

Trabajo Fin de Grado

INTEGRACIÓN DE DATOS DE MEDIOS DE ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS Y EXPLOTACIÓN DE ESOS DATOS PARA LA FUNCIÓN FUEGOS

Autor

CAC. Samuel Fervenza Pérez

Director/es

Director académico: Dra. Dña. María Victoria Sebastián Guerrero

Director militar: Cap. D. Augusto Ruiz Gazulla

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023





Agradecimientos

A lo largo de los meses en los que he realizado este Trabajo Fin de Grado numerosas personas me han ayudado tanto personal como profesionalmente. Quiero comenzar los agradecimientos por las personas que más me han guiado en esta investigación y que han hecho posible la realización de la misma: a mi directora académica, la Doctora María Victoria Sebastián Guerrero, que sin su esfuerzo, constante atención y dedicación, además de sus meticulosas directrices, este trabajo no tendría la calidad que finalmente ostenta y a mi director militar, el Capitán Augusto Ruiz Gazulla, que sin su implicación y la puesta total de sus recursos y conocimientos a mi disposición el contenido de este trabajo no hubiese sido tan profuso y científico.

También me gustaría dedicar unas palabras a la Unidad que me acogió y me hizo sentir como en casa: gracias a todos los componentes del RACA 20, a todos los artilleros, Suboficiales y Oficiales que han participado en las encuestas, entrevistas y a lo largo de numerosas intervenciones que han culminado en este trabajo. Especialmente quiero dar las gracias al Brigada Ignacio Alonso García, cuya experiencia en varios campos tratados en esta investigación ha sido fundamental.

Además, quiero darle las gracias a mi familia ya que sin su apoyo este camino se hubiese convertido en un arduo trayecto.

No puedo finalizar esta epístola sin nombrar a mi esposa, Patricia Viso Portabales, la que me ha acompañado en este largo viaje y que sin la cual no hubiese podido alcanzar los logros que hasta ahora he conseguido. Sin ti nada de esto hubiese sido posible.





RESUMEN

La velocidad con la que avanza la tecnología es tal que el Ejército de Tierra debe estar en constante evolución. Sin embargo, los Sistemas de Mando y Control que actualmente se usan en el Ejército de Tierra no pueden comunicarse con plenitud. Este Trabajo Fin de Grado recoge la información de los diferentes Sistemas de Mando y Control, sus protocolos de comunicación, así como los medios de adquisición de objetivos de la Brigada Aragón.

La interoperabilidad entre los distintos Sistemas de Mando y Control es fundamental y por ello se ha decidido estudiar cómo interactúan entre sí para tratar de comprender y posteriormente dar una solución a los diferentes problemas de interoperabilidad que actualmente existen. Además, toda la información recogida en estos Sistemas de Información proviene de diferentes medios, por ello es primordial el estudio de estos y a su vez comprobar si los canales por los que transmiten la información son los más adecuados. La explotación posterior de estos datos para la Función Fuegos es de vital importancia para mejorar los procesos que se llevan a cabo, desde una acción de fuego hasta una evaluación de daños mediante un UAV.

En este trabajo se han abordado los problemas de interoperabilidad utilizando diferentes herramientas de recolección de información para su posterior análisis. Mediante revisiones bibliográficas, encuestas y entrevistas se ha llevado a cabo la recogida de información de los Sistemas de Mando y Control así como de los diferentes medios de adquisición de objetivos. Para el análisis de la información recogida se usa herramientas como el DAFO, para hallar la viabilidad de la implementación del Sistema Talos en las unidades de maniobra, el Radar Chart como método comparativo entre los Sistemas de Mando y Control BMS y Talos o el método AHP como ayuda para elegir qué solución es la más eficiente.

Los resultados de este trabajo han sido favorables. Se han conseguido los objetivos marcados y se ha dejado una línea de investigación abierta debido a la falta de experiencia y medios en el ámbito de la programación informática. Se ha propuesto como solución principal a los problemas de interoperabilidad de los Sistemas de Mando y Control la creación de una malla de radio en la que sus usuarios sean los JFSE de los Grupos Tácticos. Además, se han prelacionado los medios de adquisición de objetivos por lo que queda documentado qué medio es el más eficiente para la adquisición de objetivos desde el punto de vista de la Artillería.

Palabras clave

Adquisición de Objetivos, Artillería, Interoperabilidad, Sistemas de Mando y Control, Talos.



ABSTRACT

The speed at which technology is advancing is such that the Ground Army must be in constant evolution. However, the Command and Control Systems currently used in the Ground Army cannot communicate fully. This Final Degree Project gathers information on different Command and Control Systems, their communication protocols, and the target acquisition means of the Aragon Brigade.

Interoperability among different Command and Control Systems is crucial, leading to a study on how they interact to understand and subsequently provide a solution to existing interoperability problems. The information collected in these Information Systems comes from various sources, necessitating a study of these sources and verifying if the channels through which information is transmitted are most suitable. The subsequent exploitation of this data for the Fire Function is vital to improve processes, from a firing action to damage assessment using a UAV.

This work addresses interoperability issues using various information collection tools for subsequent analysis. Information collection from Command and Control Systems and different target acquisition means is done through literature reviews, surveys, and interviews. Tools like SWOT analysis are used to find the viability of implementing the Talos System in maneuver units. The Radar Chart is employed as a comparative method between BMS and Talos Command and Control Systems, and the AHP method helps choose the most efficient solution.

The results of this work have been favorable, achieving set objectives and leaving an open research line due to a lack of experience and resources in the field of programming. The main solution proposed for Command and Control Systems' interoperability issues is the creation of a radio mesh where JFSE users in Tactical Groups are involved. Additionally, target acquisition means have been pre-related, documenting the most efficient means from the Artillery's perspective.

Keywords

Artillery, Command and Control Systems, Interoperability, Talos, Target Acquisition.



ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	I
<i>RESUMEN</i>	III
<i>Palabras clave</i>	III
<i>ABSTRACT</i>	IV
<i>Keywords</i>	IV
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	VII
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	VIII
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	IX
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	2
2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	4
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE	4
2.2 METODOLOGÍA.....	5
2.2.1 DIAGRAMA DE GANTT	5
2.2.2 ENCUESTAS.....	6
2.2.3 ENTREVISTAS	6
2.2.4 RADAR CHART O GRÁFICO RADIAL	6
2.2.5 DAFO.....	6
2.2.6 AHP	7
3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	10
3.1 SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL.....	14
3.1.1 SISTEMA DE MANDO Y CONTROL TALOS	14
3.2 MEDIOS DE ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS	18
3.2.1 OBSERVADOR DE FUEGOS.....	18
3.2.2 SISTEMAS AÉREOS TRIPULADOS REMOTAMENTE	19
3.2.3 VERT	24
3.2.4 COMBATIENTE GENERAL	25
4 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL Y MEDIOS DE ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS	26
4.1 PRELACIÓN DE MEDIOS DE ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS.....	26



4.1.1	MÉTODO AHP PRIMERA ETAPA.....	27
4.1.2	MÉTODO AHP SEGUNDA ETAPA	29
4.1.3	MÉTODO AHP TERCERA ETAPA	30
4.1.4	MÉTODO AHP CUARTA ETAPA	31
4.2	MANDO y CONTROL.....	32
5	CONCLUSIONES.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		- 1 -
ANEXOS.....		- 4 -
ANEXO I: DIAGRAMA DE GANTT		- 4 -
ANEXO II: MÉTODO AHP.....		- 6 -
ANEXO III: ENCUESTA.....		- 11 -
ANEXO IV: ENTREVISTA TALOS Y ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS.....		- 20 -
ANEXO V: ENTREVISTA BMS		- 28 -
ANEXO VI: ENTREVISTA VERT.....		- 30 -



ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Etapas del método AHP	7
Ilustración 2: Árbol de niveles.	8
Ilustración 3: Escala de Saaty.....	8
Ilustración 4: Ciclo de Observar, Orientar, Decidir y Actuar (OODA).	10
Ilustración 5: Descripción de los niveles de interoperabilidad por áreas prioritarias de colaboración (PFA). Traducción propia.	12
Ilustración 6: Protocolo ASCA. Traducción propia.	13
Ilustración 7: Comunidad Asca.....	13
Ilustración 8: Arquitectura MAJIIC.....	14
Ilustración 9: Red de interoperabilidad MAJIIC.....	14
Ilustración 10: Centro Director de Fuegos o FDC.	15
Ilustración 11: Ordenador con Subsistema Talos Técnico.	16
Ilustración 12: Orgánica del despliegue en el subsistema Talos Táctico.	16
Ilustración 13: Imagen del Sistema de Información Geográfica en el BMS.	17
Ilustración 14: Comparación del OAV, NFO y JFO.....	18
Ilustración 15: Tablet rúgerizada con el Subsistema talos técnico.	18
Ilustración 16: Observador avanzado utilizando un VECTOR 21 NITE.....	19
Ilustración 17: Interfaz IRIS. A la izquierda se observa la carga útil. A la derecha la representación en planimetría de la aeronave.....	23
Ilustración 18: Vehículo de exploración y reconocimiento terrestre.....	24
Ilustración 19: Sensor de exploración y reconocimiento.....	24
Ilustración 20: Encuesta, diferentes puestos tácticos.	26
Ilustración 21: Encuesta, características de un medio de adquisición de objetivos.	27
Ilustración 22: Árbol de criterios, subcriterios y alternativas.	29
Ilustración 23: Zona de seguridad de 300 pies entre la flecha máxima del ejercicio de tiro y la mínima altitud de vuelo del RPAS.....	31



Ilustración 24: Radar Chart de los Sistemas de Mando y Control BMS y Talos.....	33
Ilustración 25: DAFO implementación del Talos en las unidades de maniobra.	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación CAT.....	11
Tabla 2: Clasificación de los RPAS.....	20
Tabla 3: Características principales RPAS RAVEN.....	21
Tabla 4: Ventajas y desventajas de los sensores.....	22
Tabla 5: Evaluación de los criterios.	30
Tabla 6: Evaluación de alternativas respecto al subcriterio precisión.	30
Tabla 7: Matriz de decisión.	31



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACA	Artillería de Campaña	
ACAVIET	Academia de Aviación del Ejército de Tierra	
AHP	Analityc hierarchy Process	Proceso Analítico Jerárquico
AO	Adquisición de Objetivos	
ASCA	Artillery Systems Cooperation Activities	Actividades de Cooperación de Sistemas de Artillería
BDA	Base Damage Assessment	Evaluación de Daños
BMS	Battle Management System	Sistema de Gestión del Espacio de Batalla
BOMET	Boletín Meteorológico	
C2	Command and Control	Mando y Control
CAS	Close Air Support	Apoyo Aéreo Inmediato
CAT	Categorización de errores	
CIA	Compañía	
CIS	Communication and Information Systems	Sistemas de información y Telecomunicaciones
CO	Centro de Operaciones	
COAF	Coordinador de Apoyos de Fuego	
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades	
DIDOM	Dirección de Doctrina, Orgánica y Materiales	
EE. UU.	Estados Unidos	
EO	Electro-optical	Electro-óptico
ESPFUN	Especialidad Fundamental	
ET	Ejército de Tierra	
FAS	Fuerzas Armadas	
FDC	Fire Direction Center	Centro Director de Fuegos
FFT	Friendly Force Tracking	Seguimiento de Fuerzas Propias
FNA	Fuego Naval de Apoyo	
FSO	Fire Support Officer	Oficial de Apoyo de Fuego
GAIL	Grupo de Adquisición, Información y Localización	
GCS	Ground Control Station	Estación de Control Terrestre
GNSS	Global Navigation Satellite System	Sistema Global de Navegación por Satélite
GT	Grupo Táctico	
GU	Gran Unidad	
HPT	High Pay-off Target	Objetivo de Alto Rendimiento
HVT	High Value Target	Objetivo de Alto Valor
IFS	Indirect Fire System	Sistema de Fuego Indirecto
IS	Information Systems	Sistemas de Información
ISR	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance	Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento
ISTAR	Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance	Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Objetivos y Reconocimiento
JFO	Joint Fire Observer	Observador de Fuegos Conjunto
JFSE	Joint Fire Support Element	Elemento de Apoyo de Fuego Conjunto
JOOP	Jefe de la Organización Operativa	



