

Artículo de investigación

Tecnologías de salvamento y rescate para atuneros en alta mar. Un estudio de nuevas soluciones de emergencia

Melvin Andrés Pazmiño-Moreira ^[1]  Xavier Enrique Guillén-García ^[1] 

[1] Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura. Manta, Ecuador.



Autor para correspondencia: xavier.guillen@uleam.edu.ec

Resumen

El objetivo principal fue encontrar soluciones efectivas para la tecnología de salvamento y rescate de los buques atuneros de alta mar de la flota pesquera de Manta, con el fin de mejorar la seguridad de la tripulación y mejorar la eficiencia de las operaciones pesqueras, en particular en la ciudad portuaria de Manta, Ecuador. Se empleó una metodología cualitativa, que implicó la recopilación de datos mediante entrevistas a expertos en tecnología de rescate y la realización de encuestas a capitanes y tripulantes. Además, se realizó un examen de incidentes anteriores y estadísticas pertinentes para identificar las principales limitaciones y desafíos. El análisis reveló que las principales limitaciones incluyen equipos de rescate anticuados y falta de formación adecuada. Del mismo modo, se encontró que tecnologías emergentes como drones aéreos, vehículos autónomos, sistemas de tecnología satelital y telemedicina se identificaron como soluciones viables, por último, la implementación de estas tecnologías, junto con un robusto programa de formación y sensibilización, es técnica, práctica y económicamente viable, con un ROI estimado del 13.91%. Se concluye que la modernización de equipos de rescate y la adopción de tecnologías emergentes pueden mejorar significativamente la seguridad y eficiencia operativa de los buques atuneros de Manta.

Palabras Clave: *buques atuneros, salvamento, rescate, tecnologías emergentes.*

Salvage and rescue technologies for tuna vessels at sea. A study of new emergency solutions

Abstract

The primary objective was to identify effective solutions for salvage and rescue technology for deep-sea tuna vessels of the Manta fishing fleet to enhance crew safety and improve operational efficiency, particularly in the port city of Manta, Ecuador. A qualitative methodology was employed, involving data collection through interviews with rescue technology experts and surveys with captains and crew members. Additionally, an analysis of past incidents and relevant statistics was conducted to identify key limitations and challenges. The findings revealed that outdated rescue equipment and insufficient training are major constraints. Furthermore, emerging technologies such as aerial drones, autonomous vehicles, satellite technology systems, and telemedicine were identified as viable solutions. Finally, the implementation of these technologies, along with a robust training and awareness program, was found to be technically, practically, and economically feasible, with an estimated ROI of 13.91%. It is concluded that modernizing rescue equipment and adopting emerging technologies can significantly enhance the safety and operational efficiency of Manta's tuna vessels.

Keywords: *tuna vessels, rescue, emerging technologies.*

1. Introducción

La industria pesquera comercial mundial enfrenta considerables dificultades para implementar protocolos de seguridad y rescate. Esta línea de trabajo está plagada de peligros constantes, lo que la ubica entre las profesiones más peligrosas del mundo. Según estimaciones de la OIT, la tasa de mortalidad anual en la pesca comercial supera significativamente la de otros trabajos (OIT, 2020). El negocio de la pesca comercial, particularmente cuando se realiza en aguas profundas y remotas, presenta peligros inherentes. Como señaló Brito (2018), los buques atuneros encuentran multitud de obstáculos, que van desde las inclemencias del tiempo hasta fallos mecánicos a bordo del buque, sin mencionar la posibilidad de accidentes en el lugar de trabajo. Dadas estas circunstancias, garantizar la seguridad de la tripulación surge como una preocupación esencial y primordial.

Con la finalidad, de poder comprender de mejor manera el desarrollo de la industria pesquera en Ecuador, se presenta a continuación datos históricos de los últimos 5 años acerca de las exportaciones de este producto (**Figura 1**):

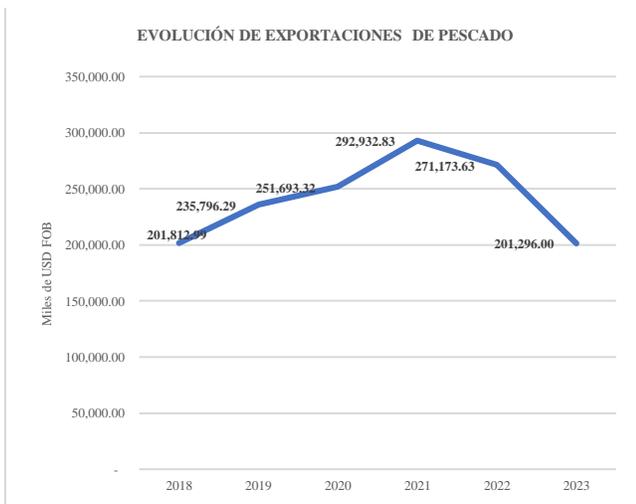


Figura 1. Evolución de exportaciones de pescado

Tal como se observa en la **Figura 1**, del 2018 al 2021, la industria exportadora pesquera del Ecuador experimentó un crecimiento constante. Cabe destacar que las exportaciones aumentaron un 16,84% en 2019, seguido de un aumento más modesto del 6,74% en 2020 y un aumento adicional del 16,38% en 2021, culminando en un pico de 292.932,83 miles de dólares. Sin embargo, una tendencia negativa comenzó en 2022, con una disminución de las exportaciones del 7,43%. Esta trayectoria descendente se acentuó aún más en 2023, ya que las exportaciones cayeron drásticamente en un 25,77%, lo que resultó en una caída a 201.296,00 miles de dólares. Esta cifra marca el nivel más bajo registrado en los últimos

seis años. El análisis de estas estadísticas revela una considerable volatilidad en las exportaciones pesqueras, particularmente en los últimos dos años, que puede vincularse a varios factores económicos y ambientales que afectan a la industria pesquera del Ecuador.

La seguridad y el rescate en la pesca comercial plantean una preocupación importante en el contexto de América Latina. Las estadísticas recientes indican una alta incidencia de accidentes marítimos relacionados con la pesca en esta región, lo que provoca muchas muertes y lesiones graves anualmente (Berti de Marinis, 2021). El sector de la pesca en pequeña escala es particularmente vulnerable a estos incidentes. Según Dourteau y Keldjian (2022), este problema se deriva de la falta de capacitación adecuada para las tripulaciones y capitanes de las embarcaciones pequeñas, equipos de seguridad insuficientes y equipos de navegación y comunicación inadecuados.

