



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

### INTEGRACIÓN Y EMPLEO DE RPAS EN UNIDADES MECANIZADAS/ACORAZADAS

Carlos Ruiz Montalvo

Directora académica: M.<sup>a</sup> Victoria Sebastián Guerrero

Director militar: Tte. D. Alfonso Albar Bello

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022





## Agradecimientos

Quiero agradecer al GCAC «Cazadores de África» perteneciente al Regimiento «Montesa» nº3 y a todo el personal de este, por el apoyo recibido durante mi estancia de prácticas y sin cuya información y voluntad, no habría sido posible la realización de este trabajo. Agradecer al Teniente D. Alfonso Albar Bello cuya ejemplaridad, apoyo y ayuda durante dicho periodo fue imprescindible.

A la Academia General Militar, a la Academia de Caballería y todo el personal militar y civil que las componen por la formación recibida durante estos 5 años, por preocuparse y ayudar en todo momento. Fruto de ello ha sido la realización de este trabajo como finalización de mi formación de oficial.

Agradecerle a mi directora académica M<sup>a</sup> Victoria Sebastián Guerrero por su constante preocupación por la realización del presente proyecto y su implicación constante, sin la cual no habría sido posible este.

Por último, agradecer a mi familia, amigos y compañeros que me han acompañado durante estos años de formación, por sus ánimos y comprensión en todo momento. Destacar a mi padre, el Teniente Coronel D. Carlos Ruiz López, quien ha sido todo un ejemplo y un referente a seguir a lo largo de toda mi etapa de formación.





## RESUMEN

La evolución tecnológica que ha experimentado el mundo durante el inicio del siglo XXI se ha visto reflejada en el avance de diversos sistemas y medios en todos los ámbitos. La aparición de los sistemas aéreos no tripulados (RPAS), conocidos más comúnmente como drones, se ha visto generalizada cada vez más tanto en el mundo civil como en el militar. Esto no solo ha afectado a los ejércitos convencionales de países pioneros en los avances tecnológicos, sino que esta evolución también se ha estado viendo en ejércitos enemigos asimétricos, los cuales están implementando medios de esta índole.

Dentro del Ejército de Tierra, las unidades mecanizadas/acorazadas, entre estas más concretamente las de Caballería, se caracterizan por realizar misiones de reconocimiento, seguridad y contacto entre las operaciones en el exterior de territorio nacional. Para el desarrollo de estas, se considera fundamental contar con una serie de medios específicos que le otorguen aptitudes y capacidades para el cumplimiento de dichas operaciones. Entre ellos, los sistemas RPAS, le permiten aumentar sus capacidades de obtención de información e inteligencia, la cual es imprescindible a la hora de realizar un reconocimiento de una zona o proporcionar seguridad a un convoy de vehículos a través de una ruta.

La realidad de la presencia de estos medios en las unidades es que no cuentan con ellos, o se encuentran de una manera muy descentralizada. En esta línea, el objetivo de este trabajo se ha dirigido al estudio de la integración de un modelo de RPAS idóneo que potencie a las unidades de Caballería sus capacidades de obtención de información.

Para ello, se han empleado una serie de metodologías cualitativas (entrevistas, encuestas, grupos de expertos) y cuantitativas (análisis DAFO, metodología de ayuda a la decisión AHP, metodología análisis de sensibilidad PriEst) que permite conseguir los objetivos marcados para este trabajo.

El resultado del trabajo ha sido que, de entre los RPAS analizados, el FULMAR X es el más adecuado para su empleo en operaciones desempeñadas por las unidades de Caballería, confiriéndole a estas excelentes capacidades de adquisición de información gracias a las prestaciones de este sistema. A su vez también se han obtenido una serie de deficiencias en cuanto al aspecto logístico debido a las características que dispone, ya que el transporte de este, por sus dimensiones requiere de mayor espacio.

Se presenta este trabajo como un estudio de cara a líneas futuras de adquisición de este sistema e integración en las unidades de Caballería, y así aprovechar las prestaciones de los RPAS, maximizando el beneficio de estas en las misiones que se encomienden.

## Palabras clave

Unidades mecanizadas/acorazadas, Caballería, Reconocimiento, Vigilancia, Adquisición de objetivos, RPAS, Drones



## ABSTRACT

The technological evolution that the world has experienced during the beginning of this 21st century has been reflected in the advancement of various systems and devices in all areas. The emergence of unmanned aerial systems (RPAS), or more commonly known as drones, has become increasingly widespread in both the civilian and military worlds. This has not only affected the conventional armies of countries that are pioneers in technological advances, but this evolution has also been seen in asymmetric enemy armies, which are also implementing means of this nature.

Within the Army (ET), the mechanized/armoured units, among these more specifically the Cavalry, are characterized by carrying out reconnaissance, security and contact missions in operations outside the national territory (TN). For the development of these, it is considered essential to have a series of specific devices that provide skills and abilities for the accomplishment of said operations. Among them, RPAS systems allow it to increase its capabilities for obtaining information and intelligence, which is essential when it comes to reconnaissance of an area or providing security to a convoy of vehicles along a route.

The reality of the presence of these systems in the units is that they do not have them, or they are very decentralized. In this line, the objective of this work has been directed to the study of the integration of a suitable RPAS model that improve the Cavalry units' capabilities to obtain information.

To do this, a series of qualitative (interviews, surveys) and quantitative (SWOT analysis, AHP decision support methodology) methodologies have been used to achieve the objectives set for this work.

The result of the work has been that, among the RPAS analysed, the FULMAR X is the most suitable for use in operations carried out by Cavalry units, giving these excellent information acquisition capabilities thanks to the features of this system. In turn, a series of deficiencies have also been obtained in terms of the logistical aspect due to the characteristics that it has.

This work is presented as a study for future lines of acquisition of this system and integration in the Cavalry units, and so take advantage of the capabilities of the RPAS, maximizing the benefit of these in the missions that are entrusted.

## KEYWORDS

Armored/mechanized units, Cavalry, Recon, Surveillance, Target Acquisition, RPAS, Drones



# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>III</b>
<b>Palabras clave</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>KEYWORDS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</b> .....	<b>X</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivación.....	1
1.2 Ámbito de aplicación.....	2
1.3 Estructura de la memoria.....	3
<b>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</b> .....	<b>4</b>
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE.....	4
2.2 METODOLOGÍA.....	4
2.2.1 Estructura de descomposición del trabajo (EDT).....	5
2.2.2 Revisión bibliográfica.....	5
2.2.3 Metodologías de decisión multicriterio. AHP.....	5
2.2.4 Metodología de análisis de sensibilidad.....	10
2.2.5 Grupos de expertos.....	10
2.2.6 Encuestas.....	11
2.2.7 DAFO.....	11
<b>3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
3.1 Misiones de la Caballería.....	12
3.1.1 Reconocimiento.....	13
3.1.2 Seguridad.....	13
3.1.3 Contacto.....	15



<b>3.2</b>	<b>Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)</b> .....	<b>15</b>
3.2.1	Definición .....	15
3.2.2	Clasificación .....	16
3.2.3	Componentes de los RPAS.....	18
<b>3.3</b>	<b>Empleo de los RPAS en Unidades de Caballería</b> .....	<b>18</b>
3.3.1	Capacidades RPAS en misiones de Caballería .....	18
3.3.2	Organización operativa .....	20
<b>4</b>	<b>DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Metodología AHP. Empleo de Expertos y Cuestionarios</b> .....	<b>21</b>
4.1.1	Primera etapa: Formulación del problema .....	21
4.1.2	Segunda etapa: Evaluación de criterios.....	26
4.1.3	Tercera etapa: Evaluación de alternativas .....	29
4.1.4	Cuarta etapa: Jerarquización de las alternativas.....	31
<b>4.2</b>	<b>Análisis de Sensibilidad de los criterios y alternativas</b> .....	<b>32</b>
<b>4.3</b>	<b>Análisis DAFO de la alternativa elegida</b> .....	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>37</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>39</b>
	<i>Anexo I: Estructura de descomposición del trabajo (EDT)</i> .....	<b>40</b>
	<i>Anexo II: Encuesta Grupo de expertos generalista (GG) para la elección de criterios y subcriterios</i> .....	<b>41</b>
	<i>Anexo III: Encuesta Grupo de expertos generalista (GG) evaluación de criterios</i> .....	<b>42</b>
	<i>Anexo IV: Encuesta Grupo de expertos especialistas (GE1) evaluación de subcriterios y alternativas</i> .....	<b>44</b>
	<i>Anexo V: Encuesta Grupo de expertos especialistas (GE2) evaluación de subcriterios y alternativas</i> .....	<b>47</b>
	<i>Anexo VI: Encuesta Grupo de expertos especialistas (GE3) evaluación de subcriterios y alternativas</i> .....	<b>50</b>
	<i>Anexo VII: Capturas de la aplicación del análisis de sensibilidad con el programa PryEsT</i> .....	<b>52</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Patrulla de Caballería sobre VEC en TO. Fuente: Infodefensa.....	1
Figura 2. Red CIS en Brigada 35. Fuente: Fuerza 35 ET.....	2
Figura 3. Soldado de la BRILAT operando con un RPAS RAVEN RQ-11B. Fuente: DefensaGob .....	3
Figura 4. Etapas del Método AHP. Fuente: Carlos Ruiz López, 2020.....	6
Figura 5. Árbol de niveles. Fuente: Carlos Ruiz López, 2020 .....	7
Figura 6. Escala de Saaty. Fuente: Carlos Ruiz López, 2020 .....	7
Figura 7. Matriz de decisión. Fuente: Ruiz López, 2020 .....	9
Figura 8. Captura del menú de la herramienta informática PriEsT. Fuente: Software PriEsT ...	10
Figura 9. Capacidades de la Fuerza 35 en los niveles División y CE. Fuente: Fuerza 35 ET ...	12
Figura 10. Clasificación de las acciones de reconocimiento atendiendo a diferentes criterios. Fuente: MADOC, 2019 .....	13
Figura 11. Escolta de convoy militar en Mali. Fuente: Ministerio de Defensa .....	14
Figura 12. RPAS Seeker. Fuente: Boina Negra .....	16
Figura 13. Empleo de RPAS en un reconocimiento de zona realizado por un Grupo de Caballería. Fuente: MADOC, 2018 .....	19
Figura 14. Despliegue de un Grupo de Caballería en una acción táctica de seguridad a vanguardia del grueso. Fuente: MADOC, 2011.....	19
Figura 15. Orgánica del Escuadrón de Plana Mayor y Servicios de un Grupo de Caballería. Fuente: Academia de Caballería .....	20
Figura 16. Orgánica de la Sección de Mando y Transmisiones de un Grupo de Caballería. Fuente: Academia de Caballería .....	20
Figura 17. RPAS en dotación en el ET. Fuente: Fuerza 35 ET.....	21
Figura 18. Soldado lanzando RPAS RAVEN RQ-11. Fuente: AeroVironment.....	21
Figura 19. PD-100 BlackHornet. Fuente: ProxDynamics .....	22
Figura 20. Fulmar X en su plataforma de lanzamiento. Fuente: Thales Group (2022) .....	23
Figura 21. Anexo II. Fuente: Elaboración propia .....	24
Figura 22. Árbol de niveles para la formulación del problema para la elección del RPAS idóneo para unidades de Caballería. Fuente: Elaboración propia .....	25
Figura 23. Captura etapa 1 software programa AHP. Fuente: Software AyudaDecision_AHP_net_4.0 .....	25
Figura 24. Captura etapa 2 Evaluación de criterios del software de ayuda a la decisión AHP. Fuente: Software AyudaDecision_AHP_net_4.0.....	27
Figura 25. Captura etapa 2 Evaluación de subcriterios del software de ayuda a la decisión AHP. Fuente: Software AyudaDecision_AHP_net_4.0.....	28
Figura 26. Primera captura etapa 3 Evaluación de alternativas del software de ayuda a la decisión AHP. Fuente: Software AyudaDecision_AHP_net_4.0.....	31



Figura 27. Segunda captura etapa 3 Evaluación de alternativas del software de ayuda a la decisión AHP. Fuente: Software AyudaDecision\_AHP\_net\_4.0 ..... 31

Figura 28. Etapa 4 matriz de decisión del software de ayuda a la decisión AHP. Fuente: Software AyudaDecision\_AHP\_net\_4.0 ..... 32

Figura 29. Captura de la introducción de criterios y subcriterios de la herramienta informática PriEsT. Fuente: Software PriEsT..... 32

Figura 31. Captura de la gráfica de los pesos de las alternativas de la herramienta informática PriEsT. Fuente: Software PriEsT..... 33

Figura 30. Captura de los pesos de las alternativas de la herramienta informática PriEsT. Fuente: Software PriEsT..... 33

Figura 32. Captura de la gráfica del análisis de sensibilidad realizado con la herramienta informática PriEsT. Fuente: Software PriEsT ..... 33



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de la Consistencia Aleatoria Fuente: Ruiz López, 2020.....	9
Tabla 2. Acciones de seguridad táctica orientada a las fuerzas propias. Fuente: MADOC, 2019 .....	14
Tabla 3. Clasificación OTAN RPAS. Fuente: DGAM.....	17
Tabla 4. Clasificación RPAS. Fuente: Fuerza 35 .....	17
Tabla 5. Especificaciones técnicas RAVEN RQ-11. Fuente: Elaboración propia.....	22
Tabla 6. Especificaciones técnicas PD-100 BlackHornet. Fuente: Elaboración propia.....	23
Tabla 7. Especificaciones técnicas Fulmar X. Fuente: Elaboración propia.....	23
Tabla 8. Escala de Saaty para la comparación entre A y B. Fuente: Elaboración propia .....	26
Tabla 9. Resultado de encuestas sobre la evaluación de los criterios. Fuente: Elaboración propia .....	26
Tabla 10. Resultado de encuestas del GE-1. Evaluación de subcriterios de Características Técnicas. Fuente: Elaboración propia .....	27
Tabla 11. Resultado de encuestas del GE-2. Evaluación de los subcriterios de Apoyo Logístico. Fuente: Elaboración propia.....	28
Tabla 12. Resultado de encuestas del GE-3. Evaluación de subcriterios de Adquisición de Objetivos. Fuente: Elaboración propia.....	28
Tabla 13. Resultado de encuestas GE-1. Evaluación de las alternativas en criterio Características Técnicas. Fuente: Elaboración propia .....	29
Tabla 14. Resultado de encuestas GE-2. Evaluación de las alternativas para el criterio de Apoyo Logístico. Fuente: Elaboración propia .....	30
Tabla 15. Resultado encuestas GE-3. Evaluación de las alternativas en el criterio Adquisición de Objetivos. Fuente: Elaboración propia.....	30
Tabla 16. DAFO RPAS FULMAR X. Fuente: Elaboración propia.....	35



## **ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS**

AHP - Analytic Hierarchy Proces

BRILAT - Brigada Ligera Aerotransportable

BRILEG - Brigada de la Legión

CA - Consistencia Aleatoria

CE - Cuerpo de Ejército

CIS - Communication and Information System

DAFO - Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades

DCC - Defensa Contra Carro

DIDOM - Dirección de Investigación, Doctrina Orgánica y Materiales

DGAM - Dirección General de Armamento y Material

EDT – Estructura de Descomposición del Trabajo

EPLMS - Escuadrón de Plana Mayor y Servicios

ET - Ejército de Tierra

FFAA - Fuerzas Armadas

FS - Fuerzas de Seguridad

FSC - Fuerzas de Seguridad de Cobertura

FSP - Fuerzas de Seguridad de Protección

FSV - Fuerzas de Seguridad de Vigilancia

GG - Grupo Generalista

GE - Grupo Especialista

GU - Gran Unidad

IC - Índice de Consistencia



JEMAD - Jefe del Estado Mayor de la Defensa

JEME - Jefe del Estado Mayor del Ejército de Tierra

MACANA - Mando de Canarias

MADOC - Mando de Adiestramiento y Doctrina

MTOW - Maximum Takeoff Weight

OS - Objetivos Secundarios

OTAN - Organización del Tratado del Atlántico Norte

PU - Pequeña Unidad

RAE - Real Academia Española

RCAC - Regimiento de Caballería Acorazado

RI - Razón de Inconsistencia

RPAS - Remotely Piloted Aircraft System

TFG - Trabajo Fin de Grado

TN – Territorio Nacional

TTP's - Técnicas, Tácticas y Procedimientos

UAS - Unmanned Aerial System

UAV - Unmanned Aerial Vehicle

VEC - Vehículo de Exploración de Caballería

ZO - Zona de Operaciones





# 1 INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se desarrolla un estudio y análisis en profundidad de la posible integración y empleo de los RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) en unidades mecanizadas/acorazadas de Caballería. Esta memoria forma parte del grado en Ingeniería en Organización Industrial, impartido por el Centro Universitario de la Defensa, Academia General Militar (AGM), Zaragoza. La realización del TFG ha tenido lugar, principalmente, durante la estancia en prácticas externas del autor en el Regimiento de Caballería Acorazado (RCAC) «Montesa» nº3, perteneciente a la Comandancia General de Ceuta, que a su vez depende del Teniente General del Mando de Canarias (MACANA).

## 1.1 Motivación

Actualmente las Fuerzas Armadas (FFAA) se encuentran inmersas en diversas operaciones en el exterior del territorio nacional, en las cuáles se enfrentan y conviven con multitud de conflictos y enemigos que no se constituyen en base a un ejército convencional como el español. Esto implica que cada vez sea más usual el desempeño de operaciones de reconocimiento y control de zona, así como misiones de vigilancia o protección que proporcionen información para el mejor cumplimiento de la misión encomendada.

La Caballería y sus unidades mecanizadas/acorazadas son por definición, el arma del reconocimiento, la seguridad y el contacto (MADOC, 2019). Los medios con los que cuenta y sus técnicas, tácticas y procedimientos (TTP's), le permiten alcanzar de manera oportuna cualquier objetivo allí donde se le demande siendo, por lo tanto, las unidades idóneas para realizar operaciones de reconocimiento y control de zona, que cada vez son más habituales en la Zona de Operaciones (ZO).



*Figura 1. Patrulla de Caballería sobre VEC en TO. Fuente: Infodefensa*

La guerra híbrida incorpora una serie de modos de guerra diferentes, que incluyen capacidades convencionales, tácticas y formaciones irregulares, actos terroristas, violencia indiscriminada y coerción, y desorden criminal (G. Hoffman, 2007).

Del creciente e incipiente avance tecnológico de este nuevo enemigo híbrido, unido a la importancia del empleo de las unidades de Caballería en el Teatro o Zona de Operaciones, surge la necesidad de implementar y utilizar nuevos medios de obtención de información, como pueden



ser los sistemas RPAS, para facilitar a las unidades propias satisfacer las necesidades de información que el mando requiere en las misiones en el exterior.

