



# **Evaluación de capacidades en el espectro hidroacústico, para la protección de volúmenes de interés estratégico (VIE) en los mares y costas de Colombia.**

Capitán de Corbeta Mario Alfredo Rivera Vargas

Capítulo de libro para optar al título profesional:  
Magister en Estrategia y Geopolítica

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"  
Bogotá D.C., Colombia  
2025

<b>DATOS GENERALES</b>	
<b>Nombre del estudiante</b>	: Capitán de Corbeta Mario Alfredo Rivera Vargas
<b>Identificación</b>	: 1098647494
<b>Programa académico</b>	: Maestría en Estrategia y Geopolítica
<b>Tutor metodológico</b>	: Juan Carlos Aristizábal Murillo
<b>Tutor temático</b>	: Capitán de Navío (R) Samuel Rivera Páez
<b>Fecha de entrega</b>	: 8 de septiembre de 2025
<b>Extensión</b>	: 10743 palabras

#### **DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS**

El autor declara que este capítulo de libro fue escrito de acuerdo con la normatividad de la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto” (ESDEG) y no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con este. Las posturas y aseveraciones presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representan la posición oficial ni institucional de la ESDEG, las Fuerzas Militares de Colombia o el Ministerio de Defensa Nacional.

Este capítulo es enteramente mi propio trabajo y no ha sido presentado para la obtención de un título en esta u otra Institución de Educación Superior. Se han referenciado todos los trabajos y puntos de vista de otros autores, así como los datos de otras fuentes utilizadas. No se emplearon herramientas de generación de contenido por Inteligencia Artificial para su elaboración.

El autor acepta ceder los derechos de publicación en favor de la ESDEG y su Sello Editorial de acuerdo con los términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas.

### **AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

El autor autoriza que este capítulo sea publicado por el Sello Editorial ESDEG en su repositorio institucional y esté disponible bajo una modalidad de acceso abierto.

# **Evaluación de capacidades en el espectro hidroacústico, para la protección de volúmenes de interés estratégico (VIE) en los mares y costas de Colombia.**

## **Evaluation of Hydroacoustic Spectrum Capacities, for volumes of strategic interest (VSI) in seas and coasts from Colombia**

**Mario Alfredo Rivera Vargas<sup>1</sup>**

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

### **Resumen:**

Partiendo del modelo CAPÁCITAS adoptado por el Ministerio de Defensa Nacional para su planeamiento de fuerza; se identifica una brecha de capacidades para la protección de intereses nacionales marítimos bajo la columna de agua; espacios que corresponden aproximadamente al 25% del territorio Nacional.

---

<sup>1</sup> Capitán de Corbeta de la Armada Nacional de Colombia. Candidato a magíster en estrategia y geopolítica, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Profesional en Ciencias Navales, Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”, Profesional en Oceanografía Física, Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”. Especialista en Alta Gerencia, Universidad Militar Nueva Granada, Especialista en Política y Estrategia Marítima, Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”, Magister en Inteligencia Analítica de Datos, Universidad de los Andes. Colombia. Contacto: [Mario.rivera@esdeg.edu.co](mailto:Mario.rivera@esdeg.edu.co).

Sobre esta premisa se hace un análisis para determinar los factores estratégicos que se impactarían si se adopta una nueva capacidad en el espectro hidroacústico que permita solventar la brecha existente. Así mismo, se realiza el levantamiento del inventario georeferenciado de Infraestructuras Críticas Marítimas de la Nación y se propone el concepto: “Volumen de Interés Estratégico” (VIE), que integra la multidimensionalidad del dominio donde estas operan; se prioriza su criticidad y se determinan los VIE con mayor concentración de ICM y por lo tanto más vulnerables. Se evalúan los componentes de la capacidad necesarios para cerrar la brecha existente y partiendo de un análisis objetivo basado en inteligencia técnica oceanográfica, se determinan cantidades y distribuciones, para operacionalizar una eventual capacidad que detecte y clasifique contactos o amenazas submarinas o de superficie a partir de la explotación del espectro hidroacústico.

**Palabras clave:** Capacidad; Infraestructura Crítica; Hidroacústica; Modelo CAPÂCITAS; Brecha de Capacidad.

**Abstract:**

Based on the CAPÂCITAS model, adopted by the Ministry of National Defense, for force planning, a capability gap has been identified in the protection of national maritime interests within the water column—spaces that represent approximately 25% of the national territory. Starting from this premise, an analysis is conducted to determine the strategic factors that would be affected by the adoption of a new capability in the hydroacoustic spectrum aimed at addressing the identified gap. Additionally, a georeferenced inventory of

the Nation’s Critical Maritime Infrastructures (CMI) is developed, and the concept of the "Strategic Interest Volume" (SIV) is proposed. This concept incorporates the multidimensionality of the domain in which these infrastructures operate; then prioritizes their criticality and identifies the SIVs with the highest concentration of CMIs—and, therefore, the most vulnerable. The components of the capability required to close the existing gap are evaluated, and, based on an objective analysis grounded in oceanographic technical intelligence, the necessary quantities and distributions are determined in order to operationalize a potential capability to detect and classify underwater or surface contacts or threats through the exploitation of the hydroacoustic spectrum.

**Keywords:** Capacitie; Critical Infrastructure; Hydroacoustics; CAPÂCITAS Model, Capacitie Gap.

## Introducción

La jurisdicción asignada a la Armada Nacional (ARC) para la protección y defensa de los intereses de la Nación, tiene la mitad de su volumen físico bajo el espejo de agua. Entre tanto las capacidades disponibles para el cumplimiento de su misión constitucional, se han enfocado mayoritariamente, a la protección y defensa de la mitad restante.

De acuerdo con (Rivera, 2018) al hablar de territorio marino, debemos hacer una abstracción espacial. A diferencia del territorio terrestre que se piensa bidimensional, el territorio marino debe ser pensado de forma volumétrica. Esto permite considerar ese espacio no sólo en el plano de superficie, sino también contemplar e integrar a la idea de “mar”, la columna de agua, el fondo marino, el subsuelo, la columna de aire y el espectro electromagnético explotable sobre y en él.

A partir de esa premisa, se propone un cambio de paradigma institucional para la seguridad y defensa nacional, que piense el mar de manera volumétrica a partir de la introducción del concepto de “Volumen de Interés Estratégico” (VIE), que hace conciencia de la multidimensionalidad del dominio marítimo, así como de la realidad de que es en la columna de agua y no solamente en la superficie y sobre ella, donde se encuentran los recursos a proteger y el futuro de las tecnologías que se configuran como amenazas y oportunidades potenciales de los intereses de los colombianos en el mar.

La estructura de capacidades actuales integrando las de la ARC y la Dirección General Marítima (DIMAR), tienen un alcance y efectividad limitada, asociado a las condiciones del

medio y a la relatividad del control del mar, que se conceptúa como: Local, Imperfecta, Temporal e Incompleta (“LITI”) por (Corbett, 2000), Castex y Solís; y que registra (Uribe-Caceres, 2017) .

Para que la ARC fortalezca los esfuerzos operacionales en la protección de ese 50% de jurisdicción sumergida; que alberga recursos, bienes de interés cultural, líneas de comunicación marítima e infraestructura crítica y estratégica; el Plan Estratégico Naval 2024-2042 (PEN-ARC); contempla la optimización de una estructura de fuerza que esté en capacidad de contrarrestar las amenazas externas e internas a los intereses nacionales, a través de proyectos estratégicos y procesos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). (Armada Nacional, 2024)

Una vez detectada esa brecha de capacidad, el estudio de una solución tecnológica que permita la protección de ese volumen sumergido, se convierte entonces en una necesidad manifiesta. Y por ello se intentará demostrar que el espectro acústico, es quizá el espectro más desarrollado en la actualidad, para dar respuesta a esas amenazas submarinas.

Para proyectar una solución que cierre la brecha de capacidad militar; se requiere entonces una justificación metódica de la necesidad y los cursos de acción para alcanzar el estado final deseado que le dé solución a la amenaza detectada.

El (MDN) ha implementado para tal fin, la *Guía Metodológica de Planeamiento por Capacidades “CAPÁCITAS”* , con la cual se surte un procedimiento de análisis minucioso desde el nivel estratégico; pasando por el nivel operacional y llegando hasta la identificación

de todos los componentes funcionales de la capacidad requerida: Doctrina, Organización, Material y Equipo, Personal e Infraestructura – “DOMPI”, así como los cursos de acción para darle soporte metodológico y práctico a la adquisición de la misma.

Partiendo de la experiencia previa en el desarrollo e innovación institucional en el espectro hidroacústico, que se materializó en 2022 con la prueba de un prototipo funcional de nivel TRL-5 del proyecto SIDACAM; y cuyo propósito inicial era la protección del bien de interés cultural: Pecio Galeón San José (BIC-PGSJ), así como de las potencialidades que supone ese sistema para otras misionalidades, el autor se propone dar respuesta a la pregunta:

¿Bajo el modelo de planeación CAPÂCITAS, qué factores justifican la adquisición de capacidades de control del mar que exploten el espectro hidroacústico, para la protección de volúmenes de interés estratégico (VIE) en Colombia?

La respuesta a ese cuestionamiento central, se logrará a partir de alcanzar un objetivo general que contempla:

Analizar los factores que justifican la adquisición de esas capacidades de control del mar a partir del espectro hidroacústico, a partir del modelo CAPÂCITAS. Y este a su vez, se logrará alcanzando unos objetivos específicos que incluyen:

Analizar los factores estratégicos nacionales afectados con la adquisición de capacidades del espectro hidroacústico, para la protección VIE en Colombia, a partir de los cuales se pueda proponer, una estructura organizacional dentro de la Armada Nacional,

encargada de implementar un sistema autónomo de detección y clasificación (y eventualmente identificación) hidroacústica de contactos en el mar, así como cuantificar una red funcional optimizada del sistema que tenga en cuenta las condiciones oceanoatmosféricas que condicionan su eficiencia y eficacia operativa.

Con base en el alcance de los objetivos planteados, el aporte de esta investigación al arte operacional en el marco de una estrategia de seguridad y defensa nacional, incluye la identificación y visibilización integral del espectro marítimo, de la infraestructura crítica, que la institución debe prever en su análisis del escenario; así como la concienciación de los decisores en el nivel estratégico y operacional de contemplar el mar como un espacio volumétrico multidimensional y multidominio, cuyas condiciones, oportunidades y vulnerabilidades deben ser contempladas de acuerdo con las limitaciones que cada dimensión le impone, para mitigar los riesgos y las amenazas presentes y futuras.

Así mismo, identificar nuevos medios tecnológicos que el estado del arte en hidroacústica y ciencias marinas han descubierto, para alcanzar los fines del Estado, en la protección de algunos de los interés nacionales en el mar, observados en la *Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros- PNOEC (2018)*<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Entre los que destacan 7 entre 13, dentro de las potencialidades de la capacidad propuesta: Soberanía e integridad del territorio marítimo nacional; Conciencia, Apropriación Territorial y Cultura Marítima; Investigación Científica, Tecnológica y de Innovación; Poder Naval; Seguridad Integral Marítima; Transporte y Comercio Marítimo Turismo Marítimo y Recreación, Industria Naval y Marítima, Minería Marina y Submarina.

**Aproximación teórica para la implementación de capacidades del espectro hidroacústicos para el control de los VIE.**

Según las resoluciones No.7144 de 2018 del MDN y No. 2902 del 2020, el modelo de planeación y desarrollo de capacidades de la Fuerza Pública -CAPACITAS- se define como: “...el conjunto de procesos, instancias responsables y productos que, de manera articulada y continua, traducen los lineamientos políticos y las prioridades estratégicas de defensa y seguridad, en las capacidades operacionales requeridas para la proyección y desarrollo en el mediano y largo plazo de una estructura de fuerza flexible, adaptable y sostenible”. MDN (2020)

Así mismo y acogiéndose a la doctrina naval y partiendo de una visión derivada de las ideas del Almirante Mahan, Rivera-Páez (2018) considera los a intereses marítimos como: “los bienes y atributos del mar que un Estado considera útil y conveniente aprovechar y proteger”. (Rivera-Páez, 2018) Que además involucra aspectos relacionados con “la seguridad de los espacios marítimos y de los derechos sobre estos espacios, el empleo seguro de las líneas de comunicación marítimas, el aprovechamiento de los litorales y áreas marinas, la seguridad de la vida humana en el mar y la proyección del Estado en la comunidad internacional” Rivera-Páez (2018, p.15).

De acuerdo con Torres (2023), en el contexto de las amenazas nacionales y transnacionales a los intereses estratégicos de Colombia en el mar, el control del escenario subacuático y de superficie, a partir de herramientas tecnológicas que exploten el aprendizaje automático y el espectro hidroacústico, sobre potenciales vulneraciones a la seguridad y

defensa de espacios marítimos y costeros, así como de bienes de interés estratégico y cultural de la Nación; se convierten en una oportunidad para las Instituciones responsables de los intereses marítimos. En especial, en un ambiente operacional en donde activos como el pecio galeón San José y los avances tecnológicos globales en el espectro hidroacústico, han forzado la apertura de líneas de investigación para su explotación y en particular para la ARC, como garante designado por el Estado para su defensa y control.

Para ello, es prioritario contar con capacidades, que como se verá mas adelante; incluyen medios navales, aéreoespaciales e informáticos suficientes para la vigilancia y el control de los espacios marítimo nacionales entendidos en su multidimensionalidad.

Esta investigación se enmarca en los estudios estratégicos, entre cuyos autores seminales se encuentra Karl Von Clausewitz, quien establece una relación directa entre FINES y MEDIOS para el planeamiento y desarrollo estratégico.

“Siempre que una actividad, en su mayor proporción, se halle referida a las mismas cosas, a los mismos fines y los mismos medios, incluso con pequeñas diferencias y la correspondiente variedad de combinaciones, esas cosas deberán disponer de la capacidad de transformarse en objetos de consideración mediante la razón”. (Clausewitz, 2020)

En la misma línea de investigación, Rivera (2025) que referencia a (Liotta & Lloyd, 2005), abordan el proceso de planeamiento de fuerza, que a su vez es el resultado del proceso de planeamiento de la defensa. Procesos que finalmente permiten traducir los objetivos estratégicos de un Estado en capacidades militares concretas (esto es FINES en MEDIOS)

que buscan la protección de los intereses nacionales dentro de los límites económicos, diplomáticos y tecnológicos disponibles; en relación con las amenazas y desafíos del entorno estratégico de las naciones.

Este proceso, según Sullivan (2022), se desarrolla en seis etapas fundamentales:

1. Valoración estratégica
2. Estrategia
3. Conceptos operacionales
4. Capacidades
5. Programas y proyectos
6. Estructura de fuerza

### **Definiciones y referencias para la implementación de una capacidad del espectro hidroacústico en las VIE:**

Con el objetivo de dar claridad conceptual a ciertos elementos clave de la investigación, las siguientes son definiciones y referencias que se usarán a lo largo del texto.

#### **Capacidad:**

De acuerdo con (Ministerio de Defensa Nacional, 2018), una capacidades es la habilidad para realizar una tarea (bajo criterios de tiempo, distancia y simultaneidad); combinando sus componentes: Doctrina, Organización, Material y Equipo, Personal e Infraestructura (DOMPI).

Por su parte, una brecha de capacidad; es la diferencia entre el nivel actual y el valor potencial requerido de las capacidades, para el desarrollo de los conceptos operacionales de mediano y largo plazo. Estas no se expresan en términos de componentes de la capacidad (DOMPI), sino en términos la habilidad de hacer una tarea específica. (Ministerio de Defensa Nacional, 2018)

**Infraestructura Crítica:**

Salamanca et al. (2022) las refieren como los sistemas físicos y virtuales que facilitan el funcionamiento relacionado con los servicios básicos a nivel social, económico, ambiental y político, y que en caso de sufrir una alteración o interrupción (a causa de la naturaleza o el ser humano), podría originar consecuencias negativas para los gobiernos, los Estados y los ciudadanos; ya que no podrían realizar sus actividades cotidianas y con ello, paralizarían al país afectado.

Dicha infraestructura crítica y en particular la vinculada al dominio marítimo (ICM) como los sistemas portuarios, astilleros, cables submarinos, plataformas offshore, rutas comerciales, patrimonio sumergido, entre otros; como ya se dijo, son activos esenciales para la estabilidad y desarrollo nacional en sus componentes económico, energético y geopolítico; y se configuran en activos vulnerables a amenazas naturales, convencionales, asimétricas y cibernéticas. Lo que exige una estrategia integral para su protección, incluyendo políticas de protección específicas, consistentes tanto en los fines, formas y medios de la estrategia de la seguridad y defensa nacional, que a su vez incluye las acciones en diplomacia y ciberseguridad, así como la cooperación directa con la industria (Bueger & Liebetrau, 2023).

