

DRONES^{2.0} **360°** **GRAND PRIX**

MEMORIAS



SELLO EDITORIAL
EJÉRCITO NACIONAL

DRONES^{2.0}

360° GRAND PRIX

MEMORIAS



SELLO EDITORIAL
EJÉRCITO NACIONAL

DRONES 360° GRAND PRIX 2.0

MEMORIAS

Autores:

Teniente Coronel Diego Fabián González Aguirre
Capitán Rubén Darío Valbuena Zabala
Teniente Juan David Carreño González
Subteniente Juan Camilo Erazo Morillo
Subteniente Jhon Jairo Ramírez Fonseca
Subteniente Jhonathan Javier Rivera Díaz
Subteniente Laura Julieth Rodríguez Romero
Subteniente Laura Gineth Canelo Gallo
Subteniente Daniel Villa Rincón
Subteniente Diana Suarez Rodríguez
Subteniente Andersson Delgado Marín
Sargento Viceprimero Johnny Fernando Parrado Rodríguez
Sargento Viceprimero Rubén Darío Cuadros Antolínez
Soldado Profesional Duver Steven Villota Cuaran
Soldado Profesional Oscar Ramiro Pai García
Ing. Harold Julián Acosta León

ISSN ebook: 3115-2813

Primera edición

Comité editorial:

Coronel Mariano Augusto Sánchez Valcarcel - Director del CEHEJ
Teniente Diana Karolina Saavedra Sánchez - Oficial de Gestión Editorial y editora en jefe (CEHEJ)
Rossangélica Peralta Parra - Coordinadora editorial (CEHEJ)
Stefanny Paola Bernal Melo - Diseñadora gráfica (CEHEJ)

Diagramación y diseño

Stefanny Paola Bernal Melo - Diseñadora gráfica (CEHEJ)

Fotógrafo

Carlos Rodolfo Niño Espitia

Impresión

Sección Publicaciones de Ejército

© 2025, Central Administrativa y Contable CENAC Educación
Sección Sello Editorial del Ejército, del CEHEJ
Escuela de Aviación del Ejército

Esta obra está protegida bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional. Esto permite compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato siempre que se dé el crédito adecuado, se proporcione un enlace a la licencia y se indique si la obra se ha mantenido íntegra y sin modificaciones. No se permite el uso del material para fines comerciales ni la creación de obras derivadas en ninguna circunstancia. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Las Leyes 44 de 1993 y 1032 de 2006 de Colombia prohíben y castigan el plagio, definido como copiar total o parcialmente un texto sin declaración o atribución, o presentar como propios los conceptos de otros.

El contenido de los capítulos y de la investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Impreso y hecho en Bogotá, Colombia.

CONTENIDO

PRÓLOGO	7
PRESENTACIÓN EVENTO ACADÉMICO DRONES 360 GRAND PRIX DE LA ESCUELA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO	8
AGENDA...	10
BÚSQUEDA Y RESCATE CON SISTEMAS DE AERONAVES NO TRIPULADAS	15
Resumen	15
Introducción	17
Metodología	18
Desarrollo	18
Discusión	20
Conclusiones	21
Bibliografía	22
UAS EN EL APOYO A LA INTELIGENCIA MILITAR PARA EL EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA	27
Resumen	27
Introducción	29
Metodología	30

Desarrollo	32
Discusión	33
Conclusiones	34
Bibliografía	34
PROPUESTAS DE CONTRAMEDIDAS PARA LOS SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS	39
Resumen	39
Introducción	41
Metodología	41
Conclusiones	52
Bibliografía	52
UTILIDAD DE LAS AERONAVES NO TRIPULADAS EN DESASTRES NATURALES	57
Resumen	57
Introducción	59
Metodología	60
Desarrollo	61
Discusión	69
Conclusiones	72
Referencias	73
USO DE DRONES DJI MATRICE 300/350 EN EL APOYO LOGÍSTICO MILITAR	81
Resumen	81
Introducción	83
Metodología	84
Desarrollo	85
Discusión	88
Conclusiones	94

Referencias

95

PREMIACIÓN.....101

Ponentes y stand

101

Pilotos principiantes

102

Pilotos avanzados

102



PRÓLOGO

“La tecnología no nos aleja del mundo, nos permite comprenderlo mejor”.
Henry Jenkins

Inicio con un agradecimiento al lector por su participación en nuestro evento académico *Drones 360° Grand Prix 2.0*. En el contexto actual, donde la transformación digital y la supremacía tecnológica redefinen los escenarios operacionales y académicos, los sistemas aéreos no tripulados (drones) han dejado de ser herramientas emergentes para convertirse en actores clave en la defensa, la industria, la agricultura y la investigación.

Esta segunda edición ha permitido integrar actores del sector militar, académico y civil, impulsando el desarrollo de soluciones tecnológicas desde una perspectiva colaborativa y orientada a resultados. Las memorias que aquí se presentan recogen no solo ponencias y demostraciones, sino también el compromiso institucional con el avance científico y técnico del país. La Escuela de Aviación del Ejército reafirma su misión de liderar espacios de formación y desarrollo que potencien el pensamiento crítico, la investigación y la aplicación efectiva de nuevas tecnologías al servicio de Colombia.

TC. Diego Fabián González Aguirre
Director de la Escuela de Aviación del Ejército

PRESENTACIÓN EVENTO ACADÉMICO DRONES 360 GRAND PRIX DE LA ESCUELA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO



GO!!!

El avance acelerado de las tecnologías emergentes ha posicionado a los sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS, por sus siglas en inglés) como herramientas estratégicas en diversos campos, especialmente en el ámbito militar, donde su aplicación ha transformado los escenarios de apoyo logístico, inteligencia, vigilancia, búsqueda y rescate, entre otros. En este contexto, la Escuela de Aviación del Ejército llevó a cabo la segunda edición del evento Drones 360° Grand Prix 2.0, el día 16 de agosto de 2024, como parte de su compromiso con la formación, investigación y desarrollo tecnológico en beneficio de la seguridad y la defensa nacional.

La jornada se desarrolló en dos espacios principales: el auditorio de la Escuela de Aviación del Ejército, donde se realizaron las ponencias académicas, y el hangar de la Central Administrativa y Contable CENAC AVIACIÓN, escenario de la competencia práctica de vuelo. El evento integró tres componentes clave:

- Ponencias cortas sobre aplicaciones de drones en el ámbito militar.
- Carrera competitiva de drones, con categorías para pilotos principiantes y avanzados.
- Exhibición de stands académicos, en los que se presentaron desarrollos, prototipos y soluciones tecnológicas vinculadas a UAS.

Este evento permitió la articulación entre actores del sector defensa, instituciones educativas y la industria tecnológica (triple hélice), fortaleciendo una cultura de innovación, trabajo colaborativo y pensamiento estratégico. Las memorias aquí reunidas recogen los artículos derivados de las ponencias presentadas, como evidencia del compromiso institucional con el avance científico y la apropiación de tecnologías emergentes aplicadas a la realidad militar y nacional.

AGENDA

Nº	HORA INICIO	HORA FINAL	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD
1	6:30	7:00	Inicio de montaje de stands universitarios, empresariales y de unidades militares acorde al plan.
			Inicia recorridos de la ruta para ingreso de personal asistente puerta 6. 6:30 - 7:00 - 7:30.
			Perfeccionamiento de montaje de acuerdo con el plan.
2	7:00	8:00	Ingreso y acomodación al personal de asistentes.
			Entrega de detalles del evento al personal asistente.
3	8:00	8:05	Detalla las medidas de seguridad al personal asistente referente a la pista de drones, en caso de sismo, etc.
4	8:05	8:10	Palabras de introducción al evento.
5	8:10	8:20	Himno Nacional de la República de Colombia.
			Minuto de Silencio.
6	8:20	8:30	Palabras de apertura.
7	8:30	9:30	Ponencia corta 1: Búsqueda y rescate con sistemas de aeronaves no tripuladas.
			Ponencia corta 2: UAS en el apoyo a la inteligencia militar para Ejército Nacional de Colombia
			Ponencia corta 3: Propuestas de contramedidas para los sistemas aéreos no tripulados
			Ponencia corta 4: Utilidad de las aeronaves no tripuladas en desastres naturales
			Ponencia corta 5: Uso de drone DJI MATRICE 300/350 en el apoyo logístico militar
8	9:30	9:35	Palabras de inicio de competencia - categoría principiantes

N°	HORA INICIO	HORA FINAL	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	
9	9:35	9:40	Explicación del circuito y reglas	
10	9:40	11:10	Competencia principiantes:	14 competidores: Fixture de eliminación sencilla 1 vs. 1 / Cuartos / Semi-final / Final
11	11:10	11:40	RECESO	
			ENTREGA DE REFRIGERIOS	
12	11:40	12:30	Competencia avanzados:	8 competidores: Fixture de eliminación sencilla 1 vs. 1 / Cuartos / Semifinal / Final
13	12:30	12:40	Entrega de diplomas a instituciones de stands	
14	12:40	13:00	PREMIIACIÓN - CATEGORIA PRINCIPIANTES	
			3 ^{er} puesto	
			2 ^{do} puesto	
			1 ^{er} puesto	
15	13:00	13:30	PREMIACIÓN - CATEGORÍA AVANZADOS	
			3 ^{er} puesto	
			2 ^{do} puesto	
			1 ^{er} puesto	
16	13:30		FIN DEL EVENTO	

DRONES^{2.0} 360° GRAND PRIX







BÚSQUEDA Y RESCATE CON SISTEMAS DE AERONAVES NO TRIPULADAS

*Teniente Juan David Carreño González
Sargento viceprimero Rubén Darío Cuadros Antolínez
Soldado profesional Duver Steven Villota Cuarán*

RESUMEN

Con el avance de la tecnología en el mundo moderno, la integración de los sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) en diversos escenarios se han demostrado como una herramienta de apoyo crucial para distintas operaciones a nivel mundial. En particular, se investiga el empleo del DJI Matrice 300RTK para la búsqueda y rescate. Este dispositivo, diseñado para aplicaciones industriales, cuenta con múltiples sistemas de seguridad, como un preciso sistema de posicionamiento satelital gracias a sus antenas RTK y sensores que permiten su operación segura en entornos cerrados y de difícil acceso para los rescatistas, recopilando información y datos importantes. Además, destaca por su gran autonomía de vuelo y el uso de sensores avanzados como una cámara térmica y una cámara con un zoom de 200x, lo que lo hace altamente efectivo en tareas de búsqueda y rescate, aumentando las posibilidades de vida de las víctimas.

Palabras clave: búsqueda y rescate, rescatistas, difícil acceso, precisión, autonomía.



INTRODUCCIÓN

Actualmente, el uso de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) en diversos campos laborales ha incrementado significativamente, impulsando el desarrollo de drones para una amplia gama de tareas tanto militares como civiles. Estos drones ofrecen soluciones para tareas que antes se consideraban imposibles o difíciles de realizar por el personal humano. En este contexto, los UAS, conocidos como drones, se han ganado la confianza como herramientas esenciales, mejorando la seguridad del personal y reduciendo el tiempo necesario para completar las tareas, lo que disminuye la necesidad de grandes cantidades de talento humano y reduce los riesgos y el daño colateral para el personal laboral. El uso de estos sistemas de aeronaves no tripuladas es tan crucial que están siendo utilizados para acelerar los esfuerzos de búsqueda y rescate, reduciendo los riesgos para los primeros respondientes y los supervivientes.

El uso del Matrice 300RTK en tareas de búsqueda y rescate es especialmente notable debido a su sobresaliente ficha técnica y diseño enfocado en tareas industriales que exigen una gran autonomía de vuelo y el uso de sensores avanzados. Estos sensores son esenciales para obtener información crucial durante el reconocimiento de áreas afectadas o la localización de supervivientes en operaciones de rescate. Este sistema es ampliamente utilizado en sectores tanto militares como civiles y se beneficia de constantes actualizaciones que optimizan su desempeño. Su principal objetivo es la preservación y atención inmediata a las vidas en peligro, donde la intervención humana es vital. Con el tiempo, los avances tecnológicos han permitido que la tecnología reduzca los riesgos y los tiempos de reacción en las operaciones de búsqueda y rescate. Los organismos de prevención y atención a desastres buscan ofrecer una respuesta rápida a cualquier incidente, pero a menudo, las dificultades en el desplazamiento o acceso a las zonas afectadas pueden retrasar la atención inmediata. Esto puede resultar en la pérdida de vidas, destacando la importancia de sistemas como el Matrice 300RTK, que mejoran significativamente la eficiencia y efectividad en estos contextos críticos. (Luisa Santana, 2023).

El objetivo principal de este texto es explorar el uso de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) por parte de los organismos de rescate y el personal encargado de dichas operaciones. Para ello, se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo sobre las características, modelos y capacidades de estos sistemas, así como sobre la normatividad y los antecedentes relacionados con su aplicación en misiones de búsqueda y rescate en diversas situaciones de riesgo.

METODOLOGÍA

Este texto se centra en el empleo del sistema de aeronaves no tripuladas (UAS) ya adquirido por el Ejército Nacional de Colombia. Para abordar este enfoque, se consideraron antecedentes a nivel mundial que demuestran la efectividad de los UAS en operaciones de búsqueda y rescate, con estadísticas que indican el rescate de hasta 1000 personas utilizando plataformas DJI. Se analizaron casos específicos, como el incidente en el estado de Nueva York, donde dos personas fueron rescatadas gracias a la cámara térmica de un dron UAS de la oficina del *sheriff*, destacando la importancia de estos sistemas para salvaguardar vidas tanto de ciudadanos como de personal militar.

La metodología se desarrolló en dos fases principales:

- **Revisión de antecedentes y casos de estudio:** revisión de estadísticas globales sobre rescates realizados con UAS de la plataforma DJI. Análisis de casos específicos, como el rescate en Nueva York, para evidenciar la efectividad de los UAS en situaciones reales de emergencia.
- **Identificación y análisis de datos:** recopilación de datos generales sobre el empleo de UAS en misiones de búsqueda y rescate, tanto para personal civil como militar. Inclusión de misiones realizadas por unidades de bomberos y ejercicios simulados que utilizan la plataforma DJI. Evaluación de cualquier equipo que tenga la capacidad de generar la recopilación y análisis de información requerida para las misiones de búsqueda y rescate.

Esta metodología permitirá una comprensión integral del impacto y la utilidad de los UAS en operaciones de rescate. Lo anterior proporciona una base sólida para recomendaciones futuras en la implementación y uso de estos sistemas en situaciones de emergencia.

DESARROLLO

Este trabajo se llevó a cabo mediante una revisión general orientada al empleo de los UAS en operaciones de búsqueda y rescate. Para ello, se consultaron las bases de datos Science Direct, Google Académico y Google Patents, teniendo como criterios de inclusión y exclusión los presentados en la siguiente tabla.

Tabla 1. Desarrollo

CRITERIO	INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
Periodo de estudio	Artículos publicados en los últimos 10 años	Artículos publicados antes de 2013
Idioma	Inglés y español	Demás idiomas
Área geográfica	Todas	Ninguna
Tipos de documentos	Investigaciones cualitativas, cuantitativas y mixtas, reportes científicos y revisiones de literatura	Seminarios, conferencias, reportes técnicos, comentarios, libros

Nota. Elaboración propia a partir de Martínez (2023).

Esta búsqueda arrojó como resultado la selección de 18 documentos para su inclusión en la revisión, como se muestra a continuación en la Figura 1 (diagrama de flujo).

Dentro de los estudios consultados, los temas principales incluyeron el análisis con sistemas especializados de imágenes obtenidas por drones para facilitar la búsqueda, casos en los que el uso de drones ha facilitado la localización y rescate de personas extraviadas, y estadísticas globales que destacan el empleo de drones en estas operaciones. Con base en esta investigación, se analizan las características técnicas de un dron apto para tareas de búsqueda y rescate; en este contexto, se presenta el Matrice 300RTK de DJI. Según el fabricante DJI Enterprise, el Matrice 300RTK destaca por su construcción robusta y funcionamiento inteligente. Esta plataforma de drones comerciales se inspira en los sistemas de aviación modernos y ofrece hasta 55 minutos de tiempo de vuelo, capacidades avanzadas de inteligencia artificial (IA) y detección y posicionamiento en seis direcciones. Estas características establecen un nuevo estándar al combinar inteligencia, alto rendimiento y confiabilidad, lo que lo convierte en una herramienta idónea para operaciones de búsqueda y rescate.

La robustez del Matrice 300RTK permite su uso en condiciones adversas, y su avanzado sistema de detección y posicionamiento asegura la seguridad y precisión en la operación, incluso en entornos complejos. Además, sus capacidades de

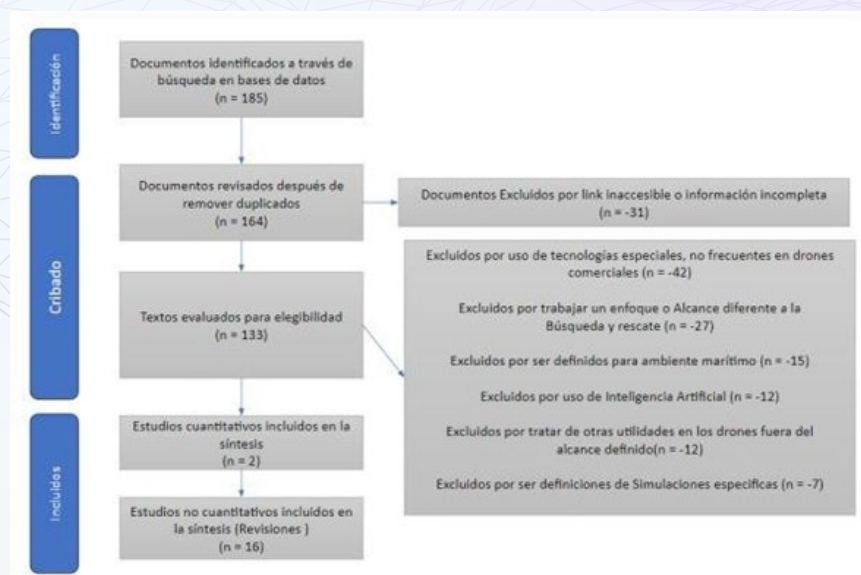


Figura 1. Búsqueda.
Nota. Tomado de Martínez (2023).

IA facilitan la identificación y seguimiento de objetos y personas, optimizando los esfuerzos de búsqueda y rescate. Con estas características, el Matrice 300RTK no solo mejora la eficiencia de las operaciones de rescate, sino que también incrementa las posibilidades de éxito al reducir los riesgos para el personal involucrado.