Y la pregunta sería, ¿cómo afecta esto al Ejército de Tierra (ET)? ¿Se está adaptando a esta nueva situación, a los cambios tecnológicos? El ET tiene la responsabilidad de mantener unas fuerzas terrestres preparadas y eficaces para el combate de hoy y del futuro. Y para cumplir ese propósito, el Ejército ha iniciado un proceso de cambio denominado Fuerza 2035 (Ministerio de Defensa, 2018).

El Jefe del Estado Mayor del Ejército de Tierra (JEME), en un documento que denominó «visión 2035» (Ejército de Tierra, 2019), expresaba la necesidad de adaptarse a un futuro donde los sistemas de comunicación e información (CIS) serían fundamentales. Los sistemas RPAS formarán parte de esa red CIS, integrados en unidades mecanizadas/acorazadas, como se observa en la Figura 2. Así, el tema a tratar en este TFG es de plena actualidad en la visión del JEME y su Fuerza 35.

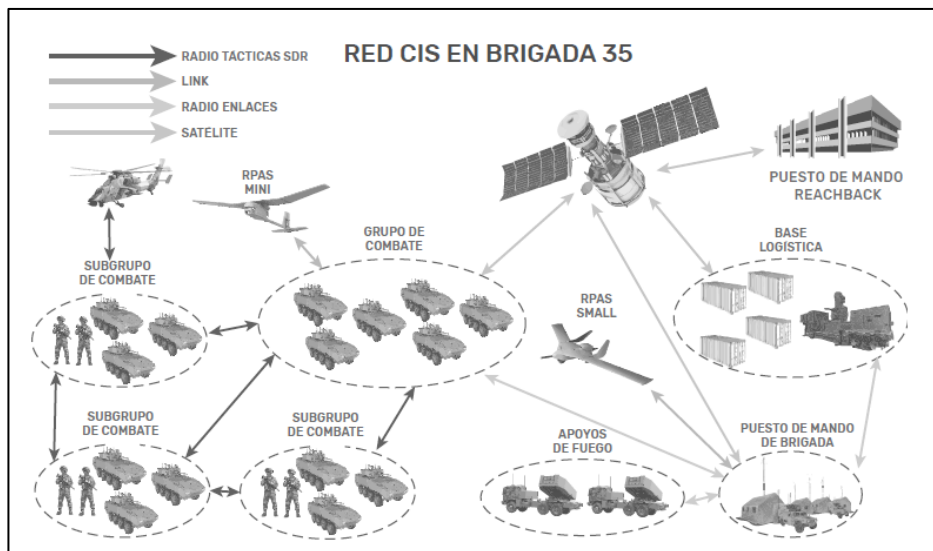


Figura 2. Red CIS en Brigada 35. Fuente: Fuerza 35 ET

## 1.2 Ámbito de aplicación

En la actualidad existen diferentes modelos de RPAS en dotación en el ET, que están operando en diferentes unidades de Infantería, Inteligencia e Información. A pesar de su existencia, se trata de dispositivos muy limitados, y que desafortunadamente no se cuenta con ellos en todas las unidades.

El ámbito de aplicación de este TFG se va a limitar al uso y empleo de estos dispositivos RPAS dentro del arma de Caballería. Orgánicamente, a pesar de la existencia de una unidad de RPAS dentro de los Grupos del arma, la realidad es muy distinta, ya que no hay medios RPAS con los que contar o se encuentran muy descentralizados y no están en dotación en las pequeñas unidades de Caballería.

Por todo ello, resulta necesario analizar las características y capacidades con las que debería contar un sistema RPAS para que las pequeñas unidades de Caballería puedan cumplir sus misiones de forma adecuada. De esta manera, se podría elegir un modelo RPAS para que entre en dotación, en un futuro próximo, en las unidades de Caballería. Los resultados obtenidos en este TFG serían aplicables a cualquier grupo de Caballería, no así a unidades de Infantería mecanizada/acorazada, ya que ellos desempeñan otro tipo de misiones.



*Figura 3. Soldado de la BRILAT operando con un RPAS RAVEN RQ-11B.  
Fuente: DefensaGob*

### **1.3 Estructura de la memoria**

Se ha dividido el presente trabajo en 5 secciones, siendo esta la primera de todas, la cual contiene una introducción general del tema en estudio. Este apartado ha sido estructurado de tal manera que se realiza inicialmente un análisis general de la situación para ir acotando hacia al tema principal, motivo de este trabajo.

En una segunda sección se plantean los objetivos tanto principales como secundarios que se quieren conseguir con la realización de este proyecto. Así mismo se explica el alcance y las limitaciones impuestas por el autor. Y finalmente, se presentan las metodologías que se van a aplicar para poder cumplir los objetivos y se explican con detalle.

La tercera sección comprende el marco teórico que abarca el tema a tratar, comenzando con una introducción al arma de Caballería, sus unidades y las misiones propias de la especialidad fundamental. Continúa con la definición de los RPAS y las distintas denominaciones que reciben este tipo de dispositivos, así como su clasificación. Relacionando los RPAS y el arma de Caballería, finaliza el apartado con una explicación sobre el empleo de estos medios en las operaciones realizadas por estas unidades.

En la cuarta sección se presentan los resultados obtenidos tras el estudio realizado y la aplicación de cada una de las metodologías explicadas anteriormente. En un último punto se desarrollan las conclusiones obtenidas en base a los resultados del proyecto, cumpliendo los objetivos previamente fijados para el mismo.



## 2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

Este trabajo tiene como objetivo principal definir un modelo de RPAS idóneo para las unidades de Caballería del Ejército de Tierra, así como la posibilidad de su integración en estas unidades y el papel que tendría su empleo en las misiones en las que se desenvuelven. Para ello se definirán una serie de objetivos secundarios (OS) mediante los cuales se pretende alcanzar el propósito principal:

- OS-1. Diferenciar los distintos tipos de RPAS determinando los más adecuados para su empleo en unidades de Caballería.
- OS-2. Conocer las misiones específicas de este tipo de unidades y las necesidades que presentan.
- OS-3. Analizar las posibilidades de empleo del uso de este tipo de medios en dichas misiones.
- OS-4. Realizar una comparación entre posibles modelos de RPAS que puedan satisfacer estas necesidades.
- OS-5. Proponer el modelo de RPAS idóneo en base al estudio realizado.

El alcance de este trabajo se ha ceñido en determinar un modelo de RPAS que satisfaga las necesidades que tiene una unidad de Caballería en el desempeño de sus cometidos, considerando su uso en pequeñas unidades de entidad Grupo e inferior. Solo se han tenido en cuenta modelos de RPAS que estén en dotación en el ET en la actualidad por no existir intención de adquirir otros modelos y así facilitar su implementación. Siguiendo las recomendaciones de los mandos del GCAC y por delimitar el alcance creíble del trabajo, no se ha analizado la posible modificación de la ubicación orgánica de estos medios dentro de la propia unidad, para centrarse de forma más rigurosa en la posible implementación de un modelo en la orgánica ya existente.

### 2.2 METODOLOGÍA

Para la realización del trabajo se han aplicado metodologías tanto cualitativas como cuantitativas. Inicialmente se ha realizado una EDT para la planificación previa de las tareas a realizar además de una revisión bibliográfica para la adquisición de información sobre la materia a investigar. Posteriormente se ha empleado la metodología de decisión multicriterio discreta AHP (Analytic Hierarchy Procces) de Thomas Saaty (Saaty and Wiley, 1980). Para la correcta utilización de dicha metodología, se han consultado 4 grupos de expertos con diferentes perfiles, que son los que han sustentado cada una de las 4 etapas de AHP con sus valiosas aportaciones y valoraciones.

Para ello, se han utilizado cuestionarios y entrevistas realizados ad hoc por el autor de este TFG, y que se presentan en el cuerpo de este TFG, así como en los diferentes anexos. Se ha realizado un análisis de sensibilidad mediante la herramienta PRIEST (Siraj, 2011) para comprobar la robustez de los resultados obtenidos en AHP. Finalmente, se ha realizado un análisis DAFO de la alternativa de RPAS más favorable obtenida del AHP, para complementar cualitativamente los resultados obtenidos de forma cuantitativa. A continuación, se muestran estas metodologías y sus principales características, así como la finalidad que se persigue en la aplicación de cada una de ellas.



### 2.2.1 Estructura de descomposición del trabajo (EDT)

Para la correcta planificación del trabajo de una forma detallada y estructurada se ha empleado la herramienta EDT.

Se trata de una herramienta en la que incluir las diferentes tareas a desarrollar en la realización de un proyecto, dejando reflejadas la duración de cada una de ellas, y así, obtener de una manera visual la planificación general de trabajo.

En la misma se incluyen las tareas previas de planificación del trabajo, la realización de otras como pueden ser entrevistas o cuestionarios, así como el periodo previsto para la redacción de la memoria y finalización de esta. Ha sido incluida en el trabajo en el Anexo I.

### 2.2.2 Revisión bibliográfica

Para la recopilación de información acerca de RPAS y de las misiones en las que pueden ser empleados los mismos, se ha realizado una revisión bibliográfica en distintas fuentes de diversa índole, tanto nacionales como internacionales.

- Fuentes nacionales de ámbito militar obtenidas en la biblioteca virtual de Intranet. Se recopilaron artículos, memoriales, documentos y textos doctrinales que abordaran el tema.
- Fuentes nacionales e internacionales de ámbito militar obtenidas desde el Mando de Doctrina (MADOC). Se contactó con el servicio de la Dirección de Investigación, Doctrina Orgánica y Materiales (DIDOM) y se realizó una petición de información relacionada con RPAS en unidades mecanizadas/acorazadas.
- Fuentes nacionales de ámbito civil obtenidas en Internet. Se recopilaron artículos, documentos y textos que trataban el tema en estudio.

### 2.2.3 Metodologías de decisión multicriterio. AHP

Las técnicas y métodos de ayuda para la toma de decisiones son imprescindibles para cualquier estudio que implique la resolución de un problema al que se le plantean diversas soluciones. Estos métodos buscan eliminar la improvisación y la intuición que acompaña en la mayoría de las decisiones que se toman para la resolución de problemas complejos. El análisis y las metodologías de decisión multicriterio son una herramienta analítica que ayuda al personal que tiene que tomar una decisión a seleccionar la más adecuada de una manera, científica, objetiva y racional (Carlos Romero, 1996).

Como elementos principales del mismo destacan las alternativas, los criterios y la matriz de decisión:

- Las alternativas son las diversas soluciones que plantea el decisor al problema. La una excluye a la otra, es decir, no puede haber dos que coexistan.
- Los criterios son aquellos parámetros en base a los que se van a evaluar las alternativas. Sin duda, son el elemento más importante, ya que, si se cambian los criterios, cambiará la solución. Una buena elección de los criterios garantiza unos buenos resultados, tras la aplicación de la metodología. Estos criterios no son todos iguales en importancia; hay que medirlos, evaluarlos y ponderarlos. La elección de estos criterios compete al decisor para que este, según las necesidades que pretenda satisfacer, seleccione los más adecuados.



- La matriz de decisión es la representación gráfica de cómo se relacionan alternativas y criterios.

Para este trabajo el método de análisis multicriterio elegido es AHP (Analytic Hierarchy Procces), desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty en los años 70. A continuación, y en base al contenido de (Saaty y Wiley, 1980), (Saaty, 1984), (Hurtado y Bruno, 2005), (Ruiz, 2020), (Nantes 2019), (Zanazzi, 2003) y (Romero, 1996), se describen los principales elementos de la metodología AHP.

Se trata de un modelo jerárquico que permite de manera gráfica y eficiente organizar la información sobre el problema de decisión, descomponerla y analizarla por partes. En síntesis, AHP se basa en descomponer un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión (Saaty and Wiley, 1980).

Tal y como recogen Hurtado y Bruno en (2005), los fundamentos de AHP son:

- Enfoque sintético que permite representar un problema de forma completa y concisa.
- Empleo de un modelo jerárquico que representa un problema mediante la identificación de objetivos, criterios (y subcriterios) y alternativas.
- Comparación binaria entre elementos.
- Ponderación de la importancia de elementos asignando pesos.
- Priorización de alternativas según los criterios/subcriterios establecidos.

En el siguiente gráfico se muestra un resumen de las 4 etapas que compone la metodología:

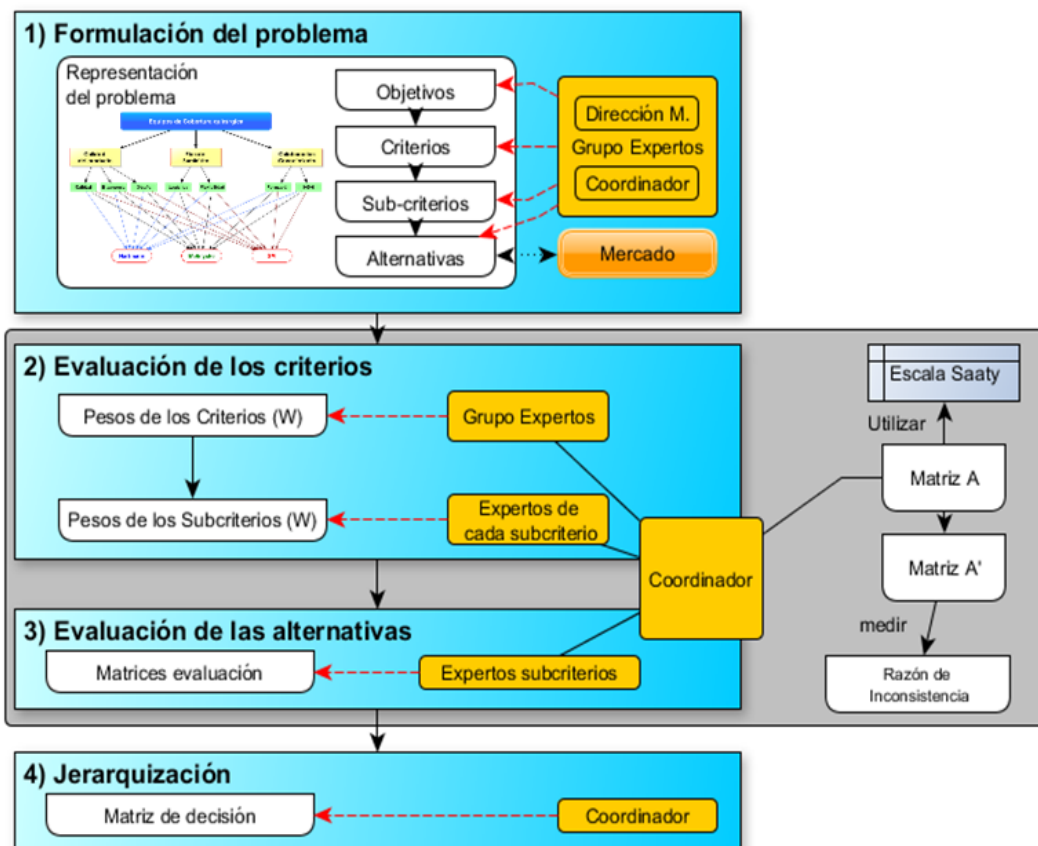


Figura 4. Etapas del Método AHP. Fuente: Carlos Ruiz López, 2020



## 1) Formulación del problema

En esta etapa se presenta la definición exacta del problema que se quiere resolver. La solución al mismo será la mejor de las alternativas. Para ello el decisor establece los criterios y subcriterios que se tendrán en cuenta para tomar la decisión. Es fundamental que estos sean los adecuados y el peso que se les asigne sean acordes con la finalidad del decisor, el cual se puede apoyar en un grupo de expertos en la materia. En este caso, será el grupo de expertos denominado «generalistas» y que se designa por GG. Es un grupo con visión global del problema, próximo al decisor. La composición de este grupo se detalla en el siguiente apartado.

Realmente esta fase es una representación gráfica del problema en cuestión, utilizando para ello un diagrama de árbol. En este árbol existe una jerarquía de los diferentes componentes del problema: Objetivo General-Criterios-Alternativas (Figura 5).

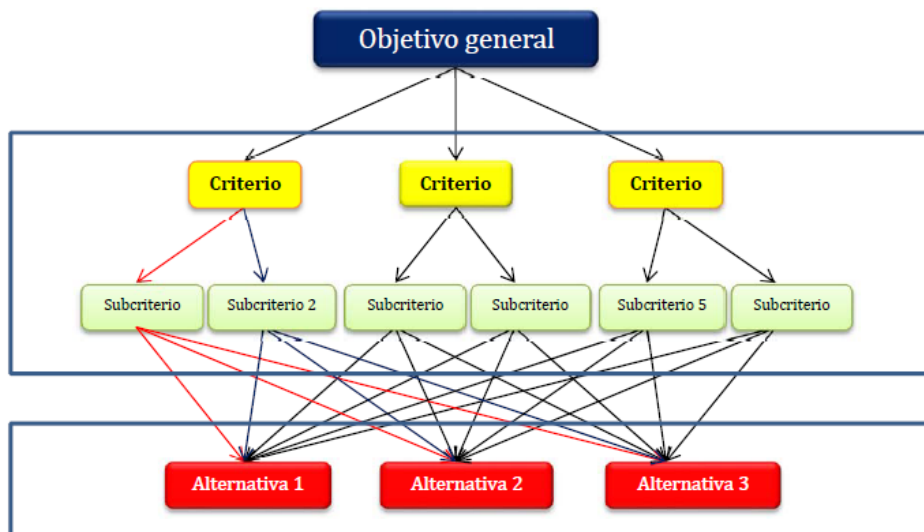


Figura 5. Árbol de niveles. Fuente: Carlos Ruiz López, 2020

## 2) Evaluación de los criterios

El decisor y el grupo de expertos generalista GG han determinado los criterios más significativos en la etapa anterior. Es el momento de asignarle una ponderación a cada criterio. En esta segunda etapa, se asignan los pesos a cada uno de ellos mediante la aplicación del método.

En relación con los subcriterios se sigue el mismo proceso. En este caso son los 3 grupos de expertos especialistas en cada criterio, que se denominan GE-1, GE-2 y GE-2, los que determinan y asignan los pesos a cada uno de los subcriterios aplicando el método. Se explica la composición y los motivos de elección de los componentes en el siguiente apartado.