Por su parte y de acuerdo con (Salamanca-Rodríguez, 2022), la infraestructura crítica (IC) son los sistemas físicos y virtuales que facilitan el funcionamiento de servicios básicos del poder nacional, esto es: Político, Económico, Militar, Social, Informático, Tecnológico, Infraestructura y Medio Ambiente (PEMSITIM) los cuales, en caso ser vulnerados por efectos naturales o antrópicos, se originarían consecuencias negativas para el Estado, su Gobierno y los ciudadanos, afectando su normal funcionamiento.

### **Hidroacústica:**

Rivera (2016), referenciando a Ulrick (1979), define la hidroacústica como el estudio del medio hídrico y sus propiedades físicas, así como de la variabilidad de aquellos parámetros incidentes en el comportamiento del sonido en el agua, para conocer y predecir el comportamiento de la velocidad del sonido en el agua y con ello el desempeño de los equipos hidroacústicos de gran relevancia en la táctica naval y la oceanología.

Estudios del sistema de monitoreo internacional muestran cómo los sensores estratégicamente ubicados pueden discriminar eventos sísmicos o explosivos con alta precisión, aun en presencia de obstáculos batimétricos (Schrodt, Russell, Clauter, & Schult, 1995). Además, se ha demostrado la viabilidad de integrar sistemas hidroacústicos con vigilancia costera para identificar embarcaciones no autorizadas cerca de infraestructura crítica (Buszman, 2020)

En línea con lo anterior, el espectro hidroacústico se convierte en una herramienta altamente tecnificada y estudiada, que permitiría la detección de eventos bajo el espejo de



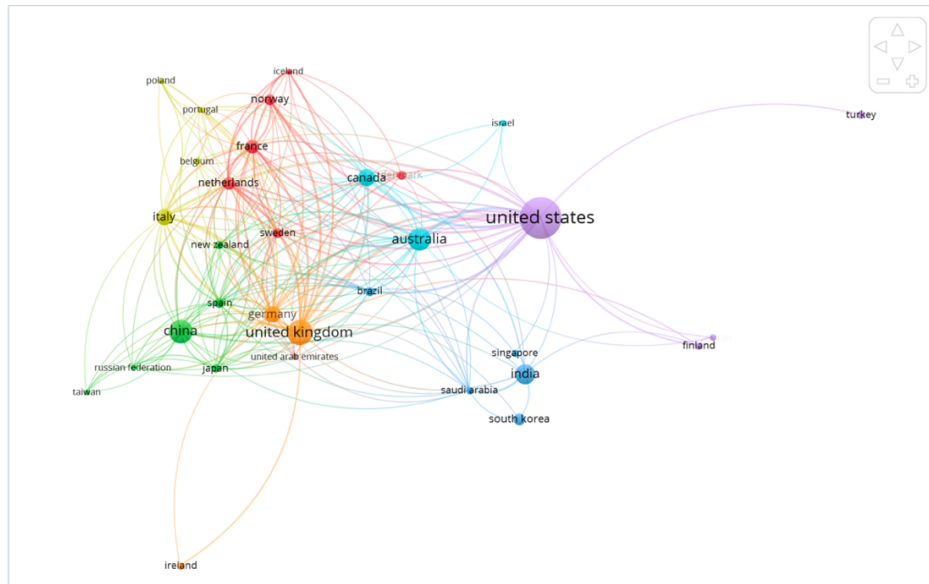


Figura 1 Grafo obtenido de la aplicación VOSViewer<sup>®</sup> usando el registro de base de datos de SCOPUS bajo el filtro “submarine AND defense AND surveillance AND systems” y filtrado por palabras país de publicación y filtrando los países de mayor relevancia.

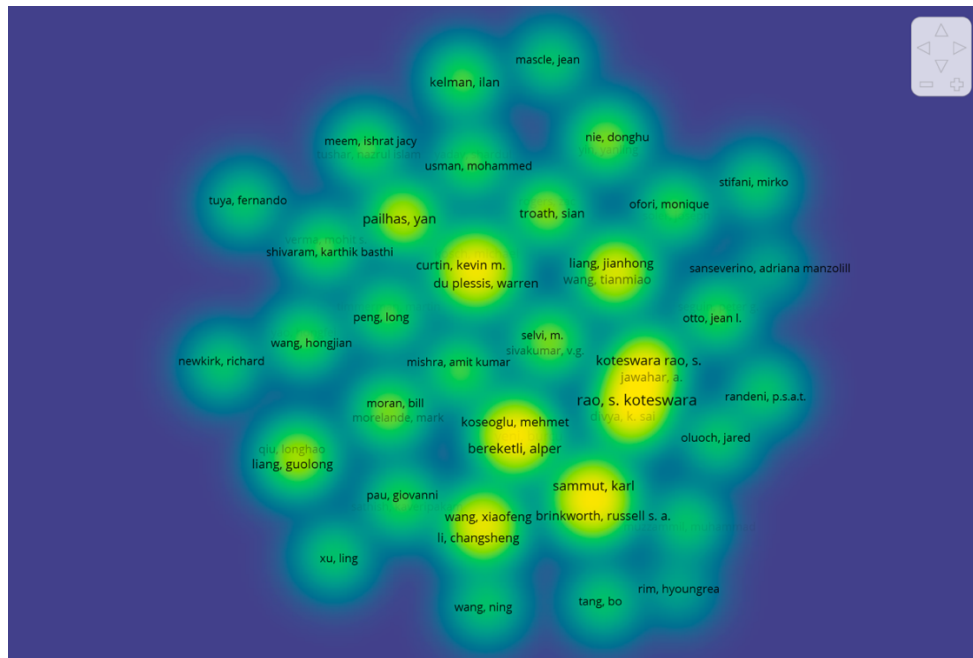


Figura 2 Mapa de Calor obtenido de la aplicación VOSViewer<sup>®</sup> usando el registro de base de datos de SCOPUS bajo el filtro “submarine AND defense AND surveillance AND systems” y filtrado por autores más citados y relevantes en la literatura.

Estas figuras muestran el liderazgo tecnológico de Estados Unidos, Reino Unido, China, India, Australia entre otros países europeos como Alemania, Holanda, Francia e Italia; que mantienen el enfoque en conceptos como *acústica submarina, submarinos, SONAR, vehículos autónomos subacuáticos, antenas y seguimiento de blancos.*

La abundancia de literatura referente a temas de acústica submarina y la aún potencial explotación de ese medio y del espectro acústico, en los ámbitos militares, comerciales y científicos; permiten considerar este espectro como una capacidad relevante en el presente y en el futuro, para temas de seguridad, vigilancia y defensa de los entornos submarinos.

Dentro de los autores de mayor influencia se encuentran: Rao Koteswara, Alper Bereketli, Russell Brinkworth, Wang Xiaofeng, entre otros. A partir de estos nombres en la siguiente tabla se presentan sus artículos científicos de mayor impacto e influencia en la literatura moderna.

Tabla 1. Resultados de búsqueda sistemática de literatura referente a sistemas de vigilancia y seguridad submarina moderna y los autores de mayor influencia y relevancia.

Cita	Resumen
Annabattula, J., Rao, S. K., Dakshina Murthy, A., Srikanth, K. S., & Das, R. P. (2015). Advanced Submarine Integrated Weapon Control System. <i>Indian Journal of Science and Technology</i> , 8(35), 1–3.	Sistema avanzado de control de armas submarinas integradas que utiliza un filtro de Kalman adaptativo para estimar parámetros de movimiento de objetivos en modo de escucha pasiva.
Jagan, B. O., Rao, S. K., Jawahar, A., & Karishma, S. K. B. (2016). Unscented Kalman Filter with Application to Bearings-only Passive Target Tracking. <i>Indian Journal of Science and Technology</i> , 9(19).	Filtro de Kalman no lineal (UKF) para el seguimiento pasivo de objetivos utilizando datos de marcación polar. Simulaciones de Monte Carlo para evaluar la convergencia del algoritmo en escenarios de ASW, destacando eficacia en estimación de parámetros de movimiento en condiciones de ruido
Wang, H., & Xiao, N. (2023). Underwater object detection method based on improved Faster RCNN. <i>Applied Sciences</i> , 13(4), 2746.	Método mejorado de Faster RCNN para detectar objetos submarinos con mayor precisión y velocidad.
Wang, Q., et al. (2016). On modeling eavesdropping attacks in underwater acoustic sensor networks. <i>Sensors</i> , 16(5), 721.	Modela ataques de espionaje en redes submarinas y sugiere estrategias de mitigación.
Bereketli, A. (2022). Interference-free source deployment... <i>Peer-to-Peer Networking and Applications</i> , 15(3), 1577–1594.	Optimiza el despliegue de fuentes para evitar interferencias y mejorar la cobertura.
Bereketli, A., & Avcioglu, A. (2022). Three dimensional volume coverage... <i>IEEE Access</i> , 10, 123560–123578.	Cobertura tridimensional eficiente para redes de sensores sonar multistáticos.
Bereketli, A. (2017). Battery-powered AUV network lifetime... <i>OCEANS 2017</i> , 1–5.	Analiza la vida útil de redes AUV limitadas por batería.
Bereketli, A. (2017). Connectivity analysis... <i>Underwater Technology (UT)</i> , 1–5.	Examina la conectividad AUV usando comunicaciones OFDM.
Bereketli, A. (2015). Direction of arrival estimation... <i>Journal of Sensors</i> , Article ID 401353.	Estima direcciones de llegada en aguas poco profundas con un sensor vectorial.
Bereketli, A. (2013). Cross layer power adaptive CSMA/CA... <i>Med-Hoc-Net</i> , 26–33.	Protocolo CSMA/CA adaptativo para mejorar eficiencia energética en redes submarinas.
Bereketli, A. (2012). Remotely powered... <i>IEEE Sensors Journal</i> , 12(12), 3467–3472.	Redes de sensores alimentadas remotamente para extender vida útil y cobertura.

### **CAPÁCITAS:**

El modelo CAPÁCITAS, es una herramienta de planeación estratégica basada en el desarrollo y sostenibilidad de capacidades de mediano y largo plazo. Su enfoque permite articular la doctrina, organización, material, personal e infraestructura (DOMPI), para cerrar brechas en seguridad y defensa, objetivo final del proceso de planeamiento de fuerza y por su conducto el planeamiento para la defensa.

### **Intereses Marítimos:**

De la doctrina naval, derivada de las ideas del Almirante Mahan, los intereses marítimos, se consideran como: “los bienes y atributos del mar que un Estado considera útil y conveniente aprovechar y proteger” (Rivera-Páez, 2018). Involucrando aspectos relacionados con “la seguridad de los espacios marítimos y de los derechos sobre estos espacios, el empleo seguro de las líneas de comunicación marítimas, el aprovechamiento de los litorales y áreas marinas, la seguridad de la vida humana en el mar y la proyección del Estado en la comunidad internacional”

En ese sentido, en el marco de planeamiento por capacidades, la integración de sistemas hidroacústicos a un sistema nacional de monitoreo responde a los siguientes objetivos:

- Cierre de brechas de capacidad en vigilancia subacuática. Que de acuerdo con (Comando General de las Fuerzas Militares, 2022) corresponde a una brecha del tipo 1: “No hay Unidades del tipo requerido”
- Detección anticipada de amenazas híbridas (submarinas, cibernéticas, o terroristas).

- Proyección estratégica de estructuras de fuerza conjunta con capacidades técnicas sostenibles.

Esto se alinea con doctrinas modernas de estrategia marítima, como las de Till (2009), que resaltan la necesidad de capacidades modulares, interoperables y adaptables para ejercer control del mar, disuasión y protección de intereses nacionales (Pac, 2022)

(Salamanca-Rodríguez, 2022) enfatiza la vigilancia y protección de activos estratégicos marítimos, toda vez que el uso del espectro hidroacústico, permite una respuesta integrada a riesgos transfronterizos y eventos no convencionales, alineado con el principio de disuasión general, abordado por (Mazarr, 2018) como: El esfuerzo continuo y persistente para prevenir acciones no deseadas a largo plazo y en situaciones que no son de crisis; y el de capacidades conjuntas abordado por (Walsh & Huber, 2023), en el que destaca que los procesos de diseño y desarrollo de las capacidades de cada fuerza, se articulan dentro del concepto de guerra conjunta (JWC, por sus siglas en inglés); caracterizada por los rápidos cambios en la naturaleza del conflicto.

Con ello, la aplicación del proceso CAPÂCITAS en la explotación del espectro hidroacústico representa una oportunidad estratégica para fortalecer la defensa marítima de Colombia, mediante el desarrollo de capacidades sostenibles, adaptables y alineadas con los retos geoestratégicos modernos.

## **Aproximación Metodológica para el análisis de la capacidad en el espectro hidroacústico para la protección de VIE:**

Para el desarrollo de los objetivos de investigación, se usó una metodología mixta que integró elementos cualitativos, a partir de grupos focales como paneles de expertos y entrevistas semiestructuradas, para el cumplimiento de los objetivos y 1 y 3.

Así como metodologías cuantitativas como el desarrollo de modelos de prospectiva estratégica, análisis de criticidad, interpretación de modelos físico-matemáticos; storytelling a partir de mapas de calor (basado en datos discretos y categóricos, extraídos de un inventario gestionado, depurado y segmentado, a partir de la búsqueda sistemática de información actualizada con entidades del orden nacional como ARC y DIMAR, así como de fuentes abiertas privadas y públicas) para lograr los objetivos 1 y 2 siguiendo los lineamientos de diseños de investigación mixta propuestos por (Creswell & Poth, 2018) y las metodologías para técnicas de recogida de información en diseños mixtos abordado por (Folgueiras & Ramirez, C. , 2017).

## **Objetivo 1**

### **Analizar los factores estratégicos nacionales afectados con la adquisición de capacidades del espectro hidroacústico, para la protección VIE en Colombia.**

El planeamiento por capacidades es un enfoque doctrinal que le permite al Estado, alinear sus objetivos estratégicos con las capacidades funcionales para alcanzarlos; conceptos que se homologan con FINES y MEDIOS, en la de planeamiento para la defensa que seminalmente nombra Clausewitz en (Clausewitz, 2020).

Esto le permite al sector de seguridad y defensa, estar en condición “real y medible” de cumplir su misión, articulando la planeación de mediano y largo plazo con el direccionamiento político y estratégico de corto plazo (Ministerio de Defensa Nacional, 2018) en escenarios Volátiles, Inciertos, Complejos y Ambiguos (VICA).

Este enfoque se ha impuesto sobre modelos tradicionales, basados en la amenaza como entidad estática, el planeamiento sobre inventarios o bien sobre decisiones fragmentadas basadas en supuestos de disponibilidad y potencialidad. Lo anterior, a partir de la identificación, validación, desarrollo y sostenimiento de las capacidades que enfrentarán las amenazas presentes y futuras evaluando las existencias y condiciones variables de la

actualidad; introduciendo además; criterios funcionales, interoperabilidad, sostenibilidad, y efectos estratégicos deseados.