DISCUSIÓN

Búsqueda y rescate

En las operaciones de búsqueda y rescate, la principal misión del personal es salvaguardar la vida de quienes lo necesiten. El empleo de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) se ha convertido en una práctica común en situaciones de emergencia. Estas aeronaves son herramientas invaluable para realizar tareas específicas en lugares de difícil acceso y proporcionar una vista panorámica que antes era imposible de obtener. La capacidad de geolocalización en tiempo real de los UAS permite a los servicios de emergencia detectar posibles rutas rápidas, vías de escape y los mejores puntos de acceso ante cualquier eventualidad, donde no solo la rapidez, sino también la eficacia de la respuesta es crucial.

El uso de drones en estas operaciones no solo mejora la eficacia en la búsqueda, sino que también reduce los tiempos necesarios para un posible rescate. Estos dispositivos permiten una mejor planificación y ejecución de las operaciones de rescate, ya que están equipados con cámaras y sensores térmicos que proporcionan información vital para los equipos de emergencia.

El Matrice 300RTK, por ejemplo, cuenta con una serie de características avanzadas que lo hacen especialmente adecuado para estas tareas. Su capacidad de vuelo de hasta 55 minutos, junto con sus avanzadas capacidades

de inteligencia artificial y detección y posicionamiento en seis direcciones, establecen un nuevo estándar en la combinación de inteligencia, rendimiento y confiabilidad. Estas características permiten una evaluación precisa y segura de las zonas afectadas, facilitando la localización de supervivientes y la planificación de rutas de rescate óptimas (Martínez, 2023).

El impacto positivo de los drones en las operaciones de búsqueda y rescate se ve reflejado en su capacidad para reducir los riesgos para el personal de rescate, al proporcionar información detallada y precisa sin necesidad de exposición directa a los peligros del terreno. La integración de estos sistemas en las estrategias de rescate moderniza las operaciones y aumenta significativamente las probabilidades de éxito en la salvaguarda de vidas humanas (Claesson, 2016).

CONCLUSIONES

El creciente uso de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS), como el Matrice 300RTK de DJI, ha revolucionado la manera en que se llevan a cabo las operaciones de búsqueda y rescate, demostrando ser una herramienta esencial para mejorar la eficiencia y la efectividad en situaciones críticas. A lo largo de este estudio, se ha evidenciado que la integración de drones en estas operaciones no solo permite salvaguardar vidas, sino que también reduce significativamente los tiempos de respuesta ante emergencias, limitando los riesgos para el personal involucrado.

Los antecedentes analizados y los casos de estudio presentados destacan cómo el uso de drones ha facilitado rescates exitosos, subrayando la importancia de contar con tecnologías avanzadas que permiten una evaluación precisa de las áreas afectadas y la detección efectiva de personas en peligro. Las capacidades de inteligencia artificial, la robustez y la autonomía de vuelo del Matrice 300RTK son factores determinantes que optimizan la planificación y ejecución de estos operativos, proporcionando información crucial que no podría obtenerse de otra manera.

Además, se evidencia que la implementación de UAS en misiones de rescate respalda no solo la labor de los primeros respondientes, sino también el trabajo conjunto de diversas entidades dedicadas a la atención y prevención de desastres. Esto resalta la importancia de seguir investigando y desarrollando estos sistemas, así como de establecer normativas adecuadas que regulen su uso para maximizar sus beneficios.

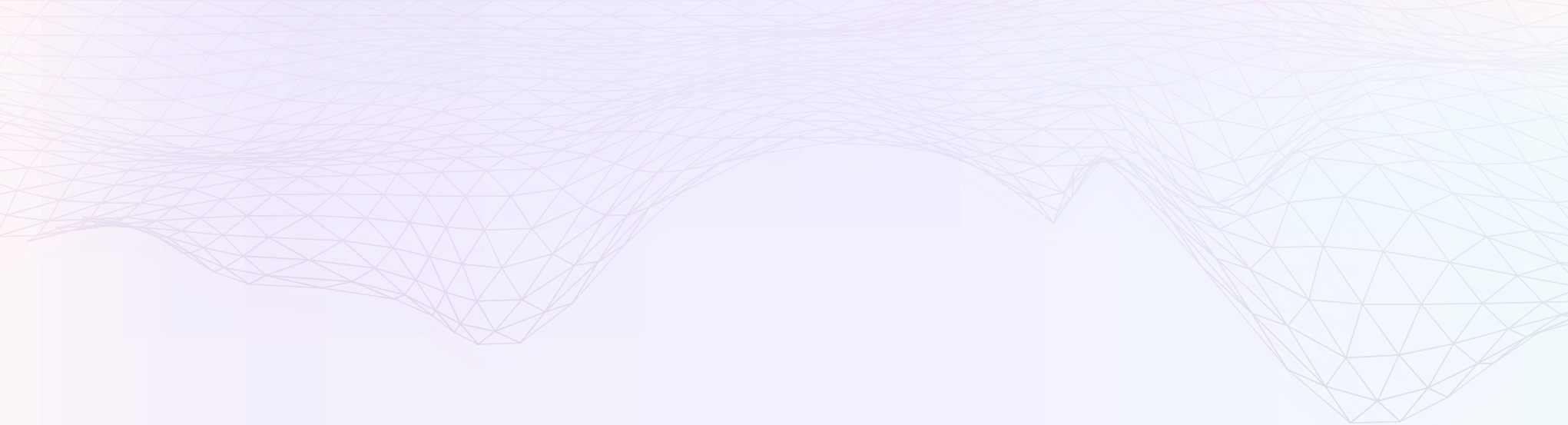
En conclusión, los sistemas de aeronaves no tripuladas, y en particular el Matrice 300RTK, representan un avance significativo en la búsqueda y rescate, ofreciendo capacidades que transforman y mejoran las operaciones en escenarios de emergencia. La continua evolución de esta tecnología y su integración en protocolos de rescate podría marcar la diferencia en la vida de muchas personas, haciendo de su implementación una prioridad en el campo de la gestión de emergencias.

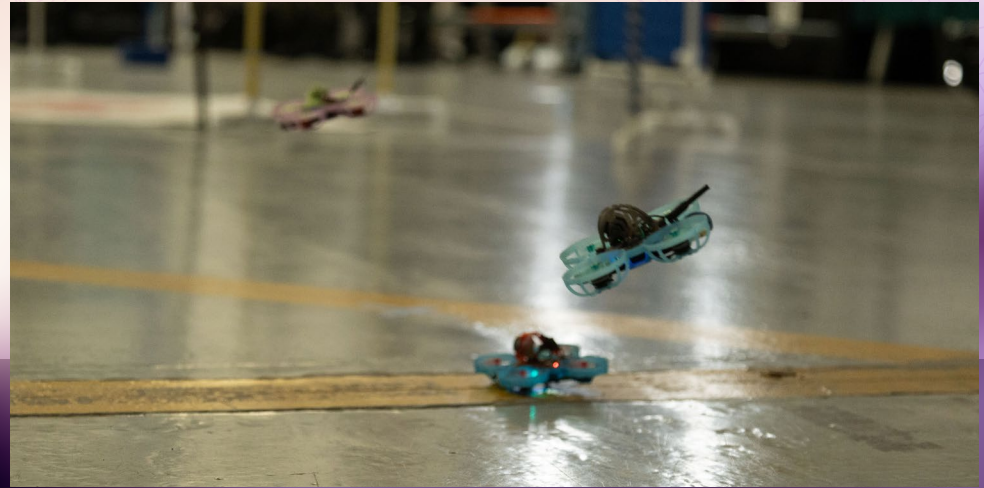
BIBLIOGRAFÍA

Claesson, A., Fredman, D., Svensson, L., Ringh, M., Hollenberg, J., Nordberg, P., Rosenqvist, M., Djarv, T., Österberg, S., Lennartsson, J., y Ban, Y. (2016). Unmanned aerial vehicles (drones) in out-of-hospital cardiac arrest. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 24(124). <https://doi.org/10.1186/s13049-016-0313-5>

Santana Páez, L. F., Villamil León, W. S., Cano López, C. E., y Casas Méndez, Y. L. (2023). Sistema de drones para la gestión de riesgos. *Ingeniería Solidaria*, 19(2), 1–20. <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2023.02.06>

Martínez, E. Y. (2023). *El uso de drones en operaciones de búsqueda y rescate en Colombia: una revisión sistemática* [Trabajo de grado, Fundación Universitaria Los Libertadores]. Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas. <https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/1f2988fb-5b6c-4f12-8861-d09dc2b394c5/content>







DRONES^{2.0}

360° GRAND PRIX



UAS EN EL APOYO A LA INTELIGENCIA MILITAR PARA EL EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA

Subteniente Laura Julieth Rodríguez Romero

Subteniente Jhon Jairo Ramírez Fonseca

Sargento viceprimero Johnny Fernando Parrado Rodríguez

RESUMEN

Este texto tiene como finalidad destacar la importancia y las actividades que pueden desarrollarse con aeronaves no tripuladas (UAS) en el ámbito de la inteligencia militar, en concordancia con la misión del Ejército Nacional de Colombia. La implementación de nuevas tecnologías, como los vehículos aéreos no tripulados (drones), permite obtener mejores resultados operacionales gracias a su capacidad de vigilancia, reconocimiento y recopilación de información. Actualmente, estos sistemas se han convertido en herramientas fundamentales para diversas actividades en terreno. En el futuro, con el avance tecnológico, se espera que los UAS sean más autónomos, eficientes y seguros. Para su operación, es necesario contar con personal capacitado, tanto en el ámbito teórico como práctico. El uso militar y civil de estos sistemas ha crecido exponencialmente, con múltiples aplicaciones y beneficios.

Palabras clave: UAS, inteligencia, información, operaciones, inteligencia militar.



INTRODUCCIÓN

En la Primera Guerra Mundial se usaron los primeros aeroplanos en misiones de ataque, defensa y de reconocimiento operativo. Los militares utilizaban las cometas para obtener fotografías aéreas y seguir los movimientos del enemigo formando mapas de situación; este sería uno de los pasos para obtener evolución en las Aeronaves no tripuladas. Al implementar la estrategia mencionada, lograron obtener el resultado de la información requerida, con el registro fotográfico desde el aire; esto se realizó con el fin de dar cumplimiento al desarrollo de operaciones militares. De igual manera, se da a conocer las cuatro fases que se realizaron con las aeronaves no tripuladas.

En primer lugar, el precursor de las aeronaves no tripuladas se utilizó como blanco de práctica para las fuerzas militares en el siglo XX. En segundo lugar, en el período de entreguerras y en la Segunda Guerra Mundial, el *vehículo no tripulado* fue diseñado para ser como una especie de bomba volante que podría ser enviado tras las líneas enemigas. En tercer lugar, durante la Guerra Fría, el *avión no tripulado* fue visto como una plataforma de vigilancia viable y capaz de capturar datos de inteligencia en áreas de difícil acceso. En cuarto lugar, el *vehículo no tripulado* se ha convertido en la guerra contra el terrorismo en un arma con mayor capacidad de vigilancia y de generación de defensa propia.

Al realizar las respectivas investigaciones, se denota la importancia que tienen estas aeronaves no tripuladas como apoyo fundamental para las operaciones militares. Estos vehículos con tecnología avanzada son el fuerte para dar acceso a zonas con mayor riesgo: el objetivo es obtener fotografías para análisis y planteamientos operativos, garantizando veracidad de información de cada una de las situaciones que ocurren dentro de zonas en las que se encuentra el enemigo. Estas aeronaves brindan el apoyo necesario al dar cumplimiento a los resultados de operaciones militares. Los avances en aeronaves no tripuladas fueron impulsados por las exigencias de la inteligencia cartográfica; estos vehículos no tripulados están muy ligados a una serie de objetos legales que permiten su despliegue. En otras palabras, la relación entre la tecnología y la ley es extremadamente importante en el trazado de la escalada del avión no tripulado *Predator*: ambos elementos van de la mano en la adquisición de conocimiento geográfico y vigilancia; esto conlleva a la toma de decisiones sobre la eliminación de objetivos.

Actualmente, el Ejército Nacional de Colombia implementa sistemas de *aeronaves no tripuladas*; estas son manipuladas por personal capacitado y certificado en la Especialidad UAS, la cual es llevada a cabo por la Escuela de Aviación

del Ejército. Oficiales, suboficiales y soldados hacen parte del grupo de profesionales que, en cumplimiento de los requisitos establecidos para su incorporación, se capacitan y se preparan para adquirir los conocimientos necesarios en el campo, en consonancia con el avance tecnológico que se desarrolla diariamente.

La implementación de estas aeronaves no tripuladas, operadas por pilotos UAS y en articulación con las secciones de Inteligencia Militar de los distintos batallones del Ejército Nacional, es de gran importancia, dado que aporta a la recolección de información mediante fotografías, grabaciones de video y demás datos capturados por el sistema. Esta información resulta clave para el desarrollo de planeamientos junto a los comandantes de batallón y sus equipos de trabajo en las áreas de Operaciones e Inteligencia, con el apoyo de la tripulación UAS, conformada por un operador comandante de misión y un operador de soporte de misión, quienes contribuyen a la formulación de ideas y proyecciones para el cumplimiento de la misión.

METODOLOGÍA

Para desarrollar el presente texto, se realizó una revisión bibliográfica de artículos relacionados con el uso de *aeronaves no tripuladas* para la obtención de información en el campo de la inteligencia militar. Se consideraron 12 artículos científicos publicados en los últimos 10 años, verificando que tuvieran relación con la pregunta de investigación sobre las aeronaves no tripuladas en la inteligencia militar. Estos fueron consultados en bases de datos como Google Académico, ProQuest y SciELO, y se emplearon palabras clave como: vehículos aéreos no tripulados, inteligencia y drones militares.

El Ejército Nacional de Colombia, en su desarrollo, implementa el uso de aeronaves no tripuladas (drones), especialmente en el área de Operaciones e Inteligencia Militar. Esto ha revolucionado las tácticas y estrategias en los conflictos modernos. Los vehículos aéreos no tripulados (drones) han sido utilizados en diversas misiones, incluyendo reconocimiento, vigilancia y ataques precisos, lo que proporciona una ventaja significativa en el campo de batalla. Se emplean ampliamente para recolectar inteligencia visual y de señales, permitiendo a las fuerzas militares monitorear movimientos enemigos y evaluar situaciones en tiempo real. Aeronaves como el TB2 han sido fundamentales en conflictos como el de Ucrania, proporcionando imágenes detalladas y apoyando la coordinación de ataques.

Aeronaves como Shahed-136 y los Switchblade 300 pueden llevar a cabo ataques precisos contra objetivos específicos. Estos vehículos aéreos kamikaze pueden autodestruirse al alcanzar sus blancos; resultan en una táctica efectiva para eliminar amenazas sin poner en riesgo a los soldados en tierra. También juegan un papel importante en la guerra electrónica, donde se emplean para interferir con las comunicaciones enemigas y neutralizar otros vehículos aéreos mediante *jamming* o incluso armas láser.

Capacidades de las aeronaves no tripuladas en Inteligencia Militar

1. Vigilancia y reconocimiento: los UAS equipados con cámaras de alta resolución, sensores infrarrojos y otros equipos de detección pueden monitorear áreas extensas y proporcionar imágenes en tiempo real. Esto es crucial para la vigilancia de fronteras, monitoreo de movimientos de tropas enemigas e identificación de objetivos de alto valor.
2. Recopilación de inteligencia de señales (SIGINT): los drones pueden interceptar comunicaciones y señales electrónicas, proporcionando datos críticos sobre las actividades y planes del enemigo.
3. Operaciones de ataque: algunos UAS están armados y pueden llevar a cabo ataques precisos contra objetivos específicos. Estos ataques pueden ser realizados con gran precisión, minimizando el daño colateral y reduciendo el riesgo para las tropas en tierra.
4. Apoyo a operaciones especiales: los UAS pueden proporcionar cobertura aérea y apoyo a las fuerzas especiales en misiones de alto riesgo, mejorando la seguridad y efectividad de estas operaciones.

Ventajas de los UAS en Inteligencia Militar

1. Reducción del riesgo humano: al utilizar drones, se minimiza la exposición de pilotos y soldados a situaciones peligrosas.
2. Persistencia: los UAS pueden permanecer en el aire durante largas horas, proporcionando vigilancia continua sin necesidad de relevo.

3. Costo-efectividad: operar drones es, generalmente, más económico que mantener y desplegar aeronaves tripuladas.
4. Flexibilidad operacional: los UAS pueden ser desplegados rápidamente y operar en una variedad de entornos y condiciones.

Desafíos y consideraciones

1. Vulnerabilidad a interferencias: los drones pueden ser susceptibles a interferencias electrónicas y hackeos, lo que podría comprometer la misión.
2. Problemas éticos y legales: el uso de drones en ataques militares plantea cuestiones éticas sobre la guerra a distancia y el riesgo de bajas civiles.
3. Dependencia tecnológica: la creciente dependencia de UAS podría dejar a las fuerzas militares vulnerables en caso de fallos tecnológicos o ciberataques.

Futuro de los UAS en Inteligencia Militar

El desarrollo continuo de la tecnología UAS promete expandir aún más sus capacidades. La integración de inteligencia artificial y aprendizaje automático permitirá a los drones realizar análisis más complejos y tomar decisiones autónomas en el campo de batalla. Además, se espera la implementación de enjambres de drones, donde múltiples UAS trabajen en conjunto de manera coordinada para misiones de vigilancia y ataque.

DESARROLLO

Al realizar la investigación, se pueden evidenciar diferentes puntos de vista sobre este tema: para unos es favorable, para otros no; sin embargo, esto demuestra que la tecnología, a medida que avanza, se convierte en un apoyo para el desarrollo de diversas operaciones militares:

El prototipo construido en esta investigación es una plataforma aérea no tripulada de tipo quadrotor en configuración equis (X); a partir de este concepto se describe su comportamiento para luego establecer sus parámetros y requerimientos de construcción, etapa necesaria para la selección óptima de sus componentes y dar como resultado la construcción del prototipo experimental de vuelo (Chacín, 2022).

Otro punto de vista a destacar es el de Caldevilla-Domínguez, quien menciona que:

(...) los drones van aumentando poco a poco su número de aplicaciones civiles. Amazon ya está repartiendo paquetería con ellos, lo que habla por sí mismo de la capacidad de carga de los equipos civiles. Estrictamente, con los medios técnicos descritos en este artículo y las posibilidades de análisis de imágenes presentadas, es posible avanzar en la constante carrera por conseguir más y mejores imágenes promocionales (Caldevilla-Domínguez, 2022).

