



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

OPERACIÓN CONJUNTA Y COLABORATIVA DE DRONES Y AERONAVES DE ALA ROTATORIA

JUAN JONAY TRUJILLO QUILES

Director académico: Teniente Coronel D. Germán Segura García

Director militar: Teniente D. Germán García De las Heras

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2025



Agradecimientos

A mi familia, por guiarme, aconsejarme y mostrar su apoyo constante, actuando siempre como un pilar firme para superarme cada día un poco más. A mis amigos y compañeros, por las experiencias buenas y malas vividas juntos, por estar ahí en los momentos tanto de estudio como para desconectar, que tan necesarios son. A los distintos jefes e instructores que he tenido a lo largo de mi formación, por esforzarse y enseñarme lo que debo saber para ser un buen oficial. Y, por último pero no menos importante, a mis tutores del TFG, por su guía y apoyo prestado durante toda la realización de este, pudiendo así finalizar mis estudios. Porque da igual cuanto tiempo te lleve conseguir tu objetivo, aunque falles o te retrases durante el camino lo importante es levantarte, aprender del error y seguir adelante. Gracias, Juan.





RESUMEN

La rápida evolución tecnológica y doctrinal de los sistemas aéreos no tripulados ha transformado profundamente la aviación militar moderna. En los conflictos recientes, los drones han pasado de ser plataformas aisladas de reconocimiento a convertirse en elementos esenciales dentro de redes operativas donde cooperan directamente con aeronaves tripuladas. Este Trabajo de Fin de Grado analiza la operación conjunta y colaborativa entre drones y aeronaves de ala rotatoria, evaluando su viabilidad técnica, doctrinal y operativa, así como su impacto en la eficacia y seguridad de las misiones.

El estudio parte del análisis de las capacidades y limitaciones de ambas plataformas, demostrando que la combinación de helicópteros y UAV (Unmanned Aerial Vehicles) permite aprovechar fortalezas complementarias: vigilancia persistente, reconocimiento avanzado, designación de objetivos, guerra electrónica o relé de comunicaciones por parte de los UAV, y capacidad de reacción inmediata, maniobrabilidad y potencia de fuego por parte de los helicópteros. Esta cooperación representa la evolución natural del concepto histórico wingman hacia el loyal wingman, donde los drones asumen funciones de apoyo directo a la aeronave tripulada.

En cuanto al marco doctrinal, se examinan los estándares de interoperabilidad establecidos por la OTAN, como el STANAG 4586 (standardization agreement 4586) y los niveles LOI (nivel de Interoperabilidad), junto con los requisitos de aeronavegabilidad del STANAG 4671. Asimismo, se estudia la contribución de la Agencia Europea de Defensa y los avances nacionales a través del RCOA. Estos documentos constituyen la base reguladora para garantizar la seguridad, la coordinación y la estandarización de las operaciones tripuladas-no tripuladas.

El análisis de casos reales en Ucrania, Israel y Rusia demuestra que el MUM-T (Manned–Unmanned Teaming) ya es una realidad operativa. En Ucrania, los helicópteros actúan integrados en redes de defensa aérea multicapa apoyadas por UAV. En Israel, el empleo coordinado entre sensores, drones y helicópteros de ataque forma parte esencial de su arquitectura de defensa frente a amenazas no tripuladas. En Rusia, aunque con menor transparencia, se observa una evolución doctrinal hacia la integración de UAV dentro de su cadena de reconocimiento y ataque.

El trabajo identifica también los principales desafíos del MUM-T. Entre ellos están la elevada carga de trabajo para la tripulación, riesgos asociados al factor humano, vulnerabilidad a interferencias en el espectro electromagnético, amenazas cibernéticas y la necesidad de interfaces hombre-máquina más intuitivas.

Finalmente, se concluye que la operación colaborativa entre helicópteros y drones constituye una necesidad operativa para los escenarios de alta intensidad actuales. Programas como Launched Effects en Estados Unidos, H-Teaming en Europa o la modernización del NH90 hacia arquitecturas abiertas confirman que la aviación militar avanza hacia modelos de cooperación avanzada entre sistemas tripulados y no tripulados. La 12ª Global Defence Aviation Conference refuerza esta visión, destacando que el factor humano seguirá siendo decisivo en el rendimiento de estos sistemas. En conjunto, el trabajo demuestra que el MUM-T aumentará la supervivencia, la eficacia y la flexibilidad táctica en las operaciones futuras, posicionándose como un pilar fundamental de la aviación de combate del siglo XXI.

PALABRAS CLAVE

Manned-Unmanned Teaming (MUM-T), drones, helicópteros militares, interoperabilidad, loyal wingman.



ABSTRACT

The rapid technological and doctrinal evolution of unmanned aerial systems has profoundly transformed modern military aviation. In recent conflicts, drones have moved from isolated reconnaissance platforms to essential elements operating within integrated networks alongside crewed aircraft. This Trabajo de Fin de Grado analyzes the joint and collaborative operation between drones and rotary-wing aircraft, assessing its technical, doctrinal, and operational feasibility, as well as its impact on mission effectiveness and safety.

The study begins with an examination of the capabilities and limitations of both platforms, demonstrating that combining helicopters and UAVs allows operational strengths to be significantly enhanced. UAV provide persistent surveillance, advanced reconnaissance, target designation, electronic warfare, and communications relay, while helicopters contribute immediate reaction capability, manoeuvrability and firepower. This cooperation represents the natural evolution of the traditional wingman concept toward the modern loyal wingman, where drones directly support crewed aircraft.

Doctrinally, the work examines NATO interoperability standards such as STANAG 4586 and the LOI levels, as well as the airworthiness requirements defined in STANAG 4671. The role of the European Defence Agency and national regulations under the RCAO are also considered. Together, these frameworks establish the basis for safe, standardized, and coordinated manned-unmanned operations.

The analysis of real cases in Ukraine, Israel, and Russia shows that MUM-T is already an operational reality. In Ukraine, helicopters operate within multilayered air-defense networks supported by UAVs. In Israel, coordinated employment of sensors, drones, and attack helicopters forms an essential component of their air-defense architecture against unmanned threats. In Russia, despite limited public transparency, doctrinal and technological trends indicate increasing integration of UAV into their reconnaissance-strike chain.

The study also identifies key challenges: increased crew workload, human-factor risks, vulnerability to electromagnetic interference, cyber threats, and the need for more intuitive human-machine interfaces.

The project concludes that collaborative operation between helicopters and drones is becoming a necessary capability for modern high-intensity conflicts. Programs such as Launched Effects in the United States, H-Teaming in Europe, and the upcoming NH90 Block 2 modernization confirm that military aviation is evolving toward advanced manned-unmanned cooperation. The 12th Global Defence Aviation Conference further reinforce that, despite technological advances, the human factor will remain decisive. Overall, the study demonstrates that MUM-T will enhance survivability, operational effectiveness, and tactical flexibility, consolidating itself as a key pillar of the 21st century military aviation.

KEYWORDS

Manned-Unmanned Teaming (MUM-T), drone, military helicopters, interoperability, loyal wingman.



INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
INDICE DE CONTENIDO	V
INDICE DE FIGURAS	VII
INDICE DE TABLAS	IX
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	X
DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	3
2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	3
2.2. METODOLOGÍA	3
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	5
4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	10
4.1. Capacidades y funciones que pueden desempeñar los drones.....	10
4.1.1. Funciones de UAV en apoyo a helicópteros.....	10
4.1.2. Impacto en la supervivencia y eficacia de la aeronave tripulada.....	11
4.2. Doctrinas y procedimientos operativos.....	12
4.2.1. Marco doctrinal de la OTAN.....	12
4.2.2. Marco doctrinal de la Agencia Europea de Defensa.....	13
4.2.3. Marco doctrinal de España (Ministerio de Defensa).....	14
4.3. Casos reales y recientes en conflictos armados.....	15
4.4. Panorama actual de la operación conjunta UAV-helicópteros.....	18
4.4.1. Tendencia y proyectos relacionados con MUM-T de Estados Unidos.....	18
4.4.2. Tendencia y proyectos relacionados con MUM-T de países europeos miembros de la OTAN.....	21
4.4.3. Asistencia a la 12ª conferencia Global Defence Aviation Conference.....	24
4.5. Retos operativos y de seguridad.....	25
4.5.1. Riesgos de saturación del piloto/tripulación.....	25
4.5.2. Amenazas cibernéticas y de guerra electrónica.....	25
5. CONCLUSIONES	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
ANEXOS	32
ANEXO I	33
ANEXO II	34
ANEXO III ESTRUCTURA DEPARTAMENTAL DE LA OTAN	35
ANEXO IV SISTEMA DE DEFENSA AÉREA DE CAPAS DE ISRAEL	36





INDICE DE FIGURAS

- Figura 1 Winston Churchill con el avión de reconocimiento no tripulado Queen Bee. Fuente: Imperial War (6 de junio de 1941). Recuperado el 15 de agosto de 2025, de A Brief History of Drones: <https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>. 5
- Figura 2 Ryan Model 147 Fire Fly operando durante la Guerra de Vietnam. Fuente: Victor Delgado Cinematographer (2016). Victor Delgado Cinematographer. Recuperado el 10 de Agosto de 2025, de <http://eldrone.es/Historia-de-Los-Drones/>. 6
- Figura 3 MQ-1 Predator en espera de lanzamiento en un hangar en Afganistán durante la Operación Enduring Freedom. Fuente: U.S. Air Force (Octubre de 2006). Recuperado el 11 de agosto de 2025, de <https://www.af.mil/News/Features/Display/Article/143231/predators-on-patrol-in-afghanistan/>. 7
- Figura 4 Eric Freeman, fundador y CEO de Alpha Unmanned Systems posando junto a sus drones de ala rotatoria durante la entrevista publicada en Drones World Magazine. Fuente: Drones World Magazine (2022). Entrevista con Eric Freeman, fundador y CEO de Alpha Unmanned Systems. Recuperado el 13 de agosto de 2025 de <https://www.dronesworldmag.com/drones-world-in-conversation-with-mr-eric-freeman-founder-and-ceo-alpha-unmanned-systems/>. 12
- Figura 5 Helicóptero ucraniano en misión antidron. Captura del vídeo oficial publicado por United24 Media en su cuenta oficial de X (2025). Recuperado el 16 de agosto de 2025 de https://x.com/United24media/status/1888053914123006056?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1888053914123006056%7Ctwgr%5Ea5d1460bfbdcadce20e7867eb4d726b2958df42c%7Ctwcon%5Es1_&ref_url=https%3A%2F%2Funit24media.com%2Flatest-news%2Fukraine. 15
- Figura 6 Soldados rusos preparan munición merodeadora Lancet. Fuente: Zala Aero. CEPA, Center for European Policy Analysis (7 de abril de 2025). Adaptation Under Fire: Mass, Speed and Accuracy Transform Russia's Kill Chain in Ukraine. Recuperado el 17 de agosto de 2025, de <https://cepa.org/comprehensive-reports/adaptation-under-fire-mass-speed-and-accuracy-transform-russias-kill-chain-in-ukraine/> 16
- Figura 7 Helicóptero ruso Kamov Ka-52 "Alligator" durante una demostración en 2018. Fuente: EFE/Sergei (2018). Recuperado el 10 de octubre de 2025, de https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2023-06-22/poder-aereo-helicopteros-combate-frente-ucrania-espana_3670167/. 17
- Figura 8 Soldados del Ejército de los Estados Unidos preparan y emplean el sistema Anduril Altius 600 Launched Effects durante la demostración especial de corto alcance, en la Base Conjunta Lewis-McChord, Washington. Fuente: U.S. Army. Bruer, S. B. (21 de agosto de 2025). Recuperado el 20 de octubre de 2025, de <https://api.army.mil/e2/c/images/2025/09/30/1290405b/max1200.jpg> 20
- Figura 9 Secuencia de designación de objetivo por un dron Flexrotor, con la visualización de la imagen obtenida a tiempo real por el UAV y la transmisión de datos en la tableta táctil de la tripulación y su posterior neutralización de la amenaza por parte del helicóptero Airbus H225M. Capturas de pantalla del vídeo publicado por Airbus en su cuenta de Instagram: airbus_helicopters (7 de octubre de 2025). Recuperado el 20 de octubre de 2025, de H225M and Flexrotor UAS teaming to neutralise a threat: https://www.instagram.com/reel/DPgiUASDzzV/?utm_source=ig_web_copy_link 22
- Figura 10 Momento en el que la tripulación del NH90 liberan el dron LE por una apertura en la



parte inferior del helicóptero. Captura realizada del video publicado por Airbus en su cuenta oficial de Instagram: airbus_helicopters (16 de octubre de 2025). Recuperado el 20 de octubre de 2025, de https://www.instagram.com/reel/DP0z_AuAc9p/?utm_source=ig_web_copy_link. 23

Figura 11 Estructura departamental de la OTAN. Fuente: OTAN (17 de febrero de 2025). Recuperado el 28 de octubre de 2025, de https://www.nato.int/nato-welcome/index_es.html . 35

Figura 12 Una mirada más detallada al sistema de defensa aérea en capas de Israel. Cúpula de Hierro, Honda de David y Flecha. Fuente: Joana Suleiman(2 de octubre de 2024). Recuperado el 16 de octubre de 2025, de A closer look at Israel's layered air defense system. Iron Dome, David's Sling, and Arrow. Washington Examiner: <https://www.washingtonexaminer.com/policy/defense/3174517/iron-dome-david-sling-arrow-israel-air-defense-systems-explained/> 36



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Gráfica en la cual se muestra el gasto en defensa como porcentaje del PIB y su evolución entre 2014-2025 de los diferentes Estados miembros de la alianza. Fuente: OTAN.	19
Tabla 2 Resumen categorías de drones según EASA. Fuente: elaboración propia.	33
Tabla 3 Clasificación de drones militares según el RCAO. Fuente: elaboración propia.	34



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACT: Allied Command Transformation, Mando Aliado de Transformación de la OTAN.

AGM: Academia General Militar.

AH-64E: Helicóptero de ataque Boeing AH-64E Apache.

APAS: Action Plan on Autonomous Systems, Plan de Acción sobre Sistemas Autónomos de la EDA.

ASCI: Autonomous Systems Community of Interest, Comunidad de Interés de Sistemas Autónomos de la EDA.

BLOS: Beyond Line of Sight, más allá de la línea de visión.

BVLOS: Beyond Visual Line of Sight, vuelo más allá de la línea visual.

CFT: Cross-Functional Team, equipo multifuncional (usado en FVL CFT).

CUC-T: Crewed-Uncrewed Teaming, integración colaborativa entre aeronaves tripuladas y no tripuladas.