Partiendo de conceptos desarrollados por el filósofo Gaston Berger, sobre prospectiva estratégica y usando herramientas tecnológicas (MICMAC®) que nos permite visualizar la información procesada, se usó esta disciplina cuyo “método reconcilia el saber y el poder, los fines y los medios, dando al político la posibilidad de convertir su visión del futuro en acciones y sus sueños en proyectos” (Godet & Durance, 2011). Metodología que incluye la secuencia de la siguiente flujograma:

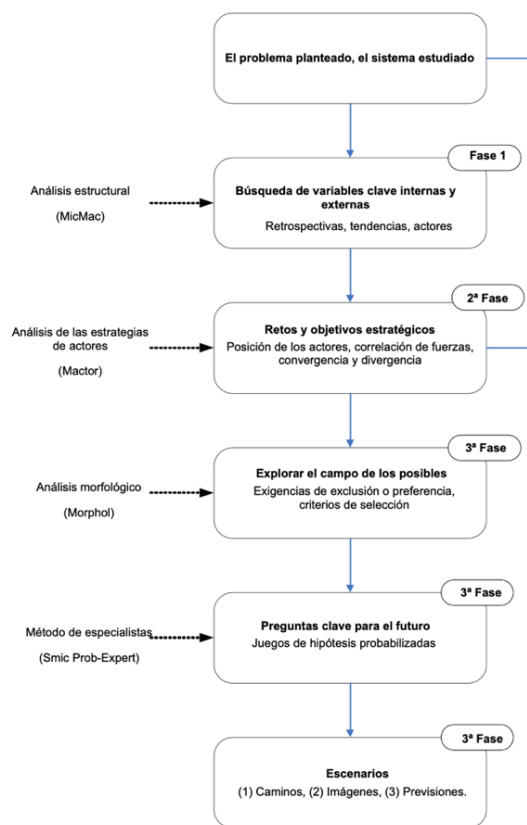


Figura 3. Flujograma Metodología Prospectiva Estratégica propuesto por (Godet & Durance, 2011)

Los problemas planteados y el sistema estudiado, fue explicado en los apartes anteriores, de tal suerte que aplicando la Fase 1 de la metodología; realizar la búsqueda de variables claves, internas y externas, mediante la implementación de un panel de expertos “que posibilita recabar la opinión de personas cuya formación o trayectoria profesional refleja que son capaces de emitir evidencias y valoraciones críticas sobre el tema objeto de estudio, buscando el consenso racional y dotando de validez al contenido estudiado”. (AIDIPE, 2017)

En este caso, el juicio de expertos fue consensuado por un panel compuesto por el personal de comandantes de Unidades submarinas operativas y el actual comandante de la Fuerza Submarina de Colombia, que incluyen a:

**Capitán de Navío Christian Enrique Parada Pérez:** Comandante de la Flotilla de Submarinos, ex Comandante Submarinos ARC “TAYRONA” y ARC “INDOMABLE”, buzo ARC, ingeniero naval, especialista en política y estrategia marítima, magister en seguridad y defensa nacionales.

**Capitán de Fragata Héctor Camilo Agudelo Medina:** Comandante Submarino ARC “PIJAO” y ARC “INDOMABLE”, ingeniero naval, especialista en política y estrategia marítima, magister en seguridad y defensa nacionales.

**Capitán de Fragata Nicolás Bermúdez Arciniegas:** Comandante Submarino ARC “TAYRONA” y ARC “INDOMABLE”, buzo ARC, ingeniero naval, especialista en política y estrategia marítima, especialista en política y estrategia marítima, magister en seguridad y defensa nacionales.

**Capitán de Fragata Juan Fernando Rico Molina:** Comandante Submarino ARC “INDOMABLE”, buzo ARC, ingeniero naval, especialista en política y estrategia marítima, magister en seguridad y defensa nacionales.

**Capitán de Corbeta Edgar Camilo García Rojas:** ex Segundo Comandante Submarino ARC “INDOMABLE”, buzo salvamentista ARC, ingeniero electrónico naval, especialista en política y estrategia marítima.

Del panel propuesto\* y a través del análisis metodológico para cada panelista, se requirió evaluar la matriz DOFA para una “Capacidades del espectro hidroacústico, para la protección de volúmenes de interés estratégico (VIE) en los mares y costas de Colombia”.

Evaluando como factores internos de la ARC e instituciones asociadas al poder naval de Colombia como DIMAR y COTECMAR las debilidades y fortalezas en los dominios de las capacidades: Doctrina, Organización, Mantenimiento, Personal e Infraestructura

---

\* ANEXO I: 06 Formatos Consentimiento Informado de Aplicación de Herramientas Metodológicas Para Investigación ESDEG, de los 06 miembros del panel de expertos participante y ANEXO II: Formulario de Preguntas efectuadas al panel de expertos, de fecha 17 de Junio de 2025 (Firmado).

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

(DOMPI). Mientras los Factores Externos evaluados en el escenario mundial, regional y nacional las oportunidades y amenazas; evaluados dentro de los dominios: Político, Económico, Militar, Social, Infraestructura y Tecnológico (PEMSIT) logrando del análisis la siguiente matriz:

*Tabla 2. Síntesis del Panel de Expertos realizado para el análisis de la Matriz DOFA para Capacidades del espectro hidroacústico, para la protección de volúmenes de interés estratégico (VIE) en los mares y costas de Colombia.*

<b>MATRIZ DOFA</b>			
<b>ASPECTOS FAVORABLES</b>			
<b>INTERNOS (FORTALEZAS)</b>		<b>DEL ENTORNO NACIONAL Y MUNDIAL (OPORTUNIDADES)</b>	
<b>D</b>	DOCTRINA EN INVESTIGACIÓN HIDROGRÁFICA Y PROSPECCIÓN SUBMARINA	<b>P</b>	COOPERACION INTERNACIONAL DISPONIBLE PARA FORTALECER UNA CAPACIDAD INCIPIENTE
<b>O</b>	ESTRUCTURA FUERZA SUBMARINA Y DE BUCEO ARC	<b>E</b>	APALANCAMIENTO DE PROYECTOS TECNOLÓGICOS COMO POLÍTICA NACIONAL (MINTIC, MINEDU, MINCIENCIAS, MINCULT, MINDEFENSA. /
<b>M</b>	4 SUBMARINOS - 04 ROVS - 5 BUQUES PROSPECCIÓN MARINA		VENTA DE PRODUCTOS Y SERVICIOS DE ID+I .
<b>P</b>	MÁS DE 200 SUBMARINISTAS - 400 BUZOS – (ACTIVOS)	<b>M</b>	INCENTIVOS ESTRATÉGICOS PARA MEJORAR LAS CAPACIDADES
	ENTRENEAMIENTO Y EXPERIENCIA DE SONARISTAS ARC		DISMINUCIÓN COSTOS DE RECURSOS PARA VIGILANCIA SUBMARINA.
	ENTRENAMIENTO Y EXPERIENCIA INVESTIGADORES DIMAR .	<b>S</b>	FORTALECIMIENTO DE LA FUENTE DE PERSONAL CIENTÍFICO Y CAPACITADO EN MATERIA DE APLICACIÓN DE FÍSICA E HIDROACÚSTICA EN COLOMBIA LO QUE PERMITIRÍA CONTROL DE FUGA DE CONOCIMIENTO
	ENTRENAMIENTO Y EXPERIENCIA BUZOS .		LA INFLUENCIA REGIONAL EN MATERIA DE SEGURIDAD MARÍTIMA
	ENTRENAMIENTO, EXPERIENCIA Y CAPACIDADES DE COTECMAR PARA ID+I	<b>I</b>	REQUERIMIENTO RECURRENTE DE INFORMACIÓN DE INTELIGENCIA DISPONIBLE EN ÁREAS DE INTERÉS MARÍTIMO EN TODOS LOS NIVELES DEL MANDO
<b>I</b>	CAPACIDAD INSTALADA DE ARC -SUBMARINOS Y BUCEO Y SALVAMENTO	<b>T</b>	INDEPENDENCIA TECNOLÓGICA
	CAPACIDAD INSTALADA DE DIMAR		INFLUENCIA TECNOLÓGICA EN LA REGIÓN
	CAPACIDAD INSTALADA DE COTECMAR		
<b>ASPECTOS DESFAVORABLES</b>			
<b>INTERNOS (DEBILIDADES)</b>		<b>DEL ENTORNO NACIONAL Y MUNDIAL (AMENAZAS)</b>	
<b>D</b>	NO SE CUENTA CON EQUIPOS NI DOCTRINA EN RED PARA VIGILANCIA SUBMARINA PERMANENTE	<b>P</b>	DEBILIDAD EN EL LOGRO DE INTERESES NACIONALES POR AFECTACIÓN A INFRAESTRUCTURA CRÍTICA MARINA
<b>O</b>	NO SE HA DISEÑADO LA ORGANIZACIÓN PARA OBTENCIÓN/ALMACENAMIENTO/ANÁLISIS/ OPERACIONALIZACIÓN DE DATOS DE VIGILANCIA SUBMARINA	<b>E</b>	DEPENDENCIA TECNOLÓGICA
<b>M</b>	NO SE CUENTA CON EQUIPOS EN RED PARA VIGILANCIA SUBMARINA DE MANERA PERMANENTE		AFECTACIÓN A INFRAESTRUCTURA CRÍTICA DEL PAÍS
	CAPACIDAD LOGÍSTICA PARA MANTENIBILIDAD DE LA CAPACIDAD INSTALADA	<b>M</b>	SUPERIORIDAD DEL ADVERSARIO PARA EL CONTROL DEL MAR .
<b>P</b>	FALTA DE CREDIBILIDAD EN DESARROLLO NACIONAL	<b>S</b>	EFFECTOS SOCIALES COLATERALES POR POSIBLE AFECTACIÓN A INFRAESTRUCTURA CRÍTICA
	FUGA DE CONOCIMIENTO POR POBRE TRANSFERENCIA O RETENCIÓN DE PERSONAL		PÉRDIDA DE CONECTIVIDAD POR AFECTACIÓN A LA INFRAESTRUCTURA CRÍTICA .
<b>I</b>	FALTA DE INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA .	<b>I</b>	AMENAZAS FÍSICAS NO DETECTADAS OPORTUNAMENTE
	DEPENDENCIA TECNOLÓGICA		DEPENDENCIA TECNOLÓGICA
		<b>T</b>	OBSOLESCENCIA POR NUEVAS CAPACIDADES TECNOLOGICAS DEL ADVERSARIO
			DES PRIORIZACION LOGISTICA PARA SOPORTE TECNOLOGICO POR EFECTOS DE CONFLICTOS INTERNACIONALES

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

Con base en ella, se definió cada enunciado en infinitivo y con proyección neutral para evaluarla como factor; así como su aplicación y la mención de los indicadores de medición de impacto en caso de evaluación discreta o cuantitativa.

De allí se obtienen 29 enunciados que permiten en la etapa siguiente una evaluación por pares en las que se evaluó la influencia y la dependencia entre ellas:

*Tabla 3. Tabla de factores neutrales de evaluación prospectiva.*

TABLA DE FACTORES NEUTRALES DE EVALUACIÓN PROSPECTIVA		ACRÓNIMO
1.	Doctrina en investigación hidrográfica y prospección submarina	DOCTRIN
2.	Estructura fuerza submarina y de buceo arc	ESTRFZA
3.	4 submarinos - 04 rovs - 5 buques prospección marina	PLATFRMS
4.	200 submarinistas - 400 buzos -	EXPRTS
5.	Entrenamiento y experiencia de sonaristas arc	ENTTEXPR
6.	Equipos y doctrina en red para vigilancia submarina permanente	EQPNRED
7.	Organización para obtención/almacenamiento/análisis/ operacionalización de datos de vigilancia submarina	ORGALOPVG
8.	Dependencia tecnológica	DEPENDTEC
9.	Credibilidad en la capacidad de desarrollo nacional	CREER
10.	Fuga de conocimiento y fidelización de personal	BRAINSCAP
11.	Inversión en infraestructura	INVINFRST
12.	Cooperación internacional disponible para fortalecer capacidades	COOPERINT
13.	Apalancamiento de proyectos tecnológicos como política nacional (mintic, minedu, minciencias, mincult, mindefensa.	APALANCTO
14.	Venta de productos y servicios de id+i .	VENTASP&S
15.	Incentivos estratégicos para mejorar las capacidades de material y cognitivas	INCENTIVO
16.	Costos de recursos para vigilancia submarina.	VIGSUB
17.	Competencia científica del personal en física e hidroacústica	SCIENSEXP
18.	Influencia regional en materia de seguridad marítima	INFLREG
19.	Disponibilidad de información de inteligencia disponible en áreas de interés marítimo en todos los niveles del mando	INTELDATA
20.	Logro de intereses nacionales por afectación a infraestructura crítica marina	INTMARIT
21.	Afectación a infraestructura crítica del país	AFCTICM
22.	Relación de fuerza o capacidad del adversario para el control del mar -	RELFZCONT
23.	Efectos sociales en infraestructura crítica	SOCEFFECT
24.	Conectividad por afectación a la infraestructura crítica -	CONNECTIV
25.	Detección oportuna de amenazas	DETAMNZ
26.	Actualización de capacidades tecnológicas	UPDTCAP
27.	Capacidad logística para mantenibilidad de la capacidad instalada	CAPMTTO
28.	Priorización logística para soporte tecnológico por efectos de conflictos internacionales	PRIORLOG

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”  
Bogotá D.C., Colombia

Evaluación de la que se obtuvo una tabla de contingencia cruzada, donde se evaluó de 0 a 4, donde 0= No hay relación y 3= Influencia Fuerte.

Tabla 4. Matriz de Influencia Directa entre 29 factores. Desarrollo del Autor.

	DOCTRIN	ESTRFZA	PLATFRMS	EXPRTS	ENTTEXPR	EQPNRED	ORGALOPVG	DEPENDTEC	CREER	BRAINSCAP	INVINFRST	COOPERINT	APALANCTO	VENTASP&S	INCENTIVO	VIGSUB	SCIENSEXP	INFLREG	INTELDATA	INTMARIT	AFCTICM	RELFZCONT	SOCFEECT	CONECTIV	DETAMNZ	UPDTCAP	CAPMITO	PRIORLOG
DOCTRIN	0	2	3	1	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2	3	1	3	3	1	3	1	1	1	0	2	3	2	0
ESTRFZA	2	0	3	3	3	3	1	1	2	2	3	1	1	2	2	2	1	3	3	3	1	2	0	1	3	3	3	3
PLATFRMS	1	3	0	3	3	1	1	2	1	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2	3	1	1	3	3	2	2
EXPRTS	2	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	1	2	1	3	0	0	2	3	3	1
ENTTEXPR	2	3	3	3	0	3	1	3	3	3	2	3	2	1	2	3	3	3	1	3	2	3	0	1	3	3	3	2
EQPNRED	3	3	3	3	3	0	0	3	3	1	3	3	0	1	1	2	2	3	1	3	1	3	0	0	3	3	1	2
ORGALOPVG	1	1	3	2	3	2	0	3	2	2	1	2	1	1	1	2	2	3	2	2	3	3	0	1	3	1	2	2
DEPENDTEC	1	1	2	1	3	1	1	0	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	1	2	2	1	1	1	1	3	2	1
CREER	1	3	3	2	3	1	1	3	0	1	3	2	1	2	2	2	3	3	1	3	3	3	1	1	3	1	1	1
BRAINSCAP	3	2	1	2	3	0	3	3	1	0	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
INVINFRST	3	3	3	3	1	2	2	2	2	0	0	3	3	1	1	3	1	3	1	2	3	3	1	3	2	2	2	1
COOPERINT	3	3	3	2	3	2	3	3	3	1	2	0	2	1	1	2	3	3	3	2	3	3	1	1	3	1	1	1
APALANCTO	3	3	3	2	3	2	3	3	3	1	2	3	0	1	2	3	3	3	2	3	2	3	2	3	2	1	1	2
VENTASP&S	1	1	3	1	3	2	2	3	3	0	1	3	2	0	1	3	3	3	1	2	2	2	1	3	2	3	1	1
INCENTIVO	3	1	3	1	3	1	1	3	3	1	3	3	2	1	0	2	3	3	1	2	1	2	1	3	1	2	1	1
VIGSUB	1	3	3	1	1	2	3	3	1	1	3	2	1	1	1	0	1	3	1	2	2	2	2	3	3	3	3	2
SCIENSEXP	1	2	3	1	3	1	3	3	3	2	2	2	1	2	2	1	0	3	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1
INFLREG	1	3	3	2	1	0	2	3	3	1	2	3	1	2	1	1	3	0	3	2	3	3	2	3	2	2	2	3
INTELDATA	1	1	3	1	2	1	3	2	2	1	1	3	1	1	1	1	1	0	1	3	3	0	3	3	2	3	2	2
INTMARIT	1	1	2	0	0	1	2	3	2	0	2	3	2	2	1	1	2	2	1	0	3	1	1	2	1	1	2	1
AFCTICM	1	1	3	0	0	0	2	1	2	0	2	2	1	1	1	1	2	2	3	1	0	3	3	3	3	2	2	2
RELFZCONT	1	3	3	2	3	1	2	1	2	0	2	3	2	1	2	2	2	3	2	2	3	0	1	3	3	2	3	2
SOCFEECT	1	1	2	0	0	0	2	1	2	0	2	2	1	1	1	1	1	2	3	2	3	1	0	3	3	1	1	1
CONECTIV	1	1	1	0	0	0	2	1	1	0	3	1	2	1	1	2	1	1	3	1	3	1	3	0	3	1	2	2
DETAMNZ	2	1	3	1	3	1	3	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	3	1	3	3	1	3	0	2	2	1
UPDTCAP	3	2	2	0	1	1	2	2	1	1	1	3	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	1	1	2	0	3	3
CAPMITO	1	2	1	0	0	2	2	3	1	1	3	1	2	2	1	3	1	2	3	2	3	2	1	3	1	2	0	2
PRIORLOG	2	1	3	1	0	2	2	3	2	0	1	1	1	1	1	3	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	1	0

