



# **¿Cómo Han Transformado las Tecnologías Emergentes el Panorama de las Aeronaves No Tripuladas en el Ámbito Militar y de Seguridad Nacional?**

Mayor (FAC) Carlos Andrés Tavera Florez

Artículo para optar al título profesional:

Especialización en Seguridad y Defensa Nacional

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"  
Bogotá D.C., Colombia  
2024

DATOS GENERALES	
<b>Nombre del estudiante</b>	: Mayor (FAC) Carlos Andrés Tavera Florez
<b>Identificación</b>	: 80088663
<b>Programa académico</b>	: Especialización en Seguridad y Defensa
<b>Tutor metodológico</b>	: SLP Omar Feney Vanegas Rincón
<b>Tutor temático</b>	:
<b>Fecha de entrega</b>	: 23 de Agosto de 2024
<b>Extensión</b>	: 7.820 palabras

#### DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS

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

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

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

#### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

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

# ¿Cómo Han Transformado las Tecnologías Emergentes el Panorama de las Aeronaves No Tripuladas en el Ámbito Militar y de Seguridad Nacional?

## How Emerging Technologies Have Transformed the Landscape of Unmanned Aerial Vehicles in the Military and National Security Domain?

**Carlos Andrés Tavera Florez<sup>1</sup>**

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

### **Resumen.**

Este artículo de revisión explora el impacto de las tecnologías emergentes en el desarrollo y uso de vehículos aéreos no tripulados (UAVs) dentro del ámbito militar y de seguridad nacional, con un enfoque particular en su aplicación en el conflicto armado colombiano actual. A través de un análisis exhaustivo de la literatura, se identifican y evalúan las innovaciones tecnológicas clave, como la inteligencia artificial, los sensores avanzados y los nuevos materiales compuestos, que han impulsado la evolución de los UAVs desde simples plataformas de observación hasta sistemas autónomos complejos. Se abordan dos objetivos principales: primero, identificar las tecnologías emergentes que están configurando el desarrollo de UAVs; y segundo, describir el impacto de estas tecnologías en las operaciones de seguridad y defensa, con un enfoque especial en el conflicto armado colombiano. Los resultados de la revisión indican que los UAVs han sido fundamentales en la mejora de las capacidades de vigilancia e inteligencia en Colombia, particularmente en la lucha contra el narcotráfico y los grupos armados ilegales. Sin embargo, también se destacan desafíos éticos y legales, así como la necesidad de marcos normativos adecuados para regular su uso. Se concluye que las tecnologías emergentes seguirán siendo cruciales para el futuro de la seguridad nacional, siempre que se gestionen de manera responsable.

---

<sup>1</sup> Mayor de la fuerza Aérea de Colombia. Candidato a especialista en seguridad y defensa, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Oficial Logístico, Ingeniero Aeronáutico, Especialista en Logística, Magister en Logística. <https://orcid.org/0009-0002-0786-6432> Contacto: [carlos.tavera@esdeg.edu.co](mailto:carlos.tavera@esdeg.edu.co).

**Palabras clave;** tecnologías emergentes; aeronaves no tripuladas; defensa; seguridad nacional; operaciones militares

**Abstract.**

This review article explores the impact of emerging technologies on the development and use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) within the military and national security domain, with a particular focus on their application in the current Colombian armed conflict.

Through a comprehensive analysis of the literature, key technological innovations such as artificial intelligence, advanced sensors, and new composite materials that have driven the evolution of UAVs from simple observation platforms to complex autonomous systems are identified and evaluated. The study addresses two main objectives: first, to identify the emerging technologies shaping UAV development; and second, to analyze the impact of these technologies on security and defense operations, with a special focus on the Colombian armed conflict. The findings indicate that UAVs have been instrumental in enhancing surveillance and intelligence capabilities in Colombia, particularly in the fight against drug trafficking and illegal armed groups. However, ethical and legal challenges are also highlighted, along with the need for appropriate regulatory frameworks. The study concludes that emerging technologies will continue to be crucial for the future of national security, provided they are managed responsibly.