JTAC	Joint Terminal Attack Controller	Conotrolador de Ataque Terminal Conjunto
LOS	Line of Sight	Línea de Visión
LRS	Launch and Recovery System	Sistema de Lanzamiento y Recuperación
MADOC	Mando de Adiestramiento y Doctrina	
MAJIIC	Multi-Intelligence all-source joint intelligence surveillance and reconnaissance interoperability coalition	Coalición de interoperabilidad de todos los medios de inteligencia, vigilancia y reconocimiento
MDEF	Ministerio de Defensa	
MOE	Mando de Operaciones Especiales	
MTOW	Maximum Take-Off Weight	Máximo peso al despegue
NDS	National Defense Strategy	Estrategia de Defensa Nacional
NFFI	NATO Friendly Force Information	Información de las Fuerzas Aliadas de la OTAN
NFO	National Fire Observer	Observador Nacional de Fuegos
OAV	Observador Avanzado	
ONU	Organización de Naciones Unidas	
OOP	Organización Operativa	
OTAN	Organización del Tratado Atlántico Norte	
PC	Planning Cell	Puesto de Mando
PCBON	Puesto de Mando de Batallón	
PEXT	Prácticas Externas	
PLM	Plana Mayor	
PU	Pequeña Unidad	
RPAS	Remotely Piloted Air System	Sistema Aéreo Pilotado Remotamente
S/GT	Subgrupo Táctico	
SERT	Sensor de Exploración y Reconocimiento Terrestre	
SIG	Sistema de Información Geográfica	
STANAG	Standardization agreement	Acuerdos de estandarización
T2T	Tactical to Technical	De táctico a técnico
TFG	Trabajo Fin de Grado	
TGO	Terminal Guide Operations	Operaciones de Guiado terminal
TGT		Targeting
TTP	Tácticas, Técnicas y Procedimientos	
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	Vehículo Aéreo no Tripulado
UE	Unión Europea	
VERT	Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre	
VUCA	Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity	Volátil, Incierto, Complejo y Ambigüo





1 INTRODUCCIÓN

La guerra es impredecible e incierta y el cómo se materializa ha ido cambiando a lo largo del tiempo. Cada año que pasa se progresan en el ámbito tecnológico y eso implica ciertos cambios. En el ámbito castrense la adaptación sucede siguiendo el mismo patrón. Además, debido a la rápida proliferación de los sistemas de armas, el Ejército de Tierra (ET) debe estar en constante evolución para poder suplir las necesidades actuales que un campo de batalla exige. Observar la situación global actual, la adquisición de sistemas de armas de los diferentes actores internacionales y los diversos conflictos internacionales, como el reciente conflicto ruso-ucraniano o el israelí-palestino, y cómo se van desarrollando, además de analizar cada combate y sacar lecciones aprendidas son claros ejemplos de ello.

Hasta ahora los conflictos internacionales han llevado a reformular los manuales de combate y a reconsiderar la guerra híbrida¹ y el conflicto asimétrico² [1]. Empero, la Guerra de Ucrania ha mostrado al mundo que el combate convencional está a la orden del día y hay que estar preparados. Muchos sistemas de armas se han puesto a prueba en este nuevo escenario, aunque no han sido probados estos solamente; las tácticas, técnicas y procedimientos (TTP), el Mando y Control, y cada Función de Combate se han visto sometidos a un riguroso estudio, entre ellos la Función de Combate Fuegos, propia de la Especialidad Fundamental (ESPFUN) de Artillería. Si el Ejército de Tierra debe actualizarse a medida que pasa el tiempo la Artillería debe hacerlo, como mínimo, con la misma celeridad para proporcionar así un apoyo de fuego potente, preciso y profundo. Para cumplir dicho cometido la Artillería debe integrarse con la unidad de maniobra en un Grupo Táctico (GT), que es cómo se articula una Brigada para el combate. Un GT está hecho *ad hoc* por lo que son heterogéneos en lo que a unidades respecta. Esto quiere decir que en un GT puede haber Infantería y Transmisiones solamente o puede albergar todas las ESPFUN que la misión requiera.

Para realizar esta integración es fundamental tener un Sistema de Mando y Control (C2). Estos C2 son sistemas digitales con diversas funcionalidades como pueden ser un Sistema de Información Geográfica (SIG) o un sistema de mensajería por el que poder comunicarse, entre otros. La información que se muestra en estos Sistemas de Mando y Control es, principalmente, unidades amigas, unidades enemigas y las medidas de coordinación marcadas para facilitar la maniobra, además de listas de objetivos o personal operativo en cada unidad. De hecho, para poder generar la información del enemigo se necesitan sistemas que lo detecten, lo identifiquen y finalmente lo localicen, en definitiva, adquieran al objetivo. Por ello se ha llevado a cabo un riguroso estudio del proceso de adquisición de objetivos en el ámbito de aplicación de la Brigada Aragón, así como de sus Sistemas de Mando y Control (C2), con la finalidad de tratar de solventar los diversos problemas de integración que hoy en día tiene la Artillería en las Organizaciones Operativas³ (OOP).

Esta investigación se ha llevado haciendo una revisión bibliográfica exhaustiva ya que están implicados dos Sistemas de Mando y Control, todos los métodos de adquisición de objetivos de

¹ Conflicto irregular en el que se utilizan toda clase de medios y tácticas con el fin de desestabilizar al adversario.

² Un ejército convencional contra una fuerza insurgente.

³ Estructura organizativa militar generada *ad hoc* para cumplir un cometido.



los que dispone la Brigada Aragón y el proceso que siguen para trasladar la información que obtienen al medio C2 pertinente. Por ello, se ha estructurado este Trabajo Fin de Grado (TFG) siguiendo la siguiente estructura:

- Introducción: Un resumen de lo que esta investigación trata.
- Objetivos y metodología: Se plantean los objetivos a conseguir y la metodología que se usa para ello.
- Antecedentes y marco teórico: El estado del arte actual de cada sistema y medio de adquisición de objetivos.
- Análisis de los Sistemas de Mando y Control y medios de adquisición de objetivos: Se muestra las diferentes herramientas que se han usado como entrevistas, encuestas, análisis DAFO, Radar Chart o el método AHP para obtener la solución óptima.
- Conclusiones: En este último apartado se plantean los objetivos conseguidos y las soluciones propuestas.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Los escenarios contemplados en la Guerra de Ucrania han concienciado a la Unión Europea (UE) a aumentar la inversión en el ámbito de la defensa ya que el surgimiento de un conflicto entre dos Estados en suelo europeo no se recuerda desde la Segunda Guerra Mundial. No solo el conflicto ruso-ucraniano ha reavivado el pensamiento bélico, sino que debido a la vertiginosa velocidad del avance tecnológico hay que realizar un esfuerzo ímprobo por mantenerse actualizado. La combinación de esta tecnología con las tácticas, técnicas y procedimientos tradicionales y el nacimiento de un nuevo entorno operativo hacen que el ET deba seguir en constante cambio. Pese al implemento de la tecnología al campo de batalla, el factor humano sigue siendo fundamental. Es bien conocido en el ámbito castrense que la moral es un efecto multiplicador esencial en el combate y junto a ella valores como la voluntad de vencer o el compañerismo son determinantes. El éxito en los combates lleva al éxito en las operaciones y la Artillería debe conocer sus sistemas de armas, así como su mando y control para poder ofrecer al Mando la protección que necesite o los efectos que ordene. Además, la Artillería es una especialidad fundamental de apoyo a la maniobra, por lo que necesita integrarse con otras unidades para realizar así el combate interarmas. Por ello, debe ser capaz de trabajar con sus sistemas y al mismo tiempo ser interoperable con los de otras especialidades o con sistemas de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN). Nace entonces el concepto de Fuegos en Red: la completa integración de la Artillería en los Sistemas de Mando y Control [2].

Actualmente los diferentes sistemas C2 no son interoperables con plenitud, sino que tienen ciertos inconvenientes. En lo que a la Artillería atañe, el Talos, C2 principal de esta Especialidad Fundamental (ESPFUN), se comunica mediante el protocolo Nato For Friendly Information (NFFI) con el Sistema de Control y Seguimiento del Campo de Batalla (BMS), C2 principal de las unidades de maniobra a nivel Subgrupo Táctico (S/GT) y Grupo Táctico. Sin embargo, no todo lo que se refleja en el Sistema de Mando y Control de las unidades de maniobra puede pasarse de forma automática al programa artillero. Esto se traduce en que ciertas acciones, como por ejemplo que, al pasar una unidad enemiga desde el BMS al Talos, este lo traduzca como una unidad amiga. De esta manera, en el C2 de Artillería aparece una nueva unidad amiga, que en realidad es enemiga, y esto es un problema que requiere atención, ergo es necesario un estudio que facilite dicha integración.

Para lograr esta completa integración de la Artillería con las unidades de maniobra se necesita estudiar los principales medios de adquisición de objetivos (AO) de una Brigada y cómo transmiten la información a los principales Sistemas de Mando y Control. Mientras que los



objetivos adquiridos por medios de Artillería son enviados por el propio observador avanzado (OAV) hacia su C2, los objetivos adquiridos por otros medios pueden tener, o no, la precisión que la especialidad de los fuegos requiere. La prelación de las diferentes fuentes en las que una Brigada puede detectar, identificar y localizar objetivos, en definitiva, adquirirlos, es fundamental a la hora de analizar la información que los mismos generan.



2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

Actualmente, a la hora de generar una Organización Operativa también se crean varios Grupos Tácticos (GT). En ellos se encuentra el Puesto de Mando de Batallón (PCBON) y en él se encuentran varias células, entre ellas el Elemento de Apoyos de Fuego Conjunto (JFSE) donde está ubicado el Oficial de Apoyos de Fuego (FSO). Esta figura es la encargada de asesorar al Jefe de la Organización Operativa (JOOP). Además, su trabajo junto al JFSE radica en el planeamiento y gestión del fuego usando como herramienta el Sistema de Mando y Control Talos [3]. Para poder realizar este trabajo correctamente debe integrarse con las unidades de maniobra, que a su vez utilizan un Sistema de Mando y Control diferente: el BMS.

En aras de mejorar la integración de los Sistemas de Mando y Control de los GT se ha marcado como objetivo principal hallar una o varias soluciones a los problemas de interoperabilidad que actualmente hay entre los mismos. Para lograr tal objetivo se han marcado dos objetivos secundarios, pero no menos importantes, que son prelacionar las fuentes de adquisición de objetivos de los que dispone una Brigada y conocer los sistemas, tanto de C2 como de AO, además de cómo se comunican entre ellos. El estudio del proceso de obtención de la información, así como la transmisión de esta, forma parte de la investigación. Estos dos objetivos secundarios son una parte fundamental del trabajo. La consecución de los hitos marcados desembocará en la obtención de diferentes datos para su posterior análisis con la finalidad de hallar una posible solución a los problemas de integración.

El estudio del proceso de AO, uno de los objetivos secundarios marcados, es fundamental para mejorar la interoperabilidad citada anteriormente y, por ende, el combate interarmas. Para ello se ha hecho objeto de estudio a los Observadores Avanzados Nacionales, Conjunto y Avanzado (NFO/JFO/OAV), al Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV) RAVEN de la Compañía (CIA) de Inteligencia, al RPAS ORBITER 3B de la Brigada 2035, al Vehículo de Exploración y Reconocimiento (VERT) y al combatiente general.