A partir de esta matriz y usando las herramientas de *Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación* (MICMAC), se realizó un análisis de influencia directa del que se obtuvieron variables que de acuerdo con su cuadrante cartesiano así (en su orden de relevancia):

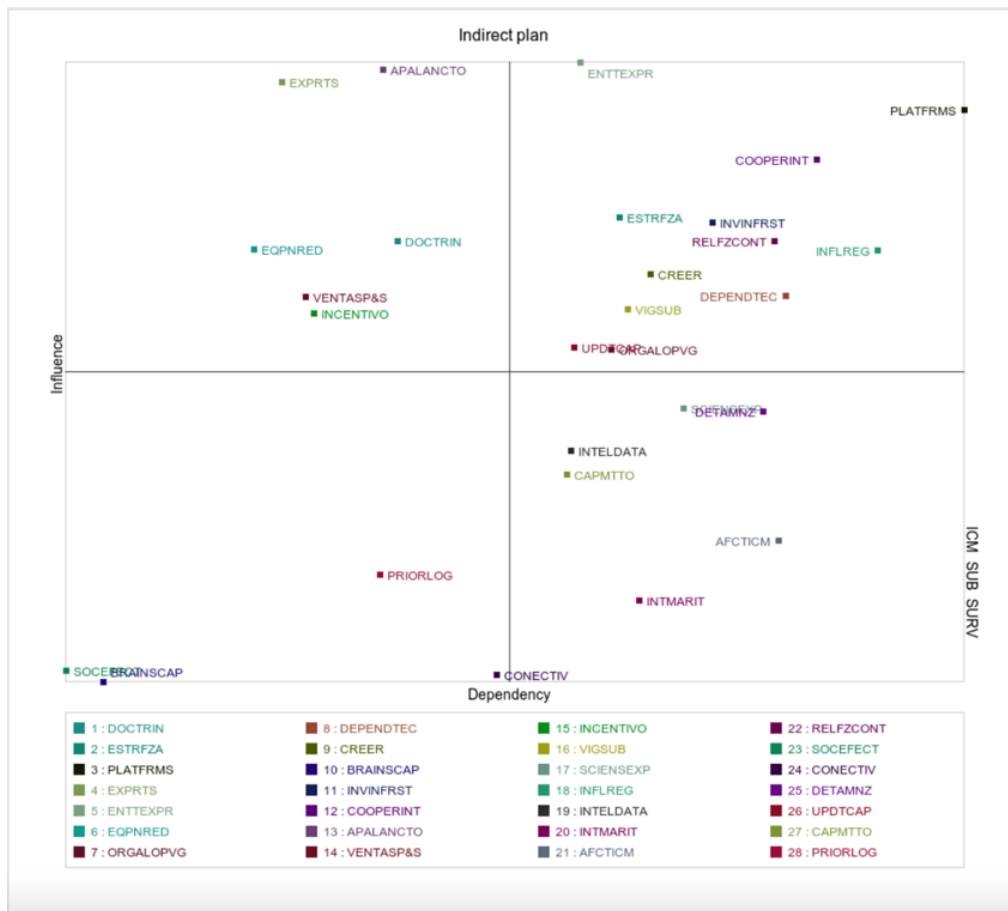


Figura 4. Matriz de Influencia Indirecta de las variables estratégicas para las capacidades del espectro hidroacústico orientadas a la protección de Infraestructura Crítica Marítima en Colombia, usando la herramienta MicMac®, desarrollo del autor.

### 1. Variables Estratégicas o Variables Motor:

- Existencia de plataformas submarinas, de investigación y de superficie.
- Cooperación internacional.
- Influencia regional.
- Inversión en infraestructura.
- Relación de fuerza o capacidad del adversario para el control del mar.

- Dependencia tecnológica.
- Credibilidad en la capacidad de desarrollo nacional.
- Estructura de fuerza.

**2. Variables de Salida:**

- Detección temprana de amenazas
- Afectación a la infraestructura crítica
- Intereses marítimos
- Competencia científica del personal en física e hidroacústica.

**3. Variables de Entrada:**

- Capacidad de personal de submarinistas y buzos
- Doctrina
- Equipos en red disponibles

**4. Variables Autónomas:**

- Fuga de conocimientos
- Priorización logística
- Conectividad por afectación a la infraestructura crítica.

Integrando los aspectos de la matriz y entendiendo que las variables de salida (2), son sensibles a la modificación de las variables motor (1). La existencia de plataformas y su

sostenimiento operativo permite incrementar la experiencia de operadores y decisores a partir de su actividad operacional; así mismo, permite concienciar sobre la relevancia de este tipo de tecnologías del espectro hidroacústico en la obtención de los resultados esperados en la detección temprana de amenazas a la infraestructura crítica, lo que finalmente impacta la protección y sostenimientos de los intereses marítimos descritos arriba.

Al integrar la cooperación internacional; tanto, para el soporte tecnológico a partir de actores internacionales con mayor experiencia y experticia, así como la actividad combinada en seguridad y defensa dentro de los círculos de influencia regional.

Al invertir en infraestructura y fortalecer la capacidad del espectro hidroacústico para la protección de VIE, permitiría mejorar la relación de fuerza en el contexto regional y contra amenazas extranjeras y transnacionales que afecten el control del mar y el uso de las líneas de comunicación marítima (LLCCM), reduciendo los efectos limitantes del poder naval (LITI) y a pese a ello pero sobre todo gracias a ello, optimizar también los recursos disponibles y las capacidades en otros espectros y dominios del poder naval.

## **Objetivo 2**

### **Propuesta de estructura funcional optimizada de capacidades del espectro hidroacústico, para la protección VIE en Colombia que tenga en cuenta las condiciones oceanoatmosféricas que condicionan la eficiencia y eficacia operativa.**

Con base en el concepto de infraestructura crítica de (Escuela Superior de Guerra - Fundación Konrad Adenauer KAS, 2022); que contempla los sistemas físicos (así como los virtuales que no se abordarán en este texto) y que facilitan el funcionamiento relacionado con los servicios básicos a nivel social, económico, ambiental y político, y que de sufrir alteración o interrupción a causa de la naturaleza o el ser humano, podría originar consecuencias negativas para los gobiernos, los Estados y los ciudadanos, ya que no podrían realizar sus actividades cotidianas y con ello, paralizarían al país afectado.<sup>†</sup>

De acuerdo con (Bueger & Liebetrau, 2023) El panorama de amenazas a la infraestructura crítica marítima, puede clasificarse sistemáticamente con base en dos criterios. El primero de acuerdo a la intencionalidad del daño y el segundo criterio identifica a los perpetradores involucrados, incluyendo actores estatales, organizaciones terroristas,

---

<sup>†</sup> Desde el plano conceptual y considerando las definiciones surgidas a nivel internacional, el concepto sugerido integra el propuesto por la Comisión Europea (2004) y complementada en 2008 por el Consejo Europeo.

redes criminales o usuarios comunes del entorno marítimo. No obstante, este marco categórico puede volverse complejo debido al surgimiento de amenazas híbridas, las cuales implican una combinación de diversas categorías en las que fácilmente un accidente supuestamente no intencional, hace parte de una acción deliberada de un agente del sistema (ya sea estatal o no estatal), para desequilibrar la seguridad de un tercero estatal; y que al ser “camuflada” como un accidente, hace compleja su categorización y la toma de decisiones.

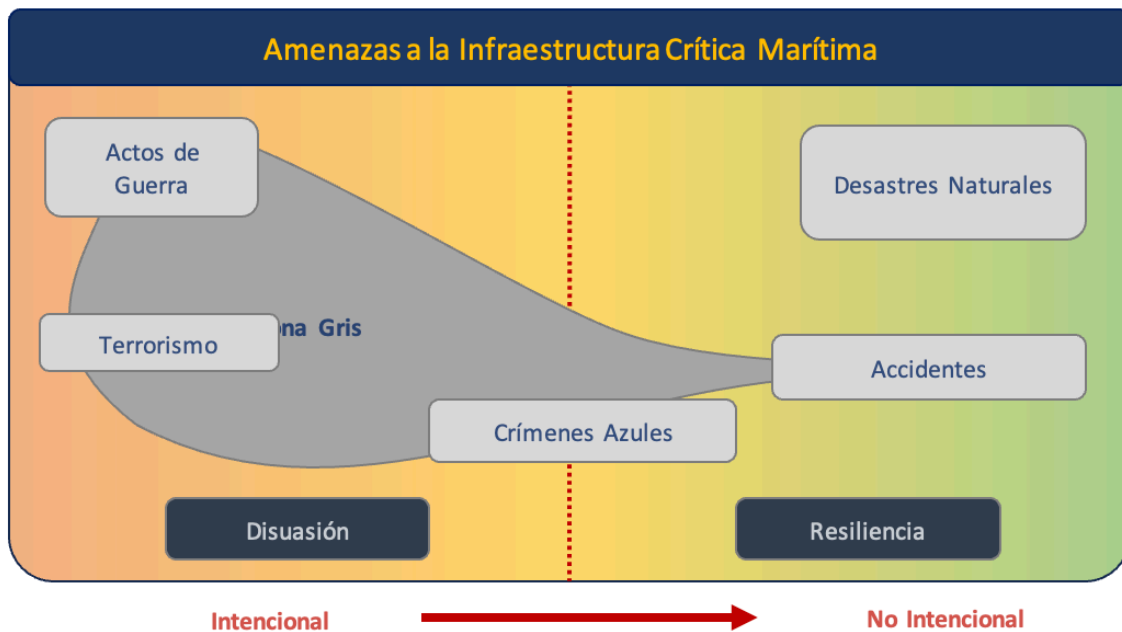


Figura 5. Categorización de las Amenazas contra ICM, interpretado de (Bueger & Liebetrau, 2023).

Desde el 1 26 de septiembre de 2022 con la acción de sabotaje al gasoducto *Nord Stream 2* y las subsecuentes afectaciones a cables submarinos en el mar Báltico y el Mar del Norte; la protección de la infraestructura marítima crítica se ha convertido en un enfoque prioritario, que puso de manifiesto la vulnerabilidad inherente de esa infraestructura y la insuficiencia de los mecanismos actuales de protección y respuesta (Bueger & Liebetrau,

2023). Acciones que, además, alertan al mundo de las implicaciones y amenazas potenciales de las tácticas de guerra híbrida y de zona gris empleadas por Estados adversarios a infraestructura crítica en volúmenes de interés estratégico.

De allí la importancia del cambio de paradigma; que soporta la introducción del concepto abordado arriba de “Volumen de Interés Estratégico” (VIE) y de pensar el mar en su multidimensionalidad, que no solo abarca los tres ejes regulares, sino que Christian Bueger en el *“Seminario de Prospectiva Estratégica de la Armada Nacional de Colombia en junio de 2025”*, amplió a una hexadimensionalidad que incluye: La superficie, lo subacuático, el lecho marino, la órbita baja, el aire y la dimensión ciber, para abordar de manera integral una verdadera estrategia de seguridad marítima.

Pensar el mar desde la perspectiva de su multidimensionalidad, incluso desde el lenguaje, usando la palabra volumen por sobre la palabra área, permite concebirlo ya no en la bidimensionalidad del paisaje dividido entre superficie y aire, como ambientes naturales al hombre, sino en todo el espectro espacial “volumétrico” y en los diferentes dominios implicados (aire, superficie, submarino, lecho, ciber y espacial), que las naciones aspiran explotar de sus espacios marítimos.

El soporte teórico del concepto, es la hipótesis de determinismo lingüístico de Sapir-Whorf, que defiende un papel determinante de los patrones concretos de nuestra lengua sobre

nuestra forma de conceptualizar y organizar el mundo, destacando el rol del lenguaje en la representación de la realidad. (Okana, Müllera, & García-Retameroa, 2010)

Concretando el concepto y materializándolo para los estrategas navales colombianos; a la fecha en los repositorios institucionales tanto de Fuerzas Militares como de la Dirección General Marítima e incluso del Departamento Nacional de Gestión del Riesgo y Desastres (UNGRD), no existe un inventario completo, sistematizado y gráfico de la infraestructura crítica marítima del país. Hecho que hace aún más patente, la falta de consciencia de sus vulnerabilidades como sistema y sus oportunidades futuras, en un país con potencial marítimo y *talaso-estratégico* privilegiado.

A partir de documentación oficial facilitada por la *Jefatura de Estado Mayor Naval de Operaciones de la Armada Nacional* y la *Dirección General Marítima*, a través del *Centro de Investigación Oceanográfica e Hidrográfica del Caribe* (CIOH), fue posible acceder a listados y cartografía especializada para geo-referenciar la infraestructura crítica marítima del país en ambas costas, incluyendo de acuerdo con la taxonomía explicada en (Escuela Superior de Guerra - Fundación Konrad Adenauer KAS, 2022), siete infraestructuras clave en el funcionamiento del país: como centrales y redes de energía (termo eléctricas), transportes (incluye puertos, vías, terminales, aeropuertos costeros), plantas industriales (incluye procesamiento, almacenamiento, transporte y transformación de hidrocarburos, minería, materias prima, industria astillero), TIC's (Redes de comunicación electromagnética con impacto marítimo, cables submarinos, entre otros), sistema financiero y tributario (Como terminales aduaneras y zonas francas). No obstante obvia o excluye infraestructura

importante en un escenario de confrontación como las bases navales y de infantería de marina, emisarios submarinos, patrimonio histórico sumergido y costero, centros de investigación, entre otros que el inventario propuesto considera relevante. Listado que (Lee, 2015) amplía a “sectores” de infraestructura crítica de acuerdo con el *Departamento de Homeland Security* de los EEUU así:

<b>16 SECTORES DE INFRAESTRUCTURA CRÍTICA DE ACUERDO CON EL DHS</b>	
1.	Sector Químico
2.	Sector de Comunicaciones
3.	Sector de Instalaciones Comerciales
4.	Sector de Manufactura Crítica
5.	Sector de Represas
6.	Base Industrial de Defensa
7.	Sector de Servicios de Emergencia
8.	Sector Energético
9.	Sector de Servicios Financieros
10.	Sector de Alimentos y Agricultura
11.	Sector de Instalaciones Gubernamentales
12.	Sector de Salud Pública y Cuidado de la Salud
13.	Sector de Tecnología de la Información
14.	Sector de Reactores Nucleares, Materiales y Desechos
15.	Sector de Seguridad del Transporte
16.	Sector de Sistemas de Agua y Aguas Residuales

Tabla 5. "The 16 critical infrastructure sectors according to the DHS" tomado de (Lee, 2015) Pag 18.

A partir de lo anterior y aplicándolo a sectores marítimos de la actualidad nacional en Colombia, se listaron las ICM con categorías como:

- **Tipo:**(Seguridad, salubridad, puerto, patrimonio, minería, hidrocarburos, granel, gasífero, comunicaciones, cables submarinos, base militar, astillero, aeropuerto)
- **Jurisdicción:** Pacífico, Caribe o San Andrés y Providencia
- **Nombre:** Nombre de identificación de la infraestructura estratégica

- **Empresa:** Corporación o entidad propietaria o responsable
- **Coordenadas geográficas:** Latitud y longitud en formato centesimal WGS84

Vale aclarar que dependiendo del tipo de infraestructura y teniendo en cuenta que los cables y los emisarios submarinos son tramos lineales, al tener mayor cantidad de puntos vulnerables se incrementó deliberadamente en cantidad de nodos, de forma equidistante y con un rango de influencia de 0,5 MN cada uno, mientras la infraestructura marítima con otra tipología fue georreferenciada desde su centro geográfico con una influencia de 3MN radiales.

Y con base en ello, usando algoritmos de modelación y geolocalización en Phyton®, se realizó el despliegue en formato de mapa de calor de la variable propuesta: “*Densidad infraestructura crítica marítima*” que a su vez nos indica cuales son esos VIE, priorizados a partir de líneas de contorno que visibilizan la influencia volumétrica de esas densidades referidas.

Dichas líneas de contorno, priorizaron las zonas de mayor densidad volumétrica de ICM en Colombia, destacando en su orden de magnitud las regiones de Barranquilla, Cartagena y Golfo de Morrosquillo en todo el territorio marítimo nacional. Sin significar que regiones relevantes como el Urabá, Santamarta, el Norte de la Guajira y San Andrés y Providencia; en la costa Caribe; o bien Buenaventura, Malpelo y Tumaco en la costa Pacífica no sean relevantes y susceptibles de protección.

