



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Organización y empleo de medios de protección contra
drones a nivel grupo táctico de infantería

Ismael Aguilar Cuenca

Director académico: D. Iván Bailera Martín

Director militar: D. Ignacio Diaz-Salazar Albelda

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2025

FC-0707-03



Agradecimientos

En primer lugar, mi más sincero agradecimiento a la persona por la cual no habría sido posible hacer este trabajo y que ha estado apoyándome desde el primer día y depositando su confianza en mí, Francisco José García Aguilera.

En segundo lugar, agradecer al personal encuadrado en la X Bandera "Millán Astray" perteneciente a la Brigada "Rey Alfonso XIII" de la Legión, y en especial a los mandos; por haber aportado todo lo que estuvo en sus manos para la realización de este trabajo.

Por último, agradecer a mi tutor académica Iván Bailera Martín por el apoyo a la creación de este TFG



RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado analiza la creciente amenaza que suponen los vehículos aéreos no tripulados (en adelante VANT) en el ámbito táctico terrestre y la necesidad de desarrollar una defensa contra dron eficaz en el Ejército de Tierra español. La proliferación de drones ha transformado la naturaleza del combate, generando un reto tecnológico, doctrinal y organizativo para las unidades de infantería.

El estudio combina un marco teórico sobre la evolución, clasificación y empleo militar de los drones con una investigación empírica de carácter cualitativo. Mediante entrevistas semiestructuradas a personal del Ejército de Tierra con experiencia operativa, se analizan percepciones y propuestas relacionadas con la efectividad de los sistemas *Counter-Unmanned Aerial Systems* (en adelante C-UAS en sus siglas en inglés) Los datos fueron tratados mediante análisis narrativo de contenido utilizando el software Atlas.ti.

Los resultados identifican tres dimensiones principales. En el plano tecnológico, las medidas más valoradas son las combinaciones de contramedidas activas y pasivas —como detectores de radiofrecuencia, inhibidores portátiles y escopetas especializadas— por su simplicidad y eficacia en el ámbito táctico. En el ámbito organizativo, los informantes proponen un modelo de defensa estructurado en capas, descentralizado y adaptado a cada nivel de la estructura orgánica y operativa. Finalmente, en la dimensión doctrinal, se constatan carencias de la falta de procedimientos unificados en la instrucción y adiestramiento y la lentitud en la adquisición de medios.

El trabajo concluye que la defensa antidrón eficaz requiere una doctrina específica, una formación continua del combatiente y la integración progresiva de medios tecnológicos adaptativos al entorno cambiante. Se valida así la hipótesis de que la efectividad del sistema no depende exclusivamente de la tecnología, sino de su integración organizativa y doctrinal. El estudio aporta, además, propuestas concretas orientadas a la modernización del Ejército de Tierra y al fortalecimiento de la capacidad nacional frente a amenazas VANT.

PALABRAS CLAVE

Defensa, fuerzas armadas, dron, seguridad del estado y tecnología militar



ABSTRACT

This Final Degree Project analyzes the growing threat posed by unmanned aerial vehicles (UAV's) in the tactical ground area and the need to develop effective drone defense within the Spanish Army. The proliferation of drones has transformed the nature of combat, creating a technological, doctrinal and organizational challenge for infantry units

The study combines a theoretical framework on the evolution, classification, and military use of drones with qualitative empirical research. Through semi-structured interviews with Army personnel with operational experience, perceptions and proposals related to the effectiveness of Counter-Unmanned Aerial Systems (From now on C-UAS) are analyzed. The data were processed through narrative content analysis using Atlas.ti software.

The results identify three main dimensions. At the technological level, the most valued measures are combinations of active and passive countermeasures—such as radio frequency detectors, portable jammers, and specialized shotguns—due to their simplicity and effectiveness at the tactical level. At the organizational level, the informants propose a layered, decentralized defense model tailored to each level of the organizational and operational structure. Finally, at the doctrinal level, shortcomings are noted: the lack of unified procedures for instruction and training, and the slowness in acquiring resources.

The paper concludes that effective anti-drone defense requires a specific doctrine, ongoing combatant training, and the progressive integration of technological means that adapt to the changing environment. This validates the hypothesis that the system's effectiveness depends not exclusively on technology, but on its organizational and doctrinal integration. The study also provides concrete proposals aimed at modernizing the Army and strengthening national capacity against UAV's threats.

KEYWORDS

Defense, armed forces, drones, state security and military technology



INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
INDICE DE CONTENIDO	V
INDICE DE FIGURAS	VII
INDICE DE TABLAS	VIII
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	IX
DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Contexto y relevancia del estudio	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.3. Justificación	1
1.4. Hipótesis de partida	2
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	3
2.1. Objetivos y alcance	3
2.1.1. Objetivo general	3
2.1.2. Objetivos específicos	3
2.2. Metodología	3
2.2.1. Enfoque de investigación	3
2.2.2. Diseño de investigación	3
2.2.3. Justificación del uso de entrevistas semiestructuradas	4
2.2.3.1. Estrategia de muestreo	4
2.2.4. Procedimiento de recogida de datos	5
2.2.5. Técnica de análisis: análisis narrativo de contenido	5
2.2.6. Consideraciones éticas	6
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	6
3.1. Evolución de los drones en el ámbito militar	6
3.2. Clasificación de drones: tipos, capacidades y usos tácticos	9
3.3. Amenazas derivadas del uso de drones en operaciones terrestres	11
3.4. Sistemas de defensa contra-dron en la literatura y en la práctica	13
4. DESARROLLO: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1. Metodología de análisis	19
4.2. Resultados	20
4.2.1. Nube de palabras	20
4.2.2. Red semántica	22
4.2.3. Análisis de evidencias empíricas	24
4.3. Discusión	27
5. CONCLUSIONES	28
5.1. Respuesta a los objetivos de investigación	28
5.2. Validación de la hipótesis	29
5.3. Contribuciones del estudio	29
5.4. Conclusiones	30
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
ANEXOS	33
Anexo I Entrevistas realizadas	33





INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de VANT's según su manera de vuelo.....	10
Figura 2. Proceso de tratamiento de amenaza relacionado con el tiempo disponible.....	15
Figura 3. Nube de palabras a partir del análisis de las entrevistas realizadas a los informantes.....	21
Figura 4. Red semántica defensa antidrón en el Ejército de Tierra español.....	23
Figura 5. Diagrama Sankey diseñado a partir de las entrevistas.....	26



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Preguntas de las entrevistas semiestructuradas.....	4
Tabla 2. Fases de la kill chain.....	7
Tabla 3. Clasificación VANT's.....	9
Tabla 4. Tipos de sensores de detección principales y sus capacidades.....	15
Tabla 5. Modelos de sistemas de DAA.....	16
Tabla 6. Comparativa de ventajas y limitaciones entre medios.....	18
Tabla 7. Evidencias empíricas extraídas de las entrevistas.....	27



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

C-UAS: *Counter-Unmanned Aerial Systems*
C-VANT: *Contra Vehículos Aéreos No Tripulados*
DAA: *Defensa Antiaérea*
FPV: *First Person View*
GPS: *Global Positioning System*
HALE: *High Altitude Long Endurance*
HPM: *High Power Microwave*
ISIS: *Estado Islámico de Irak y el Levante*
ISR: *Intelligence, Surveillance, Reconnaissance*
MALE: *Medium Altitude Long Endurance*
OTAN: *Organización del Tratado del Atlántico Norte*
PU: *Pequeña Unidad*
UAS: *Unmanned Aerial System*
UAV: *Unmanned Aerial Vehicle*
VANT: *Vehículo Aéreo No Tripulado*
WWII: *World War II*



DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Se ha utilizado el modelo ChatGPT-5.0 desarrollado por OpenAI para ayudar a plantear una estructura de las ideas recogidas durante el estudio, así como para recoger ideas base de ciertas fuentes de información. Para garantizar la seguridad de la información, los datos sensibles fueron anonimizados antes de ser ingresados en el sistema, y nunca dando información confidencial de uso oficial.

Además, se empleó un modelo de IA, Microsoft Copilot, para realizar correcciones en las traducciones al inglés del contenido.

Por último se utilizó el modelo de IA, Atlas.IA, para la codificación automática de las entrevistas. A partir de ahí se ha revisado dicha codificación y realizado manualmente los análisis correspondientes.



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto y relevancia del estudio

En la última década, el empleo de vehículos aéreos no tripulados (VANT) ha transformado la naturaleza del combate terrestre. Los drones, originalmente concebidos con fines de observación o reconocimiento, han pasado a desempeñar un papel central en las operaciones de ataque, interferencia electrónica y obtención de inteligencia. Este cambio tecnológico ha alterado la relación entre coste y eficacia del poder aéreo, permitiendo que actores estatales y no estatales dispongan de capacidades antes exclusivas de las grandes potencias militares (Tan et al., 2021 y Chulilla Cano, 2024)

En el caso español, la rápida proliferación de drones de diverso alcance y tipología ha generado un desafío creciente para las pequeñas unidades del Ejército de Tierra, cuya supervivencia depende de la detección y neutralización temprana de amenazas aéreas de bajo coste. En este contexto, la investigación sobre la defensa antidrón se vuelve prioritaria, no solo por su valor técnico, sino por su impacto directo en la seguridad del personal y en la eficacia de las operaciones tácticas contemporáneas (Ministerio de Defensa, 2025)

El presente estudio se inserta en este marco de transformación doctrinal y tecnológica, con el propósito de analizar el grado de preparación del Ejército de Tierra frente a la amenaza VANT y contribuir al desarrollo de estrategias operativas y formativas que garanticen una respuesta eficaz y adaptativa.

1.2. Planteamiento del problema

La introducción masiva de drones en los conflictos recientes ha demostrado que los sistemas tradicionales de defensa aérea no resultan suficientes para hacer frente a amenazas pequeñas, maniobrables y difíciles de detectar (Zmyslowski et al. 2023). El Ejército de Tierra español carece aún de una doctrina consolidada y de medios específicos para neutralizar estos dispositivos en el nivel táctico, lo que genera una vulnerabilidad significativa para las unidades desplegadas (Ministerio de Defensa, 2022).

El problema radica, por tanto, en la ausencia de una estructura organizativa y doctrinal claramente definida que permita integrar capacidades C-VANT dentro de los grupos tácticos de infantería. A ello se suma la lentitud de los procesos de adquisición y la falta de homogeneización en la instrucción del personal (Ministerio de Defensa, 2022).

En consecuencia, se plantea la necesidad de estudiar qué sistemas de defensa antidrón son realmente efectivos en el contexto español, qué limitaciones existen para su implementación y cómo podrían optimizarse los recursos y la formación de las unidades de combate. Este trabajo busca dar respuesta a esa problemática mediante un análisis empírico basado en la experiencia y percepción de personal militar experto.

1.3. Justificación

La proliferación de drones en el ámbito militar supone una amenaza significativa para las unidades del Ejército de Tierra debido a su bajo coste, versatilidad y capacidad de operar en misiones de reconocimiento, ataque o interferencia. Aunque en otros ejércitos se han desplegado ya sistemas de defensa avanzados, el caso español presenta particularidades vinculadas a sus recursos, doctrina y contexto estratégico. Analizar qué sistemas de defensa contra drones resultan más efectivos en el Ejército de Tierra, desde la perspectiva de quienes trabajan



directamente en operaciones militares, permitirá aportar conocimiento relevante para la toma de decisiones en materia de seguridad y modernización de la defensa. Además, este estudio es pertinente en tanto se sitúa en la intersección entre tecnología emergente, estrategia militar y seguridad nacional, contribuyendo a un campo de investigación en plena expansión (Nallamalli et al., 2023; Ministerio de Defensa, 2016 y Besada et al., 2022).

1.4. Hipótesis de partida

Los sistemas de defensa contra drones en el Ejército de Tierra español presentan un grado de efectividad limitado en escenarios operativos, lo que impulsa la necesidad de integrar tecnologías emergentes y establecer cambios en el ámbito doctrinal, considerados por los expertos militares como las medidas más prometedoras para garantizar la protección de las unidades terrestres.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. Objetivos y alcance

2.1.1. Objetivo general

Analizar la efectividad de los sistemas de defensa contra drones en el Ejército de Tierra español y explorar los recursos emergentes más prometedores.

2.1.2. Objetivos específicos

- Identificar los principales tipos de sistemas de defensa contra drones (electrónicos, cinéticos, híbridos, etc.) presentes en la literatura y en el contexto militar español.
- Explorar la percepción de expertos militares sobre la eficacia real de defensa contra drones en situaciones operativas a través del análisis narrativo de evidencias empíricas.
- Detectar los recursos emergentes más relevantes en el ámbito de la defensa antidrón.
- Evaluar las fortalezas, limitaciones y necesidades de mejora de los sistemas actualmente utilizados en el Ejército de Tierra.
- Generar propuestas de aplicación y líneas futuras de investigación para la modernización de la defensa frente a drones en escenarios terrestres.

2.2. Metodología

2.2.1. Enfoque de investigación

Este trabajo se ha centrado en un modelo metodológico cualitativo de tipo exploratorio que tiene por objeto conocer y comprender las percepciones y experiencias de personas que poseen un conocimiento especializado en el ámbito de la defensa contra vehículos no tripulados.

El enfoque de carácter cualitativo resulta ser el idóneo porque nos permite interpretar información y comprender situaciones o fenómenos que pueden estar poco documentados y en los que necesitamos profundizar más por su interés o complejidad (Tójar-Hurtado, 2006).

Se trata de un estudio exploratorio debido a que no existe una base de conocimientos teóricos consolidados y se trata de recabar más información y generar conocimiento nuevo que



pueda servir de base para investigaciones futuras o estudios prospectivos más amplios (Ruiz-Olabuénaga, 2012).