DISCUSIÓN

Para el desarrollo de misiones operacionales y el cumplimiento de las tareas requeridas en la implementación de aeronaves no tripuladas, se debe tener en cuenta el tiempo de ejecución, puesto que estos análisis deben ser eficaces y eficientes, considerando además la autonomía con la que cuentan estas aeronaves. Es fundamental tener claridad sobre la misión y los parámetros que esta conlleva. Para ello, es importante la presentación del *briefing*, que realiza la tripulación de la aeronave, con el fin de que los comandantes y responsables de la misión conozcan cada uno de los aspectos a considerar y, de esta manera, apoyar el planeamiento de la operación.

La implementación de aeronaves no tripuladas en el ámbito de la inteligencia militar transforma significativamente la forma en que se desarrollan las operaciones. Si bien ofrece numerosas ventajas, como la reducción de riesgos y la capacidad de vigilancia prolongada, también presenta desafíos importantes que deben ser atendidos. La seguridad cibernética, los dilemas éticos y la dependencia tecnológica son aspectos críticos que requieren especial consideración. A medida que la tecnología avanza, los UAS continuarán siendo una herramienta esencial en el ámbito militar,

al ofrecer capacidades mejoradas y afrontar tanto oportunidades como retos en el futuro. El uso de aeronaves no tripuladas en la inteligencia militar es un tema de considerable importancia y debate.

CONCLUSIONES

Los vehículos aéreos no tripulados son de vital importancia para el ejercicio profesional del Ejército militar. En la actualidad, han demostrado que la tecnología es un apoyo para desarrollar las actividades en Inteligencia militar. Asimismo, se evidenció que los UAV han aportado un 100% en campos militares y civiles. También se evidencia optimización en los desplazamientos para lograr el objetivo señalado. Estos vehículos seguirán evolucionando e incorporando nuevas tecnologías con modelos de control y desplazamiento; por ello, es necesario dar un uso correcto a la tecnología. El uso de aeronaves no tripuladas en la inteligencia militar ofrece numerosas ventajas, las cuales han transformado significativamente las capacidades y tácticas militares. Entre ellas, permiten realizar misiones de reconocimiento y vigilancia sin poner en riesgo a los soldados, lo cual es especialmente útil en áreas peligrosas o de difícil acceso. Finalmente, estas herramientas permiten obtener información real, precisa y concisa para lograr el objetivo propuesto desde el inicio de la operación.

BIBLIOGRAFÍA

- Bejarano, O. L., y Alfonso Sandoval, J. D. (2021). Inteligencia, vigilancia y reconocimiento IR-FLIR en los vehículos aéreos no tripulados en la inteligencia militar. *Revista Científica Perspectivas en Inteligencia*, 13(22), 203–225. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9694197>
- Malaver, A., Nuñez, G., y Rosillón, K. E. (2022). Vehículo aéreo no tripulado de tipo quadrotor. *Télématique: Revista Electrónica de Estudios Telemáticos*, 21(1), 83–111. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8578125>
- Caldevilla-Domínguez, D., Blanco-Pérez, M., y Barrientos-Báez, A. (2022). Drones y comunicación: Hacia una metodología para un análisis visual aplicado. *Interciencia: Revista de Ciencia y Tecnología de América*, 47(5), 166–172. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8483299>
- Delgado, V. (2016). Historia de los drones. *El Drone*. <http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>

Departamento del Ejército. (2023). *Manual de técnicas del Ejército: Sistemas de aeronaves no tripuladas*. Ejército Nacional de Colombia. <https://www.ejercito.mil.co/manuales-de-tecnicas-del-ejercito-mte/>

EducaOpen. (s. f.). *Drones militares*. <https://www.educaopen.com/digital-lab/blog/actualidad-tecnologica/drones-militares>



DRONES^{2.0}

360° GRAND PRIX





PROPUESTAS DE CONTRAMEDIDAS PARA LOS SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS

*Subteniente Daniel Villa Rincón
Subteniente Andersson Delgado Marín
Capitán Rubén Darío Valbuena Zabala*

RESUMEN

En el conflicto armado colombiano, un enfoque integral de la mitigación de *unmanned aerial vehicles* o aeronaves no tripuladas (UAV) implica el desarrollo y el despliegue de tecnologías avanzadas de detección y contramedidas. Esto incluye el uso de sistemas de radar y cámaras ópticas con capacidades de inteligencia artificial (IA) para detectar las UAV empleadas por los grupos armados ilegales. Además, es preciso implantar sistemas de interferencia e interceptores para neutralizar eficazmente los drones no autorizados. A nivel legislativo, es necesario desarrollar normativas que limiten el uso de drones en zonas de conflicto y endurezcan las penas para quienes los utilicen con fines no autorizados. Asimismo, es pertinente la cooperación internacional para compartir información y tecnología, lo que fortalece las capacidades de defensa y seguridad frente a la amenaza de los drones en el conflicto armado colombiano. En conjunto, estas medidas pretenden proteger a la población civil y a las fuerzas de seguridad, lo que garantiza el cumplimiento de los derechos humanos y la integridad territorial.

Palabras clave: UAS, sistema, drones, medidas pasiva, medidas activa.



INTRODUCCIÓN

Este texto analiza el uso estratégico y táctico de las UAV en el contexto militar y cómo estas tecnologías han transformado las operaciones y las amenazas en el campo de batalla. De este modo, se establece un marco metodológico que combina manuales del Ejército Nacional de Colombia y del Ejército de los Estados Unidos, así como estudios académicos y tecnológicos, con el propósito de desarrollar contramedidas eficaces contra los UAV utilizados por grupos armados.

Las UAV son sistemas compuestos por la aeronave no tripulada, su carga útil, la estación de control en tierra y otros elementos esenciales para su operación. En este sentido, se clasifican de acuerdo con criterios como peso máximo al despegue, alcance de misión y altitud operativa, lo que guía su integración y uso en distintos niveles militares, desde tácticos hasta estratégicos.

Respecto a las UAV usadas en el conflicto armado actual, especialmente en Colombia, los grupos insurgentes utilizan drones comerciales equipados con explosivos. Esto impulsó el desarrollo de protocolos y tecnologías para contrarrestar estas amenazas emergentes, con sistemas de detección avanzados y contramedidas activas, como interferencias de señales y mecanismos de neutralización.

Además, se discute la integración de técnicas de camuflaje, ocultación y dispersión como medidas pasivas para optimizar la supervivencia y la efectividad operativa frente a los UAV enemigos. Estas estrategias no solo buscan evitar la detección y el ataque, sino también proteger activos críticos y conservar la ventaja táctica en entornos variados y desafiantes.

En síntesis, se presenta un análisis sobre cómo las UAV redefinen las dinámicas del conflicto armado moderno. Por ello, se requiere la adaptación y el desarrollo continuo de contramedidas para mantener la superioridad operativa y la seguridad del personal militar.

METODOLOGÍA

De conformidad con las características del caso presentado metodológicamente, se estableció el estado del arte e interrelaciones por medio de la consulta de los manuales del Ejército Nacional de Colombia y del Ejército de los



Figura 1. Componentes del sistema UAS: integración de hardware, software, arquitectura y doctrina en operaciones militares.

Nota. Elaboración propia.

Estados Unidos, así como de estudios académicos y tecnológicos. Con esta metodología se identificó cómo contrarrestar los atentados del enemigo con UAV, lo que sirvió para proponer y concluir una contramedida eficaz contra estas aeronaves.

Definición del sistema de las aeronaves no tripuladas

Las UAV se definen como el sistema cuyos componentes incluyen la aeronave no tripulada, la red de apoyo y todo el equipo y personal pertinentes para su control (Ejército Nacional de Colombia, s. f.). Los términos asociados con sistemas de aeronaves que operan sin piloto a bordo son los siguientes: UAV, aeronave remotamente tripulada (ART), vehículo aéreo no tripulado (VANT) y el término coloquial *dron*, utilizado para referirse a estos equipos de manera informal. En la actualidad, se adoptó el término UAV para estas aeronaves y la subcategoría de sistemas de aeronaves controladas remotamente (Organización de Aviación Civil Internacional [OACI], 2011).

Las UAV implican un conjunto de factores que permiten el funcionamiento, la integración y la compatibilidad de los sistemas; entre ellos, el factor humano, la tecnología, la operatividad y el equipo de apoyo y sostenimiento. Así, las UAV del Ejército Nacional de Colombia son cruciales en el ámbito operativo para mejorar la comprensión del entorno mediante diversas técnicas. Su integración se alinea con las competencias distintivas de la institución, como maniobras de armas combinadas, seguridad en áreas extensas y operaciones especiales. Estas capacidades no solo refuerzan las acciones tácticas, sino que también fortalecen las decisiones estratégicas, lo que posiciona al Ejército Nacional para liderar, efectivamente, en el campo de batalla (Ejército Nacional de Colombia, s. f.).

Los drones comerciales equipados con explosivos representan una táctica frecuente entre los grupos armados en el país, especialmente en el suroccidente. Durante la reciente ofensiva de las Fuerzas Militares contra el Estado Mayor

Central (EMC) en el Cañón del Micay, se registraron dos intentos de ataques con drones que fueron frustrados por las fuerzas de seguridad. En el Cauca, las principales amenazas son los artefactos explosivos improvisados; sin embargo, dentro de las Fuerzas Militares existe una clara conciencia de que el uso de drones transforma el futuro del conflicto armado, lo que motivó el desarrollo de protocolos y la adquisición de tecnología para contrarrestar esta táctica bélica que ha cambiado el panorama global.

Clasificación de los sistemas de aeronaves no tripuladas

El Ejército Nacional sigue la clasificación de UAV definida por la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) y por las normativas internas, la cual se fundamenta en características como el peso máximo al despegue (*maximum takeoff weight* [MTOW]), la altitud operacional y el alcance de misión de los drones. Esta categorización se determina principalmente por su peso, en relación con las condiciones operativas de altitud establecidas para cada tipo de aeronave no tripulada.

En tal marco, dentro de la Clase I se encuentran las UAV empleadas en el escalón táctico pelotón, compañía y batallón; estas se subdividen en tres categorías según su capacidad de MTOW, altitud de operación y radio de misión. Para esta clase no aplican los acuerdos de estandarización (*Standardization Agreement* [STANAG]) establecidos por la OTAN. Esta clasificación se emplea para delimitar capacidades operativas en escenarios de corto alcance.

- **Categoría micro:** dentro de la Clase I, en la categoría micro, se encuentran sistemas de lanzamiento manual cuyo alcance no supera los 5 km y que operan a altitudes de hasta 200 pies. Su empleo se orienta principalmente a misiones cortas de reconocimiento cercano.

CLASE (MTOW)	CATEGORÍA	ESCALÓN DE EMPLEO	ALTITUD DE OPERACIÓN (AGL)	RADIO DE MISIÓN
CLASE I ≤ 150 KG	MICRO (IA) < 2 KG	TÁCTICO (SECCIÓN)	HASTA 200 PIES	5 KM (LOS)
	MINI (IB) 2-20 KG	TÁCTICO (COMPAÑÍA)	HASTA 1.200 PIES	25 KM (LOS)
	LIGEROS (IC) > 20 KG	TÁCTICO (BATALLÓN)	HASTA 1.500 PIES	50 KM (LOS)
CLASE II ≤ 600 KG	TÁCTICO	TÁCTICO (BRIGADA)	HASTA 10.000 PIES	200 KM (LOS)
CLASE III > 600 KG	MALE (MEDIUM ALTITUDE DE LONG ENDURANCE)	OPERACIONAL	HASTA 45.000 PIES	SIN LÍMITE (BLOS)
	HALE (HIGH ALTITUDE LONG ENDURANCE)	ESTRATÉGICO	HASTA 65.000 PIES	SIN LÍMITE (BLOS)
	COMBATE	ESTRATÉGICO	HASTA 65.000 PIES	SIN LÍMITE (BLOS)

Tabla 1. Clasificación de sistemas aéreos no tripulados (UAS) según peso máximo al despegue, categoría, escalón de empleo, altitud de operación y radio de misión (OTAN).

Nota. Tomado de Joint Capability Group on Unmanned Aircraft Systems (JCGUAS), UAV Classification Guide (NATO Naval Armaments Group [NNAG], 2011).

- **Categoría mini:** son los sistemas cuya aeronave tiene un peso máximo al despegue de 15 kg, un rango de misión de 25 km y una altitud de operación de hasta 1 200 pies. Estos sistemas son utilizados para misiones tácticas que requieren mayor alcance que la categoría micro.
- **Categoría ligeros:** son los sistemas cuya aeronave tiene un peso máximo al despegue entre 15 y 150 kg, un rango de misión superior a 50 km y no mayor de 100 km, con altitudes máximas de vuelo de hasta 15 000 pies. El lanzamiento se realiza por catapulta o pista, y su recuperación puede ejecutarse mediante red, gancho o en pista, dependiendo del modelo y las condiciones de la misión.

Asimismo, en la Clase II se encuentran las UAS utilizadas en el escalón brigada; estas son de categoría táctica, con capacidad de peso máximo al despegue entre 150 kg y 600 kg, rango de misión de hasta 200 km y altitud operacional de hasta 10 000 pies. Al ejecutar misiones con este tipo de aeronaves, es necesario tener en cuenta los *Standardization Agreement* (STANAG) de la OTAN y la normatividad interna.

En la Clase III, las UAS son empleadas en los escalones operacional y estratégico, y están enmarcadas en las categorías de media altitud, alta altitud y combate. Estas aeronaves cuentan con un peso máximo al despegue superior a 600 kg, altitud de operación de hasta 65 000 pies y su radioenlace no depende de la línea de vista. El comandante y su Estado Mayor consideran su empleo para alcanzar objetivos militares de repercusión estratégica, considerados blancos de alta retribución. En este contexto, pueden operar en espacios hostiles, negados y políticamente sensibles, lo que requiere una tripulación especializada, con competencias distintivas, conciencia situacional y capacidad para gestionar factores de riesgo.

Las unidades siempre deben asumir que el enemigo puede estar utilizando un UAV para observarlas y atacarlas con artefactos explosivos. Los sensores modernos —radares robustos de largo y corto alcance, dispositivos ópticos y sistemas de alerta audible— enfrentan desafíos para detectar UAV de Clase I, II y III a distancias suficientes. Por ello, los UAV amenazantes pueden pasar desapercibidos mientras operan a distancia, lo que limita la capacidad de detección y reduce las ventanas de reacción.

Sin embargo, los UAV amenazantes presentan limitaciones. Las condiciones climáticas adversas pueden generar fallas en sus sensores e incluso impedir el vuelo debido a vientos fuertes. Algunos UAV comerciales emiten datos electrónicos que, si se recopilan, pueden revelar la ubicación del operador. Asimismo, la niebla intensa o la nubosidad degradan su capacidad para recopilar inteligencia.

Los sistemas UAV son una herramienta crucial en las operaciones del Ejército Nacional de Colombia, pues fortalecen sus capacidades tácticas y estratégicas. Estos sistemas —que incluyen la aeronave, las estaciones de control en tierra y las cargas útiles especializadas— permiten mejorar la comprensión del entorno operativo y dan una respuesta rápida ante amenazas emergentes, como el uso de drones con fines hostiles.

Por lo tanto, la integración de UAV en las operaciones militares refuerza las capacidades defensivas frente a artefactos explosivos improvisados y otros ataques, y posiciona al Ejército Nacional como líder en la aplicación de tecnología avanzada en el campo de batalla. A medida que evoluciona la guerra moderna, la adaptación continua y el desarrollo de protocolos para contrarrestar estas amenazas son imperativos para mantener la superioridad operativa y garantizar la seguridad del personal militar.

Componentes de los sistemas de aeronaves no tripuladas

Los sistemas de UAV están compuestos por la aeronave no tripulada (UA), la carga útil (cámara o sensor), el componente humano, el elemento de control en tierra, los sistemas de comunicaciones y elementos de soporte. Asimismo, cuentan con los medios de lanzamiento y recuperación, los dispositivos de visualización y otros componentes de apoyo logístico para realizar su operación.

- **UAV:** pueden ser de ala fija o multirrotor, así como vehículos más ligeros que el aire, capaces de volar sin una tripulación a bordo. La UA incluye la aeronave y el equipo integrado (propulsión, aviónica, combustible, navegación y sistemas de comunicación a bordo).
- **Cargas útiles:** son equipos transportados a bordo de la UA para cumplir una misión concreta; incluyen un sensor, una red de comunicaciones y, en algunos casos, armas (letales o no letales). Pueden estar

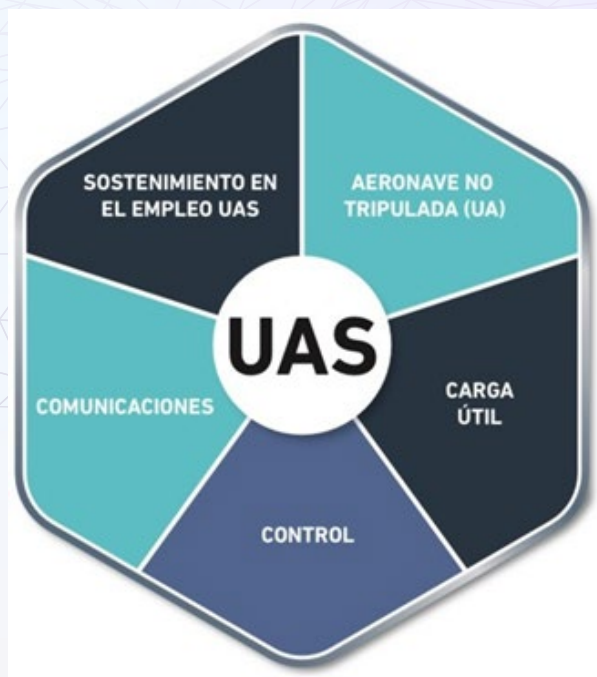


Figura 2. Componentes principales de un sistema aéreo no tripulado (UAS).

Nota. Elaboración propia.

instaladas de forma interna o externa al fuselaje de la aeronave.