**Keywords:** emerging technologies; UAVs; defense; national security; military operations

## **Introducción**

El desarrollo de sistemas no tripulados, particularmente los vehículos aéreos no tripulados (UAVs), ha transformado de manera significativa el panorama de la seguridad y defensa a nivel global. Estos sistemas, que comenzaron como herramientas de vigilancia y reconocimiento, han evolucionado gracias a las tecnologías emergentes, adquiriendo un papel central en operaciones militares y de seguridad nacional. La creciente sofisticación de los UAVs ha permitido a los estados realizar misiones complejas con mayor precisión y menos riesgos para el personal humano, lo que ha cambiado la dinámica de los conflictos contemporáneos, especialmente en contextos de guerra asimétrica como el conflicto armado colombiano.

En Colombia, los UAVs han sido integrados en las estrategias de seguridad y defensa como una respuesta a las amenazas de grupos armados ilegales y actividades de narcotráfico en áreas de difícil acceso. El uso de estas tecnologías ha permitido a las fuerzas militares obtener una ventaja estratégica en la recopilación de inteligencia, la vigilancia continua y la ejecución de ataques dirigidos. Los UAVs han sido particularmente útiles en operaciones que requieren un alto nivel de precisión y discreción, como la identificación y eliminación de líderes insurgentes y la interdicción de rutas de contrabando.

Sin embargo, el uso de UAVs no está exento de desafíos. Existen preocupaciones éticas y legales sobre su uso, especialmente en contextos donde los UAVs pueden operar de manera autónoma y tomar decisiones críticas sin intervención humana. Además, la

proliferación de UAVs en manos de actores no estatales, como grupos terroristas y narcotraficantes, representa una amenaza creciente que requiere la adaptación constante de las estrategias de seguridad.

Este artículo de revisión se enfoca en dos objetivos principales: primero, identificar las tecnologías emergentes que están moldeando el desarrollo de los UAVs; y segundo, analizar el impacto de estas tecnologías en las operaciones de seguridad y defensa nacionales, con un enfoque especial en el conflicto armado colombiano actual. A través de un análisis detallado de la literatura, se explorarán los avances tecnológicos clave y se discutirán los desafíos y oportunidades que estas tecnologías presentan para el futuro de la seguridad nacional.

## **Metodología**

La metodología empleada en este artículo es de naturaleza cualitativa y se basa en una revisión sistemática de la literatura existente sobre UAVs, tecnologías emergentes y su aplicación en contextos de seguridad y defensa. Para lograr los objetivos de este estudio, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de artículos científicos, informes técnicos y otros documentos relevantes en bases de datos académicas y repositorios institucionales. Se seleccionaron 30 referencias clave que abordan diversas áreas del desarrollo y uso de UAVs en operaciones militares, con un enfoque especial en Colombia.

Para filtrar adecuadamente la bibliografía se tuvieron los siguientes criterios de selección:

**Relevancia temática.** Solo se incluyeron referencias que aborden directamente el desarrollo, implementación o impacto de UAVs en operaciones de seguridad y defensa.

**Actualidad.** Se priorizaron estudios recientes (publicados entre 2010 y 2024) para garantizar la relevancia de los hallazgos en el contexto actual.

**Calidad académica.** Se seleccionaron referencias publicadas en revistas indexadas y reconocidas por su rigor científico.

**Contexto colombiano.** Dado el enfoque particular en Colombia, se incluyeron estudios que analicen el uso de UAVs en este país.

El análisis de contenido se centró en identificar las innovaciones tecnológicas que han permitido la evolución de los UAVs y en evaluar cómo estas innovaciones han influido en las operaciones de seguridad y defensa. Además, se analizó el impacto específico de estas tecnologías en el contexto colombiano, considerando tanto sus beneficios como los desafíos que plantean. Este enfoque permitió obtener una comprensión integral del papel de los UAVs en la seguridad nacional y su evolución en respuesta a las amenazas contemporáneas y permite fundamentar el cuadro metodológico mostrado en la **Tabla 1** para ayudarnos a desarrollar cada objetivo de una manera adecuada:

**Tabla 1.**  
*Cuadro de Metodología de investigación*

---

<i>Objetivo</i>	<i>Enfoque Metodológico</i>	<i>Técnica</i>	<i>Instrumento</i>	<i>Recurso</i>
-----------------	-----------------------------	----------------	--------------------	----------------

---

---

1. Identificar las tecnologías emergentes que están configurando el desarrollo de UAVs en el conflicto armado colombiano	Cualitativo	Revisión sistemática	Revisión bibliográfica	Bases de datos académicas, informes gubernamentales, artículos, tesis.
2. Identificar el impacto de las tecnologías emergentes de aeronaves no tripuladas en las operaciones militares y de seguridad nacional.	Cualitativo	Análisis de contenido	Desarrollo de una matriz de análisis de impacto	Publicaciones especializadas, estudios de caso, informes de operaciones militares

---

Fuente: Elaboración propia para desarrollo metodológico de los objetivos.

