

**“PROPOSAL FOR THE RESTRUCTURING OF AIR BASE DEFENSE
IN PERU AGAINST UAV-BASED HYBRID THREATS IN A CIVIL-
MILITARY CONTEXT”**

**“PROPUESTA PARA LA REESTRUCTURACIÓN DE LA DEFENSA
DE LAS BASES AÉREAS EN PERÚ CONTRA LAS AMENAZAS
HÍBRIDAS BASADAS EN UAV EN UN CONTEXTO CÍVICO-MILITAR”**

Autor:
Mayor ERC Lee Taeung
El Ejército de la República de Corea
ORCID : 0009-0009-7093-5657
Correo : comgl12345@gmail.com

DOI: 10.61556/ampg. v5i06.95

RESUMEN

Esta investigación, de carácter propositivo y de diseño conceptual, presenta una propuesta integral para la reestructuración de la defensa de bases aéreas del Perú ante amenazas híbridas basadas en UAV, en el marco del espacio aéreo civil–militar. El estudio identifica brechas actuales en la detección, protocolos de respuesta e integración institucional, y analiza lecciones del conflicto Rusia–Ucrania para formular un modelo multinivel que combina detección, identificación y neutralización seguras para el entorno civil. La metodología incluye revisión documental, análisis de casos, trabajo de campo y diagnóstico con escenarios simulados. Se proponen reformas legales e institucionales que habiliten la implementación progresiva del sistema, con el objetivo de fortalecer la resiliencia nacional y proyectar al Perú como referente regional en defensa aérea contra amenazas emergentes.

Palabras clave: Amenazas híbridas, Control del espacio aéreo, Defensa de bases aéreas, Espacio aéreo híbrido, Integración civil–militar, UAV.

ABSTRACT

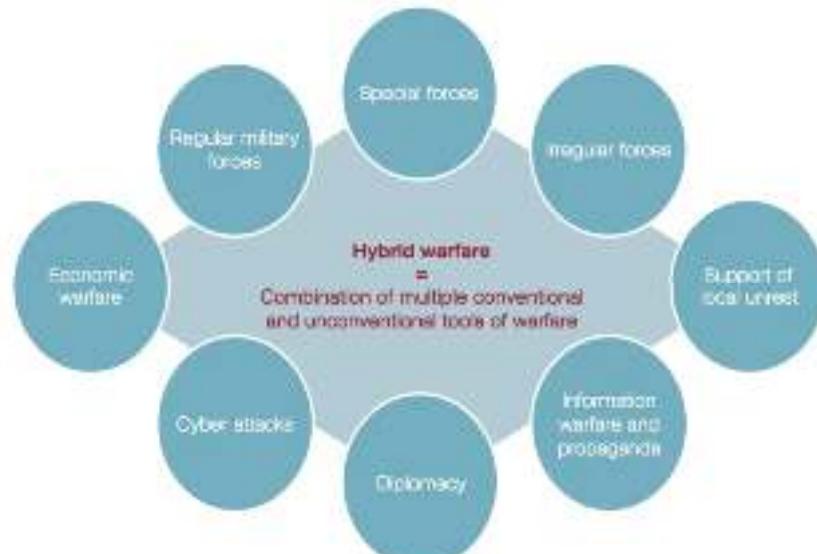
This study, propositional in nature and based on a conceptual design approach, presents an integrated strategy for restructuring the defense of Peru's air bases against UAV-based hybrid threats within the framework of the civil–military airspace. The research identifies existing gaps in detection, response protocols, and institutional integration, and draws lessons from the Russia–Ukraine conflict to develop a multilevel defense model that combines detection, identification, and neutralization measures safe for civilian environments. The methodology includes a systematic literature review, case study analysis, fieldwork, and vulnerability diagnosis through simulated scenarios. The proposed strategy incorporates legal and institutional reforms to enable its progressive implementation, aiming to strengthen national resilience and position Peru as a regional leader in air defense against emerging threats.

Keywords: Air base defense, Airspace control, Civil–military integration, Hybrid airspace, Hybrid threats, UAV.

INTRODUCCIÓN

En el siglo XXI, la proliferación de vehículos aéreos no tripulados (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) ha trascendido la mera evolución tecnológica para convertirse en un punto de inflexión estratégico que redefine el paradigma de la seguridad nacional. En particular, los UAVs de pequeño tamaño, debido a su bajo costo, flexibilidad operativa, sigilo y creciente sofisticación en la ejecución de misiones, imponen amenazas asimétricas a las estructuras militares y sistemas de defensa tradicionales. Su ámbito de influencia se extiende no solo a los teatros de operaciones convencionales, sino también a espacios aéreos civiles y a infraestructuras críticas nacionales. Lima, presenta un entorno estratégico caracterizado por la proximidad espacial entre el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez y bases aéreas militares, configurando un espacio aéreo compuesto altamente vulnerable a amenazas híbridas mediadas por UAVs. Esta realidad expone las limitaciones de los enfoques defensivos unidimensionales y destaca la necesidad imperante de una reconfiguración estratégica integral que incorpore la integración cívico-militar y una modernización tecnológica y normativa simultánea.