El Art. 347 del Código del Trabajo (2005) indica que “*los riesgos del trabajo son las eventualidades dañinas a que está sujeto el trabajador, con ocasión o por consecuencia de su actividad. Para los efectos de la responsabilidad del empleador se consideran riesgos del trabajo las enfermedades profesionales y los accidentes*”. Por otro lado, la seguridad marítima, dentro del ámbito de la industria marítima, abarca el transporte sin obstáculos de mercancías, libre de piratería o cualquier forma de actividad delictiva. Alarcon (2018) ofrece una comprensión integral de la seguridad marítima desde cinco perspectivas diferentes: a) salvaguardar el mar mismo, b) garantizar una gobernanza oceánica efectiva, c) proteger las fronteras marítimas, d) supervisar las operaciones militares en el mar, y e) implementar regulaciones para mejorar la seguridad de los sistemas de transporte marítimo.

En su estudio realizado en Ecuador, Colombia, Argentina, Chile, Brasil y Perú, Hernández (2022) destacó la alta incidencia de diferentes tipos de accidentes dentro de las operaciones pesqueras que provocan lesiones y muertes. Estos incidentes abarcan naufragios, incendios a bordo, caídas de personas por la borda, enredos con maquinaria o redes, resbalones o tropiezos, lesiones por manipulación de equipos o pescado capturado, fugas, fallas en motores o sistemas de dirección, colisiones y exposición a gases nocivos en áreas cerradas.

Por su parte, en la ciudad de Manta en Ecuador enfrenta distintos desafíos en materia de seguridad y rescate dentro del sector de la pesca comercial a nivel micro. Como puerto pesquero importante en el país, Manta es esencial para la flota atunera ecuatoriana (Osejos-Vásquez et al., 2022). Sin embargo, la falta de recursos e infraestructura adecuados para realizar operaciones de rescate crea una barrera importante para la seguridad de los pescadores y las tripulaciones de los buques atuneros (Capital Portuaria de

Manta, 2020). El paisaje costero de la región, marcado por aguas peligrosas y condiciones climáticas erráticas, aumenta las posibilidades de accidentes y emergencias marítimas.

Tras las problemáticas discutidas en la sección anterior, se expone a continuación la siguiente pregunta: *¿Las nuevas tecnologías de salvamento y rescate para atuneros en alta mar de la flota pesquera de Manta podrían limitar los accidentes relacionados a esta actividad?*

Con base en lo descrito anteriormente, el objetivo general del artículo se centró en identificar soluciones efectivas de tecnologías de salvamento y rescate para atuneros en alta mar de la flota pesquera de Manta, con el fin de mejorar la seguridad de las tripulaciones y la eficacia de las operaciones pesqueras, especialmente en el contexto de la ciudad portuaria de Manta, Ecuador.

Por último, es preciso indicar que la importancia de la investigación se enfoca en priorizar el bienestar de las tripulaciones atuneras y buscar la viabilidad de largo plazo en las operaciones pesqueras en aguas abiertas. A la luz de las emergencias impredecibles que pueden surgir en el mar, es imperativo contar con tecnologías y protocolos eficientes que puedan minimizar los riesgos y abordar con prontitud las circunstancias críticas. Además, este estudio aborda la necesidad de innovación en un sector que no ha recibido tanto énfasis como otros segmentos del campo marítimo.

2. Marco teórico

2.1 Seguridad marítima

La seguridad marítima, dentro del ámbito de la industria marítima, abarca el transporte sin obstáculos de mercancías, libre de piratería o cualquier forma de actividad delictiva. Alarcón (2018) ofrece una comprensión integral de la seguridad marítima desde cinco perspectivas diferentes: a) salvaguardar el mar mismo, b) garantizar una gobernanza oceánica efectiva, c) proteger las fronteras marítimas, d) supervisar las operaciones militares en el mar y, e) implementar regulaciones para mejorar la seguridad de los sistemas de transporte marítimo. Del mismo modo, la seguridad marítima implica la adopción de diversas medidas por parte de los propietarios de puertos, operadores de buques y administradores de instalaciones costa afuera para protegerse contra actos de sabotaje, piratería, robo e incidentes inesperados (Osejos-Vásquez et al., 2022).

Visto a través de una lente militar, estos autores comprenden la noción de seguridad nacional, que abarca salvaguardar y preservar la integridad del territorio de una nación contra la agresión armada o cualquier otra forma de fuerza, con el objetivo final de proteger los intereses del Estado (Sánchez, 2021). Además, Lavayen (2020) define la seguridad

marítima como el estado de ausencia de actividades ilícitas como piratería, robo a mano armada, terrorismo o cualquier acto de violencia dirigido contra embarcaciones, tripulantes, pasajeros, instalaciones portuarias, instalaciones costa afuera y otros medios marítimos.

La Dirección General Marítima de Colombia (DIMAR) ha desarrollado un enfoque integral de seguridad marítima que tiene como objetivo minimizar los riesgos asociados a las actividades marítimas y su potencial impacto en el desarrollo económico y sociocultural del territorio costero. Este concepto, tal como lo define la DIMAR, implica la gestión coordinada de autoridades y usuarios para abordar los riesgos antrópicos, naturales e institucionales. Va más allá de las nociones tradicionales de seguridad marítima al incorporar elementos como la protección de buques e instalaciones portuarias contra actos ilícitos, el uso sostenible de los recursos costeros y marinos y la implementación de medidas para garantizar una navegación más segura.

2.2 Riesgos laborales en Alta Mar

Participar en trabajos en alta mar implica una variedad de tareas, como pesca, transporte marítimo comercial, exploración petrolera e investigación científica. Esta línea de trabajo es conocida por su entorno altamente dinámico y exigente, donde elementos como el clima, las condiciones del mar y la distancia de la tierra pueden amplificar en gran medida los riesgos para los trabajadores.

Los trabajadores costa afuera enfrentan peligros importantes debido a accidentes marítimos, incluidos naufragios, colisiones y encallamientos (Gómez, 2022). La Organización Marítima Internacional (OMI) afirma que estos incidentes pueden deberse a una variedad de factores, como errores humanos, fallos técnicos y condiciones ambientales. El informe de 2019 de la OMI sobre "*Riesgos laborales en la industria marítima*" destaca el grave impacto de los accidentes marítimos en la seguridad, el bienestar y el ecosistema marino de los trabajadores (OMI, 2019).

Los riesgos laborales se ven enormemente amplificados por las condiciones climáticas adversas que se encuentran en mar abierto, incluidas tormentas, huracanes y niebla densa. El informe de la Administración Marítima y Costera de EE. UU (2020) destaca los desafíos que estas condiciones plantean para la navegación segura y el mayor riesgo de accidentes y lesiones para los trabajadores. Los trabajadores offshore frecuentemente sufren lesiones ocupacionales, como problemas musculoesqueléticos, quemaduras solares y enfermedades por estrés relacionadas con el trabajo. Un estudio realizado por Osejos-Vásquez et al., (2022) confirma que la naturaleza físicamente exigente del trabajo en alta mar

contribuye a una mayor probabilidad de estas lesiones y enfermedades.