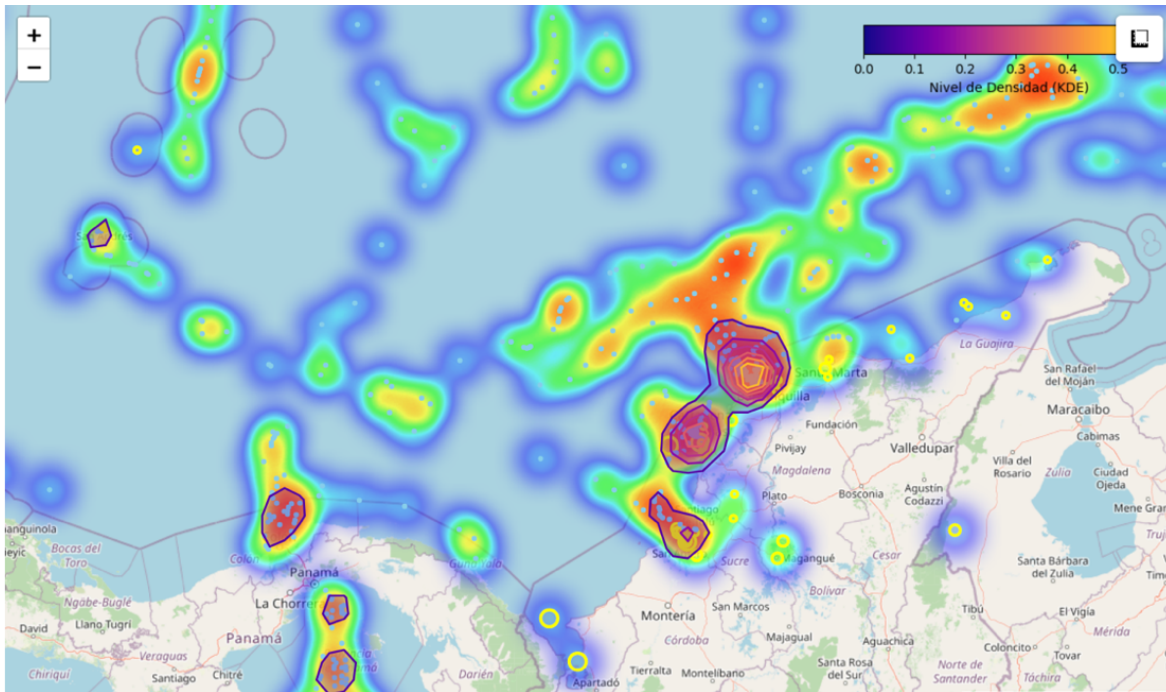


Figura 6: Densidad Geográfica de Infraestructura Crítica Marítima en el Caribe, Identificada por ARC-DIIMAR, en territorio marítimo colombiano y base de la proyección de Volúmenes de Interés Estratégico (VIE). Desarrollo del Autor con base en información clasificada JEMOP, 2025 – CIOH, 2025.

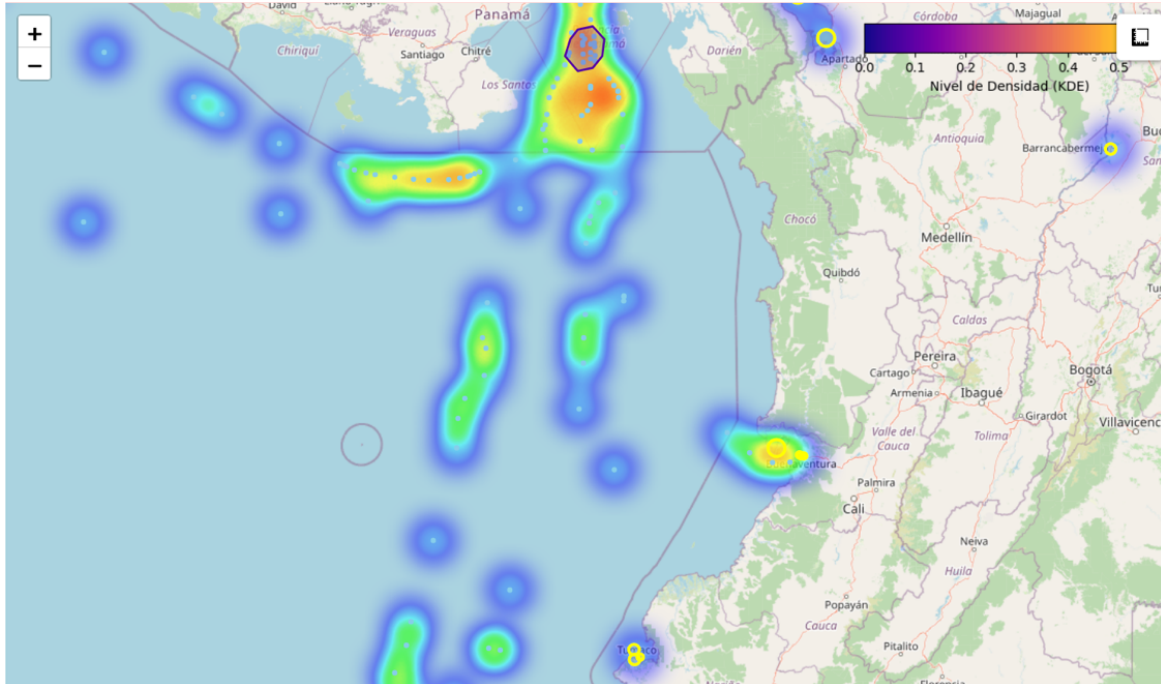


Figura 7: Densidad Geográfica de Infraestructura Crítica Marítima en el Pacífico, Identificada por ARC-DIIMAR, en territorio marítimo colombiano y base de la proyección de Volúmenes de Interés Estratégico (VIE). Desarrollo del Autor con base en información clasificada JEMOP, 2025 – CIOH, 2025.

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

Tabla 6. Tabla de análisis de criticidad de la Infraestructura Crítica Marítima de Colombia. Desarrollo del Autor

TIPO	NOMBRE	CRITICIDAD
CABLESS	CABLE SUBMARINO ARCOS	11
GRANEL	SOCIEDAD PORTUARIA DEL NORTE	10,5
HIDROCARBUROS	TLU1	10,4
GRANEL	ALGRANEL S.A.	10
GASIFERO	ESTACIÓN BALLENAS (GASÍFERA)	10
AEROPUERTO	AEROPUERTO DE SAN ANDRÉS	10
PUERTO	TERMINAL MARÍTIMO	9,5
HIDROCARBUROS	CENIT - MONOBOYA (ECOPETROL)	9,5
MINERIA	PLANTA CEMENTERA	9
HIDROCARBUROS	PLANTA EMPUJADORA DE CRUDO	9
PUERTO	SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL CARTAGENA	8,5
HIDROCARBUROS	ODC BOSCONIA	8
PUERTO	TERMINAL PORTUARIO CHEVRON	8
HIDROCARBUROS	REFINERÍA	7,6
HIDROCARBUROS	OLEODUCTO CAÑO LIMÓN- COVEÑAS	7,6
HIDROCARBUROS	OLEODUCTO COV-CART	7,5
CABLESS	CABLE SUBMARINO PACCS	7
PUERTO	TERMINAL MARÍTIMO ECOPETROL COMPLEJO PETR.	7
CABLESS	CABLE SUBMARINO CABLE SUBMARINO ABANDONADO	7
PUERTO	SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL TUMACO (PACIFIC PORT S.A.)	6,8
CABLESS	CABLE SUBMARINO SAI-1	6,8
HIDROCARBUROS	CENIT - TERMINAL PETROLERO DE TUMACO - MONOBOYA (ECOPETROL)	6,5
GASIFERO	CHUCHUPA A (PLAT)	6,3
CABLESS	CABLE SUBMARINO MAYA	6,3
CABLESS	CABLE SUBMARINO S/N (CARTAS INT)	6,3
CABLESS	CABLE SUBMARINO SAC (SOUTH AMERICAN CROSSING)	6
HIDROCARBUROS	POLIDUCTO CARTAGENA BARANOA	6
CABLESS	CABLE SUBMARINO AMX-1	6
CABLESS	CABLE SUBMARINO GLOBNET	5,4
MILITAR	BASE NAVAL ARC BAHÍA MÁLAGA	5,2
MILITAR	BASE NAVAL ARC BOLIVAR	5,2
MINERIA	TERMINAL MARÍTIMO EL CERREJÓN	5,2
GRANEL	GRUPO COREMAR SHOREBASE S.A. (RETRAMAR)	4,8
CABLESS	CABLE SUBMARINO SAN-1	4,6
PUERTO	TERMINAL MARÍTIMO Y FLUVIAL NÉSTOR PINEDA	4,5
PUERTO	SOCIEDAD PUERTO INDUSTRIAL AGUADULCE (SPIA)	4,5
PATRIMONIO	GALEON SAN JOSE	4,5
SEGURIDAD	TAJAMAR BOCAS DE CENIZA	4,4
SEGURIDAD	BOCAS DEL ATRATO	4
GRANEL	RIVERPORT	3,9
MILITAR	BASE DE ENTRENAMIENTO DE INFANTERÍA	3,8
MINERIA	PUERTO COMPASS	3,6
HIDROCARBUROS	COMPLEJO PETROLERO	3,6
CABLESS	CABLE SUBMARINO CURIE	3,6
COMUNICACIONES	ANTENA COMMS CERRO LA PITA	3,5
CABLESS	CABLE SUBMARINO TCS-1	3,4
GASIFERO	PLATAFORMA MARINA UCHUVA 1	3,3
AEROPUERTO	AEROPUERTO DE PROVIDENCIA	3,3
SALUBRIDAD	EMISARIO SUBMARINO CTG	3
PUERTO	TERMINAL PORTUARIO SAN ANDRÉS	3
GRANEL	SOCIEDAD PORTUARIA PALERMO	3
GRANEL	SOCIEDAD PORTUARIA DEL DIQUE S.A.	2,6
PUERTO	TERMINAL DE CONTENEDORES DE BUENAVENTURA (TCBUEN)	2,5
PUERTO	PUERTO DE BUENAVENTURA	2,3
CABLESS	CABLE SUBMARINO CFX-1	2,2
ASTILLERO	ASTIVIK S. A SHIPYARDS CARTAGENA	2,2
PUERTO	PUERTO CONTECAR	2,1
GRANEL	SOCIEDAD VOPAK COLOMBIA S.A.	2,1
CABLESS	CABLE SUBMARINO FETON. N/A54	2,1
CABLESS	CABLE SUBMARINO PCCS	2,1
SEGURIDAD	BOCAS DE TURBO	2
GASIFERO	CHUCHUPA B (PLAT)	2
CABLESS	CABLE SUBMARINO AMX	2
HIDROCARBUROS	MONOBOYA TLU	1,8
GRANEL	SOCIEDAD PORTUARIA BAVARIA S.A.	1,8
ASTILLERO	COTECMAR PLANTA MAMONAL	1,7
HIDROCARBUROS	TLU2	1,6
HIDROCARBUROS	REFINERÍA ECOPETROL	1,3
MINERIA	PUERTO BRISA RIOACHA	1,2
CABLESS	CABLE SUBMARINO PAC (PAN AMERICAN CROSSING))	1,2
CABLESS	CABLE SUBMARINO PAN AM	1,2
CABLESS	CABLE SUBMARINO PAN AM CARIBE SEG 7 PANAMERICANO	1,2
GRANEL	SOCIEDAD PORTUARIA BUENAVISTA	1,2
COMUNICACIONES	ANTENA COMMS CERRO MACO	1,1
CABLESS	CABLE SUBMARINO PAN AMERICAN CARIBE	1
CABLESS	CABLE SUBMARINO PAN AMERICAN CROSSING	1
HIDROCARBUROS	TLU3	0,6
PUERTO	SOCIEDAD PORTUARIA DE SANTAMARTA	0,5
MINERIA	PTO NUEVO TERMINAL MARITIMO	0,4

### **Condiciones Oceanográficas y VIE’s de Priorización Estratégica.**

Como es posible observar en la ilustración. 7, en la totalidad del territorio marítimo y costero nacional, existen cuatro regiones de “alta densidad de IMC”, en las cuales se concentra buena parte de la IMC del país y en particular de la costa Caribe, en donde convergen plataformas e instalaciones de hidrocarburos, cables submarinos, base militares, industria astillero, bienes de interés cultural, entre otras. (Se obvian los despliegues de densidad de IMC en territorio panameño por no hacer parte del alcance de esta investigación).

Y sus perímetros de influencia se extienden en cada caso, así:

- **Barranquilla:** 85 MN en superficie.
- **Cartagena:** 57 MN en superficie.
- **Golfo de Morrosquillo:** 62 MN en superficie.
- **SAI:** 54 MN en superficie.

Posteriormente se procedió a verificar con la herramienta TRITON 5.0, (desarrollo software del autor), para verificar las condiciones oceanográficas predominantes en las áreas de priorización, para el ciclo anual climatológico y que permite conocer los parámetros de operación de un sistema en el espectro hidroacústico, de acuerdo con las profundidades y posiciones límite de cada VIE priorizada.

De los despliegues resultantes, se generó un pronóstico oceanográfico y táctico para la operación de sensores del espectro hidroacústico eventualmente ubicados en esos VIE para

la protección de IMC y contemplando 4 meses base del ciclo climatológico descrito en (Rivera M. , 2016).

TRITON 5.0 usa bases de datos oficiales del Programa EN4.2.2 del UK Met Office entre 1900 y 2022 (Good, Martin, & Rayner, 2013) en temperatura y salinidad absoluta para 46 profundidades, de donde a partir de las ecuaciones de termodinámica contenidas en las “Ecuación de Estado TEOS-10” (IOC, S. a. , 2010), obtiene presiones y velocidades del sonido; que una vez procesados con modelos estadísticos obtiene valores medianas históricas en distribución espacial y temporal de 1 grado en latitud y longitud a nivel mundial y en medias mensuales multi-anuales de parámetros que gobiernan la acústica submarina; y que posteriormente son desplegados en gráficas cartesianas, que integrados a la base de datos de batimetría GEBCO (2022), la base de datos de tipos de fondo DB SEABED CU- INSTAAR de la Universidad de Colorado (Colorado University, 2025) y una aplicación del Modelo BELLHOP para procesamiento de datos.

Este modelo, entrega despliegues de proyección de rayos a partir del Modelo Raytrace y de reverberación y absorción de energía sónica, con base en las frecuencias generadas por las fuentes de ruido en profundidades variables desde la superficie hasta la batimetría disponible en cada posición (con orientaciones de perfil de fondo hacia los 4 puntos cardinales). Para cada caso se contemplarán configuraciones de arreglos en red que faciliten una probabilidad de detección superior a 60% mientras la intensidad de la fuente supere como mínimo la figura de mérito (FOM) de los sensores implementados.

