



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estudio sobre la viabilidad de crear una versión AAA del vehículo 8x8 Dragón para combatir las diferentes amenazas aéreas y UAS.

Álvaro González Arroyo

Director académico: Tcol. D. Félix Ayllón Andrés

Director militar: Cap. José Peláez López

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

202



Agradecimientos

En primer lugar, agradecer al teniente coronel D. Félix Ayllón Andrés por su ayuda durante la realización de este TFG.

Por otra parte, agradecer al personal de la Batería Mistral del Grupo de Artillería de Campaña II de la Legión por su apoyo y colaboración en diferentes procesos del proyecto, además de por transmitirme los valores de esta unidad. A recalcar, agradecer al capitán D. José Peláez López y al teniente D. Jesús Izquierdo por orientarme en la realización del trabajo y mostrarme la labor de un oficial en el día a día de la unidad.

Para finalizar, agradecer a familia, amigos y compañeros de promoción que han sido mi principal apoyo durante estos 5 años, y sin los cuales nada de esto habría sido posible.





RESUMEN

El trabajo analiza la viabilidad de desarrollar una versión AAA del VCR 8x8 “Dragón” para reforzar la defensa antiaérea de brigada frente a amenazas convencionales y modernas.

Debido al exponencial crecimiento en el uso de sistemas aéreos no tripulados en los conflictos actuales, es necesario dotar a las unidades de defensa antiaérea de las brigadas con unos sistemas de armas de artillería antiaérea compuestos por plataforma dual misil y cañón o lanzagranadas para ser capaz de hacer frente a todo tipo de amenazas. Para ello, se compara el sistema M-SHORAD del ejército estadounidense con una plataforma multipropósito sobre Dragón 8x8 basada en la torreta Escribano Guardian 2.0, misiles Mistral y radar RADA exMHR como posible solución. Se han analizado las limitaciones de los tres sistemas, las ventajas de las posibles soluciones y la viabilidad de la implementación de estos en el Ejército de Tierra.

Para el análisis y comparación de los medios se ha seguido una metodología. En dicha metodología se ha realizado un *Brainstorming* con expertos de la Batería Mistral del GACA II de La Legión, en el que se determinaron las limitaciones del sistema Mistral y los principales requisitos a cubrir por el nuevo sistema de DAA. Mediante un *Focus Group* se han determinado las principales ventajas e inconvenientes de los sistemas propuestos. Seguidamente, se llevó a cabo un análisis multicriterio jerarquizado para comparar los sistemas de DAA, en el que se obtuvo como resultado que el sistema propuesto es superior a las otras dos alternativas en términos de movilidad, protección y capacidad frente a las amenazas modernas. Además, se empleó un gráfico de tipo Radar Chart en el que se muestra visualmente la comparativa de medios basada en los atributos comparados. Por último, se llevó a cabo un análisis de las principales debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del sistema multipropósito.

PALABRAS CLAVE

8X8 DRAGÓN

DEFENSA ANTIAÉREA

SISTEMA MULTIPROPÓSITO

UAS

SHORAD



ABSTRACT

The study analyzes the feasibility of developing an anti-aircraft artillery (AAA) version of the VCR 8x8 “Dragón” to strengthen brigade-level air defense against both conventional and modern threats.

Due to the exponential growth in the use of unmanned aerial systems (UAS) in current conflicts, it is necessary to equip the air defense units of the brigades with dual-platform weapon systems combining missiles with guns or grenade launchers, capable of countering all types of threats. To this end, the U.S. Army’s M-SHORAD system is compared with a multipurpose platform based on the Dragón 8x8, incorporating the Escribano Guardian 2.0 turret, Mistral missiles, and the RADA exMHR radar as a possible solution. The limitations of the three systems, the advantages of each proposed alternative, and the feasibility of their implementation in the Spanish Army have been analyzed.

A structured methodology was followed for the analysis and comparison of the systems. A brainstorming session was conducted with experts from the Mistral Battery of GACA II of the Legion, in which the limitations of the Mistral system and the main requirements for the new air-defense system were identified. Through a focus group, the main advantages and drawbacks of the proposed systems were determined. Subsequently, a hierarchical multicriteria analysis (AHP) was carried out to compare the air-defense systems, obtaining as a result that the proposed system outperforms the other two alternatives in terms of mobility, protection, and capability against modern threats. Additionally, a Radar Chart was used to provide a visual comparison of the systems based on the evaluated attributes. Finally, an analysis of the main weaknesses, threats, strengths, and opportunities (SWOT) of the multipurpose system was performed.

KEYWORDS

8X8 DRAGÓN

AIR DEFENSE

MULTIPURPOSE SYSTEM

UAS

SHORAD



INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN.....	III
ABSTRACT	IV
INDICE DE CONTENIDO	V
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS	IX
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	XI
DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
Contexto y justificación.....	1
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	2
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE.....	2
METODOLOGÍA.....	2
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....	3
3.1 La Batería Mistral	3
3.1.1 Empleo táctico de la Batería Mistral	3
3.1.2 El puesto de tiro Mistral	3
3.2 Amenazas aéreas actuales.....	4
3.2.1 Amenazas aéreas no tripuladas (UAS y munición merodeadora)	5
3.2.1.1 UAS.....	5
3.2.1.2 Municiones merodeadoras (LM).....	7
3.2.2 Amenazas aéreas tripuladas	8
3.3 El sistema M-SHORAD Stryker	9
3.3.1 Descripción general del sistema.....	9
3.3.2 Limitaciones	10
3.3.3 Otros sistemas similares	10
3.4 Plataforma multipropósito	11
3.4.1 Torre	12
3.4.2 Radares	12
3.4.3 Composición final	14
3.5 El VCR 8x8 Dragón.....	15
4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	16
4.1 Requisitos funcionales de una versión AAA del 8x8 Dragón: Brainstorming	16
4.1.1 Resultados.....	17
4.1.2 Conclusiones del <i>Brainstorming</i>	17



4.2	Comparación entre el sistema Mistral, el sistema M-SHORAD Stryker estadounidense y el sistema multipropósito propuesto	17
4.2.1	<i>Focus Group</i>	18
4.2.1.1	Introducción	18
4.2.1.2	Desarrollo de la reunión	18
4.2.1.3	Resultados del análisis	18
4.2.1.4	Limitaciones del sistema Mistral	18
4.2.1.5	Ventajas del sistema M-SHORAD	19
4.2.1.6	Ventajas de la torre multipropósito	19
4.2.1.7	Conclusiones	19
4.2.2	Análisis multicriterio jerarquizado (AHP)	19
4.2.2.1	Explicación del método	19
4.2.2.2	Primera etapa: Presentación del problema	20
4.2.2.3	Segunda etapa. Evaluación de los criterios de valoración	22
4.2.2.4	Tercera etapa: Evaluación de las alternativas	22
4.2.2.5	Cuarta etapa: Jerarquización de las alternativas	22
4.2.2.6	Interpretación de los resultados obtenidos	23
4.2.3	Radar Chart	24
4.3	Evaluación del sistema multipropósito. Análisis DAFO	25
4.3.1	Explicación del método	25
4.3.2	Resultado del análisis	25
4.3.2.1	Fortalezas	26
4.3.2.2	Debilidades	26
4.3.2.3	Oportunidades	26
4.3.2.4	Amenazas	26
4.3.3	Síntesis del análisis	27
4.4	Viabilidad de la versión AAA del 8x8 Dragón	27
5	CONCLUSIONES	29
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
	ANEXO I: GUION <i>BRAINSTORMING</i>	33
	ANEXO II: GUION FOCUS GROUP	34
	ANEXO III: RESULTADOS DEL CUESTIONARIO PARA LA REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS AHP	35
	ANEXO IV: ORGÁNICA DE LA BRILEG	40
	ANEXO V: BÍA MISTRAL	42





INDICE DE FIGURAS

Figura 1. PT sobre VAMTAC. Fuente: [1]	4
Figura 2. PT sobre MAMPAD. Fuente:	4
Figura 3. Fases de una misión tipo de las LM. Fuente:	8
Figura 4. MRIwP. Fuente:	10
Figura 5. Sistema de puntería L3 Wescam's MX-GCS. Fuente:	10
Figura 6. Hybrid BIHO surcoreano. Fuente:	11
Figura 7. Skyranger 30 sobre Piranha V. Fuente:	11
Figura 8. Torre Guardian 2.0 en su modalidad antidrón. Fuente:	12
Figura 9. RADA exMHR sobre 4x4 blindado. Fuente:	14
Figura 10. Movilidad VCR. Fuente:	16
Figura 11. Configuración del 8x8 Dragón. Fuente:	16
Figura 12. Fases del desarrollo del método AHP. Fuente: elaboración propia	20
Figura 13. Diagrama del árbol de decisión del análisis AHP. Fuente: elaboración propia	21
Figura 14. Radar Chart. Comparacion entre sistema Mistral, M-SHORAD y Sistema propuesto. Fuente: Elaboración propia	24
Figura 15. Análisis DAFO del sistema propuesto. Fuente: elaboración propia	25
Figura 16. Estructura orgánica de la BRILEG. Fuente:	41
Figura 17. Batería Mistral tipo A. Fuente:	42
Figura 18. Batería Mistral tipo B. Fuente:	43
Figura 19. Defensa ponderada de punto. Fuente:	45
Figura 20. Despliegue rectangular. Fuente:	46
Figura 21. Despliegue perimétrico. Fuente:	46
Figura 22. Defensa ponderada de una base aérea. Fuente:	46
Figura 23. Pelotón Mistral. Fuente:	47
Figura 24. Radar RAVEN. Fuente:	47
Figura 25. Composición COAAS-L en una batería Mistral. Fuente: TFG De Haro	48



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación UAS según la OTAN. Fuente:.....	6
Tabla 2. Comparativa torreta Guardian 2.0 con Guardian 30. Fuente: Elaboración propia	12
Tabla 3. Comparativa radares. Fuente: elaboración propia.....	13
Tabla 4. Composición sistema multipropósito. Fuente: elaboración propia	15
Tabla 5. Escala de Saaty. Fuente:	22
Tabla 6. Matriz final con los resultados del método AHP. Fuente: elaboración propia.	23
Tabla 7. Evaluación de criterios. Fuente: elaboración propia	35
Tabla 8. Evaluación del criterio coste. Fuente: elaboración propia	35
Tabla 9. Evaluación del criterio mantenimiento. Fuente: elaboración propia	35
Tabla 10. Evaluación del criterio capacidad ante amenazas. Fuente: elaboración propia.....	36
Tabla 11. Evaluación del criterio empleo táctico. Fuente: elaboración propia.....	36
Tabla 12. Evaluación del criterio empleo técnico. Fuente: elaboración propia.....	36
Tabla 13. Evaluación de las alternativas con el subcriterio coste vehículo. Fuente: elaboración propia.....	37
Tabla 14. Evaluación de las alternativas con el subcriterio coste munición. Fuente: elaboración propia.....	37
Tabla 15. Evaluación de las alternativas con el subcriterio repuestos. Fuente: elaboración propia.	37
Tabla 16. Evaluación de las alternativas con el subcriterio instrucción mecánicos. Fuente: elaboración propia.	38
Tabla 17. Evaluación de las alternativas con el subcriterio capacidad frente a UAS. Fuente: elaboración propia.	38
Tabla 18. Evaluación de las alternativas con el subcriterio capacidad frente a ala fija. Fuente: elaboración propia.	38
Tabla 19. Evaluación de las alternativas con el subcriterio capacidad frente a ala rotatoria. Fuente: elaboración propia.....	39
Tabla 20. Evaluación de las alternativas con el subcriterio movilidad. Fuente: elaboración propia.	39
Tabla 21. Evaluación de las alternativas con el subcriterio protección. Fuente: elaboración propia.	39
Tabla 22. Evaluación de las alternativas con el subcriterio detección. Fuente: elaboración propia.	39



Tabla 23. Evaluación de las alternativas con el subcriterio instrucción operadores. Fuente: elaboración propia.....	40
Tabla 24. Evaluación de las alternativas con el subcriterio instrucción conductores. Fuente: elaboración propia.....	40
Tabla 25. Superficie máxima teórica según despliegue rectangular. Fuente: elaboración propia.....	45



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

Se ha realizado una tabla en la que se encuentra el significado de las siglas en castellano y en inglés (sólo las que se encuentran como tal en documentación)

Abreviatura	Significado	Término en Inglés
AAA	Artillería Antiaérea	Anti-Aircraft Artillery
AESA	Radar de barrido electrónico activo	Active Electronically Scanned Array
AHP	Proceso Analítico Jerárquico	Analytic Hierarchy Process
BLOS	Más allá de la línea de visión	Beyond Line of Sight
BRILEG	Brigada de la Legión	
C2	Mando y Control	Command and Control
CIO	Centro de Información y Operaciones	
COAAAS-L	Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomático Ligero	
CPL	Centro de Personal y Logística	Personnel and Logistics Center
DAA	Defensa Antiaérea	
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades	
EW	Guerra Electrónica	Electronic Warfare
FCS	Sistema de Control de Tiro	Fire Control System
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite	Global Navigation Satellite System
GPS	Sistema de Posicionamiento Global	Global Positioning System
HSF	Fuego de Alta Supervivencia (término doctrinal, munición o técnica de autoprotección)	High Survivability Fire (aprox.)
HALE	Alta Altitud y Larga Autonomía	High Altitude Long Endurance
HD	Alta Definición	High Definition
IED	Artefacto Explosivo Improvisado	Improvised Explosive Device
IR	Infrarrojo	
ISR	Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance
LAG	Lanzagranadas Automático	Automatic Grenade Launcher
LM	Munición Merodeadora	Loitering Munition
LRF	Telémetro Láser	Laser Range Finder
MADOC	Mando de Adiestramiento y Doctrina	
MALE	Media Altitud y Larga Autonomía	Medium Altitude Long Endurance
MRIwP	Plataforma Modular Reconfigurable de Armas (torreta del M-SHORAD)	Moog Reconfigurable Integrated-Weapons Platform
MWIR	Infrarrojo de Onda Media	Mid-Wave Infrared
NBQ	Nuclear, Biológico y Químico	
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte	NATO
PT	Puesto de Tiro	
RCS	Sección Radar Equivalente	Radar Cross Section
RPA	Aeronave Pilotada Remotamente	Remotely Piloted Aircraft
RPAS	Sistema de Aeronaves Pilotadas Remotamente	Remotely Piloted Aircraft System



Álvaro González Arroyo

Abreviatura	Significado	Término en Inglés
RWS	Estación de Armas Remota	Remote Weapon Station
SHORAD	Defensa Aérea de Corto Alcance	Short Range Air Defense
TN	Territorio Nacional	
TWS	Seguimiento Mientras Barre	Track While Scan
UAV	Vehículo Aéreo No Tripulado	Unmanned Aerial Vehicle
UAS	Sistema Aéreo No Tripulado	Unmanned Aerial System
UCAV	Vehículo Aéreo de Combate No Tripulado	Unmanned Combat Aerial Vehicle
UDAA	Unidad de Defensa Antiaérea	
UMG	Unidad Mínima de Generación	
VCR	Vehículo de Combate sobre Ruedas	
VFR	Reglas de Vuelo Visual	Visual Flight Rules
VSHORAD	Defensa Aérea de Muy Corto Alcance	Very Short Range Air Defense
ZO	Zona de Operaciones	



DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Se utilizó una inteligencia artificial para generar ideas iniciales en la fase de diseño experimental. El modelo empleado fue ChatGPT-5 desarrollado por OpenAI. Esta misma IA fue utilizada para diseñar tablas y diagramas además de realizar correcciones gramaticales y mejorar el lenguaje y la redacción en el documento final del TFG. Los datos ingresados fueron exclusivamente partes del texto del trabajo, sin incluir información confidencial o personal, asegurando así la integridad de la información.

También se utilizó la IA NotebookLM desarrollada por Google Labs para encontrar documentación y fuentes relacionadas con el proyecto.



