (EBS) es, en esencia, un equipo SCUBA en miniatura que opera bajo los mismos principios. Presenta especificaciones técnicas de un cilindro de aluminio de alta presión, normalmente cargado a 3000 psi o 206 bares de aire comprimido (21% de Oxígeno + 79% de Nitrógeno).

En caso de amaraje forzoso en aguas, la incapacidad para mantener la respiración durante el tiempo suficiente para escapar de un helicóptero sumergido rápidamente en el agua representa una amenaza significativa para la supervivencia. La inmersión súbita produce respuestas fisiológicas que reducen la retención de la respiración (Tipton, Stubbs, & Elliott, 1991). Además, la desorientación, la pérdida de referencias gravitacionales, la oscuridad y la ansiedad pueden generar parálisis, aumentando el riesgo para aquellos atrapados en la cabina (Broadsmith).



Figura 6. Ejercicio de escape de cabina sumergida invertida empleando el EBS.
Fuente: Escuela de Aviación Naval Armada de Colombia

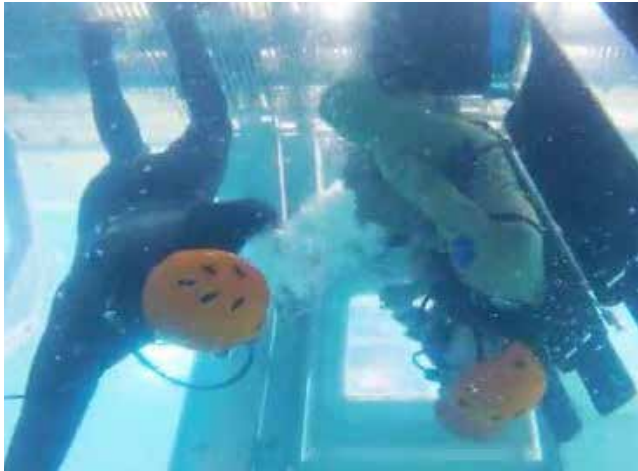


Figura 7. Ejercicio de escape de cabina sumergida invertida empleando el EBS.
Fuente: Escuela de Aviación Naval Armada de Colombia

La capacitación en el uso del Equipo de Respiración de Emergencia (EBS) se considera vital como parte esencial del equipo de supervivencia de la Aviación Naval. Este entrenamiento se lleva a cabo a través del curso del Sistema de Respiración de Emergencia de Aire Comprimido (CA-EBS), empleando botellas con especificaciones técnicas como SEA-MK 2 y SEA-3000LW. El proceso de instrucción y entrenamiento se ajusta a los estándares de la OTAN (STANAG-7078) y se realiza de forma anual para asegurar la familiarización con el manejo del equipo.

El cumplimiento por parte de las autoridades militares y civiles de estos protocolos registrados permite la concientización sobre cómo mitigar riesgos, promoviendo alianzas y cooperación eficiente para los procesos aéreos. Esto constituye una base científica y tecnológica sólida y robusta para la seguridad de tripulaciones y pasajeros. En el caso de cualquier escape subacuático desde una cabina de aeronave sumergida, la asistencia respiratoria de emergencia permite una salida más efectiva, incrementando el tiempo disponible para el escape y la supervivencia.

Históricamente, los entornos subacuáticos y aéreos han estado enfocados en proteger al

individuo. Esto señala una posible evolución futura de los EBS hacia una gestión de seguridad más avanzada, incluyendo la integración de nuevas tecnologías para mejorar su eficiencia.

Referencias Bibliográficas

- AC 90-80C: Approval of OSAPs, ARAs and HEDAs. (s/f). Skybrary.Aero. Recuperado el 26 de agosto de 2023, de <https://skybrary.aero/bookshelf/ac-90-80c-approval-osaps-aras-and-hedas>
- www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/biblioteca-tecnica/Circulares_5000-082-003.pdf
- Broadsmith, M. Westlands Aerospace Personnel Communication. November 1989.
- Chapter 7 – The Principals of Emergency Breathing Systems (EBS) for Helicopter Underwater Escape Mr. Peter Gibbs, Q.G.A. Survival Systems Ltd. Dartmouth, Nova Scotia
- RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANIZATION BP 25, 7 RUE ANCELLE, F-92201 NEUILLY-SUR-SEINE CEDEX, FRANCE The Requirements for an Emergency Breathing System (EBS) in Over-Water Helicopter and Fixed Wing Aircraft Operations
- Revista La escafandra Sexta Edición. Participación de los buzos de la Armada de Colombia en entrenamiento simulado de amarizaje., Gutiérrez W (2022) pág. 94-97
- Tipton, M. J., Stubbs, D. A., Elliott, D. H. (1991) Human Initial Responses to Immersion in Cold Water at 3 Temperatures and Following Hyperventilation. Journal of Applied Physiology 70(1): 317-322.
- <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/ES/International-Civil-Aviation-Day-Statement.aspx>



Suboficial Jefe
Jhon Jairo Valencia Valencia
Supervisor de Buceo



**APLICANDO
CAPACIDADES
TECNOLOGÍA
SUBACUÁTICA
AL SERVICIO DEL
PAÍS**



Resumen

El presente artículo aborda la metodología y los resultados derivados de la aplicación de capacidades en robótica submarina y modelaje 3D por parte del Departamento de Buceo y Salvamento. Esta actividad se llevó a cabo en las instalaciones del Consorcio Hidroeléctrico Ituango con el propósito de evaluar la configuración del espacio de libre flujo de agua dentro del túnel de desviación derecho (TDD). Para este fin, se implementó la inserción de un sonar de escaneo mecánico 3D a través de pozos de 1 metro de diámetro perforados a una distancia de 30 metros por encima de la posición del túnel a inspeccionar.

Palabras clave: Consorcio, Espacio Confinado, Hidroeléctrica, Modular, Nube de Puntos, Permiso de Trabajo, Sonar, TD, Trabajo en Altura.

Consorcio: Asociación de empresas o entidades con intereses comunes para participar conjuntamente en un proyecto o negocio importante.

Espacio Confinado: Lugar que tiene medios limitados de ingreso y salida, estrechos o restringidos, que contiene o podría contener atmósferas peligrosas, ya sea por deficiencia de oxígeno (por debajo de 19.5%), presencia de sustancias explosivas o tóxicas, haciendo que no sea apto para la ocupación continua de las personas.

Hidroeléctrica: Instalación que utiliza energía hidráulica para la generación de energía eléctrica.

Modular: Elemento compuesto en su totalidad por otros elementos, que pueden unirse o combinarse de distintas formas para crear una unidad.

Nube de Puntos: Primer producto resultante del escaneo láser o la fotogrametría digital, compuesto por millones de puntos posicionados tridimensionalmente en el espacio, formando

con exactitud milimétrica una entidad física y representando su superficie externa.

Permiso de Trabajo: Autorización y aprobación por escrito que especifica la ubicación y el tipo de trabajo que se va a realizar.

Sonar: Equipo que utiliza la propagación del sonido bajo el agua y se emplea para soportar operaciones principalmente de navegación, comunicación o detección de objetos sumergidos.

TD: Acrónimo referente a Tramo de Descenso, dispositivo que forma parte de la base modular, correspondiente a una tubería bridada con una longitud de 3m o 4m.

Trabajo en Altura: Cualquier actividad o desplazamiento realizado por un trabajador estando expuesto a un riesgo de caída desde distintos niveles, donde la diferencia de altura sea aproximadamente igual o mayor a 1.5 metros con respecto al plano horizontal más próximo.

Abstract

This article covers the methodology and the results obtained from the application of the capacity in underwater robotics and 3D modeling of the Department of Diving and Salvage, in the activity developed in the facilities of the Ituango Hydroelectric Consortium, to evaluate the configuration of the free space water flow inside the right diversion tunnel (TDD), using for this the insertion of a 3D mechanical scanning sonar through 1m diameter wells, drilled 30m above the position of the tunnel to be inspected.

Keywords

Consortium: Association of companies or entities with common interests to jointly participate in an important project or business.

ConfinedSpace: Place that has limited means of entry and exit, narrow or restricted, that contains or could contain dangerous atmospheres, due to oxygen deficiency below 19.5%, explosive or contain other toxic substances, making it unfit for occupation. continuum of people.

Hydroelectric: is a facility that uses hydraulic energy to generate electricity.

Modular: is defined as any element that is composed entirely of other elements, which can be joined or combined in different ways for a unit.

Point cloud: A 3D point cloud is the first product resulting from laser scanning or digital photogrammetry. It is made up of millions of points positioned three-dimensionally in space, forming a physical entity with millimetric accuracy and representing its external surface.

Work Permit: Is a written authorization and approval that specifies the location and type of work to be performed.

Sonar: (acronym for Sound Navigation And Ranging, 'navigation by sound') is called the equipment that uses the propagation of sound underwater and is used to support operations mainly navigation, communication or detection of submerged objects.

TD: Acronym related to Descent Section, device that is part of the modular base which

corresponds to a bridal pipe with a length of 3m or 4m.

Work at height: is defined as any activity or movement carried out by a worker while exposed to a risk of falling from a different level, whose elevation difference is approximately equal to or greater than 1.5 meters with respect to the nearest lower horizontal plane.

Hidroituango - Antecedentes

El proyecto hidroeléctrico “Hidroituango” se sitúa en el departamento de Antioquia, Colombia, específicamente a lo largo del río Cauca, en el conocido “Cañón del Cauca”, en las coordenadas geográficas $07^{\circ} 08' 05''$ N - $075^{\circ} 39' 46''$ W. Esta ubicación corresponde a una zona situada a 8 kilómetros aguas abajo del puente de Pescadero, en la vía hacia Ituango, en el punto de confluencia del río Ituango con el río Cauca (consultar Figura 1).



Figura 1. Proyecto Hidroeléctrico Ituango.

Fuente: <https://www.ituangoenergiadecolombia.com/2013/11/ubicacion-en-el-mapa-del-proyecto.html>



Durante la contingencia ocurrida en mayo de 2018 en el Proyecto Hidroeléctrico Ituango, se suscitaron una serie de eventos que desencadenaron el destaponamiento inicial y posterior taponamiento parcial del Túnel de Desviación Derecho (TDD). Este incidente se originó debido al transporte aguas abajo por el río Cauca de una considerable cantidad de material proveniente de un derrumbe de gran envergadura, alcanzando el área del proyecto. Dichos sucesos resultaron en una obstrucción total en una sección del túnel, aproximadamente 450 metros aguas arriba, y en un atascamiento parcial, con un 90% de la sección bloqueada, en los siguientes 850 metros aguas abajo. En este contexto, con el embalse lleno y la sección obstruida, se generó una presión interna en el túnel estimada entre 3 y 11 metros de columna de agua.

Para resolver esta contingencia, resulta imperativo realizar un taponamiento controlado y definitivo del TDD. Este proceso implica la ejecución de obras de construcción, definidas en dos fases: la primera, denominada Pretapón 2 (PT2), tiene como objetivo permitir, una vez completada, el ingreso seguro del Contratista de Obras Principales. Posteriormente, se llevará a cabo una segunda fase para la construcción de un tapón de concreto definitivo en el interior del TDD.

Antes de emprender estas labores constructivas, se requiere llevar a cabo un meticuloso levantamiento de la sección superior libre del TDD. Para ello, Hidro Ituango solicitó el respaldo del Departamento de Buceo y Salvamento para realizar una operación de ingeniería subacuática. Esta operación consiste en llevar a cabo un levantamiento utilizando el sonar de escaneo mecánico 3D BV5000 al interior de los seis pozos de perforación descendente (Down Boring). Estos pozos están distribuidos en dos núcleos de anclaje, tres de ellos pertenecientes al núcleo de bypass y los tres restantes al núcleo de inserción de esferas, ubicados todos dentro del Túnel de Descarga Intermedia (TDD).

El área que se inspeccionará con el sonar de escaneo mecánico 3D en el Proyecto Hidroeléctrico Ituango se encuentra específicamente en una sección interna del Túnel de Desviación Derecho (TDD), donde la intervención deberá realizarse desde el túnel de descarga intermedia. Este procedimiento se llevará a cabo utilizando dos conjuntos de pozos de perforación descendente (seis pozos en total), situados en dos excavaciones conocidas como “núcleos de anclaje” (consultar Figura 2). Estas excavaciones se hallan separadas por una distancia de 7 metros a lo largo del túnel de descarga intermedia.

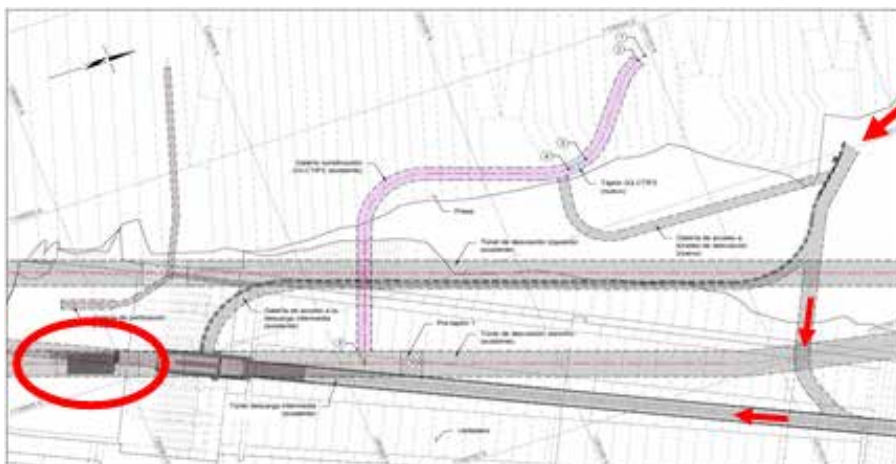


Figura 2. Localización Núcleos de anclaje.
Fuente. Hidroituango Plano D-PHI-031-TPN-PT-S-350

La longitud promedio de los pozos de perforación descendente (Down Boring, D.B.) es de alrededor de 29 metros, con un diámetro variable que oscila entre 0.9 metros y 1 metro. Estos pozos permiten el acceso a la bóveda del Túnel de Desviación Derecho (TDD), el cual, en su construcción, tiene una amplitud de 14 metros y una altura de 14 metros (consultar imagen No. 3). Sin embargo, en la situación actual, presenta un bloqueo parcial causado por una capa de sedimentación que alcanza aproximadamente los 12 metros de altura en su interior.

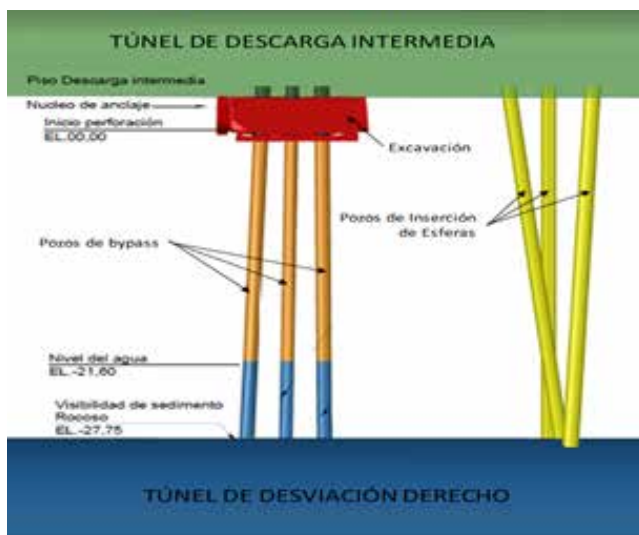


Figura 3. Distribución Pozos Down Boring.
Fuente: Hidroituango imagen 3D

Metodología

Para llevar a cabo la inspección completa del interior del Túnel de Desviación Derecho, se empleó el Sonar BV5000 S3 Serie de Teledyne (consultar imagen No. 4). Este sonar de escaneo mecánico 3D es un dispositivo que, mediante la generación de una nube de puntos 3D, tiene la capacidad de crear imágenes de alta resolución de áreas, estructuras y objetos sumergidos en un cuerpo de agua. La cabeza del sonar está montada en un mecanismo con capacidad de giro e inclinación mecánica, lo que permite realizar exploraciones sectoriales y recopilar datos de exploración esférica.

Para controlar y operar el sonar de escaneo mecánico 3D, se requiere del soporte de otros equipos electrónicos, como fuentes de distribución de ethernet, un computador portátil y un sistema de monitoreo. Estos dispositivos demandan alimentación eléctrica continua, por lo que para su funcionamiento se necesita un suministro mínimo de 120VAC, con una capacidad de carga no menor a 1.5KW.

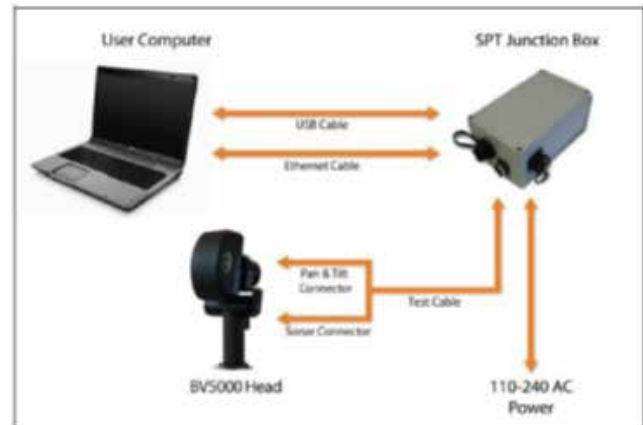


Figura 4. Sonar de escaneo mecánico para modelado 3D.
Fuente: Manual sonar 3D BV500.

Considerando la necesidad de introducir el sonar a través de los pozos hasta el Túnel de Desviación Derecho, se diseñó un sistema de montaje específico para permitir esta inserción de manera segura. Con este propósito, se ha construido un sistema de base modular compuesto por elementos individuales que, al unirse, conforman una base sólida. Esta base modular cumple dos funciones fundamentales: asegurar un descenso seguro del sonar a través del pozo y mantener su estabilidad durante la operación de escaneo.

La estructura modular se compone de los siguientes elementos:

1. Base de soporte del sonar (ver figura 5)
2. Base de protección e izado (ver figura 6)
3. Domo de protección (ver figura 7)
4. Tramos de descenso "TD" de 3 metros y 4 metros de longitud (ver figura 8)

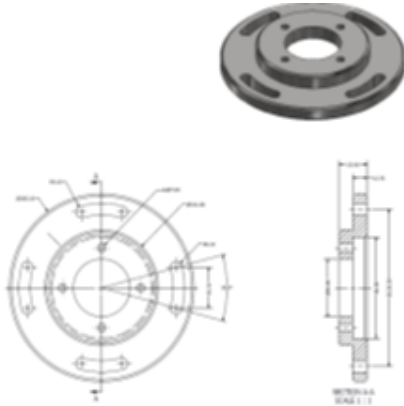


Figura 5. Soporte del sonar – base modular

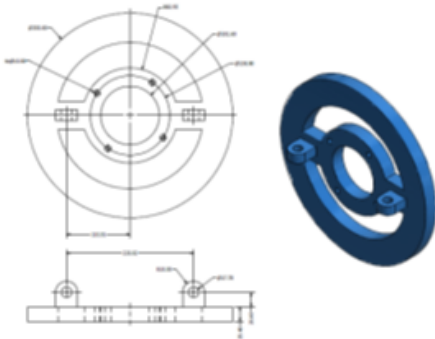


Figura 6. Base de protección e izado – base modular.

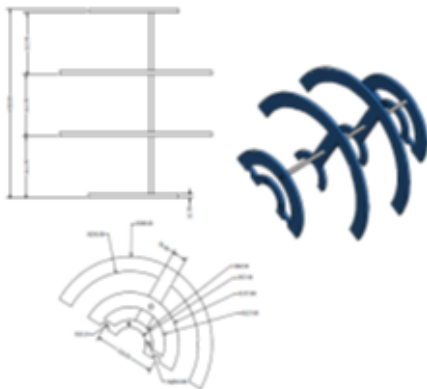


Figura 7. Domo de protección – base modular.

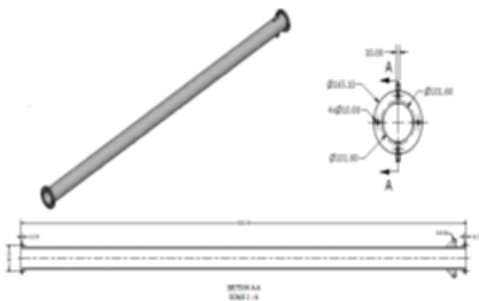


Figura 8. Tramo de Descenso – base modular.