Para conseguir el objetivo secundario de conocer los Sistemas de Mando y Control y como se transmite la información entre ellos se han estudiado el C2 Talos con sus diferentes subsistemas y el C2 BMS. Además, la información que les llega desde los diferentes medios de AO, descritos en el párrafo anterior, sigue diferentes canales. Por ejemplo, un OAV puede transmitir la información mediante una radio PR4G o por la mensajería del Sistema Talos.

Para cumplir estos objetivos se ha marcado una serie de hitos importantes que culminen en la obtención de los resultados que permitan alcanzar los objetivos secundarios y gracias a ellos, el principal. Además, se estipularán los tiempos de duración de cada proceso de la investigación (Anexo 1)

Por la duración y extensión del Trabajo Fin de Grado (TFG) no se abordarán los problemas de integración desde el punto de vista de programación informática por lo tanto se tomará como requisito excluido. Asimismo, la hipótesis de partida es que la Brigada Aragón dispone de todos los medios objeto de estudio y que todos esos medios están actualmente operativos para poder realizar las pruebas pertinentes con ellos. Las restricciones del proyecto son todos los medios de adquisición de objetivos de nivel División, como pueden ser el UAV PASI o el radar Arthur.



2.2 METODOLOGÍA

Este trabajo se ha llevado a cabo utilizando métodos cualitativos y cuantitativos. Comenzando por la organización del mismo, se ha utilizado para ello un Diagrama de Gantt. Una vez organizado el tiempo y los hitos para alcanzar, se ha comenzado por la recabación de información y la revisión bibliográfica de tal manera que, una vez *in situ*, se ha comenzado a realizar los trabajos organizados. Este proyecto requiere de una formación específica que solo los oficiales y algún suboficial tienen. Por ello, una vez comenzadas las Prácticas Externas (PEXT), se ha sondeado quién en la unidad cumplía los requisitos. Finalizado el sondeo, se ha dispuesto una primera encuesta al grupo de expertos y seguidamente se han hecho tres entrevistas que aportan la información necesaria de los diferentes Sistemas de Mando y Control además del VERT. Entre este grupo de expertos están el Jefe del Núcleo de enlace de la Batería de Plana Mayor (PLM) I/20 con experiencia en adquisición de objetivos al haber estado destinado en el GAIL (Grupo de Artillería de Información y Localización), concretamente como piloto de Sistemas Aéreos Tripulados Remotamente (RPAS) tipo I “small” ATLANTIC, máximo exponente en el campo. Otro de los expertos es EDACIS (Equipo Destacado de Apoyo a los Sistemas de Información) y el actual encargado de formalizar la integración del Talos con el BMS. Además, ha aportado gran parte del sector de telecomunicaciones de este trabajo. Finalmente, se consulta a un experto que ha sido Jefe del vehículo VERT durante tres años y dispone de la información para completar esta investigación. Acabadas las entrevistas, se ha hecho unas pruebas de enlace entre los dos Sistemas de Mando y Control intentado solucionar los problemas de integración aportando las nuevas ideas que se han generado a raíz de este TFG.

Posteriormente, como herramientas de análisis se han usado un Radar Chart o Gráfico Radial, un DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) y un AHP (Analytic Hierarchy Process o Proceso Analítico Jerárquico). Toda la metodología es explicada en los apartados siguientes.

2.2.1 DIAGRAMA DE GANTT

Para la gestión del tiempo se ha utilizado el software “Proyecto Libre”. Con este programa se ha hecho un Diagrama de Gantt (Anexo 1).

Este diagrama es una herramienta gráfica que dispone el tiempo previsto para realizar cada una de las tareas propuestas siguiendo la siguiente secuencia [4].

- Definir actividades: Lo primero que se debe hacer es definir los hitos a conseguir y para ello las acciones a realizar.
- Secuenciar actividades: Seguidamente, se debe ordenar las actividades. Muchas de estas se pueden iniciar al mismo tiempo y otras requieren la finalización de anteriores para poder comenzar. Esto se relacionan con los conceptos Start to Start o Start to Finish, entre otros.
- Estimar los recursos: Una vez finalizada la concatenación de las actividades se procede a calcular la cantidad de recursos que se necesita.
- Estimar la duración de actividades: es fundamental para el control del tiempo del proyecto saber cuánto durará cada una.
- Desarrollar calendario: Una vez terminada la red de actividades y su duración es el momento de poner la información en un calendario. Para ello es fundamental calcular la ruta crítica para conseguir realizar el trabajo en el tiempo óptimo.
- Controlar el calendario: La última fase es la generación del Diagrama de Gantt para el futuro control de las actividades y el tiempo.



2.2.2 ENCUESTAS

La encuesta es un instrumento de la investigación de mercados que consiste en obtener información de las personas encuestadas mediante el uso de cuestionarios diseñados en forma previa para la obtención de información específica. Además, las encuestas permiten estandarizar los datos para su posterior análisis [5].

Se ha realizado una encuesta a un grupo de 13 expertos en la materia (Anexo 3). La encuesta es un tipo de metodología cuantitativa que aporta datos que abarcan un amplio espectro de personal. Esta encuesta está dirigida a un grupo concreto para que se pueda enfocar el trabajo con más precisión. Este grupo de expertos encuestados ha sido primeramente sondeado para que sus respuestas aporten información relevante a la investigación.

2.2.3 ENTREVISTAS

Las entrevistas son un método cualitativo de recogida de información. Estas pueden ser estandarizadas, o especializadas, entre otras [6]. En este caso se han utilizado entrevistas especializadas puesto que las preguntas se han hecho *ex profeso* (Anexos 4, 5 y 6). El cambio de paradigma que puede suponer una entrevista se ha tenido en cuenta y así ha sido ya que una vez realizadas se ha tenido que dar un giro a la investigación tal que se han tenido que valorar otras alternativas.

2.2.4 RADAR CHART O GRÁFICO RADIAL

La representación de un gráfico radial indica un análisis comparado de las variables representadas. Se puede deducir por observación qué característica es superior y ello facilita una futura elección. [7]. La construcción del gráfico se genera aplicando unos valores de medios de referencia a cada característica a evaluar de tal manera que se pueden visualizar varias características a la vez. Además, la posibilidad de examinar dos sistemas diferentes en el propio gráfico ofrece una ventaja en la toma de decisiones.

Para generar un gráfico radial se siguen varios pasos. El primero es valorar las estadísticas más importantes de cada objeto o proceso a evaluar. Esto se puede hacer consultando a expertos en la materia, como ha sido el caso de este trabajo. El segundo paso consiste en, desde unos valores dados por los expertos, generar una media aritmética. El tercero radica en generar un gráfico radial en el cual el valor centrado en el mismo es el cero y el más alejado es el que mejor se ajuste a la escala que se use. De esta manera, se dibujan puntos donde están los valores medios hallados en el paso anterior. Finalmente, en el paso cuatro, simplemente se unen los puntos del mismo objeto o proceso con una línea, de tal manera que forma un polígono. Repitiendo las mismas etapas para el otro objeto se obtiene un segundo polígono y se puede realizar la comparación visual de ambos [8].

2.2.5 DAFO

Un DAFO es una herramienta que permite identificar rápidamente los factores internos y externos de lo analizado. Con ello se puede contemplar las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) encontradas. Herramienta característica que ayuda a la toma de decisiones y que gracias a su simplicidad es fácil de utilizar y da grandes resultados.

Para realizar este análisis se deben primeramente sopesar los factores internos, las debilidades



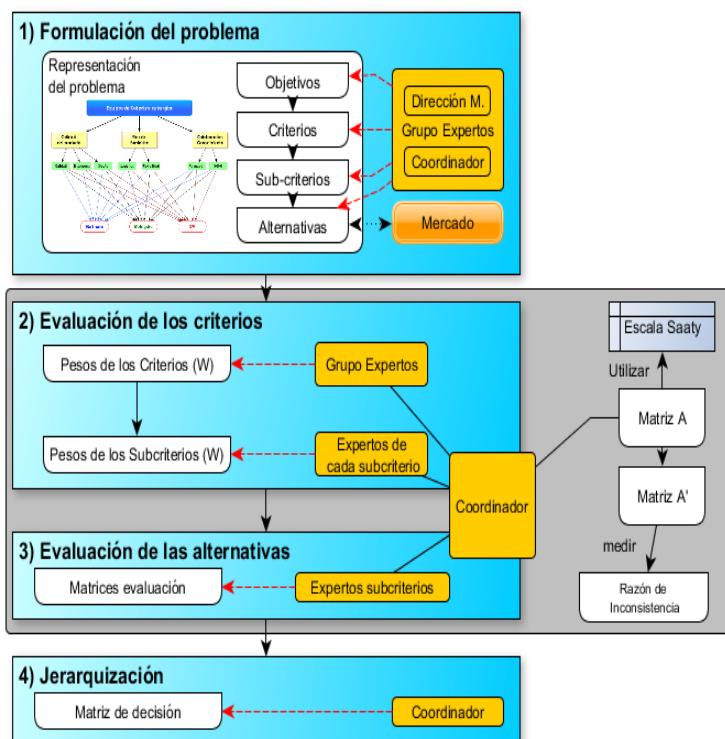
y fortalezas, y los externos, las amenazas y oportunidades [9].

2.2.6 AHP

Siguiendo el método científico y como herramienta a la toma de decisiones se ha usado la metodología de decisión multicriterio AHP. Esta metodología ha sido determinante para la elección tomada debido al problema complejo dado.

El AHP es una herramienta analítica que aporta racionalidad y objetividad a la decisión tomada. Para poder llevarla a cabo se han recopilado los criterios, subcriterios y alternativas mediante encuestas y entrevistas, entre otros.

El método AHP fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty y se basa en un modelo jerárquico que permite organizar la información de una manera eficiente y gráfica [10]. Para ello se ha programado en Excel las matrices necesarias siguiendo las siguientes etapas (Ilustración 1) y se han comprobado con el programa AyudaDecisión_AHP_net_4.0 (Anexo 2).



Fuente: Una propuesta de empleo para la toma de decisiones en el Ministerio de Defensa. Analytic Hierarchy process.

Formulación del problema

En esta fase o etapa se plantea el problema que se va a abordar y se relacionan una serie de criterios y subcriterios para posteriormente llegar a una alternativa siguiendo un diagrama de árbol jerarquizado (Ilustración 2).

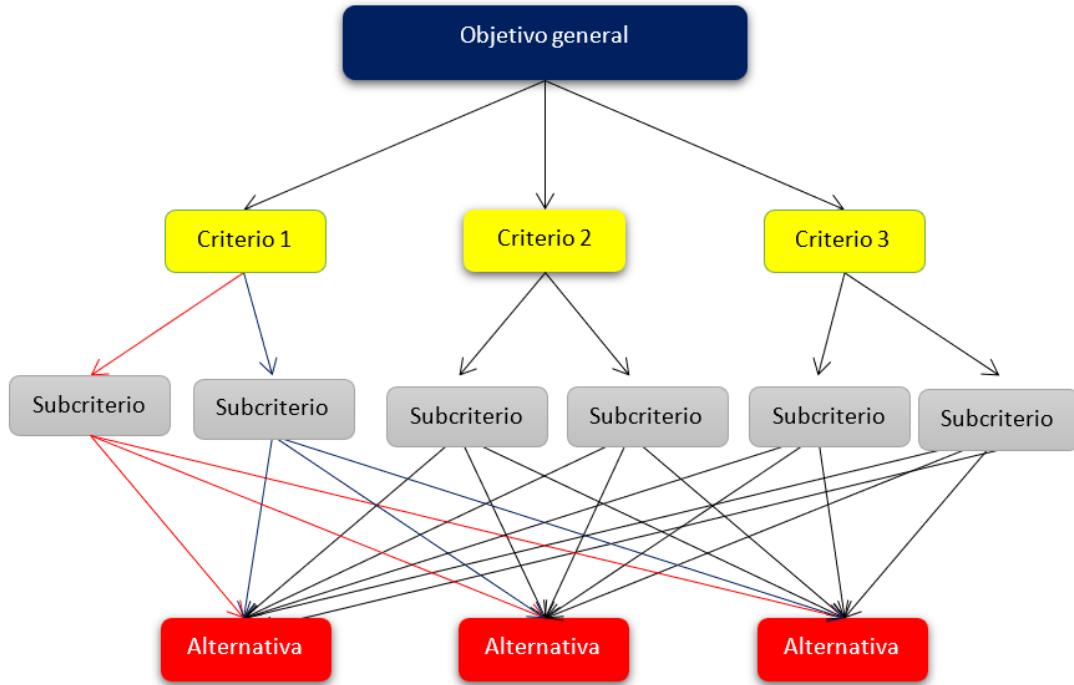


Ilustración 2: Árbol de niveles.