Figura 1
Elementos de la guerra híbrida, 2025



Fuente: Fernández-Villacañas Marín, M. A. (2025)

En este contexto, y bajo un enfoque de carácter propositivo y de diseño conceptual, la investigación plantea dos hipótesis constructivas. Primero, que las amenazas híbridas basadas en UAVs resaltan la necesidad de estrategias multifacéticas y coordinadas, más que indicar insuficiencia de los sistemas existentes. Segundo, que la integración efectiva de recursos civiles y militares, la actualización institucional y regulatoria, y el desarrollo paralelo de tecnologías avanzadas de vigilancia y neutralización son factores clave para fortalecer la capacidad de respuesta.

El presente estudio, de naturaleza propositiva se basa en un análisis detallado de los usos tácticos y estratégicos de UAVs en el conflicto Rusia-Ucrania, con el fin de extraer aprendizajes que ayuden a diagnosticar oportunidades de mejora en las bases aéreas peruanas y formular soluciones integrales.

Esta investigación responde a las siguientes preguntas:

Pregunta 1. ¿Cuáles son las brechas actuales frente a UAV híbridos en Perú?

Pregunta 2. ¿Qué requisitos debe cumplir un sistema integrado Sistema de Contramedidas contra Aeronaves No Tripuladas (Counter-Unmanned Aircraft System, C-UAS)?

Pregunta 3. ¿Qué reformas institucionales facilitarían su implementación?

El objetivo principal es describir científicamente la naturaleza y evolución de las amenazas híbridas basadas en UAV y analizar cómo, dentro del espacio aéreo civil-militar en Perú, puede implementarse una reestructuración integral de la defensa aérea con enfoque proactivo, liderada por la Fuerza Aérea Peruana. Esta propuesta busca proporcionar un marco teórico-práctico que fortalezca la resiliencia nacional frente a amenazas multidimensionales, contribuyendo

académica y estratégicamente a la mejora de capacidades en Perú y en contextos similares.

MÉTODO

Este estudio, de carácter propositivo y de diseño conceptual, empleó diversos métodos de investigación para analizar de manera integral la vulnerabilidad y las estrategias de respuesta frente a amenazas híbridas basadas en UAV en el espacio aéreo combinado civil–militar de Perú. El proceso metodológico se estructuró en cuatro fases complementarias:

Fase 1: Revisión documental.

Se realizó una revisión sistemática de literatura académica nacional e internacional, informes gubernamentales y documentos de políticas y estrategias militares relacionados con el desarrollo tecnológico de los UAV y la gestión de amenazas híbridas. En esta fase se recopilaron datos primarios y secundarios centrados en el caso de la guerra entre Rusia y Ucrania, con el fin de extraer lecciones aplicables y buenas prácticas para fortalecer la defensa peruana.

Fase 2: Análisis de casos internacionales.

Se profundizó en el modo de operación y los efectos tácticos de los UAV en el conflicto Rusia–Ucrania, prestando especial atención a la integración de tácticas multidominio, operaciones conjuntas de guerra electrónica y psicológica, así como a la transformación de drones comerciales civiles para fines de defensa. El objetivo fue comprender cómo los UAV pueden ser gestionados eficazmente como herramientas de protección y prevención de amenazas híbridas.

Fase 3: Trabajo de campo.

Para entender la estructura del espacio aéreo y el estado de los sistemas de defensa en Lima, se realizaron visitas de campo al Aeropuerto Internacional Jorge Chávez y a bases aéreas cercanas, acompañadas de entrevistas con funcionarios de la Dirección General Aeronáutica Civil (DGAC), la Fuerza Aérea del Perú y autoridades de seguridad. Esta fase permitió identificar oportunidades de mejora en infraestructura, cooperación institucional y capacidades operativas.

Fase 4: Diagnóstico y modelado.

Basándose en los resultados de las fases anteriores, se elaboró un diagnóstico sistemático de las vulnerabilidades estructurales del espacio aéreo civil–militar peruano frente a UAV, y se definieron escenarios de penetración y ataque. Estos escenarios fueron evaluados mediante simulaciones exploratorias, orientadas a validar la coherencia técnica y guiar la optimización de los sistemas de control y respuesta.

Finalmente, integrando la revisión documental, el análisis de casos y el trabajo de campo, se formularon propuestas estratégicas de defensa y control del espacio aéreo adaptadas a la realidad peruana. Estas incluyen mejoras tecnológicas, institucionales y estratégicas lideradas por las Fuerzas Armadas, y están diseñadas como un modelo realista, factible y alineado con las mejores prácticas internacionales..

