



Análisis del Uso de VART (Vehículo Aéreo Remotamente Tripulado) autónomos en seguridad de instalaciones y operaciones BYR en la Armada Nacional

CCESP Diego Hernán Garcia Mora

Artículo para optar al título profesional:

Magister en Seguridad y Defensa Nacionales

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

DATOS GENERALES	
Nombre del estudiante	: Capitán de Corbeta (ARC) Diego Hernán Garcia Mora
Identificación	: 80199218
Programa académico	: Maestría en Seguridad y Defensa Nacionales
Tutor metodológico	: SLP Omar Ferney Vanegas Rincón
Tutor temático	: Coronel (EJC) Aldemar Serrano Cuervo
Fecha de entrega	:
Extensión	:

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS

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

Análisis del Uso de VART (Vehículo Aéreo Remotamente Tripulado) autónomos en seguridad de instalaciones y operaciones BYR en la Armada Nacional

Analysis of the Use of Autonomous Remotely Piloted Aircraft Systems (VART) in Facility Security and BYR Operations in the Navy

Diego Hernán García Mora*

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Resumen: Este artículo tiene como objetivo analizar el uso de VART autónomos en la seguridad de instalaciones y en operaciones de búsqueda y rescate, como herramienta de apoyo para la toma de decisiones estratégicas en la Armada Nacional de Colombia. Se adopta una metodología de enfoque cualitativo con diseño descriptivo-interpretativo, sustentada en revisión documental, análisis cuantitativo y entrevistas semiestructuradas a expertos institucionales. A partir del estudio de plataformas como el V-BAT 128 y el RQ-11 Raven, se identifican las principales capacidades tecnológicas actuales en misiones de vigilancia, reconocimiento e inteligencia, y se evidencian limitaciones significativas relacionadas con la interoperabilidad, la ausencia de doctrinas actualizadas, la escasez de personal capacitado y la dependencia logística del extranjero. Los hallazgos permiten proponer recomendaciones orientadas al fortalecimiento doctrinal, el diseño de protocolos específicos, la formación técnica del personal y el mejoramiento de la interoperabilidad tecnológica. Esta investigación aporta elementos estratégicos para modernizar las capacidades navales frente a amenazas emergentes en entornos marítimos y fluviales.

Palabras clave: Amenazas híbridas; Armada Nacional de Colombia; Búsqueda y rescate; Defensa marítima; VART autónomos; Inteligencia, vigilancia y reconocimiento; Modernización tecnológica.

Abstract: The objective of this article is to analyze the use of autonomous VART in facility security and search and rescue operations, as a support tool for strategic decision making in the Colombian National Navy. A qualitative approach methodology with descriptive-interpretative design is adopted, based on documentary review, scientometric analysis and semi-structured interviews to institutional experts. From the study of platforms such as the V-BAT 128 and the RQ-11 Raven, the main current

* Capitán de Corbeta de la Armada Nacional de Colombia. Candidato a Magíster en Seguridad y Defensa Nacionales, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Profesional en Ciencias Navales, Oceanógrafo físico de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”, Colombia. <https://orcid.org/0009-0005-6749-2518>- Contacto: diego.garciam@esdeg.edu.co.

technological capabilities in surveillance, reconnaissance and intelligence missions are identified, and significant limitations related to interoperability, the absence of updated doctrines, the shortage of trained personnel and the logistical dependence on foreign countries are evidenced. The findings allow proposing recommendations aimed at doctrinal strengthening, the design of specific protocols, technical training of personnel and the improvement of technological interoperability. This research provides strategic elements to modernize naval capabilities in the face of emerging threats in maritime and river environments.

Keywords: Hybrid threats; Colombian Navy; Search and rescue; Maritime defense; Autonomous VART; Intelligence, surveillance and reconnaissance; Technological modernization.

Introducción

En las últimas dos décadas, el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV) ha transformado profundamente las estrategias de seguridad y defensa en el ámbito global. En países como Estados Unidos, Israel y Turquía, los VART autónomos se han consolidado como herramientas clave en operaciones militares, búsqueda y rescate (BYR), vigilancia de fronteras y control de instalaciones estratégicas. En 2024, la Armada Nacional de Colombia recibió tres sistemas de VART V-Bat 128 donados por el gobierno estadounidense para integrarlos a las fragatas FS1500, con el propósito de reforzar las misiones de reconocimiento e inteligencia en el Caribe y el Pacífico colombiano (Heguy, 2024). No obstante, mientras el país avanza en la adquisición de estas plataformas, persiste un vacío operativo que limita su uso eficiente en escenarios de emergencia, operaciones fluviales y respuesta a amenazas híbridas. Casos como el del huracán Iota (2020), que afectó el archipiélago de San Andrés y Providencia, evidenciaron la necesidad urgente de contar con tecnologías que faciliten la localización de víctimas, el mapeo de daños y la articulación de respuestas interinstitucionales en tiempo real.

Del mismo modo, el problema de investigación radica en la falta de integración efectiva de VART autónomos en las misiones de seguridad y BYR por parte de la Armada

Nacional de Colombia. Aunque existen antecedentes de uso en tareas de vigilancia costera, no se cuenta con protocolos unificados, formación especializada del personal, ni normativas específicas que regulen su operación en entornos complejos como el litoral pacífico o las zonas fluviales de difícil acceso. Según un estudio de Moreno (2023), el 85 % de las misiones de rescate en zonas ribereñas del Chocó y el Bajo Cauca carecen de apoyo aéreo no tripulado, lo que limita la efectividad de las operaciones. Esta situación conlleva consecuencias críticas: baja capacidad de respuesta ante desastres naturales, pérdida de vidas humanas, ineficiencia logística y vulnerabilidad ante incursiones de grupos armados ilegales. Además, afecta directamente a comunidades costeras y ribereñas, así como a la capacidad estratégica de la Armada como actor clave en la defensa marítima del país. La delimitación geográfica del problema se centra en los teatros de operaciones de la Armada Nacional en el Caribe, el Pacífico y las cuencas de los ríos Magdalena, Atrato y San Juan. Así, surge la pregunta central de esta investigación:

¿Cómo puede la integración de VART autónomos fortalecer la estrategia de defensa marítima de Colombia frente a amenazas híbridas y asimétricas?

En efecto, este artículo se justifica en la necesidad urgente de modernizar la doctrina operacional de la Armada Nacional, incorporando tecnologías emergentes para optimizar su respuesta en escenarios BYR y mejorar la seguridad de sus instalaciones. En un país con más de 3.000 kilómetros de costa, múltiples ríos navegables y amenazas crecientes como el narcotráfico, la minería ilegal o los fenómenos climáticos extremos, el uso estratégico de VART representa una oportunidad de alto impacto para fortalecer la defensa nacional, salvar

vidas y optimizar recursos. Además, contribuye al desarrollo de capacidades tecnológicas soberanas y a la interacción entre defensa, academia e industria (Moreno, 2023).

A lo largo del presente documento se desarrolla un análisis integral sobre el uso de VART autónomos en las operaciones estratégicas de la Armada Nacional de Colombia, con énfasis en escenarios de búsqueda y rescate, vigilancia de instalaciones y defensa marítima ante amenazas híbridas. El texto parte de un estado del arte actualizado, que examina las experiencias internacionales, los avances en sensores, plataformas UAV y protocolos de interoperabilidad, así como las normativas emergentes en seguridad y ciberdefensa asociadas al empleo de estas tecnologías en entornos navales y fluviales.

En la segunda parte, se presenta un análisis teórico fundamentado en doctrinas militares y desarrollos tecnológicos, con base en los acuerdos STANAG de la OTAN, el Unmanned Campaign Framework y las estrategias contemporáneas de ISR (Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento). Este análisis se complementa con hallazgos empíricos obtenidos a partir del estudio de plataformas actualmente operativas en la Armada de Colombia, como el V-BAT 128 y el ScanEagle, ambos clasificados como Vehículos Aéreos no Tripulados de Reconocimiento Táctico (VART). Además, se incorporan entrevistas a expertos institucionales y una revisión cuantitativa que permite contextualizar su implementación en entornos marítimos y costeros. Se excluyen plataformas como el RQ-11 Raven, dado que su uso se encuentra circunscrito principalmente a unidades de infantería y no corresponde al enfoque operativo de la Armada Nacional.

Finalmente, se presentan una serie de propuestas estratégicas orientadas a la implementación progresiva, eficiente y segura de VART autónomos en la Armada Nacional. Estas recomendaciones incluyen el diseño de un modelo operativo adaptado a las condiciones

geográficas del país, un plan de formación técnica y doctrinal para el personal, y lineamientos para garantizar la interoperabilidad tecnológica. En conjunto, esta investigación busca ser un insumo relevante para la formulación de políticas públicas en el ámbito de defensa y seguridad, y para el fortalecimiento de las capacidades institucionales de respuesta ante riesgos complejos y amenazas emergentes.

Metodología

La presente investigación se enmarca en el enfoque cualitativo, con el objetivo de comprender las dinámicas, percepciones y experiencias relacionadas con la integración de VART autónomos en misiones estratégicas de la Armada Nacional de Colombia. Este enfoque permite estudiar el fenómeno desde una perspectiva holística, considerando las interacciones entre los actores, los entornos operativos y la tecnología en contextos reales y complejos.

Al mismo tiempo, se adopta un diseño descriptivo-interpretativo, orientado a explorar en profundidad las prácticas actuales, las capacidades tecnológicas disponibles, las normativas existentes y los retos que enfrentan los operadores de VART en misiones BYR. Este diseño se sustenta en la triangulación de tres fuentes principales: revisión documental, análisis cuantitativo y entrevistas semiestructuradas a expertos institucionales.