- **Sensor:** es un elemento que ejecuta funciones programadas para obtener datos de diversas magnitudes y transmitirlos.
 - **Componente humano:** es clave para el empleo y la operación de los sistemas de UAV, por ello es el eje principal del sistema en general. Cabe resaltar que existen distintos sistemas configurados por el ser humano para interactuar con ciertos grados de autonomía.
 - **Estación de control en tierra:** es un componente tecnológico compuesto por *software* y *hardware*, cuyo propósito es conducir aspectos de la UA, entre ellos los parámetros de vuelo, el control de la carga útil, las comunicaciones, el planeamiento y la ejecución de la misión, así como la recepción y transmisión de información. Estas estaciones pueden ser fijas o móviles y se implementan en plataformas móviles, aeronaves tripuladas, bases fijas o patrullas móviles, entre otros.
- **Sistema de comunicación:** es el conjunto de elementos que permite el intercambio de datos e información entre los diferentes componentes de las UAV. La comunicación entre la estación de control en tierra y la aeronave requiere un sistema que garantice el enlace, la cobertura, la proyección, la recepción y la transmisión de información durante las misiones.

- Dispositivos visuales: permiten la recepción de productos originados por los UAV en diferentes formatos (gráficos, audiovisuales, sonoros, entre otros), con la finalidad de difundir datos, información e inteligencia recolectada por las cargas útiles de la aeronave no tripulada.

Contramedidas de sistema de aeronaves no tripuladas

Los sistemas antidrones son un conjunto de equipos y *software* que permite bloquear o eliminar del espacio aéreo un dron no autorizado, lo cual permite tener zonas más seguras y libres de amenazas, como la contrainteligencia, el envío de paquetes no autorizados —como drogas o armas—, así como ataques a través de drones artillados o autodestructores (APD Profesionales de Drones, s. f., párr. 2).

Es necesario discutir la importancia de la supervivencia frente a amenazas de UAV en operaciones militares. En este sentido, la supervivencia se define como la capacidad de una fuerza militar para resistir acciones hostiles y condiciones adversas sin perder la habilidad de cumplir su misión; esto implica ser difícil de detectar, resistir los efectos enemigos y mantener la conciencia situacional. Los líderes evalúan la supervivencia considerando factores como la protección blindada, la movilidad, la habilidad táctica y la capacidad de evitar la previsibilidad. La detección temprana de UAV no identificadas indica posibles amenazas inminentes, lo que demanda que las unidades adopten medidas defensivas rápidas y efectivas.

Estas medidas incluyen técnicas de seguridad para evitar la detección y capacidades activas para detectar, identificar y neutralizar UAV mediante acciones letales y no letales. La respuesta rápida y la adecuada comunicación de las amenazas son primordiales para mitigar el riesgo de ataques enemigos a través de UAV y asegurar la efectividad de las operaciones militares.

Por su parte, las medidas pasivas mejoran la capacidad de supervivencia al disminuir la probabilidad de detección y ataque a activos amigos, además de mitigar los efectos potenciales de un ataque aéreo. Las medidas de defensa aérea pasiva son la primera línea de defensa contra las amenazas aéreas y pueden aplicarse a todas las operaciones antiaéreas. Todas las unidades emplean medidas de defensa pasiva para protegerse de la detección, la observación y el ataque; estas medidas incluyen camuflaje y ocultación, engaño y dispersión.

Cuanto más se parezca un objetivo a su entorno, más complejo será para las UAV enemigas distinguir entre ambos. Por ello, adherirse a este principio fundamental de camuflaje y ocultación requiere conciencia del entorno, habilidades correctas para ejecutarlo y la capacidad de identificar sensores electromagnéticos de amenaza.

En este marco, el camuflaje y la ocultación en operaciones militares para evitar la detección por parte del enemigo implican múltiples espectros electromagnéticos. Las fuerzas militares pueden alterar el entorno físico o utilizar técnicas de camuflaje para confundir y engañar al enemigo, lo que dificulta la adquisición de objetivos mediante sensores que operan desde el espectro visual hasta el infrarrojo y ultravioleta.

La elección de contramedidas específicas depende del tipo de sensor enemigo anticipado. Por ejemplo, para sensores visuales se emplean uniformes y patrones de camuflaje estándar, mientras que para sensores de infrarrojo cercano se utilizan oscurecedores y disciplina en el uso de luz. Además, en entornos cubiertos de nieve se hace uso de patrones de pintura invernal y sistemas de camuflaje ligero para contrarrestar sensores ultravioletas.

En correspondencia con lo anterior, la planificación y la ejecución efectiva del camuflaje y ocultamiento son clave para la supervivencia y la efectividad operativa en distintas condiciones y escenarios tácticos. Se requiere de la constante evaluación de la amenaza y la adaptación de las técnicas de camuflaje para mantener la ventaja táctica y minimizar el riesgo de detección por parte del enemigo.

Excepto por unos pocos tipos selectos, los señuelos preconstruidos no están totalmente disponibles; de esta forma, una unidad típica del Ejército puede construir señuelos efectivos y realistas para replicar equipos y características importantes mediante una planificación imaginativa. El uso estratégico de señuelos despliega una táctica para distraer al enemigo y proteger activos vitales en el campo de batalla.

Estos dispositivos, diseñados para imitar objetivos reales en apariencia y firma electromagnética, cumplen funciones tácticas relevantes, puesto que dirigen la atención enemiga hacia objetivos de menor valor, lo que induce al enemigo a gastar municiones y revelar su posición durante el proceso. La eficacia de los señuelos radica en su capacidad para engañar al enemigo sobre la fuerza, disposición e intenciones de las fuerzas amigas, al con-

fundirlo para que malgaste recursos en objetivos que no representan una amenaza real. Además, los señuelos aumentan la capacidad de supervivencia del personal y de los equipos clave al desviar el fuego enemigo lejos de los activos críticos.

La colocación estratégica y la fidelidad del señuelo son aspectos centrales para su éxito operativo. Deben situarse lo suficientemente cerca del objetivo real para ser creíbles, pero alejados para evitar daños colaterales. La fidelidad hace referencia a la similitud del señuelo con el objetivo real en términos de forma y características electromagnéticas, lo que garantiza que sea reconocible por el enemigo de la misma manera que el objetivo genuino, aunque idealmente un poco más llamativo para atraer la atención del adversario. En síntesis, los señuelos son una herramienta fundamental en la estrategia militar moderna para confundir y debilitar al enemigo, mientras se protegen recursos valiosos y se minimizan riesgos para las fuerzas amigas en el campo de batalla.

Por otro lado, la dispersión estratégica de tropas, material, instalaciones y actividades se utiliza para reducir la vulnerabilidad mediante el esparcimiento de recursos y personal. Este enfoque pretende incrementar la supervivencia al dificultar la localización y el ataque efectivo del enemigo. La decisión de dispersión se equilibra con la capacidad de comando y control, así como con el apoyo mutuo entre unidades. En estos casos, el terreno influye en cuánto puede dispersarse una unidad: son más dispersas en terrenos abiertos para mitigar amenazas aéreas y menos en áreas con cobertura natural, lo que brinda protección adicional contra ataques. Tanto las fuerzas estacionarias como las que están en movimiento utilizan estrategias de dispersión y las combinan con camuflaje, ocultamiento y fortificación para fortalecer su resistencia. Durante el movimiento y las paradas, se conservan los niveles de dispersión adecuados, aprovechando el terreno para ocultarse y protegerse.

- **Medidas activas:** existen métodos para contrarrestar drones, como tecnologías de mitigación que pueden repelerlos o interceptarlos; por ejemplo, las señales de interferencia afectan su funcionamiento. También se emplean contramedidas activas, como dispositivos de interferencia para bloquear las comunicaciones de los drones, sistemas de interceptación de misiles diseñados para derribar UAV y láseres de alta potencia que pueden deslumbrar o inutilizar temporalmente a los operadores.



Figura 3. Dispositivo portátil antidrones DedroneDefender para neutralización de UAV mediante interferencia de radiofrecuencia.

Nota. Tomado de Dedrone (2024), DedroneDefender Data Sheet. https://sandstormdefence.com/wp-content/uploads/2024/03/Dedrone-DedroneDefender-data-sheet_letter_en.pdf

Existen varios tipos de tecnologías activas contra UAV; algunas se basan en un solo tipo de sensor, como RF, radar o acústica, mientras que otras combinan varios sensores. Estas tecnologías pueden o no incluir métodos de mitigación, como interferencia, toma de control o mitigación cinética. En el ámbito militar, la mayoría de las soluciones para contrarrestar UAV ofrecen una secuencia completa que abarca la detección, el seguimiento y la identificación (DTI), hasta la aplicación de medidas de mitigación. Las plataformas más avanzadas operan como sistemas de mando y control (C-UAS C2), con múltiples entradas de sensores que brindan una representación unificada del espacio aéreo y permiten seleccionar la mejor respuesta de mitigación según la situación. A continuación, se presentan varios tipos de tecnologías utilizadas contra las UAV.

- **Inhibidores de drones:** son herramientas efectivas para interferir en las comunicaciones entre los drones y sus estaciones de control. Al interrumpir estos enlaces, los inhibidores inducen a los drones a activar protocolos de seguridad que provocan aterrizajes controlados o el retorno al punto de lanzamiento. Estos dispositivos pueden emplearse de forma fija o móvil y dirigir interferencias de manera cónica u omnidireccional.

Un ejemplo destacado es el DedroneDefender; este equipo es ligero y compacto, y cumple con estándares militares rigurosos como el MIL-STD-810H. Emplea tecnología de interferencia de banda estrecha para

reducir la afectación a otros dispositivos en la zona, como Wi-Fi, y está diseñado para protocolos de drones identificados como amenazas por DedroneTracker.AI. Esta solución disminuye el riesgo de interferencia con otros sistemas y asegura que los drones afectados respondan de manera controlada, lo que mitiga posibles daños colaterales y optimiza la seguridad del entorno.

Medidas pasivas vs. Medidas activas para contrarrestar aeronaves no tripuladas

Las medidas pasivas y activas tienen como objetivo proteger el espacio aéreo y las instalaciones sensibles de posibles amenazas representadas por drones no autorizados; estas medidas pueden complementarse para brindar una defensa más robusta. Por ejemplo, es posible utilizar medidas pasivas, como cercas electrónicas, junto con medidas activas, como sistemas de interferencia de señales. En cuanto a la escalabilidad, ambas pueden ajustarse según la naturaleza y gravedad de la amenaza percibida. Desde medidas pasivas simples hasta soluciones activas más sofisticadas, la adaptabilidad es necesaria para responder a distintos niveles de amenaza.

En lo relativo al tipo de intervención, las medidas pasivas son, en general, preventivas y defensivas para disuadir o detectar drones antes de que representen una amenaza real. En contraste, las medidas activas implican una intervención directa y disruptiva, como el derribo físico o la neutralización electrónica de drones intrusos. En cuanto a la legalidad y seguridad, las medidas activas —como las contramedidas electrónicas o el uso de armas— pueden generar implicaciones legales y de seguridad más complejas que las medidas pasivas. Por ejemplo, los sistemas que interfieren señales de comunicación podrían afectar otros dispositivos cercanos y sus operaciones legítimas. Respecto al costo y mantenimiento, las medidas activas suelen ser más costosas de implementar y sostener, debido a la necesidad de tecnología especializada y personal capacitado.

Por otro lado, las medidas pasivas, como las barreras físicas o los sistemas electrónicos de delimitación, exigen menor inversión inicial y suelen ser más sencillas de mantener. Aunque ambas comparten el objetivo de proteger contra drones no autorizados, difieren en su enfoque y aplicación. La elección entre unas y otras dependerá de factores como el entorno operativo, el marco legal, el presupuesto disponible y la evaluación de riesgos asociados a las amenazas de las UAV.

CONCLUSIONES

El uso de drones en aplicaciones militares y comerciales evolucionó en términos de tecnología y tácticas operativas. Estas aeronaves tienen capacidades para mejorar la inteligencia y las operaciones estratégicas, como se evidencia en su empleo por el Ejército Nacional de Colombia para operaciones tácticas y estratégicas clave.

Sin embargo, existen nuevos desafíos, especialmente en términos de seguridad. La amenaza de drones equipados con explosivos utilizados por grupos armados en el país denota cómo esta tecnología puede ser utilizada de manera peligrosa y disruptiva. En respuesta, las fuerzas militares y de seguridad han desarrollado protocolos avanzados y tecnologías para contrarrestar estas amenazas emergentes.

Así, se identificaron las medidas pasivas y activas para la mitigación de drones. Las medidas pasivas, como las barreras físicas y electrónicas, se centran en la prevención y detección temprana de drones no autorizados. Por otro lado, las medidas activas, como la interferencia de señales y la neutralización física, se enfocan en una respuesta más directa, costosa y compleja.

La elección entre medidas pasivas y activas depende de varios factores, como el entorno operativo específico, las regulaciones legales aplicables y la evaluación del riesgo relacionado con las amenazas de drones. Mientras que las medidas pasivas pueden ser más accesibles y menos intrusivas legalmente, las medidas activas tienen una capacidad de respuesta inmediata, pero plantean desafíos adicionales en términos de costo y seguridad legal.

En suma, la integración y gestión de drones no tripulados es un área crítica y en evolución en la seguridad nacional e internacional. Por lo tanto, se requiere un enfoque equilibrado y adaptativo para mitigar las amenazas vinculadas con estas tecnologías emergentes, lo que garantice el cumplimiento de normativas legales y la protección efectiva de infraestructuras y personal clave.

BIBLIOGRAFÍA

APD Profesionales de Drones. (s. f.). *Sistemas antidrones: todo lo que debes saber*. IDC APD Drones. <https://idc.apd-drones.com/seguridad/sistemas-antidrones-todo-lo-que-debes-saber/>

Avendaño, P. (2024, junio 19). Estos son y así funcionan los aparatos que sirven para derribar o desactivar ataques con drones. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/estos-son-y-asi-funcionan-son-los-aparatos-que-sirven-para-derribar-o-desactivar-ataques-con-drones-3354105>

Da Jiang Innovations. (2020). *Matrice 300 RTK: Manual de usuario* (v1.0). DJI. https://dl.djicdn.com/downloads/matrice-300/20200717/M300_RTK_User_Manual_ES_0721.pdf

Dedrone. (s. f.). *Counter-Drone: La guía completa de contra-UAS/C-UAS/CUAS*. Dedrone. <https://es.dedrone.com/white-papers/counter-uas>

Department of the Army. (2023). *ATP 3-01.81 Counter-Unmanned Aircraft System (C-UAS)*. U.S. Army. <https://irp.fas.org/doddir/army/atp3-01-81.pdf>

Ejército Nacional de Colombia. (s. f.-a). *MCE 3-16: El Ejército en operaciones multinacionales* [Manual de Campaña]. Centro de Doctrina del Ejército (CEDOE). (Documento restringido, sin URL pública).

Ejército Nacional de Colombia. (s. f.-b). *MTE 3-04.64: Sistema de aeronaves no tripuladas* [Manual de Técnicas]. Centro de Doctrina del Ejército (CEDOE). (Documento secreto, sin URL pública).

Joint Capability Group on Unmanned Aircraft Systems [JCGUAS]. (2011). *UAV Classification Guide*. NATO Naval Armaments Group (NNAG). (Documento técnico interno, sin URL pública).



DRONES^{2.0} 360° GRAND PRIX





UTILIDAD DE LAS AERONAVES NO TRIPULADAS EN DESASTRES NATURALES

*Subteniente Laura Gineth Canelo Gallo
Subteniente Diana Suarez Rodríguez
Soldado profesional Óscar Ramiro Pai García*

RESUMEN

El propósito de este texto es analizar el apoyo que ofrece la tecnología, específicamente las aeronaves no tripuladas, en el ámbito militar, considerando que los ejércitos del mundo han incorporado su uso en distintas áreas como el reconocimiento de zonas, la seguridad y la logística. En el caso del Ejército Nacional de Colombia, se tomará como referencia el trabajo desarrollado por los ingenieros militares, quienes cuentan con la formación, especialidad y certificación para actuar en escenarios como los desastres naturales. Debido a su maniobrabilidad y rapidez de respuesta, las aeronaves no tripuladas resultan herramientas idóneas para apoyar la atención de emergencias y la preservación de vidas, especialmente cuando son operadas por personal capacitado, lo que permite obtener resultados efectivos en menor tiempo.

Palabras clave: aeronaves no tripuladas, experimentar, maniobrabilidad, desastres naturales, resultados.



INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el avance tecnológico ha revolucionado la forma en que se enfrentan los desafíos globales, particularmente en el ámbito de la gestión de desastres naturales (Erdelj et al., 2017). Entre estas innovaciones, las aeronaves no tripuladas o drones han emergido como herramientas cruciales, al ofrecer nuevas perspectivas y capacidades en situaciones de crisis (Restas, 2015). El Ejército Nacional, al reconocer el potencial de esta tecnología, ha comenzado a integrar estos dispositivos en sus operaciones de respuesta a emergencias, lo que marca un hito en la evolución de las estrategias para el manejo de desastres.

Los desastres naturales, como incendios forestales, inundaciones y terremotos, representan una amenaza constante para la vida humana, la infraestructura y los ecosistemas (Coppola, 2015). La rapidez y la eficacia en la respuesta a estas catástrofes son fundamentales para minimizar sus impactos. Sin embargo, las limitaciones geográficas, los riesgos para el personal de rescate y la dificultad para obtener información precisa en tiempo real han sido obstáculos recurrentes en la gestión de estas crisis (Sánchez et al., 2016).

En este contexto, la implementación de aeronaves no tripuladas por parte del Ejército Nacional surge como una solución innovadora con alto potencial. Estos equipos, dotados de tecnología avanzada, permiten sobrevolar áreas extensas a diferentes altitudes y proporcionar imágenes y datos en tiempo real sin poner en riesgo vidas humanas (Greenwood et al., 2020). Esta capacidad facilita la evaluación rápida y precisa de la situación, lo que favorece la toma de decisiones informadas y la asignación eficiente de recursos (Fragkiadaki et al., 2016).

El objetivo principal de esta investigación es analizar la utilidad y el impacto de las aeronaves no tripuladas operadas por el Ejército Nacional en la gestión de desastres naturales. Se busca examinar cómo esta tecnología mejora la capacidad de respuesta, la prevención y la mitigación de daños en situaciones de emergencia (Drones: New Tool for Disaster Response, 2015). Además, se pretende explorar las implicaciones de su uso en términos de eficiencia operativa, seguridad del personal y conservación de los recursos naturales.

La justificación de este estudio radica en la necesidad de comprender el uso de tecnologías emergentes en la protección civil y la seguridad nacional (Peary et al., 2021). Al analizar la aplicación de aeronaves no tripuladas en esce-

narios de desastres naturales, se contribuirá al desarrollo de protocolos más efectivos y a la coordinación entre el personal que interviene en una misma misión, para, en última instancia, salvaguardar vidas y recursos de manera más eficaz. Esta investigación no solo es relevante para el ámbito militar, sino que también tiene implicaciones significativas para la política pública, la gestión de emergencias y el desarrollo tecnológico en el contexto de la seguridad nacional y la respuesta humanitaria (Salvo et al., 2014).