3. Antecedentes teóricos y análisis de amenazas híbridas de UAV

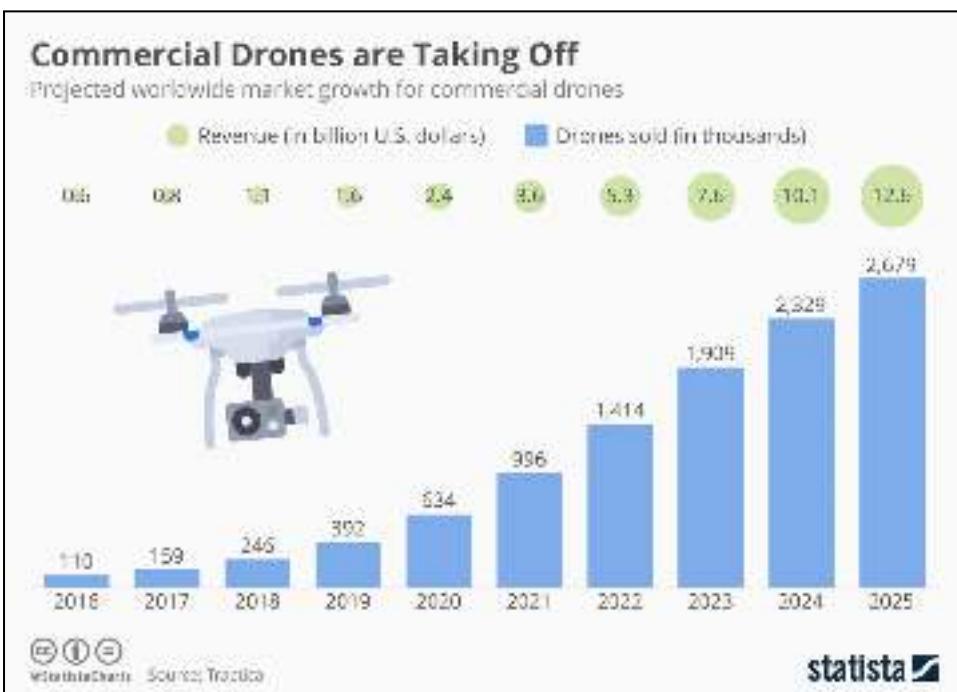
3.1 Evolución de la tecnología de drones en el campo de batalla y espacio de combate no lineal

Desde el siglo XXI, el entorno de las operaciones militares ha evolucionado más allá de los campos de batalla geográficos y físicos, transformándose en un espacio de combate no lineal y multidominio (Operaciones Multidominio) que incluye ámbitos ciberneticos, electrónicos, cognitivos (Guerra cognitiva) y psicológicos. En este contexto, los UAV se han convertido en herramientas estratégicas clave, evolucionando de misiones tradicionales de reconocimiento hacia plataformas de alta funcionalidad que integran diversas capacidades militares, como ataques de precisión, guerra electrónica, monitoreo del campo de batalla, retransmisión de comunicaciones y operaciones psicológicas, aportando nuevas oportunidades para fortalecer la defensa y coordinación militar.

Particularmente, el desarrollo de UAVs pequeños ha generado nuevas dinámicas tecnológicas y tácticas, ofreciendo ventajas estratégicas asequibles y versátiles. La utilización de plataformas comerciales modificadas (Commercial Off-The-Shelf, COTS), el vuelo en enjambre (Swarming), la navegación autónoma, los avances en sensores Electro-Óptico / Infrarrojo (Electro-Optical/Infrared, EO/IR) y el reconocimiento autónomo de objetivos basado en inteligencia artificial permiten optimizar la vigilancia, la protección y la respuesta rápida, al mismo tiempo que impulsan la modernización de los sistemas de defensa aérea para adaptarse a amenazas emergentes. Estos avances presentan un desafío que, si se gestiona adecuadamente, se puede convertir en una oportunidad para mejorar la resiliencia y la capacidad de reacción del entorno operacional.

Figura 2

Los drones comerciales están despegando, 2019



Fuente: Katharina Buchholz (2019).

3.2 Análisis estratégico del caso de la guerra Rusia-Ucrania

La guerra entre Rusia y Ucrania iniciada en 2022 constituye un caso ilustrativo que evidencia cómo los UAVs pueden optimizar la eficacia operativa y la coordinación en la guerra moderna. En este conflicto, las características técnicas y las estrategias de operación de los UAVs demostraron ser herramientas valiosas que transformaron la dinámica del campo de batalla, ofreciendo lecciones importantes para la planificación y modernización de la defensa aérea.

Ucrania implementó una red distribuida de inteligencia, vigilancia y reconocimiento basada en drones comerciales, como la serie DJI Mavic, que permitió la detección en tiempo real de objetivos y la coordinación con sistemas de ataque de precisión como los HIMARS. Además, se fortaleció la conciencia situacional del campo de batalla mediante inteligencia de fuentes abiertas y se optimizó la resiliencia dispersando a los operadores de drones. Estas medidas muestran cómo los UAVs pueden mejorar la superioridad informativa y la sincronización operativa, incluso frente a limitaciones de personal y equipo.

Por su parte, Rusia combinó UAVs suicidas de largo alcance con capacidades avanzadas de guerra electrónica, desplegando estrategias de Anti-Acceso / Negación de Área (Anti-Access/Area Denial, A2/AD) centradas en UAVs que demostraron el potencial de estos sistemas como herramientas estratégicas de control y disuasión. Más allá del daño físico, se llevaron a cabo operaciones que influyen en la percepción y la toma de decisiones del adversario, subrayando que los UAVs son plataformas multifuncionales y coordinadas, capaces de integrarse con operaciones ciberneticas, psicológicas y de combate colaborativo hombre-máquina.