1. INTRODUCCIÓN

Contexto y justificación

La memoria realizada es producto de la investigación individual llevada a cabo para el Trabajo de Fin de Grado (TFG) del Grado de Ingeniería de Organización Industrial, impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar en Zaragoza. El TFG ha sido realizado en la Batería Mistral del Grupo de Artillería de Campaña II de la Legión, en la Base Militar Álvarez de Sotomayor, ubicada en Viator, Almería.

La Batería Mistral es una unidad encargada de dar defensa antiaérea (DAA) a baja y muy baja cota (“Short Range Air Defence” SHORAD y “Very Short Range Air Defence” VSHORAD) a una brigada.

El creciente empleo de UAS (Sistemas de aeronaves no tripuladas) en los conflictos actuales ha incrementado el número de amenazas a baja y media cota, obligando a reforzar las capacidades SHORAD/C-UAS. Diferentes informes señalan la proliferación, el bajo coste y la facilidad de empleo de UAS, así como la necesidad de diferentes capacidades de detección, identificación o neutralización de estas. Por ello, organizaciones como la OTAN han intensificado su enfoque en la integración de sensores, enlace de mando y medios para enfrentarlos de manera efectiva. [1]

Por otro lado, encontramos en España una modernización del material, en la que se encuentra la adquisición del Vehículo de Combate sobre Ruedas (VCR) 8x8 Dragón. Desarrollado por TESS Defence, y aun incluyendo una gran versatilidad e integración de sistemas, no posee la capacidad en ninguna de sus configuraciones de garantizar la defensa aérea frente a diversos medios mencionados.

Debido a la necesidad en las brigadas de implementar un medio de Defensa Antiaérea (DAA) con el objetivo de garantizar el cumplimiento de las misiones asignadas, especialmente en relación con el uso de amenazas aéreas no tripuladas; se llevará a cabo el estudio de la implementación de un sistema de defensa antiaérea sobre el 8x8 Dragón. Con ello se conseguirían reducir las limitaciones del sistema Mistral y obtener un sistema de armas más eficaz contra estas amenazas a baja y muy baja cota.



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo de este TFG es crear una versión AAA del 8x8 Dragón para lo cual se adaptará la barcaza de este a un sistema de armas que se analizará más adelante.

Dentro de este objetivo, se estudiará la necesidad de modernización de sistemas de armas de artillería antiaérea (AAA), analizando también las diversas amenazas a las que hacer frente.

Se proponen los siguientes objetivos:

- Evaluar las limitaciones del sistema Mistral frente a las amenazas aéreas de los escenarios actuales, así como la necesidad de sustituirlo por otro sistema.
- Establecer los requisitos funcionales de un nuevo sistema de DAA que sea capaz de enfrentar las nuevas amenazas aéreas.
- Determinar las capacidades (ventajas y limitaciones) que tendría el sistema de DAA Stryker M-SHORAD frente al sistema Mistral actual.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la memoria de este TFG, se ha realizado un estudio sobre las capacidades actuales del sistema Mistral, las capacidades de los 8x8 Dragón y el estudio de diversas alternativas de países extranjeros.

Inicialmente se realizó una revisión bibliográfica estudiando diversa documentación doctrinal y manuales, especialmente proporcionados por el Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC). Además, se han utilizado fuentes abiertas y análisis previos para analizar los sistemas Mistral y M-SHORAD. Esta revisión ha proporcionado una base sobre la cual poder comparar ambos sistemas.

Seguidamente, se realizó un *brainstorming* con personal especialista de la Batería Mistral del GACA II de La Legión con el fin de recoger diversas características que debería poseer el sistema AAA del 8x8 Dragón.

Posteriormente, se llevó a cabo una comparación entre el sistema Mistral, el sistema *Stryker* M-SHORAD unido a la barcaza del 8x8 Dragón y un sistema multipropósito nacional también unido a la barcaza del 8x8 Dragón para la cual se emplearon diversos métodos como el *Focus Group*, un análisis multicriterio jerarquizado y un Radar Chart.

Relacionado con lo anterior, se usó la herramienta del análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) mediante el cual se obtiene un análisis cualitativo del sistema AAA del 8x8 Dragón.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

Con este apartado se va a establecer un contexto histórico, organizativo y doctrinal para poder enmarcar este trabajo. Para comprender la viabilidad de crear una versión AAA del 8x8 Dragón es necesario explorar las fortalezas y debilidades del material del que disponemos actualmente. Para ello empezaré analizando la estructura de la Brigada de la Legión (BRILEG), ya que es la unidad en la que realizaré el proyecto y en la que se estudiarán los sistemas de defensa antiaérea.

Asimismo, se introducirán las amenazas aéreas a las que se busca hacer frente. Se analizarán tanto las amenazas aéreas tripuladas como las no tripuladas, haciendo especial énfasis en los UAS y municiones merodeadoras. Seguidamente, se examinará también la batería Mistral, considerada como el material a sustituir por esta versión AAA del Dragón.

Por último, se proporcionará una visión global de diferentes sistemas AAA/SHORAD en otros ejércitos; profundizando en el M-SHORAD americano, así como se valorará la viabilidad técnica y operativa del vehículo de combate sobre ruedas 8x8 Dragón.

3.1 La Batería Mistral

La Batería Mistral forma parte de la DAA de la Brigada, proporcionando defensa aérea de corto alcance. En este apartado se detallará todo lo relativo a la Batería Mistral, desde el personal y material hasta su empleo táctico, misiones, despliegues y composición.

3.1.1 Empleo táctico de la Batería Mistral

A continuación, se detallará el empleo de una batería Mistral y el de sus unidades subordinadas. La batería tipo A es normalmente la unidad base para la generación de una UDAA ya que dispone de elementos de mando y control, fuego y apoyo logístico que le permiten realizar de forma autónoma y continua una misión. La batería puede:

- Formar una única UDAA.
- Generar pelotones que se integren en UDAA constituidas sobre la base de otros sistemas de armas.
- Excepcionalmente, generar UDAA de entidad pelotón.

El mayor rendimiento de la batería se obtiene cuando se emplea en su totalidad con un cometido único.

Cuando actúa como UDAA tiene capacidad para proporcionar defensa aérea a baja y muy baja cota (SHORAD) a la brigada y otras organizaciones operativas similares tanto en territorio nacional (TN) como en zona de operaciones (ZO).

El pelotón mistral es la unidad mínima de generación (UMG) a la que excepcionalmente se le puede asignar un cometido. Tiene capacidad para moverse con rapidez, reconocer posiciones nuevas y ocuparlas en un tiempo relativamente corto.[15].

3.1.2 El puesto de tiro Mistral

El puesto de tiro Mistral está compuesta por:

- Personal
 - Jefe de pieza
 - Apuntador-tirador
 - Conductor
- Material



- Puesto de tiro
- Conjuntos de munición
- Vehículo de apoyo
- Elementos auxiliares

Normalmente se usará sobre VAMTAC, aunque también puede ser empleada sobre el terreno.



Figura 1. PT sobre VAMTAC. Fuente: [1]



Figura 2. PT sobre MAMPAD. Fuente: [2]

El misil Mistral utiliza búsqueda infrarroja pasiva en modo “dispara y olvida”, lo que da una operatividad adecuada contra aeronaves de ala fija y rotatoria y contra UAS con firma térmica apreciable. Existen varias versiones (Mistral 1,2,3) con diferentes mejoras en alcance, capacidad de maniobra y probabilidad de acierto. La guía infrarroja le dota de inmunidad frente a interferencias por radiofrecuencia, aunque, por otro lado, limita su eficacia en diversas condiciones ambientales (nubes, humo) o frente a firmas térmicas reducidas.

En cuanto a características técnicas, tiene una longitud de 1,8m y el PT completo pesa 47 kg. La cabeza de guerra explosiva contiene 1800 bolas de tungsteno y una carga de 2,96 kg de hexolita.

En la parte táctica, el Mistral 3 (versión actual) tiene una velocidad máxima de 2,5 mach, un alcance comprendido entre los 600m y los 5500m y un techo de unos 3000m.

3.2 Amenazas aéreas actuales

La amenaza aérea para sistemas VSHORAD y SHORAD está compuesta por aeronaves tripuladas, tanto de ala fija (aviones) como de ala rotatoria (helicópteros), aeronaves no tripuladas, municiones merodeadoras y misiles.

Los sistemas tradicionales estaban preparados para combatir principalmente las amenazas



de tipo ala fija como de ala rotatoria (aviones y helicópteros). No obstante, el creciente empleo del uso de los sistemas aéreos no tripulados ha generado una necesidad en los actuales sistemas SHORAD. A continuación, se analizará las diferentes amenazas a las que deberá hacer frente todo sistema antiaéreo.

3.2.1 Amenazas aéreas no tripuladas (UAS y munición merodeadora)

3.2.1.1 UAS

Los términos UAV (Unmanned Aerial Vehicle) y UAS (Unmanned Aerial System) engloban una amplia gama de vehículos y conjuntos logísticos: desde aeronaves tácticas ligeras controladas remotamente por un operador hasta sistemas complejos que integran aviónica, sensores, conjuntos de datos... Pueden ser de ala fija o de ala rotatoria y están diseñados para llevar a cabo diversas operaciones (reconocimientos, vigilancia aérea, rescates, sistemas armados).

Los conflictos recientes han puesto de manifiesto una rápida evolución del uso operativo de los UAS. Más concretamente, en Ucrania se ha podido observar como las fuerzas emplean desde aeronaves de reconocimiento hasta enjambres de drones y municiones merodeadores para misiones de ataque sobre bases logísticas y artillería enemiga. Casos similares se han dado en otros escenarios donde se ha podido apreciar la capacidad de generar un gran impacto con un bajo coste por medio de estos sistemas.

A efectos operativos conviene clasificar estas amenazas por tamaño/rango, por perfil de misión y por comportamientos tácticos. Los UAS presentan varios rasgos que complican su neutralización por medio de sistemas tradicionales: sección radar (RCS) muy reducida en modelos pequeños, firmas térmicas débiles que degrada la eficacia de buscadores IR, baja velocidad cruzada en algunos perfiles que confunden filtros de detección y comportamiento evasivo. [16].

Actualmente, la OTAN clasifica los UAS en tres categorías en función de su peso:

- Clase I: Sistemas de peso inferior a 150 kg y su uso se limita a acciones tácticas.
 - Micro: peso inferior a 2 kg.
 - Mini: peso entre 2 y 15 kg.
 - Small: peso entre 15 y 150 kg.
- Clase II: Sistemas cuyo peso oscila entre 150 kg y 600 kg. Su rango de operaciones es de hasta 200 km.
- Clase III: Sistemas cuyo peso supera los 600 kg y cuentan con un radio de operación ilimitado. Se pueden dividir a su vez en:
 - Altitud media, gran autonomía (MALE, “*Medium Altitude, Long Endurance*”): altitud de empleo máxima de 14 km y suelen tener un empleo operacional.
 - Gran altitud, gran autonomía (HALE, “*High Altitude, High Endurance*”): a diferencia de los MALE, cuentan con una altitud máxima de operación de 20 km y suelen tener un empleo estratégico.
 - *Strike/Combat*: similar a los HALE, pero se distinguen en que su carga útil principal es letal, mientras que la de los HALE es de enlace.

A continuación, se muestra en la tabla la clasificación de los UAS por tamaño según la OTAN:

Clase	Categoría	Empleo	Altitud	Alcance	Entidad apoyada	Ejemplo
-------	-----------	--------	---------	---------	-----------------	---------



Clase I (<150 kg)	Micro	Op. Individual	Hasta 60m.	5 km	Pelotón/Sección	Black Hornet
	Mini	Op. Individual	Hasta 900m.	25 km	Compañía	RQ-11 Raven
	Small	Táctico	Hasta 1500m.	50 km	Batallón	Orbiter 3
Clase II (150-600 kg)	Tactical	Formación táctica	Hasta 5500m.	200 km	Brigada	RQ-7 Shadow
Clase III (>600 kg)	MALE	Operacional	Hasta 13.700m.	BLOS	Mando Conjunto	Heron
	HALE	Estratégico	Hasta 19.800m.	BLOS	Mando de teatro	Global Hawk
	Strike/Combat	Estratégico	Hasta 19.800m.	BLOS	Mando de teatro	MQ-9 Reaper

Tabla 1. Clasificación UAS según la OTAN. Fuente: elaboración propia a partir de [15]

Otros tipos de clasificación para los UAS pueden ser:

- Clasificación según el perfil de misión:
 - ISR (Intelligence, Surveillance and Reconnaissance): diseñados para observación, reconocimiento e inteligencia. Suelen portar cámaras EO/IR, sensores multispectrales o radares SAR. Ejemplo: RQ-11 Raven.
 - Attack/Strike (UCAV): equipados con armamento (bombas, misiles o munición merodeadora) para ataque aire-tierra o apoyo cercano. Ejemplo: MQ-9 Reaper.
 - Loitering Munition: híbrido entre dron y munición inteligente. Patrulla un área e impacta sobre un objetivo. Ejemplo: Harop.
 - Electronic Warfare (EW): UAS dedicados a guerra electrónica, interferencia de comunicaciones o detección de emisiones. Ejemplo: UAV SIGINT Hermes 900 EW.
 - Communication Relay / BLOS: empleados para ampliar el alcance de datos entre unidades o satélites y tropas desplegadas.
 - Logística/Transporte: drones capaces de transportar cargas ligeras o munición en entornos hostiles. Ejemplo: UAS ALAKRAN-Logistics.
- Clasificación por comportamiento táctico:
 - Reconocimiento puntual: vuelo sobre objetivo concreto para obtención de imágenes.
 - Loitering: patrulla persistente en área hasta localizar el blanco.
 - Kamikaze: ataque suicida tras fase de observación.
 - Swarming: empleo coordinado de múltiples drones que saturan sensores y defensas.



- Stand-off: ataque a distancia desde fuera del volumen de defensa del enemigo.
- Terrain-masking: vuelo a muy baja cota aprovechando relieve o edificaciones para evitar detección radar.

Se procede a aclarar el significado preciso de cada término y las situaciones en las que se utilizan.

- UAS: hace referencia al sistema aéreo completo, que puede incluir una o varias aeronaves, junto con el sistema de control y comunicación, así como otros equipos asociados como los medios de transporte o sistemas de despegue y aterrizaje.
- RPAS (“*Remotely Piloted Aircraft System*”): aunque es similar al término UAS, se prefiere el uso de RPAS para indicar explícitamente que la aeronave es controlada remotamente sin un piloto a bordo.
- UAV (“*Unmanned Aerial Vehicle*”): se refiere específicamente a la aeronave no tripulada en sí misma.
- RPA (“*Remotely Piloted Aircraft*”): este término se refiere a una aeronave controlada desde una estación remota por un piloto que ha recibido certificación y formación comparables a las de un piloto de una aeronave convencional tripulada. La principal distinción respecto a un UAV es que, en el caso de las RPA, un piloto gestiona el control remoto de la aeronave, mientras que los UAV pueden operar de manera autónoma mediante la programación de waypoints.

3.2.1.2 Municiones merodeadoras (LM)

Las municiones merodeadoras son plataformas no tripuladas diseñadas para permanecer en el área de operaciones durante un tiempo prolongado (loitering) con capacidad para detectar, seleccionar y finalmente atacar un objetivo mediante impacto directo (modo “kamikaze”) o mediante la liberación de una carga explosiva/letal. A nivel funcional combinan características de ISR (sensores electro-ópticos/IR, enlace de datos) y de munición guiada: su misión puede abarcar desde la vigilancia persistente hasta el ataque puntual sobre blancos de oportunidad, lo que las convierte en un actor intermedio entre un UAS de reconocimiento y un misil de precisión.

Las LM se componen de:

- Segmento aéreo (la munición merodeadora propiamente dicha).
- Segmento terrestre.
- Estación de control y comunicaciones.
- Operador-lanzador
- Elementos auxiliares para mantenimiento, adiestramiento, etc.

Las municiones merodeadoras presentan una gran variedad de tamaños, autonomías y cargas útiles, por lo que su empleo táctico es muy flexible. Según sus prestaciones, pueden emplearse contra infantería a la intemperie y objetivos estáticos de baja protección, contra vehículos ligeros y blindados, para atacar emisores o radares, en acciones sobre blancos navales de pequeño tamaño y, en general, contra objetivos de alto valor situados en la retaguardia (puestos de mando, depósitos, aeródromos). Esta versatilidad obliga a considerar su tipología (autonomía, alcance y ojiva) al definir medidas de detección y contramedida.