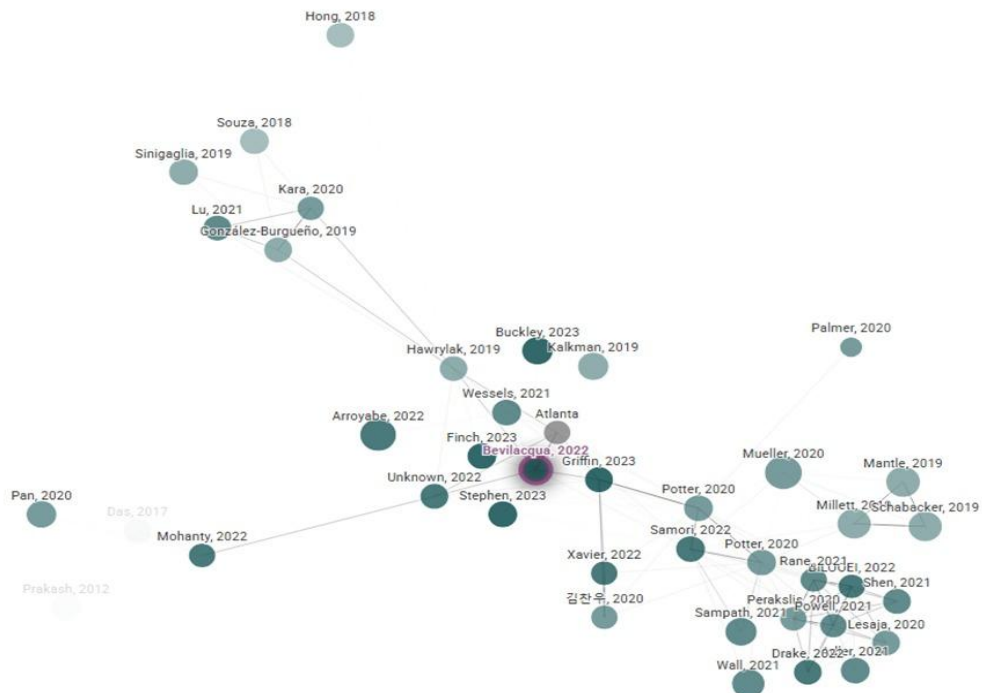
Como parte clave del trabajo de campo, se contempla la realización de una entrevista semiestructurada al Capitán de Fragata Fernando Diaquive Posada, director de las plataformas aeronavales remotamente pilotadas de la Armada Nacional. Esta entrevista permitirá obtener una visión técnica, doctrinal y operativa sobre la incorporación de VART

autónomos en la Armada Nacional, así como conocer de primera mano los avances, limitaciones y planes futuros. Entre los temas a abordar están:

La tabla recoge un conjunto representativo de investigaciones científicas vinculadas con la seguridad, ciberdefensa, biociberseguridad, y tecnologías emergentes aplicadas a entornos estratégicos, especialmente aquellas que permiten establecer una base teórica y metodológica sólida para el estudio sobre el uso de VART autónomos en operaciones de seguridad y búsqueda y rescate (BYR) en la Armada Nacional de Colombia (Bevilacqua et al., 2022).

En total, se identifican más de 40 publicaciones académicas, clasificadas por título, autores, año de publicación, número de citas académicas, referencias bibliográficas utilizadas, y un índice de similitud temática respecto al estudio origen (medido en porcentaje). Este último criterio permite jerarquizar su pertinencia teórica y metodológica.

Figura 1. Conexión de los papers más relevantes según las variables



Nota. Fuente:(Connected Papers, 2025)

Entre los trabajos más destacados por su citación y nivel de convergencia temática se encuentra el de Potter y Palmer (2020) sobre bio y ciberseguridad, publicado en una revista Q1, así como el de Mueller (2020) que analiza los aprendizajes de la pandemia desde la óptica de la ciberseguridad, en una publicación ubicada en Q2. Otros artículos clave como Kalkman (2019) o Buckley (2023) centrados en inteligencia cibernética y comportamiento humano ante amenazas tecnológicas también se encuentran en revistas científicas de alto impacto (Q2), lo que refuerza su valor metodológico y epistemológico.

En cuanto a los indicadores cuantitativos, varias publicaciones superan las 20 citas académicas, lo que muestra su reconocimiento y consolidación en el campo. Asimismo, los estudios presentan entre 10 y 79 referencias teóricas, lo cual garantiza rigor investigativo y amplitud bibliográfica. Esto permite afirmar que la bibliografía y el material seleccionado no solo posee alta calidad científica, sino que también responde directamente a los retos operativos y doctrinales de las Fuerzas Militares colombianas frente a amenazas híbridas y escenarios complejos de defensa marítima.

Capacidades Tecnológicas Actuales de los VART semiautónomos en la Armada Nacional

En el contexto operacional y doctrinal, los VART (Vehículos Aéreos Remotamente Tripulados) se clasifican comúnmente en tres categorías: tácticos, operacionales y

estratégicos, de acuerdo con su alcance, capacidad de carga, propósito operativo y nivel de conectividad.

Figura 2. *VART tácticos*



Nota.Fuente:(Barhate et al., 2024)

Los VART tácticos, también conocidos como UAV (Unmanned Aerial Vehicles), son aeronaves ligeras de corto alcance y baja altitud, diseñadas principalmente para misiones de reconocimiento, vigilancia perimetral o apoyo cercano. Su operación se realiza usualmente en un entorno visual o con apoyo de estaciones base móviles. En Colombia, ejemplos de este tipo son el RQ-11 Raven y el Black Hornet, empleados por fuerzas terrestres y de Infantería de Marina.

Figura 3. *VART operacionales Scan Eagle*



Nota. Fuente:(Saumeth, 2017)

Los VART operacionales, clasificados como RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), Scan eagle tienen mayor capacidad de vuelo, autonomía extendida y sensores más complejos. Estos vehículos requieren conexión constante con una estación de control terrestre a través de línea de vista directa (LOS – Line of Sight), lo cual limita su alcance a zonas donde no haya obstáculos ni interferencias severas. Plataformas como el V-BAT 128 y el ScanEagle se enmarcan en esta categoría y han sido utilizadas por la Armada Nacional de Colombia para tareas ISR (inteligencia, vigilancia y reconocimiento) y de búsqueda y rescate (BYR).

Figura 4. *Vart Estratégicos*



Nota. Fuente:(Çetin et al., 2021)

Por otro lado, los VART estratégicos, como el MQ-9 Reaper, son sistemas de gran altitud, largo alcance y con capacidad de ataque, que pueden ser operados a través de enlaces satelitales (SATCOM). Estos vehículos permiten realizar misiones intercontinentales, permanecer en vuelo por más de 24 horas y portar armamento guiado de precisión, siendo utilizados por países como Estados Unidos para operaciones ofensivas, disuasivas y de supervisión permanente sobre áreas críticas.

Características técnicas de los UAV en uso por la Armada Nacional

Actualmente, la Armada Nacional de Colombia ha incorporado el uso de sistemas aéreos no tripulados (UAS) de última generación, como el V-BAT 128, desarrollado por Shield AI y Martin UAV, el cual ha sido optimizado para operaciones tanto terrestres como embarcadas. Este VART tipo VTOL (despegue y aterrizaje vertical) presenta una gran ventaja operativa, ya que no requiere catapultas ni equipos especiales de recuperación, lo que lo hace ideal para su despliegue desde lanchas o buques ligeros.

Por ende, sus dimensiones 2,74 metros de largo y 2,95 metros de envergadura lo hacen compacto y versátil, con un peso máximo al despegue de 56,6 kg y una carga útil de

hasta 11,3 kg. En términos de autonomía, el V-BAT puede mantener vuelos de entre 10 y 11 horas en régimen de crucero, y versiones más avanzadas equipadas con motores de combustible JP-5 pueden superar las 13 horas de operación continua. Además, su motor de alto rendimiento permite velocidades superiores a 90 km/h, operando en rangos de temperatura extremos de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este VART puede ensamblarse en menos de 30 minutos y su sistema completo cabe en una camioneta o helicóptero tipo UH-60, facilitando su despliegue en diversos escenarios(Infodefensa, 2024).

Figura 5. *V-BAT 128*






Nota. Fuente: (Infodefensa, 2024)

Por otra parte, el V-BAT 128 destaca por su versatilidad en sensores y cargas útiles. Comúnmente, se le equipa con cámaras electroópticas de alta resolución y sensores térmicos MWIR, lo que permite vigilancia diurna y nocturna con estabilización de imagen y detección infrarroja. Asimismo, integra sistemas de identificación automática (AIS) para el rastreo de buques y mejora de la navegación y la prevención de colisiones. En versiones más sofisticadas, es capaz de portar radar de apertura sintética (SAR), lo que le permite llevar a cabo reconocimiento de superficie en cualquier condición meteorológica. Gracias a su datalink, transmite en tiempo real imágenes y video a la estación de control, y algunas

variantes incluso integran enlaces satelitales (BLOS) y capacidades de búsqueda de área amplia basadas en inteligencia artificial, lo que amplía su funcionalidad en misiones ISR (Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento).

Tabla 1. Tipos de VART ARC

Sistema	Imagen	Tipo	Alcance / Autonomía	Carga útil	Comentario operativo
ScanEagle (Boeing Insitu)		VART (táctico-operacional)	20 h / hasta 100 km	~5 kg (EO/IR)	Actualmente operado por la ARC desde fragatas FS-1500 para misiones ISR.
V-BAT 128 (Shield AI / Martin UAV)		VART (táctico-operacional)	10 h / capacidad VTOL	Sensores EO/IR, AIS, SAR	Incorporado en unidades de superficie. Ideal para entornos marítimos por su capacidad vertical.
RQ-11 Raven		UAV táctico	60–90 min / 10 km	Cámaras EO/IR	Usado por infantería terrestre. No embarcado.