2.3 Riesgos Específicos para Atuneros en Alta Mar

Los atuneros en alta mar enfrentan una serie de riesgos específicos que pueden poner en peligro la seguridad de la tripulación y la integridad de la embarcación. Estos riesgos varían en su naturaleza y pueden surgir debido a factores como las condiciones climáticas extremas, las operaciones de pesca, y la lejanía de la costa. A continuación, se presenta una recopilación de los riesgos específicos para atuneros en alta mar, ordenados desde los más frecuentes hasta los menos frecuentes, junto con su probabilidad de ocurrencia (Organización Marítima Internacional, 2019) (**Tabla 1**).

Tabla 1. Riesgos Específicos para Atuneros en Alta Mar y Probabilidad de Ocurrencia

Riesgo	Probabilidad de Ocurrencia
Nafragio	Alta
Incendios a bordo	Moderada
Colisiones con otras embarcaciones	Moderada
Condiciones climáticas extremas	Alta
Atrapamiento en redes de pesca	Moderada
Lesiones durante las operaciones de pesca	Moderada
Fugas de combustible	Baja
Pérdida de comunicaciones	Moderada
Abordajes por piratas o delincuentes marítimos	Baja
Enfermedades relacionadas con el estrés laboral	Baja

Nota. Adaptada del informe presentado por la OMI en 2019.

Esta tabla proporciona una visión general de los riesgos específicos para atuneros en alta mar, destacando aquellos con una mayor probabilidad de ocurrencia, como los naufragios y las condiciones climáticas extremas. Si bien algunos riesgos, como las colisiones con otras embarcaciones, son moderados en términos de probabilidad, todos ellos requieren una atención adecuada y medidas de seguridad efectivas para minimizar su impacto en la seguridad y el bienestar de la tripulación.

2.4 Tecnologías Tradicionales de Salvamento y Rescate

Las tecnologías tradicionales de salvamento y rescate han sido fundamentales en la protección de la vida humana en el mar durante siglos. Desde los primeros botes salvavidas hasta los sistemas de señalización de emergencia, estas tecnologías han evolucionado para proporcionar a los navegantes herramientas efectivas para hacer frente a situaciones de crisis en alta mar. En esta sección, se presenta

una recopilación exhaustiva de las tecnologías tradicionales de salvamento y rescate, junto con una descripción detallada de cada una (**Tabla 2**).

Tabla 2: Tecnologías Tradicionales de Salvamento y Rescate

Tecnología	Descripción
Botes Salvavidas	Los botes salvavidas son embarcaciones diseñadas específicamente para la evacuación de tripulantes en caso de emergencia. Generalmente están construidos con materiales flotantes y cuentan con capacidad para transportar a un número determinado de personas. Su diseño incluye sistemas de flotación y compartimentos estancos para garantizar la flotabilidad incluso en condiciones adversas.
Chalecos Salvavidas	Los chalecos salvavidas son dispositivos de flotación personales que se utilizan para proporcionar flotabilidad a los individuos en caso de caída al agua. Están diseñados para mantener a una persona en posición vertical y con la cabeza fuera del agua, lo que reduce el riesgo de ahogamiento. Los chalecos salvavidas están disponibles en una variedad de estilos y tamaños, incluyendo modelos inflables y no inflables.
Aros Salvavidas	Los aros salvavidas, también conocidos como boyas salvavidas, son dispositivos de flotación circulares que se lanzan al agua para proporcionar apoyo a una persona que se encuentra en peligro. Están construidos con materiales flotantes y suelen estar equipados con una cuerda o un cabo para facilitar su lanzamiento y recuperación. Los aros salvavidas son una herramienta de rescate común en embarcaciones y estaciones costeras.
Bengalas de Emergencia	Las bengalas de emergencia son dispositivos de señalización luminosa utilizados para alertar a otros barcos, aeronaves o estaciones costeras sobre la presencia de una situación de emergencia en el mar. Están diseñadas para producir una luz brillante y visible a largas distancias, lo que facilita la localización y el rescate de embarcaciones en peligro. Las bengalas de emergencia pueden ser de luz fija, intermitente o de humo, dependiendo de las condiciones y requisitos específicos.
Radiobaliza de Emergencia	Las radiobalizas de emergencia, también conocidas como EPIRB (Emergency Position- Indicating Radio Beacon), son dispositivos de localización de emergencia utilizados para transmitir una señal de socorro en caso de naufragio o emergencia grave. Están diseñadas para ser activadas automáticamente al entrar en contacto con el agua o de forma manual por la tripulación. Las radiobalizas de emergencia transmiten una señal de socorro que puede ser detectada

por satélites y utilizada para calcular la posición exacta de la embarcación en peligro.

Los kits de señalización son una herramienta de seguridad esencial en cualquier embarcación

Reflectores de Radar	Los reflectores de radar son dispositivos pasivos utilizados para aumentar la visibilidad de una embarcación en el radar de otros barcos. Están contruidos con materiales que reflejan las ondas de radar, lo que hace que la embarcación sea más visible en condiciones de poca visibilidad o durante la noche. Los reflectores de radar son una herramienta importante para evitar colisiones y facilitar el rescate en el mar.
Balsas de Salvamento	Las balsas de salvamento son embarcaciones inflables diseñadas para proporcionar refugio y flotabilidad en caso de naufragio o emergencia grave. Están equipadas con suministros de supervivencia, como agua potable, alimentos, equipos de primeros auxilios y dispositivos de comunicación. Las balsas de salvamento pueden ser lanzadas manualmente desde una embarcación o activarse automáticamente al entrar en contacto con el agua.
Escaleras de Abordaje	Las escaleras de abordaje son dispositivos de rescate diseñados para facilitar la evacuación de tripulantes desde una embarcación en peligro a otra embarcación o plataforma de salvamento. Están contruidas con materiales resistentes y cuentan con peldaños o escalones que permiten a las personas subir o bajar de manera segura. Las escaleras de abordaje son una herramienta importante en situaciones de evacuación en alta mar.
Botes de Rescate Rápido	Los botes de rescate rápido son embarcaciones pequeñas y ágiles utilizadas para realizar operaciones de rescate y evacuación en alta mar. Están equipados con motores potentes y sistemas de navegación avanzados que les permiten alcanzar rápidamente zonas de emergencia y maniobrar en condiciones adversas. Los botes de rescate rápido son esenciales para la evacuación de tripulantes en situaciones de naufragio o emergencia grave
Kits de Señalización	Los kits de señalización son conjuntos de dispositivos de señalización utilizados para alertar a otros barcos, aeronaves o estaciones costeras sobre la presencia de una situación de emergencia en el mar. Incluyen una variedad de elementos, como bengalas de mano, espejos de señales, silbatos de supervivencia y láseres de emergencia, que pueden ser utilizados para transmitir señales visuales o auditivas en caso de necesidad.