El análisis de impacto se centró en comprender cómo las tecnologías emergentes han cambiado el rol de los UAVs en las operaciones militares y de seguridad. Para esto, en el desarrollo del objetivo dos, se desarrollará una matriz de análisis de impacto que permitieron evaluar el efecto de cada tecnología sobre las capacidades operativas de los UAVs. Además, se analizaron casos específicos en los que los UAVs han desempeñado un papel crucial en misiones de seguridad. Estos casos fueron seleccionados en base a su relevancia para el conflicto armado colombiano y su potencial para ilustrar las aplicaciones prácticas de las tecnologías emergentes.

## **Tecnologías emergentes que están configurando el desarrollo de UAVs en el conflicto armado colombiano**

El desarrollo de UAVs ha sido impulsado por una serie de innovaciones tecnológicas que han permitido mejorar su rendimiento, autonomía y versatilidad. Estas tecnologías han sido



clave para transformar los UAVs en herramientas multifuncionales que pueden ser utilizadas en una amplia variedad de misiones militares y de seguridad. A continuación, se describen las principales innovaciones tecnológicas que han tenido un impacto significativo en los UAVs.

### **Inteligencia Artificial y Machine Learning**

La inteligencia artificial (IA) y el machine learning son quizás las tecnologías más transformadoras en el desarrollo de UAVs. Estas tecnologías han permitido que los UAVs adquieran capacidades autónomas que mejoran significativamente su eficacia en misiones de reconocimiento, vigilancia y ataque. La IA permite a los UAVs procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, identificar patrones y tomar decisiones basadas en algoritmos avanzados (Szabolcsi, 2014). Por ejemplo, los UAVs pueden analizar imágenes capturadas por sensores en tiempo real para detectar amenazas potenciales, rastrear movimientos sospechosos o identificar cambios en el entorno que podrían indicar la presencia de enemigos.

En el contexto nacional, la integración de IA en UAVs ha sido especialmente útil en la identificación de amenazas en áreas remotas. Las selvas del sur de Colombia, donde operan grupos armados ilegales, son difíciles de monitorear con métodos tradicionales. Los UAVs equipados con IA pueden patrullar estas áreas de manera autónoma, detectando actividades sospechosas y transmitiendo esta información a las fuerzas de seguridad para que tomen las medidas necesarias (Contreras Henao, 2014). Además, el machine learning permite a los UAVs aprender de experiencias pasadas, mejorando continuamente su

rendimiento y adaptándose a nuevas amenazas, lo que es crucial en un entorno tan dinámico como el conflicto armado colombiano.

### **Sensores Avanzados y Tecnologías de Comunicación**

Los sensores avanzados han sido un componente esencial en la evolución de los UAVs. Estos sensores incluyen cámaras de alta resolución, radares de apertura sintética, sensores infrarrojos y tecnologías de detección láser, todos los cuales permiten a los UAVs recopilar información detallada sobre el terreno, las condiciones atmosféricas y la presencia de amenazas. Estos sensores son particularmente útiles en misiones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR), donde la precisión es crucial para el éxito de la operación (Patterson & Grenestedt, 2018).

En Colombia, los sensores avanzados han permitido a los UAVs realizar operaciones de vigilancia en tiempo real en zonas de conflicto. Por ejemplo, los UAVs equipados con cámaras de alta resolución pueden monitorear la actividad en campos de cultivo ilícitos, detectando la presencia de laboratorios de procesamiento de drogas o campamentos de grupos armados ilegales. Los radares de apertura sintética permiten a los UAVs "ver" a través de la vegetación densa, lo que es crucial en las selvas colombianas, donde los grupos armados pueden ocultarse fácilmente del reconocimiento aéreo tradicional (INFODEFENSA, 2024).

Además de los sensores, las tecnologías de comunicación han avanzado significativamente, permitiendo la transmisión de datos en tiempo real desde los UAVs a

## **Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**

Bogotá D.C., Colombia

los centros de comando y control. Esto es especialmente importante en operaciones de combate, donde la información en tiempo real puede ser la diferencia entre el éxito y el fracaso de una misión. Los UAVs en Colombia han sido equipados con enlaces de datos satelitales que permiten a las fuerzas armadas coordinar ataques y operaciones de interdicción en tiempo real, mejorando la efectividad de las operaciones militares (Chari & Al-Maadeed, 2021).