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tanto el RQ-21 Blackjack como el MQ-9 Reaper no han sido adquiridos por la Armada Nacional de Colombia, pero son considerados plataformas con potencial de integración para futuras operaciones, debido a su compatibilidad con escenarios marítimos de patrullaje, vigilancia estratégica y control de áreas extensas, especialmente en zonas de interés como el Caribe y el Pacífico colombiano.

En complemento, la Infantería de Marina emplea el RQ-11 Raven, un VART táctico ligero de ala fija fabricado por AeroVironment. Este sistema, diseñado para operaciones de corto alcance, es lanzado manualmente y resulta extremadamente práctico para misiones en

zonas fluviales y costeras. El modelo RQ-11B pesa aproximadamente 2 kg, con una longitud de 90 cm y una envergadura de 1,4 metros. Su velocidad máxima ronda los 80 km/h, con un alcance operativo de hasta 10 km y una autonomía de vuelo cercana a los 90 minutos. Su techo operacional es de unos 150 metros. Además, está equipado con cámaras EO de alta resolución con zoom óptico ($\sim 7\times$) para misiones diurnas y cámaras infrarrojas para visión nocturna, lo cual lo convierte en una herramienta eficaz para tareas de vigilancia y reconocimiento en tiempo real.

Aunque el foco actual está en el V-BAT 128 y el RQ-11 Raven, la Armada Nacional también explora el uso de otros sistemas UAV, particularmente aquellos con características VTOL de ala rotatoria, que puedan responder a las necesidades de vigilancia en entornos marítimos complejos. Hasta el momento, no se ha reportado el uso armado de estos sistemas por parte de la Armada colombiana, pues su utilización está enfocada estrictamente en misiones ISR, detección de objetivos y apoyo logístico-operativo en el marco de las operaciones de defensa y rescate. Este enfoque tecnológico refleja un compromiso con la modernización de las capacidades navales bajo criterios de eficiencia, adaptabilidad y sostenibilidad operacional.

Al respecto, el RQ-11 Raven, fabricado por AeroVironment, representa uno de los sistemas tácticos más ligeros y versátiles utilizados actualmente por la Infantería de Marina de Colombia. Este VART de ala fija, lanzado manualmente por un solo operador, ha sido diseñado para misiones de reconocimiento, vigilancia e inteligencia en entornos de difícil acceso como ríos, costas y zonas selváticas. El modelo RQ-11B, en particular, destaca por su tamaño compacto y facilidad de despliegue: mide aproximadamente 90 centímetros de

longitud, con una envergadura de 1,4 metros y un peso total de solo 2 kilogramos. Su autonomía de vuelo ronda los 90 minutos, con un alcance operativo de hasta 10 kilómetros y una velocidad máxima de 80 km/h, lo que lo convierte en una herramienta efectiva para patrullas de corta duración y cobertura inmediata en terrenos complejos (Nomesqui, 2025).

Además de sus ventajas operativas, el RQ-11 Raven está equipado con sensores electroópticos (EO) diurnos que incluyen zoom óptico de aproximadamente 7×, así como cámaras infrarrojas para operaciones nocturnas. Estas capacidades lo posicionan como un activo valioso en operaciones ISR de corto alcance, ofreciendo imágenes en tiempo real a las unidades desplegadas. Su diseño permite la recuperación mediante paracaídas, lo que simplifica su logística de uso en campo. Gracias a estas características, el sistema se ha integrado exitosamente en misiones de patrullaje fluvial y costero, sin requerir plataformas de lanzamiento complejas o equipos de soporte pesado.

Otro sistema no tripulado de gran relevancia en la Armada Nacional es el ScanEagle, una plataforma de ala fija fabricada por la empresa estadounidense Insitu – una subsidiaria de Boeing, diseñada para misiones de vigilancia prolongada y recolección de inteligencia. Este VART fue uno de los primeros UAV operativos con los que contó Colombia, siendo incorporado principalmente para apoyar operaciones antidrogas, vigilancia costera y protección de infraestructuras críticas en el Caribe y el Pacífico. Su capacidad de vuelo extendido, bajo perfil acústico y tamaño compacto lo convirtieron en un activo valioso en las primeras fases de adopción de sistemas UAV en el país.



El ScanEagle posee una envergadura de 3,1 metros, longitud de 1,5 metros y peso de aproximadamente 22 kilogramos. Está propulsado por un motor de combustión interna que le permite alcanzar velocidades de hasta 150 km/h, con una autonomía de vuelo que supera

las 20 horas continuas, dependiendo de la carga útil. Su capacidad de carga incluye cámaras electroópticas e infrarrojas con estabilización giroscópica, así como sensores de video en tiempo real, lo que lo hace especialmente útil para misiones ISR (Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento).

Una característica distintiva del ScanEagle es su sistema de lanzamiento mediante una catapulta neumática y recuperación mediante el sistema SkyHook, el cual permite atrapar el VART en vuelo mediante una malla. Este método de recuperación no requiere pista, lo que lo hace ideal para operaciones desde bases costeras o embarcaciones con espacio limitado. Además, ha sido empleado en operaciones conjuntas con la Fuerza Aérea y la Policía Nacional para la vigilancia de cultivos ilícitos, rutas del narcotráfico y seguimiento de actividades sospechosas en zonas fronterizas.

Aunque en la actualidad su uso ha sido parcialmente reemplazado por plataformas más modernas como el V-BAT 128, el ScanEagle sigue activo en la Aviación Naval y apoyando diferentes unidades tácticas como Guardacostas e Infantería de Marina, especialmente en zonas del Caribe, donde sus capacidades de autonomía y persistencia continúan siendo altamente valoradas para la vigilancia marítima, reconocimiento de largo alcance y protección de activos estratégicos. Su permanencia operacional evidencia la utilidad de sistemas UAV robustos y probados en condiciones reales de combate y vigilancia prolongada.

Tabla 2. *Propuestas de VART viables para incorporación futura en la Armada Nacional de Colombia*

Sistema	Tipo	Autonomía / Alcance	Carga útil	Comentario operativo	
RQ-21 Blackjack		VART operacional	16 h / 125 km	~15 kg	Posible adquisición futura por la ARC para uso desde OPV. Complementario al ScanEagle y V-BAT.
MQ-9 Reaper		VART estratégico	24 h / más de 1000 km	Hasta 1700 kg	Aunque no está en uso por la ARC, es una plataforma estratégica que podría integrarse para vigilancia marítima de largo alcance.

Nota. Fuente: Elaboración propia

La posible incorporación del RQ-21 Blackjack y del MQ-9 Reaper representaría un salto cualitativo en las capacidades ISR (Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento) de la Armada Nacional de Colombia. En el caso del Blackjack, su compatibilidad con plataformas navales como las patrulleras oceánicas (OPV) lo convierte en un sistema altamente viable para misiones tácticas y operacionales, permitiendo cobertura aérea prolongada sobre áreas marítimas de interés sin necesidad de desplegar unidades navales adicionales. Esta característica resultaría fundamental para vigilar zonas costeras, rutas de narcotráfico o puntos críticos de infraestructura marítima, optimizando los recursos navales disponibles.

Por otro lado, el MQ-9 Reaper, un sistema estratégico con más de 24 horas de autonomía y un alcance superior a los 1.000 kilómetros, permitiría realizar misiones de vigilancia de largo alcance sobre la zona económica exclusiva, incluso sin la necesidad de

buques o aviones tripulados. Su capacidad para portar cargas útiles diversos sensores electroópticos, radar, comunicaciones y guerra electrónica lo convierte en una plataforma multipropósito, ideal para apoyar tanto operaciones defensivas como tareas de control marítimo, búsqueda y rescate o lucha contra el crimen transnacional.

Además, ambos sistemas contribuirían a reducir significativamente la dependencia de medios tradicionales, como fragatas o patrulleras en tareas de patrullaje continuo, generando una optimización de recursos humanos, logísticos y operacionales. Al automatizar y ampliar el espectro de vigilancia, se liberan unidades navales para misiones más complejas y se reduce el riesgo al personal embarcado, al tiempo que se incrementa la capacidad de respuesta ante amenazas asimétricas. Estos VART autónomos también facilitarían el control de áreas extensas con una mínima huella operativa, lo que resulta especialmente valioso en regiones con limitaciones logísticas como la Guajira, el Pacífico Sur o las áreas insulares.

En conjunto, estas plataformas proyectan un modelo de seguridad marítima moderna, eficiente y tecnológicamente integrada, alineado con los desafíos contemporáneos de soberanía, protección ambiental, lucha contra el narcotráfico y defensa de los recursos estratégicos del país.

Capacidades de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR)

Los UAV en servicio brindan inteligencia, vigilancia y reconocimiento en entornos costeros, fluviales y marítimos. Equipados con cámaras multispectrales, ofrecen captura de imágenes diurnas y nocturnas de alta resolución para identificar embarcaciones ilícitas, carteles de

navegación, personas en cubierta u obstáculos. El V-Bat, por ejemplo, combina visión EO/MWIR con radar SAR y AIS, lo que permite fusión de inteligencia: el VART puede detectar un barco en radar, comprobar su identidad por AIS, y tomar video térmico si es necesario. La transmisión en tiempo real de video e imágenes al centro naval de operaciones facilita la reacción rápida: los oficiales pueden analizar actividad sospechosa mientras el VART aún está en vuelo (Beltrán & Alfonso, 2022).