La tabla anterior presenta una variedad de tecnologías tradicionales de salvamento y rescate utilizadas en la industria marítima. Cada una de estas tecnologías desempeña un papel importante en la protección de la vida humana en el mar y la preservación de la seguridad de las embarcaciones. Los botes salvavidas, los chalecos salvavidas y los aros salvavidas son dispositivos de flotación diseñados para proporcionar apoyo a las personas en el agua en caso de emergencia. Las bengalas de emergencia y las radiobalizas de emergencia son herramientas de señalización utilizadas para alertar a otros barcos y autoridades de la presencia de una situación de emergencia en el mar. Por último, los reflectores de radar aumentan la visibilidad de las embarcaciones en el radar de otros barcos, lo que ayuda a prevenir colisiones y facilita las operaciones de rescate. En conjunto, estas tecnologías tradicionales de salvamento y rescate desempeñan un papel crucial en la seguridad marítima y son fundamentales para la protección de la vida humana en el mar.

2.5 Innovaciones Tecnológicas Emergentes

El ámbito de la seguridad y el imperativo de mejorar las operaciones de rescate han impulsado la creación de avances tecnológicos de vanguardia que tienen el potencial de revolucionar la ejecución de estas tareas vitales. Al examinar los conocimientos de los expertos de la industria, podemos obtener una comprensión más profunda de la amplitud y las posibilidades que presentan estas innovaciones, así como sus profundas implicaciones para la seguridad marítima.

La utilización de vehículos submarinos operados remotamente (ROV) se ha identificado como un avance tecnológico muy prometedor en el campo del salvamento y salvamento marítimo, como destaca un estudio realizado por García et al. (2020). Equipados con sensores de última generación y cámaras de alta resolución, estos dispositivos poseen la capacidad de navegar a profundidades considerables, lo que les permite explorar y localizar eficazmente embarcaciones sumergidas o naufragios en áreas que normalmente son inaccesibles para los buceadores humanos. Al proporcionar capacidades mejoradas de búsqueda submarina, los ROV han mejorado enormemente la eficiencia y precisión de las operaciones de rescate realizadas en entornos marinos complejos.

Los drones aéreos, además de los vehículos operados a distancia (ROV), son cada vez más indispensables en los esfuerzos de búsqueda y rescate marítimos. Como señala Brito (2018), los drones equipados con cámaras y sistemas de detección avanzados tienen la capacidad de realizar rápidamente reconocimientos aéreos de regiones extensas, buscando personas o embarcaciones en peligro. Su capacidad para volar a grandes alturas y cubrir extensos territorios en un breve período de tiempo los convierte en un activo invaluable para identificar y abordar con prontitud emergencias en el mar.

La transformación del salvamento y recuperación marítimos está siendo impulsada por la aparición de sistemas autónomos no tripulados. Estas tecnologías innovadoras, como las embarcaciones autónomas y los vehículos aéreos no tripulados (UAV), tienen la capacidad de llevar a cabo una amplia gama de operaciones de rescate y vigilancia de forma independiente, eliminando la necesidad de participación humana. Esto los hace particularmente valiosos en situaciones que plantean un alto nivel de riesgo, donde el bienestar de la tripulación podría verse comprometido. Según Lavayen (2020), estos sistemas autónomos están revolucionando el campo del salvamento y recuperación marítimo.

Los esfuerzos de rescate y recuperación marítimos están sufriendo una revolución gracias a la utilización de la tecnología satelital. Como explica Adams (2019), la integración de sistemas de navegación por satélite y dispositivos de comunicación permite una mejor coordinación y respuestas rápidas a situaciones de emergencia en aguas abiertas. La tecnología satelital, como los dispositivos de localización personal (PLB) y los sistemas de mensajería de emergencia por satélite (SEMS), permite a las personas varadas en el mar notificar rápidamente a los servicios de rescate y transmitir su ubicación precisa cuando se enfrentan a una crisis.

Los avances tecnológicos están revolucionando la atención médica de emergencia y la evacuación de heridos en el ámbito marítimo. Como señaló Brown (2020), la implementación de sistemas de telemedicina y telesalud permite a los médicos en tierra ofrecer orientación y experiencia inmediatas a los equipos médicos a bordo. Además, el desarrollo de la tecnología de transporte médico, incluidos helicópteros médicos y aviones de evacuación está simplificando el traslado rápido y seguro de personas heridas desde el mar a instalaciones médicas terrestres.

A continuación, se presenta una tabla resumen de las innovaciones tecnológicas emergentes de salvamento y rescate marítimo (**Tabla 3**):

Tabla 3: Tecnologías emergentes de salvamento y rescate marítimo

Tecnología	Descripción
Vehículos Submarinos Operados Remotamente	Dispositivos equipados con cámaras de alta resolución y sensores avanzados que pueden sumergirse a grandes profundidades para explorar y localizar embarcaciones hundidas o naufragos en áreas de difícil acceso para los buzos humanos.
Drones Aéreos	Equipados con cámaras de alta resolución y sistemas de detección, estos drones pueden realizar rápidas inspecciones aéreas de áreas extensas en busca de naufragos o embarcaciones en peligro.
Sistemas Autónomos No Tripulados	Embarcaciones autónomas y vehículos aéreos no tripulados (UAV) que pueden realizar una variedad de tareas de rescate y vigilancia de manera autónoma, sin la necesidad de intervención humana directa.
Tecnología Satelital	Sistemas de navegación por satélite y dispositivos de comunicación satelital que permiten una coordinación más eficiente y una respuesta más rápida a situaciones de emergencia en el mar. Dispositivos de localización personal (PLB) y sistemas de mensajería de emergencia vía satélite (SEMS) que permiten a los naufragos alertar a los servicios de rescate y transmitir su ubicación precisa en caso de emergencia.
Telemedicina y Transporte Médico Avanzado	Uso de telemedicina y sistemas de telesalud para proporcionar asesoramiento y orientación médica a bordo de las embarcaciones en tiempo real. Avances en la tecnología de transporte médico, como helicópteros medicalizados y aviones de evacuación médica, que facilitan la evacuación rápida y segura de los heridos desde el mar hasta instalaciones médicas en tierra firme.

3. Metodología

La metodología de investigación se diseñó para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados, alineando cuidadosamente cada fase con los objetivos del estudio, que examina las tecnologías de salvamento en los atuneros de alta mar de Manta, Ecuador. El estudio es de enfoque exploratorio y descriptivo, permitiendo tanto documentar las limitaciones existentes como proponer soluciones tecnológicas para guiar futuras decisiones.