### **Innovaciones en Materiales y Diseño Estructural**

El uso de materiales compuestos avanzados, como la fibra de carbono, ha permitido desarrollar UAVs más ligeros, duraderos y eficientes. Estos materiales no solo reducen el peso de los UAVs, sino que también aumentan su resistencia a las condiciones ambientales adversas, lo que es esencial para misiones prolongadas en entornos desafiantes como las selvas del sur de Colombia (Kleinschmidt, 2015). Además, los avances en diseño estructural han mejorado la maniobrabilidad y la autonomía de los UAVs, ampliando su rango de aplicaciones en operaciones de seguridad y defensa.

Localmente, estos avances en materiales y diseño han permitido la creación de UAVs autóctonos como el Quimbaya, desarrollado por la Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana (CIAC). El Quimbaya es un UAV diseñado para misiones de vigilancia y reconocimiento en áreas remotas, y su construcción ligera y duradera le permite operar en las condiciones extremas de la selva colombiana durante períodos prolongados sin necesidad de mantenimiento o reabastecimiento frecuente (INFODEFENSA, 2024).

Además, la evolución de los UAVs también ha sido facilitada por innovaciones en los sistemas de energía. Los avances en las baterías y en las tecnologías de recarga han permitido extender la duración de las misiones de los UAVs, reduciendo la necesidad de interrupciones frecuentes para recargar o reemplazar baterías. Esto es particularmente crucial en operaciones prolongadas en áreas de difícil acceso, como las selvas colombianas, donde los UAVs pueden necesitar operar durante varios días sin acceso a infraestructura de apoyo (Marta & Gamboa, 2014).

### **Innovaciones Específicas en Colombia.**

Colombia ha mostrado un fuerte compromiso con la modernización de sus capacidades de defensa mediante el desarrollo de tecnologías autóctonas en el campo de los UAVs. El desarrollo del UAV Quimbaya es un ejemplo destacado de cómo el país ha adoptado tecnologías emergentes para satisfacer sus necesidades operativas específicas. Este UAV ha sido diseñado para realizar misiones de vigilancia de fronteras, interdicción de narcotráfico y apoyo en operaciones contra insurgentes. Equipado con sensores avanzados y tecnologías de comunicación en tiempo real, el Quimbaya ha demostrado ser una herramienta valiosa en la lucha contra el crimen organizado y las amenazas asimétricas (INFODEFENSA, 2024).

Además, el compromiso del país con la innovación tecnológica en el campo de los UAVs no se limita al desarrollo de plataformas. También incluye la adopción de nuevas metodologías de gestión tecnológica que permiten la implementación eficiente de proyectos de investigación y desarrollo en el sector aeroespacial (Germán & Pirateque, 2017). Estas metodologías han sido clave para asegurar que los proyectos de UAVs en Colombia no solo

se completen a tiempo y dentro del presupuesto, sino que también cumplan con los altos estándares de calidad y rendimiento requeridos por las fuerzas armadas.

El éxito de Colombia en el desarrollo de UAVs autóctonos como el Quimbaya ha demostrado que el país tiene la capacidad de competir en el escenario internacional de tecnología militar. Este éxito también ha fomentado una mayor colaboración entre el sector privado y el gobierno en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de defensa, lo que podría llevar a la creación de más UAVs avanzados en el futuro (CIAC, 2012).

### **Identificar el impacto de las tecnologías emergentes de aeronaves no tripuladas en las operaciones militares y de seguridad nacional.**

El impacto de las tecnologías emergentes de aeronaves no tripuladas va estrechamente relacionado con sus ventajas operacionales, tiempos extendidos de vuelo, bajos costos de operación, no hay peligro de pérdidas humanas en las operaciones, versatilidad de uso, transmisión en tiempo real de imágenes a gran altura, difícil detección, difícil contención de este tipo de tecnologías. Las características anteriores tienen especial relevancia en los siguientes campos operacionales:

#### **Mejora en las Capacidades ISR.**

Las capacidades de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR) han sido significativamente mejoradas por el uso de UAVs en Colombia. Estos sistemas no

## **Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**

Bogotá D.C., Colombia

tripulados permiten una vigilancia continua en áreas remotas y difíciles de acceder, lo que ha sido fundamental en la lucha contra el narcotráfico y los grupos armados ilegales. En particular, los UAVs han permitido a las fuerzas armadas colombianas detectar y monitorear actividades ilícitas en tiempo real, lo que ha facilitado la planificación y ejecución de operaciones más efectivas (Cubillos et al., 2020).