Fuente: TFM Análisis de alternativas para la sustitución del TOA/M113.

Evaluación de los criterios

Seguidamente se forman las matrices para evaluar los criterios y subcriterios. En esta matriz A se calculan los pesos de ambos siguiendo la Escala de Saaty teniendo en cuenta la preferencia de cada uno (Ilustración 3).

Comentario	Definición	Valor A/B	Valor B/A
Ambos criterios tienen la MISMA importancia/preferencia	Igual importancia/preferencia	1	1
A es LIGERAMENTE MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia moderada	3	1/3
A es MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia grande	5	1/5
A es MUCHO MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia muy grande	7	1/7
A es EXTREMADAMENTE MÁS importante/preferible que B	Importancia/preferencia extrema	9	1/9

Ilustración 3: Escala de Saaty.

Fuente: TFM Análisis de alternativas para la sustitución del TOA/M113.

Se crea una segunda matriz A', a partir de la matriz A, para hallar la razón de inconsistencia. Si este parámetro es mayor a 0,1 significa que las ponderaciones hechas en la matriz son



incongruentes entre sí.

Para finalizar esta etapa, los criterios se evalúan dos a dos aislando así del resto y evitando ser evaluados por error.

Evaluación de las alternativas

Se utiliza el mismo método que la etapa anterior, comparándose dos a dos cada alternativa de acuerdo con los criterios y subcriterios escogidos. Para ello se forma una matriz para cada subcriterio. Una vez construida, se evalúan los criterios sacando de la misma los pesos de cada uno para cada alternativa.

Resultados y conclusiones

Superadas las etapas anteriores se muestran los resultados obtenidos, con sus ponderaciones y su razón de inconsistencia. En base a esto se realizan las conclusiones y se toma la decisión.



3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

Para generar una Organización Operativa y asignarle un cometido táctico tipo⁴ se debe hacer un estudio previo de las necesidades que debe cumplir tal estructura. Para ello desde la estructura orgánica del ET se extraen las unidades necesarias para formar la organización. Esta estructura operativa está formada *ad hoc* y, por lo general, es heterogénea, aunque no tiene por qué integrar todas las unidades.

En toda OOP debe haber un Sistema de Mando y Control que facilite la toma de decisiones al Jefe de la organización. El C2 sirve para tener toda la información en tiempo real y es un avance tecnológico que tiene su máxima representación en la disminución del ciclo de la decisión OODA⁵ (Ilustración 4). Este ciclo se realiza en cuatro fases: Observar, Orientar, Decidir y Actuar. En la primera fase, la propia percepción humana es la encargada de concienciarse de la situación actual. En la segunda fase, el subconsciente orienta automáticamente el esfuerzo que se va a realizar en la futura toma de decisiones, que comienza con la tercera fase. En esta, se decide simplemente si tomar parte, o no, y en caso afirmativo se decide qué acción realizar, finalizando así el bucle. Este ciclo se realiza inconscientemente a diario. Sin embargo, el poder realizarlo más conscientemente genera mejores resultados. La batalla la gana el que sea capaz de realizar este ciclo más rápido [11]. Para acelerar este bucle se han implementado varios Sistemas de Mando y Control como el Talos y el BMS. Cada uno tiene sus características y está diseñado para ciertos niveles de operación⁶.

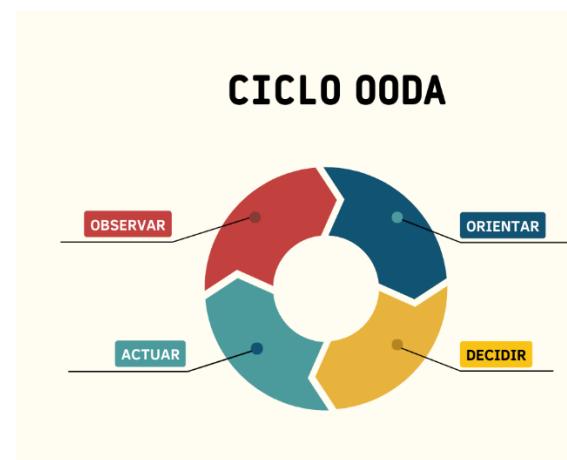


Ilustración 4: Ciclo de Observar, Orientar, Decidir y Actuar (OODA).

Fuente: Elaboración propia.

La información que se recoge en los diferentes Sistemas de Mando y Control, mencionados anteriormente, tiene que ser generada de algún modo. Para ello se utilizan medios con diferentes capacidades de Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Objetivos y Reconocimiento (ISTAR).

⁴ Los cometidos tácticos tipo pueden ser apoyo directo, refuerzo, acción de conjunto(A/C) o acción de conjunto refuerzo.

⁵ OODA: Observar, Orientar, Decidir y Actuar.

⁶ Desde menor nivel a mayor nivel: Táctico, Operacional y Estratégico.



Estos datos se envían a través de los distintos Sistemas de Información y Telecomunicaciones (CIS). Asimismo, el Sistema de Fuego Indirecto (IFS) tiene sus propias capacidades que complementan al proceso anterior en beneficio de las operaciones. Estas se refieren a las de Vigilancia y Adquisición de Objetivos. Los Observadores Avanzados son un ejemplo de ello [12].

Los medios con capacidades ISTAR están relacionados a su vez con ciclos como los de inteligencia, operaciones o targeting⁷ (TGT). Respecto a este último, contribuye proporcionando información en la fase de decisión del mismo para facilitar la identificación de objetivos de alto valor (HVT) y objetivos de alto rendimiento (HPT)⁸. El ciclo de toma de decisión es directamente proporcional al de targeting, por lo que si este último es más rápido la toma de decisiones es más rápida y la ventaja sobre el adversario aumenta en consecuencia [13].

No obstante, la adquisición de objetivos no puede hacerse con cualquier medio debido a que las características de los entornos operativos futuros prevén la proliferación de conflictos urbanos. Ello ocasiona que la precisión con la que se adquiere un objetivo cada vez sea más importante para evitar daños colaterales o el fuego fratricida. Se añade entonces una nueva variable a la ecuación: la Categoría (CAT) de errores de localización de un objetivo [14].

Tabla 1: Clasificación CAT.

Fuente: PD4-304 Empleo de la Artillería de Campaña.

Categorías (CAT) de errores de localización de objetivos (TLE)					
CAT 1	CAT 2	CAT 3	CAT 4	CAT 5	CAT 6
0-20 pies 0-6 m	21-50 pies 7-15 m	51-100 pies 16-30 m	101-300 pies 31-91 m	301-1.000 pies 92-305 m	>1.000 pies >305 m o error elíptico mayor

Aun así, adquirir un objetivo no es algo fácil ya que se requiere un proceso de tres fases. La primera es la detección del objetivo, donde el observador lo ve, pero no es capaz de identificarlo ni de localizarlo. La segunda fase se desarrolla con los conocimientos del propio observador y su posibilidad de discernir los sistemas de armas que utiliza el adversario, en caso de hacerlo, o el tipo de vehículo, entre otros. Requiere un alto nivel de instrucción individual. Así se completa la identificación del objetivo. Para la última fase es necesario posicionarlo en el plano, dando además una diferencia de cota, de tal manera que unidades que no tienen línea de visión (LOS) con él puedan saber perfectamente donde está, en definitiva, localizarlo. Cumplidas estas tres fases el objetivo ha sido adquirido. Para el Ejército Español esto no es hoy en día suficiente, sino que a su vez debe integrarse con otros ejércitos en el entorno de la (OTAN) o la Organización de Naciones Unidas (ONU). Para ello se han desarrollado normas estandarizadas (STANAG) para que todos los ejércitos integrados en esta puedan comunicarse y compartir material,

⁷ El proceso de Targeting es relativamente lento y para objetivos prácticamente estáticos. Es necesario reducir el tiempo sensor-medio productor de fuego para aumentar la velocidad del ciclo.

⁸ HVT y HPT: Los HVT son objetivos necesarios para cumplir con éxito la misión mientras que los HPT son HVT cuya destrucción o neutralización provocan una ventaja desproporcionada.



procedimientos, procesos o técnicas militares. Gracias a los STANAG se puede trabajar eficientemente de forma conjunta y conjunta-combinada⁹. Es por ello que la interoperabilidad de los diferentes Sistemas de Información (IS) es fundamental y así lo marca la OTAN con su definición «*the ability to act together coherently, effectively and efficiently to achieve tactical, operational, and strategic objectives*» [15]. Esto viene marcado por la publicación Estrategia de Defensa Nacional (NDS) en Estados Unidos (EE.UU.) donde aborda el concepto del multidominio y con ello el de interoperabilidad en su norma específica «*Army regulation (AR) 34-1 “Interoperability”*». Es en este documento es donde marca los distintos niveles (Ilustración 5) [16].

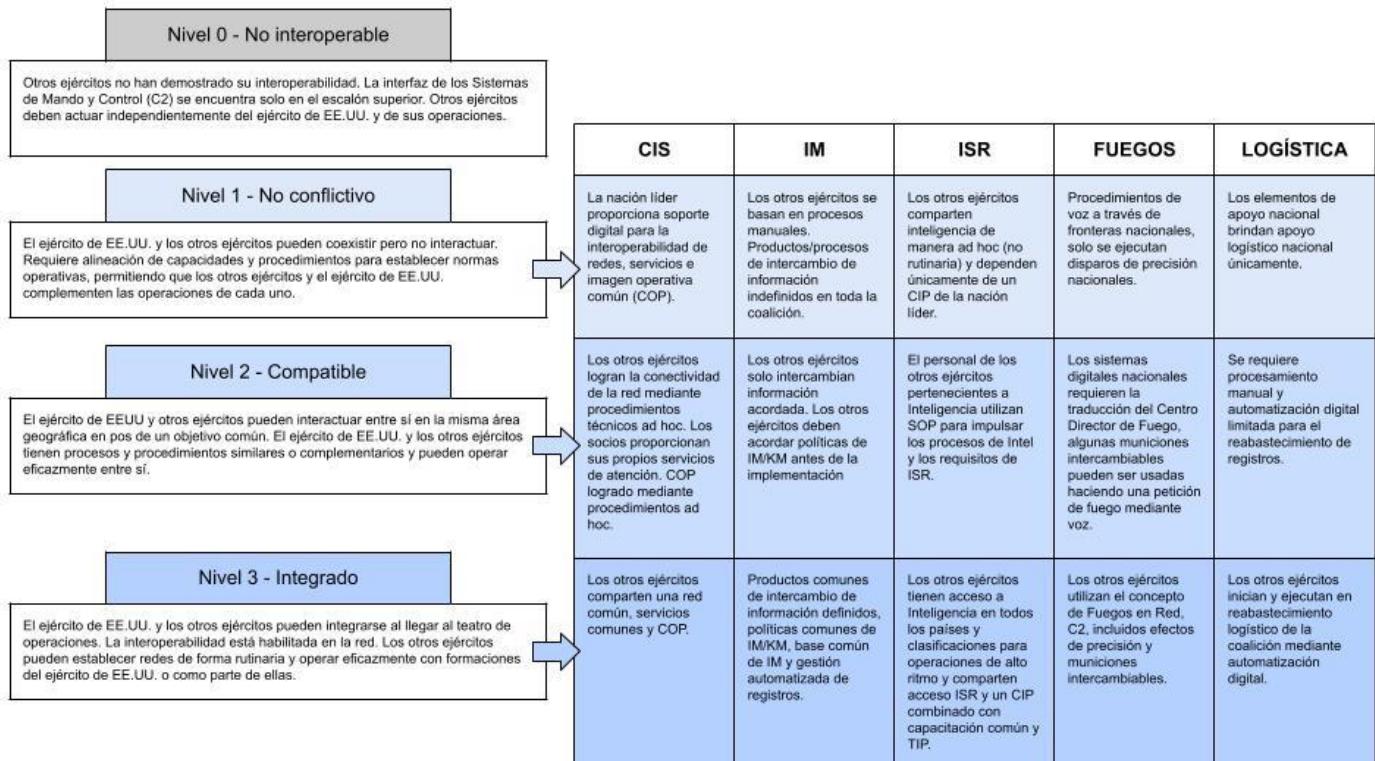


Ilustración 5: Descripción de los niveles de interoperabilidad por áreas prioritarias de colaboración (PFA). Traducción propia.