METODOLOGÍA

Esta investigación se fundamenta en un enfoque cualitativo, en el que se busca comprender la complejidad y las experiencias asociadas al tema de investigación, empleando exclusivamente la consulta bibliográfica como instrumento principal para la recolección y el análisis de los datos. El proceso metodológico se ha estructurado en varias fases interconectadas, diseñadas para garantizar una revisión íntegra y rigurosa de la literatura existente sobre la utilidad de las aeronaves no tripuladas en desastres naturales, con énfasis en su operación por parte del Ejército Nacional.

Durante la primera etapa, se llevó a cabo una búsqueda detallada de literatura en bases de datos académicas reconocidas, como Scopus, SciELO y Google Scholar. Se emplearon palabras clave como *drones*, *unmanned aerial vehicles*, *disaster management*, *natural disasters* y *military applications of UAVs* (Galván-Ruiz et al., 2021). Con el fin de asegurar la actualidad de la información, la búsqueda se limitó a artículos publicados en los últimos diez años.

Los criterios de selección para la inclusión de artículos fueron rigurosos, priorizando publicaciones en revistas indexadas revisadas por pares, estudios que abordan directamente el uso de aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres naturales, investigaciones que incluyen aplicaciones militares de UAV en contextos de emergencia y artículos en inglés o español. La recuperación y organización de la información se realizó mediante el software de gestión bibliográfica Mendeley, lo cual facilitó la clasificación y el acceso a los datos recolectados (Zaugg et al., 2011).

En cuanto a las fuentes utilizadas, se dio preferencia a fuentes primarias, como artículos de investigación originales y revisiones sistemáticas. Además, se incluyeron informes técnicos de organizaciones reconocidas en los campos de la gestión de desastres y la tecnología militar, lo que ofrece una visión amplia y práctica del tema (Floreano y Wood, 2015).

Para evaluar la calidad de los estudios seleccionados, se aplicó la herramienta CASP (*Critical Appraisal Skills Programme*), lo que permitió identificar y priorizar los estudios más rigurosos y pertinentes para la investigación (Singh, 2013). Este proceso crítico fue esencial para garantizar la solidez de las conclusiones derivadas de la revisión.

El análisis de la variabilidad, fiabilidad y validez de los estudios seleccionados se realizó mediante un enfoque de triangulación de datos, evaluando la consistencia de la información entre diferentes fuentes (Carter et al., 2014). La fiabilidad se evaluó considerando la reputación de las revistas y de los autores, mientras que la validez se examinó mediante una revisión detallada de las metodologías empleadas en cada estudio.

Para la síntesis de la información, se adoptó un enfoque de síntesis narrativa, integrando los hallazgos de los diferentes estudios e identificando temas recurrentes, así como áreas de consenso o discrepancia en la literatura (Popay et al., 2006). Este método permitió una comprensión profunda y matizada del tema de estudio, lo que facilitó la claridad frente a las tendencias en el uso de aeronaves no tripuladas para la gestión de desastres naturales en contextos militares.

Esta metodología cualitativa, basada en una revisión sistemática de la literatura, proporciona una base sólida de conocimientos sobre el tema. La decisión de centrarse exclusivamente en la consulta bibliográfica se justifica por la naturaleza del objeto de estudio y la amplitud de la literatura disponible. Este enfoque permite una visión global y actualizada del estado del arte en el campo, lo que aporta una base robusta para el análisis y las conclusiones sobre la utilidad de las aeronaves no tripuladas en desastres naturales, especialmente en el contexto de las operaciones militares.

DESARROLLO

La gestión de desastres naturales representa uno de los desafíos más complejos y urgentes que enfrentan las sociedades modernas. En este contexto, la integración de tecnologías avanzadas, particularmente las aeronaves no tripuladas o drones, ha emergido como una herramienta revolucionaria en manos de las fuerzas militares y las organizaciones de ayuda humanitaria. Como señalan Erdelj et al. (2017), “la capacidad de las aeronaves no tripuladas para proporcionar información crítica en tiempo real ha transformado fundamentalmente la forma en que se responde a las catástrofes

naturales” (p. 24). Esta evolución tecnológica no solo ha mejorado la eficiencia de las operaciones de rescate y ayuda, sino que también ha abierto nuevas posibilidades para la prevención y mitigación de los impactos de los desastres.

En el presente desarrollo se explora la utilización de aeronaves no tripuladas en el contexto de desastres naturales, con un enfoque particular en su operación por parte del Ejército Nacional. A través de siete temas interconectados, se examinan la evolución histórica de esta tecnología, sus características técnicas, sus aplicaciones específicas en diversos tipos de desastres, su integración en los protocolos militares, los desafíos y limitaciones actuales, su impacto en la eficiencia de las operaciones humanitarias y las perspectivas futuras del campo.

Como destaca Restas (2015), “la adopción de aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres representa un cambio de paradigma en nuestra capacidad para responder rápida y eficazmente a las crisis humanitarias” (p. 316). Este análisis comprehensivo busca proporcionar una visión holística de cómo las aeronaves no tripuladas están redefiniendo la respuesta a los desastres naturales y ofrece *insights* valiosos para investigadores, profesionales en gestión de emergencias y formuladores de políticas.

Evolución de las aeronaves no tripuladas en el ámbito militar

Las aeronaves no tripuladas, comúnmente conocidas como drones, han experimentado una notable evolución en el ámbito militar desde sus primeras aplicaciones. Según Newcome (2004), desde sus primeras implementaciones a principios del siglo XX, las aeronaves no tripuladas militares iniciaron con experimentos de vuelos controlados a distancia. Durante la Primera Guerra Mundial, se desarrollaron los primeros prototipos de aeronaves no tripuladas militares, aunque su uso efectivo no se materializó sino hasta décadas más tarde (p. 47). Esta exploración inicial sentó las bases para el posterior desarrollo de tecnologías más avanzadas.

La Segunda Guerra Mundial marcó un punto crucial en la evolución de las aeronaves no tripuladas militares. De acuerdo con Keane y Carr (2013), “durante este período se produjeron avances significativos en el control remoto y la navegación autónoma, lo que permitió emplear las aeronaves no tripuladas en misiones de reconocimiento y como blancos para entrenamiento” (p. 112). Estos avances tecnológicos allanaron el camino para aplicaciones más sofisticadas en conflictos posteriores.

El uso de aeronaves no tripuladas en operaciones militares se intensificó durante la Guerra de Vietnam y la Guerra Fría. Blom (2010) destaca que “en la década de 1960, los Estados Unidos desplegaron aeronaves no tripuladas de reconocimiento como el Ryan Firebee para misiones de inteligencia sobre territorio enemigo” (p. 78). Estas operaciones demostraron el potencial de las aeronaves no tripuladas para realizar misiones de alto riesgo sin poner en peligro vidas humanas, un concepto que seguiría evolucionando en las décadas siguientes.

En las últimas décadas, las aeronaves no tripuladas militares han experimentado un desarrollo exponencial en términos de capacidades y aplicaciones. Según Kreps (2016), “el uso de drones armados en operaciones de combate, iniciado a principios del siglo XXI, ha transformado fundamentalmente la conducción de la guerra moderna” (p. 15). Esta evolución no solo ha afectado las tácticas militares, sino que también ha planteado nuevos desafíos éticos y legales en el contexto de los conflictos armados.

Características técnicas de las aeronaves no tripuladas utilizadas en la gestión de desastres

Las aeronaves no tripuladas empleadas en la gestión de desastres se distinguen por una serie de características técnicas que las hacen especialmente adecuadas para estas operaciones críticas. Según Erdel et al. (2017), “los drones modernos utilizados en situaciones de desastre están equipados con cámaras de alta resolución, sensores térmicos y sistemas de posicionamiento global (GPS) de alta precisión” (p. 26). Estas capacidades permiten la recolección de datos cruciales en tiempo real, facilitando una respuesta rápida y efectiva.

La autonomía de vuelo representa una característica fundamental en las aeronaves no tripuladas utilizados en la gestión de desastres. Según Haidari et al. (2020), “los modelos más avanzados pueden mantenerse en el aire durante varias horas, cubriendo áreas extensas y proporcionando una vigilancia continua de las zonas afectadas” (p. 3). Esta capacidad de vuelo prolongado es crucial para operaciones de búsqueda y rescate, así como para la evaluación de daños en áreas de difícil acceso.

Los sistemas de comunicación avanzados son un componente esencial de las aeronaves no tripuladas empleadas en la gestión de desastres. Aljehani e Inoue (2017) explican que estos dispositivos están equipados con enlaces de datos de alta velocidad, lo que permite transmitir imágenes y datos en tiempo real a los centros de mando. Esta capacidad mejo-

ra notablemente la toma de decisiones operativas. Por otro lado, la evolución en la capacidad de carga útil ha permitido que algunos modelos de drones transporten suministros médicos y equipos de comunicación hacia zonas remotas o de difícil acceso, ampliando así su utilidad en situaciones de emergencia (Greenwood, Nelson, & Greenough, 2020).

Aplicaciones específicas de las aeronaves no tripuladas en diferentes tipos de desastres naturales

Las aeronaves no tripuladas han demostrado su eficacia en una amplia variedad de desastres naturales, adaptándose específicamente a las necesidades de cada situación. En el contexto de las inundaciones, según Balkaya et al. (2022): “los drones equipados con sensores multispectrales se utilizan para cartografiar áreas inundadas, evaluar el riesgo de ruptura de diques y coordinar las operaciones de evacuación” (p. 102). Esta capacidad de ofrecer una vista aérea en tiempo real ha transformado la gestión de inundaciones, facilitando una respuesta más ágil y precisa.

En situaciones de terremotos, las aeronaves no tripuladas juegan un papel crucial en la evaluación rápida de daños estructurales. Según Petrides et al. (2017): “los UAVs equipados con cámaras de alta resolución y software de procesamiento de imágenes pueden crear modelos 3D detallados de edificios dañados, facilitando la identificación de estructuras inestables y áreas de riesgo” (p. 437). Esta información es vital para guiar los esfuerzos de rescate y determinar la habitabilidad de las estructuras afectadas.

Los incendios forestales representan otro escenario donde las aeronaves no tripuladas han demostrado ser extremadamente útiles. Yuan et al. (2017) destacan que “los drones equipados con cámaras térmicas pueden detectar focos de incendio ocultos y monitorear el avance del fuego, permitiendo una asignación más eficiente de recursos para la extinción” (p. 69). Además, la capacidad de las aeronaves no tripuladas para operar en condiciones de baja visibilidad los hace invaluableles en situaciones donde el humo denso dificulta las operaciones aéreas tripuladas.

En el contexto de los huracanes y ciclones, las aeronaves no tripuladas ofrecen ventajas significativas tanto en la fase de preparación como en la respuesta postdesastre. Greenwood et al. (2020) señalan que “durante los huracanes Harvey e Irma en 2017, las aeronaves no tripuladas fueron utilizadas para evaluar rápidamente los daños en infraestructuras críticas, como puentes y líneas eléctricas, acelerando los esfuerzos de recuperación”.

Esta capacidad de evaluación rápida es crucial para priorizar las acciones de respuesta y dirigir los recursos de manera eficiente.

Integración de aeronaves no tripuladas en los protocolos de respuesta a emergencias del Ejército Nacional

La integración de aeronaves no tripuladas en los protocolos de respuesta a emergencias del Ejército Nacional ha sido un proceso gradual pero transformador. Restas (2015) afirma que “la incorporación de UAVs en las operaciones militares de socorro ha mejorado significativamente la eficiencia y la seguridad de las misiones de rescate, permitiendo una evaluación rápida de situaciones potencialmente peligrosas sin poner en riesgo al personal” (p. 318). Esta integración ha requerido una adaptación de los procedimientos operativos estándar y una formación especializada del personal militar.

Un aspecto clave de esta integración ha sido la creación de unidades especializadas en operaciones con aeronaves no tripuladas. Según Colomina y Molina (2014), “muchos ejércitos han establecido divisiones dedicadas a la operación de UAVs, con personal entrenado específicamente en el manejo y mantenimiento de estos sistemas” (p. 81). Estas unidades especializadas garantizan una respuesta rápida y eficaz en situaciones de emergencia, maximizando el potencial de las aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres.

La interoperabilidad entre los sistemas de aeronaves no tripuladas y otros recursos militares ha sido otro foco importante en la integración. Haddal y Gertler (2010) señalan que “los ejércitos han trabajado en la estandarización de los protocolos de comunicación y compartición de datos entre aeronaves no tripuladas y otros sistemas de comando y control” (p. 12). Esta interoperabilidad permite una coordinación más eficiente entre los diferentes elementos de respuesta a emergencias, desde unidades terrestres hasta centros de comando.

Además, la integración de aeronaves no tripuladas ha llevado a una reevaluación de las estrategias de respuesta a desastres. Peary et al. (2021) destacan que “la capacidad de las aeronaves no tripuladas para proporcionar información en tiempo real ha permitido a los comandantes militares tomar decisiones más informadas y adaptar rápidamente sus estrategias en función de las condiciones cambiantes en el terreno” (p. 10). Esta flexibilidad táctica ha mejorado significativamente la eficacia de las operaciones de socorro lideradas por el ejército en diversos escenarios de desastres naturales.

Desafíos y limitaciones en el uso de aeronaves no tripuladas para la gestión de desastres

A pesar de sus numerosas ventajas, el uso de aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres enfrenta varios desafíos y limitaciones significativos. Sánchez et al. (2016) señalan que “las regulaciones aéreas y las preocupaciones sobre la privacidad siguen siendo barreras significativas para el despliegue generalizado de aeronaves no tripuladas en operaciones de rescate” (p. 7). Estas restricciones legales pueden limitar la capacidad de los equipos de respuesta para utilizar aeronaves no tripuladas de manera efectiva, especialmente en áreas urbanas o cerca de infraestructuras críticas.

Las limitaciones técnicas también representan un desafío importante. Según Erdelj et al. (2017), “la duración limitada de la batería y la vulnerabilidad a condiciones climáticas adversas pueden restringir la eficacia de las aeronaves no tripuladas en misiones prolongadas o en entornos extremos” (p. 28). Estas limitaciones pueden ser particularmente problemáticas en situaciones de desastre que requieren operaciones continuas durante períodos prolongados.

La interferencia electromagnética y los problemas de comunicación representan otro conjunto de desafíos. Cichella et al. (2016) destacan que “en áreas con infraestructuras de comunicación dañadas o en entornos con alta interferencia electromagnética, mantener enlaces de datos estables con las aeronaves no tripuladas puede ser extremadamente difícil” (p. 3093). Esta inestabilidad en las comunicaciones puede comprometer la capacidad de los operadores para controlar las aeronaves no tripuladas y recibir datos críticos en tiempo real.

Además, existe el desafío de la integración y procesamiento de grandes volúmenes de datos. Lum et al. (2007) señalan que “la gran cantidad de datos generados por las aeronaves no tripuladas puede abrumar a los sistemas de análisis y a los tomadores de decisiones si no se gestionan y procesan adecuadamente” (p. 15). La necesidad de desarrollar sistemas de inteligencia artificial y algoritmos de procesamiento de datos más avanzados para manejar esta información de manera eficiente es un área de investigación activa en el campo de la gestión de desastres.

Impacto en la eficiencia de las operaciones de rescate y ayuda humanitaria

La incorporación de aeronaves no tripuladas en las operaciones de rescate y ayuda humanitaria ha tenido un impacto significativo en la eficiencia de estas misiones. Fragkiadaki et al. (2016) afirman que “el uso de drones para

el mapeo rápido de áreas afectadas ha reducido significativamente el tiempo necesario para iniciar operaciones de rescate efectivas, permitiendo una asignación más precisa de recursos” (p. 4085). Esta capacidad de evaluación rápida ha demostrado ser crucial en las primeras horas después de un desastre, cuando la velocidad de respuesta puede marcar la diferencia entre la vida y la muerte.

Las aeronaves no tripuladas también han mejorado la seguridad de los equipos de rescate. Según Restas (2015), “la capacidad de las aeronaves no tripuladas para explorar áreas peligrosas sin poner en riesgo vidas humanas ha permitido a los equipos de rescate evaluar situaciones potencialmente peligrosas antes de entrar en ellas” (p. 319). Esta ventaja es particularmente valiosa en escenarios como derrumbes de edificios o áreas con riesgo de explosión, donde la seguridad de los rescatistas es una preocupación primordial.

En el ámbito de la ayuda humanitaria, las aeronaves no tripuladas han demostrado ser herramientas valiosas para la entrega de suministros en áreas de difícil acceso. Haidari et al. (2020) señalan que “en situaciones donde las carreteras están bloqueadas o las infraestructuras de transporte están dañadas, las aeronaves no tripuladas pueden proporcionar una línea de vida crucial, entregando medicamentos y suministros esenciales a comunidades aisladas” (p. 5). Esta capacidad ha mejorado significativamente la velocidad y el alcance de las operaciones de ayuda humanitaria en diversos escenarios de desastre.

Además, el uso de aeronaves no tripuladas ha permitido una coordinación más efectiva entre las diferentes agencias de respuesta. Erdelj et al. (2017) destacan que “la capacidad de las aeronaves no tripuladas para proporcionar una visión general en tiempo real de las áreas afectadas ha mejorado la toma de decisiones colaborativa entre las organizaciones de ayuda, las fuerzas militares y las autoridades locales” (p. 29). Esta mejora en la coordinación ha resultado en una respuesta más cohesiva y eficiente ante los desastres, maximizando el impacto de los recursos disponibles.

Perspectivas futuras: innovaciones tecnológicas y nuevas aplicaciones

El futuro de las aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres promete avanzar significativamente en términos de capacidades y aplicaciones. Según Floreano y Wood (2015), se prevé que “los avances en inteligencia artificial y autonomía permitirán que las aeronaves no tripuladas realicen tareas cada vez más complejas en entornos de

desastre sin necesidad de intervención humana directa” (p. 464). Esta evolución hacia una mayor autonomía podría llevar a sistemas capaces de tomar decisiones en tiempo real basadas en datos recopilados, mejorando así la eficiencia de las operaciones de rescate.

Además, la integración de tecnologías emergentes como el internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) y la computación en la nube está configurando el futuro de las aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres. Según Lum et al. (2007), “la combinación de drones con sensores IoT y capacidades de procesamiento en la nube permitirá una recolección y análisis de datos más avanzados, facilitando una respuesta más rápida y precisa ante desastres” (p. 18). Esta integración podría resultar en sistemas de alerta temprana más efectivos y en una mejor coordinación de los recursos de respuesta.