Las capacidades ISR incluyen patrullaje de zonas amplias durante horas (hasta más de 10 h de vuelo continuo), vigilancia «más allá del horizonte» y reconocimiento en terreno selvático cercano a la costa. Por ejemplo, en ejercicios UNITAS 2016 el V-Bat demostró vigilar grandes extensiones marítimas, y en operaciones recientes la Armada destaca su aporte en la lucha contra el narcotráfico en el Mar Caribe. Los VART también colaboran en misiones humanitarias, búsqueda y rescate, gracias a su rápida despleabilidad. En resumen, estos UAV complementan los radares y patrullajes tradicionales con imágenes detalladas y sensores avanzados para pintar un panorama más completo del dominio marítimo y fluvial colombiano.

Retos técnicos y logísticos en el uso actual de VART

Los principales desafíos en la adopción de UAV por la Armada colombiana son:

Los sistemas VTOL como el V-Bat requieren repuestos y soporte técnico específicos (motores de combustión, hélices ductadas, sensores avanzados). Al ser tecnología extranjera donada o adquirida (por ejemplo, del Departamento de Defensa de EE. UU.), la Armada

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

depende de cadenas de suministro externas. De hecho, tras recibir los Raven, el Ejército tuvo que planear un amplio programa de mantenimiento y reposición de repuestos con apoyo estadounidense. Mantener la disponibilidad implica entrenar técnicos en reparaciones de aviónica, ejecutar mantenimientos preventivos frecuentes y asegurar provisión de piezas de repuesto.

En efecto, al operar correctamente los UAV exige operadores y analistas especializados. La Armada inició cursos de varios meses dictados por expertos extranjeros (p.ej. entrenadores de la fabricante AeroVironment) para formar a sus pilotos de Raven. Aun así, con pocos operadores entrenados (cerca de 10 para los Raven) la capacidad es limitada. Ampliar la flota futura requerirá más programas de instrucción y simuladores, tanto para pilotos remotos como para personal de inteligencia que interprete datos de los sensores.

De la misma manera, al integrar la información de los VART en la red de mando de la Armada es complejo. Los enlaces de datos deben ser seguros, encriptados y compatibles con sistemas de comunicaciones ya existentes. En doctrina reciente de C-UAS[†] se subraya que las plataformas deben ser pasivas, interoperables con equipos locales... y encriptadas”. La Armada debe garantizar que los datalinks de los UAV (vía radio o satélite) puedan interconectarse con redes tácticas navales y con aliados, para coordinar operaciones conjuntas o ejercicios multinacionales sin brechas de información. Además, la

[†] Counter-Unmanned Aircraft Systems, es decir, Sistemas de Contramedidas contra Aeronaves No Tripuladas. En doctrina militar contemporánea, C-UAS engloba todas las capacidades, tácticas, técnicas y tecnologías utilizadas para detectar, identificar, rastrear, neutralizar o destruir drones hostiles (UAS – Unmanned Aircraft Systems)

estandarización de formatos (enfoque ISR común) facilita compartir objetivos y reducir errores entre unidades de superficie, aire y tierra(Griffin et al., 2023).

Por lo tanto, el clima tropical y marítimo colombiano pone a prueba a los UAV. Las altas temperaturas y humedad pueden afectar baterías y electrónica; la salinidad del aire marino corroe componentes expuestos. El V-Bat avanzado ha sido diseñado para aterrizar “incluso en vientos fuertes y mares picados”, pero operadores deben evitar horas de tormenta o densas nieblas en la selva. Es necesario planificar los vuelos según pronósticos meteorológicos, y contar con hangares/climatización para proteger el equipo en tierra. Además, la intensa vegetación ribereña dificulta la línea de vista del control remoto, por lo que en zonas selváticas la autonomía y el alcance del enlace son restricciones críticas.

Aunque el V-Bat carece de rampa, requiere espacio libre para aterrizar verticalmente y un área para ensamblaje/desensamble. Las fragatas tipo FS-1500 y las unidades tipo OPV deben habilitar plataformas de vuelo despejadas y zonas de embarque. El combustible también es un reto: idealmente los VART embarcados usan combustible naval común (JP-5) para simplificar la logística. La nueva versión del V-Bat lo soporta, pero las unidades antiguas requieren gasolina de aviación estándar (GA), lo cual obliga a llevar provisiones extra en cada misión. En sumatoria, todos estos factores (mantenimiento, entrenamiento, comunicaciones, clima, energía) son retos logísticos que la ARC debe gestionar conforme amplíe el uso de UAV.

Evaluación de Protocolos y Normativas para la Operación de VART

Autónomos

La operación de VART autónomos en entornos marítimos y de seguridad está sujeta tanto a regulaciones civiles como a acuerdos militares multilaterales. Entre éstos destacan las STANAG (Standardization Agreements) de la OTAN, que unifican criterios de certificación y comunicación. Por ejemplo, STANAG 4671 define los requisitos de aeronavegabilidad para sistemas UAV, de modo que un VART militar certificado por esta norma puede volar en el espacio aéreo de otros países NATO ratificado con aprobación simplificada. Asimismo, STANAG 4586 establece la interfaz estándar de control de UAV: especifica arquitecturas, interfaces, protocolos de comunicación, formatos de datos y elementos de mando/visualización para garantizar interoperabilidad entre naciones(Goncalves et al., 2017).

Además, iniciativas multinacionales impulsan protocolos comunes. La Campaña de Sistemas No Tripulados del Departamento de la Armada de EE. UU. enfatiza estándares digitales seguros y protocolos compartidos de mando y control (C2) para lograr conciencia situacional conjunta(U.S. Department of the Navy, 2021). A nivel europeo, la Agencia de Defensa (EDA) ha elaborado guías de buenas prácticas para sistemas marítimos no tripulados (UMS) que recomiendan marcos de seguridad y regulaciones armonizadas en las armadas aliadas. Por su parte, el programa Blue UAS del Departamento de Defensa de EE. UU. es una iniciativa reciente que certifica tecnologías comerciales de VART aseguradas cibernéticamente. Este programa exige que plataformas y componentes cumplan estándares estrictos de ciberseguridad y restringe hardware de países considerados de riesgo en resumen,

las regulaciones actuales combinan normas de aeronavegabilidad (STANAG), interfaces de mando seguras y estándares de ciberseguridad (por ejemplo, la certificación Blue UAS) para garantizar operaciones legítimas y seguras de UAV en ámbitos militares y marítimos (Anderson et al., 2021).

Esta clasificación no solo delimita el tipo de VART empleado, sino que también orienta la doctrina, la inversión y la legislación aplicable, lo que resulta especialmente relevante en el marco colombiano, regido por normativas como el RACAE 94 (Reglas De Vuelo y operación para sistemas aéreos no tripulados y sistemas de aeronaves remotamente pilotadas) y el RACAE 100 de la Aeronáutica Civil, los cuales establecen los criterios técnicos y legales de operación para aeronaves tripuladas y no tripuladas en el territorio nacional.

Tabla 3. *Comparativa entre RACAE 94 y RACAE 100*

Aspecto	RACAE 94	RACAE 100
Entidad reguladora	Fuerzas Militares de Colombia	Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil
Aplicación	Normativa para aeronaves militares y de Estado	Normativa para aeronaves civiles en Colombia
Tipo de aeronaves	Tripuladas y remotamente tripuladas (VART) militares	Tripuladas y remotamente tripuladas civiles
Enlace de comunicación	Incluye enlaces militares seguros, LOS y SATCOM	Línea de vista, enlaces autorizados civiles
Ámbito de operación	Operaciones de defensa, seguridad nacional, entrenamiento militar	Operaciones comerciales, académicas, recreativas

Nota. Fuente: Elaboración propia

La regulación de los VART (Vehículos Aéreos Remotamente Tripulados) en Colombia está determinada por dos cuerpos normativos fundamentales: el RACAE 94 y el RACAE 100, los cuales se aplican según el tipo de aeronave y el carácter de la operación, ya sea militar o civil. Esta diferenciación es clave para entender las limitaciones,

autorizaciones y responsabilidades de las operaciones no tripuladas en el espacio aéreo colombiano.

El RACAE 94 es expedido por las Fuerzas Militares de Colombia y se orienta exclusivamente a regular las aeronaves militares y de Estado, incluidas las remotamente tripuladas, como aquellas empleadas por la Armada Nacional. Establece directrices sobre seguridad operacional, mantenimiento, procedimientos de vuelo, comunicación táctica y doctrinas aplicables a contextos de defensa y seguridad nacional (Comando General de las Fuerzas Militares, 2023). Su enfoque es estratégico y permite operar con enlaces militares seguros, tanto por la línea de vista (LOS) como mediante enlace satelital (SATCOM).

Por su parte, el RAC 100 es expedido por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil) y regula todas las aeronaves civiles del país, incluidas las no tripuladas, como los drones recreativos, comerciales o académicos. Esta normativa define parámetros para la autorización de vuelos en espacio aéreo controlado, identificación del operador, restricciones de altura, y medidas de mitigación de riesgos para la aviación tripulada. Las comunicaciones en este régimen se realizan por la línea de vista autorizada y deben cumplir con los estándares civiles.

Mientras el RACAE 94 permite mayor libertad operativa y adaptación táctica en contextos de defensa, el RACAE 100 exige un estricto cumplimiento técnico y legal para proteger el tráfico aéreo y la integridad civil. En operaciones conjuntas o de doble uso (militar-civil), ambas normativas pueden converger, exigiendo una coordinación interinstitucional para evitar conflictos normativos.