Fuente: Informe sobre la interoperabilidad de los sistemas de información para el Mando y Control del Ejército de Tierra de los Estados Unidos

Respecto a la Artillería, el concepto «fuegos en red» es su quintaesencia. La integración de los medios productores de fuegos con los medios de adquisición de objetivos mediante un Sistema de Mando y control se hace por procedimientos siendo cada año más automático gracias a los avances en esta dirección. Pero en los tiempos actuales el entorno que hay que acometer es cada día más Volátil, Incierto, Complejo y Ambiguo (VUCA) por lo que se necesita poder trabajar con la Artillería de otros Estados con el propósito de aunar fuerzas y tener mayor potencia de fuego. Para más inri, la ESPFUN del Fuego debe adecuarse a la guerra multidominio y con ello en las cinco dimensiones que abarca: terrestre, marítima, aérea, ciber y cognitivo. Para lograr

⁹ Conjunto-combinado: Gran Unidad formada por varios Cuerpos de Ejército (conjunto) y a su vez con ejércitos de otros Estados (Combinado)



integrar los Sistemas de Mando y control y adaptarse a los cambios constantes de la guerra se ha generado la pasarela Actividad Cooperativa de los Sistemas de Artillería (ASCA) que permite integrar los fuegos de los diferentes Estados. Es un protocolo de intercambio de información basado en mensajes textuales que permite la interoperabilidad multinacional en actividades de cooperación con sistemas de Artillería [17]. Concretamente, es una extensión del Talos Táctico y que completa así la integración de los Sistemas de Fuego Indirecto (IFS). Esto se traduce en que cualquier miembro de la comunidad ASCA puede adquirir un objetivo y otro miembro puede batirlo, ya que se comunican entre sí por este protocolo [18].

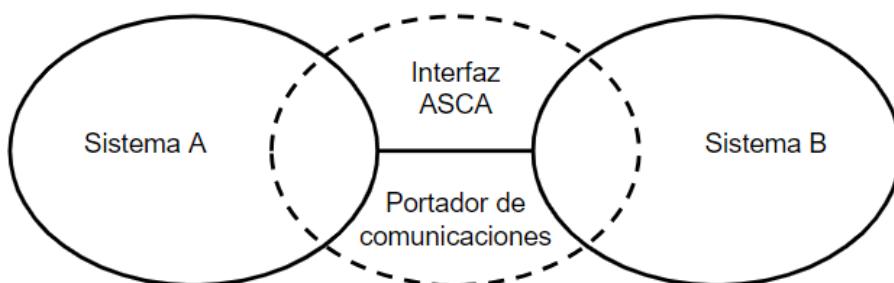


Ilustración 6: Protocolo ASCA. Traducción propia.

Fuente: Manual ASCA 007 Commander's operating guidance (COG)



Ilustración 7: Comunidad Asca.

Fuente: Manual ASCA 007 Commander's operating guidance (COG)

Además, se ha creado la Red de Coalición de Sensores Aire-Tierra (MAJIIC) que conecta los sensores con capacidades de Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (ISR) siguiendo los STANAG 4545¹⁰, 4607¹¹, 4609¹² y 5516¹³. Gracias a esta red se integran los medios de

¹⁰ STANAG 4545: Imagen Infrarroja o electro-óptica

¹¹ STANAG 4607: Datos GMTI (Ground Moving Target Indication o Indicación de objetivo en movimiento).

¹² STANAG 4609: Video infrarrojo.

¹³ STANAG 5516: Seguimiento de mensajes.



adquisición de objetivos y se agregan a la pasarela ASCA. Cualquier ejército que pertenezca a esta estructura puede operar con los sensores de otro siempre y cuando estén enlazados [19].

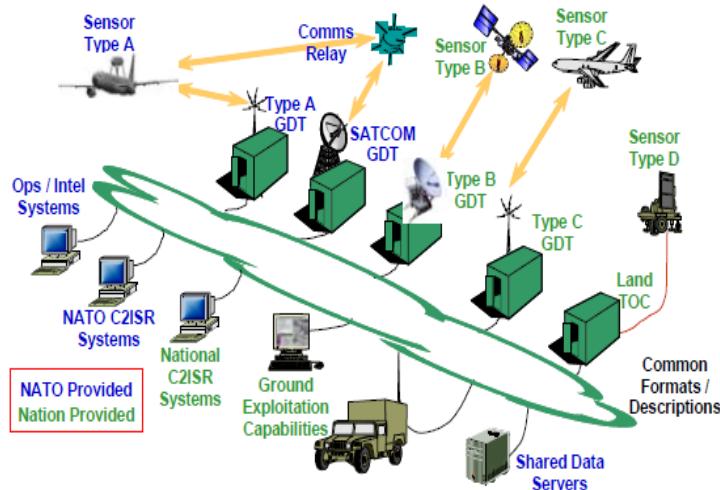


Ilustración 8: Arquitectura MAJIIC.

Fuente: Multi-sensor Aerospace-ground Joint ISR Interoperability Coalition (MAJIIC).

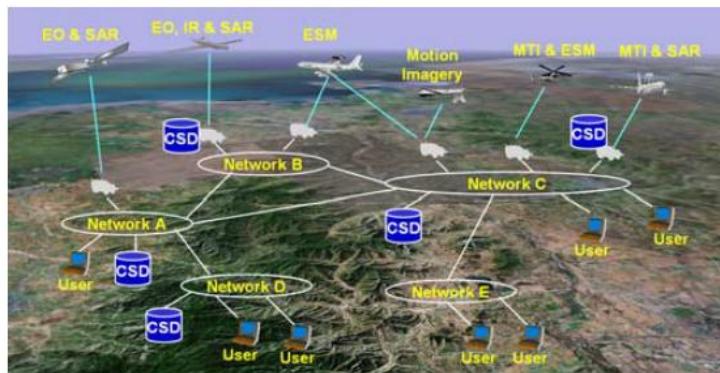


Ilustración 9: Red de interoperabilidad MAJIIC.

Fuente: Multi-sensor Aerospace-ground Joint ISR Interoperability Coalition (MAJIIC)

A continuación, se procede a ver los Sistemas de Mando y Control y los medios de adquisición de objetivos objeto de estudio de este trabajo.

3.1 SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL

3.1.1 SISTEMA DE MANDO Y CONTROL TALOS

El Talos es un Sistema de Mando y Control en el que se coordinan y ejecutan los apoyos de fuegos que comprenden morteros, apoyo aéreo, Fuego Naval de Apoyo (FNA) o Artillería de Campaña (ACA). La empresa GMV es la creadora del programa Talos y desde sus inicios, en el 2010, creó este sistema para dos niveles: Operacional y Táctico. Esta empresa tiene una estrecha relación con el Ministerio de Defensa (MDEF) y ha ido implementado actualizaciones gracias al contacto continuo entre la empresa y el Ministerio [20].



Este programa es una herramienta de apoyo a la decisión de tal manera que el Mando pueda tener la información del campo de batalla necesaria y actualizada, en tiempo real. Dicha información comprende la posición actual de los medios productores de fuego y el estado de los mismos, la munición restante, las acciones de fuego asignadas o la lista de objetivos, entre otros. Por ello, el sistema Talos tiene varias capacidades como el planeamiento de la maniobra y su conducción, el Seguimiento de las Fuerzas Propias (FFT), la dirección de los fuegos o la observación y corrección del tiro [21].



Ilustración 10: Centro Director de Fuegos o FDC.

Fuente: Elaboración propia.

Para poder conseguir todas las capacidades anteriormente mencionadas el programa se divide en dos subsistemas: el técnico y el táctico. Entre ellos se comunican por una malla que hay que configurar previamente llamada Tactical to Technical (T2T). Cabe destacar que estos subsistemas son independientes, deben estar en ordenadores diferentes mientras se esté trabajando con ellos y que estos a su vez están uno en el Centro de Operaciones (CO) y otro en el Centro Director de Fuegos (FDC) [22].

SUBSISTEMA TALOS TÉCNICO

El subsistema que permite la coordinación de los medios productores de fuego, los medios de adquisición de objetivos y el Centro Director de Fuegos es el TALOS técnico. Para ello, en el programa se pueden introducir objetivos, configurar las piezas y las mallas, introducir las correcciones que hace el Observador Avanzado, un Boletín Meteorológico (BOMET) o agregar y quitar medios productores de fuego, entre otros [23].

Otrora, los cálculos de tiro que necesitaban los medios productores de fuego para batir a un objetivo se hacían con una regla-transportador de tal manera que el tiempo de respuesta de la acción, desde que se iniciaba una petición de fuego hasta que se producía la expulsión del proyectil por la boca de fuego, era mucho mayor que en la actualidad. Hoy en día, con la implementación de estos sistemas, se ha avanzado mucho al respecto y el tiempo que se tardaba en realizar una acción de fuego se ha reducido considerablemente. Mientras que antes las tablas de tiro eran imprescindibles ahora es el propio programa el que realiza esos cálculos tan complejos y, sin lugar a dudas, su rapidez y precisión son mejores ya que se elimina gran parte del posible error humano.

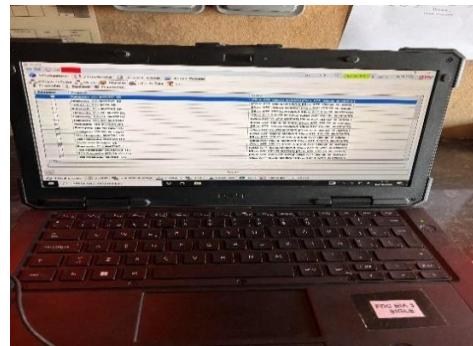


Ilustración 11: Ordenador con Subsistema Talos Técnico.

Fuente: Elaboración propia.

SUBSISTEMA TALOS TÁCTICO

Hace no más de 20 años la planificación y conducción de la maniobra se realizaba en plano físico, utilizando las herramientas de las que se disponía en ese momento, desde un rotulador hasta chinchetas. El Subsistema Talos táctico ha supuesto un importante cambio ya que la conducción de la maniobra puede realizarse a través de él. No solo eso, sino que se puede almacenar listas de personal y material, de tal manera que el Mando es consciente de la operatividad de la unidad, los medios de los que dispone y su geolocalización. El poder saber en tiempo real donde se encuentran las unidades y cómo avanza la maniobra es algo fundamental hoy en día y es por ello que Talos táctico está integrado en los Puestos de Mando (PC).