EDA: European Defence Agency, Agencia Europea de Defensa.

EDIDP: European Defence Industrial Development Programme, Programa Europeo de Desarrollo Industrial en Defensa.

EUPAS: European Platform for Autonomous Systems, Plataforma Europea para Sistemas Autónomos.

FAMET: Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra.

FVL CFT: Future Vertical Lift Cross-Functional Team, programa estadounidense de modernización de ala rotatoria.

GNSS: Global Navigation Satellite System, sistema global de navegación por satélite.

HALE: High Altitude Long Endurance, UAV de gran altitud y autonomía.

HMI: Human-Machine Interface, interfaz hombre-máquina.

IDF: Israel Defense Forces, Fuerzas de Defensa de Israel.

JAA: Joint Aviation Authorities, Autoridades Conjuntas de Aviación europeas.

JAPCC: Joint Air Power Competence Centre, Centro de Competencia de Poder Aéreo Conjunto de la OTAN.

LE: Launched Effects, sistemas de efectos lanzados.

LE-LR: Launched Effects-Long Range, efectos lanzados de largo alcance.

LE-SR: Launched Effects-Short Range, efectos lanzados de corto alcance.

LOI: Level of Interoperability, nivel de interoperabilidad.



MALE: Medium Altitude Long Endurance, UAV de altitud media y gran autonomía.

MOSA: Modular Open Systems Architecture, arquitectura modular de sistemas abiertos.

MUM-T: Manned-Unmanned Teaming, cooperación aeronaves tripuladas–no tripuladas.

MTOM: Maximum Take-Off Mass, masa máxima al despegue.

MTOW: Maximum Take-Off Weight, peso máximo al despegue.

NAA: NATO Airworthiness Authorities, Autoridades de Aeronavegabilidad de la OTAN.

NAHEMA: NATO Helicopter Management Agency, agencia de gestión de helicópteros de la OTAN.

NH90: Helicóptero táctico NH90.

NSO: NATO Standardization Office, Oficina de Normalización de la OTAN.

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte.

PIB: Producto Interior Bruto.

RCAO: Reglamento de Circulación Aérea Operativa.

RPAS: Remotely Piloted Aircraft System, sistema de aeronave pilotada a distancia.

RSAF: Republic of Singapore Air Force, Fuerza Aérea de Singapur.

SACT: Supreme Allied Commander Transformation, Comandante Supremo Aliado de Transformación.

STANAG: Standardization Agreement, acuerdo de normalización de la OTAN.

STS-01: Standard Scenario 01, escenario estándar 01 para UAS.

STS-02: Standard Scenario 02, escenario estándar 02 para UAS.

TTP: Tactics, Techniques and Procedures, tácticas, técnicas y procedimientos.

UAS: Unmanned Aircraft System, sistema aéreo no tripulado.

UAV: Unmanned Aerial Vehicle, vehículo aéreo no tripulado.

VLOS: Visual Line of Sight, vuelo dentro de la línea visual.



DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Durante la elaboración del presente Trabajo de Fin de Grado se han empleado diversas herramientas de inteligencia artificial con fines académicos, técnicos y de apoyo a la redacción.

Se usó como búsqueda y análisis de información en el que se utilizaron modelos de IA (principalmente ChatGPT-5 de OpenAI y Google Gemini) para realizar búsquedas preliminares de información en fuentes abiertas, localizar artículos académicos, informes técnicos, documentación de defensa, vídeos divulgativos y material de referencia relacionado con drones y operaciones conjuntas y colaborativas con helicópteros. En el apoyo de redacción y revisión lingüística se emplearon herramientas para corrección ortográfica, gramatical y de estilo, así como para mejorar la claridad y coherencia del lenguaje técnico.

En la asistencia en la estructuración y síntesis de contenidos las IAs se utilizaron como soporte metodológico para estructurar capítulos, resumir y traducir documentación extensa (como manuales, STANAG o artículos técnicos) y proponer esquemas de análisis comparativo o de resultados.

Para finalizar, se usó también análisis semántico y revisión final del texto, debido a que se emplearon funciones de IA para detectar redundancias, mejorar la fluidez del discurso y asegurar la uniformidad terminológica del trabajo.

Para garantizar la seguridad y confidencialidad de la información, no se introdujo ningún dato sensible, personal o clasificado en las plataformas utilizadas. Las consultas realizadas se limitaron a aspectos generales, técnicos o conceptuales, y el control del contenido final ha sido íntegramente humano.



1. INTRODUCCIÓN

La evolución tecnológica de las últimas décadas ha transformado de manera profunda el panorama de la aviación militar. La aparición y la madurez que han ido adquiriendo los sistemas aéreos no tripulados, junto con la progresiva automatización de sensores, comunicaciones y procesos de misión, han desencadenado un cambio doctrinal que está modificando la forma en la que las Fuerzas Armadas conciben, planifican y ejecutan sus operaciones aéreas. Lo que comenzó como el empleo aislado de plataformas no tripuladas destinadas a misiones de reconocimiento ha derivado en la integración cada vez más estrecha entre aeronaves tripuladas y no tripuladas, especialmente en escenarios donde la rapidez en la toma de decisiones y la necesidad de minimizar riesgos resulta determinante.

Desde los inicios de la aviación militar las aeronaves han operado acompañadas de otras aeronaves dando lugar al concepto wingman. Este esquema de trabajo en equipo, que ha demostrado su eficacia en todo tipo de conflictos, se ha mantenido como una constante histórica en la aviación de combate y también en la aviación de ala rotatoria.

La aparición de sistemas avanzados no tripulados ha dado lugar a un nuevo paradigma, el loyal wingman. Este concepto, actualmente en desarrollo en diversas potencias internacionales, representa la evolución natural del tradicional binomio hacia una cooperación más sofisticada, abriendo las puertas a mejoras en las capacidades y también en beneficio a la seguridad de las aeronaves tripuladas.

Esta tendencia global encaja plenamente con el concepto de Manned–Unmanned Teaming, que propone la integración cooperativa de medios tripulados y no tripulados en un mismo sistema de mando y control. Gracias a esta filosofía, los helicópteros pueden beneficiarse de nuevas capacidades de reconocimiento, designación de objetivos, guerra electrónica o enlace de transmisiones sin exponerse directamente a las amenazas que caracterizan los campos de batalla modernos. La experiencia reciente en conflictos como Ucrania o Gaza ha demostrado que los UAV (Unmanned Aerial Vehicles) se han convertido en actores decisivos y que su empleo coordinado con helicópteros ofrece ventajas operativas que influyen directamente en la supervivencia de las tripulaciones y en la eficacia táctica.

En este contexto, las Fuerzas Armadas españolas no son ajenas a esta evolución. La progresiva tecnificación de los medios, la digitalización del espacio de batalla y la necesidad de anticiparse a amenazas emergentes (incluyendo la guerra electrónica, la saturación del espectro electromagnético o el empleo masivo de drones) obligan a replantear la forma en que los helicópteros operan en entornos complejos. La colaboración entre aeronaves de ala rotatoria y UAV se posiciona de esta manera como una de las líneas de desarrollo más relevantes para la aviación militar del futuro, con un impacto directo en la seguridad, la capacidad de supervivencia y la eficacia de las misiones.

El presente trabajo se enmarca en este proceso de transformación y tiene como finalidad analizar la operación conjunta y colaborativa entre helicópteros y drones, evaluando su viabilidad doctrinal, técnica y operativa, así como su potencial aplicación en el ámbito militar español. Para ello, se examinan los principales marcos normativos (incluyendo los niveles de interoperabilidad LOI definidos por la OTAN), el estado actual del desarrollo tecnológico y los casos reales en los que el MUM-T ya está siendo empleado. Del mismo modo, se expone la relevancia que están adquiriendo estos sistemas en foros internacionales especializados, como la 12ª Global Defence Aviation Conference, donde se ha destacado la importancia estratégica de progresar hacia modelos de cooperación avanzada entre medios tripulados y no tripulados.

La estructura del trabajo se organiza en cuatro partes. En primer lugar, se presentan los antecedentes y el marco teórico necesario para comprender los conceptos fundamentales relacionados con el MUM-T, la interoperabilidad y las capacidades de los sistemas no tripulados. A continuación, se exponen diversos ejemplos reales y recientes de empleo de drones y helicópteros en operaciones conjuntas, así como las lecciones aprendidas derivadas de dichos



escenarios. En la tercera parte se analiza el estado actual de la cuestión en el ámbito europeo y nacional, detallando la evolución doctrinal, los proyectos en desarrollo y las perspectivas futuras de integración. Finalmente, el trabajo concluye con una valoración crítica sobre la viabilidad y el impacto de estas tecnologías, ofreciendo una reflexión final sobre el papel que desempeñará el MUM-T en la aviación militar del futuro.



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene como propósito analizar la operación conjunta y colaborativa entre drones y aeronaves de ala rotatoria, evaluando su viabilidad técnica, doctrinal y de seguridad dentro del ámbito militar. A través de este estudio se pretende indagar en cómo se están realizando y como se están coordinando hoy en día operaciones militares entre helicópteros y drones, según los niveles de interoperabilidad establecidos.

El objetivo general consiste en examinar la relación funcional y doctrinal que permite la cooperación entre helicópteros y vehículos aéreos no tripulados, destacando su papel dentro del marco de operaciones modernas y el concepto Manned–Unmanned Teaming. Para alcanzar dicho objetivo, el trabajo aborda la descripción de las capacidades y limitaciones de ambos tipos de aeronaves, el estudio de los marcos normativos y doctrinales que regulan su empleo, y el análisis de ejemplos recientes en los que esta cooperación ha sido puesta en práctica. Asimismo, se analizan los principales retos operativos, tecnológicos y de seguridad que surgen al integrar sistemas no tripulados con aeronaves tripuladas, tales como la carga de trabajo de la tripulación, la vulnerabilidad cibernética o los problemas de interoperabilidad en entornos saturados.

El alcance de este trabajo se enmarca en el ámbito de la defensa y la aviación militar, centrándose en las operaciones conjuntas que implican cooperación directa entre helicópteros y UAV. No se incluyen desarrollos técnicos detallados de cada plataforma ni ensayos experimentales, limitándose el análisis al ámbito documental y doctrinal. La investigación toma como base fuentes oficiales, estudios académicos, publicaciones de organismos internacionales y material técnico publicado por la industria aeronáutica, complementado con ejemplos recientes de conflictos y ejercicios operativos. El propósito final es ofrecer una visión clara y actualizada del estado de desarrollo del MUM-T, así como de las perspectivas de evolución que permitirán optimizar su integración en las Fuerzas Armadas.

2.2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada combina un enfoque cualitativo y documental, orientado a analizar y sintetizar información procedente de fuentes oficiales y contrastadas. En primer lugar, se ha realizado una revisión exhaustiva de documentos doctrinales, normativos y técnicos emitidos por la OTAN, la Agencia Europea de Defensa (EDA) y el Ministerio de Defensa de España, con el objetivo de establecer un marco teórico sólido que permita contextualizar el concepto MUM-T dentro de la doctrina actual de las operaciones aéreas conjuntas.

De manera complementaria, se ha llevado a cabo un análisis de publicaciones académicas, artículos especializados y comunicados de fabricantes aeronáuticos como Airbus, Boeing o Thales, cuyo contenido aporta una visión actualizada sobre los avances tecnológicos y las iniciativas industriales más recientes relacionadas con la integración de sistemas tripulados y no tripulados. Esta fase de revisión documental se ha apoyado también en material audiovisual y reportes oficiales de operaciones y ejercicios realizados por fuerzas armadas aliadas, como los casos de Estados Unidos, Ucrania e Israel.

El análisis de la información recopilada se ha desarrollado mediante métodos deductivo e inductivo. El método deductivo se ha empleado para extraer conclusiones a partir del estudio de la normativa, los estándares de interoperabilidad y los marcos doctrinales, con el fin de determinar los principios que rigen la cooperación entre aeronaves. Por su parte, el método inductivo ha permitido identificar patrones comunes y lecciones aprendidas a partir del examen de casos reales, destacando aquellos factores que contribuyen a mejorar la eficacia y seguridad en las operaciones conjuntas.



Finalmente, los resultados se integran en un análisis interpretativo que permite valorar el grado de madurez del concepto MUM-T, su aplicación práctica en las Fuerzas Armadas y las implicaciones que su desarrollo puede tener para la aviación de ala rotatoria en el futuro. Todo lo anterior garantiza un estudio riguroso, coherente y sustentado en evidencias verificables, proporcionando una base sólida para las conclusiones del trabajo.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

A lo largo de toda la historia de la humanidad, cuando se ha originado un conflicto, los ejércitos siempre han buscado formas más efectivas de combatir a las fuerzas enemigas, pensando siempre en la mitigación de las bajas propias y causar el mayor daño posible al rival para salir victorioso. Como ya afirmaba el filósofo griego presocrático Heráclito en el fragmento 53 recogido en la recopilación de fragmentos de García Bacca en su obra¹ (Los presocráticos), “La guerra es el padre de todas las cosas, y el rey de todo”, la guerra ha sido históricamente un motor de innovación.

Durante los diferentes conflictos del siglo XX y el siglo XXI, los avances armamentísticos y técnicas de combate han ido evolucionado significativamente. Uno de los mayores avances son los drones que conocemos hoy en día. En el ámbito militar, los drones o UAV, también denominados RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), son aeronaves que operan sin tripulación humana a bordo, controladas de forma remota o mediante sistemas autónomos. Se clasifican por su tamaño, capacidad de carga, autonomía y tipo de ala. Si los clasificamos por tipo de ala hay dos tipos:

- Ala fija: similares a aviones, con gran autonomía y velocidad.
- Ala rotatoria: con rotores similares a los helicópteros, adecuados para vuelos estacionarios y maniobras a baja velocidad.

Antes de la aparición de los drones actuales, los ejércitos ya empleaban aeronaves no tripuladas muy rudimentarias como blancos aéreos para el entrenamiento de la artillería antiaérea. Un ejemplo temprano fue el de Havilland DH.82 Queen Bee británico, introducido en 1935, que podía controlarse por radio y es considerado el origen del término inglés “drone”².



Figura 1 Winston Churchill con el avión de reconocimiento no tripulado Queen Bee. Fuente: Imperial War Museum.

¹El Fragmento 53 de Heráclito (“La guerra es el padre de todas las cosas, y el rey de todo”) no se refiere únicamente al conflicto bélico, sino a la idea de conflicto como motor de cambio. Para Heráclito, todo en el universo está en constante transformación y, el “conflicto” o “lucha de opuestos”, es lo que impulsa esa transformación. En el contexto de este trabajo, se interpreta como una referencia a cómo los conflictos armados han actuado históricamente como impulsores de innovación tecnológica y doctrinal (García Bacca, 1972).