Por tanto, la correcta clasificación del tipo de VART, su propósito, y la entidad operadora, determinará cuál de los dos marcos es aplicable y cuál es la autoridad competente

para su autorización y control. En la última década, la Armada Nacional de Colombia ha incorporado sistemas de aeronaves no tripuladas (UAV) como parte de su estrategia de modernización tecnológica, especialmente en operaciones de seguridad marítima, vigilancia fluvial y apoyo a misiones humanitarias. La incorporación de plataformas como el V-BAT 128 y el RQ-11 Raven ha permitido ampliar las capacidades de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR), fortaleciendo el control territorial en zonas costeras, selvas y corredores estratégicos de tráfico ilícito. Esta evolución tecnológica responde al aumento de amenazas asimétricas, como el narcotráfico marítimo y la minería ilegal, que requieren monitoreo persistente y reacción inmediata (Heguy, 2024). Ejercicios como UNITAS y colaboraciones bilaterales con Estados Unidos han sido escenarios clave para poner a prueba estas plataformas, demostrando su utilidad operativa y su potencial para mejorar la cobertura aérea sin poner en riesgo personal militar (Voz de América, 2013).

Sin embargo, la adopción de estos sistemas no está exenta de desafíos. A pesar de sus capacidades avanzadas, los UAV enfrentan importantes restricciones técnicas y logísticas en el contexto colombiano, como la falta de personal capacitado, la dependencia de repuestos extranjeros, las dificultades de interoperabilidad con redes de mando existentes y las exigentes condiciones ambientales del trópico. Asimismo, su integración plena en la doctrina naval nacional requiere no solo infraestructura especializada y doctrinas actualizadas, sino también una evaluación sistemática de su eficacia operativa en escenarios reales. Esta sección explora, con base en fuentes oficiales y académicas, las características técnicas actuales de los VART autónomos y su posible uso por la Armada Nacional, sus capacidades ISR, así como los principales retos logísticos y estratégicos que enfrenta su implementación.

Protocolos específicos para misiones BYR y de seguridad de instalaciones

En la práctica, las fuerzas navales aliadas han desarrollado protocolos de operación específicos para UAV en misiones de vigilancia costera, protección de instalaciones y rescate. Por ejemplo, la Guardia Costera de EE. UU. (USCG) publicó un “Addendum SAR” para integrar UAS en operaciones de búsqueda y rescate, donde enfatiza que la seguridad de los enlaces de comunicaciones es esencial: “la seguridad e integridad de las frecuencias de control y datos de un UAS deben ser consideradas” debido a su vulnerabilidad a interferencia o interceptación (National Search and Rescue Committee, 2016). Estos lineamientos aconsejan frecuencias autorizadas (FCC/NTIA), antenas direccionales, y medidas para evitar congestión, protegiendo la transmisión de video y datos sensoriales a los coordinadores de misión.

En ejercicios conjuntos, las armadas de EE. UU. e Israel han validado procedimientos operativos con UAVs. En el ejercicio “*Digital Shield*” (Golfo de Aqaba, 2022), fuerzas navales de la 5ª Flota de EE. UU. y la Marina Israelí integraron UAVs y sistemas de inteligencia artificial para incrementar la vigilancia marítima y apoyar operaciones de abordaje de embarcaciones sospechosas (Potter & Palmer, 2020). Participaron USV (vehículos no tripulados de superficie) como el SailVARTe y el Devil Ray T-38, coordinados con UAVs, siguiendo protocolos de operación combinada. Según la Armada de EE. UU., estos entrenamientos demuestran que “la integración de sistemas no tripulados con nuestros aliados fortalece la seguridad marítima y nos permite innovar nuevas capacidades (Espinel, 2021).

Respecto a la ciberdefensa, las investigaciones recientes advierten que los VART marítimos son objeto de nuevas amenazas híbridas(Osorio et al., 2017). Por ejemplo, un estudio de seguridad naval señala que la autonomía expone a los UAV a riesgos de “secuestro” por ciberataques: adversarios pueden interceptar video no cifrado, explotar puertos de expansión o redes Wi-Fi para derrocar VART en lugares controlados(Espinell, 2021). Un ejemplo ilustrativo es la interceptación de transmisiones de UAV en zonas de conflicto (Irak, Israel), que puede brindar inteligencia al enemigo o permitir redirigir VART con suministros críticos. En consecuencia, los protocolos operativos actuales enfatizan el cifrado extremo a extremo, autenticación robusta y monitoreo continuo. Muchas armadas ya incorporan medidas de defensa electrónica y protocolos de contra-inteligencia (por ejemplo, tareas de guerra electrónica) para proteger a los UAV. En síntesis, los protocolos navales combinan normas de vuelo y misión (espacios aéreos, reglas de enfrentamiento), procedimientos específicos de lanzamiento/recuperación en buques, y capas de ciberseguridad basadas en estándares como los de Blue UAS para mitigar amenazas en el dominio marítimo(De Biasio et al., 2010).

Programas de entrenamiento actuales y necesidades detectadas

La capacitación de operadores y mandos es clave para el empleo efectivo de UAVs. Los cursos combinan instrucción teórica con entrenamiento práctico en simuladores de alta fidelidad. Un ejemplo paradigmático es el programa de EE. UU. para el UAV Pioneer: la fase inicial de formación del piloto interno (“Internal Pilot”) dura 54 días en Fort Huachuca (Arizona), abarcando procedimientos de vuelo (según manual NATOPS de UAV), uso de sensores y gestión de la misión(Freire & García, 2024). Este curso exige certificaciones

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

previas en sistemas aeronavales (por ejemplo, licencias de técnico en aviación) y concluye con un NEC (especialidad de la Armada) en pilotos UAV (internal/external)(Panigrahi & Tripathy, 2021). En Israel, la enseñanza de UAVs tácticos sigue un esquema intensivo: el adiestramiento para el VART suicida Spike Firefly comprende 3 semanas, iniciando en aula y continuando en campo de entrenamiento para que los soldados aprendan a volar el sistema en diversas situaciones de combate. Todos los operadores que lo emplean pasan por este curso, que abarca teoría de empleo, procedimientos de seguridad y prácticas de vuelo reales.

En la Armada Nacional de Colombia se recomienda adoptar un programa análogo. Los aspirantes deben cursar formación modular que incluya controles aéreos y marítimos, normativa legal y de espacio aéreo, así como simuladores de vuelo y prácticas de campo(Padilla, 2025). Según expertos nacionales, la formación debe contemplar una fase académica seguida de horas en simulador y/o ejercicios prácticos, con actualizaciones periódicas para incorporar avances tecnológicos. Los simuladores modernos (por ejemplo, software como Mockingbird integrado con visores VR de alta resolución) ya permiten entrenar escenarios complejos: ofrecen entornos 3D densos y replican cámaras EO/IR y radares a bordo del UAV. Esto facilita el entrenamiento en ISR y en reconocimiento táctico sin riesgos reales. Los módulos de formación suelen cubrir (Ver tabla 4):

Tabla 4. Módulos de formación para operadores de VART autónomos en la Armada

Nacional

Módulo de formación	Contenidos principales	Objetivo de aprendizaje
ISR e inteligencia táctica	- Uso de sensores EO/IR y radar- Captura y análisis de imágenes- Técnicas de recolección de datos	Desarrollar capacidades para identificar, procesar y reportar información táctica relevante
Mantenimiento y logística del UAV	- Inspección y ensamblaje de UAV- Diagnóstico de fallas- Sustitución de componentes y baterías	Garantizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los UAV operativos
Comunicaciones seguras	- Cifrado de enlaces- Uso de radios autenticadas- Protocolos contra interferencias y jamming	Asegurar la integridad y confidencialidad de las comunicaciones durante las misiones
Doctrina de empleo táctico	- Integración en el mando y control- Reglas de enfrentamiento (ROE)- Coordinación interunidades	Operar el UAV conforme a la doctrina militar y en sinergia con fuerzas navales y aéreas
Simulación y entrenamiento práctico	- Vuelos simulados- Escenarios de rescate- Navegación en zonas costeras y fluviales complejas	Aplicar los conocimientos adquiridos en entornos realistas y controlados

Nota. Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se establecen niveles de certificación crecientes según experiencia. Por ejemplo, la Armada de EE. UU. otorga Certificaciones NATOPS para UAV, equivalentes a licencias de piloto naval especializado. En Colombia se podría implementar un esquema propio, donde al completar cada curso el operador obtiene un nivel (p. ej. Operador Básico UAV, Operador Avanzado UAV aprobado por la Dirección de Aviación Naval. La duración recomendada para la fase inicial es del orden de 6–8 semanas, con renovaciones o entrenamientos recurrentes (por ejemplo, 1 semana al año) para mantener la competencia, como sugieren las experiencias internacionales.

Tabla 5. Programa Integrado de Formación UAV

País / Fuerza Naval	Programa de formación	Duración aprox.	Módulos principales	Certificación / Nivel
EE. UU. (Marina)	Curso Pilotaje UAV Pioneer (Internal Pilot)	54 días	Teoría UAV, simulador de vuelo, ISR (EO/IR/SAR), mantenimiento de sistemas, comunicaciones seguras, procedimientos NATOPS	Licencia NATOPS de UAV (NEC 8363)
Israel (Fuerzas Terrestres)	Curso de VART táctico Spike Firefly	3 semanas	Fundamentos de misión, tácticas de equipo, vuelo práctico, inteligencia táctica en combate	Certificación interna de unidad (actividad de combate)
Colombia (propuesta)	Programa integrado UAV (Academia Naval)	6–8 semanas iniciales, con módulos de reentrenamiento periódicos	Legislación aérea/marítima, ISR/inteligencia, ciberseguridad, mantenimiento, comunicaciones seguras, táctica naval	Certificación Armada (nuevos Pilotos de especialidad)

Nota. Fuente: Elaboración propia

En el contexto internacional, diversos países han desarrollado programas estructurados para la formación de operadores de sistemas aéreos no tripulados (UAV), con enfoques diferenciados según sus necesidades tácticas, nivel tecnológico y doctrina militar. La Marina de los Estados Unidos ofrece el curso especializado de pilotaje del UAV Pioneer (Internal Pilot), con una duración aproximada de 54 días. Este programa contempla formación teórica sobre plataformas UAV, entrenamiento práctico en simuladores de vuelo, capacitación en inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR) a través de sensores electroópticos, infrarrojos y radar SAR, así como módulos sobre mantenimiento técnico, comunicaciones seguras y procedimientos operacionales bajo la normativa NATOPS (Panigrahi & Tripathy, 2021). Al finalizar, los participantes obtienen la Licencia

NATOPS correspondiente, con el código de especialidad NEC 8363, avalada dentro del sistema naval estadounidense(Rostec, 2024).