Por ejemplo, en operaciones de interdicción de narcotráfico, los UAVs equipados con cámaras de alta resolución y sensores infrarrojos han sido utilizados para detectar cultivos ilícitos y laboratorios de procesamiento de drogas ocultos en la selva. Estos UAVs proporcionan imágenes detalladas y datos en tiempo real a los centros de comando, permitiendo a las fuerzas armadas planificar y ejecutar operaciones de erradicación de cultivos con precisión quirúrgica, minimizando el riesgo de bajas civiles y reduciendo el tiempo necesario para completar la misión (Augusto et al., 2018).

Además, los UAVs han sido cruciales en la vigilancia de las fronteras colombianas, donde los grupos armados ilegales a menudo cruzan de un país a otro para evadir la captura. Los UAVs pueden patrullar estas áreas de manera continua, proporcionando una capa adicional de seguridad que ha sido vital para prevenir incursiones y ataques transfronterizos (INFODEFENSA, 2024). Esta capacidad de vigilancia continua es particularmente importante en las regiones montañosas y selváticas de Colombia, donde el terreno accidentado hace que la vigilancia terrestre sea extremadamente difícil.

### **Operaciones Ofensivas y Ataques de Precisión.**

Los UAVs han transformado la forma en que las fuerzas armadas colombianas llevan a cabo operaciones ofensivas. En particular, los UAVs han sido utilizados para realizar ataques de precisión contra líderes de grupos armados y narcotraficantes, lo que ha permitido desarticular redes criminales y debilitar significativamente la capacidad operativa de estos grupos (Contreras Henao, 2014). Estos ataques de precisión son posibles gracias a la capacidad de los UAVs para operar de manera discreta y alcanzar objetivos específicos sin alertar a las fuerzas enemigas.

Un ejemplo destacado de esto es el uso de UAVs en la Operación Fénix, una operación militar colombiana que tuvo lugar en 2008 y que resultó en la eliminación de un alto comandante de las FARC. Los UAVs fueron utilizados para proporcionar vigilancia continua sobre el campamento del comandante durante varios días, recopilando inteligencia crucial que permitió a las fuerzas armadas planificar y ejecutar un ataque de precisión con un riesgo mínimo para el personal militar (Contreras Henao, 2014).

Además de los ataques de precisión, los UAVs también han sido utilizados en operaciones de reconocimiento y vigilancia previas a los ataques, proporcionando a los comandantes militares la información necesaria para tomar decisiones informadas y maximizar la efectividad de las operaciones (Kleinschmidt, 2015). Esta capacidad de recopilación de inteligencia en tiempo real ha sido un factor clave en el éxito de muchas operaciones militares en Colombia, permitiendo a las fuerzas armadas mantenerse un paso adelante de sus adversarios.

### **Desafíos y Oportunidades Futuras.**

A pesar de los avances tecnológicos, el uso de UAVs en operaciones militares y de seguridad plantea una serie de desafíos significativos. Uno de los principales desafíos es la cuestión de la ética y la legalidad en el uso de UAVs, especialmente cuando estos sistemas operan de manera autónoma. La capacidad de los UAVs para tomar decisiones críticas sin intervención humana plantea preguntas sobre la responsabilidad en caso de errores operativos y sobre los límites del uso de la fuerza en conflictos armados (Chaari & Al-Maadeed, 2021).

Además, la proliferación de UAVs en manos de actores no estatales, como grupos terroristas y narcotraficantes, representa una amenaza creciente que requiere respuestas innovadoras y la adaptación constante de las estrategias de seguridad. Por ejemplo, en 2019, se informó que grupos narcotraficantes en Colombia estaban utilizando UAVs para contrabandear drogas a través de las fronteras, lo que subraya la necesidad de desarrollar contramedidas efectivas para enfrentar esta amenaza emergente (Chaari & Al-Maadeed, 2021).