²Un “drone” (o dron) hace referencia a una aeronave no tripulada que puede volar de manera autónoma o ser controlada remotamente.



En paralelo, también comenzaron a utilizarse misiles guiados como una de las primeras formas de armamento capaz de atacar objetivos sin poner en riesgo directo la vida de los pilotos, en caso de atacar con aeronaves tripuladas. Estos misiles, que se desarrollaron y utilizaron de forma más extendida durante la Segunda Guerra Mundial y la Guerra Fría, contaban con sistemas de navegación que les permitían guiarse hacia un blanco específico sin intervención continua del operador. Aunque su tecnología era muy básica comparada con la actual, estos sistemas representaban un avance enorme para la época, ya que reducían la necesidad de que un piloto se expusiera al fuego enemigo para atacar un objetivo. Fueron, en esencia, los precursores de lo que hoy conocemos como armamento autónomo³.

Durante el transcurso de la Guerra de Vietnam (1955-1975), se dio un gran salto en la evolución de los UAV con el desarrollo del Ryan Model 147 Fire Fly, uno de los primeros UAV reutilizables empleados y construidos a gran escala. Este sistema procedía de la adaptación de aquellos drones que se utilizaban como blancos, a los que se les realizaron modificaciones estructurales y electrónicas para cumplir misiones de espionaje y vigilancia. Entre estas adaptaciones destacaban la instalación de cámaras fotográficas, sensores ópticos y sistemas de transmisión de datos que permitían enviar la información recogida a estaciones en tierra o almacenarla para su posterior análisis. Se mejoró también la autonomía para cubrir trayectorias más largas y a mayores altitudes, lo que permitía penetrar en el territorio enemigo disminuyendo el riesgo de detección y, de este modo, proceder a la recopilación de imágenes aéreas, ubicaciones de posiciones enemigas y realizar mapas topográficos.



Figura 2 Ryan Model 147 Fire Fly operando durante la Guerra de Vietnam. Fuente: Victor Delgado Cinematographer.

Unas décadas después, los avances tecnológicos en diferentes apartados como las telecomunicaciones, sensores o autonomía han impulsado un incremento de drones más polivalentes. En conflictos como la Guerra del Golfo (1990-1991) y más adelante con las guerras en Afganistán (2001-2021) e Irak (2003), se introdujeron nuevos modelos, como por ejemplo el MQ-1 Predator y el MQ-9 Reaper, con la capacidad de realizar tanto misiones de reconocimiento como de ataques de precisión. Estos nuevos avances tecnológicos y sus distintas actuaciones en estos conflictos demostraron que los drones podían operar con una mayor autonomía junto con misiles guiados, ampliando así sus capacidades y abriendo un nuevo campo de profundización y mejora para realizar ataques a objetivos militares enemigos sin poner en riesgo directamente a sus tripulaciones.

³Sistemas de armas capaces de detectar, seleccionar y atacar objetivos con un grado de independencia respecto al control humano.



Figura 3 MQ-1 Predator en espera de lanzamiento en un hangar en Afganistán durante la Operación Enduring Freedom. Fuente: U.S. Air Force.

En los conflictos más recientes se ha alcanzado un punto de inflexión. Como bien se está viendo en la Guerra de Ucrania, ha aumentado el uso masivo de drones, no solo de fabricación militar sino también comerciales configurados y adaptados para realizar operaciones de reconocimiento, lanzamiento de explosivos y ataques suicida. Este crecimiento exponencial del uso de UAV ha impulsado su despliegue en misiones junto a aeronaves tripuladas, especialmente de ala rotatoria, en entornos operativos.

Dentro de esta evolución, debemos antes comprender cómo opera normalmente la aviación militar. Cuando se tiene que realizar una misión de alto riesgo, se asigna un binomio para realizar la misión. Este binomio está formado por un “líder”, siendo este el responsable del cumplimiento de la misión y el que lidera el binomio, y el segundo llamado “wingman”, quien siendo el subordinado del líder y volando junto a él tiene el cometido de ayudarlo a que cumpla la misión ofreciéndole apoyo, e incluso llegando a hacerse cargo del cumplimiento de la misión si así lo requiriese por alguna circunstancia del combate. La mejora constante en autonomía y los avances en el desarrollo de inteligencia artificial junto con el aumento de su uso, ha provocado que este concepto derive en “loyal wingman”, drones diseñados para acompañar a aeronaves tripuladas en misiones de combate o rescate. Ejemplos de estos últimos son drones que han trabajado con helicópteros de ataque Mil Mi-24 y Ka-52 rusos, que recopilan información y coordenadas de posiciones enemigas proporcionados por UAV para realizar ataques con más precisión. Por otro lado, helicópteros ucranianos Mi-8 han sido escoltados y apoyados por drones FPV⁴ en misiones de reabastecimiento y evacuación.

Algo parecido está ocurriendo en el conflicto de Israel contra Hamás, donde drones de bajo coste se utilizan para guiar y proporcionar información a helicópteros AH-64 Apache israelíes demostrando que incluso los drones más rudimentarios pueden mejorar una operación ejecutada por aeronaves tripuladas.

Además de su mera presencia en el campo de batalla, los drones integrados en operaciones conjuntas con helicópteros desempeñan un papel activo, asumiendo tareas⁵ que incrementan la eficacia y seguridad de la misión. Entre las más relevantes se encuentran:

- Reconocimiento avanzado: proporcionar inteligencia previa a la entrada del helicóptero en zonas hostiles.

⁴“First Person View” o “vista en primera persona” es un tipo de dron que transmite lo que ve en tiempo real desde una cámara frontal a unas gafas especiales o a un monitor, de manera que el operador ve lo mismo que ve el dron en vuelo.

⁵ (Congressional Research Service, 2022).



- Adquisición y designación de objetivos (Targeting): guiar armamento lanzado desde la aeronave tripulada.
- Escolta armada: protección directa frente a amenazas aéreas o terrestres.
- Guerra electrónica: interferencia y supresión de sistemas enemigos.
- Relé de comunicaciones: extender el alcance de enlaces de mando y control.

La evolución tecnológica a obligado a los países a desarrollar doctrinas para regular estos nuevos avances, que a su vez han culminado en nuevos conceptos como Manned-Unmanned Teaming⁶ (MUM-T), refiriéndose así a la capacidad de operar aeronaves tripuladas y drones de forma coordinada y sincronizada bajo un mismo sistema de mando y control. Recientemente, con el objetivo de emplear un lenguaje más inclusivo, algunos países y organizaciones internacionales han comenzado a utilizar el término Crewed-Uncrewed Teaming ⁷(CUC-T) para referirse a la misma doctrina, manteniendo el mismo concepto operativo.

La integración efectiva de sistemas tripulados y no tripulados requiere cumplir normas internacionales que garanticen la seguridad y la interoperabilidad. En Europa, la European Aviation Safety Agency (EASA⁸) establece categorías de drones para operaciones civiles y militares en entornos compartidos (véase **Anexo I** para más información). En España se regula mediante el Reglamento de Circulación Aérea Operativa (RCAO⁹), clasificando los drones militares según peso máximo al despegue (MTOW¹⁰) y capacidades, regulando su uso en espacio aéreo nacional y ajustándose a las directrices de la OTAN y de la Agencia Europea de Defensa (EDA¹¹) (véase **Anexo II** para más información).

Se debe conocer la doctrina con la que trabaja la OTAN en este aspecto, pues es esencial para garantizar la coordinación y la interoperabilidad entre aeronaves tripuladas y no tripuladas durante operaciones conjuntas. Se establece así diferentes niveles de interoperabilidad en el estándar STANAG 4586¹². Los diferentes niveles son¹³:

- LOI 1: El dron está controlado en su totalidad por un operador ajeno a la aeronave tripulada, el cual transmite la información recopilada vía radio.
- LOI 2: En este nivel, si bien el RPAS es controlado al completo por el operador, el usuario final dispone de la información que está suministrando el dron a tiempo real, facilitando la interpretación de los datos y reduciendo el riesgo de errores derivados de la complejidad de la situación.
- LOI 3: El nivel de interoperabilidad 3 permite al usuario final poder controlar el

⁶“Colaboración tripulada-no tripulada”.

⁷“Colaboración tripulada-no tripulada”.

⁸Son las siglas de la Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea (European Aviation Safety Agency). Es una agencia de la Unión Europea responsable de garantizar la seguridad y protección del medio ambiente en la aviación civil en Europa.

⁹Lo elabora y aprueba el Ministerio de Defensa, bajo la responsabilidad del Ejército del Aire y del Espacio.

¹⁰“Maximum Takeoff Weight”.

¹¹Es un organismo de la Unión Europea creado en 2004 que tiene como misión principal apoyar a los Estados miembros en el desarrollo de capacidades de defensa, la cooperación en proyectos militares y la mejora de la interoperabilidad entre sus fuerzas armadas.

¹²Acuerdo de Normalización de la OTAN que establece procedimientos, procesos, términos y condiciones para equipos y técnicas militares comunes entre los países miembros de la alianza. El 4586 define las interfaces estándar para sistemas de control de vehículos aéreos no tripulados y su interoperabilidad.

¹³ (U.S. Department of the Army, 2010).



sensor de obtención de información (normalmente una cámara), pudiendo así la tripulación seleccionar el objetivo o zona que más les interese.

- LOI 4: Control total del dron. Al encontrarse en el nivel 4, la tripulación de la aeronave tripulada consigue tomar el control total del UAV en el momento que lo necesite, facilitando así la acción de mando y control de la unidad. El RPAS puede estar sobrevolando una zona de forma autónoma y las diferentes unidades aéreas ir utilizándolo a voluntad.
- LOI 5: En el último nivel, se supone que el operador del dron se encuentra integrado en la tripulación del aparato, teniendo así el control absoluto de la aeronave no tripulada. Transferir tanta carga de trabajo a la tripulación como es el control total del UAV, incluyendo su despegue y aterrizaje, puede suponer un problema para la operación, creando distracciones sobre la misión y el vuelo de la aeronave.

En entornos operativos, el LOI 4 suele considerarse el más adecuado, pues otorga a la tripulación la posibilidad de asumir el control del dron cuando lo requiera, contando al mismo tiempo con el apoyo de un operador en tierra como respaldo. De esta manera, la tripulación se ajusta a las necesidades de la operación sin generar una carga excesiva que pueda derivar en distracciones.



4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Capacidades y funciones que pueden desempeñar los drones.

4.1.1. Funciones de UAV en apoyo a helicópteros.

Con las últimas modernizaciones y el desarrollo de nuevas tácticas de combate aéreo, se han ido implementando nuevas tecnologías y sistemas de armas buscando la eficacia y seguridad en el combate. Los vehículos aéreos no tripulados desempeñan un papel clave en el apoyo a helicópteros dentro de operaciones colaborativas o conjuntas entre ambos, asumiendo funciones durante la misión que amplían las capacidades, mejora la conciencia situacional y la seguridad de los combatientes. Una de las más relevantes es el reconocimiento avanzado, en el cual los UAV nos proporcionan una vigilancia continua del área de operación gracias a sus sensores o elementos ópticos, infrarrojos o de radar. Esta capacidad permite identificar amenazas, posiciones enemigas y distintas condiciones del terreno necesarias de su conocimiento para la planificación previa antes de la entrada de helicópteros en la zona, reduciendo así el riesgo aumentando la conciencia situacional y la exposición prematura de la tripulación. Un ejemplo claro de esta capacidad es el MQ-1C Gray Eagle, que gracias a su elevada autonomía y a los múltiples sensores de los que dispone, puede desarrollar misiones de observación prolongadas en apoyo de aeronaves tripuladas.

La designación de objetivos, conocido como “targeting”, permite al dron localizar y marcar objetivos mediante láser o coordenadas GPS, facilitando a los pilotos de los helicópteros ejecutar ataques de precisión y mejorando el tiempo de reacción. De este modo se reduce el riesgo de la tripulación al no exponerse en la acción de obtener la localización exacta del enemigo, pudiendo así hacerlo en el momento de realizar el ataque, optimizando el tiempo de preparación. En este ámbito destaca el RQ-7B Shadow, un UAV equipado con designador láser y sistemas de localización que le permiten guiar armamento lanzado desde plataformas tripuladas, incluyendo helicópteros de ataque.

En el entorno de operaciones, los UAV también pueden asumir misiones de guerra electrónica y supresión de defensas antiaéreas. Estos UAV están modificados para portar equipos de interferencia y decepción electrónica, siendo capaces de detectar la radiación electromagnética de radares a larga distancia, interferir en sistemas de comunicación enemigos emitiendo señales con la misma frecuencia como ruido o señales falsas, o incluso identificar una defensa antiaérea. Contribuyen así a la seguridad en el espectro electromagnético de los helicópteros. El MQ-9 Reaper representa un ejemplo en esta capacidad, en su configuración equipada con elementos de guerra electrónica, ya que puede ejecutar acciones de perturbación electromagnética y apoyo a la supresión de defensas aéreas.

Por otro lado, los drones también pueden actuar como relé de comunicaciones. En terrenos montañosos o urbanos, las señales de radio pueden no llegar bien por los obstáculos. Los UAV, al volar a mayor altitud y permanecer sobrevolando zonas durante horas, sirven como una estación puente ya que reciben la señal del emisor, la procesan y retransmiten extendiendo así el alcance y garantizando la comunicación, permitiendo mantener la continuidad del mando y control. El MQ-8B Fire Scout, un helicóptero no tripulado de la Armada de los Estados Unidos, ha sido diseñado precisamente con esta capacidad, aportando continuidad en los enlaces de comunicaciones y apoyo a la gestión táctica de operaciones conjuntas.

Finalmente, los UAV pueden desempeñar funciones de escolta armada. Proporcionan protección directa a helicópteros de transporte o de ataque, actuando como plataformas armadas complementarias. Ayudan a detectar y neutralizar amenazas en el área de operaciones, contribuyendo así a la defensa y seguridad tanto de las aeronaves como de la misión. Uno de



los más destacados es el MQ-1 Predator. Aunque es un caso paradigmático ya que la intención inicial era utilizarlo para funciones tipo ISR¹⁴, fue posteriormente armado con misiles AGM-114 Hellfire, lo que le permitió asumir tareas de escolta y apoyo de fuego junto a helicópteros¹⁵.