2.2.2. Diseño de investigación

El diseño de este Trabajo Fin de Grado es cualitativo no experimental ya que se basa en recoger y analizar información a través de entrevistas semiestructuradas y documentos estratégicos proporcionados por personas especializadas del Ejército de tierra español y que aportan procedimientos y protocolos reales de actuación en el tema de la investigación. Por lo tanto, el estudio se centra en dos fuentes principales:

- Entrevistas semiestructuradas a informantes clave del Ejército de Tierra español.

Tabla 1. Preguntas de las entrevistas semiestructuradas. Fuente: Elaboración propia

Pregunta 1	Cómo valora la amenaza que suponen actualmente los drones en los conflictos.
Pregunta 2	Qué estructura organizativa cree que es más adecuada para integrar medios C-VANT dentro de un grupo táctico de infantería
Pregunta 3	Cuáles cree que son las principales limitaciones o carencias de los sistemas de defensa antidron actualmente disponibles en el Ejército de Tierra Español
Pregunta 4	En su experiencia, qué sistemas ha visto o experimentado que sean más eficaces y realistas para emplear en unidades de infantería C-VANT
Pregunta 5	Qué recomendaciones considera prioritarias para mejorar la defensa antidrón en el Ejército de Tierra Español

- Análisis de documentos estratégicos que proporcionan el contexto institucional y normativo.

El diseño planteado nos permite realizar una triangulación de información rigurosa, comparando información a través de diferentes fuentes, todo ello apoyado de un marco teórico fundamentado y basado en una búsqueda exhaustiva sobre el tema que nos ocupa (Tójar-Hurtado, 2006).

2.2.3. Justificación del uso de entrevistas semiestructuradas

Las entrevistas semiestructuradas constituyen una herramienta idónea porque parten de un conjunto de preguntas previamente planificado, pero permiten al investigador ajustar el desarrollo de la conversación y ahondar en aspectos que surjan durante el diálogo. Este enfoque favorece un intercambio abierto y dinámico, manteniendo al mismo tiempo una base común que facilita comparar las respuestas de distintos participantes. En ámbitos institucionales como el militar resulta especialmente pertinente, ya que posibilita adaptarse al vocabulario técnico y a los protocolos internos, garantizando así la obtención de información precisa y de confianza: “Las entrevistas individuales y grupales son procedimientos de investigación útiles y socialmente relevantes porque son capaces de describir y analizar situaciones sociales de manera profunda y detallada.” (Escobar-Fuentes & Montalbán-Peregrín, p.37).

2.2.3.1. Estrategia de muestreo



La selección de personas participantes se realiza mediante la técnica de muestreo intencional, eligiendo a 5 personas expertas que cumplen criterios específicos:

- Ser oficiales o suboficiales del Ejército de Tierra español.
- Tener experiencia en áreas afines al tema de estudio.

Este tipo de muestreo es común en investigaciones cualitativas porque no busca representatividad estadística, sino profundidad y riqueza en la información.

2.2.4. Procedimiento de recogida de datos

Para llevar cabo el proceso de recogida de información se han seguido las siguientes fases:

1. Puesta en contacto con los potenciales participantes que asumirán el papel de informantes clave. Se solicita su colaboración voluntaria informándoles de los objetivos de este trabajo de investigación.
2. Elaboración del guión de entrevista partiendo de la bibliografía consultada y los documentos oficiales se elaboran un conjunto de preguntas abiertas.
3. Realización de las entrevistas: se ofrece la posibilidad a los informantes clave de ser entrevistados presencial o virtualmente. Se solicita autorización para que estas entrevistas sean grabadas para su posterior transcripción o codificación.
4. La recopilación de documentos estratégicos incluye protocolos, procedimientos, planes de trabajo y otros textos relevantes que estén disponibles de manera pública o accesible, siempre respetando el tipo de información proporcionada por los informantes clave.

2.2.5. Técnica de análisis: análisis narrativo de contenido

Los datos recabados a través de las entrevistas semiestructuradas se analizarán mediante análisis narrativo de contenido, utilizando el software Atlas.ti versión 25. El análisis de contenido permite identificar aquellos términos más destacados del discurso, a través de los cuales se analizan las aportaciones realizadas por los informadores clave en sus entrevistas, obteniéndose evidencias empíricas que luego se utilizan para analizar las narrativas de los hechos que se pretenden analizar (Gibbs, 2007).

Para llevar a cabo el procedimiento de análisis se realizarán las siguientes fases:

- Transcripción de las entrevistas (que deben ser revisadas si se utiliza alguna aplicación automática o de Inteligencia artificial).
- Codificación inicial para identificar ideas, temas y significados presentes en los textos. Esto determinará los grupos de códigos o categorías principales y subcódigos.
- Interpretación y análisis narrativa, que busca reconstruir cómo los informantes explican y dan sentido al fenómeno estudiado, integrando su experiencia con los documentos estratégicos y el marco teórico del trabajo.

El uso de Atlas.ti facilita organizar la información, relacionar categorías a través de diagramas de Sankey, así como visualizar redes semánticas, lo que aporta rigor y objetividad al análisis.

2.2.6. Consideraciones éticas

El estudio se desarrollará respetando los principios básicos de la ética en investigación social tal cual lo plantean Escobar-Fuentes & Montalbán-Peregrín (2024):

1. Consentimiento informado: todas las personas participantes serán informados sobre la finalidad del trabajo, sus objetivos, el uso de la información y su derecho a retirarse en el momento que consideren oportuno.



2. Confidencialidad y anonimato: las entrevistas serán anonimizadas y no se publicarán datos o información que pueda revelar la identidad de los participantes ni sus cargos concretos.
3. Protección de la información: las grabaciones y transcripciones se almacenarán de forma segura y solo el equipo investigador tendrá acceso a ellas.
4. Respeto a la normativa militar: se cumplirá con las directrices del Ministerio de Defensa y del Ejército de Tierra para garantizar que no se difunda información clasificada o sensible.
5. Uso académico exclusivo: los datos se emplearán únicamente con fines de investigación y para la elaboración de este Trabajo Fin de Grado.

3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

3.1. Evolución de los drones en el ámbito militar

El desarrollo tecnológico en el ámbito militar ha provocado a lo largo de la historia necesidades de transformación en las tácticas y procedimientos en el arte de la guerra. La prueba de ello más significativa de este hecho fue la implementación de nuevas tecnologías en los conflictos de alta intensidad, cuestión que desencadenó bajas sin precedentes al no haber tenido tiempo de procesar tal cambio conceptual (Chulilla Cano, 2024).

En las últimas décadas se ha visualizado como el auge de la tecnología ha creado el imperativo de implementar sistemas como los Vehículos Aéreos No Tripulados (en adelante VANT) que quedan definidos como “sistemas que son cada vez más económicos, versátiles, potentes y ofrecen un mayor alcance, precisión y flexibilidad estratégica.” (Rey-Arroyo, 2024, p. 3).

Estando su origen en los prototipos utilizados en la Segunda Guerra Mundial (en adelante WWII en sus siglas en inglés), los VANT's fueron cada vez más utilizados como plataformas aéreas cuyo cometido era principalmente labor de reconocimiento y espionaje apareciendo el término *Intelligence, Surveillance, Reconnaissance*, (en adelante ISR en sus siglas en inglés) debido a la capacidad para proyectar influencia y control en regiones distantes, desafiando la idea tradicional de la proyección de poder basada en fuerzas militares convencionales.

Sin embargo, con el desarrollo de la tecnología, las funciones asignadas a estos sistemas se ampliaron para incluir acciones ofensivas, como la adquisición de objetivos, la evaluación de daños en combate y la supresión o eliminación de defensas aéreas. Estados como Estados Unidos (en adelante, EE. UU.) e Israel fueron pioneros en este incremento de las acciones directas en combate, aunque no fue hasta 2010 cuando, gracias a diversos factores, entre ellos la reducción de costes y la liberalización del comercio, otros países pudieron sumarse al desarrollo de estos sistemas (Rey-Arroyo, 2024 y Dawsun & Nadal, 2025).

Adicionalmente, EE. UU. había empleado estas capacidades con un éxito creciente, aunque con escaso impacto en la percepción general de sus efectos, más allá de algunos artículos pioneros. De hecho, los logros del Mando de Operaciones Especiales de Estados Unidos (SOCOM) frente al Estado Islámico de Irak y el Levante (ISIS) y otros grupos salafistas —en particular, la neutralización de la amenaza de drones entre 2017 y 2018— llevaron a muchos a subestimar dicho riesgo e, incluso, a considerarlo mitigado de manera definitiva (Chulilla Cano, 2024). Pero a la hora de hablar de una verdadera proliferación de estos sistemas, los conocidos como *mini* drones, aquellos más comercialmente asequibles, son los que han generado que la guerra convencional en la que se supone que se convertirían los conflictos modernos haya derivado en un concepto muy diferente (Dawsun, 2025).



En la actualidad resulta mucho más difícil que en 1906 (refiriéndose a los conflictos del siglo XX, donde las grandes potencias no supieron adaptarse a los cambios de los nuevos conflictos) subestimar la amenaza, especialmente a la luz del impacto decisivo y paralizante que los pequeños drones están generando (Chulilla Cano, 2024). Por este motivo se justifica el aumento de la capacidad de actuación de los sistemas no tripulados, reflejado en el incremento de su uso en los conflictos de las últimas décadas. El caso de Ucrania lo ejemplifica de forma clara y contundente, mostrando no solo su impacto disruptivo en la logística, la inteligencia y las operaciones terrestres, navales y aéreas, sino también su capacidad para otorgar una ventaja estratégica y geopolítica considerable (Rey-Arroyo, 2024). De igual manera ocurre en otros conflictos del último siglo, donde tanto los ejércitos estatales como fuerzas irregulares (incluyendo organizaciones terroristas y grupos insurgentes), han concluido que dicha efectividad de estos sistemas implica el desarrollo de flotas de drones para poder intentar alcanzar incluso objetivos geopolíticos, siempre y cuando sean capaces de realizar una integración dentro de sus doctrinas y su panoplia de recursos (Rey-Arroyo, 2024).

Sumado al ámbito estratégico que abarca objetivos geopolíticos, los VANT's han hecho que los conceptos de guerra a nivel táctico evolucionen a nociones de combate "contemporáneo":

- *Kill Chain*¹ comprimida: El empleo de sistemas no tripulados comercialmente disponibles permite que la secuencia "Identificar, Encontrar, Seguir, Escoger, Batir y Evaluación" se acorte de manera significativa. Esto es posible por las nuevas cadenas de enlace desarrolladas en los conflictos actuales, donde los VANT's permiten que la información fluya de manera más instantánea durante el proceso de kill chain y no sea necesaria pasar por ciertos escalones de decisión para poder actuar de manera efectiva sobre el objetivo (Rey-Arroyo, 2024, Dawsun, 2025 y Chulilla-Cano, 2024).

Tabla 2. Fases de la Kill Chain. Fuente: Tan et al. (2021)

Fase	Definición
Identificar	Identificar al objetivo
Encontrar	Obtener una localización específica del objetivo
Seguir	Monitorizar el movimiento del objetivo mientras se realiza la toma de decisión
Escoger	Determinar qué armamento o sistemas de armas emplear para alcanzar los efectos requeridos
Batir	Atacar al objetivo
Evaluación	Analizar los efectos causados

- Transparencia del campo de batalla. La proliferación mencionada por Rey Arroyo (2025), quien señala que estos avances "están erosionando la relevancia de las fronteras físicas" (p. 6), ha dado lugar a combates en los que la niebla de guerra es prácticamente inexistente. De esta manera, la presencia de una observación constante e indiscriminada sobre el teatro de operaciones hace casi imposible que las acciones tácticas se lleven a cabo sin ser detectadas, provocando que la sorpresa haya prácticamente desaparecido en el combate de las guerras contemporáneas (Chulilla Cano, 2024).

¹ Describe los pasos para detectar, decidir y eliminar un objetivo.



- Saturación y guerra de firmas²: La aparición de estos sistemas ha requerido de “rediseñar los sistemas de defensa aérea con una nueva perspectiva, haciendo hincapié en un gran número de amenazas distribuidas de bajo coste y poco observables”. (Nallamalli et al., 2023, p.420)

Por este motivo, ha sido necesario revisar las vulnerabilidades de las burbujas de seguridad previamente generadas por los sistemas antiaéreos convencionales, lo que ha obligado a impulsar cambios tecnológicos, de capacitación y doctrinales con el fin de alcanzar ventajas significativas en las operaciones militares (Rey-Arroyo, 2024).

3.2. Clasificación de drones: tipos, capacidades y usos tácticos

Los VANT's comprenden una gran diversidad de características y tipologías que permiten clasificarlas de distintas formas para poder llegar a explicar las capacidades y funciones que pueden ejercer en función de diversos aspectos técnicos y tácticos de operatividad recogidos por la doctrina de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (en adelante OTAN), podemos encontrar la siguiente clasificación:

Tabla 3. Clasificación VANT's. Fuente: OTAN (2011)

Clase/Categoría		Peso	Altitud de operatividad	Alcance	Nivel de empleo
Clase I	<i>Micro</i>	<200 g	Hasta 60 m	Hasta 5 Km	Sección/Pelotón
	<i>Mini</i>	<15Kg	Hasta 900 m	Hasta 25 Km	Compañía/Sección
	<i>Small</i>	>15 Kg y <150 Kg	Hasta 1500 m	Hasta 50 Km	Batallón/Regimiento
Clase II	<i>Tactical</i>	150 Kg - 600 Kg	Hasta 5.500 m	Hasta 200 Km	Brigada
Clase III	Medium Altitude Long Endurance (MALE en siglas en sus inglés)	>600 Kg	Hasta 14.000 m	Ilimitado	Fuerza Conjunta
	High Altitude Long Endurance (HALE, en sus siglas en inglés)		Hasta 20.000		Nivel estratégico/Nacional
	Strike/Combat				Nivel estratégico/Nacional

Además, teniendo en cuenta la clasificación realizada por Chamolla et al. (2021) basada en el funcionamiento que utilizan los VANT's para su vuelo podemos añadir la siguiente clasificación:

² Define la “lucha” entre dos adversarios entre detectar/clasificar mediante la detección de sus huellas de radiofrecuencia que emiten los sistemas.