Adicionalmente, los avances en los sistemas de propulsión y almacenamiento de energía tienen el potencial de ampliar las capacidades operativas de las aeronaves no tripuladas. Greenwood et al. (2020) mencionan que “el desarrollo de baterías de mayor capacidad y sistemas de recarga en vuelo podría extender significativamente el tiempo de operación de las aeronaves no tripuladas, permitiendo misiones más prolongadas y complejas” (p. e0227808). Estas mejoras en la autonomía de vuelo serían especialmente valiosas en operaciones de búsqueda y rescate prolongadas o en el monitoreo continuo de áreas afectadas por desastres.

Por último, se anticipa que el desarrollo de nuevos sensores y tecnologías de imagen ampliará aún más las aplicaciones de las aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres. Según Colomina y Molina (2014), “los avances en sensores hiperspectrales y tecnologías LIDAR (*Light Detection and Ranging*) permitirán a las aeronaves no tripuladas detectar y analizar con mayor precisión una amplia variedad de factores ambientales y estructurales” (p. 84). Estas capacidades mejoradas podrían facilitar la detección temprana de peligros potenciales, como inestabilidades del terreno o contaminación química, y mejorar significativamente la capacidad de prevención y respuesta frente a desastres.

Para concluir el desarrollo de estos siete temas, es importante destacar que la evolución de las aeronaves no tripuladas en el ámbito de la gestión de desastres representa un campo dinámico y en rápido desarrollo. La

integración de estas tecnologías en los protocolos de respuesta a emergencias del Ejército Nacional y otras organizaciones de ayuda humanitaria ha demostrado ser transformadora, al mejorar significativamente la eficiencia y la seguridad de las operaciones de rescate y asistencia. Sin embargo, como se ha discutido, existen desafíos importantes que deben abordarse, desde limitaciones técnicas hasta consideraciones éticas y legales. La superación de estos obstáculos requerirá una colaboración continua entre investigadores, legisladores y profesionales de la gestión de emergencias.

Mirando hacia el futuro, las perspectivas para el uso de aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres son prometedoras. Los avances tecnológicos previstos tienen el potencial de revolucionar aún más este campo, permitiendo respuestas más rápidas, precisas y eficaces ante una amplia gama de desastres naturales. A medida que estas tecnologías continúan evolucionando, será crucial mantener un enfoque equilibrado que maximice sus beneficios mientras se abordan de manera responsable los desafíos asociados.

En última instancia, el impacto de las aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres va más allá de la mera eficiencia operativa. Estas tecnologías tienen el potencial de salvar vidas, reducir el sufrimiento humano y acelerar la recuperación de las comunidades afectadas por desastres. Como tal, la continua investigación, el desarrollo y la implementación de aeronaves no tripuladas en este contexto representan no solo un avance tecnológico, sino también un imperativo humanitario.

DISCUSIÓN

El análisis comparativo de las fuentes primarias consultadas revela una serie de convergencias y divergencias significativas en cuanto a la utilidad de las aeronaves no tripuladas en desastres naturales, especialmente cuando son operadas por el Ejército Nacional. Un punto de convergencia notable entre varios autores es el reconocimiento del potencial transformador de las aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres. Erdelj et al. (2017) y Restas (2015) coinciden en que las aeronaves no tripuladas han mejorado significativamente la eficiencia y seguridad de las operaciones de rescate. Sin embargo, mientras Erdelj et al. se centran en las capacidades técnicas de las aeronaves no tripuladas, Restas enfatiza más en su integración en los protocolos militares. Esta diferencia de enfoque sugiere que aún existe una brecha entre el desarrollo tecnológico y su implementación práctica en contextos militares.

En cuanto a las aplicaciones específicas, Greenwood et al. (2020) y Yuan et al. (2017) ofrecen perspectivas complementarias. Greenwood et al. destacan la utilidad de las aeronaves no tripuladas en la evaluación de daños post-huracán, mientras que Yuan et al. se centran en su uso en incendios forestales. Esta diversidad de aplicaciones subraya la versatilidad de las aeronaves no tripuladas, pero también plantea la cuestión de si existe una necesidad de aeronaves no tripuladas más especializadas para tipos específicos de desastres, aspecto que no se aborda completamente en la literatura actual.

Un punto de divergencia significativo emerge en la discusión sobre los desafíos y las limitaciones. Sánchez et al. (2016) enfatizan las barreras regulatorias y de privacidad, mientras que Cichella et al. (2016) se centran en los desafíos técnicos como la interferencia electromagnética. Esta diferencia de énfasis sugiere que el campo aún carece de un enfoque unificado para abordar los obstáculos en el uso de las aeronaves no tripuladas, lo que podría estar frenando su adopción generalizada en la gestión de desastres.

En cuanto a las perspectivas futuras, Floreano y Wood (2015) y Lum et al. (2007) ofrecen visiones complementarias, pero distintas. Floreano y Wood se centran en los avances en inteligencia artificial y autonomía, mientras que Lum et al. destacan la integración con IoT y computación en la nube. Esta divergencia en las predicciones futuras refleja la incertidumbre inherente a un campo en rápida evolución y sugiere la necesidad de una hoja de ruta más clara para el desarrollo tecnológico.

Un aspecto que queda sin resolver en la literatura revisada es el impacto a largo plazo del uso de aeronaves no tripuladas en la resiliencia comunitaria ante desastres. Aunque varios autores discuten los beneficios inmediatos en términos de eficiencia operativa, hay una falta de investigación sobre cómo la integración de aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres afecta la preparación y recuperación de las comunidades a largo plazo.

Otro aspecto que merece mayor atención es la interoperabilidad entre los sistemas de aeronaves no tripuladas militares y civiles en escenarios de desastre. Aunque Haddal y Gertler (2010) mencionan brevemente la estandarización de protocolos de comunicación, no se aborda en profundidad cómo se puede lograr una colaboración efectiva entre actores militares y civiles en el uso de aeronaves no tripuladas durante desastres. Además, la literatura actual no

aborda adecuadamente las implicaciones éticas del uso de tecnología militar (drones) en contextos humanitarios. Este vacío en la investigación plantea preguntas importantes sobre la percepción pública y la aceptación de estas tecnologías en situaciones de crisis.

Finalmente, aunque varios autores mencionan la importancia de la formación especializada para operar aeronaves no tripuladas en desastres, hay una falta de consenso sobre los estándares de capacitación necesarios, especialmente en el contexto militar. Esta brecha sugiere la necesidad de desarrollar programas de formación estandarizados que integren tanto aspectos técnicos como consideraciones humanitarias.

Un aspecto que merece mayor escrutinio es la relación costo-beneficio de la implementación de aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres por parte del Ejército Nacional. Aunque autores como Erdelj et al. (2017) y Restas (2015) destacan los beneficios operativos, hay una escasez de estudios que cuantifiquen el impacto económico a largo plazo. Esta brecha plantea preguntas importantes sobre la sostenibilidad financiera de la integración de aeronaves no tripuladas en las operaciones militares de respuesta a desastres, especialmente para países con recursos limitados. Futuros estudios deberían abordar este aspecto, considerando no solo los costos de adquisición y mantenimiento, sino también los ahorros potenciales en términos de vidas salvadas y daños mitigados.

Uno de los temas que merece mayor atención corresponde al impacto psicológico y social del despliegue de aeronaves no tripuladas en poblaciones afectadas por desastres. Aunque muchas investigaciones se enfocan en aspectos técnicos u operativos, la literatura revela un déficit al examinar de qué modo la presencia de drones militares o humanitarios incide en la percepción y el bienestar de quienes viven la emergencia. De hecho, como señalan van Wylsberghe y Comes (2020), “cuando los drones sustituyen la interacción humana directa, pueden erosionar la dignidad de los beneficiarios y generar efectos de vigilancia que aumentan la angustia” (p. 173). Este vacío investigativo, especialmente relevante en el marco de intervención de fuerzas armadas, sugiere la urgencia de explorar cómo estos sistemas tecnológicos afectan la relación entre militares y comunidades civiles en contextos de ayuda y emergencia.

Por último, es necesario abordar con mayor profundidad las implicaciones geopolíticas del uso de UAV militares en desastres transfronterizos o internacionales. La literatura actual, incluidos los trabajos de Haddal y Gertler (2010)

y Colomina y Molina (2014), se centra en aplicaciones domésticas. Sin embargo, los desastres naturales a menudo trascienden las fronteras, y el uso de tecnología militar en estos escenarios puede generar desafíos diplomáticos y de seguridad complejos. Futuros estudios deberían examinar cómo establecer protocolos internacionales para el uso de aeronaves no tripuladas militares en operaciones de ayuda humanitaria transfronteriza, atendiendo a cuestiones de soberanía, intercambio de información y coordinación multinacional.

CONCLUSIONES

La revisión minuciosa de la literatura sobre la utilidad de las aeronaves no tripuladas en desastres naturales operadas por el Ejército Nacional revela un panorama complejo y en rápida evolución. A lo largo de este estudio, se ha explorado cómo las aeronaves no tripuladas han transformado significativamente la capacidad de respuesta ante desastres, proporcionando una perspectiva única y valiosa en situaciones de crisis.

En primer lugar, es evidente que la integración de aeronaves no tripuladas en las operaciones militares de gestión de desastres ha mejorado sustancialmente la eficiencia y la seguridad en las misiones de rescate y ayuda humanitaria. La capacidad de estos dispositivos para proporcionar información en tiempo real, mapear áreas afectadas y acceder a zonas peligrosas sin poner en riesgo vidas humanas ha demostrado ser invaluable. Este análisis resalta la necesidad de seguir dedicando recursos al desarrollo e integración de esta tecnología en la gestión de desastres.

Sin embargo, también se han identificado desafíos significativos que aún deben abordarse. Las limitaciones técnicas, como la duración de la batería y la vulnerabilidad a condiciones climáticas adversas, sumadas a las preocupaciones sobre privacidad y las restricciones regulatorias, representan obstáculos importantes para la adopción generalizada de aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres. Estos desafíos subrayan la necesidad de un enfoque multidisciplinario que involucre no solo avances tecnológicos, sino también adaptaciones legales y éticas.

La revisión también ha puesto de manifiesto la versatilidad de las aeronaves no tripuladas en diferentes tipos de desastres naturales, desde inundaciones hasta incendios forestales y terremotos. Esta adaptabilidad sugiere que las aeronaves no tripuladas podrían convertirse en una herramienta estándar en el arsenal de respuesta a desas-

tres de los ejércitos nacionales. No obstante, también señala la necesidad de desarrollar protocolos específicos y capacitación especializada para maximizar la eficacia de estas tecnologías en diversos escenarios de desastre.

Mirando hacia el futuro, las perspectivas para el uso de aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres son prometedoras. Los avances previstos en inteligencia artificial, autonomía y tecnologías de sensores permitirán expandir aún más las capacidades de estas herramientas. Sin embargo, es crucial que estos desarrollos tecnológicos vayan acompañados de una consideración cuidadosa de sus implicaciones éticas, sociales y geopolíticas, especialmente en el contexto de las operaciones militares en entornos humanitarios.

En conclusión, la integración de aeronaves no tripuladas en la gestión de desastres por parte del Ejército Nacional representa un avance significativo en la capacidad de respuesta ante crisis humanitarias. No obstante, para aprovechar al máximo el potencial de esta tecnología, será crucial mantener una colaboración continua entre militares, investigadores, legisladores y comunidades afectadas. El éxito futuro en este campo dependerá no solo de los avances tecnológicos, sino también de la capacidad para abordar los desafíos éticos, legales y sociales asociados, asegurando que el uso de aeronaves no tripuladas en desastres naturales responda al objetivo fundamental de salvar vidas y aliviar el sufrimiento humano.

REFERENCIAS

- Aljehani, M., y Inoue, M. (2017). Communication and autonomous control of multi-UAV system in disaster response tasks. In G. Jezic et al. (Eds.), *Agent and Multi-Agent Systems: Technology and Applications* (pp. 123–132). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59394-4_12
- Balkaya, C., Çaskan, M. F., y Kömürlü, E. (2022). A review of unmanned aerial vehicle (UAV) applications in geotechnical engineering with emphasis on disaster management. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 13(1), 95–124. <https://doi.org/10.1080/19475705.2021.2024150>
- Blom, J. D. (2010). *Unmanned aerial systems: A historical perspective on the advancements in technology and intelligence during the Cold War*. ABC-CLIO.

- Carter, N., Bryant-Lukosius, D., DiCenso, A., Blythe, J., y Neville, A. J. (2014). The use of triangulation in qualitative research. *Oncology Nursing Forum*, 41(5), 545–547. <https://doi.org/10.1188/14.ONF.545-547>
- Cichella, V., Xargay, E., Dobrokhodov, V., Kaminer, I., Pascoal, A. M., y Hovakimyan, N. (2016). Geometric control of a quadrotor with a suspended load: The UAV sensor deployment problem. *IEEE Conference on Decision and Control*, 3485–3492. <https://doi.org/10.1109/CDC.2015.7402763>
- Colomina, I., y Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>
- Coppola, D. P. (2015). *Introduction to international disaster management*. Butterworth-Heinemann.
- Drones: Nueva herramienta para la respuesta a desastres. (2015). *Ingeniería contra incendios*, 168(10), 14-17.
- Erdelj, M., Natalizio, E., Chowdhury, K. R., y Akyildiz, I. F. (2017). Help from the sky: Leveraging UAVs for disaster management. *IEEE Pervasive Computing*, 16(1), 24–32. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2017.11>
- Floreano, D., y Wood, R. J. (2015). Science, technology and the future of small autonomous drones. *Nature*, 521(7553), 460–466. <https://doi.org/10.1038/nature14542>
- Fragkiadaki, K., Arbeláez, P., Felsen, P., y Malik, J. (2016). Learning to segment moving objects in videos. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 4083–4090. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.443>
- Galván-Ruiz, J., Sánchez-Fernández, L. P., y Cabrera-Mora, F. (2021). Bibliometric review of research on drones in disaster management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 59, 102223. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102223>
- Greenwood, F., Nelson, E. L., y Greenough, P. G. (2020). Flying into the hurricane: A case study of UAV use in da-

mage assessment during the 2017 hurricanes in Texas and Florida. *PLOS ONE*, 15(2), e0227808. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227808>

Haddal, C. C., y Gertler, J. (2010). *Homeland security: Roles of the Department of Defense and the U.S. Armed Forces*. Congressional Research Service.

Iqbal, U., Bin Riaz, M. Z., Zhao, J., Barthelemy, J., & Perez, P. (2023). *Drones for flood monitoring, mapping and detection: A bibliometric review*. *Drones*, 7(1), 32. <https://doi.org/10.3390/drones7010032>.

Haidari, L. A., Brown, S. T., Ferguson, M., Bancroft, E., Spiker, M., Wilcox, A., Ambikapathi, R., Sampath, V., Connor, D. L., y Lee, B. Y. (2020). The economic and public health potential of a drone delivery network for child immunization in the Democratic Republic of the Congo. *Human Vaccines y Immunotherapeutics*, 9(12), 1359–1368. <https://doi.org/10.1080/21645515.2020.1817073>

Keane, J. F., y Carr, S. S. (2013). *A brief history of early unmanned aircraft*. Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory.

Kreps, S. E. (2016). *Drones: What everyone needs to know*. Oxford University Press.

Lum, M. J., Rosen, J., King, H., Friedman, D. C., Donlin, G., Sankaranarayanan, G., Harnett, B., Huffman, L., Doarn, C., Broderick, T., y Hannaford, B. (2007). Teleoperation and telepresence for surgical robotics. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 16(4), 400–414. <https://doi.org/10.1162/pres.16.4.400>

Newcome, L. R. (2004). *Unmanned aviation: A brief history of unmanned aerial vehicles*. American Institute of Aeronautics and Astronautics.

Peary, B. D. M., Shaw, R. y Takeuchi, Y. (2021). Utilización de las redes sociales en el terremoto y tsunami del este de Japón y su efectividad. *Revista de Ciencias de los Desastres Naturales*, 34(1), 3-18. <https://doi.org/10.2328/jnds.34.3>

- Petrides, P., Kolios, P., Kyrkou, C., Theocharides, T., y Panayiotou, C. (2017). UAV-based disaster management and response. *2017 IEEE International Conference on Ubiquitous Computing and Communications (IUCC)*, 443–448. <https://doi.org/10.1109/IUCC.2017.8397411>
- Popay, J., Roberts, H., Sowden, A., Petticrew, M., Arai, L., Rodgers, M., Britten, N., Roen, K., y Duffy, S. (2006). *Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews: A product from the ESRC methods programme*. Lancaster University.
- Rattanaamporn, S., Fong-in, N., Pakkong, P., & Jitkajornwanich, K. (2025). *Drone Imaging and Sensors for Situational Awareness in Emergency Response*. *Drones*, 14(5), 98. <https://www.mdpi.com/2224-2708/14/5/98>
- Restas, A. (2015). Drone applications for supporting disaster management. *World Journal of Engineering and Technology*, 3(3), 316–321. <https://doi.org/10.4236/wjet.2015.33C047>
- Salvo, G., Caruso, L., y Scordo, A. (2014). Urban traffic analysis through UAVs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, 1083–1091. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.143>
- Sánchez, J. M., Rama, P., y Pérez, J. (2016). Development and testing of new algorithms for UAV deployment in rescue operations. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 13(3), 1–13. <https://doi.org/10.5772/62228>
- Singh, J. (2013). Critical appraisal skills programme. *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*, 4(1), 76. <https://doi.org/10.4103/0976-500X.107697>
- Van Wynsberghe, A., & Comes, T. (2020). *Drones in humanitarian contexts, robot ethics, and the human-robot interaction*. *Ethics and Information Technology*, 22(2), 167–184. <https://doi.org/10.1007/s10676-019-09514-1>
- VillageReach. (2019). *Introducing unmanned aerial vehicles (UAVs) for vaccine transport in the Democratic Republic of Congo: Phase 1 – Permissions, preliminary design, and testing* [Informe]. VillageReach. <https://www.villagereach.org>

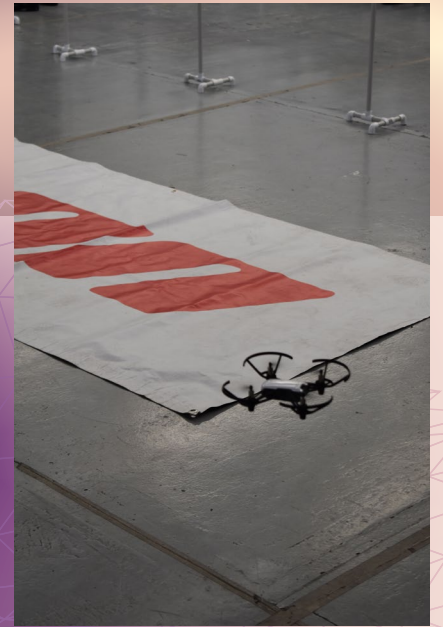
org/wp-content/uploads/2020/10/DRC-Phase-1-Drone-Report_for-VR-website_with-deliverables.pdf

Yuan, C., Zhang, Y., y Liu, Z. (2015). A survey on technologies for autonomous UAVs: Applications, challenges and solutions. *Progress in Aerospace Sciences*, 80, 41–71. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2015.10.001>

Zaugg, H., West, R. E., Tateishi, I., y Randall, D. L. (2011). Mendeley: Creating communities of scholarly inquiry through research collaboration. *TechTrends*, 55(1), 32–36. <https://doi.org/10.1007/s11528-011-0467-y>

DRONES^{2.0} 360° GRAND PRIX







USO DE DRONES DJI MATRICE 300/350 EN EL APOYO LOGÍSTICO MILITAR

*Subteniente Jhonathan Javier Rivera Díaz
Subteniente Juan Camilo Erazo Morillo*

RESUMEN

Este texto explora el uso del DJI Matrice 300/350 RTK (M300/350) en el apoyo logístico militar, destacando sus capacidades avanzadas y su versatilidad. El M300/350 está diseñado para aplicaciones industriales y de seguridad, con características como la autonomía de vuelo prolongada, la precisión de posicionamiento y la resistencia a condiciones climáticas adversas, haciéndolo ideal para diversas tareas de logística militar. Entre sus aplicaciones se incluye la entrega de víveres y suministros médicos, transporte de documentos y equipos de comunicación, además de la evaluación de escenarios en situaciones de desastre. Este texto analiza cómo el M300/350 mejora la eficiencia y rapidez en la entrega de suministros esenciales, al tiempo que reduce el riesgo para el personal militar al minimizar su exposición a situaciones peligrosas. Se discuten casos específicos que ilustran cómo el M300/M350 puede transformar las operaciones logísticas militares, mejorando la eficiencia y seguridad en el campo de batalla.