4.1.2. Impacto en la supervivencia y eficacia de la aeronave tripulada.

A pesar de la innovación en armamento antiaéreo los helicópteros continúan siendo fundamentales en los distintos escenarios bélicos debido a su agilidad, maniobrabilidad y capacidad de despliegue rápido. No obstante, las limitaciones de ciertos aspectos como la autonomía de vuelo, la fatiga de la tripulación y la vulnerabilidad en entornos rodeados de amenazas constituyen factores para tener en cuenta.

Por otra parte, los sistemas aéreos no tripulados pueden llevar a cabo misiones de alto riesgo sin comprometer vidas humanas, además de poder ser desplegados y operados desde buques, bases avanzadas o plataformas móviles. La cooperación entre aeronaves tripuladas y no tripuladas permite aprovechar las fortalezas de un sistema de armas para mitigar las desventajas del otro, creando así una colaboración que supera la simple suma de las individualidades.

Aunque en la actualidad no se dispone todavía de datos estadísticos suficientes que permitan determinar de manera precisa el grado en que las aeronaves no tripuladas incrementan la eficacia y la supervivencia de las aeronaves tripuladas, diversos especialistas del sector coinciden en su impacto positivo. Eric Freeman, fundador y director de Alpha Unmanned Systems¹⁶ (AUS), señala en su artículo de opinión para la revista Vertical Magazine¹⁷ que el empleo de MUM-T aporta un valor táctico significativo a lo largo de tres fases:

- En la primera fase, durante el reconocimiento previo a la misión, los UAV pueden ser desplegados antes que los vuelos tripulados con el objetivo de cartografiar el área de operaciones e identificar posibles amenazas. La inteligencia obtenida durante esta fase es crucial para disminuir la incertidumbre y proporciona a la tripulación una mayor seguridad al tener información previa de la zona en la que operarán.
- En segundo lugar, colaborando durante la misión, la tripulación del helicóptero puede controlar directamente el dron desde la propia aeronave, recibiendo imágenes, vídeo y datos de telemetría en tiempo real. Esta interacción amplía la consciencia situacional de los pilotos y les permite mantener una distancia de seguridad sobre las zonas hostiles.
- Por último, la fase de explotación posterior a la misión permite aprovechar la inteligencia recogida por las aeronaves no tripuladas para realizar análisis de la ejecución de la operación en los juicios críticos u obtener lecciones aprendidas para la planificación de futuras misiones.

¹⁴Intelligence, Surveillance and Reconnaissance, es decir, inteligencia, vigilancia y reconocimiento.

¹⁵ (Rossetti, 2020).

¹⁶Empresa 100% española líder en el diseño, fabricación y comercialización de pequeños helicópteros tácticos no tripulados propulsados por motor de combustión.

¹⁷ (Freeman, 2025).



Figura 4 Eric Freeman, fundador y CEO de Alpha Unmanned Systems posando junto a sus drones de ala rotatoria durante la entrevista publicada en Drones World Magazine. Fuente: Drones World Magazine.

En términos generales, los helicópteros siguen siendo esenciales en el campo de batalla. La incorporación de sistemas no tripulados en operaciones colaborativas aporta un valor añadido incuestionable. La posibilidad de combinar las fortalezas de ambas plataformas permite obtener mayor beneficio y eficacia a la hora de planificar, ejecutar y analizar una misión. La experiencia acumulada en ejercicios u operaciones recientes demuestra como incrementa la seguridad, consolidándose como una herramienta indispensable en el presente y futuro de las operaciones militares.

4.2. Doctrinas y procedimientos operativos.

4.2.1. Marco doctrinal de la OTAN.

La OTAN ha impulsado en los últimos años el desarrollo doctrinal del MUM-T como una herramienta clave para mejorar la eficacia en sus operaciones aéreas. Dentro de este contexto, el Joint Air Power Competence Centre (JAPCC¹⁸) tiene un papel fundamental como asesor y pensamiento estratégico. El JAPCC es un centro de excelencia acreditado por la OTAN, creado en 2005 y con sede en Kalkar (Alemania). Depende directamente del Supreme Allied Commander Transformation (SACT¹⁹), que es uno de los dos comandantes estratégicos de la OTAN, y es el jefe del Allied Command Transformation (ACT²⁰), responsable de la transformación de las fuerzas y capacidades de la Alianza, así mismo encargado de la adaptación doctrinal, conceptual y tecnológica (ver **Anexo III** para más información sobre la estructura funcional de la OTAN). La misión principal del Joint Air Power Competence Centre es proporcionar asesoramiento y realizar análisis independientes para la transformación y mejora del poder aéreo y espacial conjunto de La Organización del Tratado del Atlántico Norte, con el fin de salvaguardar los intereses de la Alianza y de las naciones miembros mediante soluciones innovadoras y visiones de futuro en el ámbito aeroespacial²¹.

En relación con el MUM-T, el JAPCC ha elaborado documentos doctrinales de referencia.

¹⁸“Centro Conjunto de Competencia del Poder Aéreo”.

¹⁹“Comandante Supremo Aliado de Transformación”.

²⁰“Mando Aliado de Transformación”.

²¹ (Joint Air Power Competence Centre (JAPCC), 2023).



Entre ellos destaca “Strategic Concept of Employment for Unmanned Aircraft Systems in NATO”, donde se establecen las líneas doctrinales para la integración de UAV en operaciones aliadas. Este documento analiza cómo deben emplearse los drones con aeronaves tripuladas, que requisitos y organización exige la interoperabilidad y como debe evolucionar la formación y estructura de mando para facilitar el MUM-T²².

De este modo, el JAPCC no dicta normativa vinculante, pero sí desarrolla conceptos y directrices que sirven de base para la estandarización. Sus publicaciones son muy influyentes en la doctrina que aplican los países miembros en el ámbito aéreo, orientando la creación de tácticas, técnicas y procedimientos comunes (TTP), asegurando que todos los aliados trabajen bajo un mismo marco armonizado en operaciones con plataformas tripuladas y no tripuladas.

Por otro lado, dentro del contexto de estandarización adquiere especial relevancia el STANAG 4671. Fue desarrollado por la NATO Airworthiness Authorities (NAA²³) y el NATO Standardization Office (NSO²⁴), con el propósito de definir requisitos de aeronavegabilidad para sistemas aéreos no tripulados de peso superior a 150 kg, basado en los requisitos USAR²⁵ (Unmanned Aircraft Systems Airworthiness Requirements) desarrollados por la Joint Aviation Authorities²⁶ (JAA). Su objetivo principal es garantizar que los UAV puedan operar en el espacio aéreo controlado bajo los mismos estándares de seguridad que la aviación tripulada. Este estándar proporciona el marco técnico que posibilita que los drones no sean plataformas aisladas, integrándolas de manera segura y coordinada con helicópteros y aviones tripulados en operaciones conjuntas y colaborativas²⁷.

En la práctica, el STANAG 4671 beneficia el MUM-T en aspectos como la seguridad operacional. En un espacio aéreo compartido por diferentes tipos de aeronaves, establece criterios de diseño, certificación y fiabilidad, los cuales sirven para garantizar la seguridad y evitar riesgos innecesarios que comprometan una operación. Del mismo modo, fomenta la interoperabilidad entre los aliados al definir un lenguaje técnico común, permitiendo que cualquier RPAS certificado bajo este estándar no tenga ningún problema de integración con aeronaves de otros países miembros de la alianza.

Este marco de estandarización actúa como un facilitador doctrinal y un objeto de credibilidad. Crea las condiciones necesarias para desarrollar procedimientos (TTP) y tácticas, y otorga esa confianza de poder incorporar los drones en formaciones mixtas con la certeza de que cumplen los mismos niveles de exigencia que las aeronaves tripuladas.

4.2.2. Marco doctrinal de la Agencia Europea de Defensa.

En el ámbito europeo, la EDA ha asumido un papel determinante en la definición doctrinal y normativa de los sistemas autónomos, con especial incidencia en el MUM-T. En enero de 2024

²² (Joint Air Power Competence Centre (JAPCC), 2010).

²³Las Autoridades de «Airworthiness» de la OTAN son las organizaciones nacionales reconocidas por la OTAN que se encargan de certificar que los productos, componentes y equipos aeronáuticos cumplen con los requisitos de aeronavegabilidad establecidos por la Alianza.

²⁴La Oficina de Normalización de la OTAN es una agencia de la OTAN encargada de coordinar, apoyar y administrar las actividades de estandarización militar y civil dentro de la Alianza Atlántica, con el objetivo principal de garantizar la interoperabilidad y la eficacia operativa de las fuerzas militares de los países miembros.

²⁵Documento técnico desarrollado originalmente por la JAA. Define los requisitos de aeronavegabilidad que deben cumplir los sistemas aéreos no tripulados, para operar de forma segura en el espacio aéreo, de forma equivalente a la aviación tripulada.

²⁶Antecesor de la EASA, que la reemplazó completamente en 2009.

²⁷ (NATO Standardization Office, 2019).



aprobó el Action Plan on Autonomous Systems²⁸ (Plan de Acción sobre Sistemas autónomos, APAS), un plan estratégico cuyo propósito es acelerar el desarrollo de capacidades autónomas eficaces, seguras e interoperables en el dominio terrestre, aéreo, marítimo y multidominio²⁹. Este documento identifica al MUM-T como una de sus prioridades, destacando proyectos ambiciosos como el empleo de enjambres para ISR y logística, así como el MUM-T para fuegos conjuntos³⁰.

El APAS se estructura en 3 fases de 5 años de duración, articuladas cada una con tres líneas de trabajo acumulativas llamadas “Work-Strands”. La tercera fase constituye el pilar doctrinal para el MUM-T. En ella se desarrolla el Work-Strand 3 “Cross-Domain Operations³¹” el cual busca habilitar operaciones conjuntas en múltiples dominios mediante enjambres de drones capaces de integrarse con plataformas tripuladas. Esta línea de trabajo supone un salto doctrinal relevante, pasar de sistemas no tripulados aislados o cooperativos a un marco de operaciones multidominio manned-unmanned.

De este modo, el Work-Strand 3 no solo es un eje tecnológico, sino también doctrinal. Para garantizar la viabilidad doctrinal, el plan enfatiza la necesidad de afrontar retos en materia de estandarización, certificación y validación/verificación, aplicando estándares civiles cuando sea posible y desarrollando marcos específicos allí donde los requisitos militares lo exijan. Además, contempla la creación de la Plataforma Europea de Sistemas Autónomos (EUPAS) para pruebas y validaciones conjuntas, y de foros especializados como la Autonomous Systems Community of Interest (Comunidad de Interés de Sistemas Autónomos, ASCI) y el Ad Hoc Working Group on Autonomous Systems (Grupo de trabajo ad hoc sobre sistemas autónomos, AHWG AS), destinados a armonizar conceptos de operaciones (CONOPS), entrenamientos y doctrinas. De este modo, la EDA sienta las bases para que los Estados miembros puedan integrar el MUM-T bajo un marco común que combine seguridad, interoperabilidad y eficacia operativa.

4.2.3. Marco doctrinal de España (Ministerio de Defensa).

En España, la regulación básica sobre los sistemas aéreos no tripulados se encuentra en el Real Decreto 517/2024, de 4 de junio, en el cual se establece el régimen jurídico de utilización de UAS en el ámbito civil³². Fija requisitos de aeronavegabilidad, licencias de operación, matriculación y condiciones de vuelo, alineados con el reglamento europeo, con el fin de garantizar la seguridad en el espacio aéreo compartido. En el ámbito militar el RCAO³³ regula las normas de vuelo aplicables al tráfico aéreo de las Fuerzas Armadas. Este reglamento es esencial para el concepto de MUM-T, ya que establece procedimientos de coordinación entre aeronaves tripuladas y no tripuladas, incluyendo operaciones en zonas no segregadas³⁴.

En el plano doctrinal, el Ministerio de Defensa ha comenzado a incorporar el concepto de Manned-Unmanned Teaming en su visión estratégica sobre la proyección futura de las Fuerzas Armadas. Publicaciones como “Los sistemas no tripulados” destacan la importancia de la colaboración entre drones y aeronaves tripuladas, señalando que permitiría reforzar las operaciones futuras. Además, se subraya que España debe alinearse con la evolución doctrinal de la OTAN y la Unión Europea para garantizar la interoperabilidad de sus sistemas³⁵.

²⁸ (Unión Europea, 2024).

²⁹Entorno operativo que engloba al dominio operativo terrestre, aéreo, marítimo, espacial y ciberespacial.

³⁰Operaciones de ataque coordinadas entre plataformas tripuladas y no tripuladas.

³¹Operaciones multidominio.

³² (Real Decreto 517/2024, 2024).

³³ (Ministerio de Defensa, 2019).

³⁴Espacio aéreo no segregado es aquel donde vuelan tanto aeronaves civiles como militares (aviación comercial, general, drones, cazas, helicópteros etc.). Aquí es imprescindible cumplir las normas de circulación aérea civil/militar para garantizar la seguridad y la interoperabilidad.

³⁵ (CESEDEN, 2010).



4.3. Casos reales y recientes en conflictos armados.

En los conflictos armados contemporáneos el empleo de vehículos aéreos no tripulados ha experimentado un crecimiento notable, no solo como instrumentos de vigilancia sino también como elementos activos dentro de doctrinas de ataque y defensa. El bajo costo relativo de fabricación y operación ha permitido su producción en masa y su incorporación en distintas unidades de combate, tanto para unidades que utilizan sistemas de armas defensivos, unidades de ataque directamente con drones o unidades de combate a pie con UAV de apoyo.

En Ucrania, tras el comienzo de la invasión rusa el 24 de febrero de 2022, se ha observado que los UAV no solo apoyan operaciones ofensivas, sino que también están adquiriendo un papel defensivo, colaborando en la detección, rastreo y neutralización de amenazas aéreas (especialmente otros drones). De acuerdo con un reportaje de United24 Media³⁶ basado en declaraciones oficiales del comandante en jefe de las Fuerzas Armadas de Ucrania (Oleksandr Syrskyi³⁷) los helicópteros ucranianos han logrado interceptar un número significativo de drones de fabricación iraní tipo Shahed³⁸. Según el mando ucraniano, en determinadas condiciones y sectores de combate, las aeronaves de ala rotatoria son responsables de hasta el 40% de las intercepciones de drones enemigos.

El informe subraya que esta capacidad se enmarca en una red de defensa aérea multicapa, donde sensores terrestres, sistemas antiaéreos y aeronaves no tripuladas trabajan de forma conjunta para detectar, rastrear y asignar blancos a los helicópteros, que son los encargados de abatir dicha amenaza aérea. Los pilotos operan tanto en misiones diurnas como nocturnas, utilizando sistemas de observación óptico-electrónicos y cañones de a bordo, y existen planes oficiales para modernizar las plataformas con sensores térmicos e infrarrojos que permitan mejorar la eficacia durante las intercepciones nocturnas.