La misión tipo de una munición merodeadora suele dividirse en cuatro fases claras: lanzamiento (momento en el que la plataforma se pone en vuelo o es liberada desde su vector de lanzamiento), tránsito (fase de aproximación hacia el área de operaciones), merodeo (período



en que la munición permanece en la zona buscando y evaluando blancos) y ataque (fase terminal en la que se ejecuta el impacto contra el objetivo seleccionado).



Figura 3. Fases de una misión tipo de las LM. Fuente: [3]

3.2.2 Amenazas aéreas tripuladas

Las plataformas tripuladas constituyen una categoría de amenaza con características y requerimientos de neutralización distintos a los de los UAS. Las aeronaves de ala fija y ala rotatoria presentan generalmente mayor firma radar y térmica, velocidades superiores y perfiles de vuelo variados (alta cota, aproximaciones rápidas, vuelos a baja cota...), lo que condiciona tanto la detección como la selección de efecto. Además, plataformas tripuladas pueden transportar cargas mas potentes, desplegar sensores que incrementan su alcance de detección y, en el caso de los helicópteros, operar con gran flexibilidad táctica cerca del frente y en apoyo cercano a fuerzas terrestres.

Se distinguen diferentes tipos de amenazas.

- Aeronaves de apoyo táctico / ataque y transporte: incluyen aviones de ataque ligero, aeronaves de apoyo cercano y plataformas de transporte táctico que pueden proyectar potencia sobre objetivos en profundidad. Suelen operar a velocidades y altitudes medias.
- Helicópteros de combate y apoyo: caracterizados por capacidad de vuelo a baja cota, capacidad de estacionar o permanecer en patrón (hover) para apoyo inmediato y opción de empleo Night/VFR con sensores electro-ópticos. Su diversidad (ataque, transporte armado, reconocimiento) les otorga un abanico de roles tácticos.
- Plataformas ISR tripuladas: aviones y helicópteros equipados con pods sensoriales que otorgan información al atacante y permiten designación de blancos a distancia, complicando la identificación y priorización de amenazas.

Por otro lado, se distinguen algunas vulnerabilidades de estos:

- Además de su mayor firma, las aeronaves tripuladas son vulnerables en fases de aproximación, aproximación final y maniobras a baja cota. Los puntos de mayor exposición incluyen: despegue/aterrizaje, aproximación a objetivos, tránsito a baja altitud.



- La dependencia de sensores y enlaces de datos puede ser explotada mediante medidas de guerra electrónica, degradando la efectividad del enemigo en detección y guiado.
- Helicópteros, por su menor velocidad y posibilidad de hover, son susceptibles de neutralización mediante fuego automatizado de alta cadencia y sistemas de misiles de reacción rápida durante sus fases críticas de empleo.

3.3 El sistema M-SHORAD Stryker

El sistema M-SHORAD surge como respuesta del ejército estadounidense ante la creciente vulnerabilidad de sus fuerzas terrestres frente a amenazas aéreas de baja y muy baja cota, especialmente drones, helicópteros y aeronaves de ataque ligero. Se basa en un sistema dual misil y cañón que es capaz de hacer frente a amenazas tipo RPAS de clase I (*micro, mini y small*) y clase II, mediante el uso de los sistemas *hard-kill*.

De esa manera, se conseguiría con un mismo sistema cubrir las amenazas convencionales mediante el empleo del sistema misil, y, por otro lado, la amenaza RPAS mediante cañón y capacidades de guerra electrónica.

3.3.1 Descripción general del sistema

El M-SHORAD estadounidense está montado sobre el vehículo Stryker A1 de 8x8 ruedas, lo que le proporciona un equilibrio entre movilidad táctica, protección y capacidad de carga. El sistema integra una torre modular con armamento mixto que combina distintos tipos de sensores y armas para poder enfrentar amenazas diversas en entornos complejos.

Los principales subsistemas que componen el M-SHORAD son:

- Radar de vigilancia 3D AN/MPQ-64 Sentinel A3: proporciona cobertura de detección aérea en 360°, identificando objetivos aéreos de baja y media cota y enlazando con los sistemas C2 (*Command and Control*).
- Armamento principal:
 - Cañón automático M230 de 30 mm: eficaz contra aeronaves ligeras y UAS de tamaño medio
 - Sistema de misiles Stringer: un lanzador contiene cuatro misiles FIM-92J Stinger. Equipados con una espoleta de proximidad, estos misiles permiten destruir amenazas aéreas, tanto de ala fija como de ala rotatoria como UAS de clase 2 y 3 sin impactar directamente contra ellas. Tienen un alcance de 5 km, un techo de 3,8 km y emplean un sistema de guiado por infrarrojos.
 - Misil AGM-114L Hellfire: contiene dos misiles de este tipo, con alcance de 8 km. Sin embargo, se ha demostrado que estos misiles no son válidos para emplearse sobre un vehículo 8x8 por razones de diseño. Además, es un misil contracarro que se suele usar en plataformas aéreas, no es para la DAA por lo que están siendo sustituidos por un segundo lanzador con cuatro misiles Stinger.
 - En versiones futuras se prevé la incorporación de láser de alta energía.
 - Ametralladora coaxial de 7,62 mm.
- Guerra electrónica: posee la capacidad de interrumpir las capacidades de comunicación de los UAS enemigos sin emplear municiones convencionales (*soft-kill*).

Estos sistemas de armas se encuentran incluidos en la torreta reconfigurable. El sistema



“Moog Reconfigurable Integrated-weapons Platform (MRIwP) los integra.



Figura 4. MRIwP. Fuente:[4]

Posee además el sistema de puntería L3 Wescam’s MX-GCS: Este sistema de puntería permite la identificación y seguimiento de objetivos en movimiento, así como la capacidad de hacer fuego en movimiento. El sistema tiene una cámara térmica de alta definición que permite al operador realizar el seguimiento del objetivo.



Figura 5. Sistema de puntería L3 Wescam’s MX-GCS. Fuente:[5]

3.3.2 Limitaciones

En cuanto a limitaciones, podemos señalar varias que supondrían aspectos a mejorar en la versión AAA del 8x8 Dragón:

- Alcance efectivo limitado: Aunque es suficiente para drones y helicópteros, sería algo escaso frente a otras amenazas como aeronaves.
- Capacidad de munición y sostenimiento de fuego: El limitado espacio en la barcaza del 8x8 podría suponer un inconveniente, restringiendo la duración del combate sostenido. En situaciones de saturación (por ejemplo, frente a enjambres) el sistema podría agotar rápidamente su munición.
- Vulnerabilidad electromagnética y de ciberseguridad: El sistema emplea una gran cantidad de enlaces digitales, datalink y sistemas GPS/GNSS, lo que hace vulnerable frente a interferencias o ciberataques. Además, relacionado con la gran cantidad de electrónica que posee, cuenta con una alta firma electromagnética que lo hace más fácilmente detectable.

3.3.3 Otros sistemas similares

Distintos países han desarrollado sistemas similares al M-SHORAD de los cuales se extraen conclusiones sobre aspectos en los que difieren entre sí.



- Hybrid BIHO (Corea del Sur): El sistema coreano combina dos cañones de 30mm, lanzadores de misiles Chiron, un radar TPS-830 K y un sistema electroóptico para enfocar más de 6 blancos a la vez, entre otras cosas. Su principal ventaja es su alta cadencia de fuego que, combinada con los misiles, le proporciona una doble capa de defensa letal en entornos saturados.



Figura 6. Hybrid BIHO surcoreano. Fuente:[6]

- Skyranger 30: Integra un cañón Oerlikon de 30 mm, radar AESA¹ y un sistema modular preparado para incorporar misiles o láseres de defensa aérea. Está diseñado para plataformas 8x8.



Figura 7. Skyranger 30 sobre Piranha V. Fuente:[7]

3.4 Plataforma multipropósito

Como alternativa al sistema americano, se propone un sistema de sistemas embarcado sobre la barcaza del 8x8 Dragón que combine, de forma integrada, radares de alerta y seguimiento, sensores electro-óptico/IR, capacidad RF/EW, un cañón estabilizado y lanzadores de misiles de corto alcance. Así, se pretende obtener una unidad móvil SHORAD/AAA capaz de detectar, clasificar y neutralizar amenazas convencionales (aeronaves, helicópteros) y no convencionales (RPAS y LM) mediante una mezcla de medios y manteniendo la interoperabilidad

¹ AESA significa matriz de barrido electrónico activo. Este tipo de radar está formado por centenares o miles de pequeños módulos emisores receptores (T/R). En lugar de mover físicamente la antena, el radar cambia la dirección del haz de manera electrónica, apuntando el haz en microsegundos a diferentes direcciones. Por otra parte, el principio de los radares PESA es similar, pero la generación de la señal radiofrecuencia proviene de un solo transmisor central, haciéndolo más simple, más fácil de detectar por el enemigo, y con una capacidad multitarea mas limitada.



con COAAS-L.

3.4.1 Torre

Como base para este sistema multipropósito se ha seleccionado la estación ligera Guardian 2.0. Es una estación ligera que puede operar con diferentes tipos de calibre (5'56 mm, 7'62 mm, 12'7 mm) integrar lanzafumígenos y lanza artificios. Puede también integrar un lanzagranadas MK-19 y de 40 mm, además de equiparse con el arma Gatling M134D, haciendo de esta plataforma la solución hardkill antidrón. Incorpora sistemas avanzados de seguimiento automático, sensores diurnos/nocturnos, y estabilización en dos ejes.

Como alternativa, se compara con la estación terrestre Guardian 30 también de la empresa Escribano Mechanical & Engineering:

Característica	Guardian 2.0	Guardian 30
Armamento principal	5,56 / 7,62 / 12,7 mm o lanzagranadas de 40 mm	Cañón automático de 30 mm + coaxial 7,62 mm
Peso aproximado	~200 kg (según configuración)	>1.500 kg
Tipo de estación	RWS ligera y modular	Torreta tripulada/remota de medio calibre
Integración en vehículos	Ideal para 4x4, 6x6 y 8x8 ligeros	Requiere plataformas más pesadas
Mantenimiento y coste	Bajo	Alto
Flexibilidad modular (sensores, lanzadores, etc.)	Alta — fácil de integrar nuevos sistemas (radares, misiles, etc.)	Limitada — arquitectura más cerrada
Papel táctico	Defensa cercana / anti-RPAS / apoyo ligero	Combate directo / superioridad de fuego medio

Tabla 2. Comparativa torreta Guardian 2.0 con Guardian 30. Fuente: Elaboración propia a partir de [17]

Como conclusión, se elige la Guardian 2.0 debido a su mayor versatilidad, menor peso y coste y su facilidad de integración con otros sistemas (radares, lanzadores Mistral). Todo ello la hace ideal para soluciones modulares de defensa antiaérea o híbrida sobre la plataforma del 8x8.

Además, la versión Guardian 2.0 Pro posee cámara diurna, IR, LRF (Telémetro láser) y auto-tracker, a la cual añadiría una cámara MWIR térmica enfriada (encargada de la detección y el lock IR). Por lo tanto, con este sistema quedaría cubierta la parte de armamento y sensores electro-ópticos necesarios para la plataforma multipropósito.



Figura 8. Torre Guardian 2.0 en su modalidad antidrón. Fuente:[8]

3.4.2 Radares

Se ha llevado a cabo un análisis sobre diversos radares que puedan formar parte de este sistema de sistemas. Los criterios comparativos usados han sido el tipo de radar, su cobertura angular y sectorial, el rango de detección de RPAS, su capacidad TWS, sus interfaces y protocolos y, especialmente, su interoperabilidad C2, entre otras cosas.



Radar	Detección Nano-UAV	Peso / Consumo	Interfaces / Protocolos	Capacidades TWS	Integración C2	Notas destacadas
RADA exMHR	≈18 km (nano), hasta 35 km mini-UAV	~150 kg / 2.5 kW	Ethernet + ASTERIX + I/O militar	>256 tracks simultáneos	Muy alta salida ASTERIX-Cat21 compatible COAAAS-L / RAVEN	Multi-misión SHORAD y C-UAS; arquitectura abierta; probado en NATO C2 sistemas.
RADA ieMHR	≈10 km nano UAV	~120 kg / 2 kW	Ethernet ASTERIX	200 tracks	Alta (C2 nativo)	Versión ligera SWaP reducida del exMHR.
RADA nMHR	≈8 km nano	~100 kg / 1.5 kW	Ethernet ASTERIX	200 tracks	Alta	Pensado para vehículos ligeros.
Thales HORUS (Squire + Gecko)	≈6 km micro UAV, ≈10 km mini	≈110 kg / 1.8 kW	Ethernet + ASTERIX Cat240	~100 tracks	Alta (Thales C2)	Gran madurez NATO; rango menor para nano-UAV.
Rafael Drone Dome	5-10 km nano	~120 kg / 2 kW	IP + Protocolo Rafael	N/D	Media → Alta (con Gateway)	Sistema integrado C-UAS (C2 + jammers); limitado si solo se usa radar.
Skylock Radar	6-12 km	N/D	IP propietario	~200 tracks	Media (con gateway)	Sistema privado C-UAS, interfaz no estándar.
Falcon Shield (LDEW)	8-10 km	>200 kg	Ethernet + protocolo Leonardo	>150 tracks	Alta (con COAAAS mediante ASTRIX)	Sistema integrado de Leonardo.

Tabla 3. Comparativa radares. Fuente: elaboración propia a partir de [18]-[23]

En base a la comparativa, el radar seleccionado para la plataforma multipropósito es el RADA exMHR. Como ventajas es el que mas alcance tiene frente a nano UAS, tiene arquitectura abierta (compatible con COAAAS-L y RAVEN), tiene un formato compacto apto para el vehículo 8x8 Dragón sin necesidad de grupos electrógenos extra, ha sido probado en entornos SHORAD/ C-UAS, puede trabajar en red con otros radares y posee una baja latencia.



Figura 9. RADA exMHR sobre 4x4 blindado. Fuente:[9]

3.4.3 Composición final

El sistema propuesto combina detección, seguimiento, identificación y neutralización de amenazas aéreas integrada en una plataforma terrestre de alta movilidad táctica.

3.4.3.1 Plataforma base: Vehículo 8x8 VCR Dragón

Actúa como plataforma portadora y nodo de mando móvil. Proporciona la potencia eléctrica, el espacio estructural y la movilidad necesaria. Su blindaje y capacidad de carga le permiten soportar el sistema completo y es capaz de integrar las comunicaciones de red con el sistema COAAS-L para operar como unidad SHORAD móvil.

3.4.3.2 Torreta Guardian 2.0

Elemento efector principal del sistema. Posee un paquete electro-óptico integrado, capaz de controlar e integrar los lanzadores Mistral además de armas cinéticas secundarias (12,70 mm / 40 mm LAG). Permite la observación, identificación y seguimiento de blancos detectados por el radar. Su FCS (Fire Control System) gestiona los datos del EO, la designación de blancos y la secuencia del disparo.

3.4.3.3 Lanzadores de misiles Mistral

Componente de neutralización de blancos aéreos. Irían montados en pods laterales sobre la barcaza, con capacidad de 2-4 misiles listos por pods. Se enlazan eléctricamente con el FCS de la Guardian 2.0 mediante líneas discretas de "arm/ready/fire" y cadenas de seguridad físicas. El disparo sólo se autoriza tras confirmar lock IR desde el EO y recibir permiso de fuego.

3.4.3.4 Radar multifunción RADA exMHR

Es el subsistema de detección y alerta temprana. Con su capacidad de detectar nano-UAVs hasta 18 km, opera en red, enviando tracks en formato ASTERIX Cat 21/62 (interoperable con RAVEN y COAAS-L). Iría montado sobre un mástil retráctil en la parte trasera del Dragón y proporcionaría la detección, clasificación y seguimiento de amenazas aéreas.