Palabras clave: logística militar, entrega de suministros, precisión, eficiencia, reducción de riesgos.



INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los avances en la tecnología de drones han revolucionado las operaciones tanto civiles como militares, proporcionando soluciones innovadoras para sus múltiples aplicaciones. En este contexto, los Sistemas Aéreos No Tripulados (UAS), comúnmente conocidos como *drones*, han demostrado ser herramientas clave para mejorar la eficiencia y la seguridad en diversas misiones. Las universidades de Ciencias Aplicadas permiten una amplia recopilación de datos y automatización de servicios que facilita la investigación y las operaciones. Para lograr precisión y eficiencia de los datos, es necesario que el UAS cumpla con los requisitos de diseño, rendimiento y durabilidad, para garantizar la seguridad del control del tráfico aéreo. Uno de los productos más notables de la industria es el DJI Matrice 300/350 RTK (M300/M350), un UAS de próxima generación que se ha ganado una reputación por su versatilidad y capacidades avanzadas (Harbaugh, 2018; Rana et al., 2016).

El DJI M300/350 está diseñado específicamente para aplicaciones industriales y de seguridad, lo que lo hace ideal para uso militar. Equipado con tecnología de vanguardia, como capacidad de largo alcance, precisión de posicionamiento RTK y fuerte resistencia a condiciones ambientales adversas, el M300/350 se posiciona como una herramienta indispensable para las fuerzas militares (Rana et al., 2016). Estas funciones permiten utilizar el M300/350 en una variedad de tareas logísticas, desde la entrega de alimentos y suministros médicos hasta el transporte de documentos y equipos de comunicación y la evaluación de escenarios de desastre. (Harbaugh, 2018; Rana et al., 2016).

En este texto se abarcarán posibles operaciones en las cuales el M300/350 podrá ser utilizado, como el apoyo logístico, que es una parte esencial de las operaciones militares; en particular, se analizará su capacidad para entregar suministros críticos de manera oportuna y eficiente, lo que puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso de una misión (Rana et al., 2016). En esta línea, el M300/350 puede ser una solución eficaz para superar desafíos logísticos tradicionales —conexiones de larga distancia, zonas peligrosas y la necesidad de rapidez y precisión en la entrega de recursos—; además, su uso puede reducir la necesidad de exponer a los militares a riesgos innecesarios, contribuyendo significativamente a la seguridad y eficiencia operativa (Harbaugh, 2018).

Sin embargo, uno de los principales desafíos logísticos en un entorno militar es la capacidad de operar en terrenos difíciles o inaccesibles. Dado que el relieve colombiano se basa principalmente en zonas montañosas, bosques den-

sos o hasta zonas urbanas devastadas, donde las vías de acceso están en peligro, el M300/350 está diseñado para funcionar en condiciones adversas, es resistente al agua y al polvo, y tiene la capacidad de trabajar en temperaturas extremas (DJI, 2020). Se indagará en el sistema de precisión de localización del dron DJI M300/350, el cual está equipado con RTK (cinemática en tiempo real), y se analizará la capacidad y resistencia de este en vuelo, mirando la precisión que tiene sortear estos obstáculos y garantizar que las tropas obtengan el apoyo que necesitan (Rana et al., 2016).

Este artículo analiza detalladamente las características del DJI M300/350, una poderosa herramienta para mejorar las capacidades logísticas en el ámbito militar. A medida que avanza la tecnología, su integración en las operaciones militares promete transformar y mejorar significativamente las capacidades logísticas y operativas en el campo de batalla. Sin embargo, es fundamental abordar los desafíos técnicos, económicos y éticos asociados con su implementación para maximizar los beneficios y minimizar los riesgos.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este texto sobre el uso del DJI M300/350 en el apoyo logístico militar, se adoptará una metodología con un enfoque empírico analítico. Esta metodología se estructura en varias etapas clave, que incluyen la revisión bibliográfica y el análisis de casos de estudio. Inicialmente, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el uso de los sistemas aéreos no tripulados (UAS) en las aplicaciones logísticas militares. Se recopilará información de diversas bases de datos académicas, revistas especializadas, documentos institucionales hasta tiendas especializadas en UAVs, logrando que se proporcione un panorama completo sobre la evolución y el estado actual de la tecnología de drones en operaciones militares. El objetivo de esta revisión es adquirir una comprensión profunda de las capacidades técnicas del M300/350, sus aplicaciones en logística militar, y los desafíos y beneficios asociados con su implementación (Kreps, 2016; Restas, 2015).

Posteriormente, se identificarán y analizarán casos de estudio específicos donde el DJI M300/350 haya sido utilizado en operaciones logísticas militares. Estos casos pueden incluir misiones documentadas por fuerzas armadas o ejercicios simulados que utilicen el M300/350 para la entrega de suministros, evacuaciones médicas y otras tareas logísticas (U.S. Departamento of Defense, 2019). Se evaluará la implementación de estos casos de estudio, conside-

rando la eficiencia en la entrega de suministros, la reducción de riesgos para el personal y la capacidad de operar en condiciones adversas (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies., 2017).

Finalmente, los hallazgos de la revisión bibliográfica y el análisis de casos de estudio serán integrados para proporcionar una visión del uso del DJI M300/350 en la logística militar. Se desarrollarán conclusiones basadas en la síntesis de la información recopilada, destacando la efectividad, ventajas y limitaciones del M300/350. La metodología empleada asegura un análisis riguroso fundamentado en los datos empíricos y análisis críticos, contribuyendo en el desarrollo de nuevas tecnologías y la eficacia de éstas en la logística militar.

DESARROLLO

El uso de drones en operaciones militares ha revolucionado la forma en que se llevan a cabo las misiones, proporcionando nuevas capacidades y ventajas que no se podían alcanzar anteriormente. El DJI Matrice 300/350 RTK (M300/350), son ejemplos destacados de como la tecnología de drones ha avanzado para satisfacer las necesidades de las fuerzas armadas. Se analizará cómo estos drones pueden mejorar la eficiencia operativa, reducir riesgos y proporcionar flexibilidad en diversas misiones logísticas, principalmente se revisarán las especificaciones del dron y como estas podrían influir en cada uno de los casos descritos en el artículo.

Capacidades del dron DJI M300/350

- **Autonomía de vuelo.** El DJI M300/350 puede volar hasta 55 minutos con una sola carga de batería, dependiendo su carga útil. Esta autonomía extendida permite realizar misiones prolongadas sin la necesidad de cambiar baterías frecuentemente, lo que es crucial en operaciones militares donde el tiempo es un factor crítico.



*Figura 1. Uso de DJI M300 en Ucrania por las Fuerzas Militares.
Nota. Tomado de DroneXL (2022), DJI Matrice 300 Used By Ukrainian Forces To Drop Mortars. <https://dronexl.co/uk/2022/07/10/dji-matrice-300-ukrainian-forces-mortars/>*



Figura 2. DJI M300 para entrega de suministros médicos.

Nota. Tomado de DJI Enterprise (2022), *How the DJI M300 is Being Used to Deliver Medical Supplies y Drive Decentralization*. <https://enterprise-insights.dji.com/blog/werobotics-m300-cargo-medical-delivery>

- **Carga útil flexible.** Una de las características más destacadas del M300/350 es su capacidad para transportar múltiples sensores y cargas útiles. Puede equiparse con cámaras térmicas y de alta resolución, sensores LIDAR, paquetes de suministros, entre otras cosas como se puede ver en la Figura 1.

Esta flexibilidad permite que los drones se adapten a una amplia gama de misiones, desde vigilancia y reconocimiento hasta la entrega de suministros críticos. Según el manual del DJI M300/350, el dron puede integrar hasta tres cargas útiles simultáneamente, lo cual facilita una personalización significativa para diversas operaciones (DJI, 2020). Esta capacidad no se limita exclusivamente al uso de cargas útiles proporcionadas por DJI, como diferentes tipos de cámaras multispectrales. Es factible desarrollar acoples que permitan transportar de manera segura suministros, radares

y otros objetos necesarios para asegurar el éxito continuo de las misiones diseñadas, siempre y cuando se respete el límite de peso máximo de despegue (MTOW) establecido por el fabricante (Figura 2).

- **Resistencia y fiabilidad.** Diseñado para operar en condiciones adversas, el M300/350 es resistente al agua y al polvo, con una capacidad de funcionamiento en temperaturas extremas. Esta durabilidad garantiza que el dron pueda operar en entornos hostiles, como zonas de conflicto o áreas de condiciones climáticas severas. Según el manual del usuario del M300, el dron cumple con los estándares IP45, lo que asegura su funcionamiento en entornos difíciles (DJI, 2020).
- **Precisión de posicionamiento.** Equipado con RTK (*Real-Time Kinematic*), un sistema que integra software para mitigar problemas de funcionamiento e inestabilidad provocados por la multitrayectoria o las interferencias

generadas por el entorno y las condiciones de operación, el M300/M350 ofrece una precisión cinemática esencial para realizar entregas más exactas en áreas complejas o peligrosas, como las que presenta la topografía colombiana. Esta tecnología permite al dron mantener una precisión centimétrica, lo cual es crucial en misiones que requieren cumplir factores determinantes como la estimación de posición y la exactitud en la entrega.

Para generar un plan de vuelo efectivo, se requiere un proceso y un software de control fiables que garanticen la seguridad del vuelo y la calidad de los resultados de la operación; el DJI M300/350 se caracteriza por incorporar uno de los parámetros esenciales para la transmisión de información, pues, según estudios, la tecnología RTK puede reducir significativamente los errores de posicionamiento en comparación con los sistemas GPS tradicionales (Floreano y Wood, 2015).



Figura 3. Funcionamiento RTK.

Nota. Traducido del original. Tomado de Wingtra (2023), *What's the difference between PPK and RTK drones, and which one is better?* <https://wingtra.com/ppk-drones-vs-rtk-drones/>

Ventajas del uso del M300/350 en la logística militar

Los avances en la tecnología de drones han transformado significativamente las operaciones militares, proporcionando a las fuerzas armadas herramientas más eficientes y seguras para diversas tareas logísticas. El DJI M300/350 se destaca por su capacidad para reducir el riesgo humano, mejorar la eficiencia operativa y adaptarse a una variedad de misiones, lo que lo convierte en una opción invaluable en contextos militares. A continuación, se realizará un análisis de las ventajas que podría aportar este dron en las operaciones de las Fuerzas Militares.

- **Reducción de riesgo humano.** El uso de drones en operaciones militares es fundamental para minimizar la exposición del personal militar en situaciones peligrosas. En zonas de conflicto o áreas contaminadas, don-

de el riesgo para los soldados es alto, los drones como el DJI M300/350 pueden ser desplegados para realizar misiones de reconocimiento, vigilancia o la entrega de suministros sin poner en riesgo vidas humanas.

- **Eficiencia operativa.** Los drones pueden operar de manera continua y en múltiples misiones sin la necesidad de descanso, lo que aumenta significativamente la eficiencia en la entrega de suministros y la ejecución de tareas logísticas. Esta capacidad operativa continua es crucial para mantener un suministro constante y rápido de recursos esenciales en áreas remotas o de difícil acceso.
- **Flexibilidad y adaptabilidad.** Una de las ventajas más destacadas del DJI M300/350 es su capacidad para adaptarse a diferentes cargas útiles y tipos de misiones. Esto permite a las fuerzas militares responder de una manera rápida y efectiva a diversas necesidades logísticas, desde la entrega de suministros básicos hasta operaciones de reconocimiento avanzado y apoyo en combate.

DISCUSIÓN

Entrega de víveres y suministros médicos

La entrega de víveres y suministros médicos mediante drones se ha convertido en una práctica común en muchas situaciones de emergencia. Los drones pueden transportar una variedad de artículos principales, incluyendo medicamentos, agua, alimentos y equipos médicos. Esta capacidad es de gran utilidad en áreas de difícil acceso, donde los métodos tradicionales de entrega pueden ser lentos o inviables (Soriano Torres et al., 2019).

La utilización de drones en entrega de suministros médicos no sólo mejora la rapidez de la respuesta, sino que también permite una mejor planificación y ejecución de las operaciones de rescate. Los drones equipados con cámaras de alta resolución y térmicas proporcionan información vital al equipo de emergencia, permitiendo una evaluación rápida y precisa de la situación (Soriano Torres et al., 2019). Un caso destacado es el uso de los drones para el transporte de DEA (dispositivo de reanimación) para PCR (parada cardiorrespiratoria) extrahospitalarias. Estos dispositivos pueden ser entregados rápidamente a zonas remotas, proporcionando una intervención vital en los primeros minutos cruciales después de una parada cardíaca (Soriano Torres et al., 2019).

Los drones han sido utilizados eficazmente para la entrega de suministros en áreas afectadas por desastres naturales. Por ejemplo, posterior a presentarse un terremoto, los drones pueden llevar medicamentos y equipos médicos a lugares donde las infraestructuras han sido destruidas, asegurando que la ayuda llegue sin retrasos (Soriano Torres et al., 2019). Estos equipos están jugando un papel crucial en la evaluación de heridos y la planificación del rescate: los drones pueden proporcionar imágenes en tiempo real de la zona afectada, permitiendo al equipo de rescate identificar rápidamente a las víctimas y planificar la mejor ruta de acceso (Soriano Torres et al., 2019).

Estas nuevas tecnologías para la entrega de suministros pueden reducir significativamente los costos asociados con el transporte tradicional. Al eliminar la necesidad de vehículos terrestres y personal adicional, las operaciones con drones pueden ser más rentables y sostenibles a largo plazo (Soriano Torres et al., 2019). Aunque los beneficios del uso de drones en la entrega de suministros médicos son numerosos, también existen desafíos que deben ser abordados. Uno de los principales desafíos es la limitación de la autonomía, las misiones prolongadas y las cargas pesadas que puedan limitar su eficiencia, adicionalmente, la necesidad de la infraestructura adecuada para la operación de drones (Soriano Torres et al., 2019).

Comunicaciones del M300/350

La necesidad de transmitir información crítica de manera segura y eficiente durante operaciones militares es fundamental para el



Figura 4. Dispositivo de reanimación (DEA).
Nota. Tomado de LAS Electromedicina (2023), Desfibriladores Externos Automáticos (DEA) Mindray. <https://laselectromedicina.com/dea/>

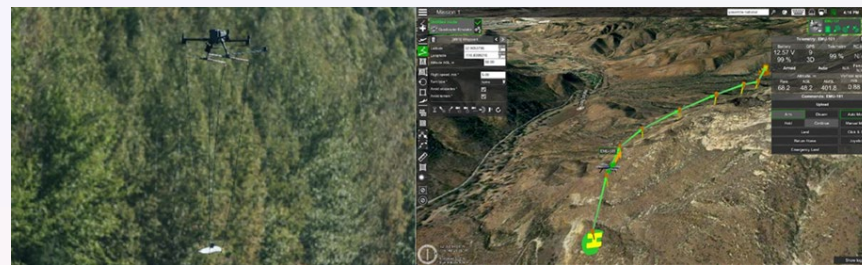


Figura 5. Implementación de magnetómetro para entrega de suministros.
Nota. Tomado de Geometrics (2024), MagArrow II UAV-Enabled Magnetometer. <https://www.geometrics.com/product/magarrow/> y Smart Gardens (2022), Planificación de misión de vuelo. <http://www.smartgardens.com/>

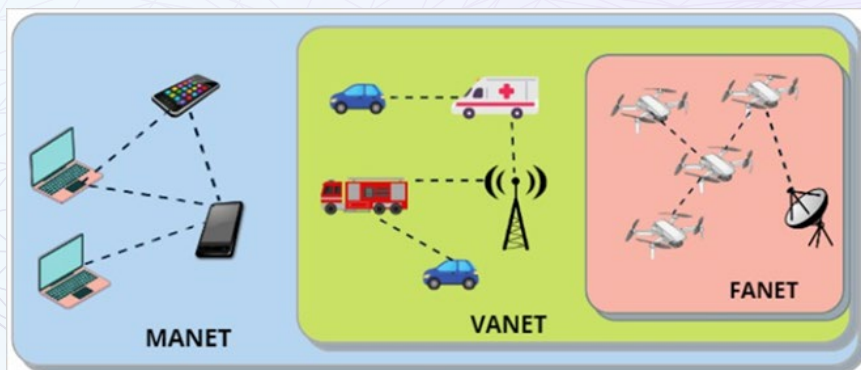


Figura 6. Redes MANET, VANET y FANET (Gutiérrez y E.A, 2022, pág. 21 – Figura 2.c)

nologías de red, adaptándose a diferentes entornos y requisitos operativos (2022). Por ejemplo, los drones pueden utilizar redes FANET (Flight Ad-hoc Networks) como las que se muestran en la Figura 6, las cuales permiten una comunicación robusta y adaptable entre múltiples UAV y estaciones base terrestres, garantizando así la resiliencia y eficiencia en la transmisión de datos.