Otro desafío importante es la necesidad de marcos normativos adecuados que regulen el uso de UAVs tanto en el ámbito civil como militar. Actualmente, la regulación de UAVs en Colombia y en muchos otros países sigue siendo limitada, lo que crea incertidumbre sobre cómo se deben utilizar estos sistemas y qué medidas de seguridad deben implementarse para prevenir su mal uso (Acuña Lizarazo, 2016). Para abordar estos desafíos, es crucial que los gobiernos y las instituciones internacionales colaboren en la creación de normativas claras y coherentes que aseguren el uso responsable de UAVs.



### **Implicaciones Legales y Éticas del Uso de UAVs.**

El uso de drones en conflictos armados ha generado un debate considerable en torno a su legitimidad bajo el Derecho Internacional Humanitario (DIH). Como se detalla en el artículo "La Utilización de los Drones en los Conflictos Armados" de Gustavo H.

Krasñansky y María Elena Rossi, los drones son considerados aeronaves bajo las Normas y Métodos Recomendados de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Esto significa que, aunque los drones no son intrínsecamente ilícitos, su uso en conflictos armados está sujeto a las mismas normativas que aplican a otros sistemas de armas.

Los principios del DIH, como el de distinción y proporcionalidad, son esenciales para determinar la legitimidad de los ataques con drones. Estos principios exigen que se haga una clara distinción entre combatientes y civiles, y que los daños incidentales a civiles no sean desproporcionados en relación con la ventaja militar obtenida. La capacidad de los drones para llevar a cabo ataques precisos es uno de los argumentos a favor de su uso, ya que, en teoría, deberían reducir las bajas civiles. Sin embargo, como señala el artículo, la realidad es que los ataques con drones han causado un número significativo de víctimas civiles, lo que plantea preguntas sobre su cumplimiento con el DIH (Krasñansky & Rossi, 2021).

Además, el uso de drones fuera de un contexto de conflicto armado plantea aún más desafíos legales, ya que no se aplica el DIH sino la legislación nacional y el Derecho Internacional de los Derechos Humanos. La distinción entre un conflicto armado internacional y un conflicto armado no internacional es crucial para determinar las

normativas aplicables y la legitimidad de las acciones realizadas con drones. Esta complejidad legal subraya la necesidad de un marco jurídico más claro y la revisión continua de las normativas existentes para abordar las nuevas realidades que presentan los drones en el campo de batalla.

Recogiendo las principales ideas de los impactos de las tecnologías emergentes se puede desarrollar la siguiente matriz mostrada en la **Tabla 2** que nos ayudará a darle cumplimiento a desarrollo de nuestro segundo objetivo

**Tabla 2.**  
*Matriz de análisis de Impacto.*

<b>Aspecto Evaluado</b>	<b>Impacto Positivo</b>	<b>Impacto Negativo</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Eficacia Operacional</b>	Permiten ataques precisos y reducción de bajas propias.	Riesgo de errores operacionales que causen daños colaterales.	Aumentan la capacidad de vigilancia y reconocimiento.
<b>Costo Operacional</b>	Reducción de costos en operaciones a gran escala.	Alto costo en desarrollo de tecnología antidrones.	Los drones son relativamente económicos en comparación con aviones tripulados.

<b>Aspecto Legal</b>	Posibilidad de conformidad con el Derecho Internacional Humanitario (DIH) mediante ataques precisos.	Dificultad para cumplir con los principios de distinción y proporcionalidad del DIH.	La normativa actual es insuficiente y requiere actualización.
<b>Aspecto Ético</b>	Minimiza la exposición de soldados a situaciones de peligro.	Deshumanización del combate y menor consideración de las consecuencias de los ataques.	Los operadores de drones pueden estar distanciados de la realidad del campo de batalla.
<b>Seguridad Nacional</b>	Mejora de la capacidad de respuesta ante amenazas asimétricas.	Proliferación de drones en manos de actores no estatales.	La accesibilidad de drones comerciales aumenta el riesgo de su uso por grupos terroristas.
<b>Impacto Civil</b>	Reducción potencial de bajas civiles mediante ataques precisos.	Posibilidad de altas bajas civiles en caso de fallos en la identificación de objetivos.	El uso de drones en áreas urbanas con alta densidad de población es especialmente delicado.
<b>Innovación Tecnológica</b>	Impulso al desarrollo de nuevas tecnologías en defensa y seguridad.	Incremento en la carrera armamentista de tecnologías autónomas.	Las tecnologías emergentes están avanzando rápidamente, lo que requiere regulaciones adaptativas.