3.4.3.5 Sistema electro-óptico (EO)

Subsistema de identificación y puntería. Integrado en la Guardian 2.0, compuesto por cámara diurna HD, IR, cámara térmica enfriada MWIR, telémetro láser (LRF) y auto-tracker. Recibe las coordenadas del radar exMHR para apuntar automáticamente al blanco, además, permite confirmar visualmente e identificar el objetivo.

3.4.3.6 C2 y enlaces de interoperabilidad

Componente de mando, control y fusión de sensores. El middleware embarcado en el Dragón recibe los tracks y asigna prioridades. El COAAS-L recibe estos datos por enlace ASTERIX/IP, por otra parte, el radar RAVEN comparte información de situación aérea con el exMHR, aumentando la cobertura.

3.4.3.7 Conclusión del sistema



Factor	Evaluación
Compatibilidad estructural y energética (Dragón)	El chasis soporta la masa combinada (estimada $\approx 2,0-2,5$ t para conjunto instalado) y la potencia total requerida ($\sim 4-5$ kW) si se instala APU/alternador reforzado y UPS.
Interoperabilidad C2 (RAVEN / COAAAS-L)	Total: el radar exMHR publica tracks en ASTERIX/IP , compatible nativo con COAAAS-L y fusionable con RAVEN.
Detección de amenazas RPAS	Alta: exMHR detecta nano-UAVs ≈ 18 km y mini-UAVs a mayores distancias, proporcionando ventana táctica amplia para engagement.
Identificación y puntería (EO / Guardian 2.0)	El EO integrado (cámara diurna, MWIR y LRF) permite identificación, auto-tracking y telemetría necesaria para cálculo de tiro y lock IR.
Neutralización con efecto principal (Mistral)	Eficaz: Mistral IR fire-and-forget valida intercepciones contra helicópteros, drones clase 2 y 3 y blancos subsónicos dentro de su envolvente.
Neutralización de drones pequeños (sistema de armas secundario)	El sistema secundario (ametralladora 12,7 mm / Gatling o LAG 40 mm montada en la Guardian 2.0) proporciona alta probabilidad de neutralizar drones pequeños a corta distancia mediante fuego de densidad/fragmentación, con tiempo de reacción rápido y menor dependencia del lock IR. Recomendado usar Gatling o 40 mm LAG para máxima densidad de fuego contra multitudes de micro-UAV.
Movilidad táctica y despliegue rápido	Alta: Dragón 8x8 aporta movilidad, autonomía y transporte estratégico.
Integración y mantenimiento	Requiere desarrollo de middleware ASTERIX \leftrightarrow FCS, verificación de interfaces eléctricas y validación estructural (FEM) en barcaza.
Viabilidad operativa general	Alta: combinación equilibrada de detección temprana (exMHR), identificación y puntería (EO/Guardian 2.0), neutralización de blancos grandes (Mistral) y neutralización de drones pequeños mediante sistema secundario (armamento cinético).

Tabla 4. Composición sistema multipropósito. Fuente: elaboración propia

3.5 El VCR 8x8 Dragón

El VCR 8x8 “Dragón” constituye el eje sobre el que se articula el concepto de la Brigada 2035, orientada a la digitalización, modularidad y movilidad del campo de batalla moderno. Basado en la familia Piranha V de General Dynamics European Land Systems, el Dragón ha sido adaptado y producido por el consorcio TESS Defence. Este vehículo está concebido como una plataforma multipropósito capaz de cubrir distintos roles dentro de las unidades de maniobra, desde transporte de personal y apoyo de fuego hasta versiones especializadas de reconocimiento, zapadores, comunicaciones o puesto de mando.

Actualmente, la familia VCR 8x8 tiene seis versiones con sus distintas variantes según las necesidades del ET, estas son:

- VCI: Vehículo de Combate de Infantería.
- VEC: Vehículo de Exploración de Caballería.
- VCZ: Vehículo de Combate de Zapadores.



- VCPC: Vehículo de Combate de Puesto de Mando de Batallón.
- VCOAV: Vehículo de Combate de Observador Avanzado.
- VREC: Vehículo de Recuperación.

En cuanto a las características técnicas, la plataforma tiene unas dimensiones de 8 metros de largo y 2,56 metros de altura, un peso de 33 toneladas, una autonomía de 750 km y una velocidad máxima de 105 km/h.

En cuanto a la movilidad, el VCR 8x8 Dragón se adapta a multitud de terrenos, como pendientes de hasta un 60%, inclinaciones laterales del 30%, escalones de 75 cm y zanjas de hasta 2,2 m. Por lo tanto, cuenta con una gran movilidad.



Figura 10. Movilidad VCR. Fuente: [10]

En cuanto a la protección, cuenta con un blindaje avanzado de acero soldado denominado *Hybrid Slat Fence* (HSF), que ofrece protección contra IED y contra granadas propulsadas por cohetes ("Rocket Propelled Grenade", RPG), así como protección contra municiones de hasta 14,5 mm en los 360 grados y de hasta 30mm en el arco frontal del VCR 8x8, además, el casco cuenta con protección contra minas antitanque de hasta 8kg. [24].

En cuanto a la tripulación, el Dragón en su configuración VCI, tiene una capacidad de 3 tripulantes (conductor, tirador y jefe de vehículo) y 6 combatientes. En la siguiente figura se muestra el VCI Dragón 8x8.

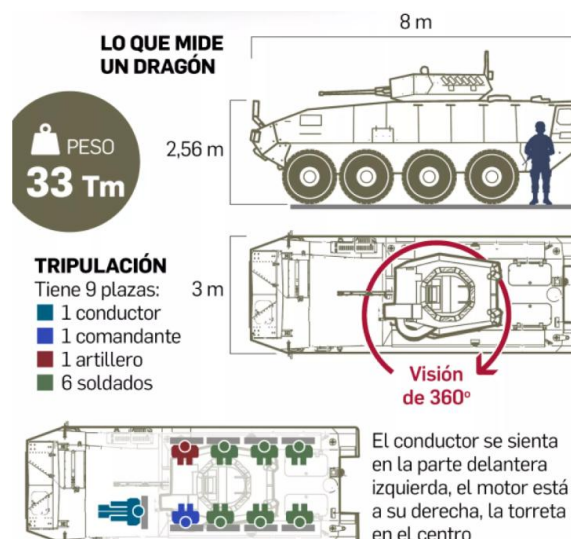


Figura 11. Configuración del 8x8 Dragón. Fuente:[10]

4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Requisitos funcionales de una versión AAA del 8x8 Dragón: Brainstorming



Para determinar las características que debe poseer una versión AAA del 8x8 Dragón, se realizó un *brainstorming con suboficiales de la batería Mistral del GACA II de La Legión*.

En el informe se recogen las ideas clave extraídas de la reunión. Además, en el Anexo I se expone el guion seguido durante la misma.

4.1.1 Resultados

1. Mejoras en la detección y neutralización
 - Incorporación de radares capaces de detectar amenazas de muy baja sección recta radar.
 - Capacidad de rastrear múltiples objetivos de manera simultánea, con una cobertura de 360° y sin zonas muertas, mejorando la capacidad de respuesta.
 - Integrar sensores electro-ópticos y de infrarrojos para mejorar la capacidad de detección.
 - Añadir un cañón de 30 mm o un sistema de armas complementario al misil capaz de hacer frente a drones pequeños u objetivos cercanos.
 - Capacidad de interferencia electrónica para desactivar UAS (*soft-kill*).
2. Plataforma
 - Utilizar una plataforma 8x8 para aumentar su movilidad.
 - Mayor protección balística, NBQ y frente a IEDs o minas.
3. Integración
 - Integración total con redes de mando y control de defensa aérea, permitiendo la interoperabilidad con otros sistemas antiaéreos.
 - Desarrollar un sistema de alerta temprana.
4. Logística
 - Aunar en un sistema diferentes tipos de munición para las diferentes amenazas.
 - Facilidad de obtener repuestos al usar la misma barcaza a nivel Brigada.
5. Formación y capacitación del personal
 - Programas de entrenamiento basados en simuladores avanzados, donde el personal pueda combatir amenazas mixtas (desde UAS a helicóptero y aeronaves) en entornos realistas.
 - Formación continua del personal en el uso de nuevas tecnologías, capacitándolos para operar equipos complejos.
 - Personal especialista ya adaptado al usar material común a nivel Brigada.

4.1.2 Conclusiones del *Brainstorming*

Las aportaciones del personal especialista reflejan una orientación hacia la autonomía operativa, la integración multisensor y la movilidad táctica. Las mejoras propuestas permitirían que el nuevo sistema mantenga su fiabilidad, pero incorporando tecnología actual, mayor supervivencia y, especialmente, adaptándolo a las nuevas amenazas aéreas y UAS.

4.2 Comparación entre el sistema Mistral, el sistema M-SHORAD Stryker estadounidense y el sistema multipropósito propuesto



Para llevar a cabo la comparación entre los tres sistemas se procede a llevar a cabo tres metodologías de la siguiente manera:

- *Focus Group*, busca identificar las limitaciones del sistema Mistral y las ventajas del sistema M-SHORAD y el sistema basado en la Guardian 2.0.
- Análisis AHP, con la finalidad de realizar la comparativa final entre las dos alternativas que sustituirían al sistema Mistral.
- *Radar Chart*, con el cual se muestra el resultado final de la comparativa realizada en el apartado anterior.

4.2.1 Focus Group

4.2.1.1 Introducción

Con el objetivo de identificar las limitaciones del sistema Mistral y evaluar las ventajas del sistema M-SHORAD y el sistema multiplataforma creado, se llevó a cabo un *Focus Group* [28] con los suboficiales de la Batería Mistral del GACA II de La Legión.

A continuación, se expone el resultado de dicha reunión, donde se resumen las ideas clave y las conclusiones. En el Anexo II se detalla el guión llevado a cabo.

4.2.1.2 Desarrollo de la reunión

En primer lugar, los participantes se presentaron, indicando su nombre, empleo y puesto táctico en la batería. El grupo contó con la participación de:

- 1 Sargento Primero, auxiliar de CIO/CPL.
- 1 Sargento Primero, Jefe de la sección de armas.
- 1 Sargento, encargado del simulador del PT Mistral.
- 2 Sargentos, Jefes de pelotón Mistral.
- 5 Sargentos, Jefes de PT Mistral.

4.2.1.3 Resultados del análisis

El personal evaluó las capacidades del sistema Mistral, evaluando del 1 al 10 diferentes capacidades ante las diversas amenazas, de las cuales se pueden extraer estos resultados:

- Capacidad de detección y neutralización de sistemas de ala fija: se extrae una media de 4 sobre 10.
- Capacidad de detección y neutralización de sistemas de ala rotatoria: se extrae una media de 9 sobre 10.
- Capacidad de detección y neutralización contra UAS: se extrae una media de 2 sobre 10.

4.2.1.4 Limitaciones del sistema Mistral

Se mencionaron diversas limitaciones del sistema, entre las cuales se destacan:

- Exposición constante del tirador y baja autoprotección del personal.
- Deficiencias en el radar RAVEN, con problemas en la detección de trazas enemigas de baja sección recta radar y limitaciones en la movilidad del propio radar.
- Nula capacidad frente a enjambres o micro-UAVs, debido al coste por disparo y la falta de armamento complementario.



- Cobertura restringida, corto alcance y envolvente angular reducida para blancos de alta maniobrabilidad.

4.2.1.5 Ventajas del sistema M-SHORAD

El sistema M-SHORAD supone una mejora significativa en diversos aspectos, entre sus principales ventajas se incluyen:

- Plataforma 8x8: mayor movilidad y protección que la plataforma VAMTAC del sistema Mistral, con la tripulación operando desde el interior del vehículo, lo que además de garantizar su seguridad, supone no tener que montar un PT y, por tanto, mayor rapidez de acción.
- Potencia de fuego: misiles y cañón de 30mm que, combinados, permiten cubrir todo el espectro de amenazas aéreas.
- Sistemas radar: El sistema ofrece una capacidad de detección temprana mejorada y cuatro radares multi misión MHR. Además, al estar integrados en el propio vehículo proporciona una mayor movilidad.
- Arquitectura en red: totalmente interoperable con sistemas C2 tácticos del US Army.

4.2.1.6 Ventajas de la torre multipropósito

- Movilidad táctica y protección elevadas gracias a la barcaza Dragón 8x8.
- Doble capacidad de neutralización, con los misiles Mistral para blancos medianos y helicópteros y armamento secundario (40 mm LAG) para drones pequeños o enjambres.
- Detección avanzada gracias al radar RADA exMHR que proporciona alerta temprana y guiado al EO.
- Identificación precisa mediante el conjunto EO integrado capaz de confirmar y seguir blancos automáticamente.
- Integración en red nacional: compatible con radares RAVEN y COAAS-L mediante protocolo ASTERIX.
- Coste moderado y soporte en la industria nacional.

4.2.1.7 Conclusiones

El sistema Mistral actual ofrece fiabilidad, pero su radar externo, escasa movilidad y falta de armamento capaz de neutralizar amenazas de pequeñas dimensiones, lo hace vulnerable frente a las amenazas modernas.

Por otro lado, el M-SHORAD estadounidense es una solución altamente eficaz, pero costosa, pesada y dependiente de tecnología extranjera.

El sistema propuesto en este proyecto combina la movilidad y protección del Dragón 8x8 con la tecnología nacional de Escribano y el radar RADA exMHR, logrando una solución equilibrada, interoperable y viable para la defensa antiaérea.

4.2.2 Análisis multicriterio jerarquizado (AHP)

4.2.2.1 Explicación del método

Para determinar cuál de los tres sistemas propuestos sería el más indicado para su implementación en el GACA II de La Legión se utilizará el proceso analítico jerárquico, desarrollado por Thomas L. Saaty [25]. Es un método multicriterio diseñado para resolver



problemas complejos con múltiples criterios. Para que el método sea satisfactorio, se requiere que quien tome decisiones asigne evaluaciones subjetivas a la importancia de cada uno de los criterios y que especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión. El resultado es la síntesis global de los pesos de cada criterio con la valoración obtenida por cada alternativa, obteniendo así una puntuación normalizada.

La metodología AHP es una técnica que se utiliza ante la imposibilidad de cuantificar algunas características de los sistemas. Con este método, se permite asignar una medida cuantitativa a las características a analizar. Es un método frecuente en empresas y organizaciones cuando se requiere elegir entre varias alternativas.

Para llevar a cabo el método AHP [26] se han seguido las siguientes fases:



Figura 12. Fases del desarrollo del método AHP. Fuente: elaboración propia a partir de [27]

4.2.2.2 Primera etapa: Presentación del problema

En esta primera fase se define con claridad el objetivo del análisis, se seleccionan los criterios de evaluación y se establecen las alternativas que serán objeto de comparación.

El objetivo general del estudio es determinar cuál de los tres sistemas resulta más adecuado como sistema de defensa antiaérea de corto alcance (SHORAD) para su implementación en las Brigadas del Ejército de Tierra (especialmente en la Brigada de La Legión), considerando factores tácticos, técnicos, logísticos y económicos.

La obtención de criterios y subcriterios se ha obtenido de los informes finales del *Brainstorming* y *Focus Group*. El problema se plantea en el siguiente diagrama, donde se aprecian los criterios de decisión.

En la celda superior aparece el objetivo a conseguir, un sistema de DAA de baja y muy baja cota. En las celdas intermedias aparecen los cinco criterios que se evalúan para llevar a cabo la decisión. Por último, en la parte inferior aparecen las tres soluciones, el sistema Mistral, el sistema M-SHORAD y la plataforma basada en la torreta Guardian 2.0.