Por su parte, las Fuerzas Terrestres de Israel han diseñado un curso intensivo para el manejo del VART táctico Spike Firefly, con una duración de tres semanas. Este entrenamiento combina teoría de misión, tácticas de operación en equipo, vuelo práctico y análisis de inteligencia en combate, adaptado a contextos de despliegue en zonas urbanas o rurales de alto riesgo. La certificación se emite de manera interna por la unidad operativa, enfocándose en la preparación específica para actividades de combate, sin requerimientos previos formales de titulación técnica.

En el caso colombiano, se propone el diseño e implementación de un Programa Integrado de Formación UAV, con una duración estimada de entre seis y ocho semanas en su fase inicial, acompañada de módulos de reentrenamiento periódico. Este programa abarcaría contenidos fundamentales como legislación aérea y marítima, fundamentos ISR e inteligencia táctica, principios de ciberseguridad aplicada a sistemas autónomos, mantenimiento preventivo y correctivo de UAV, comunicaciones cifradas y doctrina táctica naval. La certificación propuesta contempla el otorgamiento de una especialidad dentro del sistema de carrera naval, aún por definir oficialmente, pero alineada con estándares internacionales como los establecidos por la OTAN (STANAG 4671 y 4586) y experiencias de países aliados.

Recomendaciones para una Integración Eficiente de VART Autónomos en la Armada Nacional

Para una incorporación escalonada de VART autónomos, se sugiere un plan por fases alineado con la literatura sobre ciberinteligencia e interoperabilidad. En primera instancia, Fase 1 (0-1 año) debe centrarse en la estructuración institucional: actualizar reglamentos internos al nivel de STANAG de la OTAN (por ej. certificación de aeronavegabilidad según STANAG 4671), adaptar normas de tránsito aéreo marítimo, y formar un centro de simulación y entrenamiento. Se recomienda definir un equipo piloto (ej. Departamento de UAV Armada) y asegurar que los sistemas cumplan estándares de ciberseguridad (siguiendo el modelo Blue UAS) para evitar vulnerabilidades en la cadena de suministro (Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado, 2024).

En Fase 2 (1-2 años), comenzar operaciones incrementales: adquisición de UAVs, implementación de enlaces cifrados y plataformas de comando interoperables (ej, siguiendo protocolos C2 comunes)(U.S. Department of the Navy, 2021). Se deben realizar ejercicios conjuntos con aliados (ej. participación en ejercicios internacionales) para validar operatividad e interoperabilidad. Desde el punto de vista doctrinal, incorporar módulos sobre inteligencia táctica y contramedidas híbridas en la capacitación, tal como enfatizan los estudios: los UAVs en escenarios híbridos pueden ser objetivo de intercepción por actores hostiles, por lo que la Armada debe desarrollar capacidades de inteligencia de señales (SIGINT) y ciberinteligencia dedicadas a sus flotillas no tripuladas(De Wagter et al., 2021).

En la Fase 3 (2–3 años), la Armada Nacional de Colombia debe consolidar la integración plena de sus VART mediante el despliegue en misiones reales de patrullaje

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

marítimo, seguridad de instalaciones críticas y operaciones de búsqueda y rescate (SAR), todo ello articulado al sistema de doctrina naval. Como referencia, puede considerarse el modelo del Hermes 900 Kochav israelí, un VART de altitud media y gran autonomía (más de 30 horas de vuelo y hasta 300 kg de carga útil), capaz de portar sensores EO/IR, radares SAR/GMTI, sistemas de guerra electrónica e inteligencia de señales, lo que lo convierte en una plataforma ideal para operaciones complejas y prolongadas (Barreira, 2023). Esta fase también debe enfocarse en fortalecer la interoperabilidad multinacional mediante la vinculación a redes como el Maritime Unmanned Systems Initiative de la OTAN, que promueven el uso compartido de UAV/USV entre aliados. Paralelamente, es fundamental implementar auditorías periódicas de ciberseguridad incluida la bio-ciberseguridad de los sistemas y módulos de inteligencia frente a amenazas híbridas, en línea con estudios que advierten el aumento de ciberataques en dominios marítimos. Todo el proceso debe estar estructurado bajo un cronograma técnico con hitos verificables (evaluaciones anuales, certificaciones operativas y ejercicios conjuntos), asegurando una maduración escalonada y sólida de las capacidades no tripuladas de la Armada frente a escenarios de alta complejidad.

Diseño de un modelo operativo adaptado a escenarios BYR

La implementación de un modelo operativo para el uso de VART autónomos en misiones de búsqueda y rescate requiere una arquitectura flexible, interoperable y escalable, que se articule con la doctrina naval existente y responda a las particularidades geográficas del territorio colombiano. El modelo debe incluir tres componentes esenciales: (i) despliegue rápido desde unidades terrestres, costeras, fluviales y marítimas (como unidades con cubierta de vuelo o una cubierta de maniobra con espacio suficiente para maniobrar con los equipos

en cuestion), (ii) vigilancia y mapeo continuo en tiempo real de áreas afectadas mediante sensores multiespectrales, y (iii) enlace directo con los centros de comando y control (C2) para análisis y toma de decisiones.

De la misma manera, este modelo debe considerar la creación de protocolos operativos específicos para zonas de difícil acceso (selvas ribereñas, costas afectadas por tormentas, archipiélagos), incorporando criterios de prioridad de búsqueda, rutas de patrullaje automatizadas y respuesta coordinada interinstitucional. Además, debe permitir la integración con sistemas de inteligencia geoespacial, alertas humanitarias y redes de atención en emergencias para garantizar su efectividad táctica y humanitaria.

Tabla 6. *Recomendación de VART autónomos según escenarios operativos navales*

Escenario operativo	VART recomendado	Criterios clave
Vigilancia de zonas costeras o fluviales amplias	RQ-21 Blackjack	Alta autonomía (16 h), carga EO/IR, integración con OPV, despliegue desde costas
Búsqueda localizada en zonas selváticas o ribereñas	RQ-11 Raven	Portabilidad, lanzamiento manual, sensores diurnos/nocturnos, ideal para infantería
Operaciones en clima adverso o baja visibilidad	Hermes 900	Radar SAR, todo clima, sensores hiperespectrales, detección a través de niebla o follaje denso
Despliegue desde embarcaciones pequeñas o fragatas	RQ-21 Blackjack	Alas compactas, despegue asistido, recuperación con red, compatible con unidades medianas
Apoyo en misiones humanitarias y rescate nocturno	MQ-9 Reaper	Alta autonomía (>24 h), sensores IR, retransmisión en tiempo real, vigilancia estratégica de gran radio

Nota. Fuente: Elaboración propia

El V-BAT 128 es actualmente la plataforma UAV más adecuada para misiones de búsqueda y rescate en el contexto geográfico y operativo de la Armada Nacional de Colombia. Esta afirmación se sustenta en su combinación única de versatilidad táctica,

autonomía extendida, capacidad de despegue y aterrizaje vertical (VTOL) y su compatibilidad con sensores multispectrales, que lo convierten en una herramienta estratégica para operar en zonas costeras, fluviales y selváticas (Infodefensa, 2024).

Una de sus mayores ventajas es la capacidad VTOL, que le permite operar sin necesidad de pistas o lanzadores, facilitando su despliegue desde fragatas tipo FS-1500, patrulleras fluviales o incluso desde tierra firme en zonas remotas. Esto es especialmente importante en un país con una geografía diversa y con áreas de difícil acceso, como el Pacífico colombiano, el Atrato o el archipiélago de San Andrés.

Además, su autonomía de hasta 13 horas de vuelo continuo y su capacidad de portar sensores electro-ópticos, infrarrojos (EO/IR) y radares de apertura sintética (SAR) lo hacen ideal para tareas de vigilancia prolongada, reconocimiento de objetivos, mapeo de daños y localización de víctimas en tiempo real. Estas características superan ampliamente las de VART tácticos más ligeros como el RQ-11 Raven, cuyo alcance es más limitado y orientado a misiones de corto alcance.

Para el despliegue desde embarcaciones pequeñas o fragatas, el RQ-21 Blackjack representa una opción operativa altamente viable para la Armada Nacional de Colombia. Este VART de categoría operacional ha sido diseñado específicamente para misiones navales, destacándose por su capacidad de despegue asistido mediante catapulta y recuperación mediante red, sin necesidad de pista de aterrizaje. Su tamaño compacto y alas desmontables facilitan su integración en plataformas como las fragatas tipo FS-1500 o patrulleras OPV-80, lo que lo convierte en un complemento ideal para misiones ISR (Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento) en zonas marítimas de difícil acceso o con limitadas capacidades logísticas.