- Ala fija: VANT con diseño similar al de un avión.
- Monorrotor: Diseño similar al de un helicóptero, comprende de un rotor principal que permite su sustentación y el movimiento vertical y un rotor de cola.
- Multirrotor: Tiene más de un rotor. Los más comunes son los tricópteros, cuadricópteros, helicópteros y octocópteros.
- Híbrido de ala fija: Tienen mayor autonomía de vuelo, ofreciendo la estabilidad de los VANT de ala fija y la capacidad de vuelo estacionario, despegue y aterrizaje vertical.

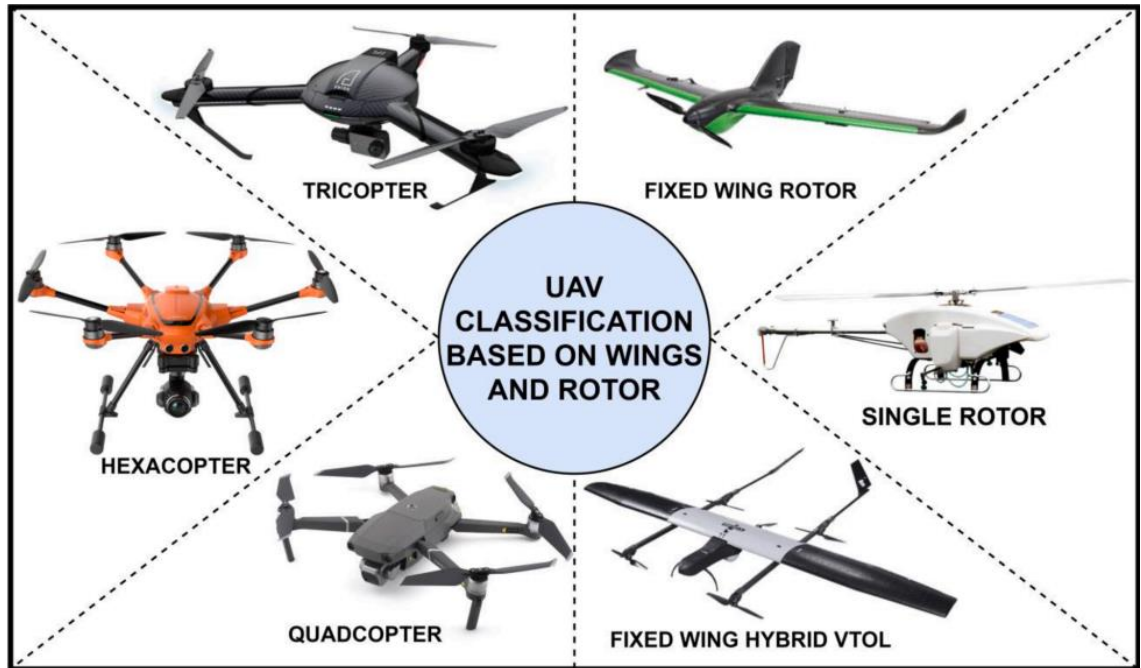


Figura 1. Clasificación de VANT's según su manera de vuelo. Fuente: Chamolla et al. (2021)

A esta diferenciación se añade una distinción fundamental entre los drones comerciales y los de vista en primera persona (*First Person View*, en adelante FPV en sus siglas en inglés), ya que esta marca el nivel operativo en el que nos encontramos y posee, además, una connotación de carácter más conceptual o incluso “filosófico”.

Los drones comerciales implican “un producto cerrado, de muy difícil modificación y centrado en facilitar al máximo el manejo a los usuarios” mientras que los drones FPV son lo contrario en dimensiones diferentes: se adquieren por piezas (permitiendo generar sistemas complejos y adaptables al cometido para el cual se crean), se instala el programa el firmware³ y ya están capacitados para realizar vuelos incluso con un piloto poco experimentado. (Chulilla-Cano, 2024)

Sin embargo, el factor determinante que más nos implica clasificar estos sistemas es su nivel de empleo:

- Pelotón/Sección/Compañía: Los “Clase I”, tanto los micro como los mini mencionados a la tabla OTAN, son los empleados generalmente por estos escalones y los cometidos, que van en favor de su propia área de influencia, que realizan se resumen principalmente a los siguientes:
 - ISR inmediato: Debido a los radios de alcance tan “escaso”, comparado a las clases superiores, su uso se limitan a operaciones próximas. Esto permite la obtención directa de información sin necesidad de recurrir a escalones

³ Un tipo de software de bajo nivel que proporciona instrucciones básicas para que funcione un sistema



- superiores.
- Acciones ofensivas: Más allá de las funciones de reconocimiento y tal como expresa Chulilla Cano (2024) “las omnímodas redes sociales están trasladando imágenes reales del uso de los drones en primera persona abalanzándose sobre sus objetivos”. p. 221. Esto es prueba del empleo de VANT's en, mayoritariamente, la parte previa a los asaltos, culmen de las maniobras ofensivas encuadradas dentro de las operaciones militares.
 - Vigilancia de posiciones: Permite obtener información dentro del alcance de dichos sistemas, alcanzando objetivos de reconocimiento sin poner en riesgos fuerzas propias.
 - Adquisición de objetivos: tanto para el apoyo de fuegos indirecto como para poder completar la fase de designar perteneciente al ciclo antes mencionado de “kill chain”.
 - Batallón/Regimiento: Implican, dentro de los “Clase I”, los drones small. Asumen cometidos que van a favor de la maniobra en términos generales, (tanto para escalones superiores como para escalones inferiores) e implican:
 - ISR de área: Este cometido, como mencionado anteriormente, implica la recolección de información dentro de su área de interés, permitiendo que se elabore inteligencia⁴ que impulse de manera positiva la maniobra a mayor nivel.
 - Corrección de fuegos de artillería: El empleo de estos sistemas facilitan el proceso de acción de fuegos de dichos apoyos indirectos.
 - Brigada/Fuerza/Conjunta/Nivel Estratégico: Los clases II y III se emplean para cometidos más allá del concepto de combate de pequeña unidad (en adelante PU) e incluso más allá del ámbito físico, puesto que a estos niveles y como menciona Rey Arroyo (2024):

nuevos actores irrumpen en escena y los conceptos tradicionales de poder y seguridad se ven obligados a una redefinición urgente. En este contexto dinámico, la pugna por la supremacía global no se limita al mundo físico tangible, sino que se expande a dominios tan dispares como el cognitivo, el ciberespacio y el espacio ultraterrestre, todos ellos carentes de fronteras geográficas definidas (p.6).

Es por esto que los cometidos de estos sistemas pretenden cumplir objetivos que van más allá del nivel correspondiente de estudio de este trabajo.

3.3. Amenazas derivadas del uso de drones en operaciones terrestres

Como se ha mencionado antes, la proliferación de uso de drones ha provocado que los ejércitos convencionales del mundo tengan la necesidad de analizar las amenazas que implican el uso de estos sistemas. En este apartado se tratarán las principales amenazas que el empleo de drones plantea a las operaciones terrestres, agrupándolas según su impacto, la observación, el fuego, el mando y la protección de la fuerza.

Cabe destacar, que debido a que este trabajo se centra en el estudio de niveles de Grupo Táctico, solo se mencionan dichas amenazas que afectan a las entidades que operan más cerca del contacto (entidades tipo Compañía, Sección y Pelotón).

3.3.1. Observación constante y pérdida de ocultación:

Cualquier VANT, incluso los no desarrollados en el ámbito militar, tienen la capacidad de

⁴ Producto resultante de la recopilación, procesamiento y análisis de información relevante sobre un enemigo o áreas de operación para disipar la incertidumbre y facilitar la toma de decisiones



portar los equipos necesarios para recopilar información y transmitirla en favor de su usuario (JPACC, 2021).

Sin embargo, la observación directa mediante medios ópticos no es el único método por el cual los operadores realizan cometidos ISR, tal y como recoge en su libro (JPACC, 2021):

- Electroóptica/infrarrojos: Como hemos mencionado, la guerra de firmas implica a los operadores de drones buscar más allá del espectro electromagnético visible al ojo humano. Es adecuado afirmar que dichos sensores tienen un funcionamiento que varía su efectividad dependiendo de cuestiones como el entorno o las condiciones climáticas pero su capacidad para localizar la huella⁵ es innegable.
- Radar de Apertura Sintética (SAR, en sus siglas en inglés): Esta tecnología permite la obtención de imágenes de alta resolución, sin dejarse influenciar por factores del campo de batalla y han podido ser incorporadas debido al progreso en el perfeccionamiento del sistema.
- Detección por alcance y luz (en adelante LiDAR, en sus siglas en inglés): Mediante pulsos de luz, se producen mapeados tridimensionales de la zona escaneada, pudiendo incluso realizar análisis complejos del terreno y permitiendo generar cartografía precisa de la zona de interés.

En definitiva, la capacidad de implementar sistemas sensoriales en los VANT's ha convertido los teatros de operaciones en entornos totalmente transparentes donde la supervivencia de las fuerzas terrestres dependen cada vez más del control de su huella térmica, visual y electromagnética.

3.3.2. Aceleración de los procesos de fuegos indirectos⁶

El empleo masivo de la artillería en los conflictos modernos ha obligado a integrar los drones en favor de mejorar los procesos de identificación, localización y adquisición de objetivos. Esto se debe a que los VANT's permiten tener una observación directa sobre los objetivos a batir, permitiendo discernir entre objetivos prioritarios y realizar una posterior corrección con gran precisión (JPACC, 2021).

3.3.3. Ataques de precisión de bajo coste

La proliferación de drones de bajo coste, principalmente los FPV y las municiones merodeadoras⁷ (en adelante LM, en sus siglas en inglés), han permitido que realizar ataques precisos no implique el coste que antes implicaba una acción tan quirúrgica. De esta manera, y como expresa Chulilla Cano (2024) "El coste de cada misión será el del dron FPV creado y testado con componentes de la máxima calidad a la que se tenga acceso", (p.231-235) lo que implica que por el coste de un T-90M⁸, se pueden adquirir un gran número de VANT's.

Esta capacidad probada de realizar ataques con gran precisión, sobre vehículos blindados, carros de combate y posiciones defensivas con medios sumamente más baratos que el objetivo a batir, genera una asimetría de costes que imposibilita mantener una guerra en el largo plazo (Chulilla Cano, 2024). Adicionalmente, los drones de Clase I y Clase II (ver Tabla 3) suelen

⁵ Rastros dentro de cualquier rango del espectro electromagnético que puede emitir el enemigo con sus medios

⁶ Todo fuego realizado mediante armamento o sistemas de armas entre los ángulos 45° y 90°, denominado segundo sector

⁷ Categoría de sistemas de armas aéreas donde la munición se mantiene de manera pasiva alrededor de un área y realiza la acción ofensiva sólo después de localizar el objetivo

⁸ Modelo principal de carro de combate ruso



mantener sus aeronaves con vuelos de baja altura, realizando lanzamientos de granadas o cargas explosivas que también son una amenaza a las unidades de infantería desembarcadas⁹ (Territorial Defense Forces of Ukraine, 2023).

Todo ello, sumado al factor físico de estas acciones sobre fuerzas desplegadas, el factor psicológico de la amenaza constante en el entorno operativo genera efectos no cinéticos como es sobre la moral del combatiente; un factor que, puede incluso “cambiar el curso del conflicto” (JAPCC, 2021, p. 145 y 240).

3.3.4. Saturación y colapso de defensas antiaéreas (en adelante DAA)

Con la implementación de los drones en el ámbito táctico, aparece el concepto de tecnología enjambre, que Nallamalli, et al. (2023) define como aquella que utiliza una gran cantidad de sistemas más pequeños, similares o heterogéneos, que pueden interactuar entre sí para lograr las tareas colectivas deseadas. Y, en base a su definición, actúan dichos sistemas, mediante ataques coordinados y estratégicamente distribuidos, con una jerarquía de mando que les permite sustituir el nodo de control principal en caso de que el original esté comprometido. Sumado a esto, el empleo de enjambres hace que las DAA's no sean capaces de detectar y eliminar las amenazas dentro de sus burbujas¹⁰ de acción debido a la saturación en su sistemas. (Nallamalli et al., 2023, p.421).

Un ejemplo de esto es el escenario descrito por JAPCC (2021) donde un enjambre de diez drones con cargas explosivas se emplearon en un ataque coordinado contra la base aérea rusa de Hmeimim. Lanzados desde una distancia superior de 50 kilómetros y creados a partir de proyectiles de mortero y ferralla, ninguno impactó sobre el objetivo, pero puso en entredicho la capacidad de asegurar el espacio aéreo frente a amenazas “baratas”.