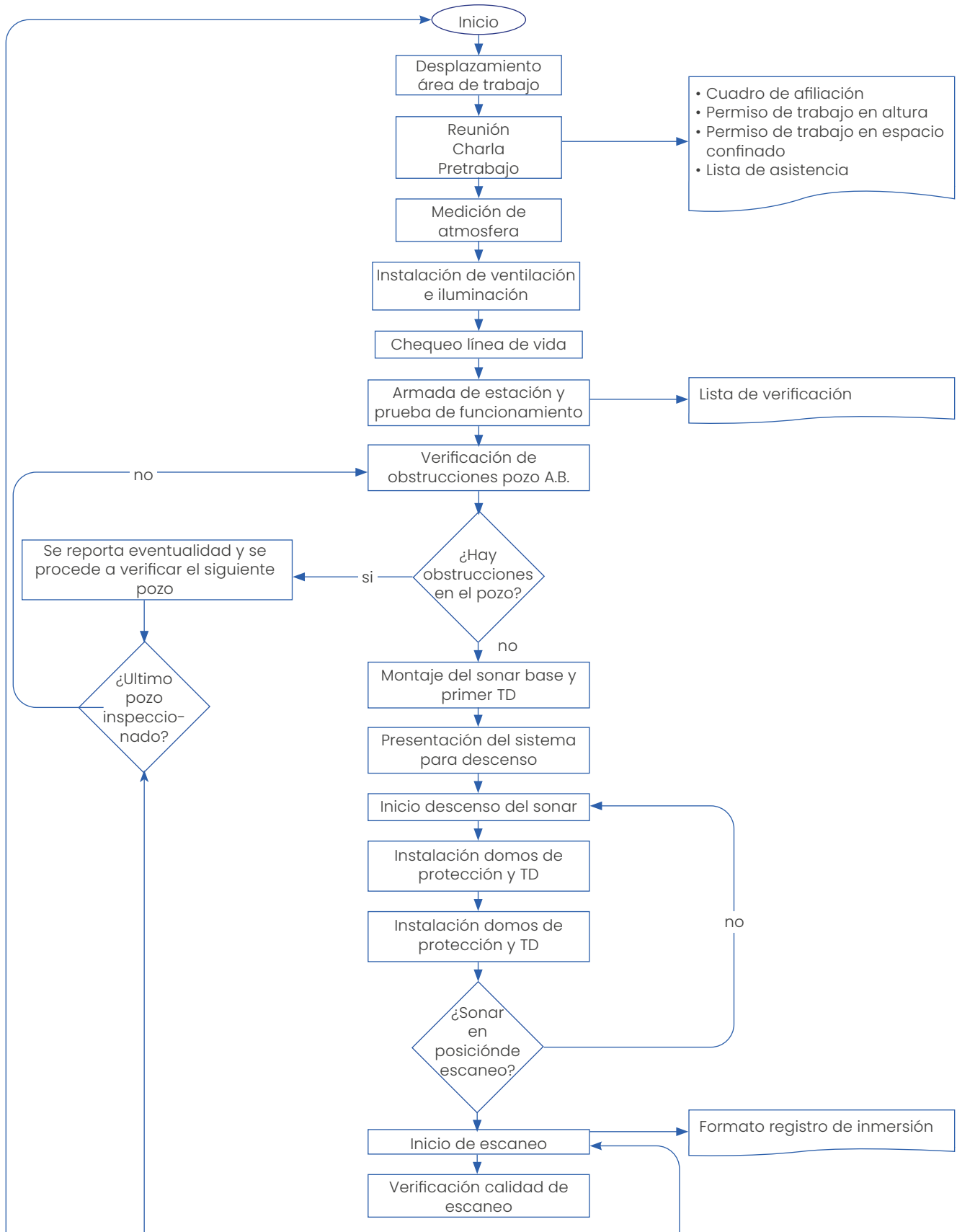
Esta configuración modular ha sido diseñada para garantizar un proceso seguro y estable durante la inserción del sonar a través de los pozos hasta el interior del Túnel de Desviación Derecho.

Para cumplir con los objetivos establecidos, se diseñó un cronograma de ejecución que abarcó un periodo de trabajo en campo de 14 días. Este cronograma contempló diversas etapas:

1. Inducción y validación inicial: Un día destinado para la inducción del personal, validación de la documentación SSTA (Seguridad y Salud en el Trabajo) y la verificación operacional de la base modular para el descenso del sonar en los pozos Down Boring (D.B.).
2. Desarrollo de actividades: Se asignaron 12 días para llevar a cabo actividades específicas, distribuidas de la siguiente manera:
 - Adecuación del área de trabajo.
 - Inspección y levantamiento de la nube de puntos en los seis pozos (2 días por pozo Down Boring (D.B.)).
 - Procesamiento y evaluación de los datos obtenidos en cada pozo.

Adicionalmente, se reservó un día para la recuperación y el mantenimiento preventivo de los equipos utilizados en las operaciones.

Para garantizar la correcta ejecución de las actividades en el marco de los días asignados, se diseñó, validó y aplicó el procedimiento “Escaneo mecánico con sonar 3D pozos Down Boring - Hidroeléctrica Ituango”. Este procedimiento, autorizado por la Jefatura del Departamento de Buceo y Salvamento, fue creado con el objetivo de salvaguardar la seguridad del personal y asegurar la calidad del servicio. El procedimiento delineó las actividades a llevar a cabo, las cuales se encuentran detalladas en un flujograma para una comprensión clara y precisa del proceso.



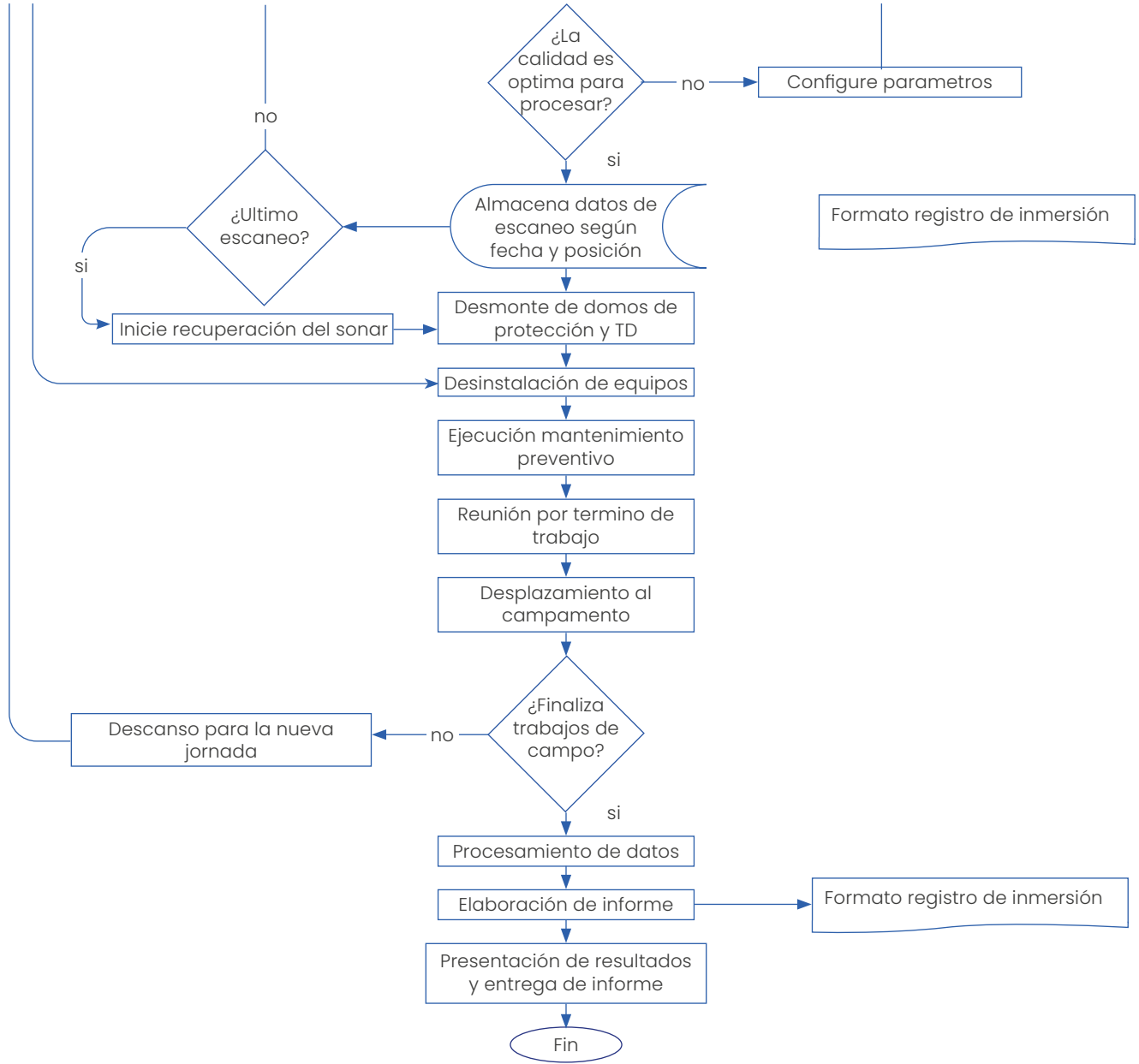


Figura 9. Flujograma del procedimiento “Escaneo mecánico con sonar 3D pozos Down Boring - Hidroeléctrica Ituango”. Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

Resultados

Dado el objetivo de evaluar los resultados obtenidos, se procesó y superpuso la información derivada de diversos escaneos realizados a través de los pozos Down Boring (D.B.), tomando como referencia los respectivos núcleos de anclaje:

Núcleo de anclaje (pozos inserción de esferas):

Este núcleo, el primero hallado en el túnel de descarga intermedia y el más cercano a la cámara de compuertas, consiste en una excavación rectangular de 3.9 metros de altura, 3.8 metros de

ancho y 11.6 metros de longitud. En su interior se encuentran las perforaciones correspondientes a los pozos D.B. PR1, PR2 y PR3 (consultar Figura. 10).

La evaluación de los datos capturados por el sonar 3D revela que, al llegar al túnel de desvío derecho (TDD), los pozos experimentan un cambio en su configuración respecto a la disposición inicial encontrada en el núcleo de anclaje de inserción. Se observa una leve alineación de sus ejes a lo ancho del TDD, con el pozo D.B. PR3 en posición central, el pozo D.B. PR1 en la margen derecha y el pozo D.B. PR2 en la margen izquierda del túnel (ver imagen 10).

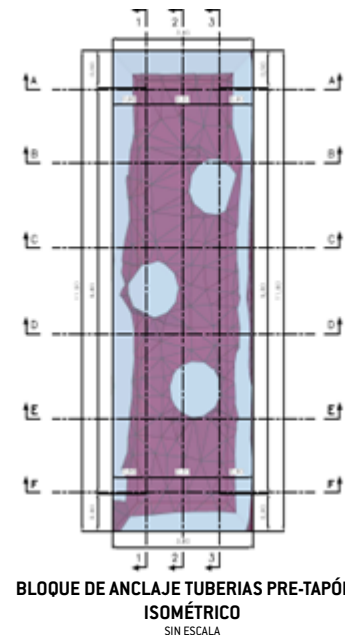
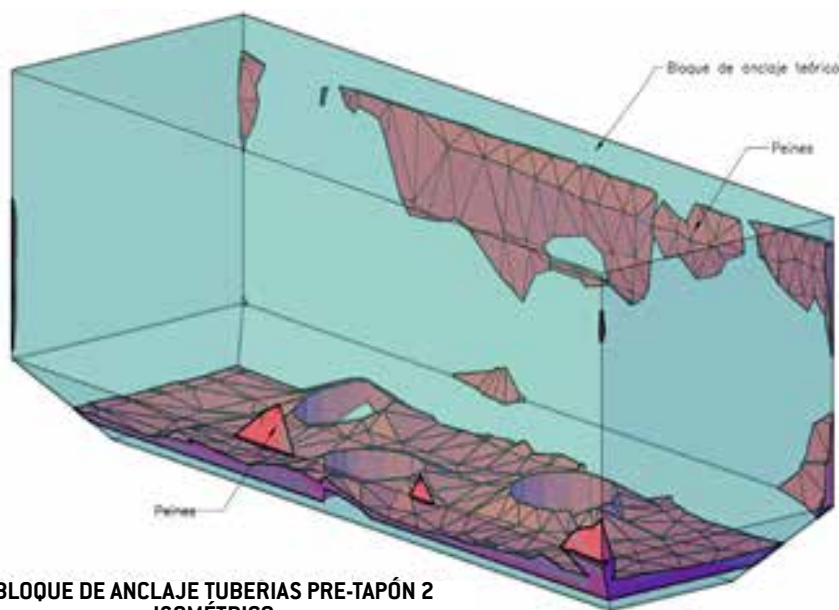


Figura 10. Núcleo de anclaje inserción de esferas.
Fuente: Hidroituango Plano PRE-TDI-EXC-016.

Núcleo de anclaje (bypass):

Este segundo núcleo, el más alejado de la cámara de compuertas dentro del túnel de descarga intermedia, se presenta como una excavación rectangular de 3.94 metros de altura, 3.8 metros de ancho y 8.70 metros de longitud. Es de menor tamaño en comparación con el otro núcleo y alberga las perforaciones de los pozos D.B. PR4, PR5 y PR6 (ver imagen No. 11).

Los datos recabados mediante el sonar 3D indican que, al llegar al TDD, los pozos mantienen su disposición inicial encontrada en el núcleo de anclaje de bypass. Se aprecia una leve separación entre los ejes de los pozos a lo largo del TDD, con el pozo D.B. PR4 a una distancia de 15.16 metros del pozo D.B. PR3 y a 4.76 metros del pozo D.B. PR6. Es relevante notar que debido a la erosión interna en el TDD, el pozo D.B. PR4 ingresa en

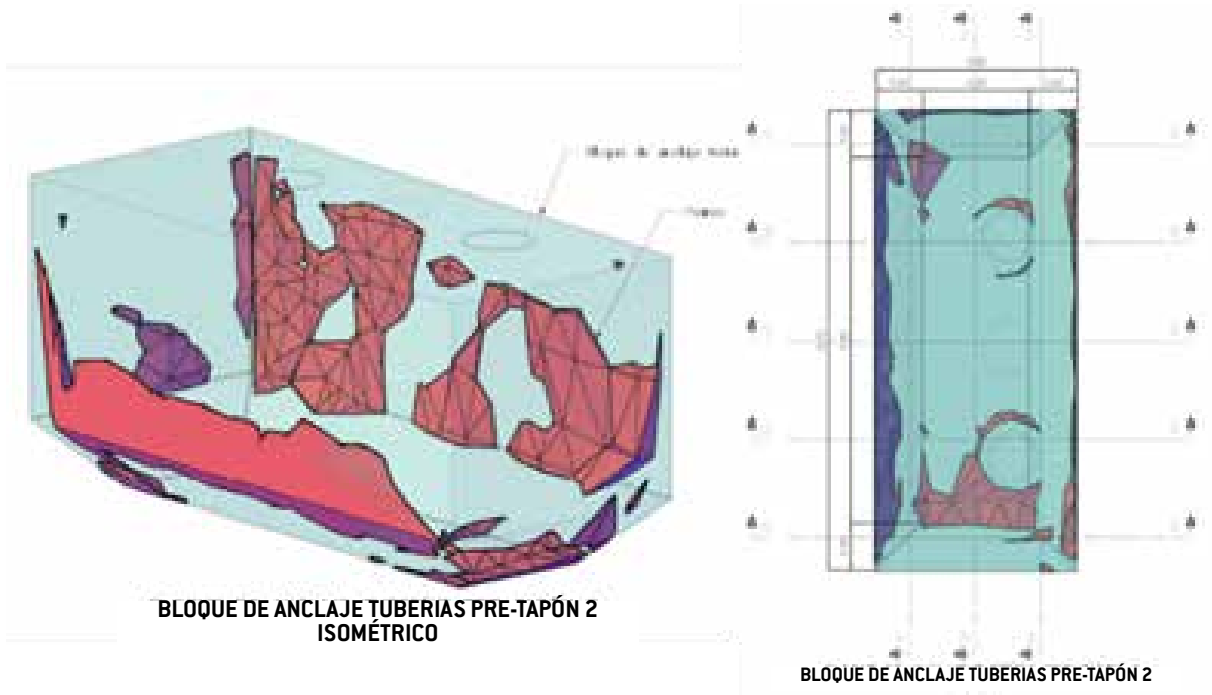


Figura 11. Núcleo de anclaje bypass.
Fuente: Hidroituango Plano PRE-TDI-EXC-015.

el túnel a una cota superior por 4 metros con respecto al ingreso del pozo D.B. PR6. Por su parte, el pozo D.B. PR5 se sitúa entre los pozos PR4 y PR6, sin embargo, se ha detectado que este pozo no tiene conexión con el interior del TDD, alcanzando una profundidad de solo 24.3 metros desde la superficie del núcleo, lo que indica que el PR5 llega (sin ingresar al TDD) a una cota 4.7 metros por encima del pozo D.B. PR6.

Área modelada dentro del TDD:

La inspección de la superficie levantada por el sonar en el interior del túnel de desvío derecho (TDD) revela que el área modelada comprende un segmento de 41.5 metros de largo y 9.7 metros de ancho, correspondiente a una superficie de 402.5 metros cuadrados. Esta área representa la superficie interna de una cavidad ubicada debajo de los dos núcleos de anclaje, abarcando desde un sector 6 metros antes del pozo D.B. PR6 (en dirección del flujo) hasta el área de los micropilotes (ver Figura. 12 y 13).

Perfil longitudinal y perfiles transversales del segmento del TDD:

Para determinar el área de libre flujo de agua en el segmento del TDD inspeccionado con el sonar de escaneo mecánico 3D, se evaluaron el perfil longitudinal y nueve perfiles transversales a lo largo del segmento del túnel (consultar Figura. 14).

Con el objetivo de determinar el área de flujo de agua no restringida a lo largo del tramo del Túnel de Desviación Derecho (TDD) inspeccionado mediante el uso del sonar de escaneo mecánico 3D, se llevó a cabo la evaluación de un perfil longitudinal y nueve perfiles transversales a lo largo de dicho tramo (ver Figura 14). Estos perfiles se detallan a continuación:

El perfil longitudinal del Túnel de Desviación Derecho (TDD) muestra un área de flujo de agua libre internamente. Siguiendo la dirección del flujo, se observa que el agua ingresa por un

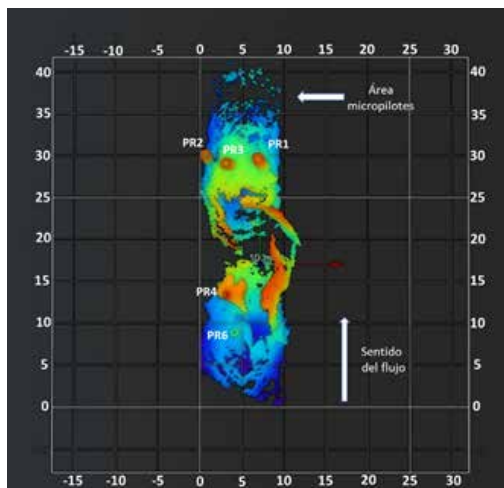


Figura 12. Área levantada del TDD a través de los seis pozos Down Boring.
Fuente. Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

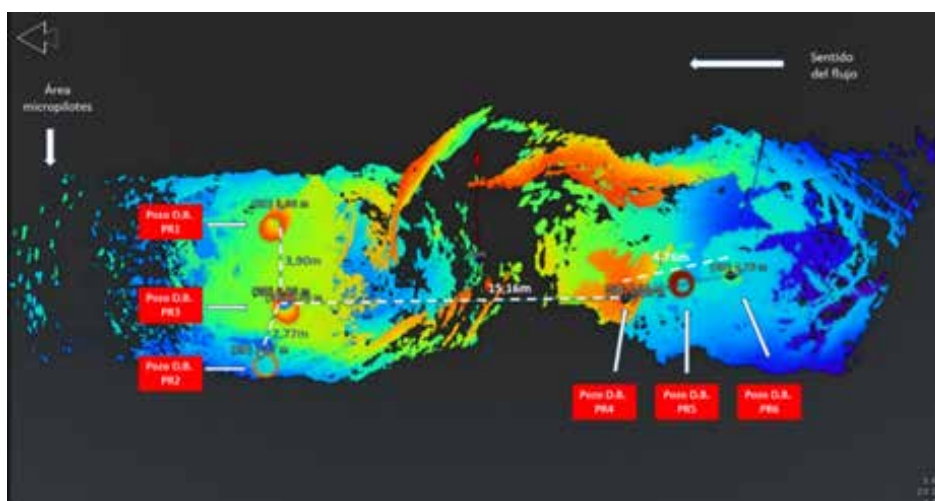


Figura 13. Distancias entre las posiciones de llegada de los Pozos D.B.
Fuente. Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

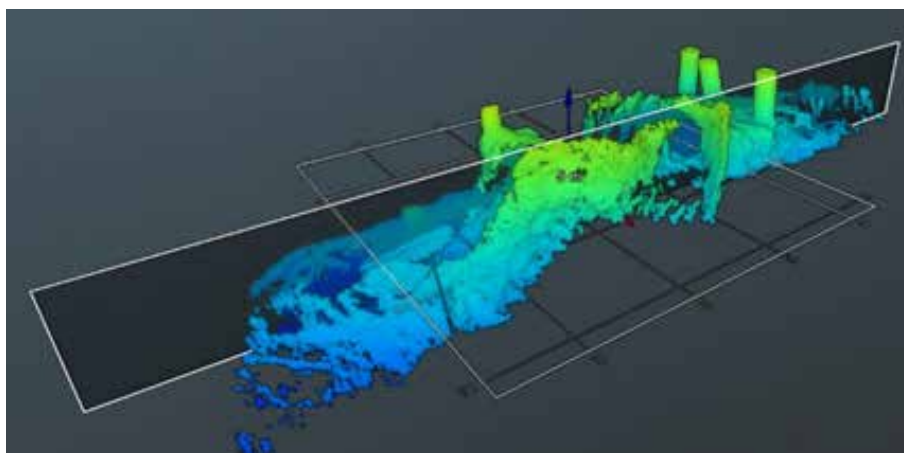


Figura 14. Área del perfil longitudinal del segmento de TDD escaneado.
Fuente. Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.



espacio abierto hacia una cámara situada bajo el pozo D.B. PR6, alcanzando una altura máxima de 1.76 metros. Más adelante, se evidencia una marcada socavación con una pendiente de 33.5 grados, lo que genera una variación de cota de 3.27 metros en tan solo 4.93 metros a lo largo del TDD en la dirección del flujo. En este punto, se produce una reducción en la altura del techo del túnel a 0.38 metros, que luego se amplía a 0.95 metros bajo la salida del pozo D.B. PR4, formando una pequeña cámara con una altura máxima de 2.04 metros. En los siguientes 8.13

metros, el techo del túnel supera los 3.2 metros de altura, quedando en una zona no alcanzada por el sonar 3D desde las posiciones de escaneo. Luego, la superficie desciende con una pendiente de 17 grados a lo largo de 7.15 metros, con una variación en la cota de 2.2 metros, ingresando a una cámara que tiene una altura inicial de 2.54 metros y va disminuyendo gradualmente hasta 1.23 metros a lo largo de 12.7 metros, aproximándose al sector identificado como la ubicación de los micropilotes (consultar Figura 15).