Valor	Definición	Comentario
1	Igual importancia	A y B tienen la misma importancia
3	Importancia moderada	A es ligeramente más importante que B
5	Importancia grande	A es más importante que B
7	Importancia muy grande	A es mucho más importante que B
9	Importancia extrema	A es extremadamente más importante que B

Figura 6. Escala de Saaty. Fuente: Carlos Ruiz López, 2020



En esta fase, los expertos realizan comparativas de los criterios y subcriterios dos a dos, utilizando para ello la escala de Saaty (Figura 6) (Saaty y Wiley, 1980). De esta forma, se consigue transformar las opiniones expresadas por los mismos en evaluaciones que se pueden tratar matemáticamente.

*Ejemplo de aplicación:* Cada experto solamente tiene que decidir si el criterio A es mejor que B y por cuanto, siguiendo la escala de Saaty. Siempre las comparaciones son 2 a 2. Miller (1956) estableció su número mágico, el siete, defendiendo que las personas no estamos preparados para comparar 7 elementos, personas o cosas a la vez. Saaty aplica este principio y lo simplifica en comparaciones 2 a 2.

Del tratamiento de los datos obtenidos se obtiene un vector con los pesos relativos de cada criterio. La base matemática para el desarrollo de esta metodología se muestra de forma resumida seguidamente:

a) Se construye una matriz A en base a la comparación de los criterios dos a dos, con el fin de obtener los pesos relativos de cada uno de ellos. A cada comparación se le asigna un valor según la escala de Saaty mencionada anteriormente. El  $a_{21}$  sería el valor del segundo criterio respecto del primero según la escala de Saaty. El inverso, es decir, el valor del primero con respecto del segundo sería entonces  $a_{12} = 1/a_{21}$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Al normalizar dicha matriz se obtiene  $A'$ :

$$A' = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix}$$

b) A partir de esta matriz, se procede a calcular los pesos relativos de los criterios. De esta manera se obtienen los pesos definitivos de cada criterio, calculando la media aritmética de las filas de  $A'$ , correspondiendo el resultado de cada una de las filas con el peso de un criterio. Este resultado sería la evaluación normalizada cuantitativa de las valoraciones realizadas por los expertos.

c) Dicha metodología tiene un indicador denominado **Razón de Inconsistencia (RI)** (Saaty, 1984) que controla el grado de consistencia de las puntuaciones asignadas en cada comparación de criterios por parte de los expertos. Este indicador ayuda a controlar la subjetividad, la consistencia de este grupo de expertos y la coherencia de sus puntuaciones. Su filosofía es la siguiente:

- Transitividad: Si un criterio A es mejor que B, y B es mejor que C, entonces A debe ser mejor que C.
- Proporcionalidad: Si un criterio A es 2 veces mejor que B, y B es 2 veces mejor que C, entonces A debe ser 4 veces mejor que C.



Su cálculo es el siguiente. Tras disponer de los pesos relativos, se calcula la consistencia de los pesos asignados a los criterios a través de la Razón de Inconsistencia ( $RI$ ), que se define como el cociente entre el Índice de Consistencia ( $IC$ ) y la Consistencia Aleatoria ( $CA$ ).

$$RI = \frac{IC}{CA}$$

La  $CA$  se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 1. Valores de la Consistencia Aleatoria Fuente: Ruiz López, 2020

n Tamaño de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CA Consistencia aleatoria	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

Mientras que la  $IC$  se calcula como:

$$IC = \frac{\lambda_{MAX} - n}{n - 1}$$

Donde  $\lambda_{MAX}$  es el valor propio de la matriz  $A$  de vector propio asociado  $w$ , siendo  $w$  el vector de los pesos.

$$A * w = \lambda_{MAX} * w$$

En general, los valores de  $RI$  mayores del 10% indican inconsistencia, es decir, que las valoraciones han sido incoherentes, por lo que se deben revisar para identificar y corregir dichas incoherencias.

### 3) Evaluación de las alternativas

Los grupos de expertos especialistas (GE) evalúan ahora las diferentes alternativas entre sí para cada subcriterio, obteniendo tantas matrices como subcriterios haya. Cada grupo de expertos especialista GE realiza la evaluación ateniendo a los subcriterios en los que son expertos.

### 4) Matriz de decisión. Jerarquización

Para finalizar, se construye la matriz de decisión trasladando los pesos calculados en los pasos anteriores de acuerdo con la Figura 7.

		ALTERNATIVAS		
		Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
CRITERIOS	CRITERIO 1	W1		
	Subcriterio 1	W11		
	Subcriterio 2	W12		
	CRITERIO 2	W2		
	Subcriterio 3	W23		
	Subcriterio 4	W24		
	CRITERIO 3	W3		
	Subcriterio 5	W25		
	Subcriterio 6	W26		

Figura 7. Matriz de decisión. Fuente: Ruiz López, 2020



## 2.2.4 Metodología de análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad (Moreno, 1998) es una metodología que permite analizar la variación de la jerarquía final obtenida en AHP según las modificaciones introducidas en las ponderaciones de criterios y subcriterios, así como en las evaluaciones de las alternativas.

Para realizar el análisis de sensibilidad se ha empleado la herramienta informática “Priority Estimation Tool (PriEsT)” (Siraj, 2011). Es muy interesante comprobar la robustez de la alternativa ganadora ante cambios en las ponderaciones de los criterios y/o subcriterios en un problema de decisión multicriterio.



Figura 8. Captura del menú de la herramienta informática PriEsT. Fuente: Software PriEsT

Con esta metodología se han implementado los resultados obtenidos en AHP en la fase anterior y se ha realizado un análisis de sensibilidad de los diferentes factores que han intervenido en el problema de decisión multicriterio de los RPAS.

## 2.2.5 Grupos de expertos

Para la realización del trabajo se han empleado una serie de grupos de expertos los cuales han aportado al TFG una fuente de información muy importante y determinante en los resultados y sobre todo en la aplicación del método AHP.

Todo el personal que integra estos grupos son oficiales y suboficiales del GCAC «Montesa» nº3, unidad donde el autor de este trabajo estuvo de comisión de servicio durante su etapa de prácticas externas.

Para la elección de los criterios y subcriterios de la metodología AHP, así como su separación, agrupación y ponderación (etapas 1 y 2 de AHP), se recurre del Teniente Coronel jefe del Grupo y el Comandante de la Sección de Operaciones del mismo. Estos conforman el grupo de expertos generalistas, designado como GG.

Para la evaluación de las alternativas (etapa 3 del método de análisis multicriterio AHP), se han constituido 3 grupos de especialistas que son los siguientes:

- **Grupo de especialistas 1 (GE1):** formado por el Capitán jefe del primer Escuadrón del grupo y los 3 Tenientes jefes de sección.
- **Grupo de especialistas 2 (GE2):** formado por tres suboficiales especialistas del 2º Escalón de mantenimiento del Grupo y el comandante de la 4ª Sección (logística) del Grupo.



- **Grupo de especialistas 3 (GE3):** formado por el Comandante de la 2ª Sección (Inteligencia) y dos suboficiales pertenecientes a dicha sección.

Estos grupos de especialistas también han realizado la ponderación de los subcriterios de los que son expertos (etapa 2 AHP). Por ejemplo, el GE1 ha comparado los subcriterios del criterio del que son especialistas.

### 2.2.6 Encuestas

Las encuestas realizadas han sido la base fundamental de la elección de los criterios y subcriterios, su ponderación y de la posterior evaluación de las alternativas frente a cada uno de los criterios considerados.

Las mismas han sido realizadas tanto por formularios de Google (Guzmán, 2021), como por documentos a rellenar enviados a través de correo electrónico o bien en persona a los grupos de expertos. Estas han permitido aplicar el método de análisis multicriterio AHP para poder tomar una decisión. Se muestran en el cuerpo del trabajo y en los Anexos.

### 2.2.7 DAFO

El análisis DAFO es una herramienta que permite analizar la realidad de un producto o servicio para poder tener una mejor visión de este y poder tomar decisiones al respecto. Suele tratarse de una buena herramienta en los casos de adquisición o integración de un nuevo material, como en el caso de este presente trabajo (Raeburn, A., 2021).

Este análisis se divide en dos partes: un análisis interno, que comprende las fortalezas y debilidades del producto, y un análisis externo, consistente en sus amenazas y oportunidades. (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2018).

Las **fortalezas** son los aspectos positivos internos que es posible obtener del producto, sobre los que se puede orientar la evolución hacia el futuro.

Las **debilidades**, en contraposición con las fortalezas, son aquellos aspectos negativos internos, los cuales tienen amplios márgenes de mejora.

Las **oportunidades** son las posibilidades positivas externas del producto, a partir de las cuales se les puede sacar provecho en beneficio de este.

Las **amenazas** son aquellas limitaciones u obstáculos externos que pueden detener el avance y desarrollo del producto.

El objetivo de la aplicación de esta metodología se basa en incluirla en el plan estratégico del producto o servicio a adquirir para que así se puedan potenciar las fortalezas y oportunidades y minimizar los efectos que puedan ocasionar las debilidades y amenazas (Unión Europea, 2017).

En este proyecto, se ha aplicado este análisis a la alternativa elegida, como resultado del estudio que se ha realizado, obteniendo unas conclusiones que irán ligadas a la adquisición del dispositivo. Para ello se ha considerado como ámbito interno el correspondiente a las fuerzas propias y como externo a las enemigas.



### 3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

El JEME, en su «Visión 2035» establece como premisa que «El Ejército de Tierra tiene la responsabilidad de mantener unas fuerzas terrestres preparadas y eficaces para el combate de hoy y del futuro» (MINISDEF, 2020). Para cumplir este propósito ha iniciado un proceso de cambio denominado Fuerza 35.

Fuerza 35 es la solución del ET para dar respuesta al proceso de planeamiento militar que lidera el Jefe del Estado Mayor de la Defensa (JEMAD), con la finalidad de mantener unas Fuerzas Armadas eficaces y proporcionadas al nivel establecido. El diseño, la experimentación y el equipamiento de esta fuerza son prioridades que centran todos los esfuerzos del ejército (Ejército de Tierra, 2019).



*Figura 9. Capacidades de la Fuerza 35 en los niveles División y CE. Fuente: Fuerza 35 ET*

Dentro de las capacidades de la Fuerza 35 (Figura 9), se encuentra los sistemas de información y telecomunicaciones (CIS) de sus unidades. Las unidades de Caballería deben estar en vanguardia en esta capacidad, al ser una de sus misiones principales proporcionar información al mando en los lugares adecuados y en momentos oportunos.

En los siguientes apartados se va a realizar un estudio del estado del arte de la Caballería (misiones principales, reconocimiento, seguridad, contacto), un estado del arte de los RPAS (clasificación, componentes, capacidades) para terminar con el estudio conjunto de ambos, es decir, el posible empleo de los sistemas RPAS en las diferentes misiones de reconocimiento o seguridad que llevan a cabo las unidades de Caballería.

#### 3.1 Misiones de la Caballería

El arma de Caballería y las unidades son una realidad operativa que reúne una serie de TTP's que se asocian a unos medios específicos y a una forma característica de conducir y realizar determinadas operaciones de combate. El conocimiento de estas en profundidad, así como sus capacidades, limitaciones y servidumbres, es esencial a la hora de emplearla en el marco de la maniobra. Las características esenciales del arma la dotan de una gran rapidez de maniobra y un grado de acción sobre el terreno amplio, lo que requiere un gran control de amplias zonas de acción y distancias grandes en el despliegue de sus unidades (MADOC, 2013).



La Caballería ha destacado históricamente por la realización de una serie de operaciones inherentes al arma, cuya ejecución por otras unidades se vería imposibilitado debido a los medios con los que cuentan. Estas son las acciones de reconocimiento, seguridad y contacto (MADOC, 2019)

### 3.1.1 Reconocimiento

Se trata de una acción táctica de apoyo enfocada a la obtención de información que permita satisfacer las necesidades de información del mando y posibiliten la toma de decisiones de la operación planeada. Esta obtención de información puede ir orientada al enemigo, al terreno, condiciones meteorológicas, la población de una determinada zona u otros datos del ambiente que se consideren de interés para la maniobra. Estas acciones se pueden llevar a cabo mediante operaciones tanto terrestres como aeromóviles, las cuales irán orientadas a objetivos específicos en un área y tiempo limitado (MADOC, 2018).

Este tipo de operaciones están estrechamente ligadas a las otras dos acciones propias de la Caballería, como lo son la seguridad y el contacto. Cuando se necesite adquirir información de un grupo humano será necesario llegar al contacto. Además, con el reconocimiento se contribuye en la seguridad de una unidad, ya que se proporciona alerta temprana sobre la actitud del enemigo y sus intenciones, facilitando la reacción de las fuerzas propias de manera oportuna.

Este tipo de acción admite diferentes clasificaciones según diversos criterios como la situación en la que se encuentra el objetivo a reconocer, la técnica empleada para su realización, el procedimiento empleado o la naturaleza del objetivo.

CLASIFICACIÓN	CRITERIO	DENOMINACIÓN
<i>Atendiendo a su modalidad</i>	<i>Según esté orientada a un objetivo en contacto o situado en la profundidad del despliegue enemigo.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— de combate</li> <li>— en profundidad o especial</li> </ul>
<i>Por la técnica utilizada</i>	<i>Método básico de empleo del personal, material y equipo disponible.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— a pie</li> <li>— sobre vehículos</li> <li>— aeromóvil</li> <li>— por el fuego</li> </ul>
<i>Por el procedimiento operativo para la conducción</i>	<i>Importancia o no de que se descubra la presencia de las fuerzas propias.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— sigiloso</li> <li>— agresivo</li> </ul>
<i>Por el tipo de objetivo a reconocer</i>	<i>Naturaleza del objetivo.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— zona</li> <li>— itinerario</li> <li>— objetivo o puntual</li> </ul>

Figura 10. Clasificación de las acciones de reconocimiento atendiendo a diferentes criterios.  
Fuente: MADOC, 2019

### 3.1.2 Seguridad

Las acciones de seguridad son aquellas que evitan que el enemigo sorprenda a las fuerzas propias, anteponiéndose a sus acciones mediante el empleo de una serie de medidas. Esto se logra gracias a un correcto despliegue, enmascaramiento de las fuerzas propias y el empleo de fuerzas de seguridad. Con todo ello se persigue que las tropas propias mantengan la libertad de acción, frente a las acciones enemigas, que les permita mantener sus operaciones, de acuerdo con el planeamiento realizado. Así mismo se pretende evitar o, en todo caso, minimizar los



efectos de las posibles reacciones del adversario. Generalmente se precisa en estas acciones de operaciones de reconocimiento, que permitan paliar la falta de información de las intenciones del enemigo y del terreno. En ocasiones puede llegar a ser necesario establecer contacto con el adversario para la obtención de esta información.

Las organizaciones encargadas de la realización de estos cometidos se denominan fuerzas de seguridad (FS). Estas se constituyen a partir de unidades de combate, que se refuerzan con otros medios de combate, de apoyo al combate o de apoyo logístico al combate, dependiendo de la misión.

Según la finalidad de la seguridad que se quiera establecer, estas acciones se dividen en:

- **Orientada a las fuerzas propias:** las FS tratan de evitar que el enemigo pueda actuar sobre las fuerzas propias y sorprenderlas. Dentro de esta y dependiendo de la finalidad y del grado de protección que se persiga hay distintos tipos de seguridad táctica orientada a las fuerzas propias: vigilancia, protección y cobertura. En estas acciones a la Caballería se le pueden encomendar los cometidos de constituir una fuerza de seguridad de vigilancia (FSV), una fuerza de seguridad de protección (FSP) o formar parte de una fuerza de seguridad de cobertura (FSC).

*Tabla 2. Acciones de seguridad táctica orientada a las fuerzas propias. Fuente: MADOC, 2019*

	Vigilancia	Protección	Cobertura
<b>Finalidad</b>	Informativa	Protección	Protección/combate
<b>Carácter</b>	Defensivo	Ofensivo/defensivo	Ofensivo/defensivo
<b>Grado de protección</b>	Bajo	Medio/alto	Alto
<b>Actuación ante el enemigo</b>	Combate raramente	Combate normalmente	Combate normalmente
<b>Entidad de la FS</b>	PU	PU	GU
<b>Apoyos</b>	Dentro del alcance del grueso	Dentro del alcance del grueso	Debe disponer de sus propios apoyos

- **Seguridad de zona:** forman el conjunto de actividades que desarrolla una FS en una zona para impedir que el enemigo, con sus acciones, puedan influir sobre las propias que se realicen en dicha área. Esta seguridad puede implicar el establecimiento de un perímetro alrededor de un área y la adopción de una serie de medidas para localizar y destruir fuerzas enemigas que realicen acciones sobre ella.



*Figura 11. Escolta de convoy militar en Mali. Fuente: Ministerio de Defensa*



Dentro de estas acciones, a las unidades de Caballería se les puede encomendar proporcionar seguridad táctica a un punto sensible, a una vía de comunicación o itinerario, a convoyes de vehículo o contra acciones del adversario en una zona específica (MADOC, 2011)

- **Seguridad inmediata:** consiste en la adopción de una serie de medidas por parte de una unidad para su propia protección, que le permita el desarrollo de sus operaciones sin que sea sorprendida y así mantener la iniciativa. Es una parte fundamental de cualquier operación y es independiente de que esté recibiendo una seguridad de otro tipo.

### 3.1.3 Contacto

En muchas ocasiones la Caballería se ve implicada en acciones que le obligan a establecer un contacto directo y próximo con el enemigo, buscándolo y manteniéndolo en favor de otro tipo de acciones (MADOC, 2011). Es por ello por lo que la realización de operaciones de reconocimiento y seguridad, muchas veces implican, a su vez, acciones de contacto con el adversario, o bien para obtener información de este o porque resulta imprescindible en pos de la seguridad de otra unidad. Hay infinidad de operaciones que impliquen el contacto con las fuerzas oponentes y estas se dividen en distintos grupos según la actitud de las unidades propias:

- **Acciones ofensivas:** dentro de estas se encuentran operaciones de incursión, ataques tanto premeditados como inmediatos, explotaciones del éxito o persecuciones.
- **Acciones defensivas:** entre las que se encuentran las defensas de zona, las defensas móviles y las maniobras retardadoras.
- **Otras acciones de apoyo:** este tipo de acciones surgen en consecución de otras, como un avance para el contacto durante la realización de una operación de seguridad. A su vez hay otras en las que intervienen también más de una unidad, como en un enlace táctico, la protección de una retirada o repliegue de fuerzas propias, un relevo de posiciones o un paso de escalón.

## 3.2 Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)

### 3.2.1 Definición

El empleo de aeronaves no tripuladas no es nuevo, sino que se remonta ya a mitad del siglo XX (Ministerio de Defensa, 2014). Desde entonces han sido empleadas para tareas de seguridad, vigilancia y uso militar, aunque no ha sido hasta la actualidad que su uso se ha generalizado.