Figura 5 Helicóptero ucraniano en misión antidron. Captura del video oficial publicado por United24 Media en su cuenta oficial de X.

³⁶United24 Media es una plataforma multimedia en inglés y español, creada por el gobierno ucraniano, que proporciona información y noticias sobre la guerra en Ucrania, su cultura, historia y vida diaria, con el objetivo de contrarrestar la propaganda rusa y la desinformación (United24 Media, 2025).

³⁷Oleksander Stanislavovich Syrskyi es un oficial militar ucraniano de origen ruso. Ejerce la función como comandante en jefe de las Fuerzas Armadas de Ucrania desde el 8 de febrero de 2024.

³⁸Tipo de vehículo aéreo no tripulado de origen iraní, desarrollado por Shahed Aviation Industries, que se destaca por ser principalmente un dron kamikaze o suicida.



Las misiones operativas descritas en el artículo mencionado indican que los helicópteros ucranianos están integrados en la defensa aérea, colaborando con los UAV de reconocimiento que proporcionan datos de posición y movimiento de los drones hostiles. Este modelo táctico constituye un ejemplo de cooperación entre sistemas tripulados y no tripulados, donde la combinación de vigilancia aérea autónoma y respuesta tripulada inmediata materializa en la práctica el principio de operación colaborativa MUM-T en un contexto defensivo real.

En el otro bando, aunque no existen evidencias públicas concluyentes que confirmen el empleo directo en operaciones conjuntas de vehículos aéreos no tripulados y helicópteros por parte de las Fuerzas Armadas rusas, su doctrina militar y las capacidades técnicas de sus sistemas permiten considerar viable esta relación operativa. La estrategia rusa de combate aéreo y terrestre se basa en la integración progresiva de plataformas no tripuladas dentro de su red de reconocimiento y ataque, con el objetivo de mejorar la eficacia en la adquisición de blancos, la precisión de los ataques y la coordinación entre diferentes medios aéreos y terrestres³⁹.



Figura 6 Soldados rusos preparan munición merodeadora Lancet⁴⁰. Fuente: Zala Aero.

Los drones del tipo Orlan, desarrollados por Special Technology Center⁴¹, representan uno de los pilares de la inteligencia, vigilancia y reconocimiento. El Orlan-10 ha sido en numerosas ocasiones empleado en el conflicto de Ucrania para reconocimiento, corrección de acciones de fuego y seguimiento de objetivos, proporcionando información en tiempo real a las unidades de artillería y a los centros de mando⁴². Su evolución, el Orlan-30, amplía estas capacidades al incorporar un designador láser, lo que permite seleccionar objetivos con precisión para el empleo de munición guiada o ataques aéreos coordinados⁴³.

Estos drones han demostrado ser un elemento clave en la cadena de fuegos rusa, reduciendo los tiempos entre detección y neutralización del objetivo, y aumentando la precisión de las acciones ofensivas. Los drones Orlan han sido empleados para designar objetivos no solo

³⁹ (TRADOC G-2 Analyst, 2024), (CEPA, Center for European Policy Analysis, 2025).

⁴⁰Lancet es una munición merodeadora desarrollada por la empresa rusa Zala Aero, parte del grupo Kalashnikov Concern. Combina las funciones de un dron y un proyectil, pudiendo patrullar zonas durante horas en busca de objetivos y, una vez localizado, atacar estrellándose contra él con una carga explosiva (ZALA Aero Group, 2019).

⁴¹Empresa rusa con sede en San Petersburgo que desarrolla y fabrica drones de vigilancia y reconocimiento, equipos de guerra electrónica y otros productos tecnológicos.

⁴² (Modern War Institute at West Point, 2023).

⁴³ (TASS, 2023).



para la artillería, sino también para aviones de combate. Aunque no siempre confirmada esta capacidad por fuentes oficiales rusas, es coherente con la lista de acciones que se han visto durante el conflicto en Ucrania.

Por otra parte, los helicópteros de combate rusos, como el Ka-52 o el Mi-28, cuentan con sistemas ópticos avanzados y con capacidad de empleo de armamento guiado láser. Estas aeronaves están diseñadas para operar de forma coordinada con otras unidades aéreas o terrestres y, por tanto, podrían aprovechar la designación laser realizada por los UAV o la información de localización transmitida por ellos. Aunque, como se ha citado anteriormente, no existen pruebas documentadas que confirmen la realización de misiones conjuntas entre UAV y helicópteros rusos, la convergencia tecnológica y doctrinal entre ambos sistemas sugiere que esta cooperación es factible y responde a la evolución natural de las tácticas rusas hacia una mayor interoperabilidad. En este marco, los UAV actuarían como sensores avanzados y designadores de objetivos, mientras que los helicópteros mantendrían su papel de ataque y respuesta rápida. Las capacidades técnicas y la doctrina de empleo conjunta indican que Rusia dispone de los medios para desarrollar este tipo de integración dentro de su modelo operativo.



Figura 7 Helicóptero ruso Kamov Ka-52 "Alligator" durante una demostración en 2018. Fuente: EFE/Sergei.

Poniendo la vista en otro conflicto actual, como el de Israel y Hamas, encontramos nuevos casos. En junio de 2025, el Ejército de Defensa de Israel (IDF) publicó comunicados oficiales y material audiovisual⁴⁴ en los que se muestra la intercepción de múltiples drones hostiles lanzados desde Irán hacia territorio israelí. En dichos comunicados, el IDF señaló que las operaciones de interdicción se llevaron a cabo en coordinación entre los sistemas de defensa aérea y los grupos operativos de cazas y helicópteros de combate de la Fuerza Aérea⁴⁵.

Aunque los comunicados oficiales no detallan explícitamente la secuencia táctica completa de las intercepciones, es decir, si la detección inicial fue producida por un UAV israelí o de sensores terrestres, en los videos publicados por el IDF se muestran helicópteros siendo asignados a blancos de UAV y confirmando impactos en el objetivo. Esto constituye una evidencia oficial de que las plataformas de ala rotatoria actúan como plataformas de ataque dentro del sistema de defensa aérea israelí frente a amenazas no tripuladas, integrándose en una red de vigilancia y respuesta conjunta.

⁴⁴ (Israel Defense Forces, 2025).

⁴⁵ (IDF, 2025).



El sistema de defensa aérea israelí se basa en una arquitectura de defensa aérea en capas, compuesta por radares, estaciones de control terrestre, aeronaves ISR y UAV, todo coordinado conjuntamente (véase **Anexo IV** para más información). Esta estructura permite la utilización de medios tripulados, como los helicópteros del modelo AH-64 Apache, para destruir las amenazas aéreas designadas por los medios de vigilancia, incluidos drones de reconocimiento.

Esta modalidad, detección por sensores y neutralización mediante plataforma tripulada, refleja la adaptación táctica israelí ante la creciente amenaza de enjambres, drones suicidas y misiles, respondiendo así a la necesidad de reducir el tiempo de eliminación en un entorno de alta saturación aérea. A falta de un documento doctrinal público que formalice esta cooperación, las evidencias mostradas por las grabaciones y comunicados oficiales del IDF respaldan la hipótesis de una integración efectiva entre UAV y helicópteros de combate dentro de la red de defensa israelí.

4.4. Panorama actual de la operación conjunta UAV-helicópteros.

En la actualidad, las fuerzas armadas de los países miembros de la OTAN se encuentran inmersas en un proceso de transformación tecnológica orientado a la integración de sistemas tripulados y no tripulados dentro de un mismo entorno operativo. Esta tendencia responde a la necesidad de incrementar la eficacia, la supervivencia y la flexibilidad táctica de las aeronaves de ala rotatoria ante el aumento de amenazas cada vez más sofisticadas. El objetivo común es evolucionar desde el empleo tradicional de los helicópteros como plataformas independientes hacia un modelo de operación colaborativa, en el que estos actúan como centros de enlace dentro de una red de sensores, armas y vehículos autónomos interconectados.

Este proceso de modernización se apoya en dos pilares fundamentales, la interoperabilidad, garantizada mediante estándares comunes como el STANAG 4586 y los niveles de interoperabilidad y la adopción de arquitecturas abiertas como Modular Open Systems Architecture (Arquitectura de Sistemas Abiertos Modulares, MOSA) que facilitan la integración progresiva de nuevas tecnologías sin sustituir las plataformas existentes.

En paralelo, la colaboración entre la industria y los ministerios de defensa ha impulsado el desarrollo de proyectos específicos, entre los más destacados están el programa estadounidense Launched Effects (LE) o la iniciativa europea H-Teaming de Airbus, que materializan esta convergencia entre innovación tecnológica y doctrina operativa.

De este modo, la OTAN avanza hacia un modelo de aviación táctica en red, donde la cooperación entre helicópteros y sistemas aéreos no tripulados constituye un elemento esencial para mantener la superioridad operativa. A continuación, se examinan los principales enfoques adoptados por algunos de los miembros más relevantes de la Alianza.

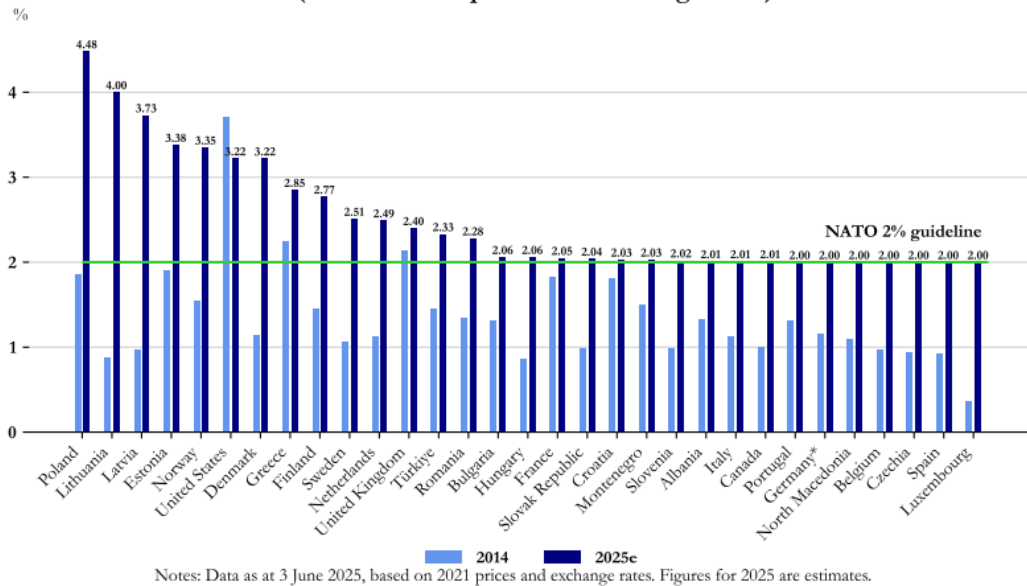
4.4.1. Tendencia y proyectos relacionados con MUM-T de Estados Unidos.

Por parte de Estados Unidos, país miembro y de los que más invierte en cuanto a producto interior bruto (PIB) en la Organización del Tratado del Atlántico Norte, tiene una estrategia actual de modernización de la aviación de su ejército que busca garantizar que los helicópteros sigan siendo un elemento operativo relevante en los conflictos del futuro, caracterizados por entornos multidominio y amenazas antiaéreas cada vez más complejas. Para ello, el Ejército de Estados Unidos ha adoptado un enfoque que combina la actualización de las plataformas existentes con la introducción de nuevas tecnologías de autonomía y conectividad. Esta visión se articula a través del programa Future Vertical Lift Cross-Functional Team (FVL CFT), que sirve como marco común para coordinar los esfuerzos de desarrollo de las aeronaves de ala rotatoria, asegurando que los helicópteros actuales y los de próxima generación puedan operar dentro de un sistema de combate en red junto a vehículos no tripulados.



Tabla 1 Gráfica en la cual se muestra el gasto en defensa como porcentaje del PIB y su evolución entre 2014-2025 de los diferentes Estados miembros de la alianza. Fuente: OTAN.

Graph 4: Defence expenditure as a share of GDP (%) (based on 2021 prices and exchange rates)



En lugar de sustituir completamente sus helicópteros por modelos nuevos, el Ejército estadounidense ha optado por modernizar las plataformas ya desplegadas, como el AH-64E Apache, mediante el uso de arquitecturas abiertas como la mencionada anteriormente MOSA. Esta filosofía permite incorporar sensores, enlaces de datos o software avanzado sin rediseñar la aeronave completa, reduciendo tiempos y costes de actualización. La versión más reciente del Apache, la AH-64E v6.5, se describe como plenamente compatible con este modelo modular, lo que le permite integrar nuevos sistemas de misión, inteligencia artificial y herramientas de colaboración con drones tácticos. En paralelo, la doctrina MUM-T se ha convertido en el eje conceptual de esta modernización, al permitir que las tripulaciones de helicópteros compartan datos en tiempo real o controlen directamente sensores y cargas útiles de aeronaves no tripuladas⁴⁶.

Su viabilidad operativa quedó demostrada en 2020 en un ejercicio en Dugway Proving Ground (Utah, EE. UU.), en el que un helicóptero AH-64E Apache coordinó una misión con un RQ-7B Shadow V2 y un MQ-1C Gray Eagle, logrando un ataque cooperativo mediante el intercambio de datos y designación de objetivos desde la cabina. Esta operación valida la capacidad de los helicópteros no solo como plataformas de fuego, sino también como nodos de mando que controlan misiones conjuntas de vigilancia o ataque con drones, aumentando así la eficacia y la supervivencia en combate⁴⁷.

Dentro de este proceso de modernización, uno de los avances más relevantes es la integración de los llamados Launched Effects. Estos sistemas representan una nueva categoría de vehículos no tripulados diseñados para ser lanzados desde helicópteros, vehículos o lanzadores terrestres. Su función principal es actuar como extensores del alcance de los sensores y de la capacidad ofensiva, desempeñando misiones de reconocimiento, guerra electrónica, interferencia o ataque ligero sin poner en riesgo la aeronave tripulada⁴⁸. Los Launched Effects permiten a los helicópteros operar a distancia segura, enviando en primer lugar

⁴⁶ (Boeing, 2024).

⁴⁷ (Bryant, 2020).

⁴⁸ (Daugherty, 2025).



a estos drones como avanzadilla que detectan o enfrentan amenazas antes de que la aeronave tripulada entre en el área de peligro.