---

<b>Aspecto Estratégico</b>	Permite la vigilancia continua y la recopilación de inteligencia en tiempo real.	Dependencia excesiva de la tecnología que podría ser vulnerable a ciberataques.	La inteligencia artificial y el machine learning son componentes clave de la estrategia.
----------------------------	--	---	--

---

**Fuente:** Elaboración propia basada en el análisis sistemático de la bibliografía.

## Conclusiones

Al finalizar la revisión, se puede concluir que las tecnologías emergentes han revolucionado el campo de los sistemas no tripulados, particularmente los UAVs, transformándolos en herramientas esenciales para la seguridad y defensa nacional. En Colombia, los UAVs han desempeñado un papel crucial en la lucha contra el narcotráfico y los grupos armados ilegales, mejorando significativamente las capacidades de vigilancia, reconocimiento y ataque de las fuerzas armadas. Sin embargo, el uso de estas tecnologías también plantea desafíos éticos, legales y de seguridad que deben ser abordados para garantizar su implementación responsable y efectiva.

Según la literatura consultada, finalmente se evidencia que uno de los principales desafíos asociados con los drones es la facilidad con la que cualquier persona puede adquirir un dron comercial. Esta accesibilidad, si bien democratiza el uso de la tecnología, también permite que actores no estatales, incluidos grupos terroristas y criminales, adapten drones comerciales para fines bélicos. La facilidad con la que se pueden modificar estos drones para llevar a cabo ataques, realizar espionaje o transportar explosivos representa una amenaza directa a la seguridad nacional y subraya la necesidad urgente de desarrollar tecnologías antidrones efectivas (Chaari & Al-Maadeed, 2021).

A pesar de los avances en las tecnologías antidrones, estas soluciones pueden ser extremadamente costosas y a menudo requieren inversiones significativas en desarrollo e implementación. Esto crea una disparidad entre el costo de los drones, que son relativamente baratos, y las costosas medidas necesarias para contrarrestarlos. La velocidad con la que las tecnologías de drones están evolucionando significa que las medidas antidrones deben ser continuamente actualizadas, lo que añade otra capa de costos y complicaciones para los estados y las organizaciones que deben defenderse de estos ataques (Chaari & Al-Maadeed, 2021).

Es crucial que Colombia y otras naciones consideren no solo la efectividad tecnológica de las soluciones antidrones, sino también su viabilidad económica a largo plazo. Además, se necesita una regulación más estricta y un enfoque global coordinado para mitigar los riesgos asociados con esta tecnología. La comparación internacional de estrategias también ofrece lecciones valiosas que pueden ser aplicadas para mejorar la eficacia de los UAVs en operaciones de seguridad y defensa.

Finalmente, el éxito futuro de los UAVs en el ámbito de la seguridad y defensa dependerá en gran medida de la capacidad de los estados para adaptarse a las amenazas emergentes y para integrar de manera efectiva las tecnologías avanzadas en sus estrategias de seguridad. A medida que las tecnologías continúan evolucionando, es probable que los UAVs jueguen un papel cada vez más importante en la protección de la soberanía y la seguridad nacional, no solo en Colombia, sino en todo el mundo.

## Referencias

- Germán, Capitán, & Pirateque, W. R. (2017). \*Diseño Pi. Gestión Tecnológica para el Diseño de Proyectos de Ingeniería\*. Publicaciones FAC.
- Augusto, G., Peña, C., Rosales Escobar, G., & García, S. (2018). \*Sobrevolando la seguridad ciudadana con la nueva tecnología Dron en Bogotá\*. Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado de <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/20397>
- Kleinschmidt, J. (2015). Drones y el orden legal internacional. \*Colombia Internacional, 84\*, 17-42. <https://doi.org/10.7440/COLOMBIAINT84.2015.01>
- Szabolcsi, R. (2014). A New Approach of Certification of the Airworthiness of the Uav Automatic Flight Control Systems. \*Revista Academiei Fortelor Terestre, 19\*(4).
- Haluani, M. (2014). La tecnología aviónica militar en los conflictos, implicaciones del uso de drones letales.
- Contreras Henao, M. G. (2014). El uso de aeronaves remotamente tripuladas en el conflicto armado colombiano y el derecho internacional humanitario. \*Revista de Derecho Público, 33\*(12), 1-23. <https://doi.org/10.15425/redepub.33.2014.10>
- Chaari, M. Z., & Al-Maadeed, S. (2021). The game of drones/weapons makers' war on drones. \*Unmanned Aerial Systems: Theoretical Foundation and Applications\*. Elsevier, 465-493.
- Cubillos, A. A. E., Calderón, J. A. A., & Suescún, Ó. Y. B. (2020). Innovaciones tecnológicas en las fuerzas militares de los países del mundo: una revisión preliminar. \*Revista Científica General José María Córdova, 18\*(29), 213-235.