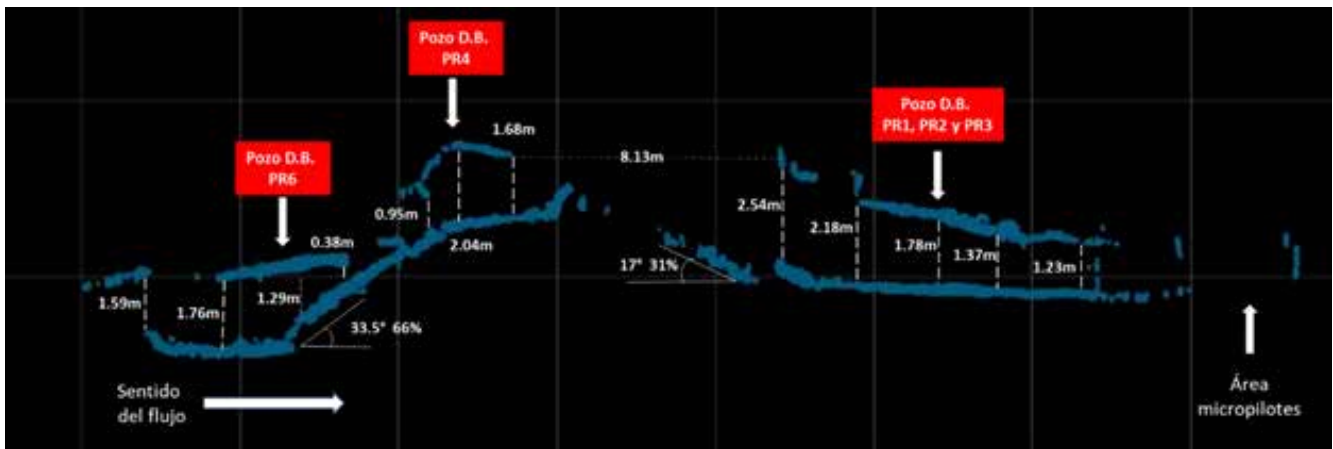


Figura 15. Datos del perfil longitudinal del segmento de TDD escaneado. Fuente. Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

Perfil Transversal No.1:

Situado a una distancia de 4 metros desde el comienzo del segmento escaneado del Túnel de Desviación Derecho (TDD) (consultar Figura 12), se evidencia la persistencia de un área despejada para el flujo de agua. La sección más ancha se localiza en el margen izquierdo en la dirección del flujo, con una altura de 2.4 metros (ver Figura 16). La máxima amplitud registrada en este perfil es de 9.41 metros y el área total abarcada es de 17 metros cuadrados.

Perfil Transversal No.2:

Este perfil se ubicó en el punto donde se encuentra el pozo D.B. PR6 y el inicio de la

socavación vertical (consultar Figura 17). En este punto, se evidencia una marcada reducción en el área libre para el flujo de agua. Específicamente, se observa una disminución tanto en la altura del techo como en la amplitud del espacio de circulación. La zona de flujo se traslada desde el margen izquierdo al derecho, indicando que la socavación ascendente es lateral y no abarca completamente toda el área. La máxima amplitud registrada en este perfil es de 8.40 metros, mientras que la altura desde la salida del pozo D.B. PR6 es de 1.61 metros (ver Figura 18). El área total comprendida en este perfil es aproximadamente de 12 metros cuadrados.

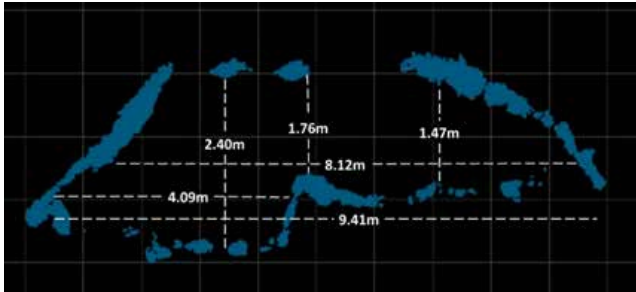


Figura 16. Área del perfil transversal No.1 del segmento de TDD escaneado.
Fuente. Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

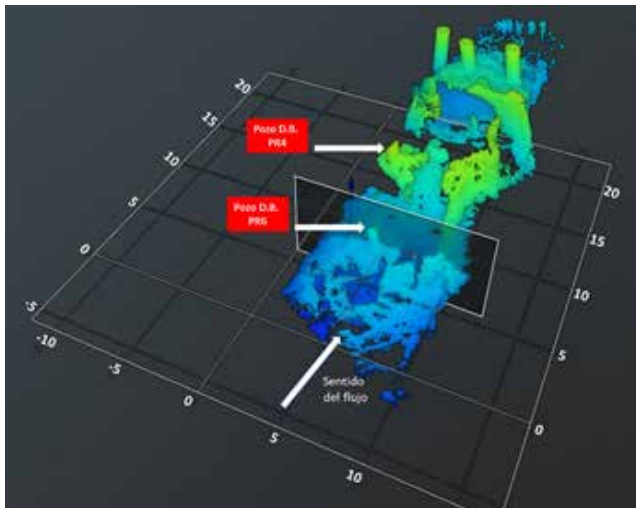


Figura 17. Área del perfil transversal No. 2 del segmento de TDD escaneado.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento

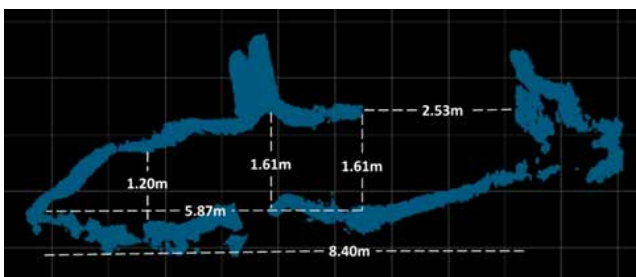


Figura 18. Datos del perfil transversal No. 2 del segmento de TDD escaneado.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento

Perfil Transversal No.3:

Esta sección se posicionó en el inicio del pozo D.B. PR4 en la dirección del flujo (consultar Figura 19). El área disponible para el flujo del agua se

conserva completamente en el lado derecho del TDD. Se observa que el pozo D.B. PR4 penetra el TDD inclinado hacia la margen izquierda, alcanzando una altura de 1.61 metros en el punto de salida. La altura máxima registrada en este perfil es de 3.41 metros, localizada en la zona afectada por la socavación generada por el flujo de agua. En la parte superior de esta área, se aprecia una abertura de 2.77 metros, indicando que la socavación continúa ascendiendo desde este punto de medición (ver Figura 20). En general, este perfil actual permite el paso del agua a través de un área aproximada de 14 metros cuadrados.

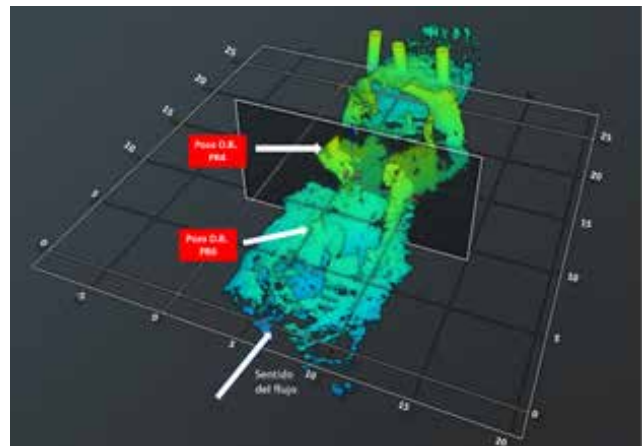


Figura 19. Área del perfil transversal No. 4 del segmento de TDD escaneado.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento

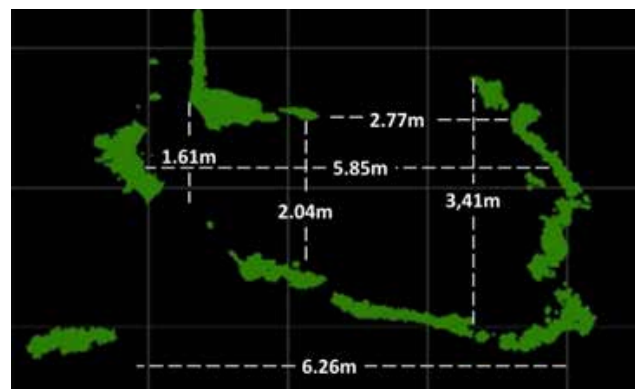


Figura 20. Datos del perfil transversal No. 4 del segmento de TDD escaneado.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento



Perfil Transversal No.4:

Este perfil se ubicó sobre los tres pozos D.B. PR1, PR2 y PR3 (consultar Figura 21). Se observa una variación en la altura de las salidas de los pozos D.B. PR3 y PR1 en relación con la posición del pozo y la configuración de la parte superior del segmento del TDD escaneado. Estas alturas oscilan entre 2.10 metros y 1.90 metros para el pozo D.B. PR3, y entre 1.50 metros y 0.86 metros en el pozo D.B. PR1. La máxima amplitud detectada en este perfil es de 8.21 metros (ver Figura 22). El área disponible para el flujo libre del agua en este perfil transversal es de aproximadamente 13 metros cuadrados.

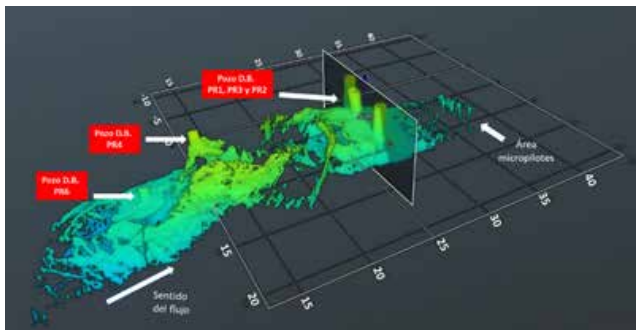


Figura 21. Área del perfil transversal No. 8 del segmento de TDD escaneado.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento

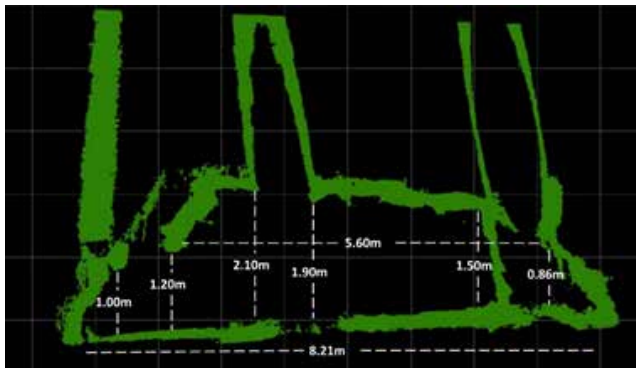


Figura 22. Datos del perfil transversal No. 8 del segmento de TDD escaneado.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento

Perfil transversal No.5:

Se tomó a 4m después de la posición de los pozos D.B. PR1, PR2 y PR3, próximo al área de micropilotes, (Ver Figura. 23). En este perfil se evidencia que la altura del espacio de libre flujo de agua disminuye considerablemente, manteniendo la forma de un segmento circular donde su máxima altura es de 1.44m. La máxima amplitud detectada en este perfil es de 8.21m, (Ver Figura. 24). El área para el flujo libre del agua en este perfil transversal es de aproximadamente 7m².

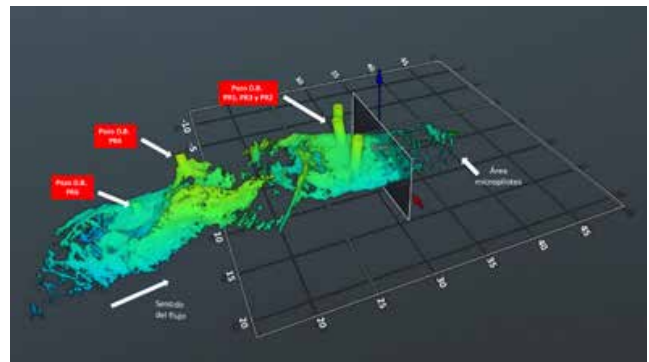


Figura 23. Área del perfil transversal No.9 del segmento de TDD escaneado.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento

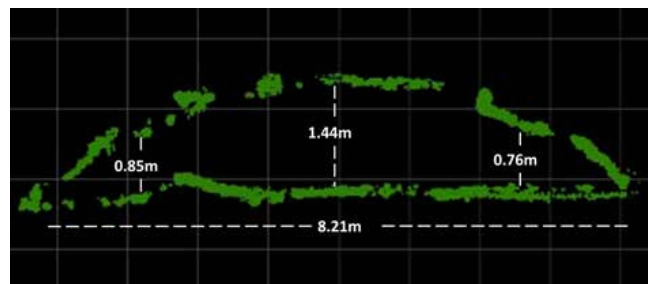


Figura 24. Datos del perfil transversal No.9 del segmento de TDD escaneado.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento

Conclusiones

- Se logró el levantamiento de dos segmentos del túnel de desvío derecho, los cuales abarcan un área total de 402.5 metros cuadrados correspondientes a la inspección del TDD a partir de la posición del sonar 3D en los seis pozos Down Boring localizados en los núcleos de anclaje.
- La máxima profundidad alcanzada a través de los pozos del núcleo de inserción de esferas fue de 31 metros.
- Se evidenció la existencia de un espacio de libre flujo de agua a lo largo de la zona inspeccionada al interior del TDD (a través de los pozos Down Boring), la cual se extiende por más de los 43 metros levantados por el sonar 3D, con un área libre promedio de 14.8 metros cuadrados.
- En el sector del núcleo de anclaje de inserción de esferas, se nota particularmente que las áreas de los perfiles transversales varían entre 16 metros cuadrados y 7 metros cuadrados aproximadamente, reduciéndose prolongadamente (en sentido del flujo) hacia la zona de ubicación de los micropilotes.
- El pozo PR3 presenta mayor longitud de techo en comparación con los demás pozos, la cual alcanza una altura de 2.59 metros desde donde finaliza el pozo hasta la superficie del TDD.

Referencias Bibliográficas

Valencia J, “Informe de inspección técnica de buceo No.019-DEBUSA/2021, - “Inspección con sonar de escaneo mecánico 3D de seis pozos Down Boring del pre – tapón 2 (3 pozos del bypass y 3 pozos de inserción de esferas), en el proyecto hidroeléctrico Ituango”, Departamento de Buceo y Salvamento, Cartagena Colombia, Julio 2021.

Procedimiento operaciones buceo industrial escaneo mecánico con sonar 3d pozos

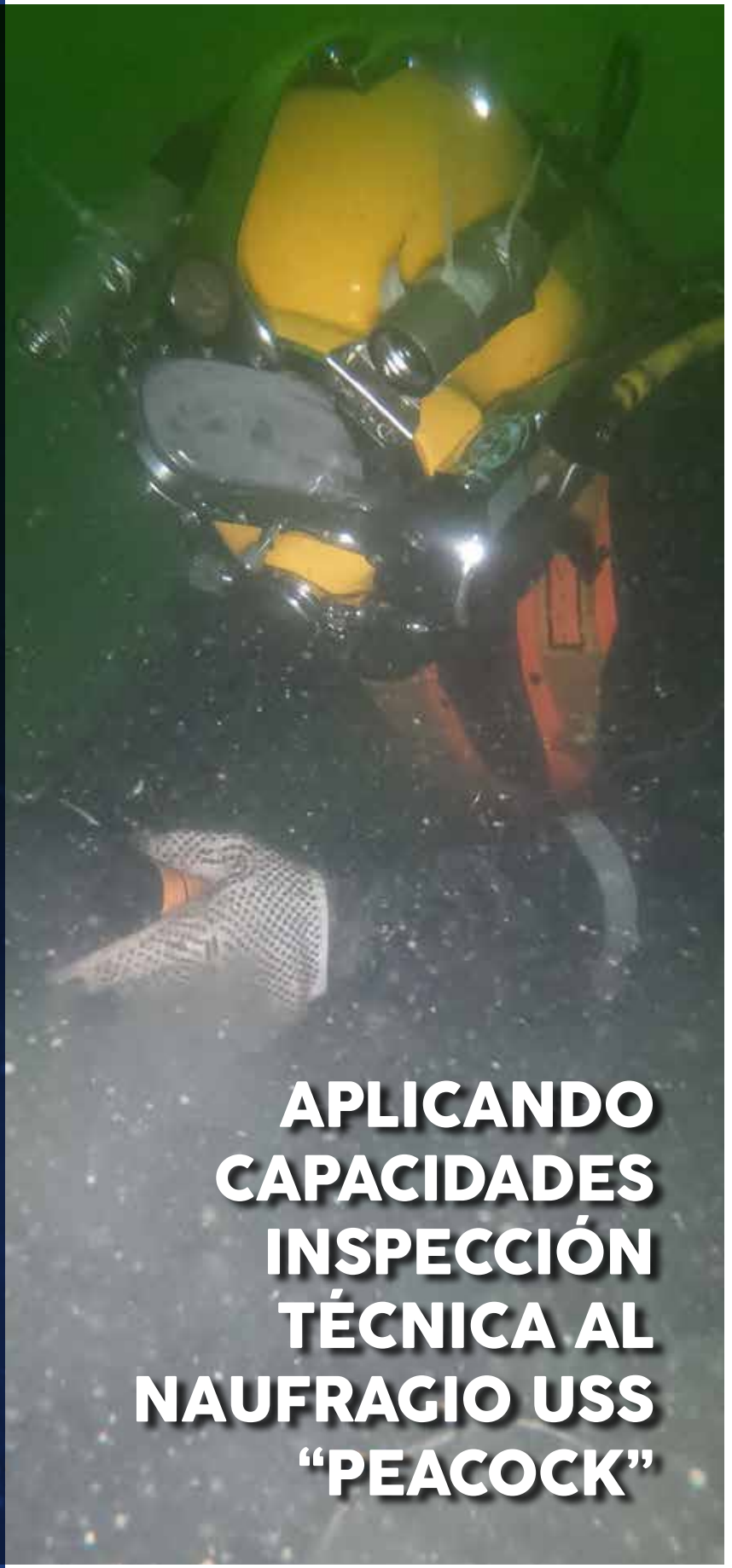
Down Boring - Hidroeléctrica Ituango, Departamento de Buceo y Salvamento, Cartagena Colombia, Junio 2021



Figura 25. Tender dando soporte al buzo que se encuentra bajo el agua.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia



Suboficial Jefe
Jhon Jairo Valencia Valencia
Supervisor De Buceo



APLICANDO CAPACIDADES INSPECCIÓN TÉCNICA AL NAUFRAGIO USS “PEACOCK”

Resumen

En este artículo se abarca la metodología y los resultados obtenidos de la aplicación de las diferentes capacidades del Departamento de Buceo y Salvamento, en la inspección técnica efectuada para evaluar la condición actual de la estructura del naufragio “USS PEACOCK”, con el fin de establecer las posibles líneas de acción necesarias para contener la fuga de combustible en el cuerpo de aguas de la bahía de Cartagena.

Astillero: Instalación o establecimiento donde se construyen y reparan barcos.

Buceo Circuito Abierto: Buceo técnico donde normalmente se respira una mezcla de gases (trimix normoxico), que permiten extender los límites de inmersión hasta los 60 metros.

Dragaminas: Barco cuya misión principal es la identificación y destrucción de minas marinas. Actualmente son de fibra no magnética. Surgieron durante la guerra ruso-japonesa en 1904 y alcanzaron su mayor auge en ambas guerras mundiales, especialmente en la guerra del Pacífico.