Entre el 4 y el 22 de agosto de 2025, se llevó a cabo en Joint Base Lewis-McChord (Washington) la primera demostración de campo de Launched Effects-Short Range (LE-SR) con unidades operativas. Durante estas pruebas, los sistemas fueron lanzados, controlados y evaluados por soldados en escenarios bélicos simulados, confirmando la viabilidad del concepto. Según los responsables del programa, esta demostración marcó “un hito fundamental en la modernización del Ejército”, al comprobarse que los Launched Effects podían integrarse de forma orgánica con las unidades de aviación y maniobra⁴⁹.



Figura 8 Soldados del Ejército de los Estados Unidos preparan y emplean el sistema Anduril Altius 600 Launched Effects durante la demostración especial de corto alcance, en la Base Conjunta Lewis-McChord, Washington. Fuente: U.S. Army.

Tras los buenos resultados obtenidos, el Ejército estadounidense aprobó un plan de adquisición acelerado para incorporar Launched Effects-Short Range en todas las divisiones antes de 2026⁵⁰. Además, ya se está trabajando en versiones de mayor alcance (LE-LR), con una demostración prevista para 2026, orientadas a operaciones de penetración profunda y apoyo a misiones de inteligencia en entornos altamente defendidos⁵¹.

⁴⁹ (Ryan, 2025).

⁵⁰Citado textualmente “The U.S. Army will start executing within a month a fielding plan for acquiring and delivering Launched Effects-Short Range (LE-SR) air vehicles to every division by the end of next year” (Trimble, 2025).

⁵¹ (Roque, 2025).



4.4.2. Tendencia y proyectos relacionados con MUM-T de países europeos miembros de la OTAN.

En Europa Occidental, los esfuerzos de modernización de las aeronaves de ala rotatoria se orientan a mantener la soberanía tecnológica y garantizar la interoperabilidad dentro del marco de la OTAN y de la Agencia Europea de Defensa. A diferencia del modelo estadounidense basado en una centralización doctrinal y presupuestaria bajo el programa Future Vertical Lift, los países europeos desarrollan iniciativas conjuntas a través de programas multinacionales que buscan integrar capacidades de cooperación entre aeronaves tripuladas y no tripuladas en plataformas ya operativas.

Uno de los proyectos más destacados es la iniciativa H-Teaming, presentada por Airbus Helicopters en 2025. Este sistema está diseñado para permitir que la tripulación de un helicóptero controle y supervise vehículos aéreos no tripulados directamente desde la cabina. El concepto combina una arquitectura abierta (compatible con los estándares OTAN como el STANAG 4586) y una interfaz de usuario intuitiva que reduce la carga de trabajo del piloto. H-Teaming puede integrarse tanto en helicópteros nuevos como en flotas ya existentes, mediante un conjunto de módulos que incluyen un módem, cuatro antenas instaladas en el helicóptero, software de enlace y una tableta táctil. Durante 2025, Airbus realizó varias pruebas, entre ellas una en España con un H135 y un dron Flexrotor (sistemas aéreos no tripulados de ala fija con capacidad de despegue y aterrizaje vertical, conocidos como VTOL, que pueden despegar y aterrizar verticalmente como un helicóptero, pero volar con la eficiencia de un avión), comprobando el funcionamiento de la transmisión de datos y el control parcial de la carga útil desde el helicóptero⁵².

La clave del proyecto H-Teaming es su arquitectura abierta, no está ligado a un modelo de helicóptero ni a un tipo específico de dron, lo que permite su adopción por fuerzas armadas con flotas heterogéneas. Además, Airbus anunció su colaboración con la República de Singapur, donde la Fuerza Aérea (Republic of Singapore Air Force, RSAF) empleará helicópteros H225M equipados con H-Teaming para coordinar drones Flexrotor en misiones de reconocimiento marítimo y apoyo táctico⁵³.

En un vídeo promocional publicado recientemente por Airbus Helicopters en su cuenta de Instagram, muestra una animación en 3D donde un helicóptero H225M equipado con el sistema H-Teaming opera en tándem (de forma coordinada o complementaria hacia un mismo objetivo) con un vehículo aéreo no tripulado Flexrotor UAS para neutralizar una amenaza. En el vídeo se aprecia que el helicóptero actúa como plataforma de mando, recibiendo imagen e información en tiempo real desde el dron, mientras la tripulación supervisa y dirige la misión desde la cabina. El dron desempeña la función de observador adelantado que identifica la amenaza, tras lo cual el helicóptero puede emplear sus propios medios o coordinar acciones con otro UAV⁵⁴. Este ejemplo visual expone aspectos clave que busca el proyecto de la empresa Airbus; en primer lugar, que la integración operativa del sistema H-Teaming no se limita a demostraciones estáticas, sino que se plantea para escenarios realistas de conflicto y vigilancia avanzada, y en segundo lugar se subraya el papel activo del helicóptero como nodo de mando y control de sistemas no tripulados, no sólo como receptor pasivo de datos.

⁵² (Airbus H-Teaming, 2025).

⁵³ (Airbus, 2025).

⁵⁴ (Airbus Helicopters, 2025).



Figura 9 Secuencia de designación de objetivo por un dron Flexrotor, con la visualización de la imagen obtenida a tiempo real por el UAV y la transmisión de datos en la tableta táctil de la tripulación y su posterior neutralización de la amenaza por parte del helicóptero Airbus H225M. Capturas de pantalla del vídeo publicado por Airbus en su cuenta de Instagram: airbus_helicopters.

Estas demostraciones públicas se enmarcan en la evolución tecnológica del NH90, uno de los principales helicópteros tácticos en servicio dentro de las fuerzas armadas europeas. Actualmente, esta plataforma se encuentra en la fase de modernización denominada Block 1, un programa acordado entre Airbus Helicopters, Leonardo⁵⁵ y la agencia NAHEMA⁵⁶ (NATO Helicopter Management Agency). Esta actualización tiene como objetivo mejorar la aviónica, los sensores y software, además de incorporar nuevas capacidades de comunicación y seguridad digital.

Sin embargo, el verdadero salto doctrinal llegará con el Block 2, anunciado oficialmente en junio de 2025. Corresponde a un estudio de arquitectura abierta que busca definir la próxima generación del NH90 y su adaptación a los futuros entornos operativos. Según Airbus y Leonardo, el Block 2 integrará capacidades de combate colaborativo, conectividad avanzada y CUC-T alineadas con los principios doctrinales de la OTAN. El proyecto, que se encuentra actualmente en fase de diseño, tiene como objetivo presentar los primeros resultados antes de 2027 y extender la vida operativa del NH90 al menos hasta 2050⁵⁷.

En relación con esta evolución, recientemente Airbus Helicopters ha publicado en su cuenta de Instagram un vídeo que muestra una de las primeras representaciones visuales de esta futura integración. En el vídeo se observa un NH90 con el sistema H-Teaming instalado, desplegando un Launched Effects (desarrollados originalmente en Estados Unidos y actualmente en proceso de evaluación por parte de operadores europeos) en un entorno simulado de combate, lo que revela el potencial del helicóptero como plataforma de lanzamiento y control de UAS. En cambio,

⁵⁵Leonardo S.p.A. es una empresa italiana de alta tecnología especializada en defensa, aeronáutica y seguridad. Es uno de los principales contratistas europeos del sector, y participa activamente en programas multinacionales de la OTAN y la Unión Europea, como el NH90, el Eurofighter Typhoon y el dron Falco. Desempeña un papel clave como socio industrial de Airbus y Fokker dentro del consorcio NHIndustries, encargado del desarrollo y la producción del helicóptero NH90.

⁵⁶La Agencia de Gestión de Helicópteros de la OTAN es una agencia de la OTAN responsable de la gestión del programa multinacional NH90, incluyendo la coordinación de sus contratos, actualizaciones técnicas y apoyo logístico. Actúa como enlace entre los países usuarios.

⁵⁷ (Greet, 2025).



los LE garantizan la protección de la tripulación y la precisión en el disparo, proporciona diferentes funciones críticas que incluyen inteligencia, vigilancia y reconocimiento, ataque y capacidades esenciales de guerra anti-drones.



Figura 10 Momento en el que la tripulación del NH90 liberan el dron LE por una apertura en la parte inferior del helicóptero. Captura realizada del video publicado por Airbus en su cuenta oficial de Instagram: airbus_helicopters.

La incorporación de este tipo de sistemas refuerza la visión europea de una aviación de ala rotatoria en red, donde el helicóptero actúa como nodo de mando y los drones, como los LE, funcionan como extensores sensoriales. Este planteamiento está conectado con proyectos europeos como MUSHER (Modular Unmanned-System Shared-enableR), financiado por la Agencia Europea de Defensa bajo el Programa Europeo de Desarrollo Industrial en Defensa ⁵⁸ (European Defence Industrial Development Programme, EDIDP) e impulsado por un consorcio liderado por Indra⁵⁹, Airbus y Leonardo, entre otros⁶⁰. Representa el primer intento de establecer un estándar común europeo de cooperación CUC-T. Su enfoque multinacional busca garantizar la interoperabilidad entre helicópteros y UAS de distintos países mediante arquitecturas abiertas, seguras y comunes cumpliendo con los niveles de control LOI y los estándares de la OTAN.

Las pruebas finales se realizaron entre el 30 de septiembre y el 9 de octubre de 2024 en Francia e Italia, donde helicópteros tripulados y sistemas no tripulados de diversos países europeos operaron simultáneamente en una red MUM-T unificada desarrollada dentro de MUSHER. Al cumplir este objetivo, el proyecto demostró la viabilidad de establecer un sistema de colaboración a nivel europeo entre plataformas tripuladas y no tripuladas, capaz de integrarse

⁵⁸El Programa Europeo de Desarrollo Industrial en Defensa es un programa de la Unión Europea diseñado para fomentar la competitividad y la innovación en la industria de defensa europea. Financia proyectos colaborativos entre empresas de diferentes Estados miembros para el desarrollo de nuevos productos y tecnologías de defensa.

⁵⁹Indra es una empresa multinacional española líder en consultoría y tecnología que ofrece soluciones en los sectores de transporte, defensa, tráfico aéreo, ciberseguridad y transformación digital.

⁶⁰ (European Union, 2021).



en arquitecturas abiertas comunes y de operar bajo los mismos estándares técnicos entre los diferentes países. Esta interoperabilidad avanzada no solo mejora la eficiencia operativa y la coordinación táctica entre aeronaves, sino que también contribuye a aumentar la seguridad en vuelo y en tierra, reduciendo la carga de trabajo de las tripulaciones y optimizando el uso de los recursos disponibles⁶¹.

4.4.3. Asistencia a la 12ª conferencia Global Defence Aviation Conference.

El evento Global Defence Aviation Conference se desarrolló en Varsovia del 21 al 23 de octubre de 2025 y fue programado por la institución Defence Leaders⁶². La conferencia ha celebrado su 12ª reunión. El evento consistió en una feria de armamento especializada en sistemas de Ala rotatoria y UAS, con más de 800 participantes inscritos, de los cuales estuvieron presentes empresas como Airbus, Leonardo, Boeing y RUAG⁶³. De manera paralela a la exposición se llevaron a cabo conferencias divulgativas desarrolladas por representantes de la industria, agencias especializadas y Fuerzas Armadas aliadas, cuyo propósito era ofrecer una visión conjunta de las capacidades, requisitos y líneas de desarrollo que marcarán la próxima generación de plataformas de ala rotatoria y sistemas no tripulados UAS, así como sus futuras innovaciones.

El informe elaborado por el Ejército de Tierra⁶⁴, FAMET (Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra de España), destaca que tanto las Fuerzas Armadas participantes como las empresas del sector coinciden en que la cooperación entre aeronaves tripuladas y no tripuladas es y será imprescindible para aumentar la eficacia, la autonomía operativa y la flexibilidad en los próximos escenarios bélicos.

Entre las ideas expuestas, se señala que las tareas de transporte pesado seguirán siendo desempeñadas por plataformas tripuladas al menos hasta 2050-2060, mientras que los sistemas ligeros y de combate apuntan hacia modelos híbridos. Incluso la Royal Navy (rama de guerra naval de las Fuerzas Armadas del Reino Unido) avanza hacia una flota aérea mixta, bajo el principio de operar “sin tripulación cuando sea posible, con tripulación cuando sea necesario”⁶⁵.

Asimismo, se expuso que la introducción de los UAV no obedece únicamente a criterios de eficiencia o ahorro de recursos, sino que podría convertirse en una respuesta necesaria ante la disminución del reclutamiento en numerosos países occidentales.

Otro de los aspectos señalados fue el impacto creciente de la guerra electrónica. El informe advierte que el aumento de interferencias obliga a desplegar un número mayor de sistemas de protección y que la amplitud del espectro de frecuencias utilizadas por los UAV incrementa notablemente las necesidades energéticas y de gestión del entorno electromagnético.

Por último, el informe concluye con una reflexión doctrinal sobre el papel del ser humano en el combate moderno “La batalla del mañana no la ganará quien tenga el dron más avanzado,

⁶¹Afirmación extraída de Thales Group en una publicación de noticia que cita textualmente: “El objetivo era lograr una implementación a nivel europeo de un sistema genérico de colaboración entre el ser humano y la máquina (cooperación tripulada-no tripulada, o MUM-T). Esta interoperabilidad mejorada proporcionará, en última instancia, una mayor eficiencia operativa, al tiempo que aumentará la seguridad tanto en el aire como en tierra, y reducirá la carga de trabajo de las tripulaciones.” (Thales Group, 2025).

⁶²La institución Defence Leaders es una organización internacional dedicada a reunir a la comunidad de defensa, tanto sector militar como industria, en conferencias, foros y eventos de alto nivel.

⁶³Empresa suiza de tecnología especializada en el sector aeroespacial, defensa y aviación civil, que desarrolla y comercializa productos y servicios para el espacio, el aire y la tierra.

⁶⁴(Ejército de Tierra, FAMET, 2025).

⁶⁵Página 13 del informe en el apartado 4, conclusiones.



sino quien lo utilice de forma más eficaz... el factor humano seguirá siendo el factor decisivo”⁶⁶. Esta afirmación subraya que, pese al avance tecnológico, la pericia humana continuará siendo esencial para explotar plenamente el potencial de los sistemas tripulados y no tripulados.

4.5. Retos operativos y de seguridad.

La integración de Manned–Unmanned Teaming en helicópteros multiplica capacidades, pero no solo eso, también introduce posibles riesgos operativos que condicionan su adopción en misiones reales al desplegar más medios aéreos sobre el teatro de operaciones. En consecuencia, implica mucha más concentración y coordinación para los pilotos, tripulación o el personal a bordo de la aeronave.