3.4. Sistemas de defensa contra-dron en la literatura y en la práctica

Tal y como menciona JAPCC (2023), no hay una bala de plata¹¹ para la amenaza, cada vez más integral en los conflictos modernos, de los VANT's; sino que implica un ciclo constante de “concienciación, experimentación, preparación, cooperación, coordinación y capacidad de adaptación”. (p. 2)

3.4.1. Marco doctrinal y concepto C-VANT

Con el auge de dichas tecnologías, y tal como menciona Rey Arroyo (2024) ha surgido la necesidad de que emerja “un nuevo nivel de ambición centrado en alcanzar la supremacía en el desarrollo de medios de defensa contra los sistemas no tripulados”. (p. 9)

La diferencia entre un sistema de armas aéreo tripulado y un VANT no radica únicamente en la ausencia de un piloto a bordo, pues ello no bastaría para requerir nuevas estrategias de defensa antiaérea (DAA). En realidad, esta distinción implica que las limitaciones biológicas de los sistemas tripulados desaparecen, lo que afecta directamente a los tiempos de decisión, a la robustez del sistema e incluso a su capacidad de consumo. Adicionalmente, la creación de una estrategia óptima para generar soluciones sólidas en el ámbito C-VANT implica tanto el estudio de ramas militares y civiles con capacidad de proyección de fuerzas letales y no letales como los marcos jurídicos aplicables en los conflictos (JAPCC, 2021).

⁹ Fuera del vehículo

¹⁰Espacio tridimensional de protección del cual se encargan las DAA's, limitado por sus alcances

¹¹ Una solución simple y eficaz



Finalmente, y tal como expresa JAPCC (2021) “la idea defensiva necesita dividirse en capas y debe cubrir el mayor número de amenazas vectoriales posibles. Esto implica más sistemas interoperables, y, debido a los tiempos cortos de decisión; más interconectividad (p. 125)

3.4.2. Estructura de un sistema C-VANT

El ciclo C-VANT descrito por JAPCC (2021) se divide en dos fases que abarcan dos momentos temporales distintos: el previo a la materialización de la amenaza y aquel en el que esta ya está siendo gestionada o neutralizada.

- Antes de la amenaza inminente:
 - Disuasión: Implica evitar que el enemigo, mediante acuerdos o convenios, emplee los sistemas VANT. Esto trae consigo una gran dificultad debido a la gran accesibilidad y las muchas ventajas que traen estos sistemas, pero incluso conseguir disminuir el número de activos¹² deriva en la disminución de la amenaza.
 - Supresión: A mayor nivel, el desarrollo de acciones (guerra electrónica, ataques de precisión,...) sobre emplazamientos fijos como servidores o zonas de fabricación de mayor escala limitan su creación.
 - Evitar efectos: Abarca medidas pasivas de protección para reducir las vulnerabilidades, aplicadas cuando no es posible impedir las acciones sino reducir el impacto.

Son ejemplos de medidas pasivas de evitar efectos las recogidas en Ukrainian Armed Forces (2023):

- Enmascaramiento visual y térmico.
 - Dispersión de posiciones.
 - Reducción de la huella térmica y electromagnética.
 - Uso de fumígenos.
 - Protección física.
 - Disciplina de movimientos y ruidos.
 - Decepción.
- Durante la amenaza inminente:
 - Detección: Es la primera acción necesaria dentro de las medidas activas y una de las más críticas debido a que debe ocurrir lo antes posible en pos de disminuir la probabilidad de recibir daño.

Para ello, es fundamental que el proceso ISR se implemente a todos los niveles y no debería limitarse a la búsqueda de amenaza VANT, sino a todo aquellos sistemas y equipos que ayuden a confirmar el empleo de drones.

- Toma de decisiones: Esta fase, cada vez más acortada debido a la presura, probablemente sea más una cuestión de autodefensa rápida a nivel PU que de escalones superiores, por lo que surge la necesidad de realizar formación individual específica a combatientes, implementar la delegación de tareas y establecer tácticas, técnicas y procedimientos específicos
- Neutralización: La última fase que incluye el empleo de medidas activas como son las acciones de guerra electrónica o las acciones cinéticas

¹² Dispositivos operativos



para abatir la amenaza.

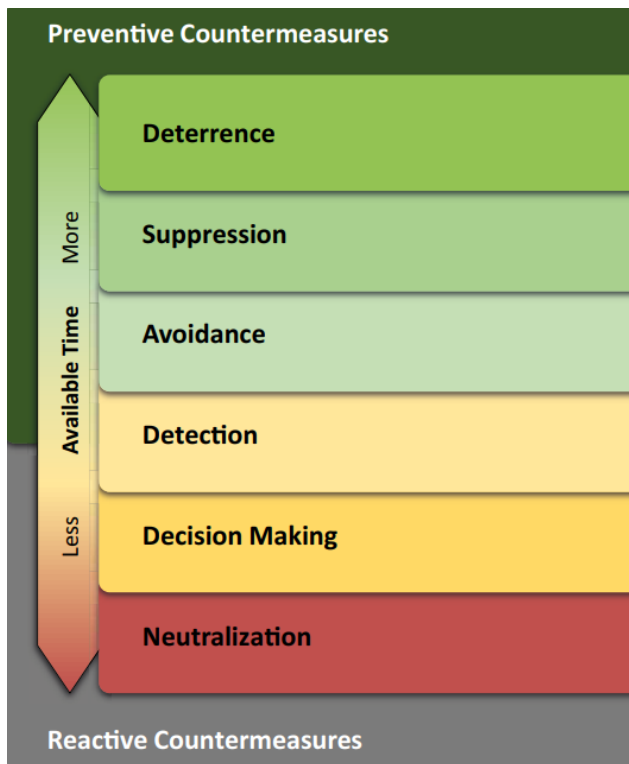


Figura 2. Proceso de tratamiento de amenaza relacionado con el tiempo disponible. Fuente: JAPCC (2021)

3.4.3. Sensores

Una manera efectiva de poder detectar VANT's es mediante el empleo de sensores cuya implementación en las nuevas tecnologías está siendo necesaria para poder acometer una DAA eficaz y óptima (Zmyslowski et al. 2023). Considerando esto, podemos ver los principales tipos de sensores empleados para la detección de dichas amenazas recogidos por Seng Tan et al. 2021:

Tabla 4. Tipos de sensores de detección principales y sus capacidades. Fuente Seng Tan et al. (2021)

Sistema	Capacidad
Radar ¹³	Algunos VANT's se pueden identificar mediante su huella radar
Radiofrecuencia	Permite la detección y geolocalización basado en la frecuencia de los enlaces de comunicación. En algunos casos pueden incluso clasificarse
Acústico	Se puede localizar la huella acústica de los motores de los sistemas
Electroóptico	Identifican y rastrean VANT's mediante su huella visual
Infrarrojo	Identifican y rastrean VANT's mediante su huella de calor

¹³ Sistema que utiliza radiaciones electromagnéticas reflejadas por un objeto para determinar la localización o velocidad de este.



3.4.4. Efectores

Una vez detectada la amenaza se pasa a la fase de neutralización, donde se busca abatir el objetivo en cuestión con los medios adecuados para evitar que pueda generar los efectos que busca el enemigo sobre las fuerzas propias (JAPCC, 2021). Para ello, Nallamalli, et al. (2023) identifican 2 tipos principales que agrupan los diferentes sistemas:

3.4.4.1. Soft-kill

Neutralizan los VANT's mediante medios no cinéticos y comprenden los siguientes sistemas que recogen Nallamalli et al. (2023) y Seng Tan (2021):

- Interferencia: Mediante la emisión de ruido¹⁴ en el espectro electromagnético previamente localizados se realizan entorpecimientos en los procesos de mando y control de los sistemas o en las señales *Global Positioning System* (en adelante GPS en sus siglas en inglés) permitiendo anular su funcionamiento.
- Suplantación: Se imita la identidad del operador dron enemigo para poder tomar el control del dispositivo redirigiendolo o incluso suplantando su localización.
- Cegamiento: Mediante el empleo de láseres o luces dirigidos a los medios ópticos de sus sistemas, se imposibilita el empleo de los drones sobre fuerzas propias.

3.4.4.2. Hard-kill

Neutralizan los VANT's mediante medios cinéticos o de energía dirigida para asegurar un daño físico

- Fuego cinético con munición programable: Mediante el empleo de armamento convencional, la ayuda de sistemas de asistencia de tiro y la implementación de munición inteligente¹⁵ se permite realizar la neutralización sobre las amenazas inmediatas. Sumado a esto, la cadencia y el bajo coste de su empleo, los sistemas de armas son capaces de ser una manera efectiva de DAA, incluso contra amenazas de enjambres (Nallamalli et al., 2023). Cuestión que se ejemplifica con la tabla que recoge varios sistemas de armas para la DAA (Fan Tiafeng et al., 2023).

Tabla 5. Modelos de sistemas de DAA. Fuente: Elaboración propia a partir de Fan Tiafeng et al. (2023)

Modelo	Calibre (mm)	Alcance máximo	Altitud máximo	Frecuencia de disparo (rondas por minuto)	Fabricación
ZSU-23-4	23	2500	-	4 x 850	Unión Soviética
GDF	35	4000	3000	2 x 550	Suiza
Otomatic	76	6000	5000	120	Italia

¹⁴ Ondas electromagnéticas que saturan la banda de trabajo del sistema

¹⁵ Munición programable para detonar a cierta distancia del objetivo y aumentar la probabilidad de impacto



- Misiles Tierra-Aire¹⁶. Gracias a la reducción de costes de los misiles Tierra-Aire y tal como menciona Nallahamalli et al. (2023) “ofrecen medios de ataque robustos y fiables para la protección de objetivos de alto valor” (p. 424).
- Láseres de alta energía: Mediante energía dirigida se pueden destruir o anular partes esenciales de la gran mayoría de los drones. Adicionalmente, estos sistemas de armas permiten batir objetivos sin demora entre acciones debido a su gran velocidad, precisión y su gran eficiencia, permitiendo que abarquen un mayor sector de seguridad (Fan Tianfeng et al., 2023).

Sin embargo, a pesar de la madurez relativa de esta tecnología, a partir de ciertas distancias y bajo determinadas condiciones neutralizar un objetivo supone un desafío. (Nallahamalli et al., 2023).

- Microondas de alta potencia (en adelante HPM en sus siglas en inglés): Sistemas que emiten pulsos o haces de energía electromagnética con la suficiente potencia como para generar mal funciones en la comunicación, la navegación, en su capacidad de combate o incluso en su carga explosiva de los VANT's (Nallahamalli, et al., 2023).

Además y como expresa JPACC (2023) “uno de los principales beneficios del EMP es su gran potencial para contrarrestar ataques de enjambre, además de poder emplearse con mayor énfasis en amenazas individuales” (p. 179).

- Drones cazadores: El empleo de drones kamikaze¹⁷ para interceptar y neutralizar otros VANT's “está ganando terreno como una respuesta directa a las crecientes capacidades de estos ingenios” (Rey Arroyo, 2024).

Adicionalmente y tal como expresa Nallahamalli et al. (2023) “esto se puede usar tanto para drones Clase I y Clase II, como para drones Clase III. Sin embargo, tardaría más tiempo en llegar a la amenaza comparado a otros medios y su capacidad de ganar y reducir altura está limitada debido a la aerodinámica de su estructura para volar” (p. 425).

De esta misma manera, cada sistema de neutralización de amenazas conlleva una serie de ventajas y desventajas que proporciona Nallahamalli, et al. (2023) en la siguiente tabla

Tabla 6. Comparativa de ventajas y limitaciones entre medios. Fuente: Nallahamalli et al. (2023)

Técnica	Ventajas	Limitaciones
---------	----------	--------------

¹⁶ Lanzados desde plataformas en el suelo, hacia objetivos aéreos

¹⁷ Nombre adquirido de la WWII, piloto suicida japonés que tripulaba un avión con explosivos con el que se lanzaba contra un objetivo



Interferencia RF/GNSS	<ul style="list-style-type: none"> •Independiente del tamaño de los VANT y de sus parámetros dinámicos. •Se puede escalar fácilmente para aumentar el alcance efectivo. 	<ul style="list-style-type: none"> •Ineficaz contra VANT autónomos con navegación visual. •VANT resistentes al GNSS que incorporan sensores IMU. •GPS cifrado en los VANT.
Suplantación (Spoofing)	<ul style="list-style-type: none"> •Solución de bajo coste sin daños colaterales. •Efectiva contra casi todos los VANT que requieren enlaces RF para control y navegación. •Muy eficaz para interrumpir la coordinación de un enjambre. 	<ul style="list-style-type: none"> •Ineficaz contra VANT autónomos con navegación visual. •Requiere información completa sobre los protocolos de comunicación. •Los adversarios pueden cambiar rápidamente los protocolos de comunicación.
Cañón antiaéreo de fragmentación (Air-Burst Anti-Aircraft Gun)	<ul style="list-style-type: none"> •Menor coste por compromiso. •Mecanismos de artillería antiaérea y control de fuego ya establecidos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Requiere puntería precisa teniendo en cuenta gravedad/viento. •Necesita correcciones de velocidad de boca y otras salvaguardas.
Láser de alta energía (HEL)	<ul style="list-style-type: none"> •Entrega de daño instantáneo y posibilidad de evaluación de eliminación. •Mayor tasa de compromiso. •Independiente de limitaciones de munición. 	<ul style="list-style-type: none"> •Sensible a condiciones meteorológicas adversas. •Requiere mantener el apuntado del láser sobre el blanco durante más tiempo. •Despliegue móvil coste-efectivo y de largo alcance no maduro. •Desplegar muchos sistemas sería muy caro.
HPM	<ul style="list-style-type: none"> •Puede atacar múltiples objetivos dentro de la cobertura. •Proporciona una alta tasa de compromiso. •Efectiva contra VANT 	<ul style="list-style-type: none"> •Posible daño colateral en ausencia de salvaguardas. •El blindaje contra interferencia electromagnética puede hacer a los VANT más robustos. •La evaluación de eliminación puede



	<p>autónomos.</p> <ul style="list-style-type: none"> •No tiene limitación de munición. 	<p>no ser posible.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Alcance operativo más corto.
VANT interceptores	<ul style="list-style-type: none"> •Gran maniobrabilidad a velocidades relativamente bajas. •Mejor control del compromiso. •Capacidad de involucrar múltiples objetivos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Tiempo de compromiso mayor; tarda en alcanzar los objetivos. •Tasa de ascenso en altura más lenta que en VANT normales.
Misiles superficie-aire de muy corto alcance y bajo coste	<ul style="list-style-type: none"> •Lanzamientos rápidos y mayores velocidades. •Compromisos fiables. 	<ul style="list-style-type: none"> •Coste comparativamente más alto respecto a otros métodos. •Requiere guiado y homing robustos debido a bajas firmas IR y cuerpos no metálicos.