Eco Ultrasónico: Eco de pulso que introduce haces de ondas de sonido de alta frecuencia (generalmente entre 1 y 5 MHz) en un objeto de prueba. Los reflejos (ecos) se devuelven a un receptor que permite evaluar imperfecciones internas o de la pieza. Las pruebas ultrasónicas se utilizan como pruebas no destructivas.

Escaneo 3D: Actividad que permite recopilar datos necesarios para generar una imagen tridimensional de un objeto, entorno o cuerpo. Algunos de estos dispositivos recopilan datos sobre forma y color simultáneamente, lo que facilita obtener un registro detallado de la textura del objeto escaneado.

Abstract

This article covers the methodology and results obtained from the application of the different capacities of the Department of Diving and

Rescue, in the technical inspection carried out to evaluate the current condition of the structure of the shipwreck “USS PEACOCK”, in order to establish the possible lines of action necessary to contain the leakage of fuel in the body of waters of the bay of Cartagena.

Shipyard: Installation, establishment where boats are built and repaired.

Open Circuit Diving: Technical diving where you normally breathe a mixture of gases (normoxic trimix), which allows you to extend the immersion limits up to 60m.

Minesweeper: Ship whose main mission is the identification and destruction of sea mines. They are currently non-magnetic fiber, they were used from the Russian-Japanese war in 1904 and reached their peak in both world wars, especially in the Pacific war.

Ultrasonic Echo: Is a pulse echo, in which beams of high frequency sound waves (typically between 1 and 5 MHz) are introduced into a test object and the reflections (echoes) are returned to a receiver that allows internal or surface imperfections to be evaluated. the piece. Ultrasonic tests are used as non-destructive tests.

3D scanning: Activity that allows us to collect the necessary data to generate a three-dimensional image of an object, an environment or a body. Some of these devices simultaneously collect data on shape and color, which allows a record of the texture of the scanned object to be obtained.

USS Peacock

El USS Peacock (AM-46) fue un buque tipo dragaminas de la clase Lapwing, construido por la Marina de los Estados Unidos en el astillero State Island Shipbuilding Co. en Nueva York en el año 1918 y puesto en servicio en 1919. Posteriormente, después de dos años de servicio, fue convertido en un remolcador de salvamento (ver imagen No. 1) y se puso al servicio de la USSB (Junta de Envíos de Estados Unidos),



donde llevó a cabo varias actividades de carácter comercial. El 24 de agosto de 1940, el USS Peacock se hundió tras ser colisionado por el buque mercante de bandera noruega Hindanger, mientras transitaba por el canal de la Bahía de Cartagena.



Figura 1. Imagen barco dragaminas clase Lapwing serie (AM) modificado a buque de salvamento serie (ARS).
Fuente: <http://www.navsource.org/archives/11/110205301.jpg>

Según fichas técnicas de los barcos serie (AM) clase Lapwing, el USS PEACOCK posee las siguientes características:

Dato	Especificación
Longitud	56.9m
Manga	10.6m
Calado	2.43m
Propulsión	Motor de vapor alternativo de triple expansión X 2 calderas Babcock & Wilcox de 01 eje
Combustible	Fuel Oil 424 No. 6 – Bunker C
Año construcción	1918
Astillero	Staten Island Shipbuilding Co.

Tabla No. 1. Especificaciones técnicas USS PEACOCK.
Fuente: [https://dbpedia.org/page/USS_Peacock_\(AM-46\)](https://dbpedia.org/page/USS_Peacock_(AM-46))

Sitio del hundimiento

La Bahía de Cartagena se ubica en las costas del Caribe colombiano, entre los puntos geográficos $10^{\circ}16'N - 075^{\circ}36'W$ y $10^{\circ}26'N - 075^{\circ}30'W$. Orientada de norte a sur, esta bahía tiene una profundidad promedio de 16 metros y alcanza una máxima de 26 metros. Está separada del Mar Caribe por la península de Bocagrande y las islas de Tierra Bomba y Barú. La comunicación con el Mar Caribe se efectúa a través de los canales de Bocagrande al norte y Bocachica al sur (ver Figura. 2).

El naufragio del USS Peacock se encuentra a una profundidad de 21 metros en la posición geográfica Latitud $10^{\circ}23'21.0375''N$ – Longitud $075^{\circ}32'35.02''W$. Esta ubicación hace referencia a un punto dentro de la Bahía de Cartagena, en el sector de Cuatro Calles (ver Figura. 3), específicamente a 259 metros al frente del faro de Castillo Grande con una marcación de 150° y a 240 metros de la posición actual de la boya #33 con una marcación de 179° .



Figura 2. Bahía de Cartagena
Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Localizacion-de-la-Bahia-deCartagena-de-Indias-Imagen-multiespectral_fig1_31989



Figura 3. Ubicación general naufragio USS PEACOCK.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

Metodología

Para llevar a cabo la inspección técnica general del naufragio USS Peacock, se contempló la aplicación de tres capacidades tecnológicas disponibles en el Departamento de Buceo y Salvamento. El objetivo fue recopilar la mayor cantidad de información técnica posible para establecer las condiciones actuales del naufragio. Estas capacidades son:

- Modelado 3D con el sonar de escaneo mecánico BV5000.
- Verificación de láminas con el medidor de espesores CYGNUS 1, respaldado por buceo semiautónomo con mezcla de gases.
- Verificación visual de anomalías mediante buceo con mezcla de gases en circuito abierto.

Para alcanzar el objetivo propuesto, se planificó un período de trabajo de 15 días, sujeto a la disponibilidad operativa de los equipos.

Modelado 3D con el sonar de escaneo mecánico BV5000

Con el propósito de entender la disposición actual del USS Peacock en el lecho marino de la Bahía de Cartagena y poder caracterizarlo, se empleó el Sonar BV5000 S3 Serie de Teledyne (ver Figura. 4). Este equipo, un sonar de escaneo 3D, puede ser montado en un trípode, ROV o soporte. A través de la emisión de ondas acústicas, captura

una nube de puntos que genera imágenes de alta resolución de áreas, estructuras y objetos sumergidos. Esto facilita la caracterización de estructuras sumergidas y permite mediciones que ayudan a identificar los objetos detectados para su posterior análisis.

La cabeza del sonar requiere estar montada sobre un mecanismo de giro e inclinación mecánico para generar exploraciones sectoriales y datos de exploración esférica.



Figura 4. Sonar de escaneo mecánico para modelado 3D.
Fuente: Manual sonar 3D BV500.

Este sistema opera escaneando mecánicamente una delgada franja vertical del área seleccionada (ver Figura. 5). En cada dirección, se captura un perfil de la superficie, el cual se agrega a los otros perfiles de dirección para crear la nube de puntos en 3D.

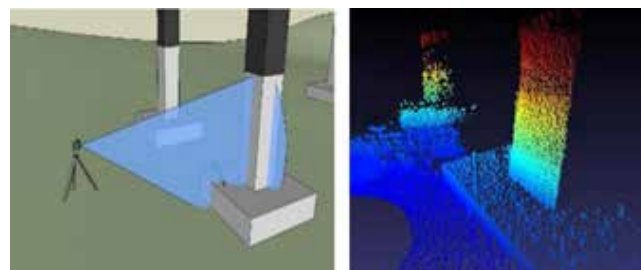


Figura 5. Creación de la nube de puntos 3D.
Fuente: Manual equipo sonar 3D BV500.

Para la aplicación de esta técnica, fue necesario referenciar en la superficie la ubicación del naufragio USS Peacock (ver Figura. 6), estableciendo una zona específica de trabajo para los escaneos. Se planificaron barridos



considerando el alcance mínimo del sonar. Para este propósito, se requirió el uso de una plataforma de trabajo (ver imagen No. 7) con la capacidad de suministrar energía eléctrica de manera continua para el funcionamiento del equipo. Además, se emplearon boyas de marcación y cabos de amarre para asegurar la plataforma de trabajo al naufragio desde la proa y la popa, con el objetivo de mantener la posición en el lugar y la referencia de la posición del naufragio.



Figura 6. Referencia visual naufragio USS PEACOCK.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.



Figura 7. Plataforma de trabajo para equipo Sonar 3D.
Fuente: <https://americamilitar.com/armada/131-buques-patrulleros-de-costa-de-la-arc-p9.html>.

Para llevar a cabo el levantamiento de información con el sonar de escaneo mecánico 3D, se planificó un tiempo de trabajo de 9 días. Este período incluyó 3 días de trabajo en campo para realizar el levantamiento de información con el sonar y 6 días destinados al procesamiento y evaluación de los datos obtenidos con esta capacidad técnica.

Verificación de láminas con el medidor de espesores CYGNUS 1

El medidor de espesores CYGNUS 1 (ver imagen No. 8), disponible en el Departamento de Buceo y Salvamento, es un equipo submarino que utiliza eco ultrasónico múltiple para medir con precisión el espesor del metal. Está diseñado para ser utilizado por buzos en tareas de estudio y mantenimiento submarino, y cuenta con una pantalla LED brillante que facilita la visualización de las mediciones en condiciones de poca visibilidad.

Antes de iniciar las mediciones, se somete el equipo a una verificación de calibración. Esto se realiza mediante la medición del espesor de una probeta escalonada con medidas específicas que varían entre 1 y 0.25 pulgadas. Esto permite verificar la precisión de las lecturas mostradas por el equipo en la pantalla LED.



Figura 8. Medidor de espesores Cygnus 1.
Fuente: www.amronintl.com/cyg-001-7133-cygnus-1-underwater-digital-thickness-gauge.html

Para el levantamiento de información con este equipo, fue necesario disponer de los planos de un barco dragaminas clase Lapwing serie (AM) modificado a buque de salvamento serie (ARS), del mismo tipo y clase correspondiente al USS Peacock. Se planificó un período de trabajo de 2

días, durante el cual se contempló el uso de la capacidad técnica de buceo semiautónomo con mezcla de gases (ver Figura. 9).



Figura 9. Inmersión con Gas respirable Nitrox 36 con equipo semiautónomo.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

Las lecturas realizadas con el medidor de espesores se llevaron a cabo en tiempo real, aprovechando la versatilidad que ofrecen las comunicaciones del equipo de buceo semiautónomo.

Para efectuar las mediciones del espesor de la lámina del naufragio de manera equidistante y referenciada, se empleó como herramienta una línea de vida con puntos de marcación cada 2 metros. Esta línea se ubicó en las bitas del naufragio, puntos identificables tanto en los planos del naufragio como en las imágenes del modelado 3D. Se extendió en dirección hacia la quilla para facilitar la referencia de la ubicación del buzo al momento de realizar y registrar las mediciones (ver imagen No. 10).



Figura 10. Uso de la línea de vida para medición de espesores.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

Aplicación del buceo con mezcla de gases en circuito abierto

El buceo con circuito abierto es una técnica que permite al buzo llevar consigo todo el gas respirable necesario para la inmersión. Esta técnica, común en el buceo técnico, se vuelve eficiente al utilizar una mezcla de gas respirable con más del 21% de oxígeno, lo que prolonga el tiempo de inmersión en función de la profundidad (ver imagen No. 11).

Esta técnica es fundamental para investigaciones científicas que incluyen mediciones visuales, recolección de datos, toma de muestras biológicas o físicas, inspecciones en profundidad, instalación de sensores y fotografía submarina.

Para aplicar esta técnica, se destinaron 2 días para inmersiones en campo. El objetivo fue realizar una inspección visual completa del naufragio para detectar y marcar áreas donde podrían existir puntos de fuga de hidrocarburos. Se emplearon equipos de filmación y fotografía submarina para registrar las anomalías detectadas y permitir un seguimiento en futuras inmersiones de verificación.



Figura 11. Inmersión con Gas respirable Nitrox 32 en circuito abierto.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.



Resultados por capacidad aplicada

La inspección técnica del naufragio del USS Peacock se llevó a cabo cumpliendo con los objetivos propuestos y manteniendo rigurosamente la seguridad del personal y de los equipos. Se siguieron las políticas de seguridad establecidas por el Departamento de Buceo y Salvamento, así como las directrices específicas para preservar la seguridad del medio ambiente y la integridad del naufragio.

Modelado 3D con el sonar de escaneo mecánico BV5000

La zona inspeccionada mediante la técnica de modelado 3D con el sonar de escaneo mecánico abarca una extensión de 80 metros de largo por 50 metros de ancho (ver imagen No. 12), cubriendo así un área de 4000 metros cuadrados en el lecho marino de la Bahía de Cartagena.

El modelado 3D revela la presencia de un artefacto naval tipo buque recostado sobre su costado de babor en el lecho marino, ligeramente inclinado, con su proa apuntando hacia tierra (sector de Castillogrande). Se pueden identificar distintas partes estructurales del buque, como la proa, la popa, las bitas de amarre, secciones de las cubiertas superiores, mástiles, el cabrestante de proa y las cadenas de las anclas. Sin embargo, se observa la ausencia de las anclas en sus gateras (ver imagen No. 13).

En la estructura del naufragio, específicamente en el sector de media cubierta hacia la popa, se identifica una grieta con una forma piramidal, con dimensiones de 4.18 metros de largo, 5.28 metros de altura y 3.56 metros de profundidad en la estructura. Esta grieta tiene su inicio a 27.32 metros de la proa y termina a 20.79 metros de la popa (ver imagen No. 14). Al verificar los planos iniciales de los buques tipo AM modificados para salvamento, se observa que esta grieta se localiza sobre la posición correspondiente a uno de los

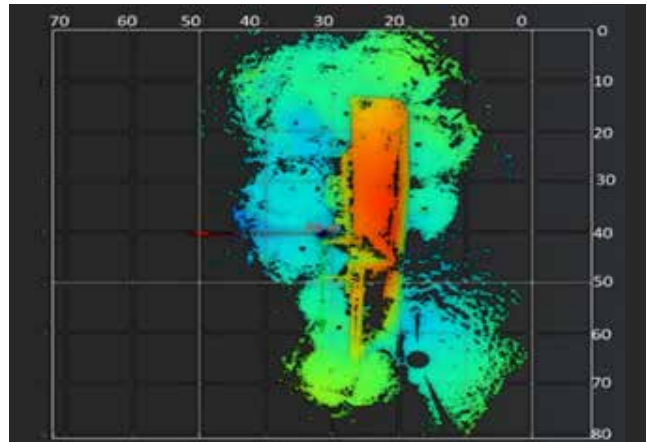


Figura 12. Área modelada con el sonar 3D.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

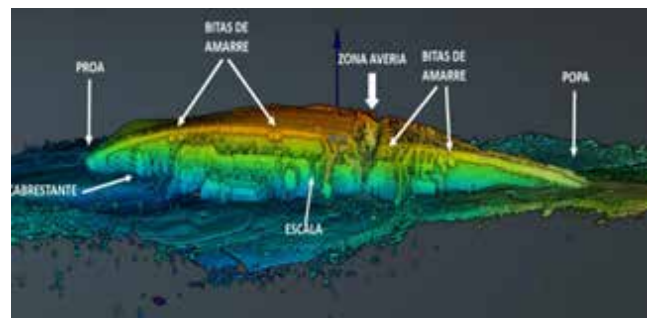


Figura 13. Modelo 3D naufragio USS PEACOCK.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

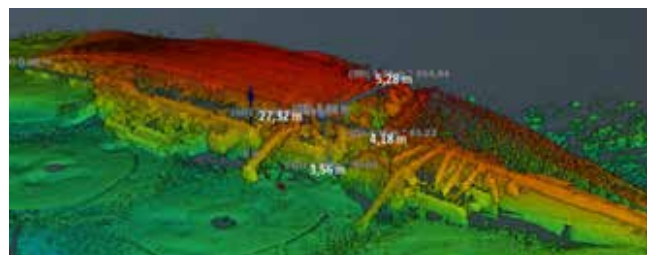


Figura 14. Dimensiones avería naufragio USS PEACOCK.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

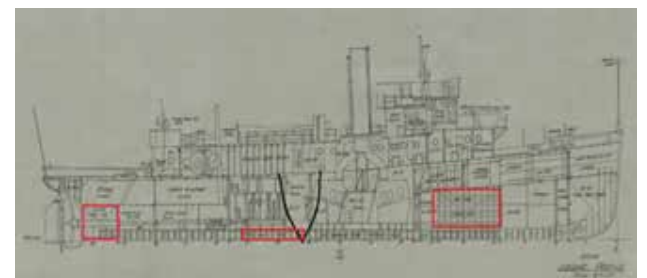


Figura 15. Zona ubicación tanques de combustible.
Fuente: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:USS_Kingfisher_\(AM-25\)-_Outboard_Profile,_Inboard_Profile_-_NARA_-_76033340.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:USS_Kingfisher_(AM-25)-_Outboard_Profile,_Inboard_Profile_-_NARA_-_76033340.jpg), modificado DEBUSA.

tanques de combustible del USS Peacock (ver imagen No. 15).

Verificación de láminas con el medidor de espesores CYGNUS 1.

Los datos obtenidos en las lecturas de las mediciones de espesores del casco del naufragio USS Peacock se presentan en la Figura. 16. Estos datos se encuentran representados en pulgadas y se relacionan de la siguiente manera:

- Se realizaron 23 lecturas de espesores equidistantes en áreas ubicadas por debajo de las bitas de amarre, agrupadas en 6 líneas de medición. Las mediciones mostraron variaciones entre 0.190 pulgadas (4.75 mm) y 0.475 pulgadas (12.065 mm).



Figura 16. Puntos con datos medición de espesores.
Fuente Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

- Se estableció una tabla comparativa (ver Tabla No. 2) para determinar el valor de desgaste de la lámina del naufragio. Se tomó como referencia el valor más alto de las lecturas obtenidas, que corresponde a 0.475 pulgadas (12.07 mm), ya que el valor original de la lámina utilizada en la construcción del USS Peacock es desconocido.
- Los promedios de desgaste por líneas de medición indican que las zonas con mayor desgaste corresponden a las líneas L2 y L3, con un desgaste promedio superior al

L1			L4		
DATO (in)	DATO (mm)	DESGASTE %	DATO (in)	DATO (mm)	DESGASTE %
0,190	4,83	60,0	0,295	7,49	37,9
0,310	7,87	34,7	0,410	10,41	13,7
0,330	8,38	30,5	0,355	9,02	25,3
0,375	9,53	21,1	0,375	9,53	21,1
L2			L5		
0,190	4,83	60,0	0,475	12,07	0,0
0,250	6,35	47,4	0,375	9,53	21,1
0,265	6,73	44,2	0,360	9,14	24,2
0,275	6,99	42,1	0,460	11,68	3,2
L3			L6		
0,210	5,33	55,8	0,325	8,26	31,6
0,250	6,35	47,4	0,325	8,26	31,6
0,265	6,73	44,2	0,305	7,75	35,8
0,275	6,99	42,1			

Tabla No. 2 Tabla comparativa datos medición de espesores.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

40%. La zona correspondiente a L1 tiene un desgaste promedio del 36%, mientras que las líneas L6, L4 y L5 muestran promedios de desgaste más bajos, del 32%, 24% y 12%, respectivamente.

- El promedio general de desgaste de las zonas evaluadas es del 33.6%, basado en la medida utilizada como referencia. El desgaste más alto detectado fue del 60%, localizado en las primeras lecturas de las líneas de medición L1 y L2, mientras que el desgaste más bajo registrado fue del 3.2%.

Aplicación del Buceo con Mezcla de Gases en Circuito Abierto

La inspección visual del casco del buque reveló algunas erupciones de corrosión en la lámina, específicamente en la obra viva, iniciando desde las quillas de balance en dirección hacia la proa. Estas erupciones se identificaron sin presencia de filtraciones de combustible (ver Figura. 17).

Además, el relieve del lecho marino en este sector se caracteriza por un fondo fangoso generado por la decantación de material fino proveniente de las aguas del canal del dique, lo que resulta en alta turbidez, dificultando las labores de observación y toma de datos durante las inspecciones.



En este sector, el relieve del lecho marino se distingue principalmente por un fondo fangoso generado por la decantación de material fino o partículas ligeras de tierra provenientes de las aguas que fluyen desde la desembocadura del canal del dique. Esta condición resulta en una alta turbidez en el área donde yace el naufragio, lo que dificulta las labores de observación y ralentiza la toma de datos. De las inspecciones realizadas utilizando esta capacidad técnica, se obtuvieron los siguientes resultados:

- e. Durante la inspección visual del casco del buque (específicamente en la obra viva, comenzando desde las quillas de balance y desplazándose desde el área de la grieta hacia la proa), se detectaron algunas erupciones de corrosión en la lámina sin evidencia de filtraciones de combustible (ver Figura. 17).

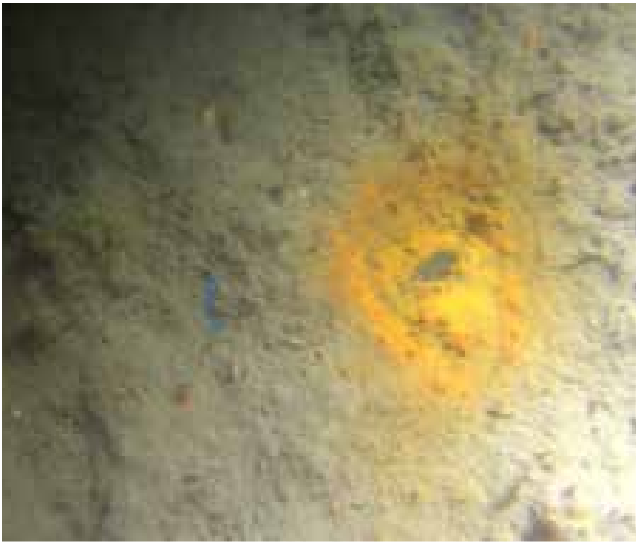


Figura 17. Anomalía corrosión sobre el casco del naufragio USS PEACOCK.

Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

- f. Se llevó a cabo la verificación del sector donde están situadas las rejillas de succión, las cuales se encuentran debajo de la quilla de balance. Durante esta inspección, no se detectaron fugas de remanente de combustible (ver Figura. 18).



Figura 18. Rejilla caja de mar sector quilla de balance.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

- g. Se verificó el área de la avería ubicada a la altura de media cubierta hacia la popa, a una profundidad de 15 metros. En esta zona, se observó un apuntalamiento, probablemente utilizado como control de averías, en una tubería de aproximadamente 1 pulgada que se extiende desde la popa del naufragio. Además, a una distancia de aproximadamente 25 centímetros desde ese punto hacia popa, se encontró otro apuntalamiento de menor tamaño. Sin embargo, ninguno de estos puntos mostró señales de filtración de combustible (ver Figura. 19).



Figura 19 Apuntalamiento en caco del naufragio USS PEACOCK.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

h. Se verificó la zona de avería ubicada a la altura de la media cubierta en dirección a la proa, adentrándose entre 2 a 3 metros hacia la quilla del naufragio. Durante la inspección, se identificó una burbuja de combustible alojada en la parte interna del casco (ver imagen No. 20), con dimensiones promedio de 2 metros cuadrados (ver imagen No. 21). Asimismo, al verificar la parte superior o externa del casco del naufragio, se encontraron piteras dispersas, algunas de las cuales estaban tapadas con tapones de madera utilizados como control de averías. Se observó que el combustible encapsulado en la parte interna de la avería se filtraba a través de estas piteras (ver Figura. 22).

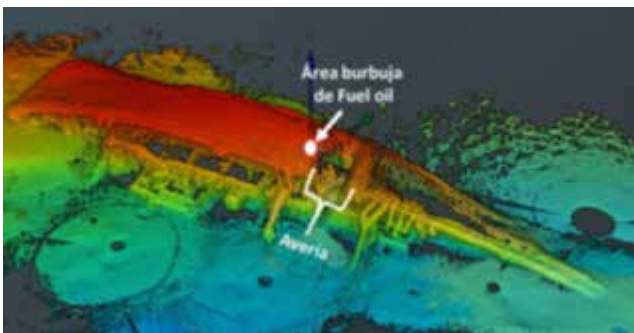


Figura. 20 Área burbuja de combustible en el naufragio USS PEACOCK.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.



Figura 21. Anomalía corrosión y rejilla sector quilla de balance.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.



Figura. Imagen No. 22. Filtración de combustible.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

i. Se llevó a cabo una inspección de la parte interna de la borda del naufragio en dirección hacia la proa, comenzando desde la zona de la avería, con el objetivo de evaluar la acumulación de combustible en el interior del casco (ver imagen No. 23). Durante esta inspección, se detectó que la burbuja de combustible alojada en el interior de la avería se extendía sobre la parte interna de la borda en dirección hacia la proa, alcanzando una distancia de aproximadamente 3 metros antes de la bita de proa (ver imagen No. 24).

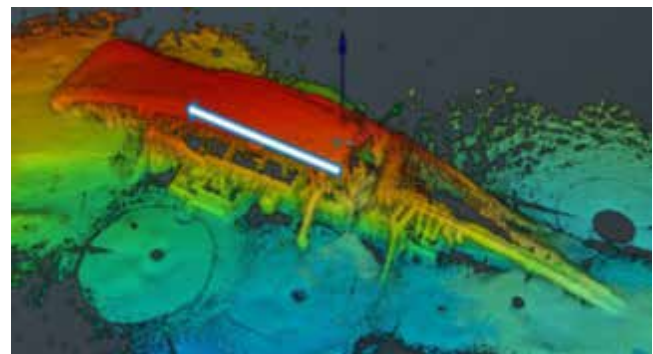


Figura 23. Zona acumulación de combustible.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.



Figura 26. Acumulación de combustible en la borda del naufragio USS PEACOCK.
Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia.

Conclusiones

- Se realizó la caracterización del ex USS “PEACOCK”, estableciendo sus dimensiones y puntos de referencia para comprender y orientar los planos en relación con la situación actual del naufragio.
- Se identificaron dos acumulaciones de combustible en el interior del pecio: una cerca de la avería en la parte interna del casco y otra a lo largo de la borda, extendiéndose desde la avería hacia la proa del naufragio.
- No se pudo determinar la fuente ni la cantidad de combustible acumulado en el naufragio.
- Los trabajos de control de averías realizados previamente por el Departamento de Buceo y Salvamento para contener la filtración de combustible en algunos sectores del naufragio siguen siendo funcionales.
- La lámina del casco del naufragio muestra un desgaste significativo; en las áreas más desgastadas, se observaron piteras en la lámina.
- En comparación con las dimensiones originales de la embarcación, se evidenció que el ex USS “PEACOCK” presenta sedimentación que oculta parte de su estructura.
- Según el trabajo de grado titulado “Estado actual del naufragio EX USS PEACOCK

en el sector de cuatro calles para localizar fugas de hidrocarburo que emerge a la bahía de Cartagena a través de inspecciones con equipo de registro subacuático” y pruebas realizadas por sus autores, se confirma que el combustible existente a bordo del ex USS “PEACOCK” corresponde a FUEL OIL 424 – BUNKER C.

Referencias Bibliográficas

- [1] Valencia J, “Informe de inspección técnica de buceo No.026-DEBUSA/2021, - Inspección General a la estructura del naufragio “USS PEACOCK”, Departamento de Buceo y Salvamento, Cartagena Colombia, Sept 2021.
- [2] 3D Mechanical Scanning Sonar, Teledyne Blueview., Operator Manual., Seattle, Wa USA, 2013.
- [3] SMP, “CygnusInstrumentsCygnus1Medidor De Espesor Digital Submarino” [online]. Reino Unido: SMP Ltd 2021. Disponible en: <https://www.smp-ltd.com/shop/cygnus-instruments-cygnus-1-underwater-digital-thickness-gauge/#:~:text=The%20Cygnus%201%20is%20a%20hand%20held%20underwater,on%20rough%20corroded%20surfaces%20with%20minimal%20surface%20preparation>.
- [4] DBpedia, “USS PEACOCK (AM-46)” [online]. Consultado en: [https://dbpedia.org/page/USS_Peacock_\(AM-46\)](https://dbpedia.org/page/USS_Peacock_(AM-46)).



Suboficial Primero
Jesús Elías Romero Iglesias
Tecnico en Buceo



**REGRESANDO A
LAS AGUAS DEL
RIO CAUCA**



El Departamento de Buceo y Salvamento fue seleccionado nuevamente para participar en una serie de tareas cruciales para el funcionamiento de la Central Hidroeléctrica Ituango. Esto se debió a la preparación de sus equipos y al profesionalismo demostrado por su personal en trabajos anteriores en este proyecto vital para la estabilidad energética del país. En esta ocasión, se desplegaron 7 buzos, incluyendo aquellos con experiencia previa en el complejo y otros que obtendrían su primera experiencia en las turbulentas aguas de este caudaloso río, fuente de la energía necesaria para el suministro eléctrico del país. Se empleó la modalidad de buceo con suministro de aire desde la superficie para retirar los STOP LOGS del Jarillón de las descargas 1 y 2 en el proyecto hidroeléctrico Ituango, ubicado en el departamento de Antioquia, Colombia, específicamente en el “Cañón del Cauca”, en las coordenadas 07° 08' 05" N - 075° 39' 46" W, a 8 km aguas abajo del puente de Pescadero, en la vía Medellín-Ituango, en la desembocadura del río Ituango en el río Cauca.



Figura 1. Proyecto Hidroeléctrico Ituango.

Fuente: Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia

Tras el traslado desde Cartagena por vía aérea y terrestre desde el Aeropuerto José María Córdova, el personal llegó nuevamente a las instalaciones del complejo CCC Ituango. Después de un día de trámites administrativos, se llevó a cabo

una reunión con representantes de EPM y del Consorcio CCC Ituango para revisar el contenido del contrato y el procedimiento operativo para la intervención. Durante esta reunión, se delinearon las condiciones del sitio de trabajo: 13 STOP LOGS, secciones de las compuertas del proyecto. Antes de iniciar los trabajos, el equipo de buceo compartió el plan de emergencia del Departamento de Buceo y Salvamento.

Una vez finalizadas las reuniones de inicio de contrato, los buzos verificaron los equipos entregados por la compañía transportista, bajo la supervisión del personal de SST CCC Ituango. Tras esta verificación, se procedió al montaje de la estación de suministro de aire desde la superficie en la plataforma de trabajo. Durante la reunión de apertura, se solicitó un contenedor para resguardar los equipos de buceo adicionales en caso de necesidad.

El área de reunión designada para coordinar las labores diarias se ubicó en la cota 223, con equipos de izado en la plazoleta superior (cota 250). Para acceder a las descargas 1 y 2, el equipo de buceo fue izado en una canasta hasta la superficie del agua para realizar las inspecciones. Antes de iniciar cualquier tarea, los buzos inspeccionaron el lugar de trabajo para establecer la ruta a seguir. Esta inspección inicial reveló material rocoso fino, sacos de arena, lonas protectoras y fango sobre los STOP LOGS, en contraste con lo planteado en la reunión de inicio del contrato. Tras reportar estas discrepancias, se decidió un nuevo enfoque, que implicaría más tiempo y el uso de maquinaria hidráulica, herramientas neumáticas, remoción manual y limpieza con agua a presión para despejar los puntos de izaje y guías de tránsito de cada STOP LOG.

El retiro de los STOP LOGS en las descargas 1 y 2 del proyecto hidroeléctrico Ituango implicó actividades alineadas con las indicaciones del cliente (funcionarios de EPM), priorizando la limpieza y eliminación del material. Se llevaron a cabo múltiples inmersiones, empleando

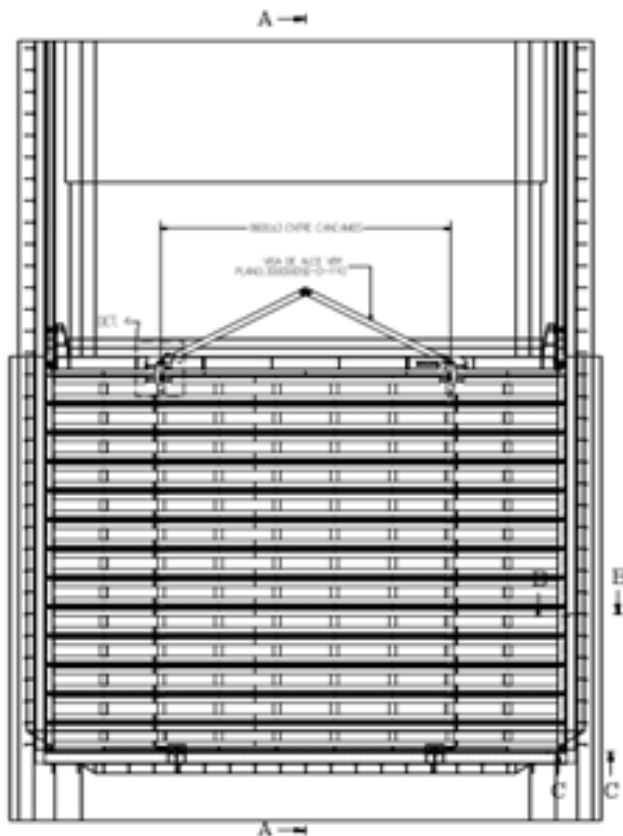


Figura 2. Proyecto Hidroeléctrico Ituango, área de descargas 1 y 2.
Fuente. Google Earth.

una retroexcavadora y una almeja hidráulica. Los trabajos se dividieron en dos turnos: uno nocturno (descarga 1) y otro diurno (descarga 2) por parte del personal de EPM. Tras el dragado, se eliminaron alrededor de 14 toneladas de material, mayormente arenoso, restos de sacos, piedras y lonas. Este exceso de peso obstaculizó los intentos de izado de las estructuras, limitando la eficacia de la grúa empleada por EPM y requiriendo la intervención del personal, prolongando así los tiempos de trabajo establecidos en el contrato.

Después de remover el material con equipos mecánicos, se llevó a cabo una limpieza adicional con agua a presión para eliminar residuos más pequeños y el fango acumulado en las divisiones internas de las estructuras. Con la primera sección despejada por el equipo de buzos, se procedió a instalar el sistema de izado para iniciar la extracción de las secciones restantes.

El éxito del primer izado marcó un hito para el equipo de trabajo, confirmando la posibilidad de cumplir con los objetivos del contrato.

La inspección de la segunda sección reveló la necesidad de repetir trabajos de limpieza debido a la cantidad de material almacenado. Tras repetir las tareas de limpieza y ante el aumento del nivel del río, el riesgo para el personal de buceo debido a las operaciones con equipos hidráulicos, neumáticos y mecánicos, se mantuvo vigilado y controlado según los términos del contrato. Se logró retirar exitosamente un total de 13 STOP LOGS de las compuertas de descarga durante 14 días de intervención, a partir de la firma del “acta de inicio”. Se cumplieron así las metas del contrato, extrayendo 6 STOP LOGS de la descarga No.1 y 7 STOP LOGS de la descarga No. 2. Este logro reafirma el profesionalismo de los buzos y destaca el trabajo del Departamento de Buceo y Salvamento de la Armada de Colombia en este proyecto de importancia nacional.

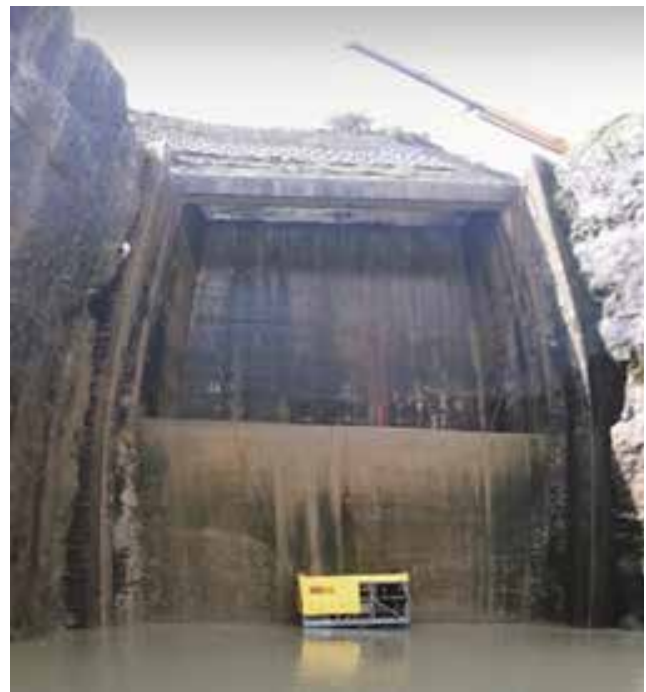


Figura 3.
Fuente. Departamento de Buceo y Salvamento Armada de Colombia



Suboficial Primero
Samuel Enrique Arévalo Brito
Instructor de Buceo

*La nueva expectativa para
el fortalecimiento de las
capacidades del Comando
de Buceo de la Armada de
Colombia.
¿A qué se enfrentarán los
candidatos?*



LA EXPERIENCIA DEL CURSO BASIC ENGINEER DIVER (BED)

La expectativa de fortalecimiento de las capacidades del Comando de Alistamiento de Buceo de la Armada de Colombia abre una nueva perspectiva para los candidatos. Desde el 12 de abril de 2022, el Comando participó por primera vez en la historia en el curso Basic Engineer Diver (BED) de la marina de Estados Unidos, un programa dividido en tres fases que se ejecutaron con resultados destacados. Este escrito busca contextualizar el desarrollo de este entrenamiento y ofrecer detalles y experiencias relevantes de cada fase.

La primera etapa, llevada a cabo del 12 de abril al 17 de junio de 2022, comprendió la capacitación en inglés técnico especializado para buceo en el Defense Language Institute English Language Center (DLIELC), conocido como DLI, situado en la Base de la Fuerza Aérea de Lackland en San Antonio, Texas. Este período se enfoca en el desarrollo de competencias comunicativas específicas necesarias para el entrenamiento futuro, denominado “FOT” o Follow On Training. Es una fase obligatoria para los candidatos cuyo idioma nativo no es el inglés, independientemente de su dominio previo del idioma o su experiencia en el DLI, cumpliendo con las políticas del Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD).

Durante las nueve semanas, el programa se divide en módulos semanales (algunos de dos semanas) y las clases se realizan de lunes a jueves de 07:30 a 14:30, con descansos de 10 minutos cada 45 minutos y un receso para almuerzo de 20 minutos a media mañana. El horario de almuerzo está dividido en dos zonas, “E” y “F”, con distintos intervalos de 11:30 a 12:30 y 12:30 a 13:30 respectivamente. Los viernes, la jornada concluye a las 12:30, sin intervalos de almuerzo por zonas. La puntualidad es estricta, penalizándose la tardanza con puntos restados al puntaje final del estudiante, y registrándose cualquier eventualidad en su expediente, pudiendo acarrear acciones disciplinarias administrativas o comunicación

con las autoridades correspondientes en el país de origen.

En el contexto del inglés especializado para buceo, los módulos y actividades que se abordan incluyen: English Comprehension Level (ECL), un examen de confirmación de nivel de inglés distinto al presentado en Bogotá; módulos de seguridad industrial, cultura norteamericana, ambientes de entrenamiento militar, competencias comunicativas, lectura de manuales técnicos, buques navales, inglés para carreras técnicas y transición para el entrenamiento (FOT). La evaluación del desempeño se realiza semanalmente, con exámenes virtuales al final de cada módulo, siendo necesario alcanzar una puntuación mínima de 70/100 para obtener el certificado requerido por las escuelas de entrenamiento. Para temas críticos que involucran seguridad, el puntaje mínimo es de 80/100 y no alcanzarlo implica el retorno del estudiante a su país de origen.

El DLI prioriza la competencia comunicativa para garantizar la seguridad en las prácticas, no premiando el desempeño sobresaliente sino valorando el esfuerzo individual mediante diversas herramientas de evaluación.

El DLI es un entorno culturalmente diverso donde se forjan amistades y compañerismo entre militares de distintas nacionalidades. Es un lugar para compartir experiencias y conocer diferentes perspectivas, desafiando los conocimientos geográficos y nutriéndose de datos sobre demografía y costumbres a través de interacciones cotidianas. Además, ofrece excursiones gratuitas a museos y sitios turísticos, enriqueciendo no solo las habilidades lingüísticas, sino también la inmersión en la cultura local. Esta fase concluyó con la graduación el 16 de junio, dando paso a la siguiente etapa del entrenamiento.

La segunda fase consistió en el “Diving Prepcourse”, un programa de preparación física



para el buceo que se llevó a cabo durante seis semanas a partir del 17 de junio en Pensacola, Florida. Esta etapa, conocida por su ubicación en la Naval Air Station (NAS), se centró en el acondicionamiento físico bajo la guía de MR. Randy y MR. Stan, dos exigentes veteranos Navy SEALs. La rutina diaria, de lunes a jueves, incluía entrenamiento intensivo de natación, ejercicios en piscina y rendimiento físico hasta las 14:30, con pruebas físicas cada viernes. La disciplina y el cuidado físico eran primordiales, ya que cualquier ausencia prolongada o desempeño insatisfactorio en las pruebas llevaban al retorno anticipado del candidato a su país de origen.

Durante la preparación física, se realizaban entre 12 y 15 millas de carrera semanalmente, acompañadas de ejercicios como flexiones, abdominales, barras y otros, desafiando a cada estudiante a superar sus límites. El uso de lastre en la natación se convirtió en una estrategia para mejorar los tiempos en las pruebas. La hidratación y la suplementación con aminoácidos eran cruciales para prevenir lesiones y facilitar la recuperación muscular.

Las pruebas físicas semanales, que incluían natación, ejercicios estáticos, carrera y más, se llevaban a cabo los viernes a partir de las 06:30. La particularidad de estas pruebas radicaba en que el fallo en un solo ejercicio significaba la calificación como insatisfactoria, marcando un desafío riguroso y exigente. Esta fase culminó el 4 de agosto de 2022 con un rendimiento sobresaliente, ofreciendo experiencias y aprendizajes valiosos aplicables a la preparación física y adaptación al agua, no solo para los estudiantes de la Escuela de Buceo de la Armada de Colombia, sino también para las Escuelas de Formación.

La tercera fase de mi entrenamiento inició el 5 de agosto en la Naval Diving and Salvage Training Center (NDSTC), conocida como la Escuela de Buceo de la US Navy, en Panama City Beach, Florida. Esta etapa llevaba consigo expectativas,

sentimientos encontrados y una enorme motivación, acompañada por la conciencia de la gran responsabilidad de fortalecer las capacidades del buceo en la marina colombiana. Ser el primer buzo comisionado de la Armada de Colombia en esta escuela representa el compromiso de abrir puertas para futuros comisionados y no menos importante, mostrar al mundo las capacidades de los buzos de la Armada de Colombia.