Este caso evidencia que los UAVs constituyen componentes centrales para la innovación táctica y estratégica, ofreciendo oportunidades de aprendizaje y adaptación para fortalecer la resiliencia y la eficiencia operativa en diferentes

contextos, incluido el entorno de defensa peruano. (Hong, 2025)

Tabla 1
Comparación del uso de UAV en la guerra entre Rusia y Ucrania, 2025

Clasificación	Ucrania	Rusia
Tipo de UAV	Mavic, Bayraktar TB2	Shahed-136, Orion, Lancet
Propósito de operación	ISR, ataque de precisión	Ataque suicida, interferencia GNSS
Armas vinculadas	HIMARS, red de artillería	Equipos de guerra electrónica (como Krasukha)
Características operativas	ISR de bajo costo y alta frecuencia, red ISR basada en civiles	Ataque de largo alcance, centrado en destrucción masiva

Fuente: elaboración propia, 2025

3.3 Clasificación y sistematización de tipos de amenazas

Las amenazas derivadas de UAV no se limitan únicamente a daños físicos; se manifiestan de manera multidimensional, abarcando el espacio operativo, sistemas tecnológicos y factores psicológicos. Estas amenazas pueden clasificarse principalmente según la intención operativa, modo de operación y objetivo, y cada tipo puede coexistir o complementarse, ofreciendo oportunidades de aprendizaje para estrategias defensivas más integrales.

Primero, las amenazas de UAV enfocadas en recolección de información y reconocimiento son persistentes y fundamentales. Basados en drones comerciales pequeños, estos UAVs pueden parecer inofensivos, pero proporcionan información valiosa en tiempo real sobre la ubicación de aeronaves, ciclos de despegue y aterrizaje, y líneas de suministro. Comprender y anticipar estos patrones permite fortalecer la seguridad de la información y mejorar la planificación operativa.

Segundo, las amenazas de ataques directos, como los drones suicidas, representan desafíos tácticos significativos. Sin embargo, la comprensión de sus patrones operativos y capacidades permite diseñar estrategias de mitigación y resiliencia, incluyendo mejoras en infraestructura crítica, sistemas de alerta temprana y protocolos de respuesta coordinada.

Tercero, las amenazas de guerra electrónica y perturbación mediante UAVs muestran una creciente sofisticación tecnológica. Los UAVs equipados con interferidores y bloqueadores Frecuencia de Radio (Radio Frequency, RF) pueden desviar comunicaciones y navegación, pero también impulsan la innovación en sistemas de detección, redundancia tecnológica y control automatizado, promoviendo la modernización de la defensa aérea.

Finalmente, las amenazas psicológicas y de generación de inestabilidad social destacan la importancia de la percepción y la respuesta coordinada. La aparición inesperada de UAVs puede causar ansiedad y tensión, pero también enfatiza la necesidad de estrategias de comunicación, conciencia situacional y educación del personal civil y militar, fortaleciendo la resiliencia social y operativa.

En conclusión, estos tipos de amenazas actúan de manera interrelacionada, produciendo efectos en cadena que requieren un enfoque integral. Su estudio proporciona insumos valiosos para desarrollar sistemas de defensa multilayerizados, incluyendo detección, análisis y respuesta automatizada, promoviendo una protección más eficaz y adaptable frente a UAVs en entornos civiles y militares.

4. Análisis de la vulnerabilidad compleja de las bases aéreas y la estructura del espacio aéreo en Perú

Lima, la capital de Perú, es el centro político, económico y de transporte del país, además de un punto estratégico de gran importancia militar. En particular, el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez y sus alrededores concentran bases de la Fuerza Aérea, la Marina y algunas estaciones policiales, formando un espacio aéreo híbrido civil-militar que requiere gestión cuidadosa y estratégica. Actualmente, esta área registra una alta frecuencia de operación de UAV, pero la falta de un sistema de control integrado representa una oportunidad para desarrollar soluciones innovadoras y efectivas.

El sistema regulatorio de UAV en Perú se encuentra en una etapa inicial, orientado principalmente a vuelos recreativos o comerciales. Esto brinda la posibilidad de construir un sistema moderno de gestión que proteja áreas estratégicas mediante vigilancia en tiempo real y protocolos de respuesta automática.

Las bases aéreas ubicadas en zonas urbanas densas presentan desafíos de monitoreo, pero también incentivan la implementación de sistemas de supervisión adaptados al entorno urbano, sensores avanzados y estrategias de respuesta integradas. Los UAV comerciales pequeños son difíciles de detectar, pero se puede mitigar este riesgo mediante sensores EO/IR, radares de corto alcance y algoritmos de reconocimiento de imágenes basados en inteligencia artificial.