Se emplea un enfoque mixto que combina la recolección y análisis de datos cualitativos y cuantitativos en tres fases: identificación de problemas a través de entrevistas y análisis de incidentes, investigación de tecnologías emergentes mediante revisión bibliográfica y entrevistas con expertos, y una fase final de recomendación y validación de las tecnologías propuestas mediante encuestas y grupos focales.

Los datos se recolectaron mediante entrevistas semi-estructuradas con la tripulación y capitanes de los atuneros, así como un análisis cuantitativo de incidentes registrados en informes de flota y organismos gubernamentales. La población del estudio estuvo compuesta por dos grupos: tripulación y capitanes, y expertos en tecnologías de salvamento, con una muestra no probabilística que incluyó 10 capitanes, 20 miembros de tripulación y 2 expertos en tecnologías de rescate.

Los datos cualitativos de las entrevistas se analizaron de forma cualitativa, mientras que los datos de las encuestas se procesaron mediante análisis estadísticos descriptivos e inferenciales con el software SPSS. Finalmente, se garantizó la ética del estudio mediante el consentimiento informado de los participantes y el manejo confidencial de los datos, asegurando el anonimato en la presentación de los resultados.

4. Resultados

4.1 Resultados de las encuestas

Los resultados de las encuestas realizadas a capitanes y tripulantes de buques atuneros reflejan desafíos clave en la implementación de tecnologías de rescate en alta mar.

Capitanes de atuneros: La mayoría de los capitanes identifican la coordinación y la falta de entrenamiento (Figura 2) como principales limitaciones técnicas, seguidas de la actualización de equipos y conocimientos en primeros auxilios. Aunque el 60% se siente “algo preparado” para emergencias (Figura 3), existe un interés general en mejorar su preparación. Los incidentes más comunes incluyen choques con objetos flotantes y pérdida de control por tormentas (Figura 4), lo que sugiere la necesidad de capacitación y mantenimiento preventivo. Además, el 50% considera los recursos limitados como el principal desafío operativo (Figura 5), y el equipo de rescate es visto como poco efectivo por el 40% (Figura 6). La familiaridad con tecnologías emergentes es baja, con un 60% que no está familiarizado con ellas (Figura 7), aunque el 70% de los capitanes está muy dispuesto a adoptarlas (Figura 8), lo que muestra apertura hacia la innovación tecnológica.

¿Cuáles son las principales limitaciones técnicas que enfrenta su embarcación en términos de salvamento y rescate?

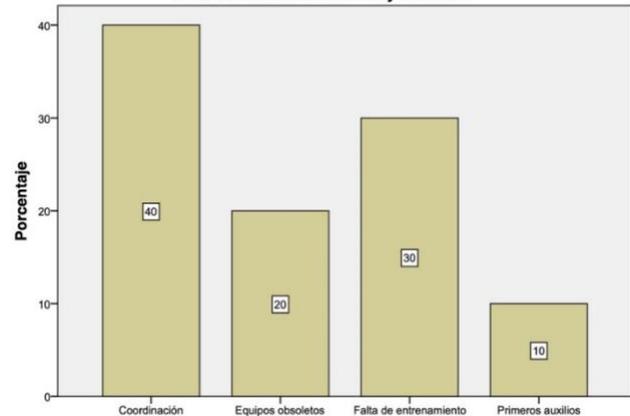


Figura 2. Limitaciones técnicas que enfrentan las embarcaciones.

En una escala del 1 al 5, ¿qué tan preparado se siente su equipo para manejar una emergencia de salvamento en alta mar?

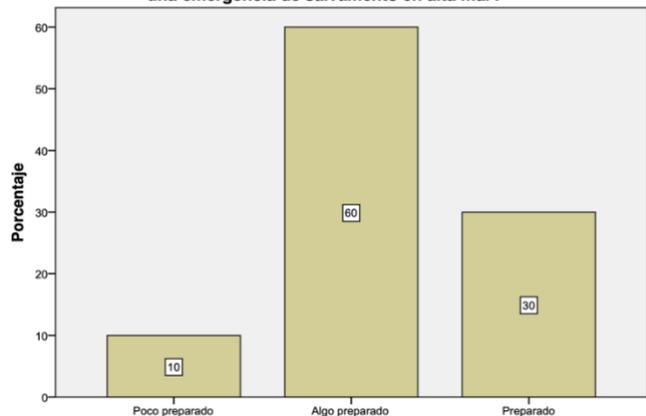


Figura 3. Nivel de preparación para manejar una emergencia de salvamento en alta mar

¿Que tipo de incidentes de emergencia ha experimentado su embarcación en los últimos cinco años?

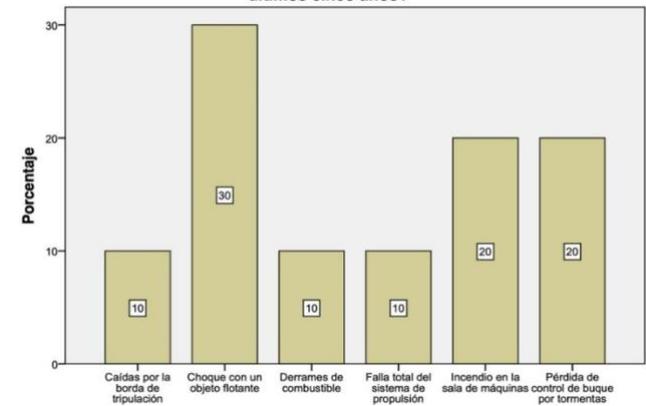


Figura 4. Tipos de incidentes que ha experimentado en los últimos cinco años

¿Cuáles son los principales desafíos operativos que enfrenta en situaciones de emergencia?

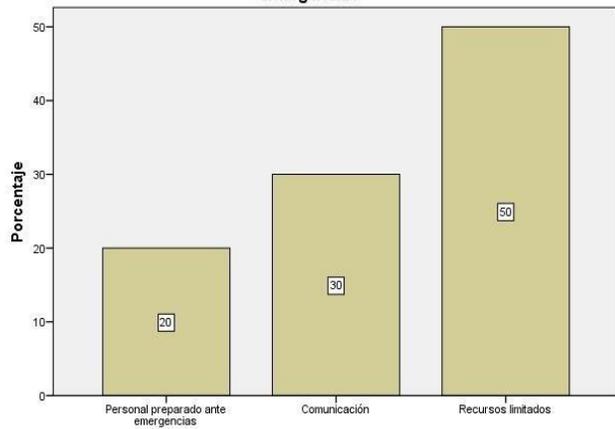


Figura 5. Principales desafíos en situaciones de emergencia.