4.5.1. Riesgos de saturación del piloto/tripulación.

Las operaciones MUM-T introducen una capa adicional de complejidad. El piloto/tripulación debe además de pilotar la aeronave, gestionar la coordinación con el UAS, interpretar los datos que éste aporta y reaccionar ante situaciones espontáneas, lo que genera mucha carga de trabajo o mental elevada (en inglés se utiliza el término workload) y riesgos asociados al factor humano.

El artículo Joint Air Power Competence Centre “Manned-Unmanned Teaming: ¿A Great Opportunity or Mission Overload?” indica que una saturación de tareas y excesiva carga de trabajo puede suponer un problema muy serio para los pilotos de la plataforma tripulada cuando operan con un dron en misiones tipo MUM-T. Entre dichos problemas están la sobrecarga visual, aumento de carga de trabajo, distracción y disminución de conciencia situacional de vuelo, pudiendo finalizar en un proceso de conflicto de información sensorial y posiblemente en un riesgo de desorientación espacial⁶⁷.

Un objetivo de los análisis que se han realizado sobre el workload de la tripulación de la aeronave es el apoyar desarrollos de sistemas HMI⁶⁸ (Interfaz Humano-Máquina o en inglés Human–Machine Interface) mejorados para evitar esa saturación de tareas. Una HMI eficiente es clave para que el piloto pueda controlar el helicóptero y gestionar un dron al mismo tiempo sin sobrecargarse, por tanto, se puede deducir que es necesario un diseño de HMI intuitivo que reduzca la demanda cognitiva e incluso llegar a una automatización de alto nivel en el que se pueda delegar tareas de coordinación. Todas estas soluciones ya se están viendo y experimentando en las pruebas realizadas por Airbus con su proyecto H-Teaming y su desarrollo de NH90 en el Block 2, citados anteriormente.

4.5.2. Amenazas cibernéticas y de guerra electrónica.

La incorporación del concepto Manned–Unmanned Teaming implica una dependencia notable de sistemas de mando y control, enlaces de datos, navegación por satélite y sensores. Esto abre la puerta a un conjunto de amenazas de naturaleza cibernética y guerra electrónica (EW) que pueden afectar tanto a la aeronave tripulada como al dron que opera colaborativamente.

Los helicópteros y los drones dependen normalmente de sistemas GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite o en inglés Global Navigation Satellite System). Estos sistemas de posicionamiento por satélite se usan para navegación (posición, altitud, velocidad) y

⁶⁶Página 14 del informe en el apartado 4, conclusiones.

⁶⁷ (Joint Air Power Competence Centre, 2020).

⁶⁸Conjunto de elementos (pantallas, controles, alertas visuales, software) mediante los cuales el operador (piloto, tripulación, técnico) interactúa con el sistema o la máquina.



coordinación. Al operar mediante señales satelitales, los sistemas GNSS pueden ser blanco de interferencias (jamming), que interrumpen la recepción y provocan la pérdida de localización, o de ataques de suplantación (spoofing), donde un adversario introduce señales falsas que desorientan al receptor haciéndole creer que se encuentra en otro punto. La combinación de ciberataques y EW puede generar que el UAV pierda la orientación con alteraciones en sus coordenadas para desinformar a la tripulación, produciendo una pérdida de coordinación y la posibilidad de generar accidentes por la disminución de conciencia situacional. Este tipo de interferencias electrónicas puede desenlazar en perder el control y la capacidad de supervisar el dron si el enlace está comprometido o inhibido⁶⁹.

⁶⁹ (GPS World, 2024).



5. CONCLUSIONES

El desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado ha permitido analizar con detalle la evolución, el estado actual y las perspectivas de la operación conjunta y colaborativa entre helicópteros y sistemas aéreos no tripulados dentro del ámbito militar. A lo largo del estudio se han examinado los fundamentos doctrinales, las capacidades tecnológicas disponibles, las experiencias recientes en conflictos armados y los retos que condicionan la integración efectiva del concepto Manned–Unmanned Teaming (MUM-T) en las Fuerzas Armadas. Del conjunto de evidencias presentadas se concluye que los objetivos planteados al inicio del trabajo han sido cumplidos de forma coherente y satisfactoria.

En cuanto al objetivo de contextualizar las capacidades y limitaciones de helicópteros y UAV, el análisis demuestra que ambos sistemas presentan fortalezas complementarias cuya combinación incrementa significativamente la eficacia operativa. Los UAV aportan vigilancia persistente, reconocimiento avanzado, guerra electrónica, designación de objetivos y relé de comunicaciones, mientras que los helicópteros proporcionan flexibilidad táctica, capacidad de reacción inmediata y potencia de fuego. La revisión histórica y tecnológica pone de manifiesto con claridad que la cooperación entre ambas plataformas representa la evolución natural del tradicional binomio formado por dos aeronaves hacia el concepto loyal wingman, ahora materializado a través de vehículos no tripulados.

En relación con el objetivo de analizar el marco doctrinal, el estudio ha puesto de manifiesto la importancia de la estandarización y cooperación internacional como pilar fundamental para la interoperabilidad. La doctrina de la OTAN, los niveles de interoperabilidad LOI recogidos en el STANAG 4586 y los requisitos del STANAG 4671 constituyen la base reguladora para garantizar la seguridad y la coordinación entre aeronaves tripuladas y no tripuladas. Del mismo modo, el papel de la Agencia Europea de Defensa, especialmente a través del APAS y del proyecto MUSHER, evidencia que Europa avanza hacia una doctrina común que permita integrar el MUM-T en operaciones conjuntas. España, mediante el RCOA y las directrices del Ministerio de Defensa, se mantiene alineada con esta evolución normativa que exige estar actualizado constantemente.

El tercer objetivo, centrado en examinar casos reales de empleo de MUM-T en conflictos contemporáneos, se cumple con creces mediante el análisis de las operaciones en Ucrania, en las que helicópteros y drones actúan de manera coordinada dentro de redes de defensa aérea multicapa. Las evidencias recopiladas muestran cómo los UAV proporcionan vigilancia, localización de amenazas y designación de objetivos, permitiendo a los helicópteros actuar con mayor precisión y menor exposición ante las diversas amenazas aéreas. De igual modo, el estudio del conflicto entre Israel y Hamás revela la integración de medios tripulados en sistemas de defensa aérea en red, donde la colaboración con sensores y drones complementa las capacidades de interceptación, siendo actualmente uno de los mayores pilares de la tan conocida y efectiva defensa aérea israelí. Adicionalmente, se ha demostrado que la doctrina rusa, aunque con menor transparencia pública, evoluciona igualmente hacia la integración de plataformas no tripuladas en su cadena de reconocimiento y ataque, dando pie así a nuevas capacidades en operaciones conjuntas con helicópteros.

En cuanto al objetivo de identificar desafíos y limitaciones, el trabajo concluye que la integración del MUM-T introduce riesgos operativos que deben ser tenidos en cuenta. La carga de trabajo sobre la tripulación, el riesgo de desorientación y pérdida de consciencia situacional, las dificultades asociadas a la gestión simultánea de múltiples sistemas y las amenazas derivadas de la guerra electrónica constituyen factores críticos que condicionan su empleo real. Asimismo, este Trabajo de Fin de Grado aporta una contribución relevante al compilar y sintetizar de forma unificada, la evolución doctrinal, tecnológica y operativa del MUM-T desde la perspectiva de la aviación de ala rotatoria. La integración de casos reales, estándares OTAN, iniciativas europeas y proyectos industriales proporciona una visión global que permite comprender la madurez actual del concepto y los requisitos necesarios para su implementación eficaz. Esta contribución resulta de especial utilidad en el ámbito español, donde la



documentación específica sobre operaciones conjuntas entre helicópteros y UAV es aún limitada.

No obstante, el estudio presenta varias limitaciones. En primer lugar, la disponibilidad de información pública sobre operaciones reales MUM-T es reducida, especialmente en el caso ruso, debido a la naturaleza confidencial de muchas doctrinas y sistemas de armas. En segundo lugar, el trabajo se basa en análisis documental sin acceso a pruebas operativas, simulaciones o ensayos prácticos que permitirían validar empíricamente algunas conclusiones. Por último, la rápida evolución tecnológica del sector implica que ciertos desarrollos pueden quedar desactualizados en plazos muy breves, lo que condiciona la permanencia de algunas observaciones.

Finalmente, respecto al objetivo de valorar la viabilidad futura y proponer líneas de evolución, se concluye que el MUM-T no es solo una posibilidad tecnológica, sino una necesidad operativa en los escenarios modernos de alta intensidad. Programas como Launched Effects en Estados Unidos, H-Teaming en Europa o la futura evolución del NH90 Block 2 confirman que la industria y las fuerzas armadas avanzan hacia un modelo de aviación en red donde los helicópteros actúan como nodos de mando y los UAV como extensores sensoriales y operativos. La 12ª Global Defence Aviation Conference refuerza esta visión al señalar que la cooperación entre las aeronaves tripuladas y no tripuladas será un elemento decisivo para las fuerzas aéreas en las próximas décadas, especialmente ante el incremento de las amenazas en el espectro electromagnético y la disminución del personal disponible en los ejércitos occidentales.

De cara al futuro, sería deseable ampliar este trabajo mediante estudios aplicados que evalúen la carga de trabajo real de las tripulaciones durante misiones MUM-T, análisis comparativos entre distintas arquitecturas abiertas y pruebas de integración con drones nacionales. Estas líneas de investigación permitirían avanzar hacia la implementación práctica del MUM-T en las Fuerzas Armadas españolas con mayores garantías doctrinales, operativas y de seguridad.

En conjunto, el trabajo demuestra que la operación colaborativa entre helicópteros y drones constituye un avance doctrinal, tecnológico y operativo de gran relevancia para las Fuerzas Armadas. Su adopción permitirá aumentar la supervivencia, eficacia y flexibilidad de las misiones en un entorno caracterizado por la complejidad y la multiplicidad de amenazas. Como línea futura de trabajo, sería recomendable profundizar en el desarrollo de sistemas de interfaz piloto-UAV más avanzados, la automatización inteligente de tareas y la integración de sistemas no tripulados en arquitecturas multidominio, elementos que definirán el MUM-T de la próxima generación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Airbus. (18 de junio de 2025). Recuperado el 20 de octubre de 2025, de Airbus partners with Singapore to explore crewed-uncrewed teaming with the H225M: <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2025-06-airbus-partners-with-singapore-to-explore-crewed-uncrewed-teaming>
- Airbus H-Teaming. (11 de junio de 2025). Recuperado el 20 de octubre de 2025, de Airbus unveils H-Teaming, its modular crewed-uncrewed teaming system: <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2025-06-airbus-unveils-hteaming-its-modular-crewed-uncrewed-teaming-system>
- Boeing. (22 de abril de 2024). Recuperado el 17 de octubre de 2025, de The Modernized AH-64 Apache v6.5. Boeing Newsroom: <https://www.boeing.com/features/2024/04/modernized-ah-64-apache>
- Bryant, B. (27 de octubre de 2020). *U.S. Army*. Recuperado el 20 de octubre de 2025, de Aerial MUM-T reaches new heights at Dugway Proving Ground: https://www.army.mil/article/240283/aerial_mum_t_reaches_new_heights_at_dpg
- CESEDEN. (2010). *Ministerio de Defensa*. Recuperado el 16 de agosto de 2025, de <https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/P/D/PDF223.pdf>
- Congressional Research Service. (2022). *Unmanned Aircraft Systems: Roles, Missions and Future Concepts*. Recuperado el 12 de Agosto de 2025, de <https://sgp.fas.org/crs/weapons/R47188.pdf>
- Daugherty, C. B. (30 de septiembre de 2025). *U.S. Army*. Recuperado el 20 de octubre de 2025, de Advancing Army innovation: Special user demonstration highlights the future of Launched Effects technology: https://www.army.mil/article/288835/advancing_army_innovation_special_user_demonstration_highlights_the_future_of_launched_effects_technology
- Ejército de Tierra, FAMET. (2025). *Asistencia a la 12ª conferencia "Global Defence Aviation Conference"*. Madrid: Ejército de Tierra, FAMET. Recuperado el 11 de noviembre de 2025
- European Union. (2021). Recuperado el 21 de octubre de 2025, de MUSER: Development of a generic European Manned Unmanned Teaming (e-MUMT) system: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/system/files/2021-06/EDIDP2020_factsheet_ACC_CH_MUSER.pdf
- Freeman, E. (2025). Manned–unmanned teaming in modern helicopter surveillance operations. *Vertical Magazine*., <https://verticalmag.com/opinions/manned-unmanned-teaming-in-modern-helicopter-surveillance-operations/>.
- García Bacca, J. D. (1972). *Los presocráticos. Fragmentos, testimonios y léxicos*. Editorial Gredos.
- GPS World. (24 de mayo de 2024). Recuperado el 23 de octubre de 2025, de Innovation: Recent GPS jamming in regions of geopolitical conflict: <https://www.gpsworld.com/innovation-recent-gps-jamming-in-regions-of-geopolitical-conflict/>