El uso de estos sistemas en los ejércitos, tanto regulares como irregulares, se ha popularizado debido a que permiten la posibilidad de combatir y obtener información asumiendo más riesgos para las tropas propias. Este aumento del interés en estos dispositivos ha originado una búsqueda de sistemas que sean menos costosos y que cuenten con una gran evolución tecnológica.

Este tipo de aeronaves recibe numerosas denominaciones según el tipo y el empleo que se les dé:

- La palabra más empleada, sobre todo en ambiente civil, es **dron**, procedente del inglés drone. Esta denominación es recogida por la RAE como significado de aeronave no tripulada.



- En la actualidad se ha popularizado el término **UAV**, correspondiente a las palabras en inglés Unmanned Aerial Vehicle o vehículo aéreo no tripulado. Por otra parte, las siglas **UAS**, corresponderían a la misma aeronave, pero englobando tanto la plataforma como su sistema de control.
- El temor de la población a que estas aeronaves no fueran tripuladas originó los **RPAS**, las siglas en inglés Remote Piloted Aircraft System o sistema aéreo pilotado de forma remota, que incluye tanto la plataforma como el sistema de control y manejo (MasScience, 2016).



Figura 12. RPAS Seeker. Fuente: Boina Negra

Dentro de todas estas denominaciones, la más empleada en el ámbito militar es la de RPAS, debido a que, en la actualidad, el uso de estas aeronaves es primordialmente tripulado, debido a que no se cuenta con tecnología suficiente para dotar de autonomía completo a estos dispositivos.

### 3.2.2 Clasificación

Los RPAS se pueden clasificar en base a distintos criterios, pero el más utilizado para ello es la clasificación OTAN basada según su peso máximo al despegue (MTOW) (MADOC, 2016).

Como se puede comprobar en las tablas 3 y 4, los distintos RPAS se clasifican según su MTOW en 3 clases, la I, II y III. Dentro de cada una de ellas, tienen distintas categorías según el uso que se les va a dar a cada uno ya que dependiendo de la misión a desempeñar se requerirá de uno u otro en base a las especificaciones técnicas del dispositivo.



Tabla 3. Clasificación OTAN RPAS. Fuente: DGAM

Clase	Categoría	Empleo habitual	Altura de operación normal	Radio de Misión
CLASE I (< 150 Kg)	MICRO < 66 Julios	Subunidad táctica (lanzamiento manual), operadores individuales.	Hasta 200 ft AGL	Hasta 5 Km (LOS)
	MINI <15 Kg	Subunidad táctica (lanzamiento manual), operadores individuales.	Hasta 3.000 ft AGL	Hasta 25 Km (LOS)
	SMALL > 15 Kg< 150 Kg	Unidad Táctica (utiliza sistema de lanzamiento)	Hasta 5.000 ft AGL	50 Km (LOS)
CLASE II (150 Kg- 600 Kg)	TÁCTICO	Formación Táctica	Hasta 10.000 ft AGL	200 Km (LOS)
CLASE III (>600 Kg)	MALE ( <i>Medium Altitude Long Endurance</i> )	Operacional / de Teatro	Hasta 45.000 ft MSL	Sin límite (BLOS)
	HALE ( <i>High Altitude Long Endurance</i> )	Estratégico	Hasta 65.000 ft	Sin límite (BLOS)
	ATAQUE/COMBATE	Estratégico/Operacional	Hasta 65.000 ft	Sin límite (BLOS)

Tabla 4. Clasificación RPAS. Fuente: Fuerza 35

CLASE	CATEGORÍA	EMPLEO HABITUAL	ALTURA DE OPERACIÓN NORMAL	RADIO DE OPERACIÓN NORMAL	NIVEL DE MANDO AL QUE APOYA PRINCIPALMENTE	EJEMPLOS
CLASE I (< 150 kg)	Micro (< 66 j)	Subunidad táctica (lanzamiento manual), operadores individuales.	Hasta 200 pies	Hasta 5 km	Pelotón Sección	Wasp
	Mini (< 15 kg)	Subunidad táctica (lanzamiento manual), operadores individuales.	Hasta 3000 pies	Hasta 25 km	Compañía Pelotón	RQ-11 Raven
	Small (< 15 - 150 kg)	Unidad táctica (utiliza sistema de lanzamiento).	Hasta 5000 pies	50 km	Batallón Regimiento	Sident Scan Eagle
CLASE II (150 - 600 kg)	Táctico	Formación táctica	Hasta 10000 pies	200 km	Brigada	Searcher MKII Atlante Pelicano
CLASE III (> 600 kg)	MALE	Estratégico / Operacional	Hasta 45000 pies	Sin límite	Mando Conjunto	MQ-1 Predator A Heron TP Milano
	HALE	Estratégico	Hasta 65000 pies	Sin límite	Mando de Teatro	Global Hawk
	Ataque / Combate	Estratégico / Operacional	Hasta 65000 pies	Sin límite	Mando de Teatro	MQ-9 Predator B «Reaper»



### 3.2.3 Componentes de los RPAS

Los RPAS están formados por distintos elementos diferenciados en dos grupos:

- **Componentes aéreos:** la aeronave y su carga (El Drone, 2016).
  - La aeronave, la cuál puede ser de ala fija, rotatoria o mixta, permitiendo despegue y aterrizajes verticales. Algunas de las características que definen a esta son la carga útil o la autonomía del dispositivo que generalmente es alimentado eléctricamente por batería o mediante motor de combustión interna.
  - La carga de pago comprende todos los elementos del RPAS que no son necesarios para el vuelo, pero que son transportados para la realización de la operación. Estos elementos pueden ser armas, cámaras diurnas o de infrarrojo para visión nocturna, escáneres láser u otra serie de radares.
- **Componentes terrestres:** comprenden aquellos elementos de control y lanzamiento en tierra (El Drone, 2016).
  - El elemento de mando y control, el cuál gobierna aquellas funciones de los componentes aéreos para la realización de las misiones. Este elemento comprende el sistema de guía y control de vuelo y en tierra, la estación de control, dónde se encontraría el piloto.
  - El elemento de comunicaciones entre la aeronave y el elemento de control, debido a que ambos se encuentran separados físicamente. El enlace de datos se realiza a través de este elemento permitiendo el enviar y recibir datos, tanto en un sentido como en otro.
  - El elemento de lanzamiento y recuperación, el cuál variará según si es horizontal, vertical o manual. El horizontal requerirá de un tren de despegue/aterrizaje con necesidad de una pista para su realización, el vertical no requiere de pista, pero si una zona despejada, y el manual permite operar con el dispositivo en cualquier escenario.

### 3.3 Empleo de los RPAS en Unidades de Caballería

El empleo de RPAS en las unidades del ET actualmente es con dispositivos de Clase I (MADOC, 2016). Como se ha explicado anteriormente estos son aquellos que tienen un MTOW inferior a 150 kg, lo que facilita su uso, le dota de una mayor autonomía en vuelo y requiere de unas necesidades logística más reducidas, debido a su facilidad para ser desplegado.

Los grupos de Caballería disponen orgánicamente de esta clase de RPAS, cuyo empleo se basa principalmente en apoyar a estos en las distintas acciones tácticas que se han analizado en apartados anteriores, mediante obtención de información para inteligencia, vigilancia, reconocimiento, adquisición de objetivos, además de aquellas vinculadas a la protección de la fuerza como medio de reconocimiento y seguridad (MADOC, 2017).

#### 3.3.1 Capacidades RPAS en misiones de Caballería

##### Reconocimiento

En estas acciones los RPAS suelen ser empleados para la obtención de información y alerta temprana de las unidades. Con ello, la Caballería puede proporcionar con rapidez información precisa al escalón superior para apoyar al mando en la toma de decisiones, con vistas a una futura acción táctica. La realización de los reconocimientos con el apoyo de estos dispositivos no implica dejar de emplear el resto de los medios más habituales de obtención de información. Será la combinación de RPAS y técnicas de reconocimientos clásicas la que dé el equilibrio a estas acciones. En el caso, por ejemplo, del reconocimiento de un itinerario, los RPAS podrían



proporcionar una información previa al paso por dicho recorrido, lo que aumentaría la seguridad de las tropas propias, así como la ampliación de información previa a la realización de la misión.

Otro ejemplo sería en la ejecución de un reconocimiento de una zona concreta del terreno, para la cual se pueden combinar distintos medios de obtención en el que los RPAS proporcionan información temprana y la asocian a la que obtienen otros elementos a mayor distancia, como pueden ser los observadores, medios de visión avanzados o información proporcionada por otras unidades o escalones superiores.

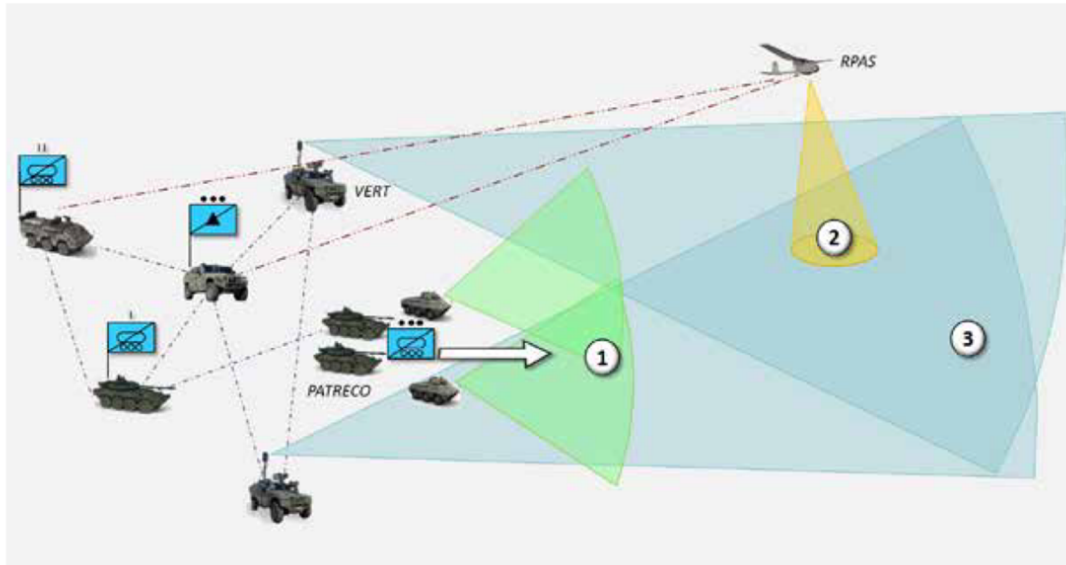


Figura 13. Empleo de RPAS en un reconocimiento de zona realizado por un Grupo de Caballería. Fuente: MADOC, 2018

### Seguridad

En estos cometidos, los RPAS pueden aportar una serie de capacidades que proporcionan ventajas para el desarrollo de la operación. Estos dispositivos aportan mayor capacidad de observación a largas distancias, lo que genera una alerta temprana a la hora de mantener el contacto con las fuerzas opuestas.

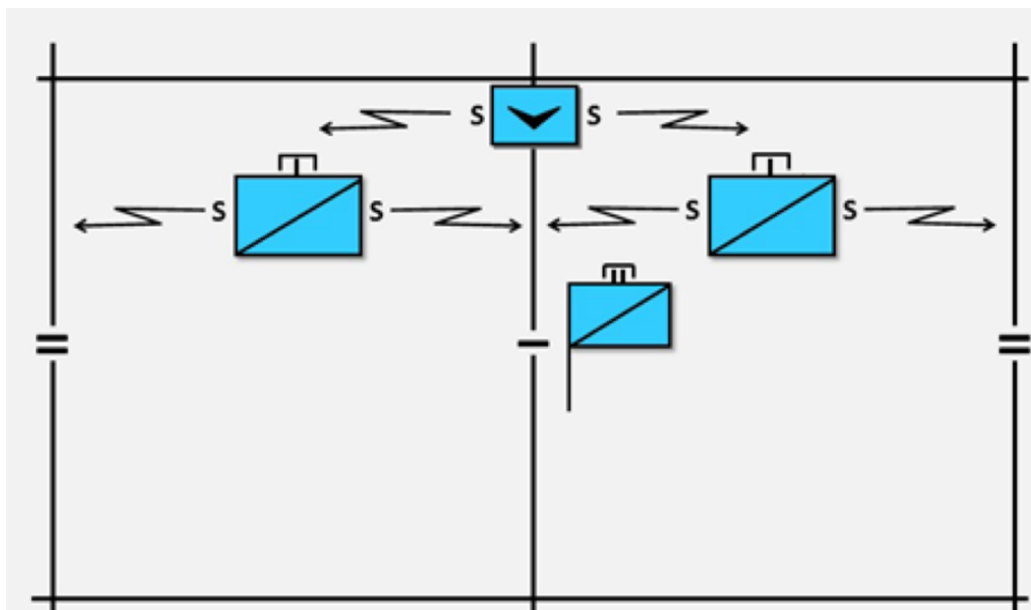


Figura 14. Despliegue de un Grupo de Caballería en una acción táctica de seguridad a vanguardia del grueso. Fuente: MADOC, 2011



En el caso de que la seguridad que se está proporcionando deba realizar un movimiento, estos medios pueden reconocer con anterioridad las siguientes posiciones a ocupar. Pero no toda la obtención de información irá orientada hacia el enemigo, sino también hacia las fuerzas propias. Se pueden precisar de información más completa acerca del grueso al que se proporciona protección, como su ritmo de avance, su despliegue o la distancia con este, ya que generalmente no habrá contacto visual con la unidad protegida.

### 3.3.2 Organización operativa

En las unidades de Caballería del ET, las unidades de RPAS que cuentan con dichos medios, se encuentran centralizadas dentro de la Sección de Mando y transmisiones encuadrada en el Escuadrón de Plana Mayor y Servicios.

Un Grupo de Caballería está formado por un Escuadrón de Plana Mayor y Servicios, el cual se encarga de apoyar al resto del Grupo con cometidos generalmente logísticos y de apoyo, como temas de sanidad, transmisiones, abastecimiento y mantenimiento. Además de este Escuadrón, cada Grupo cuenta con otros dos Escuadrones de vehículos acorazados.

Como se puede observar en la Figura 15, dentro de este Escuadrón se cuenta (de izquierda a derecha) con una Sección de Mando y Transmisiones, una Sección de Abastecimiento, una Sección de Mantenimiento y un Pelotón de Sanidad.

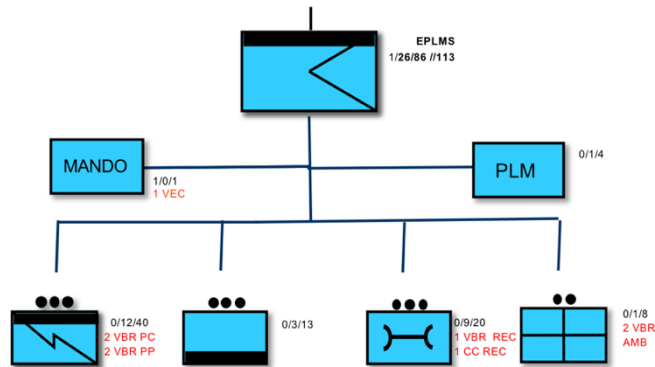


Figura 15. Orgánica del Escuadrón de Plana Mayor y Servicios de un Grupo de Caballería. Fuente: Academia de Caballería

La Sección de Mando y Transmisiones (ver Figura 16), mandada por un Teniente, cuenta con unidades de transmisiones, defensa contra carro (DCC) y un pelotón de RPAS, dónde se encuentran orgánicamente estos medios dentro del Grupo. Este Pelotón es mandado por un suboficial, y dispone de 6 miembros de tropa, como operadores de los dispositivos. Este TFG tiene entre sus objetivos, analizar y proponer qué sistema RPAS es el más adecuado para entrar en dotación concretamente en este pelotón.

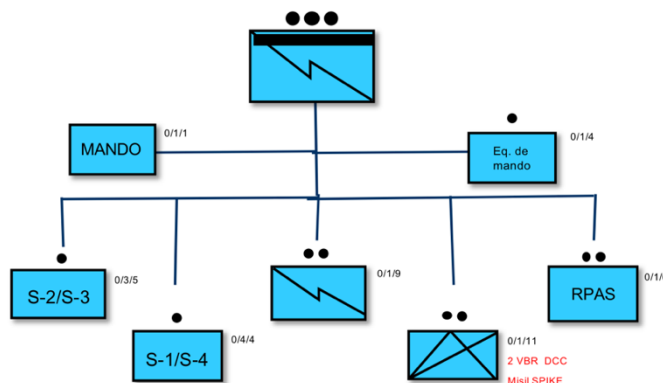


Figura 16. Orgánica de la Sección de Mando y Transmisiones de un Grupo de Caballería. Fuente: Academia de Caballería



## 4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 4.1 Metodología AHP. Empleo de Expertos y Cuestionarios

#### 4.1.1 Primera etapa: Formulación del problema

Para comenzar con la misma, lo primero que se plantea es la selección de las diferentes alternativas RPAS que se van a comparar, para decidir cuál de ellas es la más idónea para formar parte de ese pelotón RPAS, perteneciente a la sección de mando y transmisiones del EPLMS del GCAC. Existen varios sistemas RPAS de dotación en el ET, con diferentes características técnicas y capacidades.