4. DESARROLLO: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este apartado presenta los resultados del análisis cualitativo realizado sobre cinco entrevistas semiestructuradas a personal del Ejército de Tierra con experiencia en unidades de infantería. El objetivo fue identificar percepciones, carencias y propuestas sobre la defensa antidrón desde la práctica operativa, relacionando los hallazgos empíricos con la doctrina militar y la literatura científica reciente.

La interpretación de resultados busca no solo describir la realidad táctica, sino también proponer mejoras en la doctrina y la organización de manera coherente y pareja a la evolución del entorno operativo contemporáneo (Ministerio de Defensa, 2022; Joint Air Power Competence Centre, 2021).

El personal entrevistado por personal encuadrado en el 4º Tercio “Alejandro Farnesio” de la Legión, perteneciendo a diferentes escalas del Ejército de Tierra, incluyendo: tropa y marinería, suboficiales y oficiales. El haber entrevistado entre la diversidad de perfiles permite obtener una visión más amplia del empleo de sistemas contra VANT’s en distintos niveles de responsabilidad.

La franja de edad del grupo se sitúa entre los 26 y 35 años, un tramo donde coinciden tanto militares con gran experiencia operativa como otros en plena fase de consolidar su carrera profesional. Cuentan con conocimientos teóricos y prácticos en el ámbito de los drones,



por su tamaño y repetición— son: “drones”, “medios”, “amenaza”, “unidades”, “ejército”, “defensa”, “C-VANT”, “infantería” y “medidas”. A partir de ellas se pueden identificar tres dimensiones discursivas principales: tecnológica, organizativa y operacional.

- **Dimensión tecnológica: “drones”, “medios”, “sistemas”, “inhibidores”, “detectores”, “escopetas”**

La palabra “drones” aparece como el término más dominante, confirmando que el discurso de los informantes gira en torno al ámbito tecnológico en el que se basa la investigación. El término “medios”, que aparece con tamaño similar, muestra una preocupación constante por la disponibilidad y adecuación del material necesario para la defensa antidrón. Asimismo, términos como “sistemas”, “inhibidores”, “detectores” o “escopetas” se refieren directamente a los recursos tácticos y técnicos descritos como más eficaces en las entrevistas, lo que refuerza que la problemática gira en torno al ámbito material y tecnológico. Este conjunto léxico coincide con la categoría “Medidas eficaces” de la red semántica, donde los entrevistados valoraron positivamente los medios simples, portátiles y accesibles frente a soluciones complejas o de difícil implementación.

- **Dimensión organizativa: “unidades”, “grupo táctico”, “nivel”, “estructura”, “capas”, “doctrina”**

La segunda dimensión más visible está vinculada a la organización interna del Ejército de Tierra. Palabras como “unidades”, “grupo táctico”, “nivel”, y “estructura” reflejan la importancia del aspecto organizativo en la implementación de una defensa antidrón eficaz. El concepto también frecuente de “capas”, aparece como eje doctrinal del modelo de defensa planteado, refiriéndose a la necesidad de una protección establecida en diferentes escalones y descentralizada. El término “doctrina”, aunque de menor tamaño, resulta esencial porque evidencia la preocupación por la ausencia de procedimientos y tácticas unificados. Este hallazgo se alinea con las categorías “Estructura organizativa C-VANT” y “Doctrina y adiestramiento” de la red semántica.

- **Dimensión operacional: “amenaza”, “defensa”, “infantería”, “tierra”, “combate”, “capacidad”**

La tercera dimensión está vinculada a la experiencia operativa de los entrevistados. El término “amenaza” aparece con gran tamaño, lo que refleja la percepción generalizada de la gran vulnerabilidad existente frente al uso de drones en el combate. Las palabras “defensa”, “infantería”, y “tierra” contextualizan esta amenaza dentro del marco táctico de las unidades terrestres españolas. La coocurrencia de términos como “capacidad”, “protección”, y “combate” evidencia un discurso que se centra en adaptar la táctica y buscar adaptarse a un enemigo tecnológicamente asimétrico. Esta interpretación se refuerza con estudios doctrinales recientes que advierten de la “necesidad de adaptación acelerada a entornos saturados de UAS” (Ministerio de Defensa, 2025; Rey Arroyo, 2024).

- **Interpretación global de la nube de palabras**

El análisis de la nube de palabras permite extraer varias conclusiones relevantes:

- **Coherencia temática:** Las palabras dominantes coinciden con las categorías principales del análisis cualitativo y de la red semántica, lo que refuerza la validez interna del estudio.
- **Predominio del discurso técnico-operativo:** La recurrencia de términos como “drones”, “medios” o “medidas” indica que los informantes conciben la defensa antidrón principalmente como un reto práctico y tecnológico, aunque reconocen su dimensión doctrinal y formativa.



- o Visión crítica pero constructiva: La presencia de palabras como “carencias”, “procesos”, “limitaciones” y “adquirir” sugiere un discurso crítico respecto al estado actual de la defensa C-VANT, pero acompañado de propuestas orientadas a la mejora.
- o Centralidad del concepto de defensa en capas: La reiteración de los términos “capas”, “niveles” y “unidades” refuerza la idea del modelo distribuido de defensa, que ya se validó empíricamente en los resultados del TFG.

- **Conclusión interpretativa**

La nube de palabras confirma que el discurso de los participantes se articula en torno a tres ejes clave:

(1) la amenaza tecnológica que suponen los drones;

(2) la falta de medios y doctrina consolidada; y

(3) la necesidad de una respuesta estructurada en capas y basada en la formación integral y constante.

En conjunto, la nube refuerza la hipótesis del TFG: la defensa antidrón eficaz en el Ejército de Tierra requiere una doctrina específica, una estructura organizativa flexible y la integración progresiva de medios que se adapten a los conflictos contemporáneos.

Así, la visualización no solo refleja la frecuencia de palabras, sino la coherencia discursiva y conceptual que refuerza las conclusiones del trabajo.

4.2.2. Red semántica



Figura 4. Red semántica defensa antidrón en el Ejército de Tierra español. Fuente: Elaboración propia

Una red semántica es una representación gráfica de las relaciones entre los conceptos que surgen del análisis cualitativo de datos (en nuestro caso de las entrevistas realizadas a los informantes). Se utiliza principalmente en programas como Atlas.ti para visualizar cómo se



conectan los significados y categorías derivadas del proceso de codificación.

En términos teóricos, la red semántica muestra las ideas y significados que hay detrás del discurso del personal entrevistado. Cada nodo representa una categoría o código conceptual, mientras que las líneas de conexión indican relaciones lógicas, causales o temáticas entre ellos (Muñoz-Justicia & Sahagún, 2018). Su utilidad principal radica en que permite:

- Organizar visualmente la información cualitativa.
- Interpretar relaciones entre los conceptos emergentes.
- Sintetizar hallazgos de manera estructurada y coherente con los objetivos de investigación.
- Fundamentar la discusión de resultados, sirviendo de puente entre los datos empíricos y la teoría.

En resumen, la red semántica actúa como un mapa cognitivo que refleja la estructura conceptual del tema estudiado y facilita cómo interpretar sus argumentos.

La red semántica presentada sintetiza seis dimensiones principales identificadas en las entrevistas, articuladas en torno a un nodo central: “Defensa antidrón en el Ejército de Tierra”. Cada rama agrupa los significados emergentes más relevantes que explican el estado actual, las necesidades y las perspectivas de mejora del sistema C-VANT.

El núcleo de la red representa el tema central de estudio, en torno al cual se estructuran todas las categorías: la necesidad de construir un sistema integral de defensa frente a drones dentro del Ejército de Tierra español. Este concepto abarca dimensiones doctrinales, técnicas, formativas y estratégicas.

- **Amenaza de los drones**

Esta categoría recoge la percepción compartida de que los drones constituyen una amenaza generalizada, multinivel y multidimensional. Los informantes destacan su uso masivo en conflictos recientes y la necesidad de adaptación rápida de las fuerzas terrestres. La “detección temprana” se considera la condición esencial para la supervivencia y la eficacia táctica. Este nodo refleja la conciencia situacional del combatiente moderno, coincidiendo con estudios del *Joint Air Power Competence Centre* (2021), que describe la proliferación de VANT's como el principal factor disruptivo del campo de batalla actual.

- **Estructura organizativa C-VANT**

El segundo nodo señala que la defensa antidrón debe organizarse en capas complementarias, distribuidas entre diferentes niveles tácticos. Los entrevistados insisten en la importancia de que cada unidad o combatiente disponga de formación específica y recursos adaptados a su nivel de responsabilidad. Este enfoque descentralizado coincide con la doctrina del Grupo Táctico Mecanizado del Ministerio de Defensa (2022), que aboga por la integración de capacidades de detección, inhibición y neutralización.

- **Carencias actuales**

Este nodo agrupa las principales limitaciones estructurales identificadas en las entrevistas:

- Escasez de medios técnicos reales.



- Procesos lentos de adquisición, que impiden responder a tiempo a la evolución de la amenaza.

- Dependencia tecnológica de proveedores externos.

Estas carencias no solo afectan la operatividad en el ámbito de PU, sino que ralentizan la actualización doctrinal y reducen la capacidad de innovar a nivel interno. Los testimonios coinciden con los informes del Ministerio de Defensa (2025) sobre la brecha tecnológica en capacidades contra drones.

- **Medidas eficaces**

Aquí se concentran los recursos tácticos y tecnológicos considerados más útiles:

- Escopetas especializadas.
- Inhibidores de señal.
- Detectores de radiofrecuencia y alertas visuales.

Los informantes destacan que es la combinación de medidas pasivas y activas la estrategia más realista, alineada con los planteamientos de Zmysłowski et al. (2023) y Wang et al. (2024). Se destaca el valor de las soluciones simples y accesibles, frente a los sistemas excesivamente sofisticados o costosos.

- **Doctrina y adiestramiento**

Esta categoría refleja la necesidad de una doctrina unificada que sirva como referencia operativa para todas las unidades del Ejército de Tierra. Actualmente, los procedimientos son dispares y dependen de la iniciativa de los mandos fundamentada en su conocimiento individual. Los entrevistados coinciden en que es fundamental una formación estructurada y continua en defensa antidrón, incorporada a los programas de instrucción. Esta dimensión resalta el componente educativo y organizacional del cambio, coherente con el concepto de *transformación doctrinal adaptativa* del MADOC (Ministerio de Defensa, 2025).

- **Recomendaciones**

El nodo final sintetiza las propuestas de mejora formuladas por los participantes:

- Acelerar los procesos de compra para afrontar los cambios del entorno operativo.
- Fomentar la cooperación civil-militar, aprovechando la innovación tecnológica del sector privado.
- Invertir en investigación nacional, impulsando soluciones propias y sostenibles que no dependan de agentes externos.

Estas recomendaciones se alinean con los objetivos de autonomía estratégica establecidos en la *Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa 2023-2030* (Ministerio de Defensa, 2023).

- **Interpretación general de la red semántica**

La red semántica revela una coherencia interna sólida: las seis categorías se interrelacionan de manera sistémica en torno al concepto de “defensa en capas”. El discurso del personal entrevistado muestra una visión madura y crítica, que reconoce las



limitaciones actuales pero plantea soluciones basadas en la formación, la descentralización y la integración tecnológica progresiva. En resumen, la red refleja que la defensa antidrón en el Ejército de Tierra no es solo un problema de medios, sino un desafío que implica un cambio en la doctrina y en la organización. Su mejora requerirá tanto innovación material como transformación de mentalidad, orientada a la adaptación, la cooperación y el aprendizaje continuo en todos los niveles.

- **Interpretación del diagrama de Sankey:**

El diagrama de Sankey que hemos elaborado a partir de las entrevistas realizadas y con ayuda del programa de análisis cualitativo Atlas.ti revela una distribución equilibrada pero diferenciada del conocimiento empírico entre los informantes:

- Los Informantes 1 y 5 aportan el mayor peso en las carencias y eficacia técnica, vinculadas a la práctica operativa.
- Los Informantes 2 y 4 se concentran en los aspectos formativos y organizativos, reflejando una mirada más doctrinal.
- El Informante 3 destaca por su visión estratégico-táctica, centrada en la amenaza y las recomendaciones de mejora.

Esta estructura visual refuerza la triangulación de perspectivas (técnica, doctrinal y operativa) que fundamenta la validez del trabajo (Flick, 2014; Strauss & Corbin, 1998). El equilibrio de flujos demuestra que, aunque los discursos se diferencian por área de experiencia, convergen en un marco común de comprensión del problema C-VANT: la necesidad de una doctrina en capas, dotación de medios realistas y formación transversal.