¿Que tan dispuesto estaria a adoptar nuevas tecnologías para mejorar las operaciones de salvamento y rescate en su embarcación?

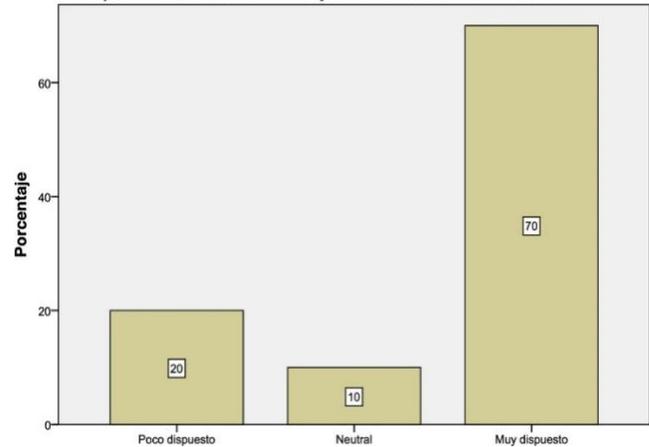


Figura 8. Disposición para la adopción de nuevas tecnologías

¿Cuan efectivo considera que es el equipo logístico a bordo para manejar operaciones de rescate?

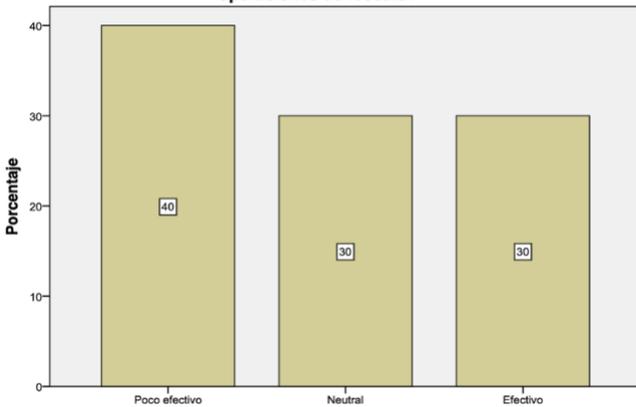


Figura 6. Efectividad del equipo logístico a bordo en el manejo de operaciones de rescate.

¿Esta familiarizado con tecnologías emergentes en otras industrias maritimas para navegación y rescate? Si es así, mencione algunas.



Figura 7. Familiaridad con tecnologías emergentes para navegación y rescate.

¿Cuáles son las principales limitaciones técnicas que enfrenta su embarcación en términos de salvamento y rescate?

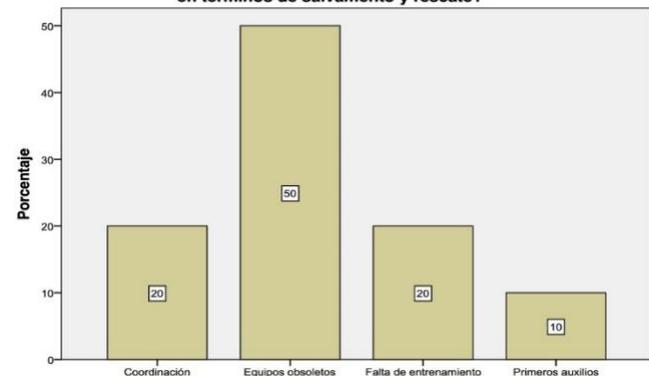


Figura 9. Principales limitaciones técnicas en términos de salvamento y rescate.

Miembros de la tripulación: Para los miembros de la tripulación la principal limitación técnica es el uso de equipos obsoletos (Figura 9). Los incidentes más frecuentes incluyen la pérdida de control por tormentas e incendios en la sala de máquinas (Figura 10), subrayando la necesidad de reforzar el entrenamiento. La preparación ante emergencias (Figura 11) y los recursos limitados son también desafíos operativos significativos (Figura 12). La percepción de ineficacia en los equipos logísticos es alta (Figura 13), y la falta de familiaridad con tecnologías emergentes (70%) limita la eficiencia en las operaciones de rescate (Figura 14). Sin embargo, un 80% muestra alta disposición a adoptar nuevas tecnologías (Figura 15), aunque el 40% señala la falta de capacitación como la barrera principal para su implementación (Figura 16). En general, los resultados sugieren una oportunidad para actualizar equipos, mejorar la capacitación y promover una cultura de innovación en tecnologías de rescate en el sector atunero.

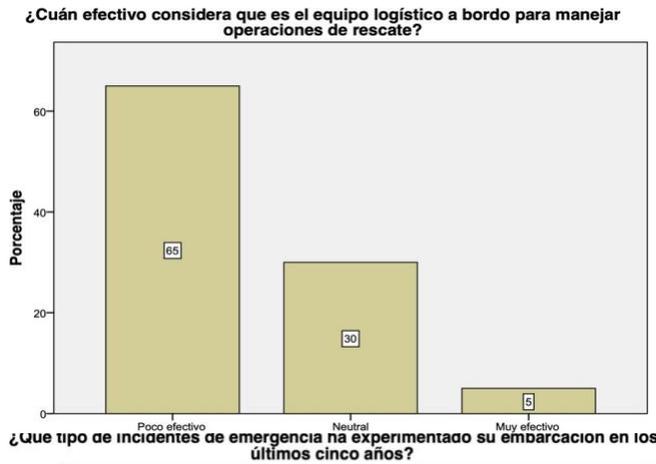


Figura 10. Tipos de incidentes experimentados en la embarcación en los últimos cinco años.



Figura 11. Nivel de preparación para manejar una emergencia de salvamento en alta mar.

¿Cuales son los principales desafíos operativos que enfrenta en situaciones de emergencia?

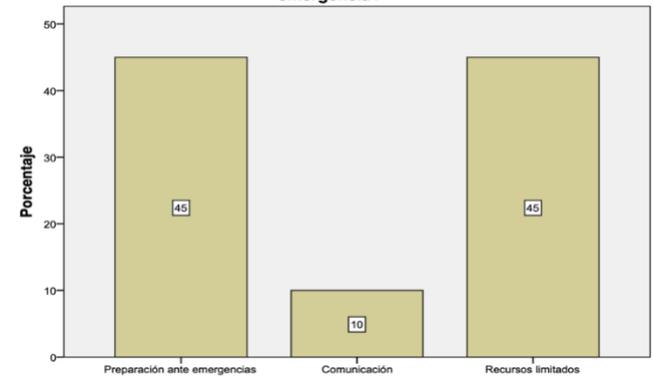


Figura 12. Principales desafíos operativos en situaciones de emergencia

Figura 13. Efectividad del equipo logístico a bordo para el manejo de operaciones de rescate

¿Está familiarizado con tecnologías emergentes en otras industrias marítimas para navegación y rescate? Si es así, mencione algunas.