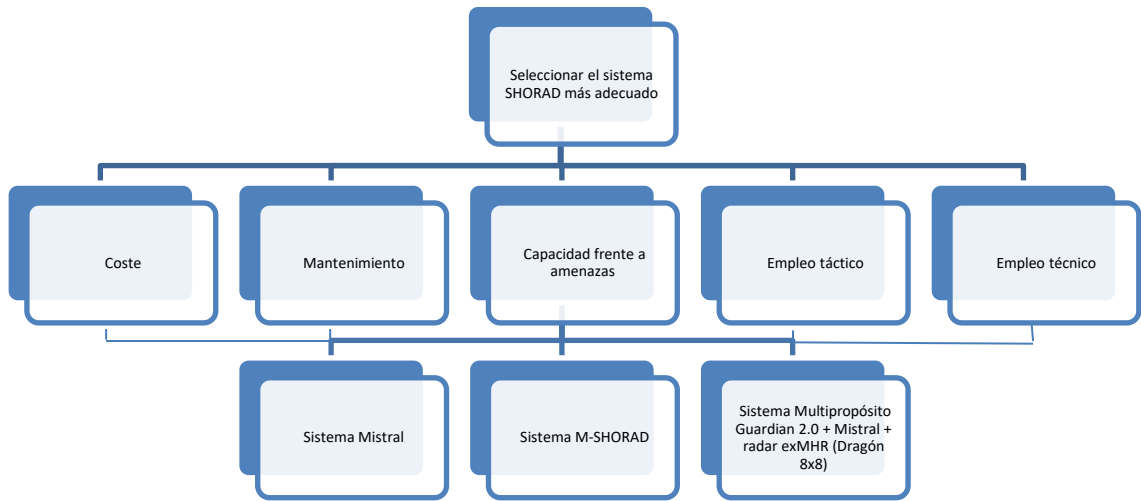


Figura 13. Diagrama del árbol de decisión del análisis AHP. Fuente: elaboración propia

A continuación, se detallará cada criterio junto a sus subcriterios empleados en dicho método:

- **Coste:** este criterio engloba todos los factores económicos asociados a la adquisición y sostenimiento del sistema.
 - Coste del vehículo / plataforma: incluye el precio de adquisición del sistema portador (vehículo, sensores, torreta) y el coste general del vehículo.
 - Coste de la munición / armamento: evalúa el precio unitario y la disponibilidad de los misiles o proyectiles empleados. Se considera la posibilidad de producirlos o mantenerlos en territorio nacional.
- **Mantenimiento:** analiza la complejidad técnica del sistema, la facilidad de mantenimiento y la disponibilidad de repuestos a lo largo de su vida útil.
 - Repuestos: mide la accesibilidad y origen de los componentes de sustitución, así como los plazos de suministro.
 - Instrucción de mecánicos: valora el nivel de formación y medios necesarios para el mantenimiento de primer y segundo escalón.
- **Capacidad frente a amenazas:** este criterio responde a la capacidad real de combate del sistema frente a distintos tipos de amenaza aérea.
 - Capacidad frente a UAS: evalúa la detección, seguimiento y neutralización de RPAS de diferentes tamaños.
 - Capacidad frente a aeronaves de ala fija: evalúa la detección, seguimiento y neutralización de aeronaves de ala fija.
 - Capacidad frente a aeronaves de ala rotatoria: evalúa la detección, seguimiento y neutralización de aeronaves de ala rotatoria.
- **Empleo táctico:** determina la facilidad de despliegue, movilidad y supervivencia del sistema en el campo de batalla.
 - Movilidad: considera la velocidad, autonomía y capacidad de desplazamiento en distintos terrenos.
 - Protección: analiza el nivel de blindaje y protección NBQ de la plataforma.



- Detección: mide la capacidad del sistema para localizar y seguir amenazas.
- Empleo técnico: hace referencia a la formación y adiestramiento necesarios para el uso del sistema para el uso del sistema por parte de operadores y conductores.
 - Instrucción de operadores: analiza el tiempo y la complejidad del adiestramiento en adquisición de blancos, control de tiro y procedimientos de disparo.
 - Instrucción de conductores: evalúa la familiaridad del personal con la plataforma y la necesidad de formación adicional.

4.2.2.3 Segunda etapa. Evaluación de los criterios de valoración

Una vez definidos los criterios que intervienen en la decisión, se procede a establecer su importancia relativa mediante el método de comparaciones por pares impuesto por Saaty.

Este proceso consiste en comparar cada criterio con los demás, asignando una puntuación de acuerdo con la escala mostrada en la Tabla X, que refleja el grado de preferencia de un criterio sobre otro. Si en la tabla se le asigna un valor a un determinado criterio sobre otro, en la parte homóloga se le asignará el valor inverso (se le asigna valor 9 al criterio A sobre el criterio B, el criterio B sobre el criterio A tendrá un valor de 1/9).

Valor	Importancia relativa	Descripción
1	Igual importancia	Ambos criterios aportan la misma relevancia.
3	Moderada importancia	Un criterio es ligeramente más importante que el otro.
5	Fuerte importancia	La experiencia o el juicio favorecen claramente un criterio.
7	Muy fuerte importancia	La evidencia práctica muestra clara superioridad.
9	Importancia extrema	La evidencia y experiencia son concluyentes.

Tabla 5. Escala de Saaty. Fuente:

Una vez realizada la encuesta, se recogieron todas las respuestas y se realizó la media ponderada de los resultados obtenidos. Con estos resultados (utilizando las tablas del software de la Academia de Logística del Ejército de Tierra) se extrajeron los pesos correspondientes.

En el Anexo III se muestran las diferentes tablas de comparaciones entre criterios y subcriterios.

4.2.2.4 Tercera etapa: Evaluación de las alternativas

En este apartado se realiza una matriz por cada subcriterio en la cual se comparan las alternativas con respecto al subcriterio en cuestión. En el Anexo III se pueden comprobar las matrices resultantes de la comparación de criterios y subcriterios y su peso (W) asignado.

4.2.2.5 Cuarta etapa: Jerarquización de las alternativas

En esta etapa se determina cuál de las alternativas es la óptima. Para ello, se muestra una matriz final en la que se aprecia toda la información recabada en las etapas anteriores.

Criterios/Subcriterios	Pesos (W)	MISTRAL	M-SHORAD	SISTEMA PROPUESTO (Guardian 2.0 + Mistral + exMHR Dragón 8x8)
Coste	0,05	0,69	0,11	0,20
– Coste vehículo	0,83	0,70	0,10	0,20
– Coste munición	0,17	0,65	0,15	0,20
Mantenimiento	0,08	0,57	0,33	0,68
– Repuestos	0,67	0,55	0,35	0,70
– Instrucción mecánicos	0,33	0,60	0,30	0,65



Criterios/Subcriterios	Pesos (W)	MISTRAL	M-SHORAD	SISTEMA PROPUESTO (Guardian 2.0 + Mistral + exMHR Dragón 8x8)
Capacidad frente amenazas	0,45	0,17	0,81	0,88
– Contra UAS	0,60	0,10	0,80	0,90
– Contra ala fija	0,15	0,25	0,85	0,85
– Contra ala rotatoria	0,25	0,30	0,80	0,85
Empleo táctico	0,30	0,21	0,83	0,93
– Movilidad	0,30	0,30	0,85	0,90
– Protección	0,20	0,20	0,85	0,90
– Detección	0,50	0,15	0,80	0,95
Empleo técnico	0,12	0,81	0,58	0,71
– Instrucción operadores	0,75	0,85	0,60	0,75
– Instrucción conductores	0,25	0,70	0,50	0,60
PONDERACIÓN FINAL GLOBAL	1,00	0,23	0,33	0,44

Tabla 6. Matriz final con los resultados del método AHP. Fuente: elaboración propia.

4.2.2.6 Interpretación de los resultados obtenidos

De acuerdo con los resultados obtenidos en la aplicación del método AHP, la alternativa que presenta la mayor ponderación global es el sistema multipropósito propuesto con una puntuación final de 0,44. El M-SHORAD estadounidense obtiene una puntuación intermedia de 0,33 mientras que el sistema Mistral actual queda relegado a la última alternativa (0,23).

El criterio de coste presenta un peso reducido dentro del análisis (0,05) pero resulta útil para comprobar la sostenibilidad económica de cada opción. En este caso, es el sistema Mistral la alternativa más económica. Por otra parte, es el sistema americano la opción más costosa, tanto por su dependencia de tecnología extranjera y su munición. El sistema propuesto se sitúa en una posición intermedia, gracias al aprovechamiento de la barcaza del Dragón ya en producción y del uso de componentes nacionales como la torreta Guardian 2.0.

El mantenimiento adquiere una relevancia moderada (0,08) y los resultados demuestran que el sistema propuesto obtiene la mejor puntuación global en este aspecto. El Mistral también obtiene una buena puntuación en este criterio por su sencillez mecánica y baja demanda de repuestos, mientras que el M-SHORAD es penalizado por su complejidad y dependencia de repuestos importados.

El criterio de capacidad frente a amenazas destaca como el más determinante del análisis (0,45). El sistema propuesto obtiene la puntuación más alta pero seguido muy de cerca por el M-SHORAD, mientras que el Mistral actual se queda muy atrás en esta comparativa. Marca la diferencia entre el sistema americano y el propuesto la menor eficacia del M-SHORAD frente a enjambres o microdrones por su menor resolución radar y ausencia de armamento ligero especializado.

El empleo táctico, con un alto peso en la comparativa (0,3) refleja las capacidades de movilidad, protección y detección. Nuevamente, el sistema propuesto alcanza la mayor puntuación (0,92) gracias a la movilidad que otorga la barcaza Dragón 8x8 y a la capacidad de detección autónoma proporcionada por el radar exMHR. El M-SHORAD se mantiene cerca (0,83) pero lo limita su mayor peso y menor agilidad estratégica. El Mistral queda limitado por su movilidad reducida y escasa protección de sus medios.

El criterio de empleo técnico valora la instrucción requerida para el personal. El Mistral obtiene la mayor puntuación por su sencillez de operación. Posteriormente se encuentra el sistema propuesto gracias a su interfaz intuitiva y digital similar a sistemas de armas nacionales.



El M-SHORAD requeriría de un entrenamiento más prolongado y dependiente de procedimientos extranjeros.

El análisis de los cinco criterios pone de manifiesto que el sistema multipropósito planteado representa la opción más equilibrada y eficiente para dotar a las brigadas del Ejército de Tierra de una defensa antiaérea moderna.

4.2.3 Radar Chart

Con la finalidad de obtener un gráfico visual de los resultados obtenidos sobre la comparación del sistema Mistral, el M-SHORAD y la plataforma multipropósito basada en la torreta Guardian 2.0, se procede a realizar un gráfico de tipo *Radar Chart*.

El *Radar Chart* es una herramienta de visualización que permite comparar el rendimiento de varias alternativas frente a un conjunto de criterios. Cada eje del gráfico representa un criterio y las líneas que conectan los puntos muestran el desempeño de cada sistema. Cuanto mayor sea el área cubierta, mejor es el rendimiento global. En este apartado se van a usar todos los subcriterios utilizados en el análisis AHP (véase Tabla X). En el gráfico se muestra en verde el sistema propuesto, en naranja el M-SHORAD y en azul el sistema Mistral.

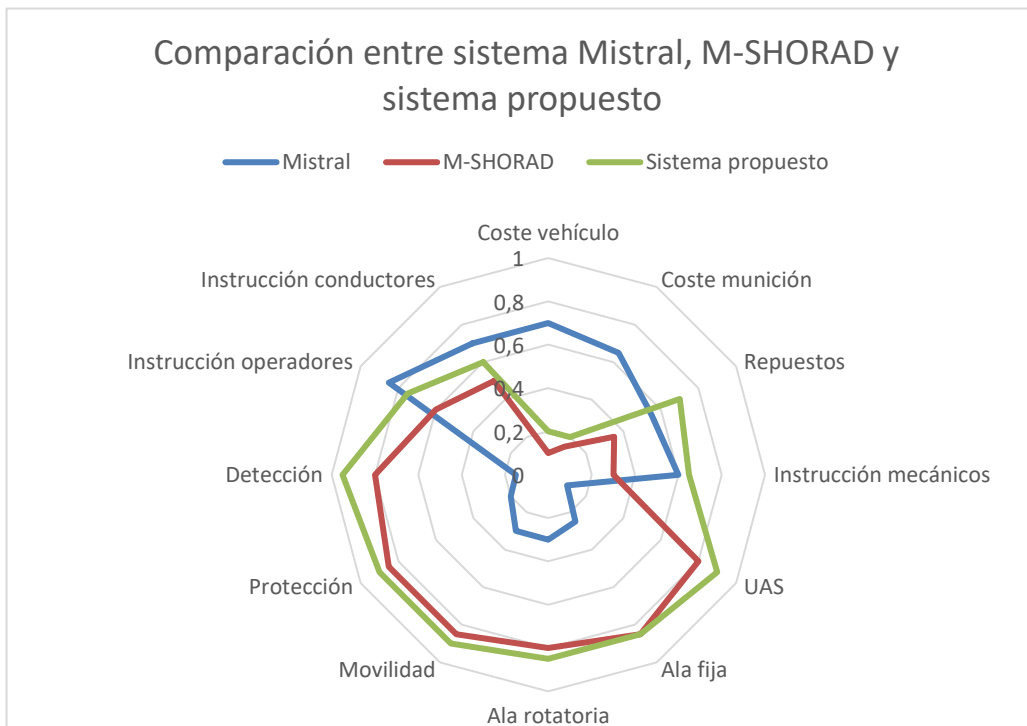


Figura 14. Radar Chart. Comparación entre sistema Mistral, M-SHORAD y Sistema propuesto. Fuente: Elaboración propia

En la figura X se puede apreciar que el sistema Mistral es superior en la instrucción de operadores y conductores y es más económico en términos de costes del vehículo y de la munición.

Por otra parte, se puede observar cómo tanto el sistema M-SHORAD como el sistema propuesto en este trabajo, son superiores en prácticamente todos los demás subcriterios analizados (exceptuando la instrucción de los mecánicos y los repuestos en donde el M-SHORAD es la peor de las alternativas). Ambos sistemas poseen unas características similares pero la diferencia la marca la facilidad de encontrar repuestos del sistema propuesto y la instrucción de los mecánicos, que trabajarían con material más reconocible en el Ejército Español y no dependerían de otra doctrina y otra tecnología extranjera.

Además, este gráfico no tiene en cuenta el peso de cada criterio, con lo cual muestra únicamente la ponderación absoluta de cada alternativa. A diferencia de este método, en el



análisis AHP los criterios más importantes influyen más en la decisión final que los menos relevantes.

Como conclusión, el *Radar Chart* es útil para visualizar los subcriterios que se han tenido en cuenta en la realización del análisis AHP, pero este método no debe tomarse como herramienta definitiva para la toma de decisiones, sino como una manera gráfica de visualizar una comparación entre dos o más alternativas.

4.3 Evaluación del sistema multipropósito. Análisis DAFO

4.3.1 Explicación del método

El análisis DAFO [29] es una herramienta de diagnóstico estratégico que ordena, de forma sintética, los factores internos y externos que condicionan el éxito de un sistema, programa o decisión. En este TFG, el análisis DAFO ha sido empleado para evaluar la implementación de un sistema multiplataforma como sustituto del sistema Mistral. Se estructura en cuatro cuadrantes:

- Fortalezas (F): capacidades internas positivas y ya disponibles.
- Debilidades (D): limitaciones internas negativas o carencias actuales.
- Oportunidades (O): factores externos favorables que pueden aprovecharse.
- Amenazas (A): factores externos desfavorables que pueden comprometer el rendimiento o la implantación del sistema.

4.3.2 Resultado del análisis

El análisis DAFO realizado sobre el sistema multipropósito de defensa antiaérea basado en la torreta Guardian 2.0 ha permitido identificar los principales factores internos y externos que condicionan su implementación en el Ejército de Tierra.

Los resultados muestran un sistema equilibrado, de desarrollo nacional, con una alta capacidad de adaptación táctica y tecnológica, aunque dependiente de la integración industrial y de la validación operativa en entornos reales.



Figura 15. Análisis DAFO del sistema propuesto. Fuente: elaboración propia



4.3.2.1 Fortalezas

- Integración multisensor: la combinación del radar RADA exMHR, los sensores electro-ópticos y el sistema de control de tiro en la Guardian 2.0 proporciona capacidad autónoma de detección, seguimiento e identificación de amenazas aéreas.
- Movilidad y protección elevadas: la barcaza Dragón 8x8 ofrece alta protección y movilidad todo terreno, garantizando supervivencia y despliegue rápido en operaciones avanzadas.
- Sistemas de neutralización avanzados: gracias a las diferentes configuraciones (armamento LAG 40mm y misiles Mistral), se pueden emplear contra todo tipo de amenazas aéreas.
- Interoperabilidad con sistemas nacionales: compatibilidad con COAAAS-L, RAVEN y redes C2, lo que facilita su integración.
- Industria y sostenimiento nacional: participación directa de empresas españolas, que reducen la dependencia exterior y aseguran autonomía logística y tecnológica.