Basante, J. G. C. (2020). Innovación de la tecnología a través del uso de aeronaves no tripuladas.

Lizárraga, M. I. (2014). De Venecia a Iraq: 150 años del empleo militar de aeronaves no tripuladas. Recuperado de <http://airminded.org/2009/08/22/the-first-air-bomb-venice-15-july-1849/>

Acuña Lizarazo, M. E. (2016). Vista de Drones, nuevos panoramas para la aviación: análisis comparativo de la normatividad internacional frente a la normatividad colombiana. \*Ciencia y Poder Aéreo\*. Recuperado de <https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo/article/view/524/689>

Gieras, P. (2019). Drones: América Latina bajo vigilancia, el impacto de las nuevas tecnologías en la resolución de conflictos. Recuperado de <http://www.cries.org/wp-content/uploads/2020/09/007-Gieras.pdf>

INFODEFENSA. (202

4). Colombia revela las capacidades de su uav Quimbaya. \*INFODEFENSA\*. Recuperado de <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4735970/colombia-revela-capacidades-uav-quimbaya#>

Marta, A. C., & Gamboa, P. V. (2014). LONG ENDURANCE ELECTRIC UAV FOR CIVILIAN SURVEILLANCE MISSIONS. \*Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences\*.

Chiesa, S., Cresto Aleina, S., Di Meo, G. A., & Fusaro, R. (2014). AUTONOMOUS TAKE-OFF AND LANDING FOR UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM RISK

- AND SAFETY ANALYSIS. \*Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, 29\*.
- OACI. (1944). \*Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Convenio de Chicago)\*. OACI.
- Sánchez, G., Jiménez, M., & Valenzuela, M. (2013). Vehículos aéreos no tripulados en Latinoamérica. Recuperado de [www.infodefensa.com](http://www.infodefensa.com)
- Infodron.es. (2023). La industria de los sistemas no tripulados cierra 2023 con sólidos resultados e importantes avances tecnológicos. Recuperado de <https://www.infodron.es/texto-diario/mostrar/4659312/industria-sistemas-no-tripulados-cierra-2023-solidos-resultados-e-importantes-avances-tecnologicos>
- CIAC. (2012). Sistema ART Quimbaya - CIAC. Recuperado de <https://ciac.gov.co/sistema-art-quimbaya/>
- Austin, R. (2010). \*Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment\*.
- Contreras, H. M. G. (2014). Análisis del uso de UAVs en el conflicto armado colombiano y su impacto en el derecho internacional humanitario.
- Chaari, M. Z., & Al-Maadeed, S. (2021). Discusión sobre las amenazas de seguridad planteadas por drones, incluyendo usos ilegales y ataques terroristas.
- Basante, J. G. C. (2020). Innovación tecnológica en Colombia a través del uso de aeronaves no tripuladas.
- Lizárraga, M. I. (2014). Revisión histórica del uso militar de drones, desde sus inicios hasta su evolución moderna.



Acuña Lizarazo, M. E. (2016). Comparación entre la normativa internacional y colombiana sobre el uso de drones en seguridad y defensa.

Gieras, P. (2019). Evaluación del impacto de los drones en la seguridad y vigilancia en América Latina.

Chiesa, S., Cresto Aleina, S., Di Meo, G. A., & Fusaro, R. (2014). Innovación en sistemas autónomos para despegue y aterrizaje de UAVs, con análisis de seguridad y riesgos asociados.

Sánchez, G., Jiménez, M., & Valenzuela, M. (2013). Revisión sobre la implementación de UAVs en operaciones militares en Latinoamérica.

Infodron.es. (2023). Evaluación de los avances tecnológicos y resultados en la industria de sistemas no tripulados al cierre de 2023.

OACI. (1944). Directrices internacionales para la navegación aérea, con énfasis en las regulaciones para aeronaves civiles.

---