En el caso de misiones humanitarias y operaciones de rescate nocturno (SAR), el MQ-9 Reaper (autónomo) se proyecta como una plataforma estratégica de gran valor para la ARC. Su capacidad de permanecer en el aire por más de 24 horas, combinada con sensores infrarrojos, electroópticos y de comunicaciones, le permite realizar vigilancia persistente sobre amplias zonas marítimas o terrestres, incluso en condiciones climáticas adversas o de baja visibilidad. Gracias a su carga útil de hasta 1700 kg, el Reaper puede integrar módulos especializados de búsqueda, sensores de calor para identificación de personas, y enlaces satelitales en tiempo real, facilitando la coordinación con equipos SAR o embarcaciones de rescate. En contextos de desastres naturales, migración irregular o accidentes en alta mar, esta plataforma ofrecería a la ARC una herramienta de observación estratégica con tiempos de reacción rápidos y mínima necesidad de personal desplazado, al igual que con asistencia de Inteligencia Artificial puede desarrollar operaciones de tiempo completo sin necesidad de su operario

Estrategia de capacitación técnica y doctrinal para el personal.

El éxito de la implementación de VART autónomos en misiones BYR depende en gran medida de la preparación técnica y doctrinal del personal naval así como de sus recursos para la adquisición de la tecnología. Para ello, se propone una estrategia de capacitación basada en módulos progresivos que incluyan: fundamentos del vuelo autónomo, mantenimiento de UAV, sensores y cargas útiles, comunicaciones seguras, doctrina de integración en operaciones fluviales y marítimas, y análisis de inteligencia ISR. Esta estrategia debe contemplar la utilización de simuladores avanzados que reproduzcan escenarios de emergencia, navegación en condiciones climáticas adversas y coordinación con unidades SAR tradicionales. La formación deberá estar certificada por la Armada Nacional y

complementarse con ciclos de reentrenamiento cada doce meses. Asimismo, se recomienda establecer alianzas académicas y de cooperación internacional para la formación de instructores y la homologación de estándares, alineando el proceso con doctrinas NATO (STANAG 4586) y experiencias de países como Estados Unidos e Israel en el uso de UAV para operaciones tácticas y humanitarias.

Objetivo general de la estrategia

Formar operadores, técnicos y oficiales de mando en el empleo táctico, técnico y doctrinal de sistemas aéreos no tripulados (UAV), con énfasis en misiones de búsqueda y rescate, vigilancia ISR, interoperabilidad y ciberseguridad.

Tabla 7. Currículo propuesto: Programa de Formación Integral UAV–BYR Armada

Nacional

Módulo	Nombre de la asignatura	Duración estimada	Objetivos y contenidos clave
M1	Fundamentos de vuelo UAV y clasificación de sistemas	1 semana	Principios aerodinámicos, tipos de UAV, VTOL vs ala fija, clasificación según misión y plataforma.
M2	Legislación aérea, marítima y doctrinas navales aplicadas	1 semana	Normas nacionales e internacionales, STANAG 4671 y 4586, restricciones legales, reglas de enfrentamiento y doctrina operativa.
M3	Inteligencia ISR e imagen táctica	1 semana	Uso de sensores EO/IR, interpretación de imágenes, identificación de objetivos, recolección y explotación de datos en BYR.
M4	Ciberseguridad y protección de enlaces de datos	1 semana	Criptografía básica, amenazas cibernéticas en UAV, protocolos Blue UAS, radiofrecuencias seguras, manejo de interferencias.
M5	Mantenimiento básico y soporte técnico de UAV	1 semana	Inspección de sistemas, cambio de componentes, protocolos de diagnóstico, logística de repuestos y baterías.
M6	Comunicaciones e interoperabilidad táctica	1 semana	Enlaces con sistemas C2, datalinks, transmisión segura de información, compatibilidad con unidades navales, fluviales y de tierra.

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

M7	Planificación y ejecución de misiones BYR	2 semanas	Configuración de misiones, rutas automatizadas, priorización de búsqueda, coordinación interinstitucional, escenarios reales de desastre y emergencias.
M8	Simulación y práctica operativa en campo	2 semanas	Vuelos reales y simulados con V-BAT 128 y/o RQ-11 Raven, integración doctrinal, navegación en riberas y costas, identificación y localización de objetivos SAR.
M9	Evaluación final táctica y doctrinal	1 semana	Ejercicio de integración operativa: despliegue completo, detección, coordinación, recuperación, toma de decisiones bajo presión.

Nota. Fuente:(Freire & García, 2024)

Se recomienda la creación del programa *Especialista táctico-operativo en Sistemas UAV BYR – Armada Nacional de Colombia* el cual estaría diseñado para capacitar de forma integral al personal naval en la operación, mantenimiento y empleo doctrinal de VART autónomos en misiones de inteligencia, vigilancia, reconocimiento (ISR), búsqueda y rescate (SAR) y protección de instalaciones críticas. Esta certificación deberá ser otorgada por todo el personal que interviene en la doctrina como la Dirección General Marítima (DIMAR) (doctrina BYR) o Aviación Naval (disponibilidad de operarios y doctrina de VART) o por la Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla (en caso de usar simuladores), con el aval institucional correspondiente para la operación de sistemas no tripulados en entornos marítimos, fluviales y terrestres bajo condiciones tácticas complejas.

El plan de estudios estaría compuesto por nueve módulos formativos distribuidos en fases teóricas, prácticas y de simulación, con una duración total de 10 semanas. Cada módulo aborda competencias clave: desde los fundamentos del vuelo UAV, la normativa nacional e internacional, el análisis de inteligencia mediante sensores electro-ópticos e infrarrojos, hasta el mantenimiento técnico, la seguridad cibernética de los enlaces de comunicación, y la interoperabilidad con sistemas de comando y control (C2). La formación incluye además escenarios de planificación y ejecución de misiones reales, en los que los participantes

aplicarán sus conocimientos en ejercicios simulados de rescate, vigilancia de infraestructuras estratégicas y respuesta a emergencias.

Uno de los componentes diferenciadores del programa es el uso de simuladores virtuales de alta fidelidad (como Mockingbird o FalconView) que permiten recrear condiciones meteorológicas adversas, fallos en vuelo, navegación en zonas fluviales o detección de objetivos móviles(Lindsay, 2010). De igual manera, el currículo contempla la elaboración y aplicación de un manual doctrinal específico sobre el empleo de UAV en operaciones navales y fluviales, el cual servirá de referencia para futuras integraciones de estos sistemas en la doctrina operativa de la Armada.

Como parte de su estrategia de fortalecimiento continuo, el programa contempla un reentrenamiento anual obligatorio, a través del cual los operadores actualizarán sus conocimientos frente a nuevos desarrollos tecnológicos, protocolos tácticos y amenazas híbridas. Asimismo, se busca establecer convenios de cooperación e intercambio académico con fuerzas aliadas, como las armadas de Estados Unidos, Israel o países miembros de la OTAN, para facilitar el acceso del personal colombiano a formación avanzada en doctrinas interoperables, estándares STANAG y nuevas tecnologías UAV(Coufal et al., 2022).

Fortalecimiento de la interoperabilidad tecnológica y doctrinal.

Una condición indispensable para el despliegue efectivo de VART en entornos BYR es el fortalecimiento de la interoperabilidad tecnológica y doctrinal con otros sistemas navales, fluviales y de apoyo en tierra. Esto implica garantizar que los VART autónomos cuenten con enlaces de datos cifrados compatibles con los sistemas de mando y control (C2) existentes en la Armada Nacional, incluyendo la capacidad de transmisión en tiempo real a

unidades embarcadas, bases en tierra y aliados internacionales. A nivel doctrinal, es necesario incorporar el uso de UAV en los manuales operativos navales, actualizando las reglas de enfrentamiento, los protocolos de uso de la fuerza, y los procedimientos para misiones de rescate y evacuación. La interoperabilidad también debe considerar el uso de plataformas conjuntas con otras fuerzas (Ejército, Fuerza Aérea, Defensa Civil) y la integración con sistemas internacionales de alerta humanitaria (Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos, 2024). La estandarización de procedimientos, la compatibilidad de software y la definición de estándares técnicos comunes permitirán que la Armada Nacional pueda desplegar sus UAV en escenarios complejos con eficiencia, precisión y coordinación multinivel.

Conclusiones

El análisis evidencia que la integración de Vehículos Aéreos Remotamente Tripulados (VART) autónomos en la Armada Nacional permite responder de manera más efectiva a las amenazas híbridas y asimétricas que afectan la seguridad marítima y fluvial de Colombia. Desde una perspectiva operativa, estas plataformas potencian la vigilancia ISR, la respuesta rápida y la protección de infraestructuras críticas en zonas de difícil acceso, optimizando recursos humanos y logísticos. A nivel estratégico, fortalecen la toma de decisiones en tiempo real y la interoperabilidad con otras fuerzas del Estado y actores internacionales.

Uno de los sistemas más recomendables para la ARC es el RQ-21 Blackjack, desarrollado por Insitu/Boeing y utilizado ampliamente por la Marina de los Estados Unidos.

Su diseño compacto y modular, con lanzamiento asistido y recuperación mediante red, lo hace ideal para operar desde buques medianos como patrulleras oceánicas (OPV) o fragatas FS-1500. Con una autonomía de hasta 16 horas y una carga útil versátil (sensores EO/IR, guerra electrónica ligera), el Blackjack representa una solución balanceada entre eficiencia operativa y adaptabilidad a las condiciones marítimas colombianas, sin requerir grandes inversiones logísticas o estructurales.