- Greet, K. (23 de junio de 2025). *The Aviationist*. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de <https://theaviationist.com/2025/06/23/nh90-block-2-study/>
- Gupta, P. J. (2024). Recuperado el 23 de octubre de 2025, de Recent advances on jamming and spoofing detection in GNSS.: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11244045/>
- IDF. (21 de junio de 2025). Recuperado el 15 de octubre de 2025, de Continue With the Interception and Report Upon Completion. Target Down, Confirmed Hit on the UAV: <https://www.idf.il/en/mini-sites/idf-press-releases-israel-at-war/june-25-pr/continue-with-the-interception-and-report-upon-completion-target-down-confirmed-hit-on-the-uav-new-footage-from-this-morning-s-uav-interceptions-by-israeli-air-force-fighter-jets>
- Israel Defense Forces. (2025). Recuperado el 15 de octubre de 2025, de Footage of IDF attack helicopter intercepting hostile UAV: <https://www.youtube.com/watch?v=u1rbIQHR7q8>
- Joint Air Power Competence Centre (JAPCC). (2010). *Strategic Concept of Employment for Unmanned Aircraft Systems in NATO*. Recuperado el 14 de agosto de 2025, de <https://www.japcc.org/white-papers/strategic-concept-of-employment-for-unmanned-aircraft-systems-in-nato/>
- Joint Air Power Competence Centre (JAPCC). (2023). *About us*. Recuperado el 14 de agosto de 2025, de <https://www.japcc.org/about-us/>
- Joint Air Power Competence Centre. (2020). Recuperado el 22 de octubre de 2025, de Manned–Unmanned Teaming: A great opportunity or mission overload?: <https://www.japcc.org/articles/manned-unmanned-teaming/>
- Ministerio de Defensa. (2019). *Reglamento de Circulación Aérea Operativa (RCAO)*. Madrid: *Secretaría General Técnica del Ministerio de Defensa*. Recuperado el 15 de agosto de 2025, de https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/comodin/recursos/libro_completo_feb2019_v1_-_web.pdf
- Ministerio de Defensa. (s.f.). *Reglamento de Circulación Aérea Operativa (RCAO)*. Madrid: *Secretaría General Técnica del Ministerio de Defensa*. .
- Modern War Institute at West Point. (15 de junio de 2023). *he Russian Way of War in Ukraine: A Military Approach Nine Decades in the Making*. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://mwi.westpoint.edu/the-russian-way-of-war-in-ukraine-a-military-approach-nine-decades-in-the-making/>
- NATO. (3 de junio de 2025). Recuperado el 17 de octubre de 2025, de Defence expenditure of NATO countries (2014–2025). North Atlantic Treaty Organization: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2025/8/pdf/250827-def-exp-2025-en.pdf
- NATO Standardization Office. (2 de abril de 2019). *Unmanned Aircraft Systems Airworthiness Requirements (USAR) (Ed. 3)*. Recuperado el 14 de agosto de 2025, de <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/list-promulg>
- Real Decreto 517/2024. (4 de Junio de 2024). *Boletín Oficial del Estado*. Recuperado el 15 de agosto de 2025, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2024/06/04/517/con>
- Roque, A. (13 de octubre de 2025). *Breaking Defense*. Recuperado el 20 de octubre de 2025, de Army planning '26 demo with ultralong-range Launched Effect contenders: <https://breakingdefense.com/2025/10/army-planning-26-demo-with-ultra-long-range->



launched-effect-contenders/

Rossetti, L. (Junio de 2020). *Joint Air Power Competence Centre*. Recuperado el 13 de agosto de 2025, de <https://www.japcc.org/articles/manned-unmanned-teaming/>

Ryan, M. (2 de octubre de 2025). *U.S. Army*. Recuperado el 20 de octubre de 2025, de Groundbreaking Launched Effects demonstration marks key step in U.S. Army modernization strategy: https://www.army.mil/article/288878/groundbreaking_launched_effects_demonstration_marks_key_step_in_u_s_army_modernization_strategy

TASS. (17 de agosto de 2023). Recuperado el 18 de agosto de 2025, de Russia Starts Promoting Orlan Drone with Laser Target Designation System.: <https://tass.com/defense/1661863>

Thales Group. (22 de julio de 2025). *Thales Group*. Obtenido de <https://www.thalesgroup.com/en/news-centre/news-brief/research-innovation/helping-european-drones-and-helicopters-collaborate>

TRADOC G-2 Analyst. (18 de abril de 2024). *Russia Struggling to Integrate Its Most Effective Unmanned System*. Recuperado el 17 de agosto de 2025, de <https://oe.tradoc.army.mil/product/russia-struggling-to-integrate-its-most-effective-unmanned-system/>

Trimble, S. (14 de octubre de 2025). *Aviation Week Network*. Recuperado el 20 de octubre de 2025, de <https://aviationweek.com/defense/aircraft-propulsion/us-army-oks-launched-effects-acquisition-plan>

U.S. Department of the Army. (2010). *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2010–2035*. Recuperado el 12 de agosto de 2025, de <https://irp.fas.org/program/collect/uas-army.pdf>

Unión Europea. (2024). *Publications Office of the European Union*. Recuperado el 15 de agosto de 2025, de The EDA action plan on autonomous systems: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4227d9e3-35eb-11f0-8a44-01aa75ed71a1/language-en>

United24 Media. (12 de marzo de 2025). *Ukrainian helicopters hunt down enemy drones and plan to upgrade for night operations*. *United24 Media*. Obtenido de <https://united24media.com/latest-news/ukraine-turns-helicopters-into-drone-hunters-with-surprising-success-rate-12019>

ZALA Aero Group. (3 de septiembre de 2019). Recuperado el 4 de noviembre de 2025, de ZALA Lancet drone: the spear of the 21st century.: <https://zala-aero.com/en/news/udarnyj-besipilotnik-zala-lancet-kope-xxi-veka/>



ANEXOS



Anexo I

Tabla 2 Resumen categorías de drones según EASA. Fuente: elaboración propia.

Categoría	Peso máximo (MTOM)	Altura máxima sobre el punto de despegue	Velocidad máxima	Características principales / Uso
C0	< 250 g	≤ 120 m	≤ 19 m/s	Drones muy ligeros, normalmente de uso recreativo, con bajo riesgo de lesiones. No requieren registro ni certificaciones especiales.
C1	< 900 g	≤ 120 m	≤ 19 m/s	Diseñados para vuelos seguros en zonas urbanas, con requisitos básicos de identificación remota y limitación de altura.
C2	< 4 kg	≤ 120 m	≤ 19 m/s	UAVs para operaciones en categorías "abierta" y "específica", con sistemas de vuelo asistido, identificación remota y geoconsciencia.
C3	< 25 kg	≤ 120 m	≤ 19 m/s	Drones de mayor tamaño para operaciones en áreas abiertas o rurales, con identificación remota obligatoria y mayor alcance.
C4	< 25 kg	≤ 120 m	≤ 19 m/s	Drones de tipo aeromodelismo sin ayudas electrónicas avanzadas, uso recreativo o deportivo, vuelo visual (VLOS).
C5	< 25 kg	≤ 120 m	≤ 19 m/s	Diseñados para operaciones en categoría específica (STS-01), con funciones de seguridad reforzadas y limitaciones de espacio aéreo.
C6	< 25 kg	≤ 120 m	≤ 19 m/s	UAVs avanzados para operaciones específicas (STS-02), habilitados para vuelos BVLOS (más allá de la línea visual) con exigencias de y control más estrictas.



Anexo II

Tabla 3 Clasificación de drones militares según el RCAO, España. Fuente: elaboración propia.

Clase	Subclase	MTOW (Peso máximo al despegue)	Altura máxima	Radio de misión	Tipo de operación	Observaciones
Clase I	Micro	< 66 J de energía de impacto	≤ 200 ft	≤ 5 km	LOS (línea de visión)	Uso ultraligero, reconocimiento cercano.
	Mini	< 15 kg	≤ 3.000 ft	≤ 25 km	LOS	Táctico ligero. Ideal para observación.
	Small	15 kg < MTOW < 150 kg	≤ 5.000 ft	≤ 50 km	LOS	Táctico medio, ya con cargas útiles.
Clase II	—	150 kg < MTOW < 600 kg	≤ 10.000 ft	≤ 200 km	LOS	UAV táctico de largo alcance.
Clase III	MALE	> 600 kg	≤ 45.000 ft	Ilimitado	BLOS (más allá de línea de visión)	<i>Medium Altitude Long Endurance.</i> Vigilancia estratégica.
	HALE	> 600 kg	≤ 65.000 ft	Ilimitado	BLOS	<i>High Altitude Long Endurance.</i> Cobertura aérea prolongada.
	Strike/Combat	> 600 kg	≤ 65.000 ft	Ilimitado	BLOS	UAV de combate, con capacidad ofensiva y armamento.



Anexo III Estructura departamental de la OTAN

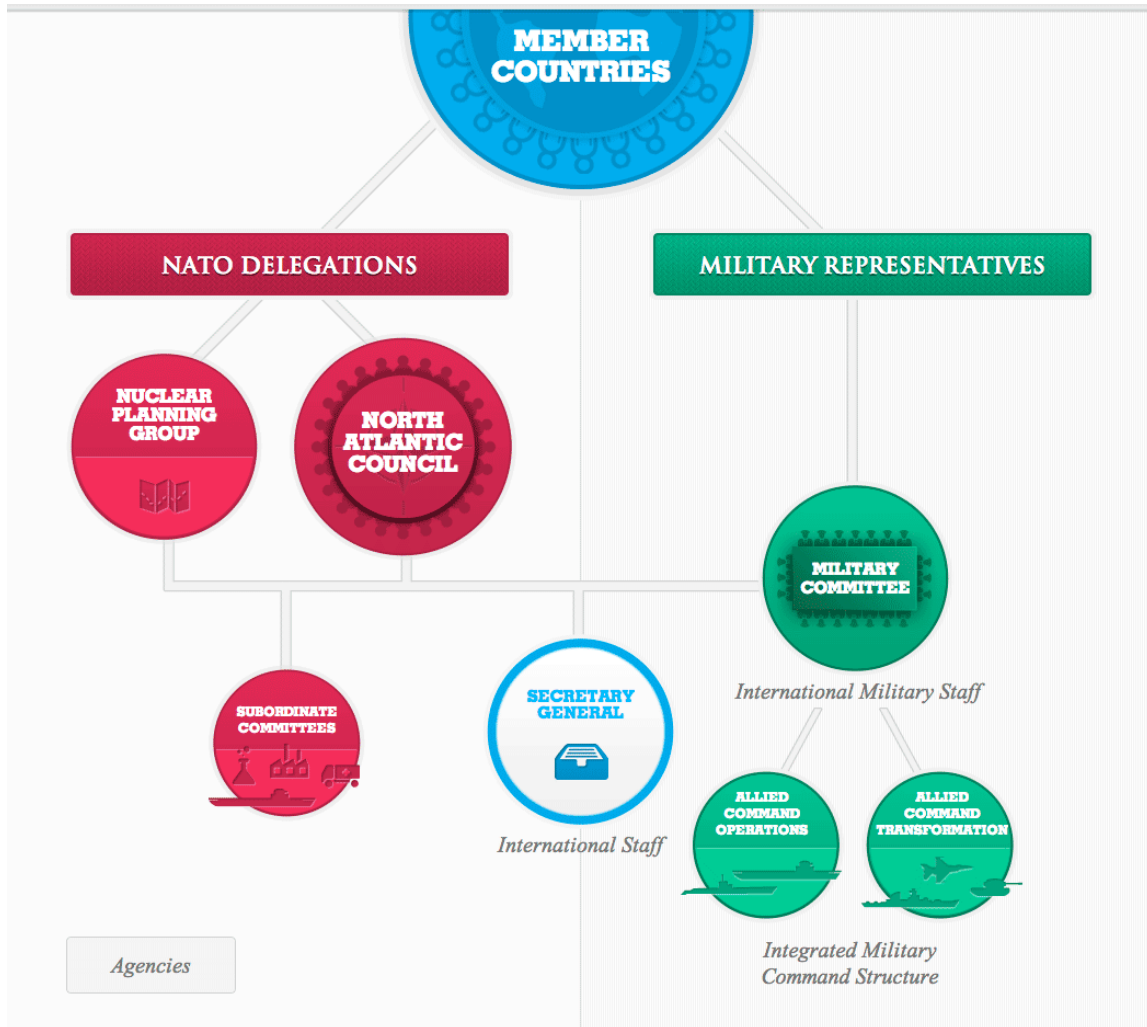


Figura 11 Estructura departamental de la OTAN. Fuente: OTAN.

La imagen muestra la estructura organizativa fundamental de la OTAN, dividida en sus dos grandes vertientes: la política y la militar. En la parte izquierda se representa el ámbito político, encabezado por el Consejo del Atlántico Norte (NAC). En la parte derecha aparece la estructura militar, liderada por el Comité Militar, que asesora al NAC en asuntos de defensa y coordina al personal militar internacional (OTAN, 2025).



Anexo IV Sistema de defensa aérea de capas de Israel

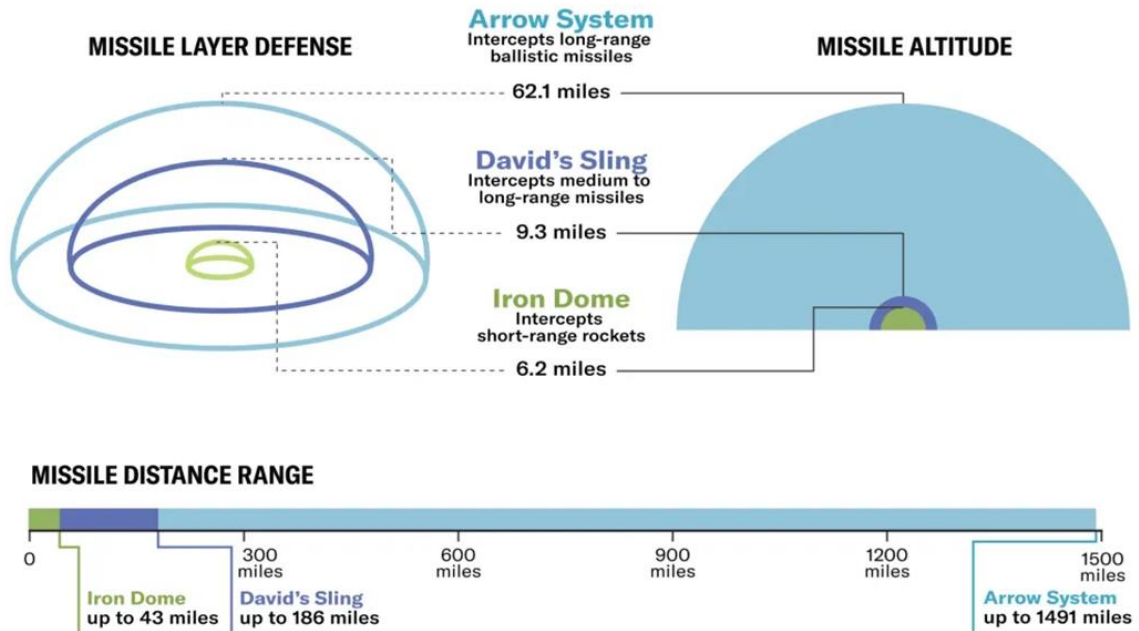


Figura 12 Una mirada más detallada al sistema de defensa aérea en capas de Israel. Cúpula de Hierro, Honda de David y Flecha. Fuente: Joana Suleiman.

La imagen representa el sistema de defensa aérea en capas de Israel, compuesto por tres niveles complementarios diseñados para interceptar amenazas de distinto alcance y altitud. La Cúpula de Hierro (Iron Dome) cubre la capa inferior, interceptando cohetes y proyectiles de corto alcance. El sistema Honda de David (David's Sling) actúa en una capa intermedia, enfrentándose a misiles de medio a largo alcance. Finalmente, el sistema Flecha (Arrow System) constituye la capa superior, capaz de interceptar misiles balísticos de largo alcance a gran altitud. La gráfica inferior muestra el rango de alcance de cada sistema, evidenciando cómo la combinación escalonada de estas capas permite a Israel establecer una defensa integrada frente a un amplio espectro de amenazas aéreas (Brest, 2024).