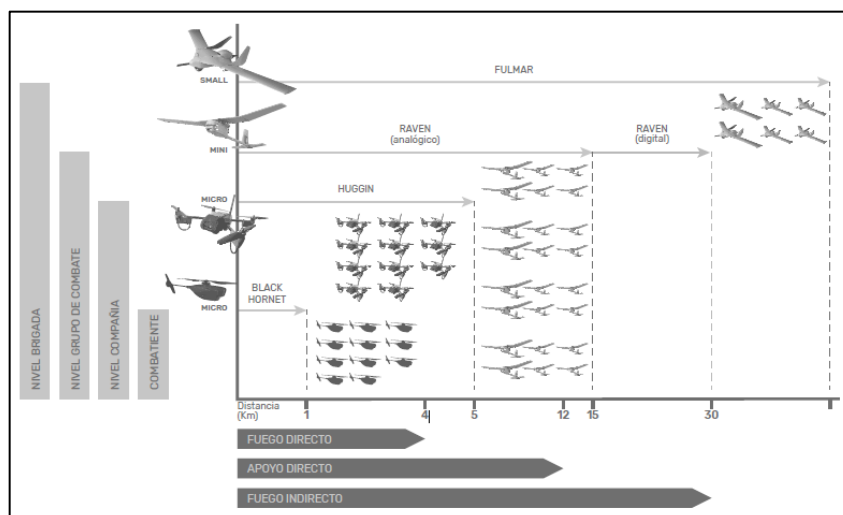


Figura 17. RPAS en dotación en el ET. Fuente: Fuerza 35 ET

Para ello, tras consultas con el grupo de expertos generalistas GG y varios de los miembros de los Grupos de expertos especialistas GE, más consultar con dos mandos de la Comandancia General de Ceuta con gran experiencia en la materia, y la revisión, estudio y análisis de documentación bibliográfica con artículos relacionados con el tema, se han elegido las siguientes 3 alternativas de RPAS para realizar la comparación, teniendo en cuenta las necesidades de las unidades de Caballería para el empleo de estos dispositivos:

#### 1) Raven RQ-11BP



Figura 18. Soldado lanzando RPAS RAVEN RQ-11. Fuente: AeroVironment

El RAVEN RQ-11BP es un dispositivo RPAS de clase I tipo mini de la empresa AeroVironment. Es de ala fija, lo que no implica rotores para su vuelo y está diseñado para desplegarlo con gran facilidad y rapidez. Entre las misiones para las que se suele emplear este modelo se encuentran operaciones de reconocimiento, adquisición de objetivos y vigilancia de



convoyes u otros objetivos a observar, por lo que resulta muy útil para su uso en unidades de Caballería.

Su producción es de 2004 y desde entonces se ha empleado en dotación en diversos ejércitos, como el de Estados Unidos, Reino Unido, Francia o Italia. Actualmente el ET español cuenta con 72 dispositivos repartidos en diferentes unidades (Wikipedia, 2022).

Tabla 5. Especificaciones técnicas RAVEN RQ-11. Fuente: Elaboración propia

RAVEN RQ-11	
Alcance	10 km
Autonomía	60 – 90 min
Tamaño	0,9 x 1,4 m
Peso	1,9 kg
Velocidad máxima	56 km/h
Imagen	Iluminación láser infrarrojos (IR) de objetivos, capacidad de operar en condiciones diurnas y nocturnas y envío de imágenes a color e IR en tiempo real con una resolución HD 1270x720p
Transporte	2 empaques de 5 kg en los que se incluyen el RPAS y una terminal remota de video para su control

## 2) PD-100 Blackhornet

El PD-100 BlackHornet es un RPAS tipo I de clase micro desarrollado por ProxDynamics. Se trata de un dispositivo de ala rotatoria como se puede comprobar en la Figura 19 y está diseñado para ser empleado tanto en espacios abiertos como en zonas reducidas y áreas urbanas gracias a su reducido tamaño. Esto le dota de una gran versatilidad gracias a su fácil uso y rápida puesta en funcionamiento. Se controla mediante un sistema de control que cuenta con una pantalla donde poder observar las imágenes y vídeos captadas por la cámara del RPAS. Este modelo además cuenta con sensores infrarrojos para visión nocturna (Eurodron, 2022).

ProxDynamics presentó esta versión en 2014 y desde entonces ha entrado en servicio en los ejércitos de países como Estados Unidos, Alemania o Reino Unido (Wikipedia, 2022). El ejército español no lo tiene en dotación en todas las unidades, sino que cuenta con ciertas unidades en la Brigada de la Legión (BRILEG).



Figura 19. PD-100 BlackHornet. Fuente: ProxDynamics



Tabla 6. Especificaciones técnicas PD-100 BlackHornet. Fuente: Elaboración propia

PD—100 BLACKHORNET	
Alcance	1,6 km
Autonomía	25 mins
Tamaño	13 x 3,5 cm
Peso	18 gr
Velocidad máxima	18 km/h
Imagen	Capacidad de tomar imágenes y videos diurnos con resolución 340x240p y cámara IR con resolución 60x80p
Transporte	Empaque inferior a 1 kg que incluye un sistema de control con pantalla

### 3) Fulmar X



Figura 20. Fulmar X en su plataforma de lanzamiento. Fuente: Thales Group (2022)

El RPAS Fulmar X desarrollado por la empresa Thales se trata de un dron de clase I de tipo mini con ala fija. Es un sistema muy versátil, capacitado para realizar operaciones de diversa índole como búsqueda de objetivos, apoyo para vigilancia y reconocimiento. Su elevada fiabilidad y facilidad de manejo, junto a sus características técnicas lo hacen un buen dispositivo para unidades de Caballería. Cuenta con sensores electroópticos y de infrarrojos para visión nocturna. Además, para su despliegue y recogida cuenta con una catapulta de rápido funcionamiento y con una red para su aterrizaje, lo que facilita la operación y reduce sus costes.

Tabla 7. Especificaciones técnicas Fulmar X. Fuente: Elaboración propia

FULMAR X	
Alcance	80 km
Autonomía	8 h
Tamaño	1,2 x 3 m
Peso	20 kg
Velocidad máxima	101 km/h
Imagen	Cuenta con cámara diurna con resolución HD 1270x720p y zoom x30 y nocturna con IR con una resolución SD de 640x480p
Transporte	Mediante una maleta tipo PELI que además de transportar el dispositivo requiere de un dispositivo de lanzamiento y recuperación conformado por una plataforma y un conjunto de dos redes con pértigas para su recuperación



Todas las alternativas seleccionadas cuentan tanto con ventajas como inconvenientes para su desempeño en unidades de Caballería debido a las diferencias entre ellas, por lo que se ha realizado un análisis multicriterio AHP para decidir la más adecuada.

## CRITERIOS Y SUBCRITERIOS

Para la elección de los criterios y subcriterios se empleó al grupo de expertos generalistas GG mediante la realización de encuestas materializadas a través de un formulario de Google adjuntado en el Anexo II.

Tras el análisis de los resultados obtenidos en dichas encuestas y su posterior agrupación en criterios y subcriterios, se seleccionaron los tres criterios que se detallan a continuación para la realización del análisis multicriterio. Hay que reseñar que es muy importante definir bien cada uno de ellos, ya que posteriormente serán comparados entre sí. No se puede pedir a un experto comparar criterios si no tiene una buena definición de estos. Los criterios-subcriterios y sus definiciones son los siguientes:

Figura 21. Anexo II.  
Fuente: Elaboración propia

### Criterio 1: Características técnicas

Este comprende todas aquellas especificaciones físicas del dispositivo que pueden afectar a su funcionamiento y desempeño para cumplir los requisitos operativos.

Los subcriterios elegidos han sido los siguientes:

- **Alcance:** refleja cuál es la distancia máxima para poder operar con el dispositivo de manera remota sin perder la señal entre el RPAS y el mando de control.
- **Autonomía:** cantidad de tiempo que puede estar en vuelo durante su funcionamiento.
- **Tamaño:** dimensiones del dispositivo, así como su peso en vuelo.

### Criterio 2: Apoyo logístico

El criterio comprende la evaluación del dispositivo en relación con los aspectos logísticos, tanto de transporte como de mantenimiento y abastecimiento. Para mayor detalle, se descompone en los siguientes subcriterios:

- **Repuestos:** facilidad de obtención de piezas de reemplazo del dispositivo y coste de estas.
- **Mantenimiento:** comprende los trabajos que va a suponer mantenerlo operativo y la facilidad y rapidez de realización de estos.
- **Portabilidad:** facilidad que presenta el dispositivo a ser transportado debido a las dimensiones del empaque tanto del RPAS como de los diferentes mandos y dispositivos de control de los que pueda disponer.

### Criterio 3: Adquisición de objetivos

Este criterio comprende las capacidades del RPAS en cuanto a la obtención de imágenes e información de posibles objetivos.



Los subcriterios elegidos han sido los siguientes:

- **Calidad de imagen:** la resolución con la que cuentan los medios fotográficos del dispositivo.
- **Capacidad de visión nocturna:** capacidad de adquirir objetivos y poder captar imágenes y videos en condiciones de baja luminosidad.

A continuación, una vez determinados los criterios y las alternativas, se presenta gráficamente la formulación del problema mediante un árbol de jerarquías, según marca la **etapa 1** del método multicriterio AHP.

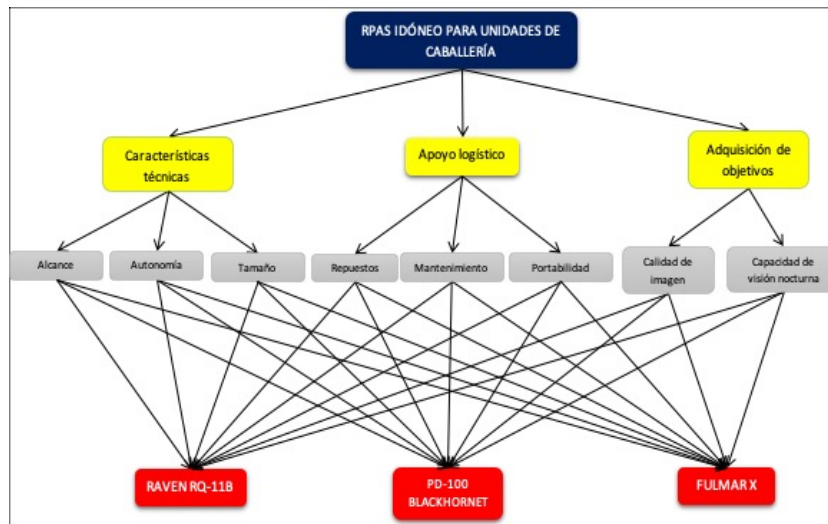


Figura 22. Árbol de niveles para la formulación del problema para la elección del RPAS idóneo para unidades de Caballería. Fuente: Elaboración propia

A su vez, se ha introducido esta información en el programa empleado de Software AyudaDecision\_AHP\_net\_4.0 (Vázquez Díaz, 2012). Se adjunta una captura de la primera etapa en el programa:

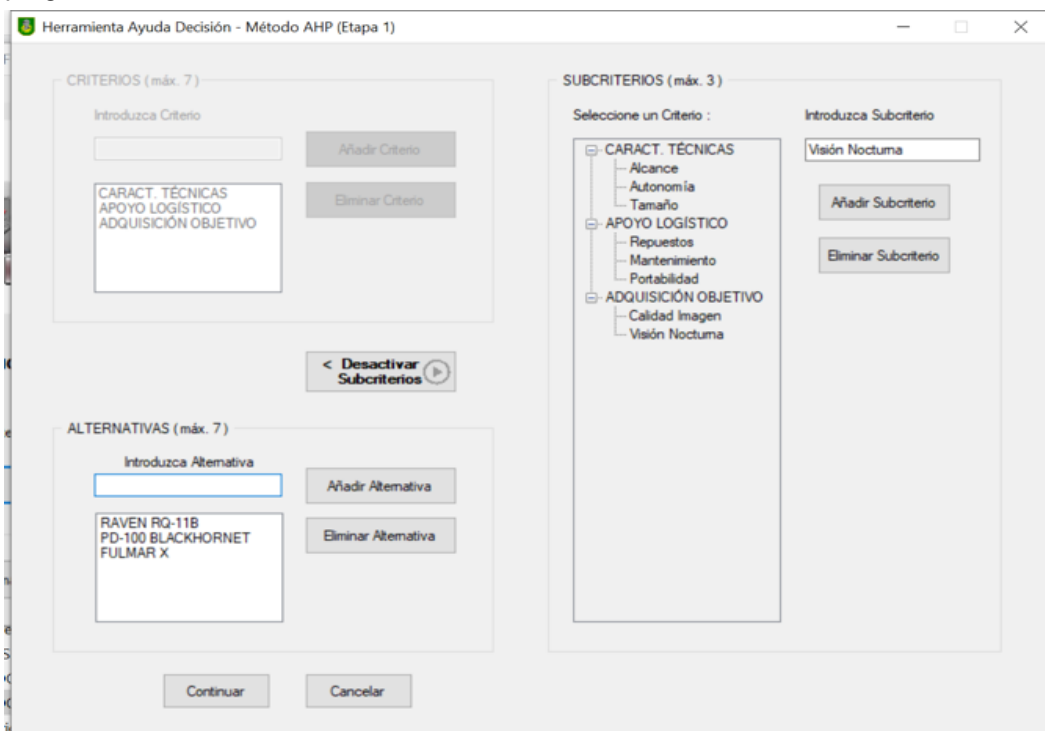


Figura 23. Captura etapa 1 software programa AHP. Fuente: Software AyudaDecision\_AHP\_net\_4.0



#### 4.1.2 Segunda etapa: Evaluación de criterios

En esta etapa se ha llevado a cabo la evaluación de los criterios y los subcriterios mediante encuestas a los grupos de expertos para así obtener el peso de cada uno de los mismos.

##### CRITERIOS

Para la obtención de los pesos de cada uno de los criterios, se ha realizado una comparación de estos dos a dos, y a cada una de las comparaciones se le ha asignado una calificación según la escala de Saaty. Para la explicación y entendimiento de dicha escala se ha realizado la siguiente tabla, donde se presentan las opciones que tiene el experto a la hora de comparar los criterios A y B.

Tabla 8. Escala de Saaty para la comparación entre A y B. Fuente: Elaboración propia

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
A	Extremadamente más importante A	Mucho más importante A	Más importante A	Ligeramente más importante A	Igual de importantes	Ligeramente más importante B	Más importante B	Mucho más importante B	Extremadamente más importante B	B

Para la determinación del peso de los criterios, se ha enviado un formulario sencillo al **grupo de expertos GG**, adjuntado en el Anexo III, de donde se extraen los valores a incluir en el programa AHP, para impedir posibles errores en el método. Con ello se evitan confusiones en la realización de estas encuestas para personas que no estén familiarizadas con el método. Para ello se ha elegido al Grupo de generalistas por tener una visión global del problema. Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Tabla 9. Resultado de encuestas sobre la evaluación de los criterios. Fuente: Elaboración propia

Criterio A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Criterio B
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			1	1						APOYO LOGÍSTICO
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					2					ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS
APOYO LOGÍSTICO							2			ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS

Como se puede observar en la tabla 9, se representa con números la frecuencia en la que cada uno de los integrantes del grupo de expertos eligió cada opción. En negrita y rodeado con un círculo rojo se representa la opción de consenso, la cual es la que se ha empleado para calcular el peso de cada criterio. Por ejemplo, en este caso, en la primera comparación, se ha elegido el 5 en vez del 3 a favor de Características técnicas, a pesar de que ambas habían sido elegidas con la misma frecuencia. Esto es debido a que el autor de este trabajo, al no darse un resultado matemáticamente evidente, ha optado por dicha opción de consenso en base a la experiencia del encuestado que ha elegido el 5. En los casos en los que sucede en los siguientes pasos, se ha procedido de la misma manera.

**Interpretación resultados Tabla 9:** se puede observar que el GG le da un mayor valor a las características técnicas y a la capacidad de adquisición de objetivos frente al apoyo logístico. Esto se debe a la mayor importancia que le dan los integrantes de unidades de Caballería a especificaciones como el alcance y el peso y a capacidades como la grabación de video, frente a las posibilidades logísticas del dispositivo, las cuales quedan relegadas a un segundo plano.



Estos datos, a su vez, han sido introducidos en el software de ayuda a la decisión AHP obteniéndose los siguientes resultados:

**Método AHP - Evaluación de Criterios (Etapa 2)**

**Evaluación de CRITERIOS**

CRITERIOS	CARACT. TÉCNICAS	APOYO LOGÍSTICO	ADQUISICIÓN
CARACT. TÉCNICAS	1	5	1
APOYO LOGÍSTICO	1/5	1	1/5
ADQUISICIÓN OBJE...	1	5	1

**ESCALA de SAATY**

Valor	Definición
1	a - Igual Importancia
3	b - Importancia Moderada v 1/3
5	c - Importancia Grande v 1/5
7	d - Importancia Muy Grande v 1/7
9	e - Importancia Extrema v 1/9

**PESOS(W)**

0,45
0,09
0,45

**R.I. : 0.0000**

Botones: **Calcular**, **< Volver Datos AHP**, **Play**

Figura 24. Captura etapa 2 Evaluación de criterios del software de ayuda a la decisión AHP. Fuente: Software AyudaDecision\_AHP\_net\_4.0

Se observa que la Razón de Inconsistencia es  $RI = 0$ , lo cual garantiza la coherencia y consistencia de las respuestas del grupo de experto. Es un buen dato.

### SUBCRITERIOS

Para la obtención de los pesos de cada uno de los subcriterios se ha procedido de la misma manera que en los criterios.

En esta ocasión, los encargados de realizar esta evaluación han sido cada uno de los tres grupos especialistas, GE. Es decir, el grupo de expertos GE-1 ha evaluado los subcriterios del criterio «Características Técnicas», y los otros dos GE han procedido de la misma manera con los subcriterios que integran cada uno de los criterios, de los cuales son expertos según su experiencia profesional. Al igual que con el grupo de expertos GG, se les envió un formulario, adjuntado en los anexos IV, V y VI, según al grupo de expertos que pertenecían, GE1, GE2 o GE3. Se hace así, ya que cada GE es especialista en la materia de la cual es preguntado; es experto en el criterio y subcriterios de los cuales se les pide valoración.

En las tablas se pueden observar las frecuencias de las respuestas de los tres grupos, comparando dos a dos los diferentes subcriterios, al igual que se había realizado anteriormente con los criterios. Con círculo rojo y en negrita se representa el valor de consenso, siendo este el que ha sido empleado para aplicar el método.

Los resultados obtenidos del GE-1 han sido los siguientes:

Tabla 10. Resultado de encuestas del GE-1. Evaluación de subcriterios de Características Técnicas. Fuente: Elaboración propia

Sub-criterio A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Sub-criterio B
ALCANCE		1	<b>2</b>	1						AUTONOMÍA
ALCANCE			1	<b>3</b>						TAMAÑO
AUTONOMÍA				1	<b>2</b>	1				TAMAÑO



**Interpretación resultados Tabla 10:** se observa una alta valoración por parte del GE1 al subcriterio de Alcance frente a la Autonomía y al Tamaño. Esto se debe a que las unidades de Caballería, gracias a sus capacidades operan a largas distancias y este tipo de dispositivos les otorgan esa capacidad de acercarse al objetivo a reconocer o vigilar, por lo que se priorizará un modelo con mayor alcance operativo.