4.3.2.2 Debilidades

- Sistema en fase de integración: la configuración completa (Guardian 2.0 + exMHR + Mistral) requiere validación técnica y pruebas conjuntas para su certificación operativa.
- Capacidad de fuego limitada: el número de misiles por vehículo es reducido (8), que podría limitar la permanencia en combate ante saturación de objetivos.
- Curva de instrucción técnica inicial: el personal debe familiarizarse con los sistemas digitales de control de tiro y gestión C2, especialmente operadores y mecánicos.
- Necesidad de sincronización logística: su éxito depende de la coordinación entre distintos fabricantes nacionales, lo que puede generar retrasos iniciales en producción o integración.

4.3.2.3 Oportunidades

- Consolidación del programa 8x8: la implementación progresiva de esta plataforma en el ET facilita su adaptación sin requerir nuevos vehículos base.
- Expansión del mercado C-UAS: el aumento de la amenaza por drones en escenarios híbridos genera una necesidad real de soluciones de defensa de corto alcance, donde el sistema propuesto puede situarse como referencia.
- Potencial exportador: su carácter nacional y modular lo hace atractivo para países aliados con presupuestos intermedios o que busquen independencia tecnológica frente a soluciones estadounidenses.
- Evolución tecnológica escalable: la arquitectura abierta del sistema permite incorporar en el futuro sensores RF, armas láser o munición inteligente sin rediseñar la torreta.

4.3.2.4 Amenazas

- Competencia internacional consolidada: sistemas como el M-SHORAD o el Hybrid BIHO surcoreano ya están en servicio y gozan de experiencia operativa, dificultando la entrada en el mercado exterior.
- Rápida evolución de la amenaza aérea: los UAS y municiones merodeadoras evolucionan en tamaño, velocidad y coordinación, obligando a actualizaciones constantes del software y del radar.
- Riesgo de fragmentación industrial: la falta de una estructura de liderazgo único en el



desarrollo podría ralentizar la estandarización o el soporte postventa del sistema.

4.3.3 Síntesis del análisis

El sistema propuesto presenta un balance claramente favorable, destacando por su autonomía nacional, integración tecnológica y adaptación al entorno C-UAS moderno. Las oportunidades externas, unidas al marco europeo de defensa y al crecimiento del mercado antidrón, refuerzan su viabilidad estratégica y operativa a medio plazo.

4.4 Viabilidad de la versión AAA del 8x8 Dragón

El estudio realizado a lo largo de este trabajo permite concluir que la creación de una versión antiaérea del VCR 8x8 Dragón no solo es técnicamente viable, sino que también es necesaria para reforzar la capacidad de defensa de las unidades de maniobra frente a las nuevas amenazas aéreas del campo de batalla moderno. La integración de un sistema de sistemas multipropósito sobre la plataforma Dragón aportaría movilidad, autonomía y flexibilidad operativa, combinando en un único vehículo capacidades de detección, seguimiento y neutralización de amenazas aéreas de distinta naturaleza.

En primer lugar, se considera esencial incorporar un sistema de misiles de corto alcance que garantice la defensa frente a aeronaves tripuladas y UAV de gran tamaño. El sistema Mistral 3, ya en dotación en el Ejército de Tierra, constituye la opción más lógica por su fiabilidad, interoperabilidad y facilidad de integración en la doctrina actual. Este, proporcionaría una base sólida para la defensa de corto alcance, integrándose en el sistema C2 mediante los enlaces ya existentes con el COAAAS-L y los radares tácticos de la red nacional.

Para el enfrentamiento de amenazas más pequeñas (drones o LM) se propone la incorporación de un sistema Hard-Kill basado en la torreta Guardian 2.0 de Escribano, equipada con un cañón automático de 30mm con munición de proximidad programable y sensores electro-ópticos de puntería. Este conjunto ofrece una respuesta cinética eficaz en el rango de 500m a 2,5 km, complementada con un módulo de guerra electrónica de baja potencia (interferencia selectiva de datalinks o GNSS) que actúe como primera capa de defensa no letal. La modularidad de esta torreta y su disponibilidad nacional facilitan su adaptación estructural al Dragón.

En cuanto a los radares de vigilancia, el sistema integra un radar 3D de corto alcance tipo Saab Giraffe 1X, que proporcionaría detección en altura y capacidad de rastreo de múltiples blancos en movimiento. Este radar actuaría como sensor primario del vehículo, mientras que el radar Indra RAVEN, ya empleado en las unidades Mistral, continuaría sirviendo como sensor de red dentro del nivel batería o brigada. Para la adquisición y seguimiento, los sensores EO/IR integrados en la torreta Guardian 2.0 completarían el ciclo de identificación, permitiendo la designación de blancos incluso bajo condiciones meteorológicas adversas o en entornos de interferencia electromagnética.

La gestión de todos estos elementos requeriría un software de control y visualización similar al empleado por la Unidad de Control de Enganche (UCE) del COAAAS-L, pero adaptado al entorno vehicular. Esta interfaz permitiría al jefe del sistema disponer de una visión unificada del espacio aéreo dentro de su sector, mostrando en tiempo real la situación táctica, los datos de radar, las trayectorias de las amenazas y las órdenes de prioridad de fuego. La automatización de procesos reduciría el tiempo de reacción y facilitaría la coordinación con otras plataformas dentro del sistema de defensa aérea.

Respecto a la integración con el sistema de mando y control (C2), el Dragón-AAA se conectaría al COAAAS-L mediante enlaces de datos seguros, compartiendo información con otras unidades Mistral, con el sistema de defensa aérea de la Brigada y, en última instancia, con el Sistema de Defensa Aérea del Ejército del Aire (SIMDA/SACTA). De esta forma, el vehículo actuaría como nodo táctico móvil dentro de la red de defensa aérea nacional, manteniendo



interoperabilidad con plataformas de mayor alcance (NASAMS, Patriot o similar) y contribuyendo a la cobertura por capas.

En el ámbito técnico, los estudios de integración en la barcaza del VCR 8x8 Dragón muestran que la plataforma dispone de capacidad suficiente en volumen, peso y energía para alojar el conjunto de sistemas propuestos. El Dragón, con una masa máxima cercana a 33 t y una potencia de 720 CV, ofrece un margen estructural suficiente para soportar una torre con radar, sensores y lanzadores sin comprometer su movilidad. Su arquitectura eléctrica y de comunicaciones basada en buses digitales facilita la instalación de sistemas electrónicos de misión, mientras que la disponibilidad de un grupo auxiliar de potencia (APU) o baterías reforzadas garantizaría el funcionamiento de los sensores en posiciones estáticas sin necesidad de mantener el motor principal en marcha. Además, la protección NBQ y el espacio interior permiten que la tripulación opere desde el interior del vehículo, con total seguridad y sin exposición directa a fuego enemigo o condiciones ambientales adversas.

En conjunto, el Dragón-AAA multipropósito que se plantea en este trabajo representa una evolución natural del sistema Mistral, adaptada a las exigencias de la guerra moderna. La combinación de misiles, cañón, radar 3D, sensores electroópticos y guerra electrónica, gestionados de forma centralizada e integrados en la red C2 del Ejército, ofrece una solución equilibrada, escalable y de fabricación nacional. Su desarrollo reforzaría la autonomía tecnológica y operativa del Ejército de Tierra, aportando una herramienta capaz de enfrentarse con eficacia tanto a aeronaves tripuladas como a la creciente amenaza de los UAS en el entorno táctico actual.



5 CONCLUSIONES

Con este trabajo se ha conseguido aportar una propuesta para adaptar el 8x8 Dragón, haciendo una versión AAA del mismo.

En primer lugar, se estudió el material que se posee actualmente en el Ejército de Tierra y que se debería sustituir por la propuesta del proyecto. Además, se analizan las diferentes amenazas a las que se están haciendo frente en los escenarios actuales. Para la creación del nuevo sistema, se establecieron inicialmente los requisitos funcionales de un nuevo sistema de DAA SHORAD mediante la herramienta *Brainstorming*. Así, se llegó a la conclusión de que el sistema buscado debería mejorar al sistema Mistral en diferentes limitaciones como la capacidad de detección, movilidad, protección del personal y capacidad de enfrentarse a amenazas modernas como los UAS.

En segundo lugar, se realizó un estudio comparativo entre las dos alternativas propuestas anteriormente para sustituir al sistema Mistral y el propio sistema Mistral. Dicha comparación se realizó mediante un *Focus Group* con la finalidad de identificar las limitaciones del Mistral y las ventajas del sistema M-SHORAD y la plataforma Guardian 2.0. Como resultado de estas comparaciones, se extrajo que el sistema Mistral es fiable, pero limitado en movilidad, capacidad de detección por el radar RAVEN e insuficiente frente a amenazas como drones o enjambres. Por otra parte, el sistema M-SHORAD es una buena alternativa que cubre las limitaciones del sistema Mistral, pero es una opción muy costosa y dependiente de tecnología y procedimientos extranjeros; en cambio la plataforma multipropósito nacional es una opción equilibrada que también cubriría las limitaciones del sistema Mistral y menos costosa y más equilibrada que el sistema estadounidense.

Seguidamente, se compararon las alternativas de forma cualitativa mediante un análisis AHP. Según los resultados obtenidos en la tabla final (véase Tabla 10), el sistema basado en la torreta Guardian 2.0 resultó superior a las otras dos alternativas, con una puntuación del 44 % frente al 33% del M-SHORAD y al 23% del Mistral. A modo de apoyo, se elaboró un gráfico tipo Radar Chart con la finalidad de apreciar visualmente los criterios evaluados para las alternativas del análisis AHP (véase figura X).

Para finalizar, se realizó la evaluación del sistema Multiplataforma propuesto mediante un análisis DAFO, en el que se llegó a la conclusión de que sería un avance considerable su implementación en el Ejército de Tierra como sustitución del sistema Mistral ya que supondría una mejora en términos tecnológicos y en capacidades frente a amenazas aéreas además de ir de la mano con el marco de Defensa europeo.

Como conclusión, la unión de los diferentes sistemas empleados y tomando como base la barcaza del Dragón 8x8 y la torreta Guardian 2.0 de la empresa Escribano, supone un sistema de DAA SHORAD viable para su adaptación e integración en el Ejército de Tierra, equilibrado, capaz de hacer frente a los desafíos actuales y asequible económicamente.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GMS Plesium. (s. f.). Integración para Mistral en vehículo ligero. Recuperado el 28 de octubre de 2025, de <https://gmsplesium.com/productos/afustes/integracion-para-mistral-en-vehiculo-ligero/>
- [2] Ejército de Tierra. (s. f.). Sistema Mistral portátil (MAMPAD). Recuperado de <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Madrid/maa/material/>
- [3] IAI – Israel Aerospace Industries. (s. f.). Harop loitering munition operational concept. Recuperado de <https://www.iai.co.il/p/harop>
- [4] U.S. Army. (2023). Moog Reconfigurable Integrated-Weapons Platform (RIWP). Recuperado de <https://asc.army.mil/web/portfolio-item/ms-moog-riwp/>
- [5] L3Harris Technologies. (2022). MX-GCS Electro-Optical/Infrared (EO/IR) Targeting System. Recuperado de <https://www.l3harris.com/all-capabilities/wescam-mx-gcs-independent-stabilized-sighting-system>
- [6] Mediapaper. (2023). South Korea's Hybrid BIHO short-range air defense system. Recuperado el 28 de octubre de 2025, de <https://www.mediapaper.kr/m/3991>
- [7] Infodefensa. (2023, 21 de diciembre). Rheinmetall confirma pedidos en Dinamarca: otro éxito más para su torre de 30 mm sobre 8x8. Recuperado el 28 de octubre de 2025, de <https://www.defensa.com/otan-y-europa/rheinmetall-confirma-pedidos-dinamarca-otro-exito-mas-torre-8x8>
- [8] Escribano Mechanical & Engineering. (2024). Guardian 2.0 – estación remota de armas antidrón. Recuperado de <https://escribanomechanical.com/guardian-2-0/>
- [9] RADA – DRS Technologies. (2022). exMHR Multi-Mission Hemispheric Radar on 4x4 armored vehicle. Recuperado de <https://rada.com/radar/exmhr/>
- [10] El Debate. (2024, 19 de marzo). El primer VCR 8x8 Dragón de Infantería, en la recta final de su fabricación. Recuperado el 28 de octubre de 2025, de https://www.eldebate.com/espana/defensa/20240319/primer-vcr-8x8-dragon-infanteria-recta-final-fabricacion_182387.html
- [11] Hermandad Provincial de Legionarios y FAS. (s. f.). La Legión. Recuperado el 28 de octubre de 2025, de <https://hermandadprovinciallegionariosyfas.blogspot.com/p/la-legion.html>
- [12] Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC). (2020). PD4-306. Táctica. Empleo de la batería Mistral. Publicación doctrinal del Ejército de Tierra. Centro Geográfico del Ejército, Ministerio de Defensa, Granada.
- [13] MADOC Ejército de Tierra [@MADOC_ET]. (2018, 25 de noviembre). Publicación sobre la formación y adiestramiento en el Mando de Adiestramiento y Doctrina del ET. [Publicación en X]. Recuperado el 28 de octubre de 2025, de https://x.com/MADOC_ET/status/1066605600266747904
- [14] De Haro, D. (2022). Implantación de un sistema de defensa antiaérea M-SHORAD en una brigada del Ejército de Tierra [Trabajo Fin de Grado, Centro Universitario de la Defensa]. Repositorio Zaguán, Universidad de Zaragoza.
- [15] Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC). (2016). PD4-300. Empleo de la Artillería



Antiaérea. Tomo I. Ministerio de Defensa.

[16] Ministerio de Defensa. (2024). Observaciones de la guerra de Ucrania (01ENE23–31MAY24). MADOC, Granada.

[17] Escribano Mechanical & Engineering. (s. f.). Guardian – estación remota de armas modular. Recuperado el 28 de octubre de 2025, de <https://eme-es.com/guardian/>

[18] U.S. Department of the Army. (2016). ATP 3-01.8. Techniques for Combined Arms for Air Defense. Headquarters, Department of the Army, Washington D.C.

[19] Congressional Research Service. (2020). U.S. Army Short-Range Air Defense Force Structure and Selected Programs: Background and Issues for Congress (R46463). Washington, D.C.

[20] Missile Defense Advocacy Alliance (MDAA). (2024). Maneuver Short-Range Air Defense (M-SHORAD).

[21] Leonardo DRS. (2024). Maneuver Short-Range Air Defense (M-SHORAD).

[22] General Dynamics Land Systems. (2024). Stryker A1 IM-SHORAD Platform Overview.

[23] Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC). (2020). TRA 2070 R. Informe respuesta del OFEN en el TRADOC (US Army) sobre plataforma antiaérea dual cañón y misil. Ejército de Tierra, Ministerio de Defensa, Granada.

[24] «U.S. Army's Maneuver Short-Range Air Defense (M-SHORAD) System,» Congressional Research Service, 28 10 2025.

[25] R. W. Saaty, «The analytic hierarchy process. What it is and how it is used,» Pergamon Journals Ltd, 1987, pp. 161-176.

[26] J. M. M. Jiménez, «El proceso analítico jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones.,» 2002.

[27] C. Ruíz López, Metodología AHP. CUD Zaragoza, Zaragoza, 2020.

[28] R. A. & C. M. A. Krueger, «Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research (5th ed.),» 5 ed., SAGE Publications., 2015.

[29] D. W. & W. S. Pickton, «What's SWOT in strategic analysis? Strategic Change,» 1988, pp. 101-109.