Además, el Talos táctico está situado en las diferentes células de conducción de la maniobra a lo largo del escalón de mando (Ilustración 12). Así, mientras el Talos técnico dirige los fuegos el táctico los coordina, asigna la cantidad de munición a la unidad subordinada y se encarga del despliegue de las unidades, marcando las líneas de coordinación o vigilancia entre otros. La figura encargada de esto es el Coordinador de Apoyos de Fuegos (COAF) y es el responsable de conocer el estado de las piezas, si están asentadas en una posición o en transporte y la munición disponible. Este subsistema también tiene una función de mensajería por lo que es posible dar órdenes a través del mismo [24].

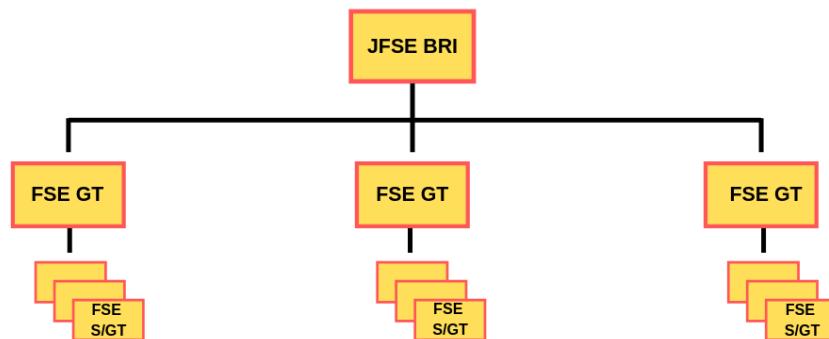


Ilustración 12: Orgánica del despliegue en el subsistema Talos Táctico.

Fuente: TFG Estudio de viabilidad de integración de los sistemas TALOS técnico y táctico en un solo sistema.



El BMS o Battlefield Management System es el Sistema de Mando y Control de las unidades de maniobra a nivel pequeña unidad (PU). Con este C2 controlan en tiempo real las unidades amigas y enemigas, así como las diferentes líneas de acción. Se divide en dos subsistemas, el GESCOM (mensajería) y el FFT (Seguimiento de fuerzas propias). Además, ofrece diferentes funcionalidades entre las que destacan:

- Planeamiento: Permite la planificación y la conducción de las operaciones gracias a sus herramientas de creación de líneas de acción y confrontación de estas, así como su posterior distribución al resto de unidades.
- Se podrá definir listas de objetivos como ayuda al Apoyo de Fuegos.
- Gracias a su Sistema de Información Geográfica (SIG) pueden verse georreferenciada las unidades en un mapa y gracias a las funciones de análisis del terreno puede apoyar al planeamiento de rutas.

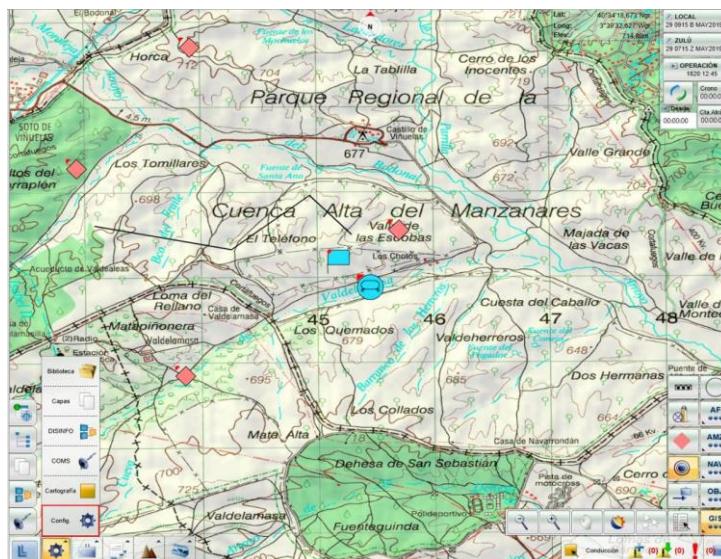


Ilustración 13: Imagen del Sistema de Información Geográfica en el BMS.

Fuente: Manual de usuario del BMS

En el subsistema FFT se puede observar la situación y posición de las distintas unidades en un mapa georreferenciado. La información en tiempo real es clave y por ello el subsistema se refresca en intervalos, de segundos o minutos, para que apoye al Mando en el ciclo de toma de decisión. El planeamiento de rutas es otro aspecto de este subsistema que facilita la navegación posteriormente. Por ello, una ruta planeada puede ser observada por todos los que tengan este subsistema y estén autorizados a ello. Sin embargo, entre las PU usando BMS no tienen problema de interoperabilidad mientras que llevado a Gran Unidad (GU) se necesita el protocolo NFFI, citado anteriormente, para comunicarse con los diferentes medios C2 [25].

En el subsistema GESCOM es el encargado de soportar el envío de correos electrónicos y diferente mensajería. Su gestión automática del tráfico de voz y datos es fundamental para no ser detectado en el espectro electromagnético [26].



3.2 MEDIOS DE ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS

3.2.1 OBSERVADOR DE FUEGOS

La observación es un proceso fundamental a la hora de adquirir un objetivo. El observador de fuegos, en el Sistema de Fuego Indirecto, es otra parte inherente del mismo y que observa los fuegos y los corrige. Para realizar esta labor el observador de fuegos debe estar instruido, certificado y cualificado para designar objetivos, solicitar y corregir los fuegos sobre el mismo y posteriormente realizar una evaluación de los daños y sus efectos (BDA).

Dentro de los observadores de fuegos hay varios tipos. Los observadores avanzados son los que perteneciendo a la orgánica de un Grupo de Artillería de Campaña van encuadrados en las unidades de maniobra, en la primera línea de fuego, donde podrán visualizar los impactos de la artillería y realizar las tareas descritas en el párrafo anterior. Además, proporcionan información del campo de batalla.

OAV	NFO ⁽¹⁾	JFO ⁽²⁾
Superficie-superficie	<ul style="list-style-type: none">• Superficie-superficie• Información de objetivos al JTAC para CAS 2 y 3 nacional	<ul style="list-style-type: none">• Superficie-superficie• Información de objetivos al JTAC para CAS 2 y 3 nacional y multinacional⁽³⁾• Otros (en su caso)

(1) Sin nivel de inglés.
(2) Con el nivel de inglés que se requiera.
(3) Directamente al avión cuando esté autorizado por el JTAC.

Ilustración 14: Comparación del OAV, NFO y JFO.

Fuente: MP-300 Observador de Fuegos



Ilustración 15: Tablet rugerizada con el Subsistema Talos técnico.

Fuente: Elaboración propia.

Otros de los observadores de fuegos son el Observador de Fuegos Conjunto y el Observador Nacional de Fuegos. Al igual que el OAV están cualificados y certificados para solicitar y corregir el fuego, pero como añadido también pueden apoyar a un Controlador de Ataque Terminal



Conjunto (JTAC) en acciones CAS¹⁴ proporcionando información de objetivos o realizar Operaciones de Guía terminal (TGO). [27].



Ilustración 16: Observador avanzado utilizando un VECTOR 21 NITE.

Fuente: Elaboración propia

Estos Observadores de Fuegos disponen de diversos materiales como pueden ser medios optrónicos, sistemas de navegación global por satélite (GNSS) o sistemas digitales de apoyo.

El vector (Ilustración 16) es un telémetro laser que se utiliza para designar y localizar objetivos. Puede medir distancias entre el observador y un punto observado, medir ángulos entre el observador, un punto dado y respecto al norte geográfico o distancia y ángulo entre dos puntos dados. Es medio optrónico es capaz de conseguir una precisión CAT 1 gracias a los siete aumentos de su visor y a su medición de acimut, elevación e inclinación [28].

3.2.2 SISTEMAS AÉREOS TRIPULADOS REMOTAMENTE

El uso de sistemas aéreos no tripulados ha crecido significativamente en varios sectores, incluyendo la defensa, la industria, la investigación y la protección civil. Los sistemas de aeronave pilotada a distancia, también conocidos como RPAS, son esenciales en operaciones en ambientes complejos, como áreas urbanas o enfrentamientos híbridos. Además, la rápida proliferación de estos nuevos sistemas y la complejidad de los campos de batalla modernos demanda una identificación más rápida y precisión en los efectos. Es por ello que los ejércitos están adaptándose a estos cambios, integrando unidades de RPAS para mejorar el conocimiento de la situación en el terreno y aumentar la protección de las unidades. Empero, la coordinación es fundamental, especialmente en operaciones multinacionales, definiendo criterios para su integración en las fuerzas terrestres y en diferentes entornos operativos.

Los RPAS se emplean en diversas misiones tácticas, como vigilancia, reconocimiento y designación de objetivos. Sin embargo, no todos los RPAS sirven para estas misiones ya que su carga útil¹⁵ difiere uno de otros. Además, su clasificación, que se verá posteriormente, es

¹⁴ Las acciones CAS están encaminadas a dirigir fuegos aire-superficie.

¹⁵ Carga útil se refiere a los añadidos de la aeronave como sensores térmicos (IR), electro-ópticos (EO), designadores laser, radares de apertura sintética (SAR) o sistemas de armas, entre otros.



importante a la hora de asignarle un cometido [29].

Por regla general, los RPAS se componen principalmente de dos segmentos: el segmento aéreo y el segmento terrestre. El sistema de comunicaciones se divide entre la plataforma aérea y la estación terrestre (GCS).

Para hacer frente a las diversas misiones a las que se puede enfrentar el ejército se han clasificado los RPAS en base a su peso máximo al despegue (MTOW) y, en consecuencia, su tamaño, como se puede observar en la tabla 4. Esta clasificación va desde el tipo I, una aeronave pequeña que se puede lanzar incluso con la mano, a un tipo II que necesita una plataforma de lanzamiento y recuperación (LRS).

A continuación, se muestra los tipos de RPAS que se contemplan:

Tabla 2: Clasificación de los RPAS.

Fuente: PD4-013 Empleo táctico de las unidades RPAS

Tarjeta operador RPA	Clase según peso máximo al despegue	Categoría OTAN y acrónimo	Radio normal de misión	Ejemplos de RPAS
Tipo I	Clase I ≤ 150 kg	Micro-RPA	2 km	Black Hornet
		Mini-RPA	10 km	Raven RQ-11 B
		Small-RPA	50 km (alcance medio: MR, Medium Range)	Pelícano
Tipo II	Clase II > 150 y ≤ 600 kg	TUAV (táctico)	200 km (largo alcance: LR, Long Range)	Searcher MK-III
	CLASE III > 600 kg	UCAV (de combate)	Sin límite (enlace por satélite: BLOS, Beyond Line of Sight)	Reaper
		MALE (Medium Altitude Long Endurance)		Heron TP
		HALE (High Altitude Long Endurance)		Global Hawk

Además, atendiendo al vuelo que realizan pueden clasificarse como aeronaves de ala fija o de ala rotatoria. La diferencia radica en que el primer tipo no puede permanecer estático mientras que el segundo sí. Asimismo, los de ala fija tienen una mayor autonomía por lo que sus misiones son de tipo patrulla, vigilancia o reconocimiento mientras que los de ala rotatoria se pueden utilizar para observaciones de un tiro de artillería o morteros o hacer una valoración de daños de combate. Ambos podrían adquirir objetivos sin tener en cuenta la carga útil.

Los RPAS ofrecen muchas capacidades, pero entre ellas la más relevante es que en caso de ser abatido no se pierde una vida humana. La contribución al ciclo ISTAR mediante las capacidades ISR es fundamental en estas aeronaves por lo que sus características de vigilancia y adquisición



de objetivos son primordiales a la hora de mejorar las capacidades del ejército [30].

A continuación, se muestra el RPAS que hay en la CIA de Inteligencia de una Brigada y el RPAS que se ha adquirido para la Brigada 2035.