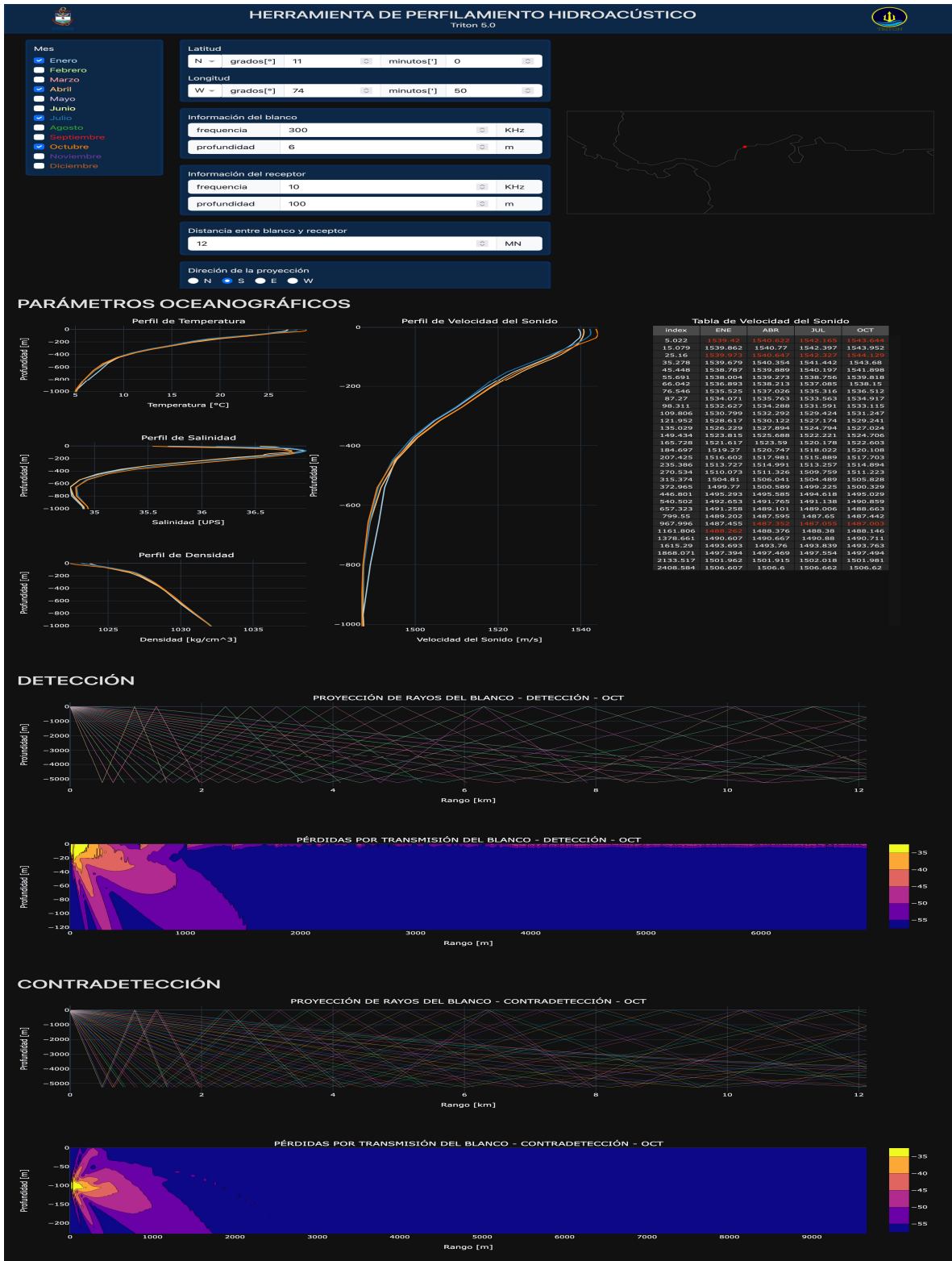


Figura 8. Despliegue TRITON 5.0 Condiciones oceanográficas para Enero, Abril, Julio y Octubre que afectarán el desempeño hidroacústico en VIE Barranquilla. Desarrollo del autor.

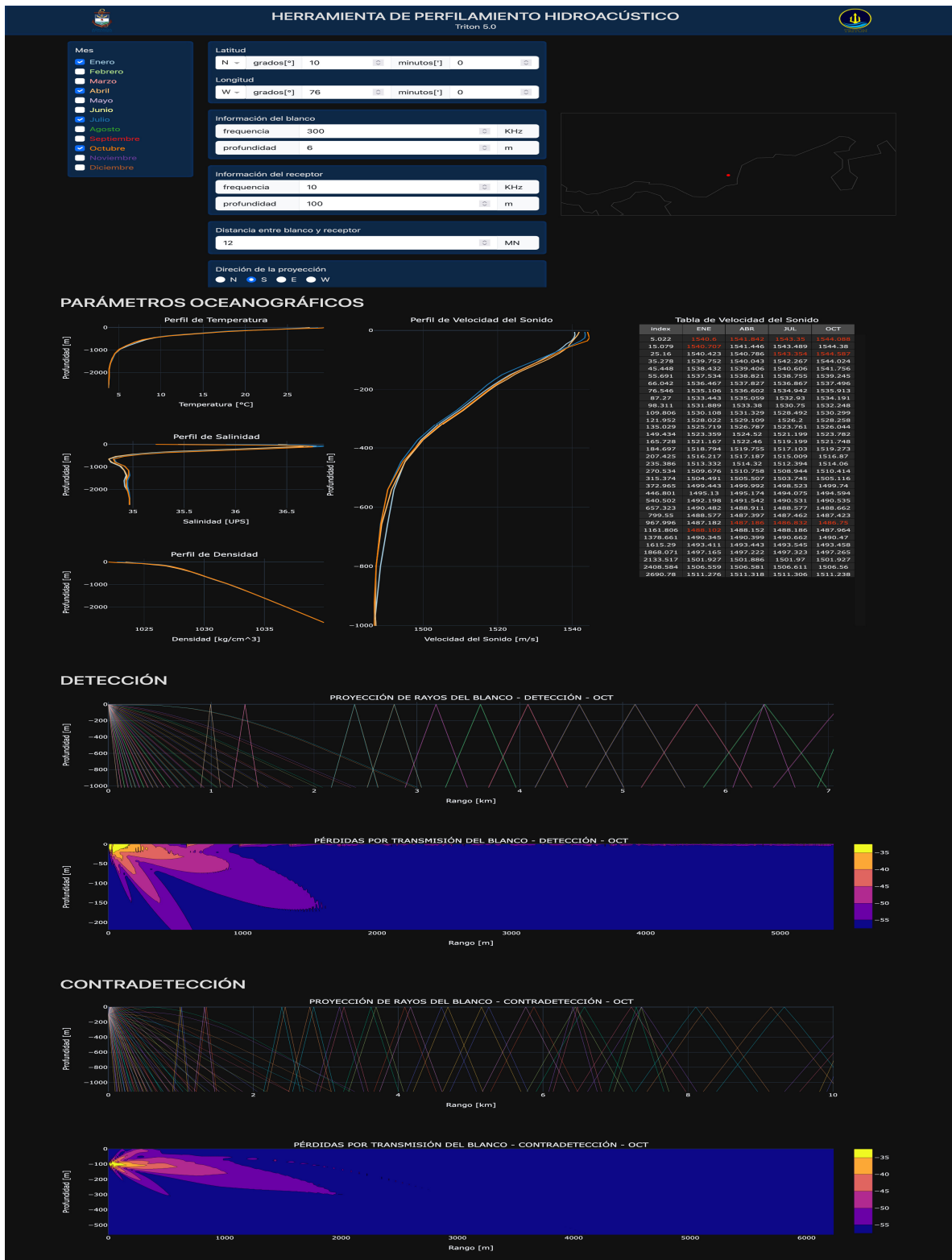


Figura 9. Despliegue TRITON 5.0 Condiciones oceanográficas para Enero, Abril, Julio y Octubre que afectarán el desempeño hidroacústico en VIE Golfo de Morrosquillo. Desarrollo del autor.

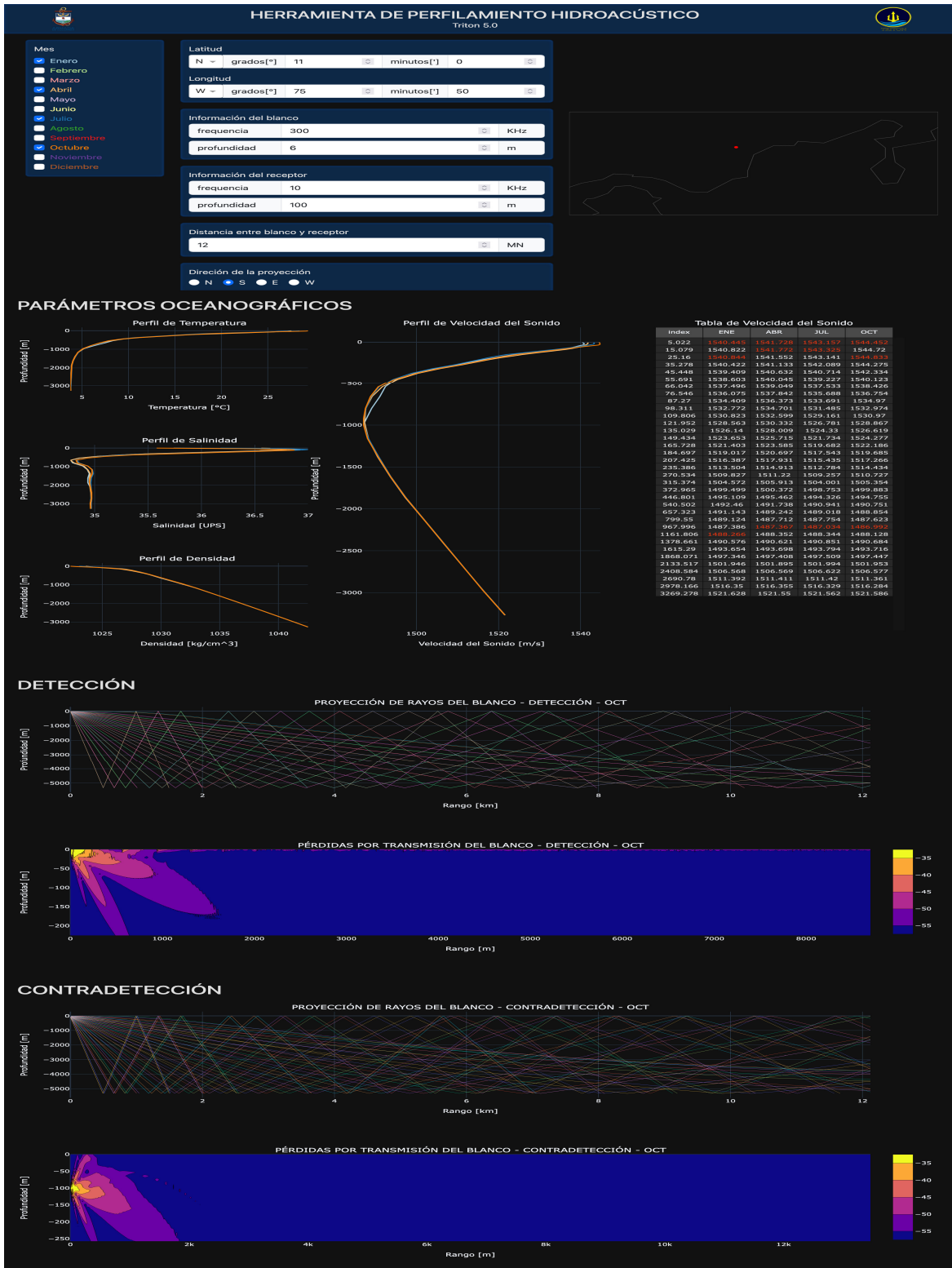


Figura 10. Despliegue TRITON 5.0 Condiciones oceanográficas para Enero, Abril, Julio y Octubre que afectarán el desempeño hidroacústico en VIE Cartagena. Desarrollo del autor.

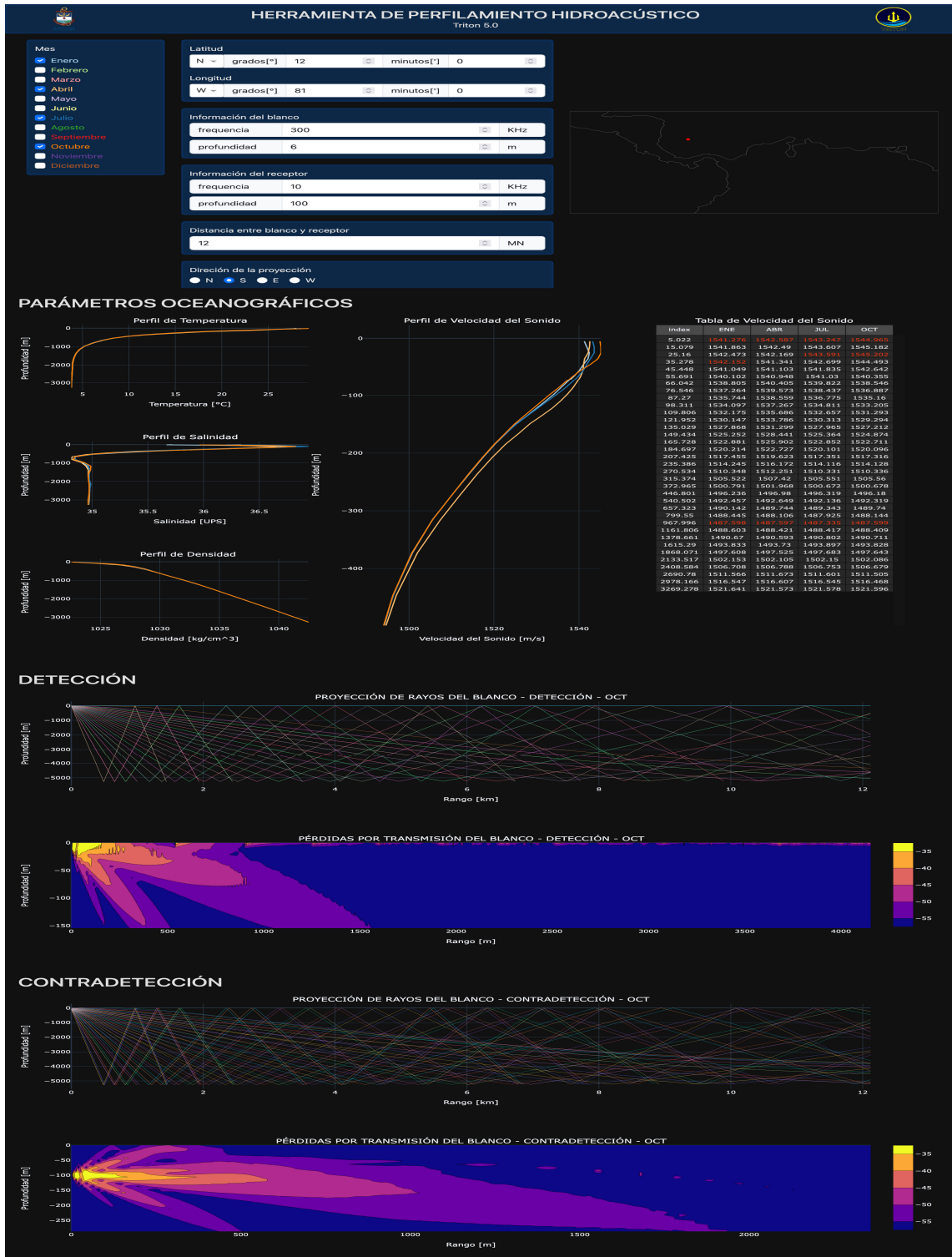


Figura 11. Despliegue TRITON 5.0 Condiciones oceanográficas para Enero, Abril, Julio y Octubre que afectarán el desempeño hidroacústico en VIE San Andrés Islas (SAI). Desarrollo del autor.

### **Análisis de Condiciones VIE Barranquilla**

Dado que esta VIE tiene un perímetro de 85 MN, en donde confluyen varios cables submarinos y la entrada a las riberas del río Magdalena donde están establecidas múltiples ICM portuarias y de hidrocarburos, debe tenerse en cuenta que a lo largo del año no hay grandes variaciones en la profundidad de capa y que esta se encuentra de manera consistente por debajo de los 25 metros, en donde también se ubica la capa de mezcla. Para detección y clasificación de contactos submarinos se requieren dos arreglos de sensores por módulo uno de los cuales detecte y analice contactos por debajo de la profundidad de capa y hasta el fondo y uno sobre esa profundidad que detecte contactos de superficie o de prospección acústica (ecosondas, *side scan sonar*, sonares activos, etc).

Teniendo en cuenta que el perfil del lecho en su talud continental varía, de acuerdo con las cartas de navegación entre 20 y 500 metros de profundidad, cada módulo de sensores debe tener configuraciones sobre el perímetro, de 85 MN con sensores a 15 y 70-80 metros de profundidad y con separaciones no mayores a 0.65 MN entre módulo y módulo que permita un traslapes del 10% en su índice de directividad.

De acuerdo con lo anterior se requerirían para la red VIE Barranquilla un aproximado de 130 módulos fijos con esa configuración.

### **Análisis de Condiciones VIE Cartagena**

Dado que esta VIE tiene un perímetro de 57 MN, en donde confluyen varios cables submarinos, el BIC Pecio Galeón San José, Infraestructura Portuaria, de Hidrocarburos e Industrial, Bases Navales, entre otras ICM, debe tenerse en cuenta que a lo largo del año existen variaciones estacionales entre Marzo y Agosto en la profundidad de capa y que esta se encuentra de manera variable entre 18 y 35 metros, consistente con la capa de mezcla dependiente del forzante climatológico “vientos alisios” fortalecidos o debilitados. Para detección y clasificación de contactos submarinos se requieren dos arreglos de sensores por módulo uno de los cuales detecte y analice contactos por debajo de la máxima profundidad de capa (40m) y hasta el fondo y uno sobre la mínima profundidad de capa en el año, esto es 15 metros, que detecte y analice contactos de superficie o de prospección acústica (ecosondas, *side scan sonar*, sonares activos, etc).