Anexo I: Guion *Brainstorming*

i. Introducción

El *Brainstorming* es una técnica de trabajo grupal utilizada para generar y recopilar el mayor número posible de aportaciones cualitativas en torno a un tema específico. Su aplicación permite integrar desde diferentes puntos de vista para alcanzar una visión más completa del problema o de la solución analizada.

En el contexto de este Trabajo de Fin de Grado, el objetivo principal del brainstorming fue recoger la opinión y valoración cualitativa de personal con experiencia en defensa antiaérea sobre el sistema Mistral actual. El propósito fue identificar las limitaciones y líneas de mejora del sistema actual, así como obtener información complementaria que ayudara a consolidar los resultados obtenidos mediante el análisis multicriterio AHP.

La sesión comenzó con una explicación detallada del problema a resolver. Una vez se comprendieron los puntos clave, se procedió a la primera ronda de ideas. Posteriormente, se llevó a cabo una discusión sobre la viabilidad de las propuestas iniciales que dio paso a una segunda ronda de ideas. Finalmente, se recopilaron las aportaciones finales y se elaboró un informe que recogió las conclusiones obtenidas.

ii. Guión del Brainstorming

- ¿Qué capacidades de detección y seguimiento debería incorporar el nuevo sistema para mejorar las limitaciones del sistema Mistral?
- ¿De qué manera podría mejorarse la movilidad y la autonomía táctica del sistema?
- ¿Qué medidas adicionales de protección deberían implementarse para incrementar la supervivencia de la tripulación y del vehículo?
- ¿Qué soluciones permitirían que el nuevo sistema se enfrentara eficazmente a la amenaza creciente de los UAS y municiones merodeadoras?
- ¿Qué ajustes logísticos y de mantenimiento serían necesarios para adaptar el nuevo sistema a la infraestructura existente del programa 8x8 Dragón?
- ¿Qué tipo de armamento o configuraciones serían más adecuados para garantizar una defensa eficaz frente a diferentes niveles de amenaza aérea?

iii. Resumen y conclusiones

Se resumen los puntos clave y las ideas más relevantes surgidas durante la reunión. Al finalizar, se agradece la participación y contribución de los participantes y se realiza un informe final de la misma.



Anexo II: Guion Focus Group

Identificación de limitaciones del sistema Mistral y ventajas del sistema M-SHORAD y plataforma multipropósito

i. Introducción

Antes de iniciar la reunión, los participantes se presentarán, indicando su empleo, antigüedad y puesto táctico. Seguidamente, se explicará el propósito de la reunión, proporcionándoles información sobre el material a tratar y los objetivos que se buscan.

ii. Explicación del método

Se proporciona una descripción de la metodología del *Focus Group*, destacando su finalidad: identificar las limitaciones del sistema Mistral y evaluar las ventajas del sistema M-SHORAD y de la plataforma multipropósito propuesta.

iii. Guión

- ¿Cómo valora la capacidad de detección y neutralización de amenazas de ala fija del sistema Mistral actual?
- ¿Cómo considera la eficacia del sistema Mistral frente a amenazas de ala rotatoria, especialmente helicópteros de ataque o transporte?
- ¿Cómo evalúa la capacidad del sistema Mistral para detectar y neutralizar amenazas UAS de diferentes tamaños y características?
- Desde su experiencia, ¿cuáles son las principales limitaciones operativas, tácticas o tecnológicas del sistema Mistral en el entorno actual?
- ¿Qué ventajas tecnológicas y operativas cree que aporta el sistema M-SHORAD frente a las limitaciones detectadas en el Mistral?
- ¿Qué dificultades de integración podría presentar el M-SHORAD dentro de las unidades de maniobra del Ejército de Tierra español (por logística, mantenimiento o interoperabilidad)?
- ¿Cómo valora su capacidad de adaptación frente a amenazas emergentes, especialmente drones y municiones merodeadoras?
- ¿Qué mejoras concretas cree que aportaría el sistema propuesto frente al Mistral en cuanto a detección, protección y movilidad?
- ¿Qué ventajas operativas destacaría respecto al M-SHORAD en términos de modularidad, sostenimiento y coste?
- ¿Cómo considera la capacidad del sistema propuesto para integrarse dentro de los sistemas de mando y control nacionales (COAAAS-L, RAVEN, SIMACA)?
- ¿Qué retos técnicos o logísticos anticipa para la implantación del sistema propuesto en las brigadas del Ejército de Tierra?

iv. Resumen y agradecimientos.

Se resumieron los puntos clave y las ideas más relevantes surgidas durante la reunión. Se agradece a los participantes y se realiza un informe final de la reunión.



Anexo III: Resultados del cuestionario para la realización del Análisis AHP

A continuación, se muestran los resultados del cuestionario realizado para la elaboración del análisis AHP, tanto de la jerarquización de los criterios como la evaluación de las alternativas.

Resultados tercera etapa. Evaluación de las alternativas

CRITERIO	COSTE	MANTENIMIENTO	CAPACIDAD FRENTE A AMENAZAS	EMPLEO TÁCTICO	EMPLEO TÉCNICO	PESO	RI: 0,08
COSTE	1	1/2	1/7	1/9	1/5	0,05	
MANTENIMIENTO	2	1	1/5	1/7	1/3	0,08	
CAPACIDAD FRENTE A AMENAZAS	7	5	1	2	3	0,45	
EMPLEO TÁCTICO	9	7	1/2	1	2	0,30	
EMPLEO TÉCNICO	5	3	1/3	1/2	1	0,12	

Tabla 7. Evaluación de criterios. Fuente: elaboración propia

COSTE	COSTE VEHÍCULO	COSTE MUNICIÓN	PESOS
COSTE VEHÍCULO	1	5	0,83
COSTE MUNICIÓN	1/5	1	0,17

Tabla 8. Evaluación del criterio coste. Fuente: elaboración propia

MANTENIMIENTO	REPUESTOS	INSTRUCCIÓN MECÁNICOS	PESOS
REPUESTOS	1	2	0,67
INSTRUCCIÓN MECÁNICOS	1/2	1	0,33

Tabla 9. Evaluación del criterio mantenimiento. Fuente: elaboración propia



Álvaro González Arroyo

CAPACIDAD AMENAZAS	UAS	ALA FIJA	ALA ROTATORIA	PESOS
UAS	1	5	3	0,6
ALA FIJA	1/5	1	1/2	0,15
ALA ROTATORIA	1/3	2	1	0,25

Tabla 10. Evaluación del criterio capacidad ante amenazas. Fuente: elaboración propia

EMPLEO TÁCTICO	MOVILIDAD	PROTECCIÓN	DETECCIÓN	PESOS
MOVILIDAD	1	2	1/2	0,30
PROTECCIÓN	1/2	1	1/3	0,20
DETECCIÓN	2	3	1	0,50

Tabla 11. Evaluación del criterio empleo táctico. Fuente: elaboración propia

EMPLEO TÉCNICO	INSTRUCCIÓN OPERADORES	INSTRUCCIÓN CONDUCTORES	PESOS
INSTRUCCIÓN OPERADORES	1	3	0,75
INSTRUCCIÓN CONDUCTORES	1/3	1	0,25

Tabla 12. Evaluación del criterio empleo técnico. Fuente: elaboración propia

Resultados cuarta etapa.

- Coste vehículo

Coste vehículo	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	7	4	0,70



Álvaro González Arroyo

M-SHORAD	1/7	1	1/2	0,10
Sistema propuesto	1/4	2	1	0,20

Tabla 13. Evaluación de las alternativas con el subcriterio coste vehículo. Fuente: elaboración propia.

- Coste munición

Coste munición	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	4	3	0,65
M-SHORAD	1/4	1	1/2	0,15
Sistema propuesto	1/3	2	1	0,20

Tabla 14. Evaluación de las alternativas con el subcriterio coste munición. Fuente: elaboración propia.

- Repuestos

Repuestos	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	2	1/2	0,34
M-SHORAD	1/2	1	1/2	0,22
Sistema propuesto	2	2	1	0,44

Tabla 15. Evaluación de las alternativas con el subcriterio repuestos. Fuente: elaboración propia.

- Instrucción mecánicos

Instrucción mecánicos	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	2	1	0,39
M-SHORAD	1/2	1	1/2	0,19



Álvaro González Arroyo

Sistema propuesto	1	2	1	0,42
-------------------	---	---	---	------

Tabla 16. Evaluación de las alternativas con el subcriterio instrucción mecánicos. Fuente: elaboración propia.

- Capacidad frente a UAS

Capacidad frente a UAS	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	1/8	1/9	0,06
M-SHORAD	8	1	1	0,44
Sistema propuesto	9	1	1	0,50

Tabla 17. Evaluación de las alternativas con el subcriterio capacidad frente a UAS. Fuente: elaboración propia.

- Capacidad contra ala fija

Capacidad contra ala fija	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	1/3	1/3	0,13
M-SHORAD	3	1	1	0,44
Sistema propuesto	3	1	1	0,44

Tabla 18. Evaluación de las alternativas con el subcriterio capacidad frente a ala fija. Fuente: elaboración propia.

- Capacidad contra ala rotatoria

Capacidad contra ala rotatoria	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	1/3	1/3	0,15
M-SHORAD	3	1	1	0,41



Álvaro González Arroyo

Sistema propuesto	3	1	1	0,44
-------------------	---	---	---	------

Tabla 19. Evaluación de las alternativas con el subcriterio capacidad frente a ala rotatoria. Fuente: elaboración propia.

- Movilidad

Movilidad	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	1/3	1/3	0,15
M-SHORAD	3	1	1	0,41
Sistema propuesto	3	1	1	0,44

Tabla 20. Evaluación de las alternativas con el subcriterio movilidad. Fuente: elaboración propia.

- Protección

Protección	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	1/4	1/5	0,10
M-SHORAD	4	1	1	0,44
Sistema propuesto	5	1	1	0,46

Tabla 21. Evaluación de las alternativas con el subcriterio protección. Fuente: elaboración propia.

- Detección

Detección	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	1/5	1/6	0,08
M-SHORAD	5	1	1	0,42
Sistema propuesto	6	1	1	0,50

Tabla 22. Evaluación de las alternativas con el subcriterio detección. Fuente: elaboración propia.



- Instrucción operadores

Instrucción operadores	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	2	1	0,39
M-SHORAD	1/2	1	1/2	0,27
Sistema propuesto	1	2	1	0,34

Tabla 23. Evaluación de las alternativas con el subcriterio instrucción operadores. Fuente: elaboración propia.

- Instrucción conductores

Instrucción conductores	Mistral	M-SHORAD	Sistema propuesto	Pesos (W)
Mistral	1	2	1	0,39
M-SHORAD	1/2	1	1	0,28
Sistema propuesto	1	1	1	0,33

Tabla 24. Evaluación de las alternativas con el subcriterio instrucción conductores. Fuente: elaboración propia.

Anexo IV: Orgánica de la BRILEG

La Brigada “Rey Alfonso XIII” II de La Legión (BRILEG) constituye una gran unidad de entidad brigada encuadrada en la División “Castillejos” dependiente de la Fuerza Terrestre (FUTER).

Con base principal en Viator (Almería) la BRILEG es una de las unidades de maniobra con mayor grado de disponibilidad y capacidad de proyección en el exterior.

Además, la BRILEG se estructura en tercios y banderas, que corresponden a regimientos y batallones respectivamente. En la siguiente figura podemos ver la estructura orgánica de la Brigada:



Figura 16. Estructura orgánica de la BRILEG. Fuente: [11]

Aunque la BRILEG integra una parte significativa de estos Tercios y Banderas, otras pertenecen a diferentes Comandancias o Mandos. A continuación, se procede a detallar estas unidades:

- Tercio “Gran Capitán” 1º de la Legión: depende de la Comandancia General de Melilla. Compuesto por:
 - Bandera de Infantería Protegida “España” I/1.
 - Compañía de Defensa Contracarro (DCC)
- Tercio “Duque de Alba” 2º de la Legión: subordinado a la Comandancia General de Ceuta. Compuesto por:
 - Bandera de Infantería Protegida “Cristo de Lepanto” IV/2
 - Compañía DCC
- XIX Bandera de Operaciones Especiales “Caballero Legionario Maderal Oleaga”: encuadrada en el Mando de Operaciones (MOE).

Seguidamente, se detallan las unidades que sí pertenecen orgánicamente a la BRILEG:

- Tercio “Don Juan de Austria” 3º de la Legión.
 - Bandera de Infantería Ligera Protegida VII/3 “Valenzuela”
 - Bandera de Infantería Ligera Protegida VIII/3 “Colón”
- Tercio “Alejandro Farnesio” 4º de la Legión.
 - Bandera de Infantería Ligera X/4 “Millán Astray”.

Dentro de las mismas, como unidades de apoyo orgánicas dentro de la BRILEG:

- Cuartel General



- Bandera de Cuartel General II
 - Compañía DCC.
 - Compañía de Transmisiones.
 - Unidad de Inteligencia.
 - Unidad de música de la Legión.
- Grupo de Caballería Ligero Acorazado “Reyes Católicos” II de la Legión.
- GACA II de la Legión.
- Bandera de Zapadores II de la Legión.
- Grupo Logístico II de la Legión.

El Grupo de Artillería es el encargado de proporcionar los apoyos a las unidades de maniobra mediante fuegos potentes, precisos y profundos. Está compuesto por:

- 3 Baterías Light-Gun.
- Batería Mistral.
- Plana Mayor de Mando.
- Batería de Plana.
- Batería de Servicios.

Anexo V: Bía Mistral

i. Composición

La Batería Mistral constituye la unidad básica de artillería antiaérea de muy baja cota. Su organización se debe a la necesidad de integrar elementos de mando y control, fuego y apoyo logístico que permitan empeñarse de manera autónoma en operaciones limitadas en espacio y tiempo.

En función de su encuadramiento se distinguen baterías de tipo A (orgánicas de un Grupo de Artillería de Campaña en una brigada) o tipo B (orgánica de una unidad del MAAA).

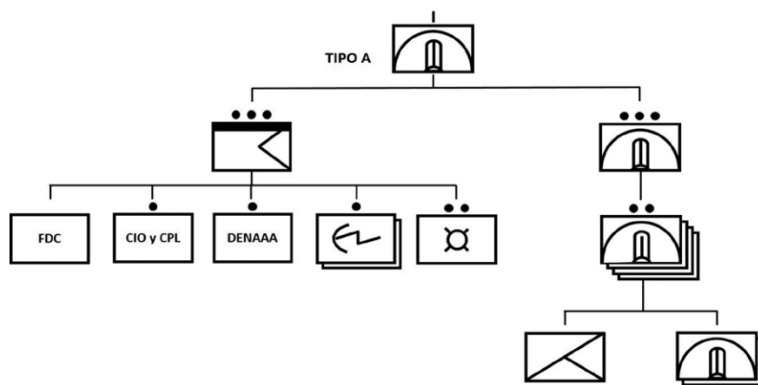


Figura 17. Batería Mistral tipo A. Fuente:[12]

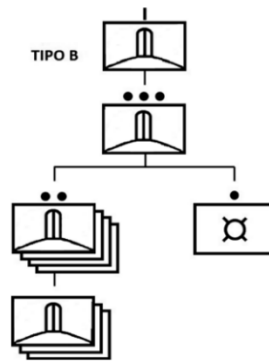


Figura 18. Batería Mistral tipo B. Fuente:[12]

ii. Mando de la batería

El jefe de la batería es el responsable de la instrucción y del adiestramiento, del apoyo logístico y del empleo táctico. Cuando la batería constituye una UDAA con cometido de dar protección antiaérea a una organización operativa, su jefe ejerce de JAAA/ADCOORD (jefe de artillería antiaérea/ coordinador de defensa de área).

En este caso sus misiones son:

- Asesorar al jefe de la organización operativa en lo relacionado a DAA.
- Participar en el planeamiento de la organización operativa integrando la función defensa aérea.
- Ejercer el mando de la UDAA.
- Elaborar y difundir las normas operativas e instrucciones de coordinación.
- Establecer el plan logístico para abastecimiento y mantenimiento de la batería.

iii. La sección de Plana Mayor y Servicios

Su mando es el 2º jefe de la batería. Coordina la ejecución de las actividades que desarrollan los diferentes núcleos que forman la UDAA. Propone al jefe de batería las NOP logísticas de abastecimiento, mantenimiento y municionamiento y supervisa la ejecución de las funciones logísticas. Es además el oficial de control táctico (*Tactical Control Officer*, TCO), asegura la integración de la UDAA en la estructura de defensa aérea y dirige el combate antiaéreo. Ejerce también las funciones de transmisiones de la unidad y de oficial de guerra electrónica, asegurando el establecimiento y mantenimiento de las mallas de transmisiones necesarias con el FDC, radares y puestos de tiro (PT).