El propósito de este entrenamiento era formar como buzos al personal del cuerpo de SeaBees de la marina y de los batallones de construcciones del Ejército de los Estados Unidos, similares al cuerpo de ingenieros del Ejército de Colombia.



Figura 1. Ejercicios con Suministro desde Superficie.
Fuente: Marina de los Estados Unidos

Mis compañeros provenían de diversos campos especializados como maquinaria pesada, carpintería, construcción y metalistería, destinados a los Underwater Constructions Teams (UCT) en diferentes ubicaciones de la costa este, la costa oeste y Hawái.

El régimen interno comenzaba a las 05:30 con la reunión del curso frente al comedor para el desayuno. Aproximadamente a las 08:00, las clases daban inicio después de la revista de uniforme en marinera. Las primeras 12 semanas fueron sumamente exigentes, probando la voluntad, la determinación y la fortaleza mental de cada estudiante. Las clases se impartían hasta las 12:30, con un receso de una hora para el almuerzo y luego continuaban hasta las 14:30. La tarde se dedicaba a la adaptación al agua con sesiones intensas en piscinas, desafiando incluso a los mejores nadadores.

El curso se dividió en tres fases: introducción, adaptación al agua y SCUBA; descompresión y buceo con suministro desde superficie (SSD) y herramientas hidráulicas; soldadura, salidas al mar para escenarios de SSD y concreto. Durante la primera fase, seis de los doce alumnos fueron retirados, cuatro por lesiones y dos por abandonar una sesión de entrenamiento.

Los viernes eran particularmente difíciles debido a la rutina de ejercicios multifuncionales en un lugar conocido como “Thor’s Playground” (el parquecito de Thor), un área especial de entrenamiento. La jornada concluía con adaptación al agua, una sesión que todos temían pero que representaba una motivación personal para mí, ya que mi rol como instructor de la Escuela de Buceo me aguardaba.

Durante esta travesía, la práctica superó la teoría, y descubrí lo valioso que es aprender mediante la experiencia práctica. Fue en la aplicación de procedimientos, planeación académica y adaptación continua donde construimos competencias de calidad. Cada fase fue un reto

que nos enseñó mucho sobre nuestras fortalezas y debilidades, destacó la pasión y la voluntad inquebrantable que tenemos como buzos de la Armada de Colombia.

En la segunda fase, lamentablemente, otro compañero tuvo que retirarse debido a una lesión durante una prueba de natación. Esta etapa nos adentró en procedimientos nuevos, como el buceo con suministro desde superficie (SSD), permitiéndonos comprender los métodos y prácticas utilizados en la marina estadounidense. Fue un periodo de aprendizaje continuo, siempre evaluando y comparando nuestras habilidades con las de nuestros colegas estadounidenses, con gran satisfacción al constatar la fortaleza y capacidad de nuestros buzos.

La tercera fase, la más esperada, abordó las construcciones, desde soldadura hasta manipulación de explosivos. Esta fase nos permitió entender la experiencia y los estándares de seguridad de la marina estadounidense, integrándolos a nuestros procedimientos y doctrina para fortalecer nuestras capacidades y evitar posibles emergencias.

El proceso culminó con la graduación el 7 de febrero de 2023, con excelentes resultados y lo más valioso: la amistad y el aprendizaje obtenido. Agradezco a todas las personas que me brindaron apoyo incondicional, especialmente a Dios, al personal del Comando de Alistamiento de Buceo de la Armada de Colombia en Bogotá, a mis amigos alrededor del mundo y a mi familia, cuyo sacrificio y apoyo han sido fundamentales en cada logro alcanzado.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a:

Arnis Jagza de la Fuerza Aérea de Letonia
 Profesora Cetina Bushati
 Familia Cortez: Manny, Zuzzy y Emma
 Elkin Alexander, Toño Guzman, la familia San Andrés Hernández, el Team ROV



Jhon Valencia, Jairo Franco, Jorge Chaparro, Sebastián Ortega, John Pachón, Fernando Cadena, Daniel Villamizar, Cristian Ortiz
Comandantes: TN Fernando de la Rosa, TN Kathy López, CF Juan Clavijo A cada uno de ustedes, gracias por estar presentes en este proceso, por su apoyo constante y por recordarme que “A UN BUZO NO SE LE DEJA SOLO”. Y sobre todo, a mi familia, cuyo amor y sacrificio han sido mi mayor inspiración.

Larga vida a los Buzos de la Armada Colombiana.
“Pasión por la profesión”.

Referencias Bibliográficas

Naval Diving and Salvage Training Center
<https://www.netc.navy.mil/NDSTC/>



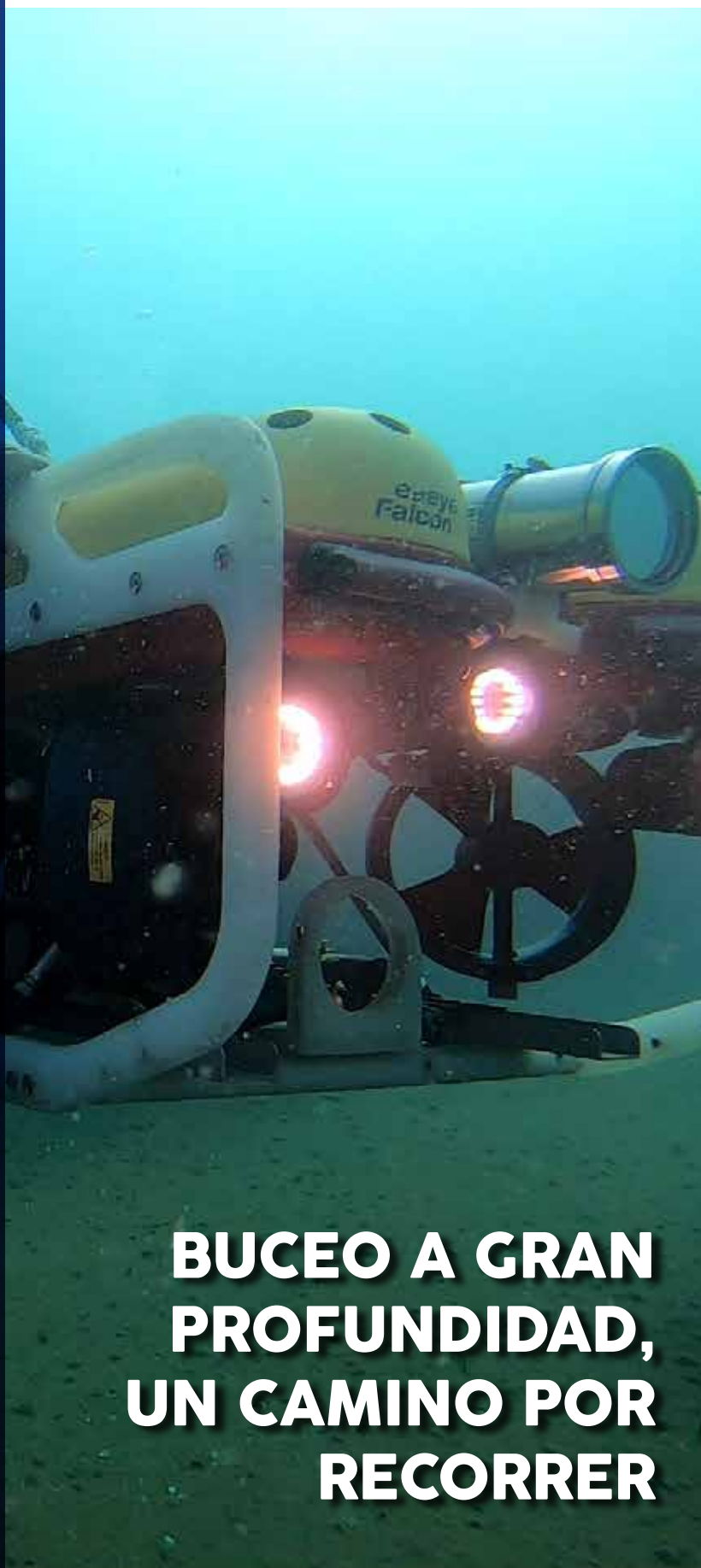
*Figura 2. Buzo ingresando al agua, Buceo con suministro desde superficie.
Fuente: Armada de Colombia*



Teniente de Navío
Juan David González Cárdenas
Jefe de la Oficina de Planeación
del Comando de Alistamiento de
Buceo



Suboficial Segundo
José Yair Santana Torres
Buzo técnico e Instructor de
Buceo Escuela de Buceo Armada
de Colombia



BUCEO A GRAN PROFUNDIDAD, UN CAMINO POR RECORRER



En los insondables abismos del océano, donde la luz del sol apenas penetra y la presión es abrumadora, el buceo de gran profundidad representa un desafío y una oportunidad para los intrépidos exploradores subacuáticos. A medida que los límites de la tecnología y el conocimiento humano se expanden, el buceo en profundidades extremas se ha vuelto no solo posible, sino también fascinante.

En esta aventura subacuática, el uso de mezclas de gases como el HELIOX, junto con las lecciones aprendidas en la Armada de Colombia, se convierte en la clave para abrir las puertas a un mundo inexplorado y desbloquear nuevas posibilidades para la proyección del buceo en la Institución.

HELIOX: Más Allá del Aire y el EANX

A medida que los buzos descienden a profundidades extremas, se enfrentan a nuevos desafíos, como la narcosis por nitrógeno y la intoxicación por oxígeno debido a las presiones parciales. Para superar estos obstáculos, los expertos han desarrollado mezclas de gases especiales, entre las que destaca el HELIOX, una combinación de helio y oxígeno que, a diferencia del aire o el EANX (mezcla de nitrógeno con

oxígeno), ofrece ventajas cruciales para los buzos de gran profundidad.

El HELIOX se utiliza para reducir el contenido de nitrógeno en la mezcla respiratoria, mitigando así los efectos de la narcosis por nitrógeno, una condición similar a la embriaguez por intoxicación etílica, la cual puede afectar el juicio y la toma de decisiones a profundidades significativas. Al reemplazar el nitrógeno con helio, los buzos pueden disfrutar de una lucidez mental, esencial para las operaciones de buceo de gran profundidad. Aunque esta mezcla nos aleja de uno de los enemigos potenciales del buceador, como lo es la narcosis, nos acerca a un enemigo silencioso pero mortal llamado intoxicación por oxígeno del sistema nervioso central. Por tanto, es fundamental desarrollar habilidades como mezclador de gases y supervisor de buceo para comprender y programar los porcentajes adecuados de la mezcla, evitando representar un peligro para el buceador. Solo así se logrará que, con el uso del HELIOX, los buzos exploren profundidades antes inalcanzables, desbloqueando capacidades diferenciales y posibilidades antes inexistentes.

Optimización y Proyección del Buceo Institucional

En cuanto a la optimización y proyección del buceo institucional, la Armada de Colombia ha enfrentado desafíos similares al explorar las profundidades del océano en sus operaciones de buceo. Para mejorar sus capacidades y proyectar el buceo de manera efectiva, han implementado soluciones innovadoras y estratégicas. Estas lecciones son aplicables al buceo de gran profundidad en todo el mundo.

Una estrategia clave ha sido el fortalecimiento de las capacidades a nivel nacional mediante la creación de Grupos de Buceo, conformados por buzos especializados y altamente capacitados para utilizar tecnología avanzada. Esto ha permitido



Figura 1.
Fuente: Armada de España

a la Armada de Colombia realizar operaciones a profundidades antes inalcanzables, mejorando significativamente la seguridad de los buzos y permitiéndoles enfrentar desafíos complejos con confianza y habilidad.

Además, la rotación del personal entre diferentes operaciones y actividades de buceo ha sido esencial para mejorar la seguridad y la experiencia de los buzos. Esta rotación no solo reduce el riesgo de accidentes, sino que también proporciona una variedad de experiencias que enriquecen la formación y habilidades del personal.



Figura 2.
Fuente: Armada de España

La consolidación de la capacidad subacuática en regiones previamente inexploradas también ha sido un enfoque clave para la Armada de Colombia. La creación de Grupos de Buceo en la Amazonía y la Orinoquía proyecta nuevas oportunidades para la exploración submarina

en áreas de gran biodiversidad y relevancia ecológica. Estas expansiones no solo contribuyen al conocimiento científico, sino que también enriquecen la experiencia de los buzos al exponerlos a entornos únicos y desafiantes.

Desarrollo de Herramientas Innovadoras para el Buceo de Profundidad

Durante más de 40 años, la Escuela de Buceo de la Armada de Colombia ha sido reconocida como un referente en la formación y entrenamiento de hombres y mujeres para operaciones de buceo a nivel nacional. Estos profesionales han llevado a cabo una amplia gama de operaciones, desde rescates de embarcaciones hasta mantenimiento en plataformas petroleras, inspecciones de casas clasificadoras, y diversas actividades derivadas de la formación en la Escuela de Buceo.

El compromiso con la mejora continua y el deseo de mantenerse al nivel del buceo a nivel mundial impulsó a la Escuela de Buceo y al Departamento de Buceo de la Armada de Colombia a buscar nuevas herramientas y métodos para ampliar los límites temporales y de profundidad en las operaciones. En mayo de 2020, el Departamento de Buceo y Salvamento adquirió una herramienta que cumple con los estándares internacionales de buceo industrial, conocida como “Diver Control Room”, un cuarto de control de buceo contenerizado que mejora las capacidades del buceo con Suministro Desde Superficie (SDS). Este contenedor, equipado con tecnología avanzada, está diseñado para aumentar la seguridad del buzo y permitir un monitoreo detallado y un control preciso de la cantidad y calidad del gas respirado.

La implementación de esta herramienta conllevó nuevos desafíos y riesgos para el personal de buzos y operadores, inherentes a la actividad. Surgieron términos técnicos como mezcla ideal, mezcla de fondo, mezcla de viaje, máxima



profundidad operativa, contradifusión isobárica, entre otros, que, aunque familiares en el buceo autónomo, se mostraban algo distantes durante las inmersiones con suministro de aire desde la superficie.

El cuarto de control de buceo se volvió esencial para llevar a cabo operaciones en profundidades significativas, proporcionando una mayor seguridad y control para los buzos. No obstante, también presentó desafíos adicionales que exigieron una comprensión más profunda de los principios físicos y fisiológicos del buceo, incluido el manejo preciso de las propiedades de los gases y sus efectos en el cuerpo. Este aspecto se convirtió en un área de estudio intensivo para garantizar la seguridad y eficacia de las operaciones.



*Figura 3. Buzos realizando caminata submarina
Fuente: Armada Española*

El HELIOX en la Superación de Desafíos

En este contexto, el HELIOX surgió como una solución fundamental para enfrentar los retos planteados por las nuevas tecnologías de buceo. Al emplear el HELIOX como mezcla de gases en las operaciones con cuarto de control de buceo, los buceadores podían respirar una combinación precisa de helio y oxígeno adaptada a las cambiantes condiciones de profundidad. La mezcla de gases se ajustó meticulosamente para

prevenir la narcosis por nitrógeno y reducir al mínimo el riesgo de intoxicación por oxígeno.

El HELIOX, al reducir la densidad del gas respirado y minimizar la resistencia al flujo de gases en las vías respiratorias, se convirtió en un aliado invaluable para los buceadores que enfrentaban condiciones extremas. La baja densidad del helio permitió una respiración más eficiente, disminuyendo la fatiga y posibilitando a los buzos mantener operaciones prolongadas a profundidades que antes eran inalcanzables.



*Figura 4. Buzo aproximándose a mesa de trabajo
Fuente: Armada de España*

Además, el HELIOX facilita una respuesta más ágil a las variaciones en la profundidad, permitiendo a los buceadores adaptarse rápidamente a los cambios en las condiciones submarinas. Esta capacidad de respuesta se vuelve un componente crucial para la seguridad de los buceadores, ya que permite ajustar la mezcla de gases según las necesidades específicas de cada situación.

La Importancia de la Formación y el Entrenamiento Continuo en el Buceo

Conforme evolucionan las tecnologías de buceo y se introducen nuevas herramientas y mezclas de gases, la formación y el entrenamiento continuo se vuelven esenciales para garantizar la seguridad



*Figura 5. Entrega de detalle de la Escuela de Buceo en agradecimiento por la capacitación recibida.
Fuente: Escuela de Buceo Armada de Colombia*

y eficacia de las operaciones submarinas. La Escuela de Buceo de la Armada de Colombia, con su vasta historia y experiencia, facilita intercambios de conocimientos y experiencias. Desde 2021, destaca a sus egresados para comisiones de estudio en países como Estados Unidos y España, referentes en actividades subacuáticas. Este enfoque permite un aumento significativo en el conocimiento y la experiencia del personal, convirtiendo a la Escuela de Buceo Armada de Colombia en un pilar fundamental en este proceso de aprendizaje y adaptación. El énfasis en el cumplimiento meticuloso de las operaciones, el control de riesgos y el respeto por los estándares enseñados han sido fundamentales en la formación impartida en esta institución.

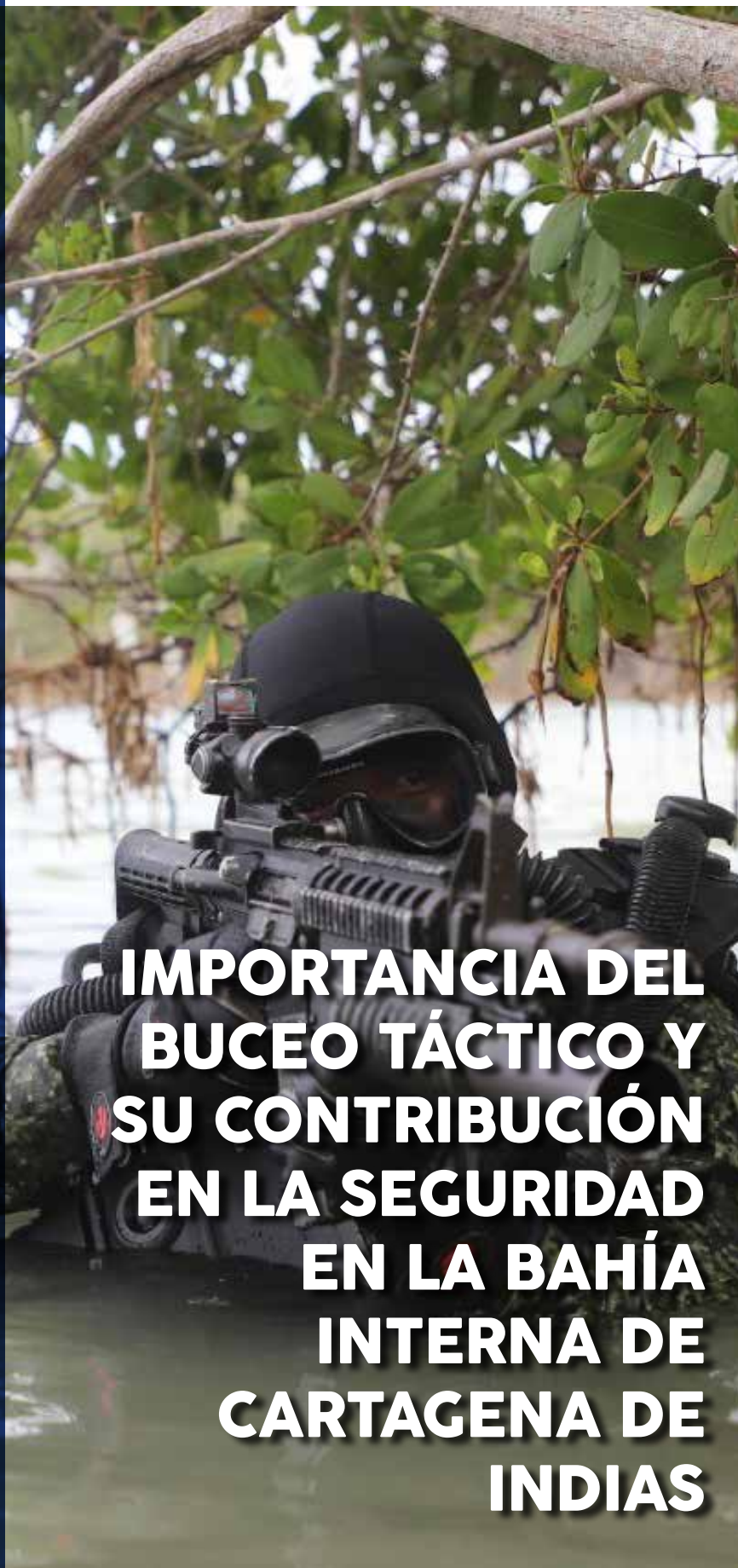
En resumen, el buceo de gran profundidad ha experimentado una evolución significativa, impulsada por avances tecnológicos y

conocimiento científico. La introducción del HELIOX como una mezcla de gases especializada ha ampliado los horizontes para los buzos intrépidos, permitiéndoles explorar y trabajar a profundidades antes inimaginables.