Teniendo en cuenta que el perfil del lecho en su talud continental varía, de acuerdo con las cartas de navegación entre 20 y 500 metros de profundidad, cada módulo de sensores debe tener configuraciones sobre el perímetro, de 57 MN con sensores a 12 y 90 metros de profundidad y con separaciones no mayores a 0.54 MN entre módulo y módulo que permita un traslapes del 10% en su índice de directividad.

De acuerdo con lo anterior se requerirían para la red VIE Cartagena un aproximado de 105 módulos fijos con esa configuración.

### **Análisis de Condiciones VIE Golfo de Morrosquillo**

Dado que esta VIE tiene un perímetro de 62 MN, en donde confluyen varios cables submarinos, e infraestructura principalmente de Hidrocarburos entre otras ICM, debe considerarse las variaciones estacionales entre marzo y agosto en la profundidad de capa y que esta se encuentra de manera variable entre 7 y 30 metros, consistente con la capa de mezcla. Para detección y clasificación de contactos submarinos se requieren dos arreglos de sensores por módulo uno de los cuales detecte y analice contactos por debajo de la máxima profundidad de capa (30 m) y hasta el fondo y uno sobre la mínima profundidad de capa en el año, esto es 7 metros, que detecte y analice contactos de superficie o de prospección acústica (ecosondas, *side scan sonar*, sonares activos, etc).

Teniendo en cuenta que el perfil del lecho en su talud continental varía, entre 5 y 100 metros de profundidad, cada módulo de sensores debe configurarse sobre un perímetro de 62 MN, con sensores a 7 y 70 metros de profundidad y separaciones inferiores a 0.46 MN entre arreglos, que permita un traslapes del 10% en su índice de directividad.

De acuerdo con lo anterior se requerirían para la red VIE Golfo de Morrosquillo un aproximado de 135 módulos fijos con esa configuración.

### **Análisis de Condiciones VIE San Andrés Islas**

Dado que esta VIE tiene un perímetro de 54 MN, en donde confluyen algunos cables submarinos e infraestructura principalmente portuaria, que como posición estratégica (Mahan, 1890) corresponde a una importante ICM, deben considerarse las variaciones

estacionales entre marzo y mayo en la profundidad de capa y que se encuentra de manera variable entre 5 (mínimos en Abril) y 40 metros.. Para detección y clasificación de contactos submarinos se requieren dos arreglos de sensores por módulo, uno de los cuales detecte y analice contactos por debajo de la máxima profundidad de capa (40 m) y hasta el fondo; y uno sobre la mínima profundidad de capa en el año, esto es 5 metros; que detecte y analice contactos de superficie o de prospección acústica (ecosonda, *Side Scan Sonar*, SONAR activo, etc).

Teniendo en cuenta que el perfil del lecho en su talud continental varía, entre 5 y 200 metros de profundidad, cada módulo de sensores debe tener configuraciones sobre el perímetro, de 54 MN con sensores a 5 y 75 metros de profundidad y con separaciones inferiores a 0.4 MN entre arreglos, que permita un traslape del 10% en su índice de directividad.

De acuerdo con lo anterior se requerirían para la red VIE San Andrés Islas, un aproximado de 135 módulos fijos con esa configuración.

**Totalización Sistema de Capacidad en el Espectro Hidroacústico para cuatro VIE prioritizadas en al Mar Caribe colombiano.**

De acuerdo con los resultados entregados en los apartes anteriores, esta capacidad instalada para la protección de las 4 VIE analizadas, requiere de al menos 505 módulos en red que permitan la protección y traslape del 10% para detección, clasificación (e

identificación de ser posible) de contactos que impliquen amenaza o vulneración a las ICM contenidas en esas VIE con un rango espacial de entre 3 y 5 MN en torno a la concentración de ICM y con una tasa ROC superior al 60% en verdaderos positivos entre tanto se cumplan las condiciones técnicas de la capacidad seleccionada.

Estas redes deben estar controladas por al menos 2 centros de control (coordinadas e integradas) que reciban las lectura de señales de las 4 VIE y con capacidad de coordinación operacional con plataformas del espectro electromagnético y visual de la *Fuerza Naval del Caribe*, que a través de sus componentes operativos y móviles, esté en capacidad de despliegue de plataformas de interdicción o ejercicio del control del mar para confirmar, desvirtuar la información y proceder con las operaciones correspondientes de intervención oportuna.

La escalabilidad de estas operaciones en las LLCCMM, no solo favorecería el desarrollo de operaciones de defensa, sino también de seguridad, en la medida en que plataformas realizando tráfico de personas, sustancias, material o especies de manera irregular podrían ser detectadas, clasificadas y vigiladas con antelación, sin necesidad de un despliegue de plataformas de manera continua y disminuyendo ostensiblemente las limitaciones LITI (Corbett, 2000) del poder naval.

### **Objetivo 3**

## **Propuesta de una estructura organizacional dentro de la Armada Nacional, para la implementación de un sistema autónomo de detección e identificación hidroacústica de contactos en el mar.**

Si tomamos, la información contenida en los apartes anteriores, se entiende que de acuerdo al modelo CAPÁCITAS, existen ya los insumos necesarios para surtir la redacción de los conceptos estratégicos y operacionales, que preceden a la definición de la taxonomía de las capacidades del espectro hidroacústico, propuestas para la protección de las VIE.

Este último (Ministerio de Defensa Nacional, 2018) lo define como: “La clasificación y agregación de las habilidades con que cuentan la fuerza pública, desde el nivel más agregado, conocido como área funcional, seguido de áreas de capacidad, y finalmente las capacidades específicas”. Esto es, de qué manera se agregaría esta nueva capacidad propuesta a la estructura funcional de las fuerzas.

A partir de ello, debe observarse la manera en que desde el nivel sectorial de seguridad y defensa (MDN-CGFM) hasta las unidades existentes pueden contener la capacidad desde lo funcional/misional, hasta lo específico de la “tarea” a ejecutar para lograr el control del mar, tendiente al cumplimiento misional emanado del Artículo 217 (Constitución Política de

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

Colombia, 1991), que incluye: La defensa de la soberanía, la independencia y la integridad territorial del país, así como el mantenimiento del orden constitucional.

De lo anterior y con base en el *Plan Estratégico Naval 2020-2042* (Armada Nacional, 2024), *Modelo de Planeación Basado en Capacidades - Taxonomía de capacidades de las FF.MM.* (Comando General de las Fuerzas Militares, 2022) y (Decreto Ley 2324, 1984) pueden extractarse en cada nivel la taxonomía en la que la eventual capacidad adquirida puede cumplir funciones en la ejecución de tareas y misiones tácticas.

En la taxonomía de capacidades, un sistema que explote el espectro hidroacústico para las Fuerzas Militares de Colombia podría aportar habilidades para funciones de conducción de la guerra de:

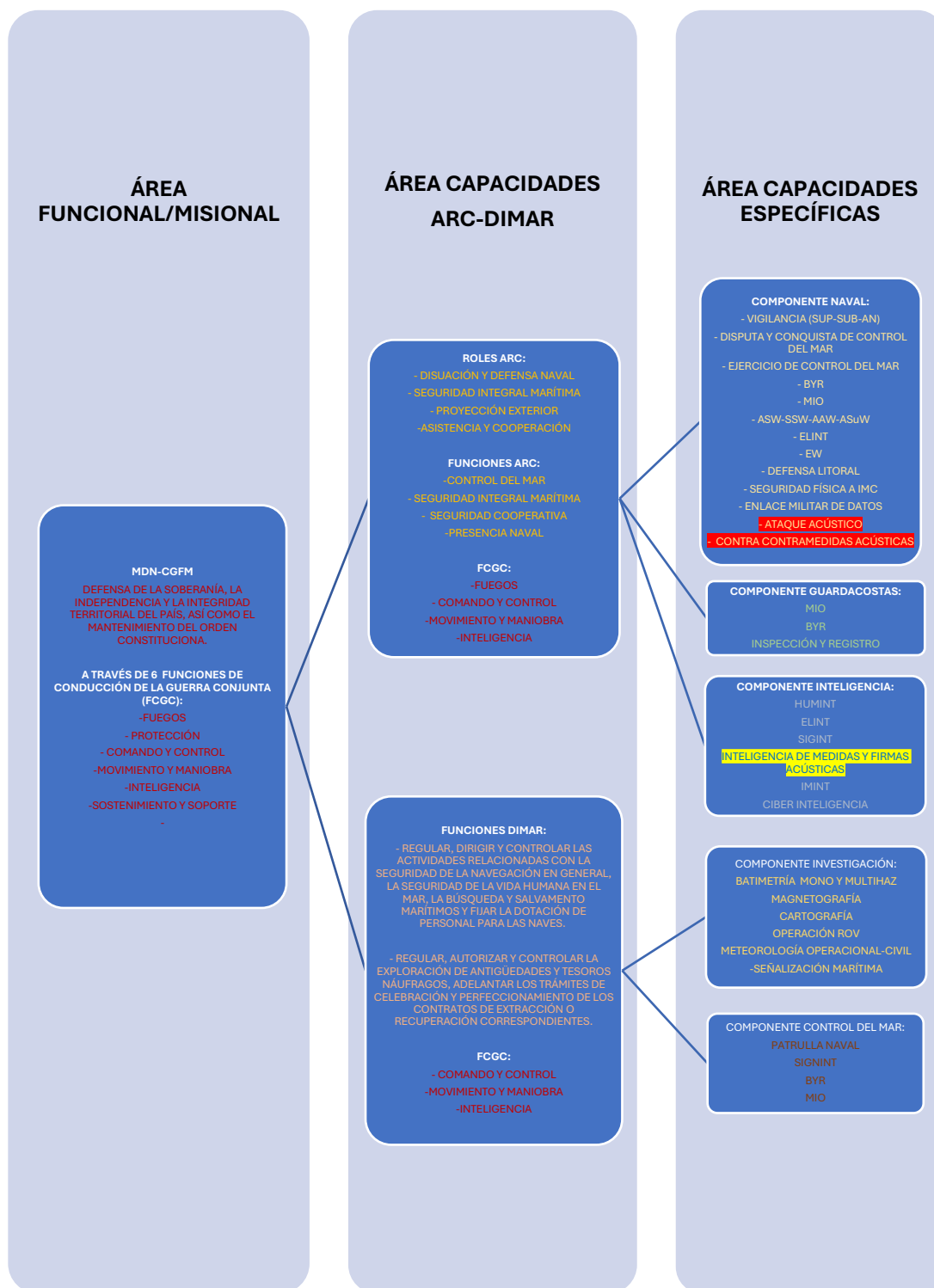


Figura 12. Taxonomía por área funcional, capacidades y capacidades específicas de las FFMM afectadas con la adopción de capacidades del espectro hidroacústico.

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

*Tabla 7. Taxonomía de capacidades en las que podría aportar un Sistema que explote el espectro hidroacústico en las FFMM. Basado en (Comando General de las Fuerzas Militares, 2022). Desarrollo del Autor.*

<b>Funciones de Conducción de la Guerra</b>	<b>Tipo de Operaciones</b>	<b>Capacidades Específicas</b>
Fuegos	Disputa de control del mar Conquista de control del mar	ASW-SSW-ASUW Guerra Electrónica Defensa Litoral Ataque acústico
Protección		Contra contramedidas acústicas
Comando y Control	Ejercicio de control del mar	Vigilancia de Superficie Vigilancia Submarina Vigilancia Aeronaval Enlace militar de datos Seguridad física a IMC BYR MIO
Movimiento y Maniobra		
Inteligencia	Inteligencia Técnica: Recolección Procesamiento y Análisis	Inteligencia de Señales Analítica Digital de Datos Inteligencia de Medidas Y Firmas Acústicas**

Por lo anterior y en la medida en que el sistema de retroalimentación de información obtenida del teatro de operaciones pueda ser analizada, contrastada y explotada para el ejercicio, disputa o conquista de control del mar, así como de la inteligencia necesaria para su planeación y ejecución; el eventual sistema adoptado, asistiría eficientemente en más de 17 habilidades necesarias para el poder naval, de acuerdo con la tipología de operaciones navales comúnmente clasificadas por (Corbett, 2000). Y quizá, agregar una nueva habilidad no contemplada hasta el momento para la inteligencia técnica; en habilidades de recolección, procesamiento y análisis como: La “inteligencia de medidas y firmas acústicas”, que se contempla en la actualidad para medidas y firmas electromagnéticas pero que puede ser adaptada al nuevo espectro explotado por las Fuerzas Militares.

Esto implica entonces que la organización militar en torno al comando, gestión, sostenimiento, operación y mantenimiento de la nueva capacidad debe como otros

componentes navales incluirse como capacidad “adoptada” (No excluye la opción de innovación y desarrollo propio) en el organigrama de la *Jefatura de Estado Mayor de Operaciones Navales*.

La no exclusión del proceso de adopción de la capacidad a través de un desarrollo propio, de innovación en ciencia y tecnología, responde no sólo a los efectos de la independencia tecnológica, a la adopción de una solución tecnológica diseñada para las propias condiciones (geográficas, oceanográficas, tácticas y operativas; y no condiciones operativas foráneas) sino también a la tendencia de países desarrollados que contemplan, como Francia, la creación de capacidades apoyando a “los actores locales para que gestionen sus cuestiones de seguridad marítima, a través de iniciativas emprendidas por terceros Estados en el marco de los programas para fortalecer sus capacidades” (Bueguer, Edmunds, & McCabe, 2020). Esto es, que con apoyo y/o cooperación internacional, la creatividad e iniciativa local y una decisión estratégica de soporte financiero de esas iniciativas, el país puede enfrentar la “necesidad” con desarrollo e innovación propia y a la medida.

La falta de capacidad de seguridad marítima en los Estados costeros es una causa principal de la inseguridad marítima. En consecuencia, el desarrollo de la capacidad de seguridad marítima se ha convertido en un campo de importante actividad internacional. (Bueguer, Edmunds, & McCabe, 2020)

Inicialmente y de acuerdo con la priorización en la jurisdicción de la *Fuerza Naval del Caribe*, que se argumentó en el aparte anterior, la responsabilidad de alistamiento, gestión y

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

comando de la capacidad, se recomienda, sea asumida por el *Comando de la Flotilla de Submarinos*, que con el arribo de esta capacidad se fortalecería en habilidades que incrementan su información disponible para entregar resultados operacionales, para el planeamiento y ejecución de operaciones navales submarinas, de superficie y aéreas.

Esta nueva Unidad basada en procesos de comparación con organizaciones internacionales que ya operan capacidades similares como el *Integrated Undersea Surveillance System* (IUSS) de la USNAVY, y que de acuerdo con su misión “abarca no solo las operaciones de detección, localización y seguimiento de submarinos, así como la recolección de información acústica e hidrográfica, sino también el mantenimiento de los equipos de procesamiento y comunicaciones necesarios para ejecutar la misión operacional” (USNAVY, 2025), los nuevos proyectos de la Armada de Corea del Sur: “*Harbor Surveillance System*” y “*Mobile Underwater Surveillance Sonar*” (Ministerio de Defensa de Corea del Sur, 2010), el equipo de Vigilancia e Inteligencia Submarina de la Real Armada Canadiense (Government Of Canada, 2025), entre muchos otros a nivel mundial; pese a que no comparten información precisa sobre el número de efectivos, al ser información sensible y clasificada, puede extrapolarse dentro del Organigrama de la actual Flotilla de Submarinos, como capacidad, en un nuevo Comando del mismo nivel que una Unidad táctica (submarino convencional), compuesto por una dirección (director y subdirector), jefe de departamento técnico, jefe de departamento de analítica, jefe de departamento de logística y jefe de departamento de maniobra.

Continuando esta herramienta comparativa existe dentro de la DIMAR, el Grupo de señalización marítima del Caribe (SEMAC), cuya función, es velar por la operación, mantenimiento y sostenimiento de una red de 439 ayudas a la navegación, de las cuales 207 son públicas y 232 de entes privados, entre ellas faros, boyas, enfilaciones y balizas (DIMAR, 2025) encontramos una relación directa con el tipo de maniobras, frecuencia y funciones que tendría la organización de un eventual sistema de monitoreo submarino, que operaría y mantendría la capacidad de Vigilancia Submarina en esta misma región. Funciones que incluso teniendo en cuenta la misión de SEMAC, como ya se dijo previamente, podrían ser ampliadas y/o compartidas para la optimización de personal y material para el sostenimiento y mantenimiento de la red de sensores.