Es el encargado de recibir, elaborar y difundir las órdenes, partes e informes relativos al combate antiaéreo. Por otro lado, recibe informes de los pelotones Mistral, de los despliegues de estos y extrae información de los INFOPOS sobre las zonas ocultas de las piezas. Es el responsable de la instrucción del FDC.

El jefe del equipo FDC auxilia al FDO y es responsable de la instrucción del FDC, su estado operativo y su mantenimiento. Debe de ser capaz de sustituir al FDO si fuese necesario, registra todo lo concerniente a trazas y unidades subordinadas y transmite a estas la dirección de vigilancia y el sector de acción preferente.

Los jefes de los equipos RADAR operan los radares de vigilancia RAVEN, realizan el INFOPOS (informe de zonas apantalladas) y lo comunican al CIO (Centro de Información y Operaciones). Además, instruyen al equipo radar y son responsables del mantenimiento y los medios radar.

El jefe del equipo CIO/CPL (Centro de Personal y Logística) es el jefe de la sección de lanzadores y responsable de la instrucción de su equipo. Su misión incluye colaborar con la



puesta en servicio y correcto funcionamiento de este. El auxiliar debe estar preparado para dar continuidad al funcionamiento del CIO/CPL ante la ausencia del jefe de la sección de lanzadores. Entre las responsabilidades del puesto, se incluyen la actualización del diario de operaciones, el plano de situación y el control de munición. Recibe también informes sobre el estado operativo y logístico de los pelotones mistral.

El jefe del equipo DENAAA (Destacamento de Enlace de Artillería Antiaérea) es responsable de la instrucción de su equipo, de la puesta en servicio y el correcto funcionamiento de esta. Desempeña sus funciones en el TOC (Centro de Operaciones Tácticas) de la organización operativa protegida o el PCAA (Puesto de Mando de Artillería Antiaérea) de la unidad superior.

El jefe del pelotón de servicios es responsable directo del funcionamiento de los servicios y el abastecimiento de la batería. Instruye al personal de su pelotón y es el responsable del estado operativo y mantenimiento de los medios.

Por último, el jefe del pelotón de municionamiento dirige y coordina la actuación del pelotón de municionamiento, recibe del PCAA de batería la orden de reposición de munición y lleva a cabo el municionamiento de los pelotones teniendo en cuenta las medidas de seguridad con respecto al transporte y manipulación de esta.

iv. 3.2.1.3 La sección de Lanzadores

Además de ser el jefe de la sección de lanzadores, es el jefe del CIO/CPL. La sección está compuesta por:

- Cuatro pelotones de lanzadores.
- Tres puestos de tiro por pelotón.
- Un equipo de reconocimiento por pelotón.

El empleo táctico de la batería mistral responde a la necesidad de defender puntos, zonas o apoyar a organizaciones operativas de nivel brigada o inferior. Para el cumplimiento de la misión se pueden llevar a cabo los siguientes cometidos genéricos:

- Defensa de zona
- Defensa de punto
- Protección de fuerzas

Además, como cometidos particulares se destacan:

- Defensa de itinerario
- Defensa de cinturón
- Acompañamiento
- Emboscada antiaérea

A continuación, se procede a desarrollar los cometidos genéricos:

- Defensa de zona: la batería protege un área o zona de terreno en la que no se establecen prioridades para la defensa de elementos específicos incluidos en ella. Se pretende, fundamentalmente, impedir que el enemigo lleve a cabo operaciones aéreas de cualquier tipo en un área o zona determinada. La batería Mistral puede cubrir de 225 a 400 km² con un despliegue rectangular y cumpliendo el criterio de apoyo mutuo. El pelotón abarcaría una zona de no más de 150 km².
- Defensa de punto: la batería/pelotón protege un elemento o instalación vital, con la idea de evitar que sea destruido o dañado por acciones aéreas del enemigo. Se coordinará con las capacidades y elementos de las instalaciones a proteger; por ejemplo, usando el radar de una base aérea con mayor alcance y capacidad de detección que el radar RAVEN. Normalmente, se desplegará adoptando una



defensa equilibrada, situando los puestos de tiro (PT) de forma regular en torno al objetivo a defender.

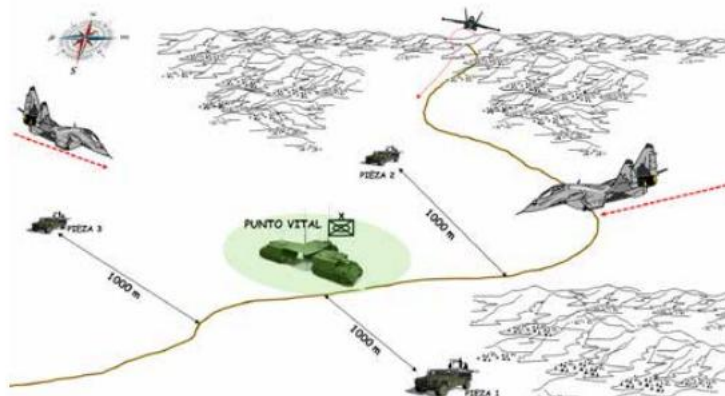


Figura 19. Defensa ponderada de punto. Fuente:[12]

- Protección de fuerzas: cometido orientado a proporcionar seguridad a una fuerza contra las acciones de los medios aéreos enemigos. El principio de movilidad adquiere especial relevancia, ya que la zona de despliegue, cobertura y cambio de asentamientos de la batería/pelotón estará ligada a la maniobra de la unidad apoyada. La labor de coordinación entre la unidad apoyada y la batería/pelotón Mistral se ejercerá a través del DENAAA.

v. Tipos de despliegues

Respecto al despliegue de la batería Mistral, se tendrán en cuenta no solo las capacidades y características de los puestos de tiro, sino también de los radares RAVEN y el PCUDAA. Tanto los radares RAVEN como el PCUDAAA desplegarán teniendo en cuenta la situación táctica, el terreno, las zonas apantalladas, las posibles avenidas de aproximación del enemigo y las comunicaciones con los terminales inteligentes (TI) de sus puestos de tiro, con los PCAA superior y colateral, y entre ellos.

A continuación, se exponen diferentes tipos de despliegues:

- Despliegue rectangular: se traduce en la coordinación del despliegue de los cuatro pelotones de la sección. La distancia entre piezas dentro de cada pelotón será de 1,5 a 3,5 km, y un intervalo entre pelotones de no más de 7 km. En función de estos datos y los medios de detección, se obtienen las superficies máximas teóricas que cubre una batería.

Detección (km)	Distancia entre piezas de un mismo pelotón (km)	Superficie cubierta (km)
10	3,5	400
8	2,5	350
6	1,5	225

Tabla 25. Superficie máxima teórica según despliegue rectangular. Fuente: elaboración propia

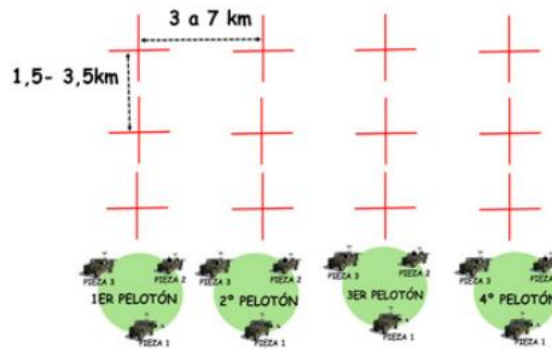


Figura 20. Despliegue rectangular. Fuente:[12]

- Despliegue perimétrico: en este caso, el despliegue se adapta al contorno del punto defendido, desplegando las piezas de tal manera que exista apoyo mutuo. Se toman los doce PT como un todo.

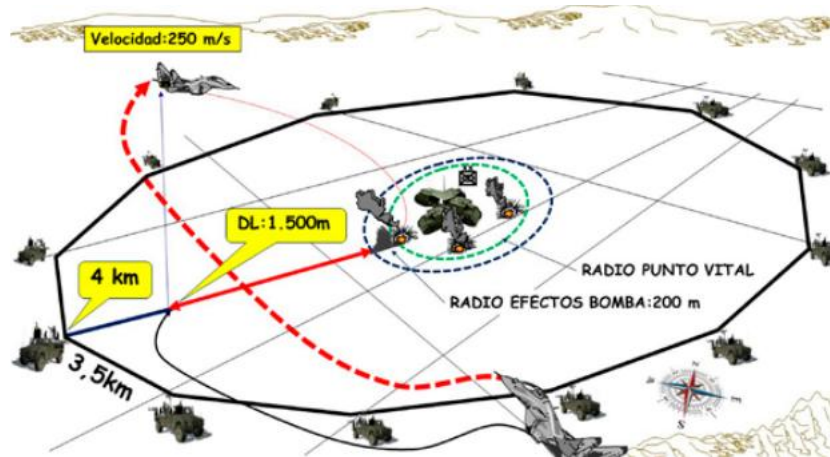


Figura 21. Despliegue perimétrico. Fuente:[12]

- Otros despliegues: los despliegues anteriores sirven como referencia para escoger el que mejor se adapte a la situación. Después del estudio de factores, se determinará un despliegue teórico que, tras un reconocimiento del terreno, estudio de la amenaza y disponibilidad de fuegos, dará lugar a un despliegue real.

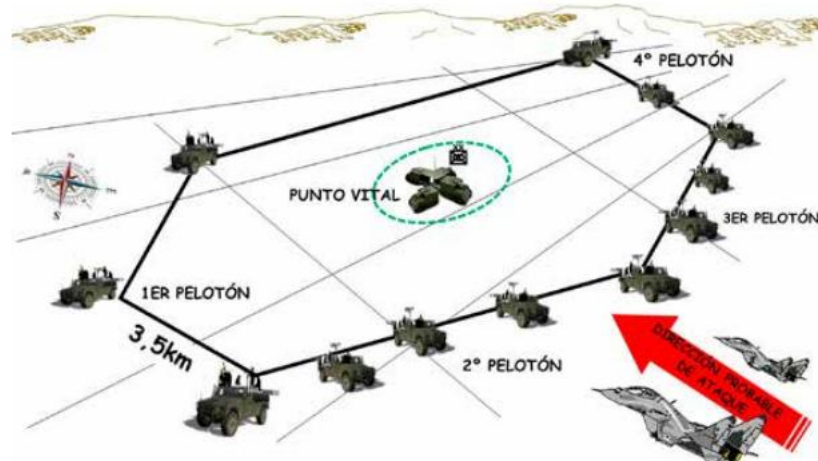


Figura 22. Defensa ponderada de una base aérea. Fuente:[12]



vi. El pelotón Mistral

El pelotón Mistral está compuesto por:

- Mando
- Tres lanzadores Mistral
- Un equipo de reconocimiento (en baterías tipo A)

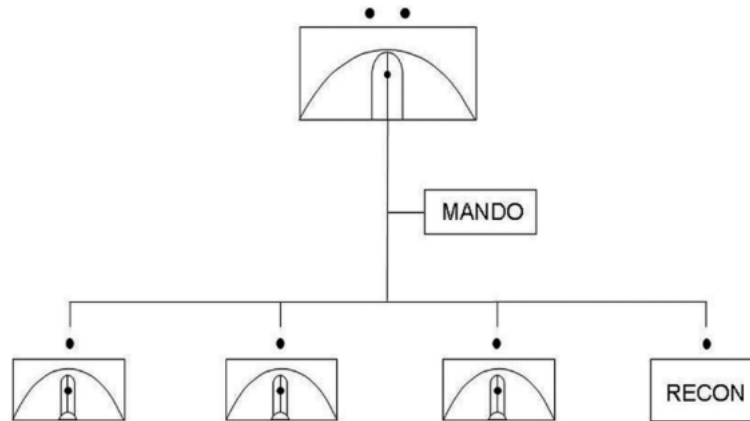


Figura 23. Pelotón Mistral. Fuente:[12]

vii. El radar RAVEN

El radar RAVEN es un radar de vigilancia y alerta temprana de corto alcance pensado para apoyar sistemas VSHORAD/SHORAD; su misión principal es detectar y aportar seguimiento de blancos de baja sección radar (helicópteros, aeronaves ligeras, UAS).

Es un radar que trabaja en la banda X (alta frecuencia), con capacidad para proporcionar información de acimut y rango en tiempo real. Se caracteriza también por su baja potencia de emisión (20 W) lo cual lo hace difícilmente detectable y resulta ideal para su integración con el sistema Mistral.

La eficacia práctica del radar RAVEN en una batería Mistral radica en su óptima integración con sensores electro-ópticos, enlaces de datos y procedimientos de mando. Además, como con todos los radares de corto alcance, existen una serie de limitaciones: sensibilidad reducida frente a firmas muy pequeñas o furtivas, degradación por condiciones meteorológicas extremas y una posible necesidad de empleo junto a medidas soft-kill (EW) o sensores adicionales para hacer frente a enjambres y amenazas de baja firma.



Figura 24. Radar RAVEN. Fuente:[13]

El sistema COAAS-L es un sistema de vigilancia, mando y control para las unidades de tiro de misiles Mistral, de cañones 35/90, misiles Aspide y misiles Roland. Es el conjunto de



elementos que desarrollan las acciones necesarias para permitir al Jefe de la Unidad, en tiempo útil, el conocimiento de la situación, la toma de decisiones, la transmisión de órdenes y el control de su ejecución. Se compone de:

- Radar de vigilancia RAVEN (hasta 2).
- Unidad de control de empeños (UCE).
- Un TI por cada sistema Mistral asociado.

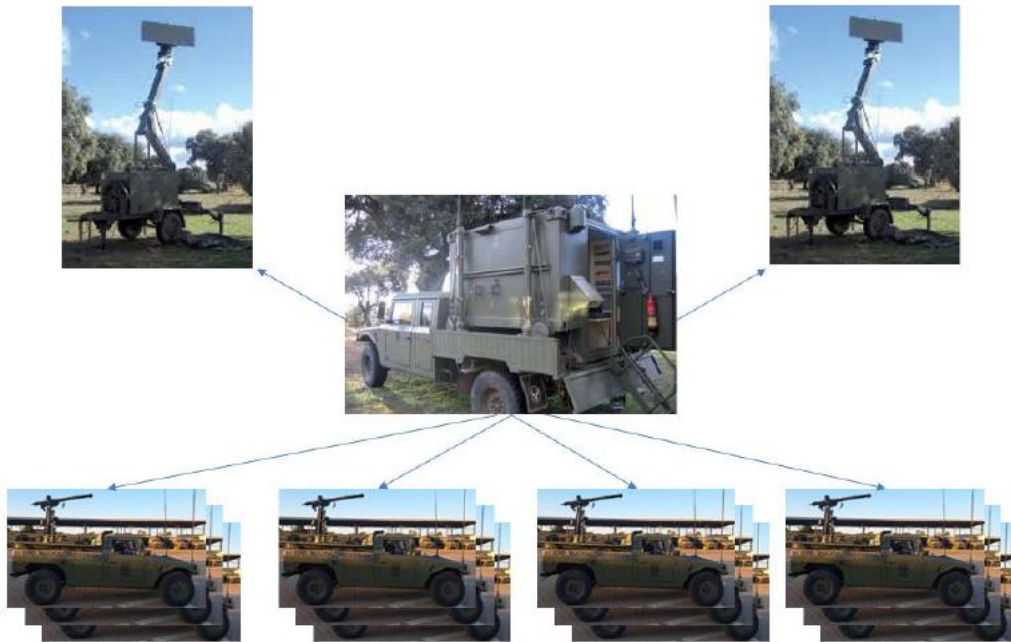


Figura 25. Composición COAAS-L en una batería Mistral. Fuente: [14]