*Tabla 11. Resultado de encuestas del GE-2. Evaluación de los subcriterios de Apoyo Logístico.  
Fuente: Elaboración propia*

Sub-criterio A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Sub-criterio B
REPUESTOS					2	2				MANTENIMIENTO
REPUESTOS					2	2				PORTABILIDAD
MANTENIMIENTO					3	1				PORTABILIDAD

**Interpretación resultados Tabla 11:** en esta valoración, el GE2 no ha hecho una valoración en la que priorice un subcriterio por encima de otro, sino que están los 3 bastante equiparados. Han evaluado ligeramente por encima al Mantenimiento y a la Portabilidad, ya que es imprescindible la facilidad de mantenerlo en el terreno de operaciones. Se prefiere también un dispositivo con facilidades para su portabilidad, ya que la Caballería al ser unidades montadas, necesitan algo que sea práctico para su transporte en los vehículos.

*Tabla 12. Resultado de encuestas del GE-3. Evaluación de subcriterios de Adquisición de Objetivos.  
Fuente: Elaboración propia*

Sub-criterio A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Sub-criterio B
CALIDAD DE IMAGEN		1	2							CAPACIDAD DE VISIÓN NOCTURNA

**Interpretación resultados Tabla 12:** en este caso solo hay dos subcriterios a comparar y el GE3 ha priorizado a la calidad de imagen frente a la capacidad de visión nocturna, ya que en la mayoría de las operaciones que realiza la Caballería se prioriza que sean en condiciones diurnas, sobre todo a primeras horas del alba.

Estos datos han sido introducidos en el software de ayuda a la decisión AHP, obteniéndose los siguientes resultados:

Método AHP - Evaluación de SubCriterios (Etapa 2.bis)

CARACT.	Alcance	Autonomía	Tamaño	PESOS(W)
Alcance	1	5	3	0.66
Autonomía	1/5	1	1	0.16
Tamaño	1/3	1	1	0.19
R.I. : 0.0252				

APOYO	Repuestos	Mantenimiento	Portabilidad	PESOS(W)
Repuestos	1	1/3	1/3	0.14
Mantenimiento	3	1	1	0.43
Portabilidad	3	1	1	0.43
R.I. : 0.0000				

ADQUISICIÓN OBJETIVO	Calidad Imagen	Visión Nocturna	PESOS(W)
Calidad Imagen	1	5	0.83
Visión Nocturna	1/5	1	0.17
R.I. : 0.0000			

Calcular < Volver

*Figura 25. Captura etapa 2 Evaluación de subcriterios del software de ayuda a la decisión AHP.  
Fuente: Software AyudaDecision\_AHP\_net\_4.0*



Se observa que las razones de Inconsistencia de los tres grupos de expertos son  $RI < 0.10$ , lo cual garantiza la coherencia y consistencia de las respuestas obtenidas.

#### 4.1.3 Tercera etapa: Evaluación de alternativas

Para la realización de la evaluación de las alternativas se ha procedido de manera similar a la evaluación de los criterios y subcriterios. Cada grupo de expertos especialista ha realizado la evaluación de estas en base a los subcriterios en lo que está especializado. El procedimiento ha sido el mismo; se les ha remitido una encuesta con idéntico formato a las anteriores en las que el encuestado evaluaba las alternativas dos a dos atendiendo a cada uno de los subcriterios. También se les han adjuntado los 3 anexos correspondientes a la descripción y características técnicas de las 3 alternativas, para que tengan una referencia y explicación de estas.

Tras haber obtenido los valores de las encuestas, al igual que en los pasos anteriores, se ha obtenido el valor de consenso en cada GE. En negrita y rodeado con un círculo rojo queda reflejado cuales son los valores que van a ser empleados en el método.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos para cada uno de los subcriterios:

Tabla 13. Resultado de encuestas GE-1. Evaluación de las alternativas en criterio Características Técnicas.  
Fuente: Elaboración propia

¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>AUTONOMÍA</b> ?										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B			1	<b>3</b>						PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B								1	<b>3</b>	FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET									<b>4</b>	FULMAR X
¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>ALCANCE</b> ?										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B	1	<b>3</b>								PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B						<b>2</b>	2			FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET								1	<b>3</b>	FULMAR X
¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>TAMAÑO</b> ?										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B						<b>2</b>	2			PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B		1	<b>2</b>	1						FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET		<b>3</b>	1							FULMAR X



Tabla 14. Resultado de encuestas GE-2. Evaluación de las alternativas para el criterio de Apoyo Logístico. Fuente: Elaboración propia

¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>MANTENIMIENTO?</b>										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B					2	2				PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B			1	3						FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET			3	1						FULMAR X
¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>REPUESTOS?</b>										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B				2	2					PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B			3	1						FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET			2	2						FULMAR X
¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>PORTABILIDAD?</b>										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B					3	1				PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B	1	2	1							FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET	1	3								FULMAR X

Tabla 15. Resultado encuestas GE-3. Evaluación de las alternativas en el criterio Adquisición de Objetivos. Fuente: Elaboración propia

¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>CALIDAD DE IMAGEN?</b>										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B		2	1							PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B					1	2				FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET								1	2	FULMAR X
¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>CAPACIDAD DE VISIÓN NOCTURNA?</b>										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B		2	1							PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B					1	2				FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET								1	2	FULMAR X



Estos valores se introdujeron en el software obteniéndose los siguientes resultados:

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)					
<b>Alcance</b>		RAVEN	BLACKHORNET	FULMAR X	R.I. : <b>0.0701</b>
RAVEN	1	7	1/3	PESOS(W)	0.29
BLACKHORNET	1/7	1	1/9		0.06
FULMAR X	3	9	1		0.65
<b>Autonomía</b>		RAVEN	BLACKHORNET	FULMAR X	R.I. : <b>0.0708</b>
RAVEN	1	3	1/7	PESOS(W)	0.15
BLACKHORNET	1/3	1	1/9		0.07
FULMAR X	7	9	1		0.78
<b>Tamaño</b>		RAVEN	BLACKHORNET	FULMAR X	R.I. : <b>0.0565</b>
RAVEN	1	1/3	5	PESOS(W)	0.28
BLACKHORNET	3	1	7		0.64
FULMAR X	1/5	1/7	1		0.07
<b>Repuestos</b>		RAVEN	BLACKHORNET	FULMAR X	R.I. : <b>0.0334</b>
RAVEN	1	3	5	PESOS(W)	0.63
BLACKHORNET	1/3	1	3		0.26
FULMAR X	1/5	1/3	1		0.11

Figura 26. Primera captura etapa 3 Evaluación de alternativas del software de ayuda a la decisión AHP. Fuente: Software AyudaDecision\_AHP\_net\_4.0

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)					
<b>Mantenimiento</b>		RAVEN	BLACKHORNET	FULMAR X	R.I. : <b>0.0334</b>
RAVEN	1	1/3	3	PESOS(W)	0.26
BLACKHORNET	3	1	5		0.63
FULMAR X	1/3	1/5	1		0.11
<b>Portabilidad</b>		RAVEN	BLACKHORNET	FULMAR X	R.I. : <b>0.0000</b>
RAVEN	1	1	7	PESOS(W)	0.47
BLACKHORNET	1	1	7		0.47
FULMAR X	1/7	1/7	1		0.07
<b>Calidad Imagen</b>		RAVEN	BLACKHORNET	FULMAR X	R.I. : <b>0.0701</b>
RAVEN	1	7	1/3	PESOS(W)	0.29
BLACKHORNET	1/7	1	1/9		0.06
FULMAR X	3	9	1		0.65
<b>Visión Nocturna</b>		RAVEN	BLACKHORNET	FULMAR X	R.I. : <b>0.0701</b>
RAVEN	1	7	1/3	PESOS(W)	0.29
BLACKHORNET	1/7	1	1/9		0.06
FULMAR X	3	9	1		0.65

Figura 27. Segunda captura etapa 3 Evaluación de alternativas del software de ayuda a la decisión AHP. Fuente: Software AyudaDecision\_AHP\_net\_4.0

#### 4.1.4 Cuarta etapa: Jerarquización de las alternativas

En esta última etapa se obtiene la matriz de decisión, donde se pueden observar todos los resultados obtenidos en las etapas 2 y 3, así como la valoración cuantitativa de cada una de ellas. En la última fila se muestra el resultado final obtenido por cada una de las alternativas.

En la matriz (ver Figura 28) se puede observar que la alternativa ganadora es el RPAS FULMAR X, de manera diferenciada frente a las otras dos alternativas. Por detrás de esta se encuentra el RAVEN RQ-11B y por último el BLACKHORNET.

Si se analiza en detalle, FULMAR obtiene claramente las mejores puntuaciones en los dos criterios con mayor peso, que son las «Características Técnicas» y la «Adquisición de Objetivos».

En cambio, el criterio «Apoyo Logístico» tiene las peores puntuaciones de las tres alternativas. A pesar de ello, como este criterio no tiene mucho peso para la decisión, esta alternativa es la que ha salido claramente ganadora. Pero se debe informar y tener en cuenta que, si se elige esta opción, debe mejorarse mucho la cuestión logística. Los repuestos, el mantenimiento y la portabilidad son claramente mejorables y habría que informar de esta carencia, para que sea tenida en cuenta.



Una de las potencialidades que tiene AHP es que informa de lo bueno y lo malo, de las fortalezas y debilidades de cada alternativa, apoyado por una metodología científica, replicable y robusta.

Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	RAVEN RQ-11B	PD-100 BLACKHORNET	FULMAR X
<b>CARACT. TÉCNICAS</b>	<b>0.45</b>	<b>0.27</b>	<b>0.17</b>	<b>0.56</b>
+ Alcance	0.66	0.29	0.06	0.65
+ Autonomía	0.16	0.15	0.07	0.78
+ Tamaño	0.19	0.28	0.64	0.07
<b>APOYO LOGÍSTICO</b>	<b>0.09</b>	<b>0.40</b>	<b>0.51</b>	<b>0.09</b>
+ Repuestos	0.14	0.63	0.26	0.11
+ Mantenimiento	0.43	0.26	0.63	0.11
+ Portabilidad	0.43	0.47	0.47	0.07
<b>ADQUISICIÓN OBJETIVO</b>	<b>0.45</b>	<b>0.29</b>	<b>0.06</b>	<b>0.65</b>
+ Calidad Imagen	0.83	0.29	0.06	0.65
+ Visión Nocturna	0.17	0.29	0.06	0.65
		<b>0.29</b>	<b>0.15</b>	<b>0.56</b>

Figura 28. Etapa 4 matriz de decisión del software de ayuda a la decisión AHP. Fuente: Software AyudaDecision\_AHP\_net\_4.0

## 4.2 Análisis de Sensibilidad de los criterios y alternativas

Una vez finalizada la metodología AHP, se ha analizado la robustez de la alternativa ganadora frente a posibles cambios en las ponderaciones dadas por los expertos en los criterios, subcriterios y alternativas. Se ha de tener en cuenta que es la opinión experta pero subjetiva de un grupo de militares. Para ello se ha aplicado un análisis de sensibilidad a los resultados obtenidos en AHP, con la ayuda del programa "Priority Estimation Tool (PriEsT)", versión 2.1 (Mikhailov y Keane, 2015).

Primeramente, se han introducido los criterios para evaluar los RPAS.



Figura 29. Captura de la introducción de criterios y subcriterios de la herramienta informática PriEsT. Fuente: Software PriEsT



En las siguientes figuras se presenta la solución, la cual ya había sido obtenida en el aparatado anterior con el método AHP y su gráfico (ver Figura 28). FULMAR ha sido ganadora con los criterios y ponderaciones dadas por los expertos.

Name	Value
TD	11.471
NV	0.0
TD2	85.259
Method	GM

Alternative	#	Weight
RAVEN	2	0.288
FULMAR	1	0.566
BLACKHORNET	3	0.147

Figura 31. Captura de los pesos de las alternativas de la herramienta informática PriEsT. Fuente: Software PriEsT



Figura 30. Captura de la gráfica de los pesos de las alternativas de la herramienta informática PriEsT. Fuente: Software PriEsT

En este momento, se ha realizado el análisis de sensibilidad múltiple y se ha obtenido el siguiente resultado. El punto amarillo expresa la ponderación de los 3 criterios en escala. Los colores expresan el RPAS ganador según se mueva el punto amarillo (la ponderación de los criterios).

FULMAR (color morado) es la opción ganadora en la mayoría de los casos. Solamente aumentando mucho el criterio «Apoyo Logístico», FULMAR cede ante BLACKHORNET (color verde). La alternativa RAVEN (color azul) es difícil que sea escogida como mejor opción, aun que cambien mucho las ponderaciones de los criterios. En el Anexo VII se tiene la aplicación completa del análisis de sensibilidad.



Figura 32. Captura de la gráfica del análisis de sensibilidad realizado con la herramienta informática PriEsT. Fuente: Software PriEsT

### 4.3 Análisis DAFO de la alternativa elegida

Una vez implementada la metodología AHP, se ha obtenido que el RPAS idóneo para su empleo e integración en unidades de Caballería es el FULMAR X. Para conocer las posibilidades de este dispositivo y los riesgos que se asumen con su empleo, se ha realizado un análisis DAFO para completar de forma cualitativa el análisis de este RPAS. El análisis ha sido el siguiente:



### **Debilidades**

- Esta alternativa cuenta con un dispositivo de despegue y recogida, lo que implica que se deba realizar un montaje de dicho dispositivo cuando se requiera su uso, aumentando los tiempos de inicio y recogida en su empleo.
- Sus dimensiones y el hecho de contar con el dispositivo de despegue y recogida, mencionado anteriormente, aumenta el tamaño de sus maletines de transporte, lo que requiere de un espacio amplio para su porte.
- Al contar con un tamaño grande, implica que pueda ser detectado con mayor facilidad y sea localizado a mayor distancia por parte de fuerzas enemigas, lo que reduce el factor sorpresa cuando sea empleado este dispositivo.

### **Fortalezas**

- Al contar con un gran alcance operativo este dispositivo puede ser manejado a grandes distancias, lo cual es idóneo para las unidades de Caballería que operan a kilómetros de la amenaza, exponiendo menos las fuerzas propias y aumentando la seguridad de los medios
- La elevada autonomía de vuelo permite su empleo durante largos periodos de tiempo y así poder recorrer largas distancias sin temor de quedarse sin batería para su retorno, aumentando la capacidad de obtención de información de la unidad durante un mayor periodo.
- Dispone de dispositivos ópticos de gran resolución, permitiendo la captura de video e imágenes con mayor nitidez. Aumenta la capacidad de obtención de información debido al incremento en la visualización de las tomas capturadas por las cámaras del RPAS.

### **Amenazas**

- El desarrollo de la tecnología y la evolución y modernización de estos dispositivos ha aumentado también el progreso de sistemas anti-drones que podrían dejar inoperativo el RPAS, inutilizándolo o limitando su uso a determinados espacios.
- La falta de fondos para la adquisición de unidades de este sistema puede ralentizar su proceso de compra e incluso llegando a no poder realizarse, priorizando el crédito para otras finalidades.
- La situación de contar con un RPAS ya en dotación en el ET, como es el RAVEN, puede derivar en la negativa de adquirir un dispositivo diferente a este.

### **Oportunidades**

- Las características con las que cuenta el FULMAR X le otorgan una polivalencia que permite su uso tanto en operaciones en territorio nacional como en misiones en ZO en el exterior.
- Se cuenta con la cualificación del personal necesaria para la implementación de al menos un sistema por Grupo de Caballería, debido a la sencillez de su empleo y puesta en funcionamiento.



- La adquisición del dispositivo permite promover su uso en misiones de mayor riesgo, minimizando la exposición del personal propio y reduciendo la exposición de este a la amenaza, lo que disminuirá el número de bajas propias.

Tabla 16. DAFO RPAS FULMAR X. Fuente: Elaboración propia

<b>FULMAR X</b>	
<b>Debilidades</b>	<b>Fortalezas</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requiere de un sistema de despegue y de recogido, y no es manual, lo que requiere transportarlo junto al dispositivo.</li> <li>2. Transporte con dimensiones elevadas.</li> <li>3. Grandes dimensiones y mayor facilidad de detección por parte de las fuerzas enemigas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gran alcance operativo para su manejo a largas distancias.</li> <li>2. Elevada autonomía de vuelo de hasta 8 horas.</li> <li>3. Grandes capacidades ópticas con cámara diurna y nocturna de levada resolución para capturar imágenes y videos.</li> </ol>
<b>Amenazas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aparición de modernos sistemas anti-drones capaces de dejar inoperativos estos dispositivos.</li> <li>2. Recortes en el presupuesto para la adquisición de unidades de este dispositivo.</li> <li>3. Adquisición de unidades de otro dispositivo distinto al elegido, por motivos logísticos, como el RAVEN ya en dotación.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Empleo de este RPAS para operaciones en territorio nacional, además de su empleo en misiones en ZO.</li> <li>2. Implementación de un dispositivo por Grupo de Caballería para potenciar su empleo en operaciones.</li> <li>3. Promover su uso en misiones con mayor riesgo para las fuerzas propias, y así reducir la exposición de estas a la amenaza.</li> </ol>



## 5 CONCLUSIONES

El presente proyecto tenía como objetivo principal definir un modelo de RPAS idóneo para las unidades de Caballería del ET para poder integrarlo en las unidades, debido a la falta de estos dispositivos en la actualidad. Dicho objetivo se ha logrado, siendo el RPAS Fulmar X el que ha sido elegido tras la aplicación de la metodología de decisión multicriterio AHP.

Para comprender qué son los RPAS y la clasificación de estos se marcó OS-1, el cual se ha resuelto tras la consulta realizada en manuales y documentos del tema en cuestión. Se ha precisado que los drones a emplear en las unidades de Caballería de entidad Grupo e inferior, son los de Clase I, la cual viene marcada por un MTOW inferior a 150 kg.

Para entender las misiones que desempeñan los Grupos de Caballería y así precisar qué requerimientos se necesitan para su realización, se fijó el OS-2. Tras la revisión de publicaciones doctrinales propias de la especialidad, se ha llegado a determinar que el reconocimiento, la seguridad y el contacto son las misiones propias de la Caballería, y mediante entrevistas y consultas, a distintas personas con conocimientos sobre estas, se han obtenido los requerimientos para la consecución de este tipo de operaciones.

El OS-3 se centraba en relacionar las capacidades de los dispositivos RPAS y las necesidades requeridas para la realización de operaciones propias de Caballería, y analizar que aporte tienen estos medios en dichas misiones. Como resultado de la realización de diversas entrevistas y consultas a distintas personas con experiencia en el tema, se ha podido entender estos como elementos que aportan a las unidades del arma grandes capacidades de reconocimiento, vigilancia y adquisición de objetivos, facilitando a estas su trabajo y minimizando el riesgo de las fuerzas propias.

Tras las encuestas realizadas al personal especializado en el tema, se eligieron y compararon las características técnicas y capacidades de 3 RPAS presentes ya en el ET, los cuáles podrían aportar a las unidades de Caballería grandes capacidades obtenidas tras la búsqueda realizada anteriormente cumpliendo el OS-4.