Así mismo, el M300/350 está equipado con sistemas avanzados de comunicación que permiten el intercambio de datos en tiempo real. Estos sistemas pueden incluir tecnologías como LTE, Wi-Fi, y satelital, las cuales aseguran una conectividad continua y fiable (Gutiérrez y E.A, 2022). Sin embargo, el DJI 300/350 tiene la posibilidad de operar en redes descentralizadas añadiendo una capa de seguridad, ya que esto reduce la dependencia de puntos únicos de fallos y permite una mejor distribución de la información. Además de su capacidad de transporte de documentos y equipos de comunicación, los drones M300/350 pueden ser configurados con módulos de encriptación avanzados para asegurar que la información transmitida no sea interceptada o alterada. Esto es especialmente crítico en operaciones militares donde la confidencialidad y la integridad de los datos son de gran importancia. Las tecnologías de encriptación pueden incluir AES (*Advanced Encryption Standard*) y otros métodos criptográficos robustos que garantizan la seguridad de la información durante la transmisión. (Gutiérrez y E.A, 2022).

éxito de las misiones. Los drones como el M300/350 pueden ser utilizados para transportar documentos sensibles, equipos de comunicación y otros dispositivos electrónicos entre unidades en el campo de batalla. Esto asegura que la información llegue de manera rápida y segura a su destino, incluso en entornos donde las comunicaciones convencionales podrían ser vulnerables o inaccesibles (Gutiérrez y E.A, 2022).

Los drones han demostrado ser una herramienta esencial en escenarios donde la rapidez y la seguridad en la transmisión de información son críticas. Según Andrade Gutiérrez, en un análisis sobre tecnologías de comunicación habilitadas por drones, estos dispositivos pueden emplear múltiples arquitecturas y tec-

La capacidad de los drones para operar en entornos hostiles y en condiciones climáticas adversas es otro factor que los hace ideales para misiones de transporte de documentos y equipos de comunicación. Los M300/350 están diseñados para ser resistentes al agua y al polvo, pueden operar en temperaturas extremas y continuar su misión incluso en condiciones meteorológicas adversas (DJI, 2020). Esta robustez asegura que las comunicaciones críticas no se vean interrumpidas por el entorno, proporcionando una ventaja táctica significativa.

Otra aplicación clave de los drones en el campo de batalla es su capacidad para establecer y mantener enlaces de comunicación en tiempo real entre unidades dispersas. En situaciones donde las infraestructuras de comunicación tradicionales pueden estar comprometidas o destruidas, los drones pueden actuar como repetidores de señal, extendiendo el alcance de las redes de comunicación y asegurando que todas las unidades mantengan contacto constante (Gutiérrez y E.A, 2022). Esto es crucial en operaciones de gran escala donde la coordinación y el intercambio de información en tiempo real pueden determinar el éxito de la misión. Los drones también ofrecen la ventaja de una mayor discreción en la entrega de comunicaciones sensibles. Al volar a altitudes variadas y utilizando rutas menos predecibles que las terrestres, los drones pueden reducir la probabilidad de interceptación de las comunicaciones por parte de fuerzas enemigas. Esta capacidad de movimiento sigiloso es especialmente valiosa en operaciones encubiertas y misiones de inteligencia.

La incorporación de drones a las estrategias de comunicaciones militares también proporciona mayor flexibilidad y adaptabilidad en el campo de batalla. Con la capacidad de desplegar y ajustar rápidamente misiones sobre la marcha, los drones pueden reaccionar a los cambios en la situación táctica en tiempo real. Por ejemplo, si una unidad en el lugar de los hechos se encuentra repentinamente en peligro o necesita instrucciones urgentes, los drones pueden enviarse inmediatamente con la información necesaria, lo que reduce el tiempo de respuesta y aumenta la eficiencia del trabajo.

Gestión de riesgos y desastres

En caso de un desastre natural o una situación humanitaria, el DJI M300/350 desempeña un papel importante a la hora de garantizar una respuesta rápida y eficaz. Su capacidad para operar en condiciones climáticas adversas y su mayor autonomía le permite evaluar rápidamente las zonas afectadas, localizar personas atrapadas o heridas y en-

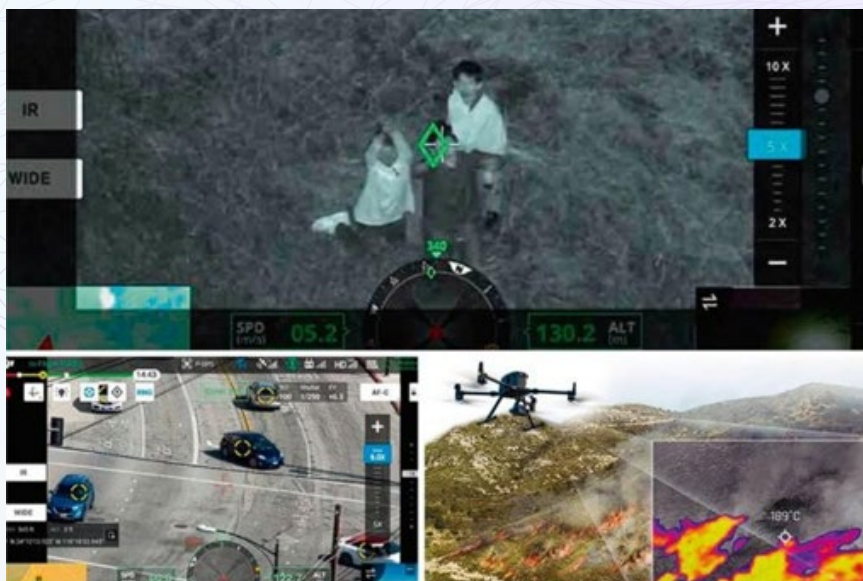


Figura 7. Imágenes de uso de M300 en apoyos, búsqueda, seguridad y vigilancia.
Nota. Tomado de Gadget Drone (2024), Aplicaciones del DJI M300 en seguridad, vigilancia y rescate.

tregar productos como alimentos, agua potable y equipos médicos esenciales. Esta tecnología permite a los equipos de rescate obtener una imagen precisa de la situación desde el aire, lo que ayuda a planificar y realizar operaciones de rescate de forma más eficaz y segura (Ruiz, 2017).

Los drones, como el DJI M300/350, no solo ayudan en la identificación y localización de víctimas, sino que también proporcionan un medio de transporte seguro y eficiente para suministros críticos. Esto es particularmente vital en áreas inaccesibles por tierra debido a la destrucción de infraestructuras o condiciones peligrosas. La capacidad del dron para transportar suministros esenciales y equipos médicos en áreas afectadas puede marcar la diferencia entre la vida y la muerte durante las primeras horas críticas tras un desastre (Ruiz, 2017).

Además, el uso de drones en la respuesta a desastres permite una evaluación inicial de los daños estructurales, lo que ayuda a los equipos de rescate a planificar las operaciones de forma más eficaz y minimiza los riesgos adicionales para el personal

de emergencia. Los sensores avanzados y las cámaras de alta resolución del M300/350 pueden capturar imágenes detalladas del terreno y las estructuras afectadas, proporcionando datos valiosos para la toma de decisiones (Cano López y Casas Méndez, 2023; Soriano Torres et al., 2019). La siguiente imagen ilustra un dron DJI M300 en varias operaciones —una de ellas de rescate—, mostrando cómo se puede hacer uso de estas tecnologías para la gestión de riesgos y desastres:

El uso de drones en casos de emergencia también puede facilitar la comunicación entre los diferentes equipos de respuesta. En muchos casos, las redes de comunicación tradicionales pueden resultar dañadas o sobrecar-

gadas cuando ocurre un desastre. Los drones pueden actuar como estaciones de retransmisión móviles, proporcionando a los equipos de emergencia las capacidades de comunicación y coordinación necesarias para responder de forma eficaz. Esto es especialmente útil en áreas remotas donde la infraestructura de telecomunicaciones puede faltar o estar gravemente dañada (Gutiérrez y E.A, 2022).

Además, los drones pueden ser equipados con altavoces y luces, como se muestra en la Figura 8, para guiar a los supervivientes hacia áreas seguras o para proporcionar instrucciones en tiempo real durante las operaciones de evacuación. Esta capacidad para interactuar directamente con las personas afectadas puede ser vital para coordinar esfuerzos de rescate y garantizar que los esfuerzos de ayuda se dirijan de manera efectiva (Soriano Torres et al., 2019).

La capacidad de los drones para proporcionar imágenes aéreas en tiempo real también brinda a los equipos de respuesta una visión completa y actualizada del área afectada, lo cual es importante para coordinar esfuerzos y asignar recursos donde más se necesitan. Estos mapas se pueden compartir instantáneamente con otros equipos de emergencia y agencias gubernamentales, lo que facilita una respuesta coordinada y eficaz (Cano López y Casas Méndez, 2023; Ruiz, 2017).

Durante desastres naturales como terremotos, inundaciones y huracanes, donde las rutas de acceso pueden quedar bloqueadas o destruidas, la capacidad del DJI M300/350 para sortear obstáculos y entregar suministros directamente a las áreas afectadas es incomparable. Esto no sólo acelera la entrega de ayuda, sino que también reduce el riesgo para los socorristas que tendrían que atravesar terrenos peligrosos para llegar a las víctimas (Ruiz, 2017). De esta manera, los drones también pueden ser utilizados para monitorear la evolución de un desastre en tiempo real, pro-



*Figura 8. Altavoz con megáfono y cámara integrada para dron DJI M300.
Nota. Drone-Payload, 2024*

porcionando datos continuos sobre el progreso de las operaciones de rescate y la situación general en el terreno. Esta capacidad de vigilancia constante permite a los coordinadores de emergencias ajustar sus estrategias sobre la marcha, optimizando el uso de recursos y mejorando la eficiencia de la respuesta (Cano López y Casas Méndez, 2023).

Es decir, la capacidad del DJI M300/350 para operar en condiciones difíciles, su flexibilidad para transportar diversas cargas útiles y su capacidad para proporcionar datos en tiempo real hacen que sea una herramienta invaluable en la respuesta a desastres naturales y emergencias humanitarias. La integración de esta tecnología en las operaciones de rescate y ayuda humanitaria no sólo mejora la eficiencia y efectividad de la respuesta, sino que también salva vidas al permitir una intervención más rápida y precisa (Cano López y Casas Méndez, 2023; Ruiz, 2017). La adaptabilidad y resiliencia de estos drones frente a situaciones adversas subrayan su importancia creciente en la gestión de emergencias a nivel global.

CONCLUSIONES

La integración del DJI M300/350 puede mejorar significativamente las operaciones de logística militar. La capacidad de implementar una variedad de cargas útiles, como sensores LIDAR, cámaras de alta resolución y adicionales paquetes de suministros, permite a las unidades militares recibir apoyo logístico rápido y preciso incluso en terrenos difíciles. Esta eficiencia no sólo acelera las operaciones militares, sino que también optimiza la asignación de recursos, garantizando que los suministros críticos se entreguen a tiempo donde más se necesitan.

El uso de drones en aplicaciones militares reduce significativamente la exposición del personal militar a situaciones peligrosas. En zonas de conflicto o entornos de difícil acceso, los drones pueden asumir tareas de reconocimiento, entrega de suministros o permitir una alternativa de comunicación en lugares de poco acceso, minimizando el riesgo de bajas humanas. Esto es crucial para preservar la vida y salud del personal militar.

A pesar de las numerosas ventajas y capacidades del DJI M300/350, el uso de estos drones en operaciones militares y de rescate, también plantea importantes desafíos. Uno de los principales problemas es la dependencia de la tecnología y la infraestructura. En entornos donde las señales de satélite y GPS pueden verse bloqueadas o interferidas, la capacidad de un dron para operar de manera efectiva es limitada.

Las condiciones climáticas severas, como tormentas severas o vientos fuertes, pueden afectar la estabilidad y la seguridad de vuelo de los drones, limitando su capacidad para responder a emergencias. El costo de comprar y mantener drones modernos como el DJI M300/350 puede ser alto, lo que puede ser una barrera para la adopción a gran escala, especialmente en países con recursos limitados.

Los costos asociados con la capacitación de los empleados, el mantenimiento de los drones y la actualización de la infraestructura tecnológica pueden ser prohibitivos, lo que limita el acceso a esta tecnología a un pequeño grupo de usuarios. La capacidad de los drones para actuar como repetidores móviles y proporcionar datos en tiempo real mejora la comunicación y coordinación entre los equipos de respuesta. En muchos casos, las redes de comunicación convencionales pueden estar dañadas o sobrecargadas durante un desastre y los drones pueden mantener la conectividad y asegurar que los equipos de emergencia puedan coordinar sus esfuerzos de manera efectiva, optimizando el uso de recursos y mejorando la eficiencia de la respuesta (Gutiérrez y E.A, 2022).

Finalmente, el uso de drones en operaciones militares y de emergencia plantea cuestiones éticas y legales, incluidas preocupaciones sobre la privacidad y la soberanía del espacio aéreo, factores que influyen sobre las decisiones de legalidad de los drones, conllevan a que su utilización genere la necesidad de garantizar acciones confiables y defensa de la plena autonomía de los drones. La regulación de los drones es todavía un campo en evolución y la falta de regulaciones claras puede generar conflictos y malentendidos tanto a nivel nacional como internacional. La integración exitosa de los drones en estas operaciones requiere no sólo avances tecnológicos sino también el desarrollo de un marco legal y ético sólido para garantizar su uso responsable y seguro, siendo estos elementos de vital importancia para generar un sistema de autorización satisfactorio que garantice una implementación segura y funcional, de lo contrario, se convierte en uno de los mayores retos en el apoyo logístico militar.

REFERENCIAS

Cano López, C. E., & Casas Méndez, Y. L. (2023). Drone system for risk management. *Ingeniería Solidaria*, 19(2), 1–20. <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2023.02.06>

DJI. (2020). *DJI Matrice 300 specifications*. DJI Enterprise. <https://enterprise.dji.com/matrice-30/specs>

- DJI Enterprise. (2022, July 14). *How the DJI M300 is being used to deliver medical supplies & drive decentralization* [Blog post]. <https://enterprise-insights.dji.com/blog/werobotics-m300-cargo-medical-delivery>
- Drone-Payload. (2024). *Altavoz con megáfono y cámara integrada para dron DJI M300* [Imagen]. <https://www.drone-payload.com/es/product/dji-m300-drone-loudspeaker-megaphone-built-in-camera/>
- Floreano, D., & Wood, R. J. (2015). Science, technology and the future of small autonomous drones. *Nature*, 521(7553), 460–466. <https://doi.org/10.1038/nature14542>
- Gadget Drone. (2024). *Imágenes de uso de M300 en apoyos, búsqueda, seguridad y vigilancia* [Imagen]. <https://www.gadgetdrone.com.co/apoyos-busqueda-y-rescate-seguridad-y-vigilancia/>
- Geometrics. (2024). *Implementación de magnetómetro para entrega de suministros*. <https://shop.sphengineering.com/es/products/geometria-magarrow>
- Andrade Gutiérrez, E. A. (2022). *Comunicaciones habilitadas por drones: requisitos, tecnologías y automatización* [Trabajo de titulación, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23312>
- Harbaugh, M. (2018). *Unmanned aerial systems (UAS) for intelligence, surveillance, and reconnaissance (ISR)* [Informe técnico]. Defense Systems Information Analysis Center. <https://dsiac.dtic.mil/wp-content/uploads/2018/05/UNMANNED-AERIAL-SYSTEMS-UAS-FOR-INTELLIGENCE-SURVEILLANCE-AND-RECONNAISSANCE-ISR.pdf>
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. (2017). *Drones in humanitarian action: A guide to the use of airborne systems in humanitarian crises*. IFRC. <https://www.ifrc.org>
- Kreps, S. E. (2016). *Drones: What everyone needs to know*. Oxford University Press.
- LAS Electromedicina. (2023). *DEA* [Imagen]. <https://laselectromedicina.com/3-beneficios-y-tipos-de-desfibriladores/>

- Rana, K., Praharaj, S., & Nanda, T. C. (2016). Unmanned aerial vehicles (UAVs): An emerging technology for logistics. *International Journal of Business and Management Invention*, 5(1), 1–7. <http://www.ijbmi.org>
- Restas, A. (2015). Drone applications for supporting disaster management. *World Journal of Engineering and Technology*, 3(3), 316–321. <https://doi.org/10.4236/wjet.2015.33C047>
- Ruiz, P. F. A. (2017). *Normalización de políticas de uso de vehículos aéreos multirotores de microescala para uso militar en áreas de emergencias y desastres naturales en Ecuador* [Tesis de maestría]. <http://hdl.handle.net/10400.8/3182>
- Smart Gardens. (2022). *Planificación de misión de vuelo*. https://superffmk.live/product_details/35198655.html
- Soriano Torres, Á., Pérez Fernández, C. M., & Maestra Lozano, M. (2019). Utilidad y aplicación de los drones en la actuación de enfermería en situaciones de emergencias y catástrofes. *Paraninfo Digital*, (13), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s13049-016-0313-5>
- U.S. Department of Defense. (2019). *Unmanned systems integrated roadmap 2017–2042*. <https://www.defense.gov>
- Wingtra. (2023). *Real time kinematic functionality* [Imagen]. <https://wingtra.com/es/drones-ppk-vs-drones-rtk/>



DRONES^{2.0}

360° GRAND PRIX





PREMIACIÓN

PONENTES Y STAND



PILOTOS PRINCIPIANTES



PILOTOS AVANZADOS



ORGANIZADORES DEL EVENTO

TC. Diego Fabian Gonzáles Aguirre

MY. Henry Fabian Areiza Nava

MY. Yeinson Arley González Correa

ST. Edwin Alexander Rativa Sáenz

SS. Michael Andrés Jaimes Beltrán

Ing. Harold Julián Acosta León




SELLO EDITORIAL
EJÉRCITO NACIONAL