RAVEN

El Raven es una aeronave de clase I mini que se usa a nivel Batallón pudiendo utilizarse incluso a nivel compañía. Para ello deben usarlo un equipo instruido que se compone de cuatro personas: Un Jefe de equipo, un conductor de vehículo, el piloto de la aeronave y el tirador de ametralladora [31].

Las características técnicas principales se pueden ver en la tabla 3.

Tabla 3: Características principales RPAS RAVEN.

Fuente: Elaboración propia.

Alcance (máximo teórico)	10 km. (Línea de Visión Directa)
Altura eficaz	6-8 km.
Altura operativa	45 a 300 m. sobre el terreno
Altura mínima de vuelo	30 m. sobre el terreno
Altitud máxima de lanzamiento	4600 m. sobre el nivel del mar
Velocidad	De 20 a 57 km/h
Velocidad de crucero	56 km/h
Temperaturas de operación	-30°C a +50°C
Envergadura de alas	1,4 m.
Longitud	0,9 m.
Estructura	Modular compuesto de kevlar
Peso avión (con carga útil)	1,9 kg.
Elemento carga útil	185 g.
Peso del sistema	Dos empaques de 5 kg. Cada uno

Esta aeronave no tripulada sobrevuela el objetivo transmitiendo a la GCS todo lo que captan sus sensores. De esta manera, el piloto, que se encuentra en la estación de tierra, puede hacer las misiones tipo¹⁶ que se le hayan asignado.

Una de las dificultades del manejo del Sistema es la elección del sensor. Una vez en vuelo se debe seleccionar el tipo de sensor a utilizar dependiendo de las condiciones meteorológicas, la temperatura o el momento del día ya que los fotones que entran por el obturador condicionan la

¹⁶ Las misiones tipo del RPAS RAVEN son reconocimiento de un artefacto explosivo improvisado (IED), de una zona urbana, de un punto sensible, apoyo de reconocimiento de una base de patrullas, vigilancia, valoración de daños o identificación de materiales y adquisición de objetivos.



recogida de información.

Una gran ventaja que tiene este RPAS es que al ser pequeño es prácticamente indetectable por el enemigo ya que su sección recta-radar¹⁷ es muy pequeña.

En la siguiente tabla se pueden observar las ventajas y desventajas de ambos sistemas (Tabla 6)

Tabla 4: Ventajas y desventajas de los sensores.

Fuente: IIAA-002 Norma operativa sobre el empleo del mini UAV RAVEN en operaciones.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
SENSOR ELECTRO-ÓPTICO	
Proporciona una vista familiar del escenario.	La utilización de redes miméticas y otros elementos similares pueden limitar su efectividad.
Buena resolución de imagen, contando, además, con tres niveles de zoom.	No puede penetrar a través de nieblas o humos, aunque sean ligeros.
Facilita el análisis de las imágenes.	Limitado por el terreno y la vegetación.
Mayor campo de visión.	Limitado a horas diurnas.
SENSOR INFRARROJO TÉRMICO	
Efectivo contra el camuflaje.	Pierde efectividad durante el cambio térmico diario (1 o 1,5 horas después del amanecer y el anochecer)
Puede ser utilizado durante el día y la noche.	El mal tiempo degrada su calidad.

ORBITER 3B

El RPAS Orbiter 3B es una aeronave no tripulada tipo I “small” fabricado por la empresa israelí Aeronautics. Este sistema tiene una carga útil electro-óptica de hasta 5 kg y un peso al despegue de 50kg por lo que se prevé que, en la Brigada 2035, esta aeronave esté en funcionamiento en el Ejército de Tierra.

Comenzando por varios estudios de viabilidad hechos en el Campo de Maniobras y Tiro “CENAD” y superando el primer corte del programa “RAPAZ” en su segunda versión en el año 2016, el Orbiter 3B es una “necesidad inaplazable” para el ET y así lo ha descrito el Ministerio de Defensa al adquirirlo urgentemente en 2019 [32].

Desembalado el 20 de abril de 2023, esta nueva aeronave ha sido recibida por la Academia de Aviación del Ejército de Tierra (ACAVIET) junto a los Sargentos especialistas en este nuevo RPAS. La primera unidad en recibirlo será la Brigada Paracaidista ya que dispone de las instalaciones necesarias y de personal cualificado para poder operarlo. Asimismo, el plan de vuelo se encuentra ya planteado por lo que es cuestión de tiempo que se integre en el resto de

¹⁷ La sección recta-radar (RCS) de una aeronave es un parámetro que se usa para caracterizar las propiedades de reflexión con la que está hecho. A mayor RCS mayor probabilidad de ser detectado por un radar.



unidades del ET [33].

Las misiones que realiza este UAV son misiones ISTAR gracias a su autonomía de 7 horas y su radio de acción de 150km. Además, ya ha sido probado fuera de territorio nacional, acumulando así horas de vuelo por el Mando de Operaciones Especiales (MOE) [34].

PASARELA IRIS

La pasarela IRIS es un software que convierte la información de los sensores ISR de los RPAS que están en servicio en las Fuerzas Armadas (FAS), así como los incluidos en el Proyecto «RAPAZ»¹⁸, al formato MAJIIC explicado anteriormente. La aeronave transmite sus datos a su GCS y desde esta y usando la pasarela IRIS se transfieren los datos a los Sistemas de Mando y Control de tal manera que en el Subsistema Talos táctico se puede ver en tiempo real, con un intervalo de 30 segundos por el retraso de la transmisión y recepción de los paquetes de datos, las imágenes, videos o los metadatos¹⁹ relacionados con la altura, velocidad o meteorología, entre otros. Esta información viene recogida en la entrevista realizada (Anexo 4).

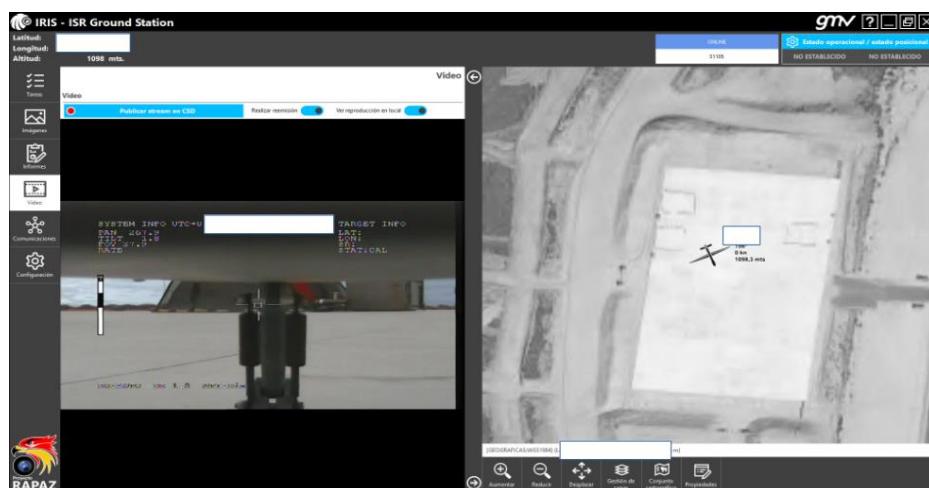


Ilustración 17: Interfaz IRIS. A la izquierda se observa la carga útil. A la derecha la representación en planimetría de la aeronave.

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 17 se puede observar la interfaz del programa IRIS que va en la GCS del UAS. La parte izquierda es la imagen de la carga útil mientras que en la derecha aparece la representación en planimetría de la aeronave, así como diferentes metadatos que reporta el UAS.

¹⁸ El Proyecto «RAPAZ» es una evaluación operativa, financiada por el Ministerio de Defensa, de sistemas aéreos no tripulados de clase I con el objetivo de mejorar las capacidades ISR.

¹⁹ Los metadatos son información adicional que se utiliza para describir otros datos. En otras palabras, son <<datos sobre datos>>. Estos metadatos proporcionan contextos y detalles que ayudan a comprender y gestionar los datos a los que están asociados.



3.2.3 VERT

El Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre (VERT) es el material más representativo de las secciones de exploración y vigilancia. Es un vehículo de ruedas con una plataforma vehicular URO VAMTAC ST5 que acompaña a Centauros, en el caso de la Caballería, de tal manera que se ubican siempre a retaguardia de los mismos para poder vigilar la zona asignada con los medios de los que dispone como el Sensor de Exploración y Reconocimiento Terrestre (SERT) [35]. Este sensor es una cámara de vigilancia que permite detectar objetivos a 14 kilómetros de distancia. Además, dispone de un telémetro laser que se proyecta sobre el objetivo y rebota, por lo que puede medir distancias y localizar objetivos hasta a 8000 metros con un radio de error de 5 metros. Tiene a su vez el terminal Hércules que es su Sistema de Información Geográfica en el que se puede señalar un punto en el plano y realizar una medición de distancia entre el mismo y el VERT gracias al Sistema Global de Navegación por Satélite que incorpora la plataforma, concretamente el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Esta información aparece ampliada en el anexo 5.



Ilustración 18: Vehículo de exploración y reconocimiento terrestre.

Fuente: Memorial de Caballería Nº 93: Solución Interna para las Secciones de Exploración y Vigilancia.



Ilustración 19: Sensor de exploración y reconocimiento.

Fuente: Elaboración propia

Aunque a priori el sistema SERT pueda ser útil se han detectado diversos fallos en los diferentes sistemas del vehículo VERT a tener en cuenta. La exposición prolongada de la cámara de vigilancia a la luz solar provoca fallos en el sensor por lo que no permite distinguir colores en el



espectro visible y, por ende, dificulta la identificación de un objetivo, parte fundamental de la adquisición de objetivos [36]. Las baterías que ponen en funcionamiento el SERT son auxiliares con una autonomía de dos horas y recargables con los diferentes regímenes del motor, por lo que precisa de la movilidad del vehículo para prolongar la duración del sensor más allá de ese tiempo. Por último, la plataforma VAMTAC está diseñada para los 7000 kilogramos que soporta el VAMTAC de línea mientras que los implementos del VERT le agregan 2,5 toneladas, sumando así una carga de 9.500 kilogramos. Esto se traduce finalmente en una pérdida de potencia del motor y con ello la pérdida de movilidad [37].

3.2.4 COMBATIENTE GENERAL

Como se ha visto en la guerra de Ucrania un combatiente general de cualquier ejército con un dispositivo móvil, un smartphone, puede ser un medio de obtención de información que se pueda transformar posteriormente en inteligencia [38]. Aun así, la falta de medios electro-ópticos (EO) dificulta la medición de distancias o ángulos. Debido a esto, un combatiente general con la instrucción adecuada puede llegar a identificar un objetivo, pero no puede localizarlo con la suficiente precisión que requiere la artillería y, en consecuencia, no puede adquirir objetivos.



4 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL Y MEDIOS DE ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS

Detallada la metodología utilizada en este trabajo y construido el estado del arte en los párrafos anteriores, se va a proceder a mostrar el análisis de la información recabada y posteriormente sus resultados.

Para la recogida de información se han utilizado diversas fuentes bibliográficas militares (publicaciones doctrinales, manuales de instrucción, revistas y memoriales, y Trabajos Fin de Grado) como publicaciones civiles referentes al ámbito castrense, además de otras fuentes bibliográficas aportadas por las empresas creadoras de los diferentes Sistemas de Armas y de Sistemas de Mando y Control. Además, las encuestas y entrevistas realizadas han sido determinantes a la hora de puntualizar la información para un análisis profuso.

4.1 PRELACIÓN DE MEDIOS DE ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS

Con la finalidad de prelacionar las fuentes de adquisición de objetivos y con el objetivo de la explotación de los datos que estos aportan al IFS y con ello a la función fuegos se ha hecho una encuesta (Anexo 3) a los principales expertos en este campo para hallar las características que necesita un medio AO. Además, se ha entrevistado a un Brigada experto en adquisición de objetivos para ampliar la información obtenida ya que estuvo destinado en el GAIL (Grupo de Artillería de Información y Localización) y es el máximo exponente de este tema. También se ha podido contar con la aportación, mediante una entrevista, de un Sargento Jefe del vehículo VERT.