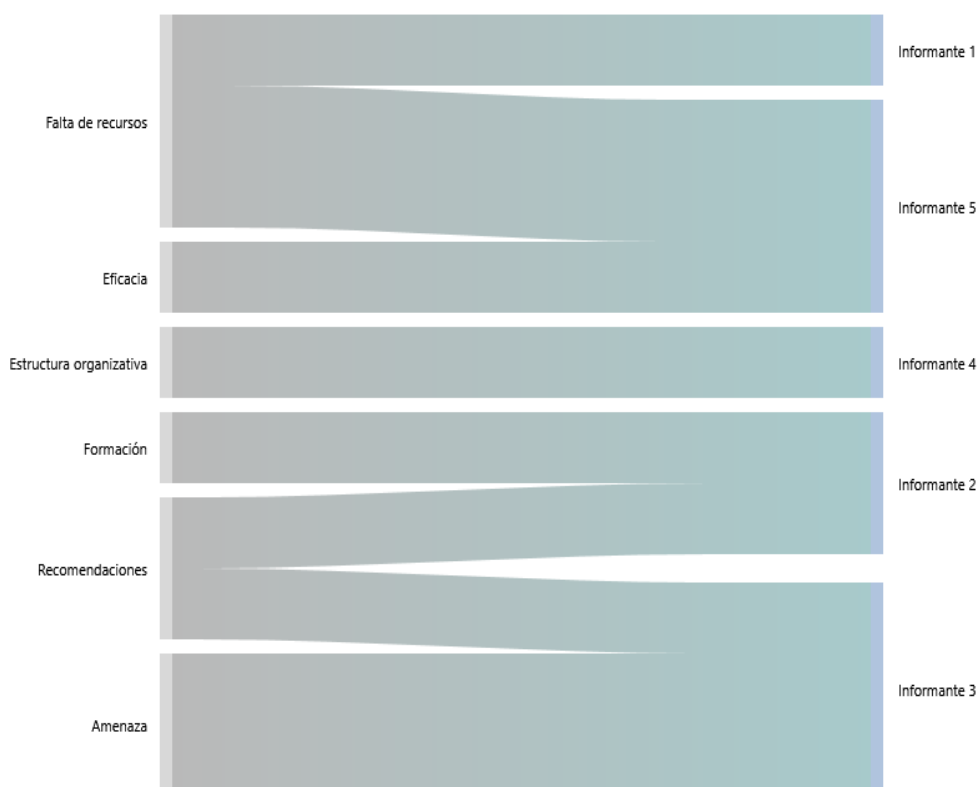




Figura 5. Diagrama Sankey diseñado a partir de las entrevistas. Fuente: elaboración propia

El gráfico Sankey confirma la coherencia interna del análisis cualitativo y visualiza cómo las categorías clave emergen de manera articulada a través de distintas voces expertas.

Las relaciones entre códigos y participantes evidencian una visión complementaria del fenómeno, donde cada informante aporta una perspectiva necesaria para construir un modelo integral de defensa antidrón.

4.2.3. Análisis de evidencias empíricas

El objetivo de este análisis fue detectar qué percepción tiene el personal entrevistado acerca de la defensa C-VANT, que ideas comparten y cómo mejorar en el ámbito, con el fin de triangular y contrastar los hallazgos empíricos con la doctrina vigente y las hipótesis planteadas en el estudio.

El proceso de codificación se desarrolló mediante la técnica de análisis temático inductivo, siguiendo los principios de comparación constante propuestos por Strauss y Corbin (1998), y asistido por el software Atlas.ti. A partir de la lectura, fragmentación y categorización de las transcripciones, se construyeron seis categorías emergentes que sintetizan los principales ejes conceptuales del discurso de los informantes:

- o Amenaza de los drones.
- o Estructura organizativa C-VANT.
- o Carencias actuales.
- o Medidas eficaces.
- o Doctrina y adiestramiento.
- o Recomendaciones.

Cada categoría agrupa un conjunto de códigos y unidades de significado que representan una repetición de ideas o aquellas que son especialmente significativas dentro del discurso. Estas categorías se encuentran interrelacionadas, conformando un sistema conceptual coherente que refleja la visión operativa, técnica y doctrinal del personal entrevistado respecto a la defensa antidrón.

La Tabla 7 sintetiza las evidencias empíricas más representativas, presentando para cada categoría fragmentos literales del discurso de los informantes, acompañados de la identificación del entrevistado correspondiente (I1–I5).

Estas citas, han sido mínimamente editadas para preservar su claridad expresiva, constituyen la base interpretativa sobre la que se construye el análisis posterior, asegurando que el proceso de dicho análisis sea claro y confiable (Muñoz-Justicia & Sahagún, 2018; Flick, 2014).

Tabla 7. Evidencias empíricas extraídas de las entrevistas. Fuente: Elaboración propia

Categoría	Evidencias literales	Entrevistas
Amenaza de los drones	“Los drones se están usando en todos los niveles del combate, incluso creando ejércitos de drones” (Informante 1). “Ya no hace falta tener un gran presupuesto para tener un medio aéreo eficaz; con un dron comercial y algo de	I1–I3



	ingenio se pueden realizar acciones ofensivas o de reconocimiento” (Informante 2). “Han cambiado la manera de hacer la guerra porque cualquier entidad puede tener al alcance una capacidad de reconocimiento o ataque” (Informante 3).	
Estructura organizativa C-VANT	“La lucha contra drones debe tener distintas burbujas o capas; si el escalón superior falla, otras herramientas pueden suprimir la amenaza” (Informante 1). “Lo más práctico es tener equipos especializados dentro de cada grupo táctico, sin crear unidades aparte, sino combatientes que cumplan ese cometido” (Informante 2). “Cada combatiente debería tener instrucción básica para eliminar amenazas próximas; la defensa debe organizarse por capas” (Informante 3). “Cada jefe de escuadra debería disponer de medios para abatir amenazas inmediatas sin esperar órdenes superiores” (Informante 4).	I1–I4
Carencias actuales	“La principal limitación es que no existen detectores de radiofrecuencia oficiales ni escopetas adecuadas; todo está en fase de adquisición” (Informante 1). “No hay doctrina ni procedimiento claro para actuar; los procesos de creación de manuales son lentos” (Informante 2). “No hay nada en la cadena orgánica, solo prototipos en prueba; además, la normativa es muy restrictiva con material nuevo” (Informante 3). “Todo lo que hay ahora no es de dotación; más allá de medidas pasivas, el Ejército no tiene nada aprobado” (Informante 4). “A nivel técnico, no hay nada en servicio real; los procesos de compra son lentos y los sistemas no están integrados” (Informante 5).	I1–I5
Medidas eficaces	“Las medidas pasivas, como la ocultación o dispersión, son esenciales y siempre deben aplicarse” (Informante 1). “Los detectores de señales, los inhibidores portátiles y las escopetas son los medios que han probado mayor eficacia” (Informante 2). “Las escopetas demostraron capacidad real para abatir drones a 80 metros; es el medio óptimo por su facilidad de uso” (Informante 3). “Los prismáticos y la alerta visual permiten detectar la amenaza a tiempo; las escopetas son eficaces con munición regular” (Informante 4). “La combinación de medidas pasivas y activas es lo más eficaz; la detección temprana es clave” (Informante 5).	I1–I5
Doctrina y	“Hace falta formar al personal con una	I2–I4



adiestramiento	doctrina común para saber qué procedimientos seguir” (Informante 2). “Se necesita incorporar las medidas de protección a los manuales doctrinales basándose en experiencias reales” (Informante 3). “No hay una doctrina definida; el personal con cursos toma la iniciativa sin tener nada establecido” (Informante 4).	
Recomendaciones	“Hay que acelerar los procesos de compra; ahora se tarda más de tres años en adquirir cualquier equipo” (Informante 1). “Solo combinando capas de protección y creando una doctrina común se podrá establecer una defensa realista” (Informante 2). “Las compras deben acelerarse y los manuales actualizarse con base en experiencias operativas” (Informante 3). “No hay una solución mágica; se debe invertir en una doctrina realista y unificada” (Informante 4). “Es fundamental invertir en medios y agilizar los procesos administrativos que frenan la adquisición” (Informante 5).	I1–I5

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas semiestructuradas (I1–I5). Las citas han sido mínimamente editadas para mejorar la claridad, manteniendo su sentido original.

4.3. Discusión

Los informantes coinciden en que los drones han transformado la guerra moderna, generando un desafío en el ámbito operacional y táctico (Chulilla Cano, 2024; Rey Arroyo, 2024). Esto confirma que el dron actúa como impulsor organizacional, promoviendo la adaptación de tácticas, estructuras y procesos formativos (Ministerio de Defensa, 2016, 2022).

La defensa en capas se consolida como el principio organizativo central. Los informantes proponen distribuir capacidades de detección y neutralización en todos los niveles, en consonancia con la doctrina del Grupo Táctico Mecanizado (Ministerio de Defensa, 2022) y con los modelos recomendados por el Joint Air Power Competence Centre (2021).

Las limitaciones que más se repiten —falta de medios, lentitud en la adquisición, ausencia doctrinal— revelan un carencia en la transferencia del conocimiento operativo al nivel institucional. Estos hallazgos coinciden con estudios de Zmysłowski et al. (2023) y Besada et al. (2022), que destacan la necesidad de integrar sensores, software y efectores en una interfaz unificada (Ministerio de Defensa, 2025).

Las entrevistas confirman que las soluciones más efectivas no son necesariamente las más avanzadas, sino las más viables en campo. Los efectores cinéticos de pequeño calibre y las contramedidas portátiles ofrecen un equilibrio entre coste, eficacia y despliegue (Zhang & Yang, 2025; Zabunov & Mardirossian, 2024). El empleo conjunto de medidas pasivas y activas constituye una burbuja de protección contra drones efectiva, establecida en distintas capas (Fan et al., 2023; Wang et al., 2024).

La falta de doctrina C-VANT coherente se traduce en acciones aisladas y pérdida de eficiencia táctica. Los hallazgos se alinean con las recomendaciones de las Territorial Defense Forces of Ukraine (2023), que subrayan la importancia de una instrucción práctica, descentralizada y continua. Por tanto, la formación C-VANT debe integrarse como otro pilar



fundamental en la instrucción básica.

Las propuestas de mejora se concentran en tres líneas principales: agilizar adquisiciones, unificar doctrina y fomentar la colaboración civil-militar (Ministerio de Defensa, 2025; Fan et al., 2023).

El análisis demuestra que la defensa antidrón en el Ejército de Tierra se encuentra en una fase de transición doctrinal. El modelo de defensa en capas descentralizada, combinado con formación constante y adquisición ágil de medios, se configura como la vía más realista para afrontar la amenaza actual. La evidencia empírica y doctrinal converge en una idea clave: la defensa antidrón es un proceso de innovación continua, donde la simplicidad táctica, la cooperación y la autonomía son tan importantes como la sofisticación tecnológica.

5. CONCLUSIONES

5.1. Respuesta a los objetivos de investigación

El objetivo general de este trabajo fue analizar la situación actual de la defensa antidrón en el Ejército de Tierra español y proponer líneas de mejora para su desarrollo doctrinal, formativo y técnico. Los resultados obtenidos a través del análisis cualitativo de cinco entrevistas semiestructuradas, complementadas con la revisión doctrinal y científica, permiten dar respuesta de forma clara a los objetivos planteados.

En primer lugar, se confirma que la amenaza que representan los VANT's ha alcanzado un nivel de generalización sin precedentes, afectando a todos los niveles del combate. Los informantes coinciden en que el dron ha modificado la manera de entender la guerra. Esta apreciación empírica se corresponde con los análisis estratégicos recientes del Instituto Español de Estudios Estratégicos (Rey Arroyo, 2024) y con la doctrina aliada sobre la necesidad de adaptarse frente a entornos saturados de sensores (Joint Air Power Competence Centre, 2021).

En segundo lugar, el estudio demuestra que el modelo de defensa más adecuado es el de defensa en capas, donde la protección se articula en diferentes niveles y con medios que se complementan entre sí. Los entrevistados destacan la importancia de formar a cada combatiente para responder ante la amenaza inmediata, lo cual coincide con la doctrina de empleo de las pequeñas unidades recogida por el Ministerio de Defensa (2022). Esta visión sitúa la defensa antidrón como una competencia distribuida y no exclusivamente especializada, lo que refuerza la necesidad de integrar la formación C-VANT en la instrucción básica de combate.

En tercer lugar, los resultados evidencian carencias significativas en la dotación de medios y en la estructura doctrinal. Se identifican procesos de adquisición lentos, falta de equipamiento homologado y ausencia de procedimientos operativos comunes. Estas limitaciones estructurales, señaladas también en los documentos de planeamiento del MADOC (Ministerio de Defensa, 2025), revelan una falta de conexión entre la rapidez de la amenaza tecnológica y el ritmo administrativo-logístico de respuesta institucional.

Finalmente, el trabajo constata que las medidas más eficaces son las que combinan soluciones pasivas (ocultación, dispersión) y activas (inhibidores, escopetas, detectores de radiofrecuencia). Este hallazgo empírico coincide con los estudios internacionales sobre efectividad operativa de sistemas C-VANT ligeros (Kang et al., 2020; Zmysłowski et al., 2023; Zhang & Yang, 2025). La clave no reside únicamente en la sofisticación tecnológica, sino en la viabilidad táctica en una guerra de costes y cambiante y la capacidad de reacción de las unidades.



Con todo esto, puede afirmarse que el objetivo general se ha cumplido satisfactoriamente. El estudio ha permitido analizar los sistemas de defensa contra drones y evaluar su aplicación en el contexto del Ejército de Tierra, considerando tanto las capacidades tecnológicas disponibles como las limitaciones existentes en el ámbito operativo y doctrinal.

Asimismo, los objetivos específicos definidos al inicio de la investigación han sido alcanzados a lo largo del desarrollo del trabajo. En primer lugar, se ha analizado la evolución del empleo de los sistemas aéreos no tripulados en los conflictos recientes, lo que ha permitido comprender la magnitud de la amenaza que estos sistemas representan en el entorno operativo actual. En segundo lugar, se han identificado y descrito los principales sistemas de detección y neutralización de drones, incluyendo sensores, contramedidas electrónicas y sistemas de interceptación cinética. Finalmente, se han examinado las implicaciones que estos sistemas tienen para el Ejército de Tierra, destacando la importancia de desarrollar una doctrina específica, mejorar la integración de capacidades en distintos niveles operativos y acelerar los procesos de adquisición de medios.