Figura 14. Familiaridad con tecnologías emergentes para navegación y rescate

¿Que tan dispuesto estaria a adoptar nuevas tecnologías para mejorar las operaciones de salvamento y rescate en su embarcación?

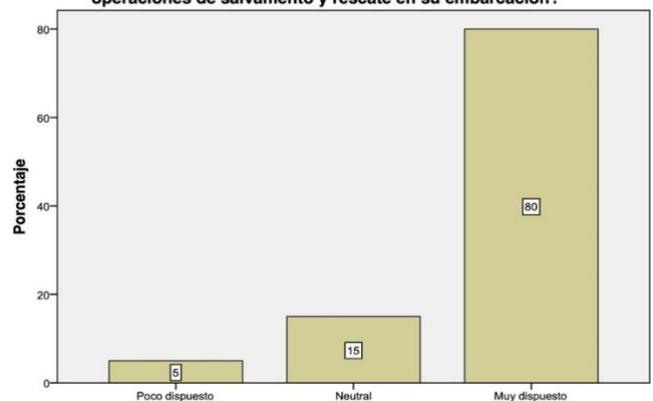


Figura 15. Disposición para adoptar nuevas tecnologías para mejorar las operaciones de salvamento y rescate en su embarcación.

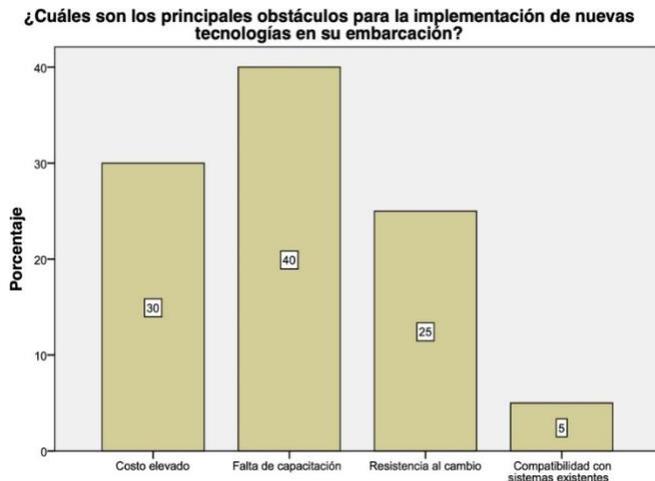


Figura 16. Principales obstáculos para la implementación de nuevas tecnologías.

4.3 Resultado de entrevistas

En el marco de este estudio, se realizaron entrevistas a dos expertos en tecnologías de rescate marítimo para explorar los desafíos y limitaciones en la aplicación de sistemas de protección de vida en alta mar, enfocados específicamente en buques atuneros de la ciudad de Manta. El primer experto, Adrián Zambrano, Perito en riesgos marítimos, identificó que los atuneros enfrentan dificultades técnicas significativas debido a la falta de equipos de rescate adecuados y la capacitación limitada de la tripulación en el uso de estos dispositivos. Mencionó la importancia de equipos como botes salvavidas y radiobalizas EPIRB para mejorar la seguridad en el mar. Además, destacó el potencial de drones y sistemas autónomos en el reconocimiento y localización de naufragos en áreas amplias, lo que podría optimizar la efectividad de las operaciones de rescate.

Por otro lado, la Ingeniera Maritza Anchundia, Directora de Servicio y Logística Integral de Salvamento, subrayó los desafíos operativos de coordinación entre embarcaciones y servicios de rescate, especialmente en condiciones climáticas adversas. Además, recomendó la implementación de vehículos submarinos operados remotamente y drones para acceder a áreas inaccesibles para buzos humanos. Anchundia también sugirió la necesidad de mejorar la capacitación de la tripulación y consideró esencial la integración de la telemedicina y kits de señalización avanzados, así como sistemas de comunicación satelital, para mejorar la asistencia médica en tiempo real durante las emergencias en alta mar. Ambos expertos coincidieron en que los altos costos y la resistencia al cambio son las principales barreras para la adopción de nuevas tecnologías de rescate en los buques atuneros, resaltando la importancia

de una capacitación constante para superar estas limitaciones.

5. Discusión

Por medio de la encuesta realizada a los capitanes y tripulaciones de los buques atuneros, existe una gran necesidad de actualización tecnológica y capacitación en el ámbito de los rescates marítimos. Esto fue reforzado por los comentarios de la Administración Marítima y Costera de los Estados Unidos (2020) y de la Autoridad Portuaria de Manta (2020) quienes mencionaron lo peligroso que era debido a la obsolescencia del equipo de emergencia y la insuficiencia de la capacitación en el mar. En este estudio, los capitanes definieron la coordinación y la ausencia de equipo como las principales limitaciones técnicas, mientras que el 40% etiquetó los recursos limitados como el mayor desafío operativo. La última afirmación concuerda con las conclusiones de dichas entidades sobre la importancia de la logística y el equipo actualizados para una respuesta efectiva en emergencias.

En cuanto a la formación de personal, Alarcón (2018) y Gómez (2022) destaca que es fundamental conocer los riesgos y cómo operar con equipos modernos, de manera que se minimicen accidentes como la fuga de gas en barcos pesqueros. Cincuenta y cinco por ciento del personal tan solo se siente “más o menos preparado” y el 45% “nada preparado”, dejando entrever la falta de capacitación y destrezas ante emergencias. Esto es similar a lo observado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2020), La FAO (2020) y Gómez y Acevedo (2020) quienes alegan que, entre otras actividades peligrosas, una de las actividades críticas en el campo marítimo es la pesca, sin embargo, a los trabajadores no se les da ninguna capacitación ni medidas de seguridad.

Mientras que los capitanes y tripulantes expresaron su interés por abrazar la tecnología, con un 70% de los capitanes y un 80% de la tripulación indicando una actitud positiva hacia la renovación. Esto está en línea con lo que Lavayen (2020) y Tur (2024) recomendaron dispositivos telescópicos, comunicación basada en Internet y el uso de tecnologías satelitales que han demostrado ser funcionales en otras soluciones marítimas internacionales y prácticas para los atuneros. La Unión Internacional de Telecomunicaciones/UIT, Calle (2023) y Dourteau & Keldjian (2022) apoyan las tecnologías de la comunicación para mejorar la coordinación, especialmente en áreas de baja cobertura; Esto se ve respaldado por nuestros hallazgos según los cuales los drones, junto con un GPS sofisticado, pueden tener un impacto significativo en las operaciones de rescate marítimo.

Se identificaron desafíos económicos y, entre los encuestados, el 40% se refirió a los altos costos como el principal obstáculo para implementar nuevas tecnologías.