Al analizar escenarios plausibles, la detección temprana de UAV de vigilancia permite prevenir la filtración de información y planificar la respuesta adecuada. En el caso de drones suicidas, combinar alertas tempranas con protocolos de reacción rápida puede minimizar el daño a infraestructuras críticas. Las amenazas basadas en interferencia GPS o bloqueadores de RF pueden gestionarse mediante medidas de protección y monitoreo que resguarden operaciones civiles y militares y reduzcan riesgos de colisiones o desvíos de rutas.(Kim, 2019)

Perú tiene la oportunidad de desarrollar un sistema inteligente de respuesta a UAV, inspirándose en experiencias internacionales exitosas como las de Corea del Sur, Israel o Estados Unidos. La integración de múltiples sensores, plataformas de geovallado, monitoreo en tiempo real y cooperación entre fuerzas militares, policiales y civiles permitirá mejorar la seguridad del espacio aéreo. La modelación de amenazas y la evaluación de riesgos mediante simulaciones, junto con una plataforma automatizada que integre detección, identificación y neutralización, proporcionará conciencia situacional en tiempo real sobre todas las actividades UAV. (Kim y Cho, 2021)

En conclusión, el espacio aéreo híbrido civil-militar presenta retos estructurales significativos, pero también ofrece la oportunidad de gestionar proactivamente las amenazas UAV, reforzar la seguridad nacional y proteger infraestructuras críticas, mientras se construye un entorno tecnológicamente avanzado y resiliente.

5. Modernización del sistema tecnológico de control del espacio aéreo para UAV

El campo de batalla híbrido moderno ha dejado atrás el esquema lineal de defensa tradicional, mostrando la necesidad de un sistema complejo de vigilancia y control capaz de responder de manera integral a amenazas aéreas multidimensionales y difíciles de predecir. En particular, los UAV se caracterizan por su miniaturización, bajo costo y la militarización de equipos comerciales, lo que les permite evadir fácilmente los límites de detección de los sistemas de vigilancia basados en radar. En este contexto, la modernización del sistema tecnológico de control del espacio aéreo para una respuesta efectiva a los UAV se ha convertido en un elemento central de la estrategia de defensa de las bases aéreas.

Se requiere un concepto avanzado de geovallado. Esto significa ir más allá de la restricción de vuelo basada solo en coordenadas 2D, implementando una “cúpula virtual” multidimensional que refleje en tiempo real factores complejos como tiempo, altitud, velocidad y patrones de vuelo. Esta tecnología no debe ser una zona prohibida estática, sino ajustable según el nivel de amenaza, permitiendo actualizaciones a través del aire (Over-The-Air, OTA) del firmware en cooperación con los fabricantes de UAV y activando funciones automáticas de detención ante violaciones.

Es urgente también construir un sistema de vigilancia integrado que combine las redes Gestión del Tráfico de Aeronaves No Tripuladas (Unmanned Traffic Management, UTM) civiles y las defensas aéreas militares. Actualmente, Perú no cuenta con un marco básico de UTM ni con conexión en tiempo real entre el espacio aéreo militar y civil. Por lo tanto, es necesario establecer una red multisensor que combine sensores EO/IR, detectores RF, radares pasivos y sensores acústicos, apoyada por algoritmos de inteligencia artificial capaces de detectar y clasificar tempranamente UAV no autorizados.

Tras la detección de amenazas, se debe avanzar más allá de la simple identificación hacia la predicción del comportamiento mediante seguimiento predictivo. Técnicas como Memoria a Largo y Corto Plazo (Long Short-Term Memory, LSTM) y filtro de Kalman pueden analizar datos de velocidad, dirección y altitud para prever rutas de UAV y calcular automáticamente prioridades de respuesta según índices de amenaza predefinidos. Este sistema automatizado apoyará la toma de decisiones en tiempo real del centro de mando y optimizará la asignación de recursos para la interceptación.(Kim, 2023)

Finalmente, el sistema tecnológico de control debe construirse sobre una base política y normativa sólida. La tecnología no puede operar de forma aislada, sino que debe integrarse con marcos institucionales que regulen el registro, autorización y cumplimiento del espacio aéreo por parte de los operadores de UAV. Son necesarias medidas como el registro obligatorio de UAV, certificación de operadores, transmisión automática de registros de vuelo y facultades legales para ejecutar controles técnicos, como aterrizajes forzados o retorno automático

ante violaciones de geovallado.

En conclusión, la modernización del sistema de control del espacio aéreo para UAV debe establecerse como un sistema integrado y cíclico de vigilancia, análisis, respuesta y evaluación, evolucionando hacia una defensa estratégica del espacio aéreo que supere la mera supervisión.

6. Modernización del sistema de defensa y estrategias de respuesta en aeródromos

Las bases aéreas modernas no son solo espacios operativos para aeronaves; son puntos estratégicos esenciales para la seguridad nacional y centros clave para el despliegue de activos, así como para el mando y control. En un entorno de seguridad caracterizado por amenazas híbridas constantes, estas bases se han convertido en objetivos prioritarios de ataques asimétricos y de baja intensidad, incluyendo UAV. Por ello, la estrategia de defensa frente a UAV debe ir más allá de complementar las defensas antiaéreas existentes, buscando rediseñar el sistema de protección integrado bajo el liderazgo de la fuerza aérea. Esto requiere una revisión completa que abarque desde la tecnología para la detección, identificación y neutralización de UAV, hasta la organización, la doctrina, las tácticas y el despliegue de recursos en múltiples capas.