La experiencia de la Armada de Colombia y su enfoque en la formación continua y adaptación a las nuevas tecnologías han establecido un estándar para las operaciones de buceo a nivel internacional. A través del compromiso con la seguridad, la formación y el desarrollo de herramientas innovadoras, los buzos modernos desafían los límites de lo desconocido, desentrañando los misterios de las profundidades oceánicas. En este emocionante viaje hacia lo profundo, el HELIOX y la experiencia acumulada continúan guiando a los exploradores subacuáticos hacia un futuro donde los océanos más oscuros se vuelven un poco más claros, gracias al coraje y la determinación de aquellos que se aventuran en las profundidades inexploradas del mundo submarino.



Sargento Segundo de I.M.
Deiby Betancur Velásquez
Técnico de Buceo



IMPORTANCIA DEL BUCEO TÁCTICO Y SU CONTRIBUCIÓN EN LA SEGURIDAD EN LA BAHÍA INTERNA DE CARTAGENA DE INDIAS

El Buceo Táctico es una capacidad diferencial de las Fuerzas de Operaciones Especiales en la Armada de Colombia, siendo una técnica altamente especializada que involucra el uso de equipos y tácticas para llevar a cabo misiones submarinas con fines militares o de seguridad. Las Fuerzas Especiales colombianas han desarrollado diversas técnicas en este campo y han empleado su conocimiento y experiencia en misiones de impacto estratégico a nivel nacional.

En términos de innovación, estas fuerzas están utilizando tecnología de última generación para mejorar su capacidad en el Buceo Táctico. Sin embargo, la seguridad es un aspecto crucial, dado que los buzos están expuestos a riesgos como ahogamiento, hipotermia, peligros ambientales y situaciones de combate que amenazan su integridad. Por ello, han desarrollado técnicas y protocolos rigurosos para minimizar estos riesgos y garantizar la seguridad de los buzos.



*Figura 1. Buzos realizando inspección subacuática de seguridad a instalación portuaria.
Fuente: Batallón de Fuerzas Especiales Armada de Colombia*

El Buceo Táctico, en términos de desarrollo, ofrece una oportunidad para fortalecer la capacidad de Colombia en misiones submarinas críticas, como operaciones de interdicción, rescate y vigilancia. Esto, a su vez, contribuye a la seguridad y estabilidad en la región.

En resumen, el Buceo Táctico es una herramienta clave en el repertorio de las Fuerzas Especiales

colombianas y se impulsa mediante la innovación, la seguridad y el desarrollo. La inversión continua en este campo resulta esencial para asegurar que estas fuerzas estén preparadas ante los desafíos venideros y para salvaguardar la seguridad y bienestar de la nación y sus ciudadanos.

Los Buzos Tácticos de la Armada de Colombia desempeñan un papel crucial en la seguridad y defensa de la Bahía Interna de Cartagena de Indias. Esta área estratégica alberga instalaciones militares y comerciales de gran importancia para la economía de la región Caribe. Por este motivo, los buzos de la Armada de Colombia reciben una capacitación especializada para llevar a cabo diversas misiones subacuáticas.

Estas misiones incluyen la inspección de barcos y otras instalaciones submarinas en la bahía, la implementación de dispositivos de vigilancia submarina y la realización de labores de búsqueda y rescate en caso de emergencias. La versatilidad y experiencia de los Buzos Tácticos les permiten abordar una amplia gama de desafíos subacuáticos, contribuyendo significativamente a la seguridad y protección de la bahía y sus activos estratégicos.

Además de su papel en la seguridad y defensa de la Bahía Interna de Cartagena, los buzos de la Armada de Colombia desempeñan un papel crucial en la protección de las costas colombianas y en la lucha contra el tráfico de drogas y otros delitos marítimos.

La Armada de Colombia está comprometida con el desarrollo de la capacidad de sus buzos. Por esta razón, invierte en tecnología de última generación y en capacitación continua para garantizar que posean las habilidades y herramientas necesarias para desempeñar su función de manera efectiva en la protección de la bahía y del resto de la Costa Caribe Colombiana.

Estos buzos son una parte clave tanto en la seguridad y defensa de la Bahía Interna de



Cartagena como en el esfuerzo más amplio de proteger las costas colombianas y combatir el tráfico de drogas y otros delitos por mar. Los continuos esfuerzos para desarrollar su capacidad y actualizar su tecnología los convierten en un componente esencial para la protección del país y de sus habitantes.

El Buceo Táctico se ha convertido en una herramienta fundamental para garantizar la seguridad y defensa de instalaciones portuarias, permitiendo la identificación y neutralización de posibles amenazas en el agua. Las técnicas de infiltración y reconocimiento empleadas en el buceo táctico capacitan al personal naval para detectar artefactos explosivos, realizar inspecciones en buques sospechosos y afrontar una amplia gama de situaciones de emergencia. La Armada de Colombia ha implementado el Buceo Táctico como un medio para mejorar la seguridad en sus puertos, asegurando la protección tanto de sus ciudadanos como de sus recursos. El personal naval capacitado en estas técnicas es sometido a evaluaciones regulares para garantizar su óptima preparación y estado físico, asegurando que estén completamente listos para cualquier eventualidad.

Las instalaciones portuarias representan objetivos de alto valor para grupos criminales y terroristas, siendo el Buceo Táctico una estrategia clave en la seguridad y defensa de estos sitios. Esta técnica permite a los militares realizar investigaciones submarinas y detectar, neutralizando una amplia gama de posibles amenazas.

En resumen, la contribución del Buceo Táctico a la seguridad y defensa de instalaciones portuarias es esencial para salvaguardar tanto a los ciudadanos como los recursos. La Armada de Colombia continúa trabajando intensamente en el desarrollo e innovación de esta importante herramienta de seguridad.



Figura 2. Buzos realizando inspección subacuática de seguridad a muelle.
Fuente: Batallón de Fuerzas Especiales Armada de Colombia

Referencias Bibliográficas


- <https://zonalogistica.com/puerto-bahia-en-cartagena-es-un-referente-en-seguridad-portuaria/>
- <https://www.puertocartagena.com/es/ventajas-competitivas/seguridad-y-proteccion>
- <https://puertocartagena.com/>
- <https://observatoriomaritimoyportuario.unicartagena.edu.co/index.php/ventana-abierta/la-seguridad-de-las-embarcaciones-menores-en-la-bahia-de-cartagena>
- <https://technocio.com/puerto-bahia-incorpora-inteligencia-artificial-para-fortalecer-su-seguridad/>
- <https://www.directemar.cl/directemar/noticias-y-comunicaciones/noticias/2018/autoridad-maritima-impulsa-ejercicio-de-combate-a-la-contaminacion-en-la>
- <https://www.puertocartagena.com/es/estadisticas-e-indicadores>



Teniente de Navío
Johan Alonso Arias Rodríguez
Jefe de División de Auxiliares ARC
"20 De Julio"



Sargento Primero
Fabián Esteban Castro Hidalgo
Gestor de Cursos, Escuela de
Superficie



**“BAJO EL
MISTERIO DE
LAS AGUAS DEL
RÍO GUAINÍA:
OPERACIONES DE
SALVAMENTO Y LA
LUCHA CONTRA LA
MINERÍA ILEGAL”**



Imagina sumergirte en las profundidades de un río que parece emerger de un cuento de hadas, con aguas que esconden secretos y tesoros, pero también el oscuro enigma de la minería ilegal. En este artículo, exploraremos las emocionantes operaciones de salvamento en el majestuoso río Guainía, conocido también como el “Río Negro”, y cómo los valientes buzos de la Armada de Colombia luchan contra la explotación ilícita en este paraíso amazónico.

El río Guainía, en Colombia, o río Negro en Brasil y Venezuela, es un auténtico gigante amazónico, siendo el más caudaloso de todos los afluentes del río Amazonas. A pesar de su nombre, el agua de este río no es negra, sino más bien un tono similar al té fuerte, gracias al ácido húmico proveniente de la descomposición de la vegetación en sus aguas. El río Guainía debe su nombre al aparente tono oscuro que muestra desde la distancia.

Sin embargo, el río Guainía va más allá de su majestuosidad; es testigo mudo de la devastadora minería ilegal. La extracción de oro en estas aguas contamina gravemente el ecosistema, requiriendo cantidades alarmantes de mercurio y otros químicos. Esto pone en peligro la vida silvestre y afecta a las comunidades locales que dependen de la pesca. Las operaciones de salvamento se convierten en la esperanza para remediar este daño.



Figura 1.
Fuente: Propia

La Armada de Colombia ha desplegado la poderosa Brigada de Infantería de Marina No. 5, compuesta por tres batallones (BFLIM50, BFLIM51 y BFLIM52), con la misión de proteger los ríos fronterizos y combatir la minería ilegal. La cual cuenta con valientes buzos, altamente capacitados, que son una parte fundamental de esta Unidad.

Operaciones de Salvamento en el Río Guainía: Un Ejemplo de Valor y Destreza

Imagina la primera vez que te sumerges en un río desconocido. Tus sentidos se agudizan activando principalmente el tacto y el oído, ya que la visión se vuelve inútil en estas aguas. La adrenalina fluye a raudales mientras te preparas para cumplir una misión encomendada. Bajo el agua, el tiempo se convierte en una variable crucial. Cada buzo repasa mentalmente las instrucciones de su supervisor antes de lanzarse al río. La emoción y la determinación se entrelazan, y cada elemento recuperado se siente como una victoria.

No hay satisfacción mayor para un buzo de la marina que llevar a cabo una misión con éxito. Cada vez que nuestros compañeros nos brindan un “BZ” por un trabajo bien hecho, sabemos que nuestro esfuerzo ha valido la pena. Proteger el río Guainía y su entorno es un deber que nos llena de orgullo, y cada operación de salvamento es una victoria para la naturaleza y la comunidad.

El Rescate de Material Extraviado en el Río Guainía

Pero la labor de estos buzos va más allá de la protección del río y su ecosistema. En medio de la lucha contra la minería ilegal, la Brigada de Infantería de Marina No. 5 ha llevado a cabo operaciones de salvamento que involucran la recuperación de material extraviado y que podrían tener un impacto significativo en la región.

Un ejemplo concreto de estas operaciones se llevó a cabo el 17 de octubre de 2021, en la Comunidad Catanacuname, Río Negro, San Felipe (Guainía), en el marco de la operación BYR, bajo la dirección de un señor Teniente Coronel. Durante la operación, se recuperó un valioso armamento que se había perdido en las profundidades del río. Estos hechos son un testimonio de la habilidad y valentía de los buzos de la Armada de Colombia.

La operación se dividió en dos faenas de buceo, cada una con su conjunto único de desafíos. Cada uno de estos elementos es vital tanto para la seguridad como para el mantenimiento de la integridad del río y su entorno, recuperando gran parte del material de guerra extraviado.

Estas operaciones de salvamento demuestran la importancia del trabajo realizado por la Armada de Colombia y sus buzos altamente capacitados. No solo están protegiendo el ecosistema del río, sino que también están recuperando material vital que podría haber caído en manos equivocadas y agravado aún más el problema de la minería ilegal. Cada buzo que participa en estas operaciones demuestra una dedicación inquebrantable para proteger el río Guainía y su entorno, y su trabajo incansable es un verdadero testimonio de su compromiso con la naturaleza y la comunidad. Cada burbujeo de aire que asciende desde las profundidades del río Guainía representa la promesa de un futuro más limpio y próspero para esta maravillosa región.

Conclusión

El río Guainía, con su tono oscuro visible desde la distancia, es mucho más que un simple cuerpo de agua. Se trata de un escenario donde la naturaleza se fusiona con el desafío, donde la belleza natural se entrelaza con la lucha contra la explotación ilegal. Las aguas de este majestuoso río ocultan secretos y tesoros, pero también encubren la amenaza de la minería ilegal.

En medio de este contexto, la Brigada de Infantería de Marina No. 5 de la Armada de Colombia ha desplegado a sus valientes buzos, altamente capacitados, para llevar a cabo operaciones de salvamento. Estas operaciones son un ejemplo de valor, determinación y destreza en un entorno desafiante y misterioso.

Las operaciones de salvamento en el río Guainía no solo tienen como objetivo proteger su ecosistema, sino que también persiguen un propósito más amplio: la recuperación de material vital que podría haber caído en manos equivocadas, exacerbando el problema de la minería ilegal. Cada burbujeo de aire que asciende desde las profundidades de este río representa la promesa de un futuro más limpio y próspero para esta maravillosa región amazónica.


Las hazañas de estos buzos son un testimonio de su compromiso con la naturaleza y la comunidad, y su labor incansable es un faro de esperanza en la lucha contra la minería ilegal en el río Guainía. La belleza y el misterio de las aguas del río se entrelazan con el coraje y la determinación de quienes se sumergen en ellas, creando una historia de protección y salvamento que debe ser recordada y celebrada. Estas operaciones representan un llamado a cuidar y preservar las maravillas naturales que la Tierra nos regala, un recordatorio de que la unión de la comunidad y la valentía pueden superar incluso los desafíos más profundos.

Referencias

- <https://fundacionetnollano.org/estrategia-covid-19-guaina>
- <https://canaltrece.com.co/noticias/se-lanza-el-primer-libro-que-compila-la-riqueza-natural-y-cultural-del-departamento-de-guainia/>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Negro_\(Amazonas\)](https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Negro_(Amazonas))



Sargento Segundo
Diego Fernando Arias Ramírez
Suboficial de operaciones

A close-up photograph of a diver's head and shoulders. The diver is wearing a black tactical diving helmet with a large, clear visor. The helmet has a circular logo on the side. The diver is also wearing a black corrugated breathing tube. The background is a blurred, light-colored surface, possibly water or a sky.

BUCEO TÁCTICO: UNA CAPACIDAD DIFERENCIAL DE LA ARMADA DE COLOMBIA EN LAS PROFUNDIDADES

El buceo es una actividad fascinante que se remonta a los pescadores que se sumergían en el agua para recolectar alimentos. A lo largo de la historia, ha experimentado una significativa evolución gracias al ingenio y la creatividad humana, permitiendo descubrir la vida del imponente fondo del mar. Sin embargo, para comprender mejor la historia del buceo, es esencial recordar a los franceses Rouquayrol y Denayrouse, quienes en 1865 inventaron la primera escafandra autónoma. Esta escafandra permitía a los buzos transportar su propio aire en un depósito esférico colocado en la espalda, contenido a 30 o 40 atmósferas de presión. Además, debemos destacar a Jacques-Yves Cousteau y Émile Gagnan, quienes en 1943 inventaron el regulador de buceo, un dispositivo que revolucionó la práctica del buceo al permitir a los buceadores respirar bajo el agua de manera más segura y cómoda, abriendo las puertas a exploraciones más profundas.

El buceo moderno, tal como lo conocemos hoy en día, se desarrolló a partir del siglo XX. A medida que ha evolucionado, han surgido diversas disciplinas dentro del buceo, como el buceo táctico, el buceo técnico y el buceo recreativo. Cada una de estas ramas posee características y requisitos específicos que facilitan el desempeño de esta actividad.



Figura 1.
Fuente: Propia

El buceo táctico es una disciplina especializada que demanda un gran compromiso, responsabilidad y pasión. Requiere un alto nivel de entrenamiento técnico, táctico, físico y psicológico, llevando al buzo a su máximo potencial y desarrollando habilidades únicas en técnicas de buceo, armas, demoliciones submarinas, procedimientos tácticos, reconocimiento y supervivencia. Este entrenamiento mantiene al buzo en constante alistamiento para el combate, permitiéndole contrarrestar diferentes riesgos como el frío, enfermedades de descompresión, pérdida del conocimiento, intoxicación por oxígeno, y enfrentamientos con la fauna y flora marina, entre otros, que pueden amenazar la vida del buzo.

Los buzos tácticos son seleccionados rigurosamente según criterios y estándares que los ubican entre los mejores tripulantes de la Armada de Colombia. Representan una capacidad diferencial militar valiosa, empleada para cumplir la misión institucional, siendo una fuerza letal, versátil e importante con un papel decisivo para contrarrestar diversas amenazas. Su habilidad para atacar objetivos críticos como puertos, plantas nucleares, refinerías y objetivos militares, los convierte en una amenaza significativa para cualquier enemigo.

En la Armada de Colombia, el buceo táctico es una capacidad diferencial que permite realizar misiones efectivas y seguras, incluyendo infiltración y vigilancia en líneas enemigas, operaciones antinarcóticos, inspecciones subacuáticas antiexplosivas, y operaciones ofensivas de toma de playa y asalto. Estas misiones son esenciales para la seguridad nacional y pueden tener un impacto significativo en el éxito de las operaciones militares.

Las operaciones de buceo táctico pueden lanzarse desde plataformas de superficie o submarinas. En el primer caso, los buzos se transportan en embarcaciones o submarinos hasta el punto de inmersión; en el segundo, utilizan submarinos



o vehículos de buceo autónomos para llegar a su destino, facilitando operaciones que serían difíciles de realizar de otra manera.



Figura 2.
Fuente: Propia

En las Fuerzas Especiales Navales de la Armada de Colombia, el buceo táctico ha mantenido una trayectoria de excelencia durante las últimas cuatro décadas, garantizando la protección de los intereses marítimos y fluviales de la nación. Los hombres que han recibido formación especializada en las diferentes escuelas de buceo y han llevado a cabo operaciones de alto riesgo en entornos submarinos son la base de esta especialidad.

Es importante destacar que los buzos tácticos de las Fuerzas Especiales Navales son considerados un arma estratégica no solo por su capacidad para afectar buques y puertos, sino también por su habilidad única para infiltrarse más allá de las líneas de defensa enemigas y afectar sus centros de gravedad mediante la neutralización de infraestructuras críticas. Estas incluyen puertos, plantas nucleares, refinerías, centrales eléctricas,

puentes y otras edificaciones cruciales que impactan profundamente en el funcionamiento de un país.

Finalmente, se puede concluir que el buceo táctico representa una capacidad indispensable para las fuerzas especiales, siendo una herramienta versátil que puede emplearse en una amplia gama de operaciones. Desde la recopilación de inteligencia hasta el asalto de objetivos estratégicos, permite alcanzar un alto grado de preparación para la participación en escenarios de guerra convencional y asimétrica.

Buceo en Ríos con Poca Visibilidad: Desafíos y Precauciones

El trabajo desarrollado por los buzos de la Fuerza Naval del Oriente se lleva a cabo en un territorio hostil, afectado por las actividades ilícitas de grupos armados ilegales, que impactan negativamente el desarrollo de la población y su economía. Estas acciones criminales causan daños irreparables al medio ambiente, afectando la riqueza del agua, el aire, la fauna y la flora del ecosistema. El conflicto armado y las difíciles condiciones para llevar a cabo operaciones de buceo en ríos hacen de esta tarea un desafío.

En apoyo a las operaciones fluviales en la Fuerza Naval del Oriente, el personal de buzos ha desarrollado experiencia en actividades subacuáticas específicas para los ríos Putumayo y Caquetá. Estos cuerpos de agua tienen niveles variables de caudal según la temporada (verano e invierno), con afluentes poderosos que abarcan el terreno geográfico y profundidades entre 5 y 18 metros. Las condiciones de lluvia y humedad constante generan el arrastre continuo de empalizadas y restos, representando riesgos para la navegación de la población ribereña y daños a las embarcaciones.

El inicio de una operación de buceo requiere el alistamiento y gestión de recursos necesarios,

incluyendo la identificación de factores de riesgo ambientales y físicos, la logística y el uso de plataformas para el transporte y distribución del equipo de los buzos.

Durante las actividades de buceo, se coordina con la unidad territorial del sector y el Grupo de Fuerzas Especiales Navales del Oriente para asegurar un despliegue de tropas que brinde seguridad y protección al personal de la fuerza pública, enfrentando amenazas latentes.

El buceo en ríos es complejo debido a fuertes corrientes, suelos arcillosos y partículas de arena que bloquean la entrada de luz solar, limitando la visibilidad y audición durante la inmersión. La comunicación y coordinación entre buzos y personal en superficie, el tiempo de búsqueda acordado y el consumo de aire son desafíos fundamentales debido a la nula visibilidad. Antes de ingresar al agua, el buzo debe estar conectado a una línea de vida, garantizando su seguridad y comunicación con el personal en superficie.

El buceo en ríos con poca visibilidad representa un desafío dentro de esta actividad, con limitaciones en visibilidad, corrientes y sentido de ubicación. A lo largo del artículo, se explorarán en detalle los desafíos, precauciones y consejos esenciales

para bucear de manera segura en estos entornos.

Esta modalidad de buceo recompensa la paciencia y la exploración, ofreciendo la oportunidad de descubrir ecosistemas de agua dulce únicos, aunque con desafíos adicionales. Con la preparación adecuada y el respeto por el entorno, esta experiencia conecta de manera especial con la naturaleza.

Al sumergirse en las profundidades de un río, se puede explorar la belleza de la vida acuática en un entorno poco común. Sin embargo, para disfrutar de esta forma especial de buceo de manera segura, es crucial estar bien preparado, seguir precauciones y respetar el entorno natural. Es fundamental tener en cuenta diversas consideraciones al llevar a cabo este tipo de buceo de alto riesgo. Es importante monitorear constantemente las condiciones del río, ya que pueden cambiar rápidamente debido a factores climáticos como las lluvias o la temperatura del agua. Evitar aventurarse en aguas bravas o peligrosas es esencial, al igual que establecer un claro sistema de comunicación con el compañero de buceo, dado que la visibilidad limitada dificulta la comunicación visual.