Este resultado está en línea con las observaciones de Berti de Marinis (2021) y Anaya et al., (2020) con respecto a los desafíos que se experimentaron en la financiación de mejoras de seguridad y rescate dentro del sector marítimo. Sin embargo, la cooperación con organizaciones internacionales y el apoyo financiero propuesto por Vásquez et al., (2022), y Álvarez et al., (2020) trabajarían para facilitar el proceso de transferencia de tecnología al tiempo que fomentan una transición sostenible en relación con los altos estándares de tecnología aplicada a la seguridad en la industria atunera.

Para mejorar la preparación de la tripulación, se propone la introducción de iniciativas de capacitación continua y simulacros de emergencia. Además, se recomienda adquirir equipos de rescate de última generación e integrar tecnologías de vanguardia como drones y sistemas de telemedicina, que puedan ofrecer orientación médica inmediata durante las misiones de rescate. Una evaluación exhaustiva de costo-beneficio ha demostrado que invertir en estas mejoras es financieramente viable y genera ganancias sustanciales a largo plazo. Los beneficios previstos incluyen una disminución de los incidentes y accidentes, una mayor eficacia operativa y una mejora de la moral de la tripulación, todo lo cual justifica el gasto inicial.

6. Conclusiones

Los buques atuneros enfrentan desafíos significativos en operaciones de rescate en mar abierto debido a equipos obsoletos, capacitación limitada de la tripulación y dificultades logísticas en condiciones adversas. Estos factores afectan la efectividad de las operaciones de rescate, evidenciando la urgencia de actualizar equipos y mejorar la formación del personal.

El análisis de tecnologías innovadoras, como drones, vehículos autónomos, tecnologías satelitales y sistemas de telemedicina, muestra su potencial para mejorar la velocidad y eficacia en rescates. Su integración podría revolucionar la seguridad y eficiencia de las operaciones en la flota atunera. La propuesta para implementar estas mejoras incluye la actualización de equipos, adopción de tecnologías emergentes y capacitación continua de la tripulación. Con una inversión inicial de USD 24,580 y un ROI del 13,91%, la viabilidad económica está justificada. Además, la colaboración con entidades gubernamentales e internacionales podría facilitar su implementación sostenible en el sector atunero.

Referencias

Administración Marítima y Costera de EE. UU . (2020). Amenazas y Problemas que Enfrenta la Seguridad Portuaria. *Administración Marítima y Costera de EE. UU.*

Alarcón, A. (2018). Escapes accidentales de gas amoniaco en barcos pesqueros; conocimiento de riesgos y soluciones. [Tesis de posgrado. Universidad San Gregorio de Portoviejo, Ecuador]. Disponible en: <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/900>

Álvarez, R., Núñez, L., Calderón, F., & Mendoza, R. (2020). Producción y comercialización de productos de curtiembre de piel de pescado, Santa Elena. Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 353-367.

Anaya, A., Buelvas, J., & Romero, Y. (2020). Pobreza e inclusión financiera en el municipio de Montería, Colombia. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*(1), 128-143.

Autoridad Portuaria de Manta. (2020). Tragedias en barcos pesquero. *Autoridad Portuaria de Manta*. Recuperado de: <https://www.puertodemanta.gob.ec/tragedia-en-barco-pesquero/>

Brito, J. (2018). Gestión de un buque atunero y estudio de la pesca artesanal a caña del atún: Buque “Ave María Segundo”. [Tesis de Grado. Universidad de la Laguna. España]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/13370>

Calle, J. (2023). Estrategias para evitar los delitos que afectan a los pescadores artesanales en la zona costera del cantón Machala [Tesis de posgrado. Universidad Uniandes. Ecuador]. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/15705>

Código del Trabajo. (16 de Diciembre de 2005). Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Código-de-Tabajo-PDF.pdf>

Berti de Marinis, G. (2021). La configuración de los riesgos en el seguro marítimo. *Revista Ibero-Latinoamericana de seguros*, 30(55), 181-200. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ris55.crsm>

Dourteau, M., & Keldjian, E. (2022). Naufragios bajo las dunas: el caso de estudio del sitio Bahía del Potrero 1. *Revista de Arqueología Histórica Argentina y Latinoamericana*, 16(2), 10-18. <https://doi.org/10.55695/rdahay16.02.01>

Hernández, O. (2022). Planteamiento de mejoras de un manual de gestión de seguridad. [Tesis de posgrado. Universidad de Cantabria, España]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10902/24825>

Sánchez, G. (2021). Medidas de seguridad para un buque de investigación en navegación antártica [Tesis de grado. Universidad de Cantabria, España]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/22833>

Gómez, W., & Acevedo, C. (2020). Riesgos de seguridad física de plataformas y unidades offshore oil & gas en el

mar Caribe colombiano. *Revista Científica General José María* Córdoba, 798-815
<https://doi.org/10.21830/19006586.671>

FAO. (12 de Mayo de 2020). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Papel de la FAO en la acuicultura: <http://www.fao.org/aquaculture/es>

Gómez, E. (2022). Igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres en la profesión marítima. [Tesis de grado. Universidad de Valladolid, España]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/55790/TFG-L3240.pdf?sequence=5>

Lavayen, J. (2020). Evaluación del cumplimiento de normas de seguridad marítima de los buques pesqueros menores a 24 metros de eslora [Tesis de posgrado. Universidad Del Pacífico. Ecuador]. Disponible en: <https://uprepositorio.upacifico.edu.ec/handle/123456789/469>

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2020). Prevención de accidentes a bordo de los buques en el mar. *Organización Internacional del Trabajo*. Recuperado de: <https://www.ilo.org/es/resource/prevencion-de-accidentes-bordo-de-los-buques-en-el-mar-y-en-los-puertos>

Organización Marítima Internacional (OMI). (2019). Riesgos laborales en la industria marítima. *OMI*. Recuperado de: <https://www.imo.org/es/OurWork/Safety/Paginas/SafetyTopicsDefault.aspx>

Tur, L. (2024). Diseño de un programa de intervención para abordar los riesgos laborales vinculados a factores mentales y sociales en el entorno marítimo [Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, España]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/401780>

Osejos-Vásquez, A. E., Lucas-Flores, Y. M., & Villegas-Castro, A. L. (2022). La Concesión del Puerto Marítimo de Manta y su Incidencia en el Comercio Exterior (TPM). *Dominio De Las Ciencias*, 8(1), 18–38. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i1.2556>

Contribución de los autores (CRediT)

Pazmiño-Moreira, M.: Conceptualización, Análisis formal de datos, Metodología, Investigación, Metodología, Redacción – borrador original. **Guillén-García, X.:** Redacción – revisión y edición. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual .4.0