6.1 Construcción de un sistema de defensa en capas para respuesta a UAV

Los UAV, debido a su tamaño, velocidad, altitud y señales de radio, pueden evadir fácilmente los sistemas de defensa aérea tradicionales. Por ello, la protección de la base no puede depender de un solo sensor o recurso. Es necesario crear un sistema de defensa integrado y multinivel que combine sensores fijos y móviles, como radares fijos, UAV de vigilancia móviles, sensores EO/IR, escáneres pasivos de RF y sensores acústicos, complementado con análisis de datos mediante inteligencia artificial para una detección e identificación rápida y precisa.

6.2 Fortalecimiento del sistema de identificación en tiempo real y rastreo del operador

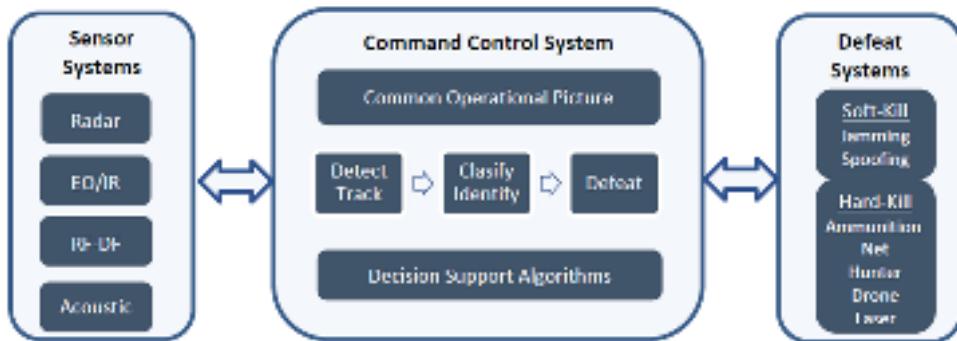
Se necesita un sistema que vaya más allá de la simple detección, permitiendo identificar en tiempo real los UAV aliados, enemigos o no autorizados. Esto se logra mediante el análisis de patrones de vuelo, frecuencias de transmisión y formas, usando algoritmos de aprendizaje profundo basados en reconocimiento de imágenes (como Convolutional Neural Network o You Only Look Once, CNN or YOLO) para clasificar automáticamente según forma y trayectoria. Además, el rastreo del operador mediante RF permitirá localizar e identificar al controlador en tiempo real, facilitando una respuesta activa para neutralizar la amenaza desde su origen y no solo el vehículo.

6.3 Operación integrada de activos soft-kill y hard-kill

Debido a la variedad y niveles tecnológicos de las amenazas, se deben emplear activos de respuesta diferenciados: los de tipo soft-kill, que usan medios

electrónicos como interferencia RF, suplantación de (Global Navigation Satellite System, GNSS) o alteración de protocolos para inducir a los UAV a detenerse o regresar, ideales en zonas urbanas o con población civil por su discreción y carácter no letal; y los de tipo hard-kill, que emplean métodos físicos como redes, Pulso Electromagnético (Electromagnetic Pulse, EMP), drones interceptores y armas láser, efectivos frente a amenazas graves o múltiples intrusiones simultáneas. Estos activos deben integrarse en plataformas modulares automatizadas, con algoritmos que gestionen desde la detección hasta la neutralización, y establecer prioridades defensivas basadas en matrices de amenaza que consideren la importancia del activo y la probabilidad de la amenaza. (Koo, 2025)

Figura 3
Arquitectura de sistemas antidrones, 2020



Fuente: Meteksan Defence Industry Inc (2020).

6.4 Reforma operativa bajo liderazgo de la fuerza aérea

La respuesta a las amenazas de UAV requiere más que tecnología; es necesario redefinir el concepto operativo, fortaleciendo el papel estratégico de la fuerza aérea como única organización capaz de liderar la vigilancia aérea, la protección de activos y la guerra electrónica. La protección de bases debe incluir:

- Integración de módulos de UAV en las operaciones de defensa de bases.
- Creación de unidades especializadas en respuesta a UAV con despliegue permanente.
- Establecimiento de sistemas de intercambio de información en tiempo real entre fuerzas armadas, policía, autoridades civiles y gestión del espacio aéreo (Command, Control, Communications, Computers, and Intelligence, C4I).
- Simulacros periódicos basados en escenarios para validar capacidades y desarrollar doctrina.

En tiempos de paz, la vigilancia puede realizarse en cooperación civil-militar, mientras que en crisis se activa un mando unificado militar. Este enfoque no solo protege la base, sino que también permite ejercer control estratégico sobre el espacio aéreo civil-militar, sirviendo como elemento disuasorio.