Para finalizar, aplicando la metodología elegida de decisión multicriterio, se ha obtenido un modelo de RPAS idóneo, el Fulmar X, y se ha propuesto como el mejor sistema para integrar en los Grupos del arma, satisfaciendo así el OS-5.

Con la aplicación del método de análisis de sensibilidad PriEsT se ha obtenido como conclusión que la opción FULMAR es muy robusta, ya que debería de haber cambios muy importantes en los pesos de los criterios para que la alternativa elegida variara.

Con la elección de este dispositivo se ha realizado un análisis DAFO del que se ha extraído que el RPAS seleccionado cuenta con grandes prestaciones para su empleo en las operaciones de Caballería, pero en cuanto a tema logístico se ve más comprometido, debido a las mayores dificultades de transporte por sus dimensiones y componentes. Con una vista al futuro, se cuenta con un dispositivo que cumplirá con el desempeño que se espera de este y mejorará las aptitudes de las unidades de Caballería, a pesar de poder contar con limitaciones en cuanto a su adquisición o enfrentarse a sistemas anti-drones enemigos.



## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MasScience (2016) DRON, DRONE, UAV, UAS, RPA, RPAS. ¿Qué son? ¿Cómo llamarlos correctamente? Disponible en: <https://www.masscience.com/2015/08/11/2051/> [Consultado en marzo de 2022]

Calvo González-Regueral, C., Herranz, F. y Calvo Aguilar, P. (2014), «De los UAV a los RPAS», Perfiles IDS, p. 12, 2014.

Nantes, E. A. (2019), «El método Analytic Hierarchy Process para la toma de decisiones» vol. 27, no. 46, pp. 54–73.

Ejército de Tierra (2019), “Fuerza 35” p 25.

Eurodron (2022) Black Hornet es un poderoso dron militar. Disponible en: [https://www.eurodron.es/blog/73\\_Black-Hornet-es-un-poderoso-mini-dron-militar.html](https://www.eurodron.es/blog/73_Black-Hornet-es-un-poderoso-mini-dron-militar.html) [Consultado en abril de 2022].

G. Hoffman, Frank (2007). *Conflict in the 21<sup>st</sup> century: the rise of hybrid wars*. Virginia: Potomac Institute for Policy Studies.

Guzmán, J.S. (2021). ¿Qué es Google Forms y para qué sirve? Disponible en: <https://juansguzman.com/blog/que-es-google-forms-y-para-que-sirve/> [Consultado en abril de 2022].

El Drone (2016). Historia de los drones. Disponible en: <http://eldrone.es/historia-de-los-drones/> [Consultado en marzo de 2022].

Hurtado, T. y Bruno, G. (2005). «*El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores: aplicación a la selección del proveedor para la empresa gráfica Comercial MYE S.R.L.*», capítulo 3. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD4-204. Unidades de reconocimiento: reconocimiento de itinerario. Granada: Ministerio de Defensa. Centro Geográfico del Ejército, 2003.

Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD0-000. Glosario de términos militares. Granada: Ministerio de Defensa. Centro Geográfico del Ejército, 2010.

Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD1-001. Empleo de las fuerzas terrestres. Granada: Ministerio de Defensa. Centro Geográfico del Ejército, 2011.

Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD3-309. Seguridad en los movimientos: convoyes. Granada.: Ministerio de Defensa. Centro Geográfico del Ejército, 2011.

Mando de Adiestramiento y Doctrina, OR5-007. Seguridad, reconocimiento y exploración. Granada: Ministerio de Defensa. Centro Geográfico del Ejército, 2013.

Mando de Adiestramiento y Doctrina, «Empleo táctico de la unidad de RPAS», 2016.

Mando de Adiestramiento y Doctrina, «Tendencias según especialidades. Caballería (2016-2017)», [Documento uso interno], 2017.

Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD4-018 (Vol. I). Acciones militares tácticas de apoyo: Reconocimiento. Granada: Ministerio de Defensa. Centro Geográfico del Ejército, 2018.

Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD4-200 (Vol. I). Táctica. Empleo de las pequeñas unidades de Caballería: Los Grupos. Granada: Ministerio de Defensa. Centro Geográfico del Ejército, 2019.



- MINISDEF (2020), "Ejército de tierra. BRIGADA 2035. Brigada experimental", Disponible en: [https://ejercito.defensa.gob.es/estructura/briex\\_2035/index.html](https://ejercito.defensa.gob.es/estructura/briex_2035/index.html) [Consultado en marzo de 2022].
- Ministerio de Defensa (2014), "Memorial de Caballería" no. 77-2ª época.
- Ministerio de Defensa (2018), "Revista Tierra," no. 259.
- Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (2018) Herramienta DAFO. Disponible en: <https://dafo.ipyme.org/> [Consultado en mayo de 2022].
- Moreno Jiménez, José María y Aguarón Joven, Juan y Cano Sevilla, Francisco Jose y Escobar Urmeneta, María Teresa (1998) *Validación, robustez y estabilidad en decisión multicriterio: análisis de sensibilidad en el proceso analítico jerárquico*. Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Físico-Químico y Naturales, 92 (4). pp. 387-397. ISSN 0034-0596.
- Raeburn, A. (2021). "Análisis FODA: qué es y cómo usarlo (con ejemplos)". Disponible en: <https://asana.com/es/resources/swot-analysis> [Consultado en mayo de 2022].
- Risk Decisions. (2022). Página web oficial. <https://www.riskdecisions.com/> [Consultado en mayo de 2022].
- Romero, C. (1996). "Análisis de las decisiones multicriterio". ISDEFE. Madrid, España.
- Ruiz López, C. (2020). "Manual de Usuario del Programa Ayuda a la Decisión AHP". CUD de Zaragoza. Zaragoza, España.
- Ruiz López, C. (2020). "Métodos cuantitativos de ayuda a la decisión". Máster Universitario en Dirección y Gestión de Adquisiciones de Sistemas para la Defensa, asignatura "Gestión Pública". Zaragoza, España.
- Saaty, T. L. and Wiley, J. (1980). "The Analytical Hierarchical Process". McGraw-Hill Book Co, New York, Estados Unidos de América.
- Siraj, S., Mikhailov, L. and Keane, J. A., *PriEsT: an interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments*, Intl. Trans. in Op. Res., 22: 217-235.
- Saaty, T. L. (1984). "Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with The Analytic Hierarchy Process". RWS Publications. Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos de América.
- Thales Group (2022). Fulmar X. Disponible en: <https://www.thalesgroup.com/es/fulmar-x> [Consultado en mayo de 2022].
- The Psychological Review, 1956, vol. 63, pp 81-97.
- Unión Europea. (2017). *Análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades)*. [https://europa.eu/capacity4dev/evaluation\\_guidelines/wiki/analisis-dafo-debilidades-amenazas-fortalezas-oportunidades-swot](https://europa.eu/capacity4dev/evaluation_guidelines/wiki/analisis-dafo-debilidades-amenazas-fortalezas-oportunidades-swot) [Consultado en mayo de 2022].
- Wikipedia. (2021) AerVironment RQ-11 Raven. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/AeroVironment\\_RQ-11\\_Raven](https://es.wikipedia.org/wiki/AeroVironment_RQ-11_Raven) [Consultado en abril de 2022].
- Wikipedia. (2022) Black Hornet nano. Disponible en: [https://en.wikipedia.org/wiki/Black\\_Hornet\\_Nano](https://en.wikipedia.org/wiki/Black_Hornet_Nano) [Consultado en mayo de 2022].



## **ANEXOS**



Carlos Ruiz Montalvo

# Anexo I: Estructura de descomposición del trabajo (EDT)

EDT							Fecha: 06/09/2021	
Project manager: Carlos Ruiz Montalvo								
ID	Nombre tarea	Descripción	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	Status		
1	<b>Planificación y organización del trabajo</b>	Planificación temporal inicial de las distintas tareas a desempeñar	Carlos Ruiz	4/9/21	7/9/21	Cerrada		
1.1	Distribución cuantitativa del tiempo disponible		Carlos Ruiz	4/9/21	5/9/21	Cerrada		
1.2	Realización de el EDT		Carlos Ruiz	6/9/21	7/9/21	Cerrada		
2	<b>Busqueda de información y análisis de la misma</b>	Busqueda de información y documentos que aborden el tema a tratar	Carlos Ruiz	7/9/21	12/9/21	Cerrada		
2.1	Solicitud al servicio de documentación del DIDOM	Solicitud enfocada a información de RPAS en unidades de Caballería	Carlos Ruiz	7/9/21	8/9/21	Cerrada		
2.2	Consulta de manuales y publicaciones doctrinales de Caballería		Carlos Ruiz	9/9/21	12/9/21	Cerrada		
2.3	Busqueda de personal en la unidad con experiencia en el tema		Carlos Ruiz	7/9/21	10/9/21	Cerrada		
2.4	Contornar los grupos de expertos		Carlos Ruiz	11/9/21	12/9/21	Cerrada		
3	<b>Elección de las alternativas</b>	Determinar las alternativas de RPAS	Carlos Ruiz	13/9/21	15/9/21	Cerrada		
3.1	Consulta con grupo de expertos generalista		Carlos Ruiz	13/9/21	17/9/21	Cerrada		
3.2	Busqueda de información y especificaciones de las alternativas elegidas	Realización de encuestas a los grupos de expertos para la determinación de los criterios y subcriterios	Carlos Ruiz	18/9/21	23/9/21	Cerrada		
4	<b>Elección criterios y subcriterios</b>	Envío de encuestas a los integrantes de los grupos de expertos	Carlos Ruiz	18/9/21	19/9/21	Cerrada		
4.1	Envío de encuestas	Determinación de los criterios en base a los resultados de las encuestas	Carlos Ruiz	20/9/21	23/9/21	Cerrada		
4.2	Determinación de los criterios y subcriterios	Realización de encuestas a los grupos de expertos para llevar a cabo la valoración	Carlos Ruiz	24/9/21	31/0/21	Cerrada		
5	<b>Valoración de criterios, subcriterios y alternativas</b>	Envío de encuestas a los integrantes de los grupos de expertos	Carlos Ruiz	24/9/21	25/9/21	Cerrada		
5.1	Envío de encuestas	Aplicación del método con los datos obtenidos de las encuestas	Carlos Ruiz	26/9/21	31/0/21	Cerrada		
5.2	Recopilación de los resultados obtenidos		Carlos Ruiz	4/10/21	10/10/22	Cerrada		
6	<b>Aplicación método de análisis multicriterio AHP</b>		Carlos Ruiz	4/10/21	5/10/21	Cerrada		
6.1	Introducción de los datos en el software		Carlos Ruiz	6/10/21	7/10/21	Cerrada		
6.2	Análisis de sensibilidad de los resultados		Carlos Ruiz	8/9/21	10/9/21	Cerrada		
6.3	Conclusiones del análisis multicriterio y el de sensibilidad		Carlos Ruiz	11/10/21	17/10/21	Cerrada		
7	<b>Análisis DAFO de la alternativa elegida</b>	Aplicación de la metodología DAFO a la alternativa elegido con la opinión de expertos	Carlos Ruiz	18/10/21	31/10/22	Cerrada		
8	<b>Redacción y revisión de la memoria</b>	Redactar la memoria, envío de la misma y corrección de mejoras con la ayuda del DIRCA	Carlos Ruiz	18/10/21	31/10/21	Cerrada		
8.1	Redacción de la memoria		Carlos Ruiz	4/11/21	10/1/22	Cerrada		
8.2	Revisión de la memoria		Carlos Ruiz	11/1/22	-	Cerrada		
9	<b>Entrega de la memoria</b>	Deposito de la memoria en moodle	Carlos Ruiz	11/1/22	-	Cerrada		



## Anexo II: Encuesta Grupo de expertos generalista (GG) para la elección de criterios y subcriterios

### Criterios a tener en cuenta en la elección de un RPAS para unidades mecanizadas/acorazadas

Debido a su trayectoria profesional, su puesto táctico y sus conocimientos ha sido seleccionado para realizar una encuesta relacionada con el empleo de RPAS en unidades mecanizadas/acorazadas. En el siguiente formulario se le solicitará hasta un máximo de 8 criterios a tener en cuenta en la elección de un RPAS que pueda emplearse en unidades de este tipo. Cuantos más criterios rellene mejor para el posterior análisis.

El orden con el que rellene los criterios no implica que los primeros tengan más importancia que los últimos, ya que es irrelevante el orden con el que los ponga.

cruizmontalvo@gmail.com [Cambiar de cuenta](#)

\*Obligatorio

**Correo \***

Tu dirección de correo electrónico

**Nombre**

Tu respuesta

**Empleo**

Tu respuesta

**Puesto que desempeña dentro de la unidad**

Tu respuesta

**Criterio 1**

Tu respuesta

**Criterio 2**

Tu respuesta

**Criterio 3**

Tu respuesta

**Criterio 4**

Tu respuesta

**Criterio 5**

Tu respuesta

**Criterio 6**

Tu respuesta

**Criterio 7**

Tu respuesta

**Criterio 8**

Tu respuesta

**Enviar** [Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) · [Términos del Servicio](#) · [Política de Privacidad](#)

**Google Formularios**



## Anexo III: Encuesta Grupo de expertos generalista (GG) evaluación de criterios

### Determinación del RPAS idóneo para unidades mecanizadas/acorazadas

**NOMBRE:**  
**EMPLEO:**  
**PUESTO TÁCTICO:**

Debido a su trayectoria profesional y su experiencia previa ha sido seleccionado para realizar la siguiente encuesta relacionada con la elección de un RPAS para una unidad mecanizada/acorazada. Se le dará a comparar dos criterios (A y B) y usted tendrá que valorarlos dándole mayor o menor importancia a uno u a otro. Al ser variables cualitativas, esa valoración se cuantificará según el siguiente cuadro.

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
A	Extremadamente más importante A	Mucho más importante A	Más importante A	Ligeramente más importante A	Igual de importantes	Ligeramente más importante B	Más importante B	Mucho más importante B	Extremadamente más importante B	B

A continuación, se realiza una breve explicación de cada criterio y subcriterio para que usted pueda tener en cuenta a lo que se refiere cada uno de ellos:

#### **Criterio 1: Características técnicas**

Este comprende todas aquellas especificaciones físicas del dispositivo que puede afectar a su funcionamiento y desempeño para cumplir los requisitos operativos.

Los subcriterios elegidos han sido los siguientes:

- **Alcance:** refleja cuál es la distancia máxima para poder operar con el mismo de manera remota sin perder la señal entre el RPAS y el mando de control.
- **Autonomía:** cantidad de tiempo que puede estar en vuelo durante su funcionamiento.
- **Tamaño:** dimensiones del dispositivo, así como su peso en vuelo.

#### **Criterio 2: Apoyo logístico**

El criterio consiste en la evaluación del dispositivo en relación con los aspectos logísticos, tanto de transporte como de mantenimiento y abastecimiento de este. Para mayor detalle se divide en los siguientes subcriterios:

- **Repuestos:** facilidad de obtención de piezas de reemplazo del dispositivo y en coste de estas.
- **Mantenimiento:** comprende los trabajos que va a suponer mantenerlo operativo y la facilidad y rapidez de realización de estos.
- **Portabilidad:** facilidad que presenta el dispositivo a ser transportado debido a las dimensiones



del empaque tanto del RPAS como de los diferentes mandos y dispositivos de control de los que pueda disponer.

**Criterio 3: Adquisición de objetivos**

Este comprende las capacidades del RPAS en cuanto a la obtención de imágenes e información de posibles objetivos.

Los subcriterios elegidos han sido los siguientes:

- **Calidad de imagen:** la resolución con la que cuentan los medios fotográficos del dispositivo.
- **Capacidad de visión nocturna:** capacidad de adquirir objetivos y poder captar imágenes y videos en condiciones de baja luminosidad.

Los cuadros se rellenarán marcando con una X en el número que considere oportuno.

**TABLA CRITERIOS**

Criterio A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Criterio B
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS										APOYO LOGÍSTICO
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS										ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS
APOYO LOGÍSTICO										ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS



## Anexo IV: Encuesta Grupo de expertos especialistas (GE1) evaluación de subcriterios y alternativas

### Determinación del RPAS idóneo para unidades mecanizadas/acorazadas

**NOMBRE:**  
**EMPLEO:**  
**PUESTO TÁCTICO:**

Debido a su trayectoria profesional y su experiencia previa ha sido seleccionado para realizar la siguiente encuesta relacionada con la elección de un RPAS para una unidad mecanizada/acorazada. Esta encuesta consta de dos partes. En una primera parte se le dará a comparar dos criterios (A y B) y usted tendrá que valorarlos dándole mayor o menor importancia a uno u a otro. Al ser variables cualitativas, esa valoración se cuantificará según el siguiente cuadro.

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
A	Extremadamente más importante A	Mucho más importante A	Más importante A	Ligeramente más importante A	Igual de importantes	Ligeramente más importante B	Más importante B	Mucho más importante B	Extremadamente más importante B	B

A continuación, se realiza una breve explicación de cada criterio y subcriterio para que usted pueda tener en cuenta a lo que se refiere cada uno de ellos:

**Criterio: Características técnicas**

Este comprende todas aquellas especificaciones físicas del dispositivo que puede afectar a su funcionamiento y desempeño para cumplir los requisitos operativos.

Los subcriterios elegidos han sido los siguientes:

- **Alcance:** refleja cuál es la distancia máxima para poder operar con el mismo de manera remota sin perder la señal entre el RPAS y el mando de control.
- **Autonomía:** cantidad de tiempo que puede estar en vuelo durante su funcionamiento.
- **Tamaño:** dimensiones del dispositivo, así como su peso en vuelo.

En una segunda parte y con la misma forma de valoración, se elegirá el mejor RPAS de acuerdo con esos criterios utilizados. Para ello se proporcionará unas fichas con las características e información relevante de los prototipos de RPAS a comparar.

Los cuadros se rellenarán marcando con una X en el número que considere oportuno.