5.2. Validación de la hipótesis

La hipótesis planteada en este trabajo sostenía que: “Los sistemas de defensa contra drones en el Ejército de Tierra español presentan un grado de efectividad limitado en escenarios operativos, lo que impulsa la necesidad de integrar tecnologías emergentes y establecer cambios en el ámbito doctrinal, considerados por los expertos militares como las medidas más prometedoras para garantizar la protección de las unidades terrestres”

A la luz de los resultados obtenidos, la hipótesis se valida plenamente. Las evidencias empíricas muestran que la eficacia de la defensa C-VANT no depende exclusivamente de disponer de tecnología avanzada, sino de su integración doctrinal, su adaptación al contexto táctico y la formación del personal. Los entrevistados subrayan la urgencia de crear procedimientos uniformes y de dotar a las unidades de herramientas modulares y realistas. De igual modo, la doctrina aliada (Joint Air Power Competence Centre, 2021) y las experiencias recientes en Ucrania (Dawson & Nadal, 2025) confirman que las fuerzas armadas más eficaces frente a la amenaza dron son aquellas que combinan descentralización, entrenamiento continuo y flexibilidad en la toma de decisiones.

La validación empírica refuerza la necesidad de un modelo de defensa antidrón integral y multinivel, donde la tecnología, la táctica y la formación se retroalimenten dentro de un sistema de aprendizaje organizacional.

5.3. Contribuciones del estudio

Este trabajo aporta tres contribuciones fundamentales al ámbito doctrinal y formativo del Ejército de Tierra español:

1. Definición empírica del modelo de defensa en capas. A partir de los testimonios recogidos y del análisis de fuentes técnicas, se ha consolidado un modelo de protección distribuido en capas, basado en la complementación entre niveles tácticos y en la combinación de medidas activas y pasivas.

2. Identificación de brechas institucionales. El estudio pone de manifiesto las principales limitaciones que dificultan la implantación efectiva del sistema C-VANT: lentitud de los procesos



logísticos, ausencia de normativa operativa actualizada y carencias en la integración doctrinal. Este diagnóstico constituye un punto de partida realista para la planificación de mejoras.

3. Propuesta de orientación para la doctrina y la instrucción. Se recomienda incorporar la defensa antidrón como módulo transversal en los planes de instrucción de infantería, desarrollar manuales específicos de empleo C-VANT y fomentar la cooperación con la industria nacional para la creación de soluciones modulares y adaptables de bajo coste. Estas recomendaciones están alineadas con la estrategia de modernización del Ejército de Tierra y con las directrices del MADOC (Ministerio de Defensa, 2025).

5.4. Conclusiones

En conclusión, la defensa antidrón en el Ejército de Tierra español se encuentra en una fase de consolidación doctrinal y tecnológica. El desafío no radica únicamente en adquirir sistemas C-VANT avanzados, sino en integrar de forma coherente la formación, la doctrina y la innovación aplicada dentro de una organización capaz de aprender y adaptarse. La experiencia internacional demuestra que la capacidad de adaptación es hoy el principal criterio de eficacia militar. Por tanto, el éxito de la defensa C-VANT española dependerá de su capacidad para convertir la innovación tecnológica en doctrina operativa, manteniendo la cohesión entre los niveles táctico, operativo y estratégico.

Este Trabajo de Fin de Grado contribuye a ese objetivo al ofrecer un diagnóstico empírico, un marco analítico y una orientación práctica que pueden servir de base para futuras líneas de investigación, desarrollo doctrinal y adiestramiento en materia de defensa antidrón.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATLAS.ti (Versión 25). Software de análisis de datos cualitativos. <https://atlasti.com>

Besada, J. A., Campaña, I., Carramiñana, D., Bergesio, L., & de Miguel, G. (2022). Review and simulation of counter-UAS sensors for unmanned traffic management. *Sensors*, 22(1), 189. <https://doi.org/10.3390/s22010189>

Çetin, E., Barrado, C., & Pastor, E. (2022). Countering a drone in a 3D space: Analyzing deep reinforcement learning methods. *Sensors*, 22(21), 8863. <https://doi.org/10.3390/s22228863>

Chamola, V., Kotes, P., Agarwal, A., Naren, Gupta, N., & Guizani, M. (2021). A comprehensive review of unmanned aerial vehicle attacks and neutralization techniques. *Ad Hoc Networks*, 111, 102324. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2020.102324>

Chulilla Cano, J. L. (2024). Una acotación de la amenaza presente y futura de los drones comerciales letalizados. *Cuadernos de Inteligencia*, 2, 219–247. Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (CESEDEN).

Dawson, A., & Nadal, A. (2025). Concept to combat: The Royal Air Force, small drones and the war in Ukraine. *European Review of International Studies*, 11(3), 321–357. <https://doi.org/10.1163/21967415-11030002>

Escobar-Fuentes, S., & Montalbán-Peregrín, M. F. (Coords.). (2024). *La práctica de la metodología cualitativa*. Dykinson.

Fan, T., Meng, X., & Zhang, C. (2023). Development status of anti-UAV swarm and analysis of new defense system. *Journal of Physics: Conference Series*, 2478(9), 092011. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2478/9/092011>

Flick, U. (2014). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata.

Gibbs, G. (2007). *El análisis de datos cualitativos en investigación cualitativa*. Morata.

Joint Air Power Competence Centre. (2021). *A comprehensive approach to countering unmanned aircraft systems (C-UAS)*. <https://www.japcc.org>

Kang, H., Joung, J., Kim, J., Kang, J., & Cho, Y. S. (2020). Protect your sky: A survey of counter-unmanned aerial vehicle systems. *IEEE Access*, 8, 168671–168694. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3023473>

Ministerio de Defensa. (2016). *Empleo táctico de la unidad de RPAS*. Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina.

Ministerio de Defensa. (2022). *Empleo de las PU de Infantería: Batallón de Infantería mecanizado. Grupo Táctico mecanizado*. Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina.

Ministerio de Defensa. (2025). *Empleo UAS en la limpieza de un núcleo rural aislado*. Ejército de Tierra. Mando de Adiestramiento y Doctrina.

Muñoz-Justicia, J., & Sahagún, M. A. (2018). *El análisis cualitativo con Atlas.ti*. Universitat Oberta de Catalunya (UOC).



Nallamalli, R., Singh, K., & Kumar, I. D. (2023). Technological perspectives of countering UAV swarms. *Defence Science Journal*, 73(4), 420–428. <https://doi.org/10.14429/dsj.73.18695>

OTAN (2011). NATO Standardization Agreement (STANAG) 4670. Unmanned Aircraft Systems Airworthiness Requirements. NATO Standardization Office.

Rey Arroyo, L. F. (2024). *La influencia de los sistemas no tripulados en el contexto geopolítico global* (Documento de Opinión 87/2024). Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE). https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2024/DIEEEO87_2024_LUIREY_Sistemas.pdf

Ruiz-Olabuénaga, J. I. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa*. Deusto.

Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. Sage Publications.

Tan, C. S., Van Bossuyt, D. L., & Hale, B. (2021). System analysis of counter-unmanned aerial systems kill chain in an operational environment. *Systems*, 9(4), 79. <https://doi.org/10.3390/systems9040079>

Territorial Defense Forces of Ukraine. (2023). *How to protect yourself from enemy drones: Infantry advice*.

Tójar-Hurtado, J. C. (2006). *Investigación cualitativa: Comprender y actuar*. La Muralla.

Wang, B., Li, Q., Mao, Q., Wang, J., Chen, C. L. P., Shangguan, A., & Zhang, H. (2024). A survey on vision-based anti-unmanned aerial vehicles methods. *Drones*, 8(9), 518. <https://doi.org/10.3390/drones8090518>

Yan, X., Fu, T., Lin, H., Xuan, F., Huang, Y., Cao, Y., Hu, H., & Liu, P. (2023). UAV detection and tracking in urban environments using passive sensors: A survey. *Applied Sciences*, 13(20), 11320. <https://doi.org/10.3390/app132011320>

Zabunov, S., & Mardirossian, G. (2024). Four innovative drone interceptors. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 77(2), 238–245. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2024.02.09>

Zhang, H.-L., & Yang, G.-L. (2025). Analysis and study on the ballistic design of small-caliber grenade anti-UAV. *Vibroengineering Procedia*, 58, 369–374. <https://doi.org/10.21595/vp.2025.24787>

Zhang, T., Lu, R., Yang, X., Xie, X., Fan, J., & Tang, B. (2024). UAV Hunter: A net-capturing UAV system with improved detection and tracking methods for anti-UAV defense. *Drones*, 8(10), 573. <https://doi.org/10.3390/drones8100573>

Zmysłowski, D., Skokowski, P., & Kelner, J. M. (2023). Antidrone sensors, effectors, and systems – A concise overview. *TransNav. The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 17(2), 455–461. <https://doi.org/10.12716/1001.17.02.23>



ANEXOS

Anexo I Entrevistas realizadas

Informante 1

1. ¿Cómo valora la amenaza que suponen actualmente los drones en los conflictos?

Es todo, en los últimos conflictos representan casi el 70 por ciento de las bajas en combate, cualquier cosa que surja a día de hoy dentro de un conflicto ya sea táctica ya sea preparación o incluso logística tiene que considerar el empleo de los drones. Todo lo que descarte su uso no es realista, se están usando a nivel individual como a nivel Cuerpo de Ejército (incluso creando ejércitos de drones en Ucrania).

Es la amenaza y el reto principal que tiene todo ejército a día de hoy.

2. ¿Qué estructura organizativa cree que es más adecuada para integrar medios C-VANT dentro de un grupo táctico de infantería?

La lucha contra drones al fin y al cabo tiene que estar compuesta de distintas burbujas y distintas capas, es decir, distintos niveles de lucha contra dron que permitan que si el escalón superior falla, queda todavía una amplia gama de herramientas para suprimir la amenaza.

A día de hoy, a nivel grupo táctico y niveles inferiores se usan captadores de frecuencias e imágenes, el uso de escopetas y el empleo de medidas pasivas (ocultación, dispersión de la unidad, uso de técnicas de decepción...).

A nivel organizativo, se deberían integrar dichos medios como empleos tácticos dentro de cada escuadra siendo que en las pequeñas unidades no debería haber una entidad específica de lucha contra drones. De esta manera, se logra una independencia para contrarrestar la amenaza dron sin requerir a un apoyo externo de niveles superiores.

3. ¿Cuáles cree que son las principales limitaciones o carencias de los sistemas de defensa antidrón actualmente disponibles en el Ejército de Tierra?

La principal limitación es que no existen. No existen detectores de radiofrecuencia oficiales, se están comprando pero no llegan por cadena logística, tampoco tenemos las escopetas que se están viendo como principal herramienta contra la amenaza inmediata.

Estamos heredando algunos medios cuyo uso era otro ajeno a la protección contra dron y se están adquiriendo a corto plazo, no tenemos nada a pequeño nivel y lo único que se está desarrollando son los medios para niveles superiores

4. En su experiencia, ¿qué sistemas ha visto o probado que sean más eficaces y realistas para usar en unidades de infantería?

Como te digo, primero esa protección que vienen de las medidas pasivas como la ocultación, dispersión, protección, etc. y de medidas activas a nivel pequeña unidad de infantería, detectores de radiofrecuencia y empleo de escopetas con munición inteligente.

5. ¿Qué recomendaciones considera prioritarias para mejorar la defensa antidrón en el Ejército de Tierra Español?



Hacernos eco de lo que está ocurriendo y acelerar los procesos para llegar al corto plazo a los requerimientos básicos de las unidades del Ejército de Tierra.

Esto implica principalmente acortar los procesos de compra, que se alargan por la lentitud de los procesos legales, desde el inicio cuando se acepta una licitación hasta ver quien la consigue e incluso en los procesos de creación.

Todo el mundo sabe dónde está el problema, ahora solo queda que la industria civil y la militar sean capaces de ir acorde a un objetivo común, invertir dinero, investigar en el mercado español a poder ser y luego agilizar los procesos para no tardar un mínimo de 3 años para cualquier adquisición.

Informante 2

1. ¿Cómo valora la amenaza que suponen actualmente los drones en los conflictos?

La amenaza es muy seria, los drones se usan cada vez más y están cambiando la forma de pelear. Ya no hace falta tener un gran presupuesto para tener un medio aéreo eficaz sino que con un dron comercial y algo de ingenio se pueden realizar cometidos de reconocimiento y acciones ofensivas sin poner en riesgo al piloto. Son baratos, fáciles de usar y difíciles de detectar.

En Ucrania se está viendo que incluso pequeñas unidades los usan para atacar o vigilar, y eso obliga a adaptarse rápido, cosa que España no hace al ritmo que debería.

2. ¿Qué estructura organizativa cree que es más adecuada para integrar medios C-VANT dentro de un grupo táctico de infantería?

Personalmente creo que lo más práctico es tener equipos especializados dentro de cada Grupo Táctico de Infantería con el cometido específico de cubrir esa burbuja de protección de pequeño nivel. Es verdad que a ese nivel no tiene sentido crear un pelotón o sección especializado, sino generar dentro de cada escuadra combatientes individuales o binomios que cumplan dicho cometido para que el resto de la unidad ejerza sus funciones específicas.

Además así se tiene un control más claro de los medios y la manera de reaccionar.

3. ¿Cuáles cree que son las principales limitaciones o carencias de los sistemas de defensa antidrón actualmente disponibles en el Ejército de Tierra?