7. Marco legal e institucional para un sistema preventivo y estrategias de control

La respuesta efectiva a las amenazas de UAV debe complementarse con un sistema preventivo basado en leyes y regulaciones. En Perú, la normativa sobre UAV aún se encuentra en fases iniciales, con limitaciones en la cooperación entre instituciones, bases legales y sistemas de control de operadores. Por ello, se sugiere un enfoque gradual y por etapas para fortalecer este marco.

7.1 Limitaciones actuales del marco legal

La DGAC ha establecido regulaciones básicas como el registro y permisos de vuelo, pero aún no hay una clasificación clara de UAV riesgosos, restricciones de vuelo en instalaciones militares, requisitos de certificación de pilotos ni sanciones adecuadas. Esto genera falta de información y dificulta la respuesta inmediata a vuelos ilegales o no autorizados. Además, la división poco clara de responsabilidades entre fuerzas armadas, policía y autoridades civiles complica la gestión efectiva.

7.2 Estrategia de reforma institucional escalonada

Se propone un plan de reforma institucional en tres fases:

Fase 1: Construcción del marco básico y la infraestructura de gestión

Registro obligatorio de operadores de UAV, certificación de pilotos (Posible examen en línea), establecimiento legal de zonas de restricción de vuelo en bases militares y aeropuertos, clasificación y registro de UAV según peso y velocidad, y desarrollo de plataformas móviles de gestión, como portales simplificados de drones.

Fase 2: Integración del sistema de control en tiempo real

Provisión de mapas Sistema de Información Geográfica (Geographic Information System, GIS) y aplicaciones móviles para información del espacio aéreo, pruebas piloto de detección automática de infracciones mediante sensores EO/IR y monitoreo RF, creación de bases legales para órdenes de detención en zonas militares (Geofence Override), e implementación de proyectos piloto para rastreo en tiempo real de pilotos y UAV (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast , ADS-B), (Radio Frequency Identification, RFID)

Fase 3: Establecimiento de sistemas integrados de control y respuesta

Construcción de sistemas de intercambio de datos en tiempo real entre DGAC, fuerza aérea y policía, establecimiento de un sistema integral de sanciones (multas, confiscación, penalizaciones), formulación de manuales y simulacros regulares liderados por la fuerza aérea, y digitalización y análisis estadístico de incidentes y amenazas para apoyar la formulación de políticas.

7.3 Lecciones políticas del caso coreano

Corea del Sur implementó tempranamente restricciones legales en zonas militares y desarrolló un sistema integrado “One-Stop” para registro, permisos y monitoreo en tiempo real de vuelos civiles. Su sistema basado en identificadores electrónicos para UAV ha demostrado ser eficaz en prevenir y rastrear vuelos ilegales. Este modelo puede servir de referencia para Perú, que podría aprovechar la cooperación técnica o programas de ayuda oficial al desarrollo (Official Development Assistance, ODA) con Corea. (Ji, 2025)

7.4 Necesidad del rol proactivo de la fuerza aérea

Dado que la amenaza de UAV supera el ámbito civil y representa un riesgo para la seguridad nacional, la fuerza aérea debe liderar la reforma normativa, apoyándose en el marco existente de Zona de Información de Vuelo (Flight Information Region, FIR) y Área de Operaciones Militares (Military Operations Area, MOA). Se recomienda crear un grupo de trabajo dedicado (Task Force, TF) bajo el mando operativo de la fuerza aérea y establecer canales de colaboración institucional con entidades civiles.

Tabla 2

Medidas de respuesta por tipo de amenaza de UAV, 2025

Tipo de amenaza	Ejemplos principales	Tecnologías de respuesta	Elementos necesarios a nivel político
Reconocimiento / vigilancia	Grabación de video, filtración de información	Detección EO/IR, geocercas	Legislación de zonas de vuelo restringidas
Ataque suicida	Ataque a depósitos de combustible, pistas de aterrizaje	Interceptores de “Hard-kill”, radares de vigilancia	Establecimiento de zonas de intercepción, entrenamiento de respuesta
Guerra electrónica	Interferencia GNSS, “Jamming”	Detectores RF, tecnologías de protección electrónica	Registro de controladores y legislación para rastreo de señales
Guerra psicológica	Provocar inestabilidad social	Sistemas de detección y alerta	Alerta y educación a la población

Fuente: elaboración propia, 2025

CONCLUSIONES

En respuesta a las preguntas de investigación planteadas, las principales conclusiones de este estudio, de carácter propositivo y de diseño conceptual son las siguientes:

Pregunta 1. ¿Cuáles son las brechas actuales frente a UAV híbridos en Perú?

Se identificaron deficiencias en la cobertura y precisión de los sistemas de detección en entornos urbanos, ausencia de protocolos unificados entre autoridades civiles y militares, vacíos legales que limitan la neutralización oportuna de amenazas, y escasa integración de la información operativa entre agencias. Estas brechas aumentan la vulnerabilidad del espacio aéreo combinado civil–militar.

Pregunta 2. ¿Qué requisitos debe cumplir un sistema integrado C-UAS en contexto civil–militar?