Se recomienda avanzar en la adquisición progresiva de VART de nueva generación con mayores capacidades de autonomía, modularidad e integración en sistemas de mando y control (C2), así como desarrollar una doctrina nacional que regule su uso en misiones de seguridad, búsqueda y rescate (BYR) y control del crimen transnacional. En conclusión, los VART autónomos no solo representan una herramienta tecnológica eficaz, sino que consolidan una postura disuasiva moderna y proyectan a la Armada Nacional como un actor clave en la defensa regional y la cooperación internacional en seguridad marítima.

Finalmente, la incorporación de UAV en la defensa marítima contribuye al desarrollo de una doctrina nacional de guerra tecnológica adaptada a los nuevos escenarios del conflicto, donde las amenazas no siempre provienen de ejércitos convencionales, sino de redes criminales sofisticadas, actores híbridos y conflictos de baja intensidad. En resumen, los VART permiten a Colombia anticiparse, adaptarse y responder con mayor precisión y eficiencia, consolidando una postura disuasiva moderna y proactiva en la defensa de sus intereses marítimos y fluviales.

Referencias

1. Anderson, C. J., Heins, D., Pelletier, K. C., Bohnen, J. L., & Knight, J. F. (2021). Mapping invasive phragmites australis using unoccupied aircraft system imagery, canopy height models, and synthetic aperture radar. *Remote Sensing*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/rs13163303>
2. Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado. (2024). (2024). Guía Sistemas Contra UAS (C-UAS). . *Fuerza Aérea Colombiana*. https://aaaes.fac.mil.co/sites/aaaes/files/documentos%20aaaes/guia_sistemas_contra_uas_c-uas_2024.pdf
3. Barhate, M. M., Inamdar, C. S., Ingale, C. D., Inamdar, Y. S., Humne, S. S., Mahendrakumar, H. I., & Hulenwar, H. P. (2024). Drone Detection Through CCTV. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 12(1). <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.57107>
4. Barreira, V. (2023). Brazil to receive Hermes 900 UAVs. *IHS Jane's Defence Weekly*, 60(29).
5. Beltrán, B. L., & Alfonso, S. J. D. (2022). Inteligencia, vigilancia y reconocimiento IR-FLIR en los vehículos aéreos no tripulados de la Inteligencia Militar. *Perspectivas En Inteligencia*, 13(22), 203–225. <https://doi.org/10.47961/2145194X.278>
6. Bevilacqua, S., Neira-Villena, J. E., & Valverde, M. (2022). La tecnología al servicio de la vigilancia y de la defensa de la vida. *Estudios En Seguridad y Defensa*, 17(33). <https://doi.org/10.25062/1900-8325.325>
7. Çetin, E., Barrado, C., & Pastor, E. (2021). Improving real-time drone detection for counter-drone systems. *Aeronautical Journal*, 125(1292). <https://doi.org/10.1017/aer.2021.43>
8. Comando General de las Fuerzas Militares. (2023). RACAE 94: Reglas de vuelo y operación para sistemas aéreos no tripulados y sistemas de aeronaves remotamente pilotadas. . *Escuela de Aviación Militar*. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/rac_94.pdf
9. Connected Papers. (2025). Visualization graph for related literature on drones and cybersecurity. *Connected Papers*.
10. Coufal, V., Křest'an, J., & Vnouček, M. (2022). Ballistic Resistance of ARMOX Advance according to NATO standard AEP-55 STANAG 4569. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1243(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1243/1/012002>
11. De Biasio, M., Arnold, T., Leitner, R., McGunnigle, G., & Meester, R. (2010). UAV-based environmental monitoring using multi-spectral imaging. *Airborne Intelligence, Surveillance, Reconnaissance (ISR) Systems and Applications VII*, 7668. <https://doi.org/10.1117/12.864470>
12. De Wagter, C., Remes, B., Smeur, E., van Tienen, F., Ruijsink, R., van Hecke, K., & van der Horst, E. (2021). The NederDrone: A hybrid lift, hybrid energy hydrogen

- UAV. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(29), 16003–16018.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.02.053>
13. Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos. (2024). *Dirección de Ciencia y Tecnología. Sistemas antiaéreos no tripulados (C-UAS) [Counter-Unmanned Aircraft Systems (C-UAS)]*. <https://www.dhs.gov/science-and-technology/counter-unmanned-aircraft-systems-c-uas>
 14. Espinel, B. J. R. (2021). Prospectiva de las operaciones navales. In *Arte operacional marítimo: una aproximación desde la Escuela Superior de Guerra* (pp. 273–313). Escuela Superior de Guerra. <https://doi.org/10.25062/9789584288981.08>
 15. Freire, T., & García, M. (2024). Optimización de cobertura con UAVs para situaciones de emergencia. *Trabajo de Grado, Universidad*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/0109aa6b-df30-4aa1-a9c0-661a6b6b64b6>
 16. Gonçalves, P., Sobral, J., & Ferreira, L. A. (2017). Unmanned aerial vehicle safety assessment modelling through petri Nets. *Reliability Engineering and System Safety*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.06.021>
 17. Griffin, B., Alexander, K., Palmer, X.-L., & Potter, L. (2023). Social-Engineering, Bio-economies, and Nation-State Ontological Security: A Commentary. *International Conference on Cyber Warfare and Security*, 18(1). <https://doi.org/10.34190/iccws.18.1.1021>
 18. Heguy, F. L. (2024). Estados Unidos donó tres sistemas de drones V-BAT a la Armada de Colombia. *Pucará*. <https://www.pucara.org/post/estados-unidos-don%C3%B3-tres-sistemas-de-drones-v-bat-a-la-armada-de-colombia>
 19. Hide, S. (2025). Drone attacks increasingly affect civilians in Colombia’s conflict. . *Al Jazeera*. <https://latinamericareports.com/drone-attacks-increasingly-affect-civilians-in-colombias-conflict/10839/#:~:text=In%20July%2C%20a%2010,others%20were%20injured%2C%20some%20seriously>
 20. Infodefensa. (2024). La Armada de Colombia inicia el despliegue de drones V-Bat 128 en sus fragatas tipo FS1500. *Infodefensa*. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4963268/145-colombia-colombia-inicial-despliegue-drones-vtol-fragatas-fs1500>
 21. Lindsay, J. R. (2010). War Upon the Map: The Politics of Military User Innovation. *Technology and Culture*, 51(3).
 22. Moreno, M. (2023). El uso de drones en operaciones de búsqueda y rescate en Colombia: Una revisión sistemática. *Trabajo de Grado Para Optar al Título de Especialista En Sistemas de Aeronaves No Tripuladas*. *Fundación Universitaria Los Libertadores, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Bogotá, Colombia*. <https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/1f2988fb-5b6c-4f12-8861-d09dc2b394c5/content>
 23. National Search and Rescue Committee. (2016). Unmanned Aircraft System (UAS) Search and Rescue Addendum (Version 1.0) to the National Search and Rescue Supplement to the International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual. U.S. Department of Homeland Security, U.S. Department of Defense, U.S. Department of State, U.S. Department of the Interior, U.S. Department of Commerce,

- U.S. . *Department of Transportation, NASA, & FCC.*
[https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/CG-5R/nsarc/SAR%20UAS%20Addendum%20\(Versio%201_0\)%20-%20Final.pdf?ver=2019-12-13-144733-717#:~:text=Air%20Coordination%20Radio,and%20Capabilities%20Qualifying%20UAS%20Providers](https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/CG-5R/nsarc/SAR%20UAS%20Addendum%20(Versio%201_0)%20-%20Final.pdf?ver=2019-12-13-144733-717#:~:text=Air%20Coordination%20Radio,and%20Capabilities%20Qualifying%20UAS%20Providers)
24. Nomesqui, R. J. (2025). *Comandante del Ejército Nacional expuso detalles de la “guerra tecnológica” que se registra en Colombia.*
<https://www.infobae.com/colombia/2025/04/24/comandante-del-ejercito-nacional-expuso-detalles-de-la-guerra-tecnologica-que-se-registra-en-el-pais/>
 25. Osorio, L. A., Lorduy, L. G., Amaya, H. L. M., & Arenas, M. T. (2017). Ciberseguridad y ciberdefensa: pilares fundamentales de la seguridad y defensa nacional. *Revista de Las Fuerzas Armadas*, 241. <https://doi.org/10.25062/0120-0631.823>
 26. Padilla, R. (2025). Era de cambios en lo estratégico y táctico. *Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”*.
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/240+pág+39-45.pdf
 27. Panigrahi, N., & Tripathy, S. (2021). Design Criteria of a UAV for ISTAR and Remote Sensing Applications. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49(3). <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01249-7>
 28. Potter, & Palmer. (2020). *Human factors in biocybersecurity wargames.* arXiv.
https://www.researchgate.net/publication/341175626_Human_Factors_in_Biocybersecurity_Wargames
 29. Rostec. (2024). *Rostec demonstrates special-purpose gun cartridges for UAV engagement.* *Research Institute of Applied Chemistry.*
<https://rostec.ru/en/media/news/rostec-demonstrates-special-purpose-gun-cartridges-for-uav-engagement/#start>
 30. Saumeth, E. (2017). La Armada colombiana exhibe por primera vez su ScanEagle. . *Infodron.Es.* <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3075440/armada-colombiana-exhibe-primera-vez-scaneagle>
 31. U.S. Department of the Navy. (2021). Unmanned Campaign Framework: Allies and partners – Part III: Delivering the future. *Office of the Chief of Naval Operations.*
https://www.navy.mil/Portals/1/Strategic/20210315%20Unmanned%20Campaign_Final_LowRes.pdf#:~:text=Secure%20digital%20communication%20standards%20and,testing%20happens%20early%20and%20often
 32. Voz de América. (2013). Maniobras Navales UNITAS en Colombia. *Voz de América - Redacción.* <https://www.vozdeamerica.com/a/cartagena-comando-sur/1745773.html>