Cada jefatura de departamento, a su vez contaría con personal e infraestructura suficiente para gestión de personal; gestión presupuestal; mantenimiento de redes informáticas y físicas de la red (a través del Comandante; con las capacidades de ARC-DIMAR para el mantenimiento de la infraestructura instalada en el área de operaciones); coordinación operacional con DIMAR, inteligencia naval y el N3 de la *Fuerza Naval del Caribe*; inteligencia y contrainteligencia, registro-procesamiento-análisis de señales y almacenamiento de huellas y datos acústicos obtenidos del medio, lo anterior bajo el siguiente organigrama propuesto.

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

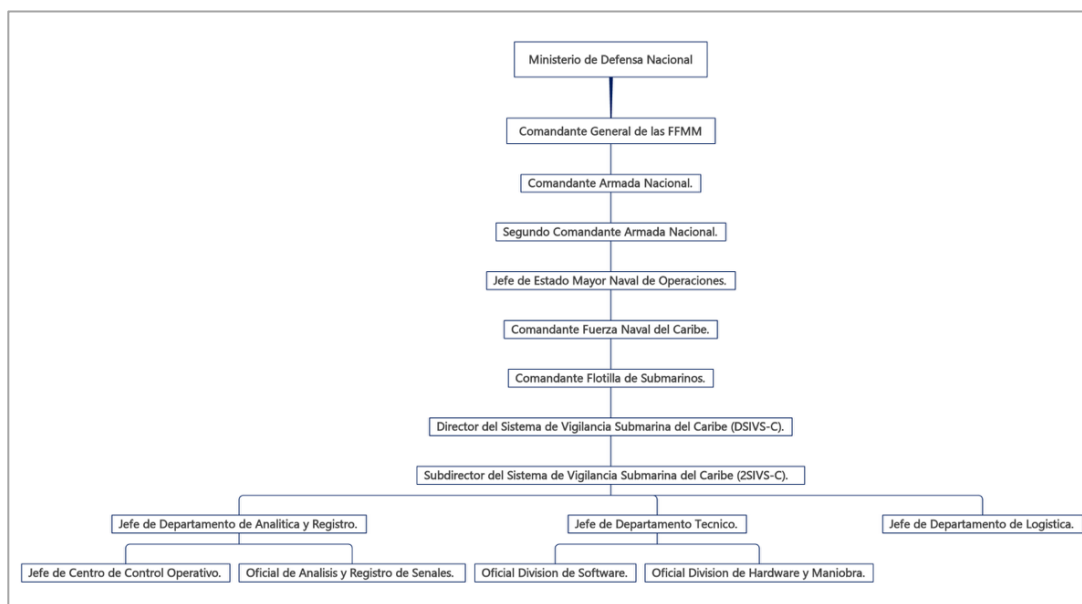


Figura 13. Propuesta de Organigrama Institucional de la Dirección de Vigilancia Submarina de la Armada Nacional Sección Caribe. Desarrollo del Autor

Así mismo y como parte de la Tabla de Organización y Equipos (TOE) se define la cantidad de personal requerido para cada dependencia de la Dirección del Sistema de Vigilancia Submarina de la Armada Nacional – Sección Caribe así:

Tabla 8. TOE Propuesta para la Dirección del Sistema de Vigilancia Submarina de la Armada Nacional- Sección Caribe. Desarrollo del Autor

DEPENDENCIA	GRADOS														
	CN	CF	CC	TN	TF	TK	JT	SJ	S1	S2	S3	MA1	MA2	IMP	CIV
<b>Dirección</b>	01														01
<b>Subdirección</b>		01													
<b>Maestro de Armas</b>										01					
<b>Jefatura Departamento de Analítica y Registro</b>			01												
<b>Jefatura Departamento Técnico</b>			01												
<b>Jefatura Departamento de Logística</b>					01					01					
<b>Jefatura Centro de Control Operativo</b>				01			01			06					
<b>División de Analítica y Registro de Señales</b>				01											02
<b>División de Software y Automatización</b>				01											02
<b>División de Hardware y Maniobra</b>			01							06					01
<b>TOTALES</b>		<b>06</b>			<b>03</b>		<b>01</b>			<b>14</b>				<b>01</b>	<b>05</b>

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

Con esto, puede asumirse que la TOE completa de la Unidad sería de 30 tripulantes distribuidos por rango así:

- 05 Oficiales Superiores Ejecutivos Submarinista (Puede reducirse a 04)
- 04 Oficiales Subalternos Ejecutivos Submarinista (Puede Ampliarse a 05)
- 01 Jefe Técnico o Suboficial Jefe (Submarinista)
- 14 Tripulantes entre los grados de MA1 y S1 (Submarinistas)
- 01 Infante de Marina Profesional
- 05 Civiles (Profesionales de Defensa de especialidades: 01 Ingeniero Electrónico, 01 Ingeniero de Sistemas, 02 Ingeniero de Software, 01 Analista de Datos - Estadístico)

## Conclusiones:

Las variables estratégicas positivamente afectadas para la defensa nacional, con la adopción de una capacidad que explote el espectro hidroacústico serían el fortalecimiento de las capacidades existentes en plataformas de superficie, submarinas y de investigación; la cooperación internacional; la influencia regional; la inversión en infraestructura; la relación de fuerza en comparación con las capacidades del adversario para el control del mar; la independencia tecnológica; la credibilidad en la capacidad de desarrollo nacional y la estructura de fuerza propia. Razones de sobra para observar con detenimiento las potencialidades de este espectro y las oportunidades que se desarrollan en torno a esta capacidad.

Así mismo y partiendo del análisis oceanográfico y técnico para un eventual sistema hidroacústico de detección y clasificación de contactos, en los VIE identificados (Barranquilla, Cartagena, Golfo de Morrosquillos y SAI) se requieren un total de 505 dispositivos en arreglos que cubran en cada posición, los canales superficial y profundo de sonido, para un cubrimiento garantizado del espectro entre 3 Hz y 950KHz, con una tasa de verdaderos positivos superior al 60% y confiabilidad por traslape de 10% en el índice de directividad de los sensores. Arreglos desplegados que serían operados por una nueva Unidad operativa de la Armada Nacional y dependiente de la *Jefatura de Estado Mayor de Operaciones, la Fuerza Naval del Caribe y la Flotilla de Submarinos*, tripulada, por 30 personas entre oficiales, suboficiales y personal civil.

El cumplimiento de los objetivos planteados de este trabajo, incluyendo la identificación de factores estratégicos afectados por una capacidad que explote el espectro hidroacústico, el inventario de ICM y su análisis de criticidad, la priorización de VIE en Colombia y la propuesta de un sistema integrado que aporte a la mitigación de amenazas en los VIE priorizados (Barranquilla, Cartagena, G. de Morrosquillo y San Andres); permiten a los organismos del sector seguridad y defensa en Colombia, contar con criterios objetivos para desarrollar bajo la metodología CAPÂCITAS, los formatos correspondientes para la formulación oficial (no académica) ante el Ministerio de Defensa Nacional, de un proyecto de adquisición de dicha capacidad, para la protección de los VIE priorizados.

Resultados complementarios como el inventario total de la Infraestructura Crítica Marítima de Colombia, hasta el momento no consolidada por los organismos del estado, entre las diferentes entidades responsables (MDN, CGFM, ARC y DIMAR), será un insumo valioso para su análisis, explotación y protección en el futuro. Así mismo, la introducción táctica, operacional y estratégica del concepto de *Volúmenes de Interés Estratégico*, permitirá a los planeadores y líderes navales e incluso terrestres y aéreos, modificar su paradigma bidimensional de los espacios asignados, para finalmente entenderlos narrativamente y por ese conducto, racionalmente, como espacios multidimensionales que deben ser pensados en todos y cada uno de los 6 ejes (La superficie, lo subacuático, el lecho marino, la órbita baja, el aire y la dimensión ciber) que el dominio marítimo imponen para su control integral.

Dentro de esta misma línea de investigación, se recomienda en el futuro, ampliar el desarrollo técnico de la solución planteada, dado que por la orientación en ciencias sociales del estudio; la argumentación físico-matemática no pudo ser abordada en profundidad. No obstante, como se mostró; la disponibilidad de literatura al respecto es copiosa. Así mismo, es de resaltar que pese a la superficialidad del abordaje técnico y tecnológico del documento, se permite concretar que Colombia cuenta con talento humano suficiente para desarrollar un sistema que cumpla con las necesidades operativas para el control del mar y sus VIE. Lograr ensayos empíricos con prototipos funcionales permitirían la validación de la efectividad operativa y la evaluación costo-beneficio que por extensión y aproximación no se abordan en este documento; pero que permitiría una mejor proyección del impacto práctico en la seguridad y defensa de los intereses marítimos de la Nación.

Aproximaciones preliminares de esta solución fueron desarrollados en el programa SIDACAM de la ARC, hasta 2023. Por lo que darle continuidad al mismo sería un paso importante para la implementación de la capacidad del espectro hidroacústico en Colombia.

## Bibliografía:

1. AIDIPE. (2017). Actas XVIII Congreso Internacional de Investigación Educativa Interdisciplinaria y transferencia (p. 2069). Salamanca: AIDIPE.
2. APA Publication Manual (2020). Publication Manual of the American Psychological Association (7th ed.). APA.
3. Armada Nacional. (2024). Plan estratégico naval 2024-2042. Bogotá, Colombia.
4. Bryman, A. (2006). Integrating quantitative and qualitative research: How is it done? *Qualitative Research*, 6(1), 97–113.
5. Bueger, C., & Liebetrau, T. (2023). Critical maritime infrastructure protection: What’s the trouble? *Marine Policy*, 155, 105772. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105772>
6. Bueger, C., Edmunds, T., & McCabe, R. (2020). Into the sea: Capacity-building innovations and the maritime security challenge. *Third World Quarterly*, 41(2), 228–246.
7. Buszman, K. A. (2020). Detection of floating objects based on hydroacoustic and hydrodynamic pressure measurements in the coastal zone. *Polish Maritime Research*, 27(2), 168–175. <https://doi.org/10.2478/pomr-2>
8. Clausewitz, K. V. (2020). De la guerra. Vi-Da Global S.A.
9. Commander, Submarine Force, U.S. Pacific Fleet. (s. f.). *About IUSS*. United States Navy. <https://www.csp.navy.mil/cus/About-IUSS/>
10. Comisión Colombiana del Océano. (2018, agosto 30). Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros (PNOEC). Bogotá, Colombia: Comisión Colombiana del Océano.
11. Comando General de las Fuerzas Militares. (2022, abril). Modelo de planeación basado en capacidades: Taxonomía de capacidades de las FF.MM. Colombia.
12. Constitución Política de Colombia. (1991). Constitución Política de la República de Colombia.
13. Corbett, J. S. (2000). Algunos principios de estrategia marítima. Valparaíso: Academia de Guerra Naval.

14. Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. SAGE Publications
15. Decreto Ley 2324. (1984, septiembre). Por el cual se reorganiza la Dirección General Marítima y Portuaria. Colombia.
16. Dirección General Marítima (Dimar). (2025, 17 de septiembre). *SEMAC: 81 años contribuyendo a la seguridad de los puertos del Caribe colombiano*.  
<https://www.dimar.mil.co/semac-81-anos-contribuyendo-la-seguridad-de-los-puertos-del-caribe-colombiano>
17. Escuela Superior de Guerra & Fundación Konrad Adenauer KAS. (2022). *Estrategia de seguridad: de la infraestructura crítica nacional 2022-2032*. Bogotá, Colombia: Editorial ESDEG, Fundación Konrad Adenauer KAS.
18. Folgueiras, P., & Ramírez, C. (2017). Elaboración de técnicas de recogida de información en diseños mixtos: Un ejemplo de estudio en aprendizaje-servicio. *REIRE. Revista d’Innovació i Recerca en Educació*, 10(2), 64–78.
19. Canadian Armed Forces (s. f.). *Sonar operator*. Canadian Armed Forces.  
<https://forces.ca/en/career/sonar-operator/>
20. Giroux, H. (1997). La pedagogía de frontera y la política del postmodernismo. *Revista Intrínquilis*, 6, 96.
21. Godet, M., & Durance, P. (2011). *La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios*. UNESCO, Dunod.
22. Good, S. A., Martin, M. J., & Rayner, N. A. (2013). EN4 quality controlled ocean temperature and salinity profiles and monthly objective analyses with uncertainty estimates. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118, 6704–6716.
23. Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). (2010). *The international thermodynamic equation of seawater – 2010: Calculation and use of thermodynamic properties* (Vol. Manuals and Guides No. 56). UNESCO.
24. Lee, E. (2015). *Homeland security and private sector business corporations’ role in critical infrastructure protection* (2ª ed.). Boca Ratón, FL: Taylor & Francis Group.
25. Mahan, A. T. (1890). *The influence of sea power upon history, 1660–1783*. Boston, MA: Little, Brown and Company.
26. Margalef, L., & Arenas, A. (2006). ¿Qué entendemos por innovación educativa? A propósito del desarrollo curricular. *Perspectiva Educativa*, 47(1), 13–31.

27. Mazarr, M. J. (2018, abril 19). Understanding deterrence (Perspective no. PE-295-RC). RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/PE295>
28. Ministerio de Defensa Nacional (MINDEFENSA). (2018). Guía metodológica de planeamiento por capacidades. Bogotá, Colombia: República de Colombia..
29. Ministerio de Defensa Nacional. (2018, 28 de diciembre). *Por la cual se expide la Resolución No. 7144 de 2018* [Resolución No. 7144 de 2018]. República de Colombia.
30. Ministerio de Defensa Nacional. (2020, 21 de julio). *Por la cual se expide la Resolución No. 2902 de 2020* [Resolución No. 2902 de 2020]. República de Colombia.
31. Okana, Y., Müller, S., & García-Retamero, R. (2010). Relación entre pensamiento y lenguaje: Cómo el género gramatical afecta a las representaciones semánticas de los objetos. *Boletín de AELFA*, 10(3), 52–55.
32. Pac, B. (2022). The application of strategic analysis in maritime security development. *Rocznik Bezpieczeństwa Morskiego*.
33. Republic of Korea Ministry of National Defense. (2010). *Defense White Paper* [Libro blanco de defensa]. <https://www.mnd.go.kr/eng/index.do>
34. Rivera, M. (2016). Caracterización espacio-temporal de la velocidad del sonido en el Caribe colombiano. Cartagena de Indias, Colombia.
35. Rivera-Páez, S. (2018). Planificación espacial en el territorio marino: Retos y oportunidades para el ordenamiento territorial colombiano. En E. S. Guerra & S. Rivera (Eds.), *Intereses de Colombia en el mar: Reflexiones y propuestas para la construcción de país marítimo* (pp. 139–171). Bogotá, Colombia: Escuela Superior de Guerra.
36. Roselli, N. (2011). Teoría del aprendizaje colaborativo y la teoría de la representación social: Convergencias y posibles articulaciones. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 2(2), 173–191.
37. Salamanca-Rodríguez, E. A.-O. (2022). Estrategia de seguridad: de la infraestructura crítica nacional 2022-2032. Bogotá, Colombia: Editorial ESDEG, Fundación Konrad Adenauer KAS.
38. Schrodtt, J., Russell, D., Clauter, D., & Schult, F. (1995). The hydroacoustic component of an international monitoring system.

39. Slavin, R. (2002). Aprendizaje cooperativo: Teoría, investigación y práctica. AIQUE.
40. Till, G. (2009). Seapower: A guide for the twenty-first century (2<sup>a</sup> ed.). Londres, Reino Unido: Routledge.
41. Universidad de Colorado. (2025, junio 26). Helpful documents, setup, software. INSTAAR. Recuperado de <https://instaar.colorado.edu/~jenkinsc/dbseabed/helpful/index.html#Documentation>
42. Uribe-Cáceres, S. (2017). El Estado y el mar: Relaciones con el poder marítimo, el poder naval y el desarrollo nacional. Bogotá, Colombia: Editorial ESDEG.
43. Walsh, T. A., & Huber, A. L. (2023, cuarto trimestre). A symphony of capabilities: How the Joint Warfighting Concept guides service force design and development. Joint Force Quarterly (No. 111), 4–15. NDU Press. <https://ndupress.ndu.edu/Media/News/News-Article-View/Article/3568312/a-symphony-of-capabilities-how-the-joint-warfighting-concept-guides-service-for/>

ANEXO I.

FORMATOS CONSENTIMIENTO INFORMADO DE APLICACIÓN DE  
HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS PARA INVESTIGACIÓN

ANEXO II

FORMULARIO DE PREGUNTAS EFECTUADAS AL PANEL DE EXPERTOS, DE  
FECHA 17 DE JUNIO DE 2025 (FIRMADO).