## PARTE 1: EVALUACIÓN SUBCRITERIOS

**TABLA SUB-CRITERIOS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Sub-criterio A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Sub-criterio B
ALCANCE										AUTONOMÍA
ALCANCE										TAMAÑO
AUTONOMÍA										TAMAÑO

## PARTE 2: EVALUACIÓN ALTERNATIVAS

**TABLAS CRITERIO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>ALCANCE</b> ?										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B										PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B										FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET										FULMAR X

¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>AUTONOMÍA</b> ?										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B										PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B										FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET										FULMAR X



		¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>TAMAÑO</b> ?									
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B	
RAVEN RQ-11B										PD-100 BLACKHORNET	
RAVEN RQ-11B										FULMAR X	
PD-100 BLACKHORNET										FULMAR X	



## Anexo V: Encuesta Grupo de expertos especialistas (GE2) evaluación de subcriterios y alternativas

### Determinación del RPAS idóneo para unidades mecanizadas/acorazadas

**NOMBRE:**  
**EMPLEO:**  
**PUESTO TÁCTICO:**

Debido a su trayectoria profesional y su experiencia previa ha sido seleccionado para realizar la siguiente encuesta relacionada con la elección de un RPAS para una unidad mecanizada/acorazada. Esta encuesta consta de dos partes. En una primera parte se le dará a comparar dos criterios (A y B) y usted tendrá que valorarlos dándole mayor o menor importancia a uno u a otro. Al ser variables cualitativas, esa valoración se cuantificará según el siguiente cuadro.

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
A	Extremadamente más importante A	Mucho más importante A	Más importante A	Ligeramente más importante A	Igual de importantes	Ligeramente más importante B	Más importante B	Mucho más importante B	Extremadamente más importante B	B

A continuación, se realiza una breve explicación de cada criterio y subcriterio para que usted pueda tener en cuenta a lo que se refiere cada uno de ellos:

**Criterio: Apoyo logístico**

El criterio consiste en la evaluación del dispositivo en relación con los aspectos logísticos, tanto de transporte como de mantenimiento y abastecimiento de este. Para mayor detalle se divide en los siguientes subcriterios:

- **Repuestos:** facilidad de obtención de piezas de reemplazo del dispositivo y en coste de estas.
- **Mantenimiento:** comprende los trabajos que va a suponer mantenerlo operativo y la facilidad y rapidez de realización de estos.
- **Portabilidad:** facilidad que presenta el dispositivo a ser transportado debido a las dimensiones del empaque tanto del RPAS como de los diferentes mandos y dispositivos de control de los que pueda disponer.

En una segunda parte y con la misma forma de valoración, se elegirá el mejor RPAS de acuerdo con esos criterios utilizados. Para ello se proporcionará unas fichas con las características e información relevante de los prototipos de RPAS a comparar.

Los cuadros se rellenarán marcando con una X en el número que considere oportuno.



## PARTE 1: EVALUACIÓN SUBCRITERIOS

**TABLA SUB-CRITERIOS APOYO LOGÍSTICO**

Sub-criterio A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Sub-criterio B
REPUESTOS										MANTENIMIENTO
REPUESTOS										PORTABILIDAD
MANTENIMIENTO										PORTABILIDAD

## PARTE 2: EVALUACIÓN ALTERNATIVAS

**TABLAS CRITERIO APOYO LOGÍSTICO**

¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>REPUESTOS</b> ?										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B										PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B										FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET										FULMAR X

¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>MANTENIMIENTO</b> ?										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B										PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B										FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET										FULMAR X



¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>PORTABILIDAD</b> ?										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B										PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B										FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET										FULMAR X



## Anexo VI: Encuesta Grupo de expertos especialistas (GE3) evaluación de subcriterios y alternativas

### Determinación del RPAS idóneo para unidades mecanizadas/acorazadas

**NOMBRE:**

**EMPLEO:**

**PUESTO TÁCTICO:**

Debido a su trayectoria profesional y su experiencia previa ha sido seleccionado para realizar la siguiente encuesta relacionada con la elección de un RPAS para una unidad mecanizada/acorazada. Esta encuesta consta de dos partes. En una primera parte se le dará a comparar dos criterios (A y B) y usted tendrá que valorarlos dándole mayor o menor importancia a uno u a otro. Al ser variables cualitativas, esa valoración se cuantificará según el siguiente cuadro.

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
A	Extremadamente más importante A	Mucho más importante A	Más importante A	Ligeramente más importante A	Igual de importantes	Ligeramente más importante B	Más importante B	Mucho más importante B	Extremadamente más importante B	B

A continuación, se realiza una breve explicación de cada criterio y subcriterio para que usted pueda tener en cuenta a lo que se refiere cada uno de ellos:

**Criterio: Adquisición de objetivos**

Este comprende las capacidades del RPAS en cuanto a la obtención de imágenes e información de posibles objetivos.

Los subcriterios elegidos han sido los siguientes:

- **Calidad de imagen:** la resolución con la que cuentan los medios fotográficos del dispositivo.
- **Capacidad de visión nocturna:** capacidad de adquirir objetivos y poder captar imágenes y videos en condiciones de baja luminosidad.

En una segunda parte y con la misma forma de valoración, se elegirá el mejor RPAS de acuerdo con esos criterios utilizados. Para ello se proporcionará unas fichas con las características e información relevante de los prototipos de RPAS a comparar.

Los cuadros se rellenarán marcando con una X en el número que considere oportuno.



## **PARTE 1: EVALUACIÓN SUBCRITERIOS**

**TABLA SUB-CRITERIOS ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS**

Sub-criterio A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Sub-criterio B
CALIDAD DE IMÁGEN										CAPACIDAD DE VISIÓN NOCTURNA

## **PARTE 2: EVALUACIÓN ALTERNATIVAS**

**TABLAS CRITERIO ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS**

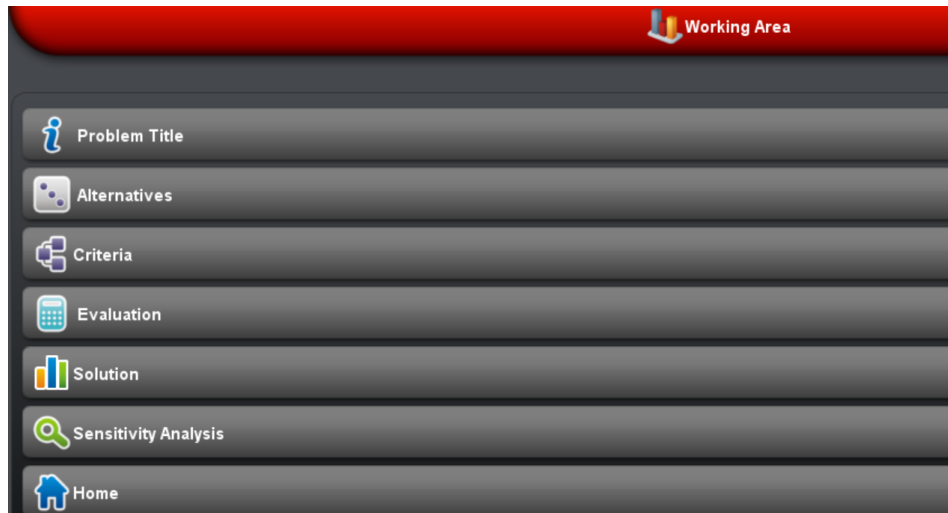
¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>CALIDAD DE IMÁGEN?</b>										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B										PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B										FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET										FULMAR X

¿Qué opción de RPAS sería mejor en lo relativo a <b>CAPACIDAD DE VISIÓN NOCTURNA?</b>										
RPAS A	9	7	5	3	1	3	5	7	9	RPAS B
RAVEN RQ-11B										PD-100 BLACKHORNET
RAVEN RQ-11B										FULMAR X
PD-100 BLACKHORNET										FULMAR X



## Anexo VII: Capturas de la aplicación del análisis de sensibilidad con el programa PriEsT

### MENÚ DEL PROGRAMA



### ETAPA 1: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1 OBJETIVO GENERAL





## 1.2 CRITERIOS Y SUBCRITERIOS

**Criteria**

**CRITERIOS** +

- C. TÉCNICAS + X
  - ALCANCE + X
  - AUTONOMIA + X
  - TAMAÑO + X
- A. LOGÍSTICO + X
  - PRESUPUESTO + X
  - MANTENIMIENTO + X
  - PORTABILIDAD + X
- ADQ. OBJETIVOS + X
  - CALIDAD IMAGEN + X
  - VISIÓN NOCTURNA + X

## 1.3 ALTERNATIVAS

**Alternatives**

- RAVEN
- FULMAR
- BLACKHORNET

## ETAPA 2: EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS

### 2.1 CRITERIOS

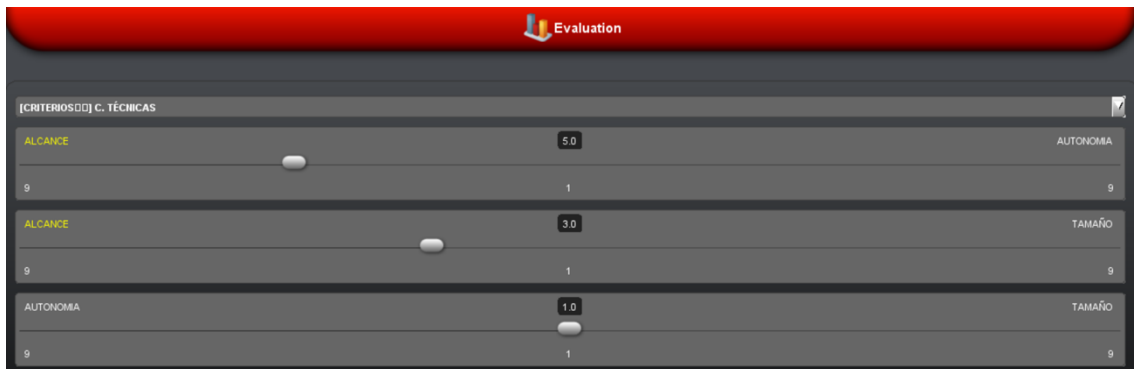
**Evaluation**

**CRITERIOS**

Criteria	Value	Sub-criteria
C. TÉCNICAS	5.0	A. LOGÍSTICO
9	1	9
C. TÉCNICAS	1.0	ADQ. OBJETIVOS
9	1	9
A. LOGÍSTICO	5.0	ADQ. OBJETIVOS
9	1	9



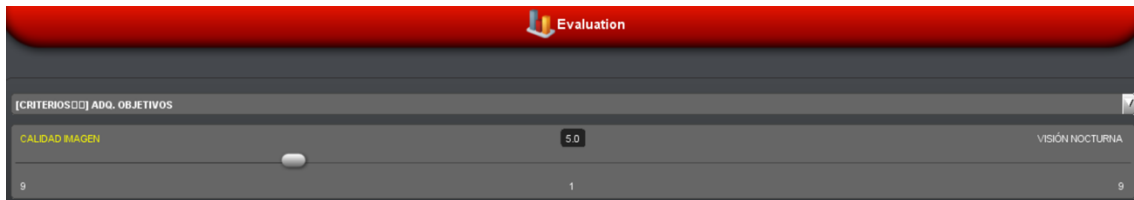
## 2.2 SUBCRITERIOS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



## 2.3 SUBCRITERIOS APOYO LOGÍSTICO



## 2.4 SUBCRITERIOS ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS



# ETAPA 3: EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

## 3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

### ALCANCE





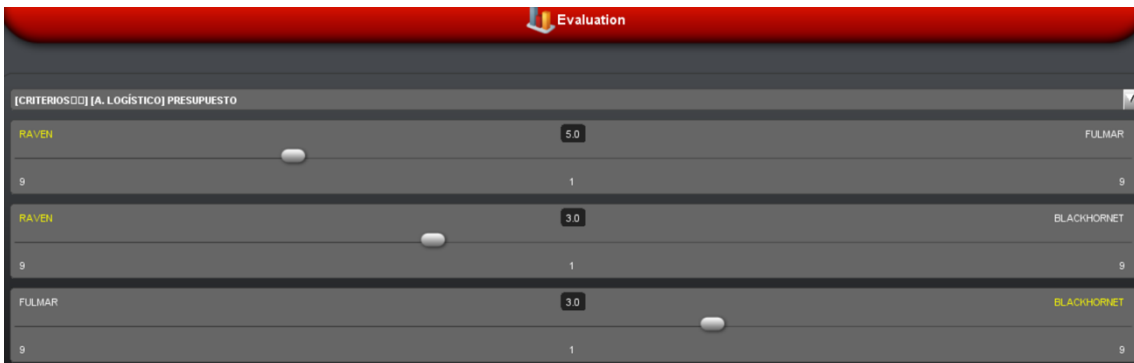
## AUTONOMÍA



## TAMAÑO



## 3.2 APOYO LOGÍSTICO REPUESTOS



## MANTENIMIENTO

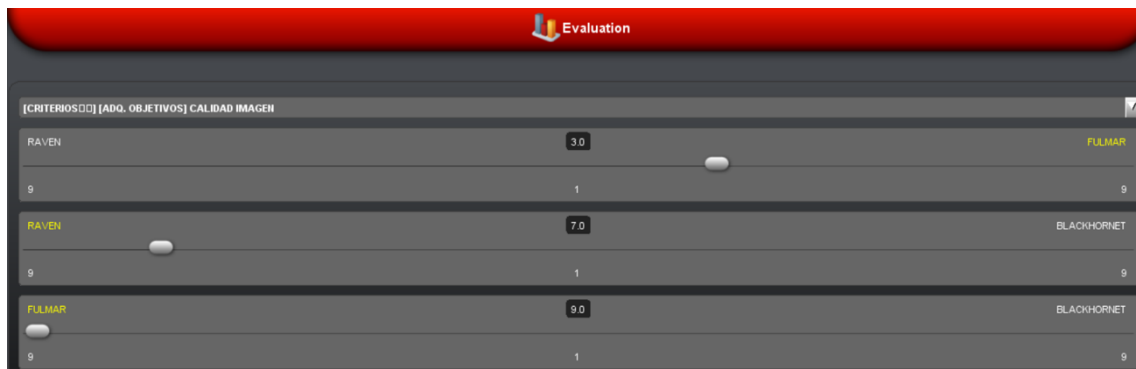




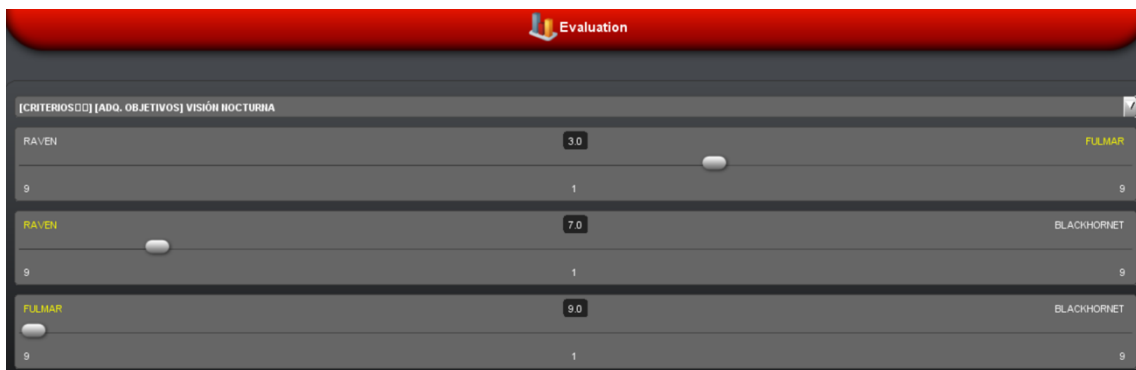
## PORTABILIDAD



## 3.3 ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS CALIDAD DE IMÁGEN



## VISIÓN NOCTURNA





## ETAPA 4: JERARQUIZACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

### PESOS DE LAS ALTERNATIVAS OBTENIDOS

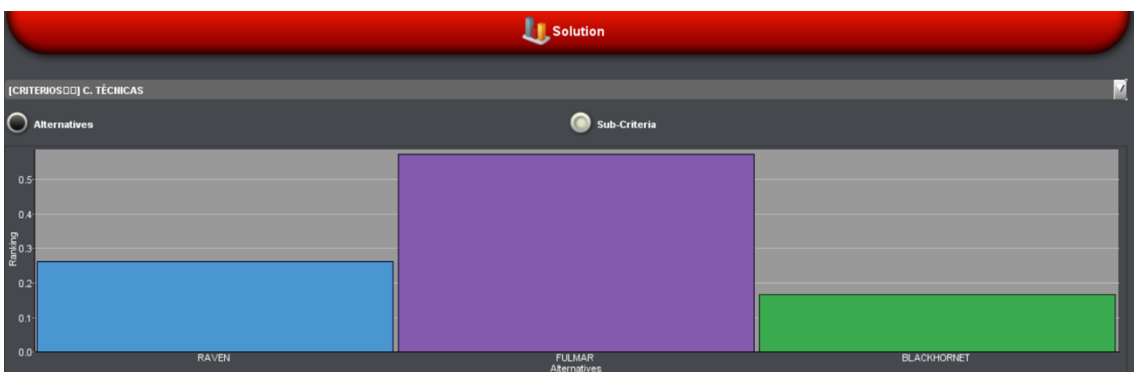
Name	Value
TD	11.471
NV	0.0
TD2	85.259
Method	GM

Alternative	#	Weight
RAVEN	2	0.288
FULMAR	1	0.566
BLACKHORNET	3	0.147

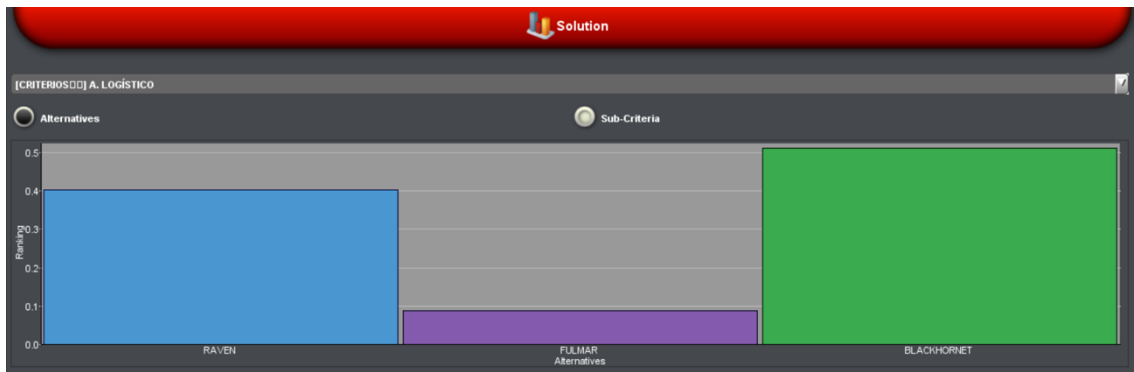


### PESO DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN CRITERIO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS





### JERARQUIZACIÓN ALTERNATIVAS SEGÚN CRITERIO APOYO LOGÍSTICO



### JERARQUIZACIÓN ALTERNATIVAS SEGÚN CRITERIO ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS



### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