Lo primero es que la detección temprana de los drones implica medios que ahora mismo el Ejército de Tierra no tiene. Los drones mini y micro vuelan en cota muy baja, prácticamente pegado al suelo, lo que sumado a la vegetación o los edificios o el terreno hace que los detectores que se están probando, incluso no funcionen.

Además, dentro de las pruebas que se han hecho con los medios antidrón, hemos visto que tampoco se ha conseguido unificar una interfaz donde se realice el proceso de abatir un dron de manera completa.

Y ya para terminar, no hay una doctrina ni un procedimiento claro para saber cómo actuar. Los procesos de generación de manuales son muy lentos, y si encima no se realiza una experimentación constante, no se llegan a redactar de manera fundamentada.

4. En su experiencia, ¿qué sistemas ha visto o probado que sean más eficaces y realistas para usar en unidades de infantería?

Dentro de las pocas pruebas que se han realizado, los detectores de señales, los inhibidores portátiles, las escopetas y las medidas pasivas son las que han probado la mayor eficacia.

Aunque los inhibidores no son muy efectivos en ciertas condiciones de tiempo, en el resto



de los escenarios si se ha visto que tengan capacidad real de proteger a las pequeñas unidades. Incluyen los inhibidores portátiles y los fusiles adaptados para la guerra electrónica.

También como medios que no son portátiles se han probado sistemas láser, pero ni son baratos ni se ha visto una eficacia real porque solo funcionan de manera óptima bajo condiciones climáticas perfectas.

Pero lo que se ha probado a nivel Compañía/Grupo Táctico es que solo combinando capas de protección es como se reduce de verdad la amenaza dron.

5. ¿Qué recomendaciones considera prioritarias para mejorar la defensa antidrón en el Ejército de Tierra Español?

Pues además de adquirir los equipos, porque ahora mismo las cadenas logísticas no dan nada a las unidades, se debe formar al personal en base a una doctrina común para saber que procedimientos seguir.

Y también veo fundamental el emplear los medios que son prototipos en ejercicios de instrucción reales para probar su efectividad, porque normalmente vienen medios que son muy bonitos en la teoría y somos nosotros los que elevamos informes indicando sus fallos cuando se prueban en el campo.

Sólo con la adquisición de medios estudiados y la creación de doctrina basada en la defensa establecida en capas se puede establecer una protección contra drones realista.

Informante 3

1. ¿Cómo valora la amenaza que suponen actualmente los drones en los conflictos?

Ahora mismo no hay ningún nivel dentro de los conflictos donde no haya amenaza dron, pero no son amenazas que no puedan reducirse. Han cambiado la manera de hacer la guerra porque cualquier entidad puede tener al alcance una capacidad de reconocimiento o de realizar acciones ofensivas sobre posiciones u objetivos en profundidad de cualquier tipo.

Además tienen muchas limitaciones cuando hablamos del nivel de Grupo Táctico o de pequeña unidad como la poca autonomía, son débiles contra las condiciones climáticas adversas. La guerra no está ganada con los drones, aunque en los videos de Ucrania parece que si.

Pero ahora mismo la amenaza más seria es su uso en masa mediante enjambres que superar las defensas en capas o cuando combinan con artillería u otros fuegos indirectos.

2. ¿Qué estructura organizativa cree que es más adecuada para integrar medios C-VANT dentro de un grupo táctico de infantería?

Pues yo creo que no tiene sentido generar unidades especializadas en los niveles más bajos de la orgánica, sino que cada combatiente debería de ser responsable de su área. No me refiero a que cada combatiente sea un experto, sino que tengan una instrucción básica para ser capaces de eliminar amenazas próximas.

Las unidades deberían incluir herramientas para poder aportar a una defensa en capas, donde un combatiente tiene inhibidores portátiles, escopetas, munición inteligente, etc.; su escalón superior tiene medios de más largo alcance y así hasta subir a Gran Unidad. Pero no hablar nunca de unidades especializadas que se centralizan fuera de donde ocurren los combates.

3. ¿Cuáles cree que son las principales limitaciones o carencias de los sistemas de

**defensa antidrón actualmente disponibles en el Ejército de Tierra?**

Ahora lo primero que no hay nada en la cadena orgánica, son todos prototipos que se están probando y que no hay ninguna garantía de que vayan a estar en las unidades en el corto plazo.

Además no hay un software que integre ese proceso de detección, toma de decisión y eliminación de la amenaza en un mismo sistema. Entonces, sumado a que no hay tampoco procedimientos definidos todo este proceso es muy lento y dudo mucho que sea viable eliminar una amenaza.

Y ya lo último, la experimentación está muy limitada no solo porque los medios llegan cada mucho tiempo sino que la normativa es muy restrictiva con material nuevo

4. En su experiencia, ¿qué sistemas ha visto o probado que sean más eficaces y realistas para usar en unidades de infantería?

La última vez que salimos a probar material, lo que vimos que tenía una capacidad real de eliminación de drones son las escopetas que están pendientes de adquirir por el ejército. Con cartuchería reglamentaria vimos que era posible abatir amenazas inmediatas incluso a 80 metros dentro de escenarios boscosos y urbanos incluso. El empleo de escopetas desde mi punto de vista es el medio óptimo para incorporar a las pequeñas unidades debido a la facilidad de transporte y uso. Además no necesita mucho tiempo de instrucción, en una mañana ya éramos capaces de abatir drones con relativa facilidad.

También observamos que los inhibidores portátiles podrían tener buen uso, pero debido a que la banda de frecuencia que usan los drones es muy amplia, no pudimos llegar a ninguna conclusión.

Lo que sí es efectivo en la instrucción es la combinación de los medios en lo que conocemos una defensa en capas, hicimos ejercicios donde nos dedicábamos a ocultar las posiciones donde nos encontrábamos para minimizar la amenaza y ya cuando nos localizaban aplicábamos lo que habíamos aprendido la semana. Al final son el conjunto de medidas pasivas y activas lo que nos permite reducir la amenaza de manera realista.

5. ¿Qué recomendaciones considera prioritarias para mejorar la defensa antidrón en el Ejército de Tierra Español?

Hay que acelerar las compras, no puede ser que hayamos tardado más de 2 años en traer medios de protección contra dron, cuando se ha estado viendo que la guerra los ha incorporado a todos los niveles desde 2015. Además que a pesar de los informes positivos que hemos mandado, tengo la certeza de que no llegarán a las unidades hasta dentro de mucho.

Luego como son medios relativamente nuevos, hace falta incorporar las medidas de protección a los manuales que tenemos de doctrina, a poder ser, intentando basarnos en los procedimientos ucranianos o israelíes que son donde los drones están teniendo el protagonismo.

Informante 4**1. ¿Cómo valora la amenaza que suponen actualmente los drones en los conflictos?**

Son medios que amenazan a todos los niveles, tanto pequeña como gran unidad tienen que tener en cuenta que los drones son una amenaza potencial, no solo a unidades de combate sino que pueden afectar a cadenas logísticas, zonas de reclutamiento o incluso influenciar sobre la población.

Pero se tiende a exagerar debido a la propaganda que lleva utilizando Ucrania para ganar



en la guerra de la información. No son invencibles, de hecho las vulnerabilidades que tienen los drones en combate han dejado ver que no son la manera de ganar la guerra si se usan de manera aislada.

De hecho lo que se ve es que lo que causa bajas en combate es la falta de preparación para enfrentarse a ellos.

2. ¿Qué estructura organizativa cree que es más adecuada para integrar medios C-VANT dentro de un grupo táctico de infantería?

Una unidad contra dron en cada Grupo Táctico pierde el sentido, porque centralizar la decisión en un solo mando de pequeña unidad quita un tiempo que cuando la amenaza es inminente no tiene razón perder.

Cada jefe de escuadra debería tener en su poder medios capaces de eliminar amenazas inmediatas, para que no se necesite preguntar al jefe que hacer o qué decisión tomar, los combatientes que tengan las herramientas saben su cometido y actuarán por iniciativa propia.

De hecho yo pienso que se invierte mejor a nivel pequeña unidad impartiendo instrucción individual a aquellos que se especializan en detectar y abatir drones que comprando nuevos medios.

3. ¿Cuáles cree que son las principales limitaciones o carencias de los sistemas de defensa antidrón actualmente disponibles en el Ejército de Tierra?

La principal es que todo lo que hay ahora mismo no es ni de dotación, es decir, más allá de medidas pasivas el ejército no tiene nada aprobado y dado a las unidades. Es verdad que se están haciendo pruebas de distintos medios pero quedan todavía mucho camino para verlos en las unidades.

Además hay un exceso de dependencia tecnológica, parece que si un sistema no cuesta 3000 euros y tiene capacidad integral de detectar, decidir y abatir un dron, no es aceptable. Cuando es todo lo contrario, si estamos hablando de Grupo Táctico, la burbuja de protección se consigue con medios pequeños y modulables.

Y luego como no hay una doctrina definida, no se sabe muy bien cómo establecer esa defensa en capas que te reduce la amenaza dron sino que el personal con cursos tomamos la iniciativa pero sin tener cosas establecidas.

4. En su experiencia, ¿qué sistemas ha visto o probado que sean más eficaces y realistas para usar en unidades de infantería?

Aunque no lo parezca los medios como son los prismáticos, el enlace mediante radio, etc son los medios más eficaces porque la alerta temprana permite localizar las amenazas con el tiempo suficiente para abatir amenazas.

Y de medidas activas estuvimos probando unas escopetas que en un principio iban a tener otro cometido, pero vimos que para amenazas de drones micro y mini tienen una eficacia real con munición regular.

También los inhibidores portátiles pudimos ver que tenían capacidad de desactivar drones pero solo con ciertas bandas de frecuencia, que además si ya hablamos de drones con fibra óptica es totalmente inviable.

Y algo que no sabíamos pero vimos la efectividad real son las medidas pasivas. El enmascaramiento, la ocultación de nuestra huella o la dispersión de la unidad es lo que más aportaba a esa defensa contra dron. No hay un medio que te quite los problemas de los drones,



es el conjunto de todo lo que reduce la amenaza.

5. ¿Qué recomendaciones considera prioritarias para mejorar la defensa antidrón en el Ejército de Tierra Español?

Concienciarse de que no hay una solución mágica, es el cúmulo de generar una doctrina realista y unificada para formar a los combatientes, adquirir medios que se hayan probado, que se adquieran cuanto antes e invertir dinero donde haga falta para que las unidades tengan capacidad real de respuesta.

Informante 5

1. ¿Cómo valora la amenaza que suponen actualmente los drones en los conflictos?

Estamos viendo desde Ucrania que la amenaza de los drones es enorme y cada año va a más. No son sólo un recurso, está convirtiéndose en la parte central del campo de batalla moderno.

De ser un complemento han pasado a ser un peligro constante a todos los niveles. Son baratos, fáciles de reemplazar, capaces de batir objetivos muchos más valiosos, y se han integrado en las operaciones militares de todo tipo.

2. ¿Qué estructura organizativa cree que es más adecuada para integrar medios C-VANT dentro de un grupo táctico de infantería?

Para un Grupo Táctico sería interesante generar alguna entidad específica para ayudar a establecer esa defensa en capas, como por ejemplo un pelotón que tenga capacidad de utilizar medios más estáticos y fijos.

Pero bajando de nivel, es necesario que cada pequeña unidad se encargue de aportar a esa burbuja de protección con sus propios medios. A nivel orgánica lo que veo óptimo es que cada combatiente realice esas medidas pasivas para reducir la amenaza dron y añadir combatientes con inhibidores portátiles, medios como escopetas, detectores o sensores.

E incluso si no tienen medios específicos, que cada combatiente tenga una pequeña capacidad de defensa contra dron aunque sea con su propio armamento individual.

3. ¿Cuáles cree que son las principales limitaciones o carencias de los sistemas de defensa antidrón actualmente disponibles en el Ejército de Tierra?

A nivel técnico, no hay nada en servicio como tal. Todo lo que hay en las unidades son medios que se están probando y que a día de hoy no se plantean adquirir en el corto plazo porque los procesos son los que son.

Y luego, los sistemas que se están probando no implican una integración conjunta, sino que cada sistema realiza una parte del proceso de batir amenazas, sin ponerse en común. Entonces para cuando se haya decidido adquirir los elementos, va a haber que utilizarlos de manera separada.

4. En su experiencia, ¿qué sistemas ha visto o probado que sean más eficaces y realistas para usar en unidades de infantería?

Los más eficaces son la combinación de medidas pasivas y activas, es decir, el empleo de escopetas que hemos probado en la X Bandera tiene una eficacia real, pero no es una solución única lo que elimina el problema de los drones.

En algunos ejercicios, la ocultación y dispersión ha provocado que nunca se llegue a tener



una amenaza inmediata, por no haber sido localizado por las cámaras de los drones.

Y dentro de las medidas activas, lo más efectivo en combate para pequeña unidad son los sensores de frecuencia (que no permiten detectar los drones que utilizan cables de fibra óptica) debido a su pequeño tamaño y debido también que una de las mejores medidas para disminuir la amenaza dron es su detección temprana. Con su detección, ya sea con el armamento individual o de otro tipo, una amenaza como los mini o micro se puede abatir.

5. ¿Qué recomendaciones considera prioritarias para mejorar la defensa antidrón en el Ejército de Tierra Español?

Invertir en los medios es la base, actualmente no hay herramientas en las pequeñas unidades ni se planea adquirirlas en el corto plazo, ya sea por falta de inversión o por la lentitud de los procesos de adquisición

Luego intentar como te he dicho acelerar los procesos de compra, hemos elevado una cantidad enorme de informes positivos después de probar los medios; pero llega la hora de realizar las licitaciones y todo se para con la burocracia y los procesos administrativos.