El sistema debe ser multinivel, combinando detección lejana mediante sensores RF y radares especializados, identificación precisa con sensores EO/IR y fusión de datos en tiempo real, y neutralización priorizando medidas electrónicas seguras para el entorno civil, con protocolos claros de traspaso de autoridad. La interoperabilidad y la capacidad de adaptarse a entornos urbanos y rurales son condiciones esenciales.

Pregunta 3. ¿Qué reformas institucionales facilitarían su implementación?

Se propone una reforma gradual en tres etapas: (1) registro y certificación obligatoria de UAV y operadores, (2) implementación de geocercas y sistemas de control en tiempo real en zonas críticas, y (3) establecimiento de un régimen sancionador y procedimientos judiciales específicos. Estas medidas requieren coordinación interinstitucional y respaldo normativo que habilite la actuación inmediata frente a amenazas confirmadas.

En síntesis, la propuesta presentada en este estudio ofrece una hoja de ruta integral para enfrentar las amenazas híbridas basadas en UAV, articulando modernización tecnológica, reformas institucionales y cooperación cívico-militar. Este modelo busca no solo cerrar las brechas actuales, sino también fortalecer de manera sostenida la resiliencia nacional.

De cara al futuro, la implementación gradual de proyectos piloto y validaciones operativas permitirá optimizar el sistema propuesto, incrementando su viabilidad y proyectándolo como una referencia internacional en la defensa de espacios aéreos combinados frente a amenazas emergentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baktır, A. (2020). *Counter drone systems: Tailor-made system solutions based on open system architecture* [Artículo]. Meteksan Defence. <https://www.meteksan.com/en/yayinlar/articles/counter-drone-systems-tailor-made-system-solutions-based-on-open-system-architecture>

Buchholz, K. (2019). *Commercial drones are taking off* [Gráfico]. Statista. <https://www.statista.com/chart/17201/commercial-drones-projected-growth/>

Fernández-Villacañas Marín, M. A. (2025). *The “new economic warrior”: An analysis of the use of economic intelligence and cyber intelligence in national security through economic warfare, economic defence, and defence economics.*

En Á. Rocha & A. Vaseashta (Eds.), Developments and advances in defense and security: Proceedings of MICRADS 2024 (pp. 67–77). Smart Innovation, Systems and Technologies (Vol. 423). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-96-0235-3_6

Hong, S. R. (2025). *Cambio del paradigma de la guerra futura y estudio sobre la dirección del uso de drones por el ejército surcoreano a través de la historia de la guerra con drones* [Tesis de maestría, Universidad de Ciencias y Tecnología de Seúl]. Seúl, Corea del Sur. https://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=630612f291e9d940ffe0bdc3ef48d419&keyword=%EB%9F%AC%EC%8B%9C%EC%95%84%20%EC%9A%B0%ED%81%AC%EB%9D%BC%EC%9D%B4%EB%82%98%20%EC%A0%84%EC%9F%81%20%EB%93%9C%EB%A1%A0

Ji, H. G. (2025). *Estudio sobre medidas de mejora legales y políticas para el desarrollo de la industria de drones* [Tesis doctoral, Universidad Hanseo, Escuela de Posgrado]. Chungcheongnam-do, Corea del Sur. https://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=b550a0448ecf9ce0ffe0bdc3ef48d419&keyword=%EB%93%9C%EB%A1%A0%EB%B9%84%ED%96%89%20%EC%8B%A0%EA%B3%A0

Kim, J. H. (2019). *Predicción del riesgo de atentados contra aviones de combate mediante drones* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Kyungpook, Escuela de Ciencias Forenses]. Daegu, Corea del Sur. https://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=ea9ac5004cabde85ffe0bdc3ef48d419&keyword=%EA%B5%B0%20%EB%B9%84%ED%96%89%EC%9E%A5%EC%97%90%20%EB%8C%80%ED%95%9C%20%EB%93%9C%EB%A1%A0%ED%85%8C%EB%9F%AC%20%EB%8C%80%EC%9D%91

Kim, S. G. (2023). *Marco de software de posprocesamiento para la implementación de RTK de arreglo de antenas basado en filtro de Kalman en una plataforma de vehículos aéreos no tripulados múltiples* [Tesis de maestría, Universidad Hongik, Escuela de Posgrado]. Seúl, Corea del Sur. https://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=a64ca33022dc06f9ffe0bdc3ef48d419&keyword=%EB%93%9C%EB%A1%A0%20%ED%94%8C%EB%9E%AB%ED%8F%BC

Kim, Y. S., & Cho, K. H. (2021). *Estudio sobre el desarrollo del sistema de mando y control aeroespacial futuro basado en inteligencia artificial: con especial atención al control del espacio aéreo, apoyo a la toma de decisiones de mando y funciones de ciberseguridad*. *Estrategia Nacional*, 27(2), 5–31. <https://doi.org/10.35390/sejong.27.2.202105.001>

Koo, D. K. (2025). *Evolución adaptativa de drones y antidrones: análisis de las cuatro etapas de la guerra con drones en la guerra entre Rusia y Ucrania*. *Revista Coreana de Estudios Militares*, 81(2), 1–36.

<https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artId=ART003219204>