*Figura 3. Aproximación a punto del desembarco.
Fuente: Fuerzas Especiales Navales Armada de Colombia.*



Un patrullaje previo con las embarcaciones a utilizar ayuda a alejar la fauna que pueda representar una amenaza para el buzo. La biodiversidad en Colombia agrega riesgos al buceo en ríos debido a estos agentes externos que podrían afectar la maniobra. Es imprescindible extremar las medidas de seguridad y tener claros los procedimientos en caso de accidentes.

El buceo en río realizado en el oriente colombiano representa la capacidad y entrenamiento del personal de buzos de la Armada de Colombia. Contribuye al desarrollo y la misión del Buceo de la Armada de Colombia, que busca realizar operaciones de asistencia, salvamento y manejo de desastres y emergencias en todos los cuerpos de agua del territorio nacional, así como actividades de mantenimiento, ingeniería subacuática e inspecciones técnicas de buceo y seguridad.

Este tipo de buceo demanda un mayor desgaste físico y mental debido a las impredecibles y peligrosas corrientes de los ríos. La poca visibilidad aumenta el esfuerzo mental, y la pérdida de ubicación es común. La formación adecuada es crucial para enfrentar estos desafíos, ya que los sedimentos y obstáculos en el lecho de los ríos pueden dificultar la movilidad y aumentar el riesgo de atrapamiento. Contar con un cuchillo es fundamental para liberarse de posibles atrapamientos.

Es esencial contar con personal idóneo y técnicas de rescate claras, ya que los rescates en ríos presentan un grado de dificultad mayor debido al entorno no controlado. Las medidas de seguridad y el soporte en superficie son fundamentales para abordar contingencias durante la operación de buceo.



*Figura 4. Buzo ingresando al agua para realizar toma de playa.
Fuente: Centro de Instrucción y Entrenamiento Anfibio Armada de Colombia*



Suboficial Segundo
Freddy Leonardo Sarmiento Abril
Técnico de buceo



TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS IMPLEMENTADAS EN LAS ACTIVIDADES DE BUCEO EN LA ARMADA DE COLOMBIA DURANTE LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS



Resumen

El objetivo de este artículo fue determinar las técnicas y tecnologías implementadas en las actividades de buceo de la Armada de Colombia en los últimos 5 años.

Se empleó una metodología de investigación cualitativa, utilizando revisión documental y entrevistas no estructuradas a buzos activos de la Institución. La revisión documental se basó en criterios de inclusión y exclusión para la selección de documentos pertinentes.

Los resultados obtenidos indican que la Armada de Colombia, comprometida con la mejora continua de sus actividades de buceo, proporciona una formación especializada en procedimientos, técnicas y manejo de equipos de alta tecnología. Se destaca la adquisición de equipos rebreathers Caymano MK4 en versión CSV/ CDV, los cuales ofrecen ventajas significativas en operaciones anfibia, actividades de interdicción marítima, operaciones de reconocimiento de playas, búsqueda y recuperación. Estos avances fortalecen el trabajo de los buzos tácticos y abordan los desafíos planteados por las amenazas transnacionales y el crimen organizado que enfrenta Colombia debido a su compleja organización hidrográfica.

Palabras Clave. Buceo, formación, técnicas, tecnología, Narcotráfico marítimo.

Abstract

The objective of the article was to determine the techniques and technologies implemented in the diving activities of the Colombian National Navy during the last 5 years. A qualitative research methodology was developed through documentary review and unstructured interviews with active divers of the Institution. The documentary review had inclusion and exclusion criteria for the selection of documents.

The results demonstrate that the Colombian Navy, committed to the constant improvement of diving activities, provides special training in procedures, techniques and management of high-tech equipment. Among the findings is the acquisition of Caymano MK4 rebreathers in CSV/ CDV version, offering advantages in amphibious operations, maritime interdiction activities, beach reconnaissance operations, search and recovery. This strengthens the work of tactical divers and the challenge that the Colombian Navy has in the face of transnational threats and organized crime that Colombia faces due to its hydrographic organization.

Key Word. *Diving*, training, techniques, technology, maritime drug trafficking.

Introducción

Colombia posee una ventaja competitiva por su riqueza hídrica, considerada una potencia mundial debido a una precipitación anual de aproximadamente tres mil milímetros sobre la plataforma continental. Esta precipitación genera una escorrentía significativa que alimenta cuencas hídricas, quebradas, almacenamientos subterráneos, lagunas, caños y ríos importantes como el Magdalena y el Caquetá (Marín, 2003). Además, el país cuenta con jurisdicción sobre dos océanos, Pacífico y Atlántico, otorgándole un territorio marítimo de aproximadamente 928.660 km², lo que vulnera a 12 de los 32 departamentos del país (Lastra & Vergara, 2012).

A pesar de esta ventaja, para la Armada de Colombia representa un desafío el control de amenazas transnacionales, como el crimen organizado y las diversas modalidades de narcotráfico marítimo. Esto incluye la contaminación de buques mercantes, lanchas de bajo perfil LPV, semi-sumergibles, lanchas de tipo Go-Fast no tripuladas, radio boyas en carga flotante y torpedos (Ramírez, 2019).

Para abordar estos desafíos, la Armada de Colombia emplea estrategias diplomáticas, como la Red Naval, que, en colaboración con el Plan Nacional de Desarrollo 2030, busca fortalecer las capacidades de la Institución. Se desarrollan actividades operacionales por parte del cuerpo de Guardacostas, incluyendo vigilancia, interdicción en altamar de mercancías ilegales y recursos de organizaciones narcotraficantes, y procesos judiciales para garantizar el cumplimiento de la misión (Ramírez, 2019).

El buceo es una actividad clave en estas operaciones de vigilancia e interdicción de mercancías ilegales, concentrándose en áreas de operaciones navales, desarrollo marítimo y seguridad marítima y fluvial. El Departamento de Buceo y Salvamento realiza inspecciones subacuáticas a embarcaciones e instalaciones portuarias y ofrece servicios de buceo para reparaciones o conexiones de tuberías, entre otras actividades requeridas por los Stakeholders (Rebolledo, 2020). Los buzos tácticos desempeñan operaciones de seguridad y defensa, siendo vitales en la lucha contra el crimen transnacional (Perez, 2022).

En la actualidad, hay 457 miembros activos desarrollando actividades operacionales en Buceo y Salvamento Marítimo y Fluvial, Buceo Táctico y Buceo de Inspección. El buceo realizado por la Armada de Colombia se considera un buceo militar, llevado a cabo por personal de las Fuerzas Militares en cumplimiento de fines específicos, como la defensa y seguridad de la Nación (Rebolledo, 2020).

Es evidente que tanto las organizaciones criminales como el Cuerpo de Guardacostas y los buzos, deben capacitarse y promover el desarrollo tecnológico y técnico para actuar proactivamente ante el crimen organizado. En este contexto, surge la pregunta sobre el fortalecimiento de técnicas y tecnologías en las actividades de buceo en la Armada de Colombia durante los últimos 5 años.



Figura 1. Navegación en aguas confinada
Fuente: Propia

Rebolledo (2020) subraya la necesidad constante de capacitación para los miembros del buceo militar, junto con el uso de equipamiento especializado para asegurar el logro de la misión. En este sentido, resultó crucial evaluar el estado actual del avance tecnológico y táctico de los buzos de la Armada de Colombia, ya que esto incide directamente en la salvaguarda de los intereses marítimos, como la integridad y defensa de los espacios jurisdiccionales del mar (Ramírez, Pedroza, & Forero, 2021; Armada Nacional de Colombia, 2021). La falta de promoción de actualizaciones en el conocimiento y la tecnología aplicada en las actividades de buceo expondría a Colombia y dejaría vulnerable a los 12 departamentos con acceso al mar, careciendo así de estrategias de control efectivas. Además, la ausencia de capacitación y progreso tecnológico en estas actividades subacuáticas podría comprometer el bienestar de los activos en estas Unidades.

Metodología

El objetivo de la investigación fue identificar las técnicas y tecnologías empleadas en las actividades de buceo de la Armada de Colombia en los últimos cinco años. Siguiendo la perspectiva de Gallardo (2017), que considera que el enfoque cualitativo permite comprender los procesos



desde la perspectiva del individuo, se llevó a cabo un estudio de este enfoque mediante revisión documental y entrevistas a miembros activos involucrados en operaciones de buceo.

En el proceso de selección documental, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión abordaron la fecha de publicación, no siendo inferior al año 2018, y el país de origen, limitando la selección a documentos publicados en Colombia, en línea con el objetivo de la investigación. El único criterio de exclusión fue la exclusión de documentos no científicos (Pineda, 2020).

La entrevista realizada fue de naturaleza no estructurada. Este tipo de entrevista fomenta la libre expresión del participante sobre el tema (Díaz et al., 2013). La selección del participante se basó en el método de muestreo por conveniencia, que permite la inclusión de casos accesibles y dispuestos a participar (Otzen y Manterola, 2017). En consecuencia, la muestra se limitó a un miembro activo con experiencia en actividades de buceo en la institución, poseedor de conocimiento sobre técnicas y tecnologías innovadoras aplicadas por una de las Unidades de Buceo Táctico de la Institución.

Resultados

Desde la revisión documental se ha recopilado información relevante para abordar el objetivo de la investigación. Según Bermúdez y Castellanos (2022), el lema original de la Escuela de Buceo y Salvamento de la Institución fue “Tecnología en las profundidades”, aunque actualmente, tras su renombramiento como la Escuela de Buceo de la Armada de Colombia en noviembre de 2022, el lema vigente es “Disciplina – Sabiduría – Vocación”. Estos datos, junto con declaraciones de la institución a través de su política integral, reflejan un compromiso con el desarrollo de operaciones subacuáticas efectivas mediante la implementación de tecnología,

equipos y técnicas de alta calidad. Además, el Departamento de Buceo y Salvamento cuenta con certificaciones ISO 9001-2008 y NTC GP 1000: 2004, evidenciando procesos de mejora continua desde 2011, destacando la optimización de recursos humanos y físicos (Rodríguez y Villalba, 2011).

Además de la excelencia en los procesos administrativos del Departamento de Buceo y Salvamento, se ha priorizado la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación para la formación continua de los buzos de la Armada de Colombia. Se ha implementado el Software de Procedimientos de descompresión para Buceos con aire y Nitrox. Este software permite desarrollar conocimientos sobre las teorías y procedimientos de descompresión en diversos tipos de buceo, como repetidos, en altitudes, exposiciones excepcionales y manejo de mezcla de gases, aspectos cruciales para la salud de los buzos durante estas actividades (Salcedo y Romero, 2023).

Respecto a las técnicas empleadas en el buceo, el personal capacitado en la Escuela de Buceo y Salvamento de la Base Naval ARC Bolívar en Cartagena lleva a cabo la mezcla de gases Nitrox o Trimix con oxígeno puro, permitiendo alcanzar profundidades de hasta 65 metros (Armada Nacional de Colombia, 2021). Autores como Rebolledo (2020) mencionan que técnicas como el uso de gases y mezclas, junto con tecnologías como los equipos Rebreathers electrónicos, extienden el alcance de los buzos de la Armada de Colombia a profundidades de hasta 100 metros, ampliando así su radio de acción.

El Centro Internacional de Entrenamiento Anfibio (CIEAN) y el Departamento de Buceo Táctico Militar han capacitado al personal de infantería de marina desde 2018 en el manejo de equipos de buceo autónomo con aire. Proporcionan formación en técnicas de natación táctica, manejo de cartografía, estudio de la fisiología del



Figura 1. Armado del equipo para Buceo Táctico Militar
Fuente: Propia

buceo, procedimientos de descompresión, buceo básico e inserción y extracción de unidades, fortaleciendo la capacidad de respuesta del personal ante operaciones de control de amenazas (Armada de Colombia, 2022).

Por medio de la entrevista no estructurada, se destaca que unidades de buceo táctico de la Armada de Colombia han apostado por la adquisición de equipos de alta tecnología. Estos equipos maximizan el rango de seguridad en medio de operaciones de reconocimiento anfibio, interdicción marítima y estrategias de lucha contra el crimen organizado (Armada Nacional de Colombia, 2021).

Estos equipos incluyen los rebreathers Caymano MK4 poCSV, una versión de circuito semi cerrado con unidad nitrox y O₂, y los rebreathers Caymano MK4 CDV, una versión de circuito cerrado, óptimos para operaciones de reconocimiento anfibio y buceo táctico profundo. Las principales ventajas de estos equipos incluyen su peso y dimensiones reducidas en comparación con los equipos electrónicos Rebreather típicamente utilizados por la Armada de Colombia en sus Unidades de Guardacostas. Además, presentan fundas de protección de cordura, contenedores radiales que permiten

una mayor absorción de CO₂, capacidad de ajuste al pecho del buzo para mayor comodidad y rango de movimiento, piezas intercambiables para cambios y limpieza constantes como medidas preventivas de seguridad, y una vida útil de más de 20 años, maximizando los recursos (Rebolledo, 2020).

Discusión y conclusiones

Se han realizado adquisiciones significativas de equipos especializados para actividades de buceo táctico por parte de unidades estratégicas en la lucha contra el crimen organizado y amenazas transnacionales. Además, se han implementado procesos innovadores en la capacitación de los buzos de la Armada de Colombia, utilizando nuevas tecnologías de la información y la comunicación como estrategias didácticas para fomentar un aprendizaje significativo previo a los ejercicios de inmersión (Rebolledo, 2020).



Figura 2.
Fuente: Propia



Esto evidencia el desarrollo, en los últimos 5 años, de estrategias de formación y adquisición de tecnologías por parte de la Armada de Colombia, el Departamento de Buceo y Salvamento, así como unidades estratégicas adscritas a este. No obstante, no se deben escatimar esfuerzos en la búsqueda de la modernización de la mayoría de unidades de buceo y equipos guardacostas, ya que Colombia enfrenta vulnerabilidades ante amenazas transnacionales. Estas situaciones generan incertidumbre en el cumplimiento de sus objetivos, poniendo en riesgo la seguridad del país debido a sus condiciones hidrográficas.

Referencias Bibliográficas

- Armada de Colombia. (2022). Clausura del curso de Actividades Subacuáticas y de superficie Medusa No.136. Obtenido de <https://www.armada.mil.co/es/content/clausura-del-curso-actividades-subacuaticas-y-superficie-medusa-no-136>
- Armada Nacional de Colombia. (2021). Nuestros Buzos altamente preparados y entrenados están calificados para realizar inmersiones a más de 65 metros de profundidad. Revista Armada. Obtenido de https://www.armada.mil.co/sites/default/files/descargue_la_revista_armada_edicion_107.pdf
- Bermúdez, J., & Castellanos, O. F. (2022). Gestión Tecnológica y de la innovación para el cambio en Instituciones militares. Medellín: Editorial ITM. Obtenido de https://catalogo.itm.edu.co/pub/media/download/gestion-tecnologica-y-de-la-innovacion_9789585122659.pdf
- Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., & Varela, M. (2013). La entrevista recurso flexible y dinámico. Investigación en Educación Médica. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3497/349733228009.pdf>
- Gallardo, E. E. (2017). Metodología de la Investigación. Huancayo. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf
- Lastra, R., & Vergara, A. (2012). Aguas marinas en Colombia, historia, desarrollo y perspectivas de las políticas para mares y océanos. Obtenido de <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/c1c2c56f-1c5d-4728-ae24-8c322080bd18/content>
- Marín, R. R. (2003). Colombia: Potencia Hídrica. Sogeocol. Obtenido de <https://www.sogeocol.edu.co/documentos/o6colo.pdf>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una población a estudio. Int. J Morphol. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Perez, C. (2022). Las actividades Subacuáticas 5 dimensión de las operaciones de seguridad y defensa en el mar. Obtenido de https://www.academia.edu/36188308/LAS_ACTIVIDADES_SUBACU%C3%81TICAS_5_t_a_DIMENSI%C3%93N_DE_LAS_OPERACIONES_DE_SEGURIDAD_Y_DEFENSA_EN_EL
- Pineda, R. A. (2020). Desarrollo de un sistema de apoyo a revisiones sistemáticas de literatura. Centro de investigación científica y de educación superior de enseñanza Baja california. Obtenido de <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3291/1/tesis%20Roy%20Azkary%20Pineda%20Ibarra%2017%20ago%202020.pdf>
- Ramírez, A. T. (2019). Estrategia de combate de la Armada Nacional Colombiana contra las nuevas modalidades del Narcotráfico en el último siglo. Fundación Universitaria de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Obtenido de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/7950/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez, F., Pedroza, W. T., & Forero, J. C. (2021). Comisión Colombiana del Océano. Intereses Marítimos Colombianos. Bogotá: Vicepresidencia de la República-

Comisión Colombiana del Océano-Armada de Colombia. Obtenido de <https://cco.gov.co/83-publicaciones/881-intereses-maritimos-de-colombia.html>

Rebolledo, A. J. (2020). Por tierra, mar y aire los marinos de Colombia continuaremos con nuestro firme compromiso por la protección de los interés marinos y fluviales nacionales. Armada Nacional de Colombia. Obtenido de https://www.armada.mil.co/sites/default/files/a_la_mar_147_web.pdf

Rodríguez, H. E., & Villalba, N. F. (2011). Optimización del plan de mantenimiento del departamento de Buceo y Salvamento de la Armada Nacional. Universidad Tecnológica de Bolívar.

Salcedo, J. F., & Romero, C. (2023). Introducción de las tecnologías de la información y la comunicación en la formación de los Buzos de la Marina. La timonera. Obtenido de <https://www.limcol.org/TimoneraMagazinePdfLM/23/EDUCACION/Introduccion%20De%20Las%20Tecnologias%20De%20La%20Informacion%20Y%20La%20Comunicacion%20En%20La%20Formacion%20De%20Los%20Buzos%20De%20La%20Marina.pdf>

Sampiere, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Obtenido de https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf



Convocatoria

La Escuela de Buceo de la Armada de Colombia, lo invita a participar en la próxima edición de su revista “**La Escafandra**”.

Así mismo, para su elaboración los autores deben seguir las siguientes recomendaciones:

El artículo debe hacer algún aporte a la temática del buceo: buceo militar, técnico, industrial, recreativo, operaciones submarinas, seguridad y salud en el trabajo, medio ambiente, educación y cultura marítima, derecho marítimo, ciencia y tecnología, historia, soporte de vida, patrimonio cultural sumergido, Poder Naval, investigación - desarrollo e innovación (I+d+i).

Los artículos deben ser originales, en idioma español; deben exhibir coherencia conceptual y tener un promedio 1,500 y 3,000 palabras, fuente Times New Roman, tamaño 12, espacio 1,5 entre líneas, márgenes de 2cm, citas y bibliografías consultadas al final del texto, Extensión del artículo: Mínimo dos páginas, máximo tres páginas tamaño carta, elaborado en formato Word (sin imágenes).

Fotografías: El artículo debe contener mínimo seis (06) fotos en alta resolución (mínimo 300 pixeles por pulgada - ppi) a todo color en los formatos JPEG, JPG, PNG, que ambiente la temática. Sumado a un archivo Excel donde describa el nombre, leyenda y fuente de la fotografía, Las imágenes deben estar referenciadas por el autor, lugar, texto o sitio web de donde fueron obtenidas.

Datos del autor bajo el siguiente modelo: grado completo (en caso de ser militar) nombre completo del autor, cargo que ostenta, Unidad o institución a la que pertenece, dirección, número de teléfono y correo electrónico, profesión, fotografía en alta resolución (mínimo 300 pixeles por pulgada - ppi) y autobiografía.

La recepción de los artículos es de forma permanente, sin embargo, los artículos que sean recibidos antes del 30 de marzo del año en curso, serán tenidos en cuenta para la siguiente publicación de la revista “La Escafandra”

Nota: Los artículos deberán ser del tipo opinión o investigativo, no serán tenidos en cuenta los elaborados en forma de informes, los autores de los artículos deben tener redacción, ortografía y gramática, estos no deben haber sido publicados en ningún otro medio de comunicación.

Mayor información:

Edición revista “La Escafandra” Escuela de Buceo de la Armada de Colombia.

Teléfono: 313 565 8440

Correo Electrónico: laescafandra@buceoysalvamento.com

Otros puntos de contacto Escuela de Buceo de la Armada de Colombia

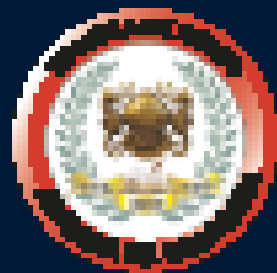
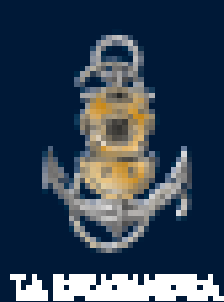
Correo Electrónico: esbuc@armada.mil.co / escuela@buceoysalvamento.com

secretaria.escola@buceoysalvamento.com





RUMBO A LA
SUSTENTABILIDAD
DE LA AGROPECUARIO
EN ALTA CALIDAD



INSTITUTO NACIONAL DE SALUD AGROPECUARIA
CALLE DE LOS HERMANOS SAENZ DE GOTIENZO 1000
SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA
TEL: (809) 340-1000 FAX: (809) 340-1001
WWW.INIA.GOV.DO