¿Qué puesto a ocupado en el que tuviera que trabajar con TALOS?

13 respuestas

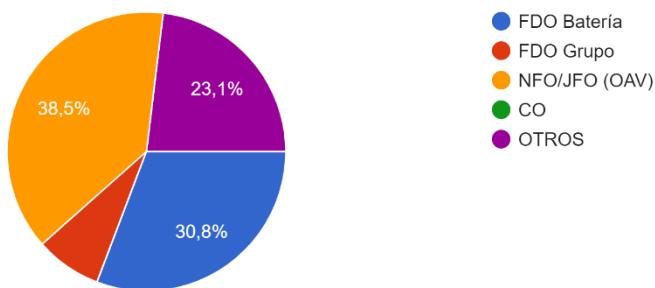


Ilustración 20: Encuesta, diferentes puestos tácticos.

Fuente: Elaboración propia.

En un primer momento se ha procedido a preguntar el puesto táctico que ha ocupado cada experto ya que la información de la que dispone cada uno es distinta dependiendo del empleo que ha desempeñado a lo largo de su carrera. El personal que carecía del perfil que requiere



esta investigación no se ha encuestado. Por lo tanto, se ha conseguido que los expertos, aunque sean del mismo campo, tengan diferente experiencia y conocimientos para alimentar aún más, si cabe, este trabajo.

Además, de 13 expertos que han respondido la encuesta, el setenta y cinco por ciento son Suboficiales y el restante Oficiales. Cabe destacar que todos pertenecen a la especialidad fundamental de Artillería y han desempeñado puestos tácticos diferentes (Ilustración 17). Este ratio es congruente al sistema piramidal de ascensos del Ejército y no solo eso sino que son favorables a la hora del análisis de los datos como se apreciará posteriormente.

Las características principales que debe tener un medio de adquisición de objetivos han sido obtenidas de la encuesta y del brainstorm realizado con el grupo de expertos en el que, entre ellos, hay un FDO de grupo y un FDO de batería, máximos exponentes en el campo relacionado.

A continuación se muestra la pregunta y parte de las respuestas dadas:

En su opinión, ¿Cuales son las características fundamentales que tiene que tener un medio de adquisición de objetivos para poder ser batido por artillería? Escríbalas de más importante a menos importante.

13 respuestas

Interoperabilidad con el sistema de cálculo de datos de tiro

Visión

Continuidad en el tiempo

Conectividad

Integración, capacidad de evaluación de daños, movilidad

Adaptabilidad,intuitivo,fiabilidad y potencial

Rapidez en sacar datos del objetivo

Precisión en el levantamiento de objetivos

Fiabilidad, exactitud y viabilidad

Ilustración 21: Encuesta, características de un medio de adquisición de objetivos.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez recogida la información se han separado por categorías globales y a su vez, dentro de estas, por subcategorías, obteniendo así los siguientes criterios y subcriterios que, bajo la opinión de los expertos consultados, debe de tener un medio AO.

4.1.1 MÉTODO AHP PRIMERA ETAPA

Recogidas todas las características se ha consultado con el FDO de batería y con el jefe del núcleo de enlace por su gran experiencia en este el entorno y finalmente se han escogido los siguientes criterios y subcriterios:



- Características AO: referido a las especificaciones físicas de cada elemento de adquisición de objetivos.
 - Precisión: rasgo distintivo que mide la diferencia de los datos recogidos por el sistema respecto a los datos reales.
 - Profundidad: es el geoposicionamiento de un sistema en el campo de batalla. Este viene dado por el uso táctico u operacional que se le da. El subcriterio se ha tenido muy en cuenta ya que, aunque el alcance de un sistema respecto a otro puede ser mayor, lo cierto es que la situación del mismo en el campo de batalla es fundamental. Por ejemplo, si un sistema puede estar en retaguardia y tener un alcance de 100 kilómetros, otro puede estar en vanguardia y tener un alcance de 20 kilómetros. Si la distancia entre la retaguardia y la vanguardia es de 200 kilómetros el sistema que se sitúa en la zona adelantada será más efectivo a la hora de adquirir un objetivo que el de retaguardia.
 - Alcance: Esta característica se refiere a la distancia geométrica a la que sus medios son efectivos. Por ejemplo, el medio oportúnico VECTOR tiene un alcance de 12 kilómetros, es decir, su óculo de visión es efectivo a esa distancia.
- Autonomía: Este criterio abarca la permanencia en el campo de batalla y la capacidad de, estando en posición, que sus sensores puedan funcionar con efectividad:
 - Tiempo: Función básica del sistema relacionada directamente con su combustible. Además, hay que tener en cuenta factores externos como la meteorología ya que el viento puede ralentizar la velocidad o el frío disminuir el rendimiento.
 - Todo tiempo: término utilizado en el ámbito castrense para referirse a la capacidad que tiene un sistema para operar de día o de noche, así como en diversas condiciones meteorológicas.
- Entorno: Comprende la capacidad de realizar un estudio del campo de batalla. Esto requiere personal instruido y cualificado para llevar a cabo esta tarea. Se divide en los siguientes subcriterios:
 - BDA: Evaluación de daños que se realiza después de una acción de fuego con el objetivo de obtener los efectos conseguidos.
 - IFF: Distinción que se realiza entre el ejército propio y el adversario. Es fundamental para poder distinguir las unidades aliadas y no cometer fuego fratricida.

Una vez establecidos los criterios y subcriterios, mediante la entrevista con el grupo de expertos en la materia (Anexos 4, 5 y 6), se procede a plantear las alternativas para su posterior análisis con el método AHP.

Para ello se han tenido en cuenta los medios de los que dispone la Brigada Aragón y se han estudiado las diferentes casuísticas de las unidades, así como la Brigada Experimental 2035, referente hacia el que se dirige el ejército. Una vez hecho el estudio se eligen las alternativas



más plausibles teniendo en cuenta la opinión del grupo de expertos. Desde un principio se han valorado más de 10 opciones diferentes, pero se han ido descartando por carecer de las características que este trabajo requiere o porque su empleo es a un nivel superior, como, por ejemplo, el UAV PASI se ha descartado porque se emplea a nivel División y este trabajo abarca hasta nivel Brigada.

Finalmente se han propuesto las siguientes alternativas: el vehículo VERT, los observadores de fuegos OAV/NFO/JFO, los RPAS RAVEN y ORBITER 3B y el combatiente general. Estos han sido escogidos entre todas las opciones porque todos están diseñados para emplear en una Brigada, porque tienen un criterio, de los que se han valorado anteriormente, muy superior a otras opciones y ha llevado a escogerlos o porque sencillamente el ET prevé implementarlos en la Brigada 2035 y por ello se merecen ser objeto de estudio.

Seguidamente se muestra la formulación del problema siguiendo la etapa 1 del proceso AHP:

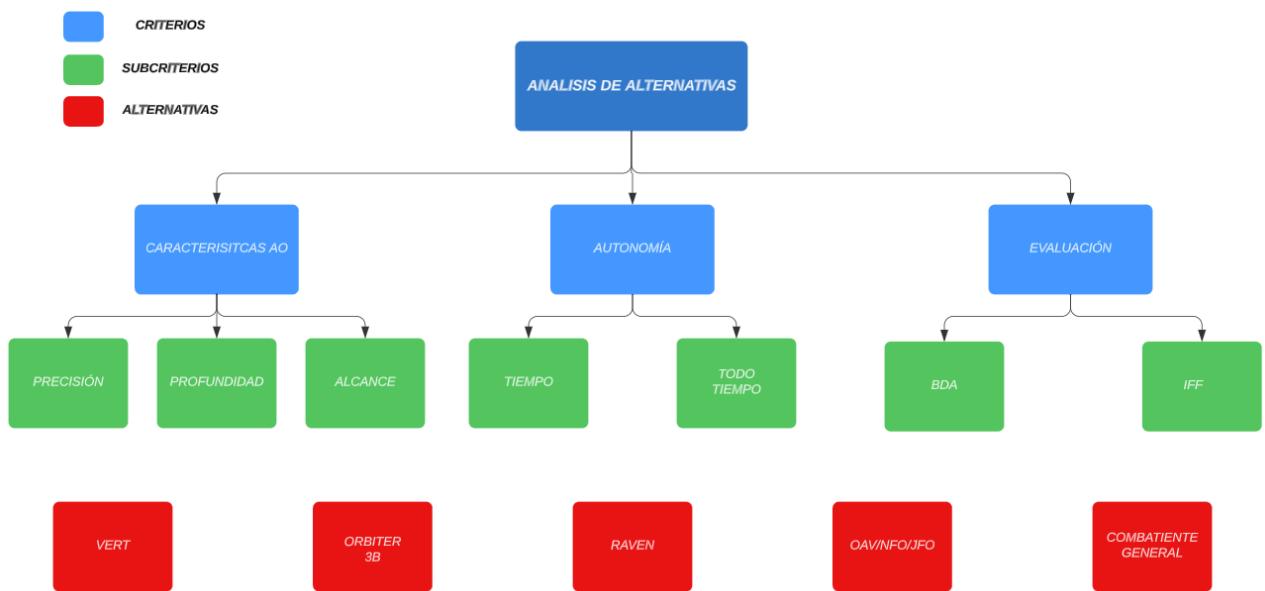


Ilustración 22: Árbol de criterios, subcriterios y alternativas.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 MÉTODO AHP SEGUNDA ETAPA

Para la evaluación de los criterios primero se debe ponderar los mismos. Para ello se procederá a construir una matriz y a comparar los criterios dos a dos y así se determinará la importancia relativa entre ambos. Una vez comparados se procede a asignarle un valor según la Escala de Saaty:

Para usar el método AHP se ha programado en Excel todas las matrices requeridas y se han comprobado con el programa AyudaDecisión_AHP_net_4.0 (Anexo 2). Se han hecho las comparaciones y se ha agregado un valor según la escala anterior. Además, la razón de inconsistencia debe ser menor a 0,1 puesto que si es mayor indicaría una ponderación poco congruente en la matriz.



Los valores que se muestran en las tablas sucesivas han sido objeto estudio ya que se han valorado muchos factores. Por ejemplo, las características AO tienen una importancia grande respecto a la autonomía ya que da igual el tiempo que pueda permanecer en el campo de batalla o si le es posible adquirir un objetivo de día, de noche o con una situación meteorológica adversa mientras no tenga suficiente precisión, alcance o profundidad. Para determinar el valor entre características AO y evaluación se ha procedido de la misma manera, teniendo siempre en cuenta la importancia que le dan los expertos a cada criterio.

A continuación, se muestran las tablas de evaluación de los criterios y subcriterios:

Tabla 5: Evaluación de los criterios.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de los criterios							
Criterio	Característica AO	Autonomía	Entorno	Matriz normalizada		Pesos	
Características AO	1	5	7	3/4	4/5	2/3	5/7
Autonomía	1/5	1	3	1/7	1/6	1/4	1/5
Entorno	1/7	1/3	1	1/9	0,05	0,09	0,08
Total	1,342857143	6,33	11				

A x P		
2,272591537	IC=(λmax-n)/(n-1)	0,055731851
0,58781092	IA=1,98*(n-2)/n	0,66
0,251061244	RI=IC/IA	0,084442198
3,111463701		

Para valorar los subcriterios se ha seguido el mismo procedimiento que el anterior. Estas tablas están reflejadas en el anexo 2.

4.1.3 MÉTODO AHP TERCERA ETAPA

Una vez hecha la ponderación de los criterios y subcriterios se procede a la evaluación de las alternativas. Para ello se forman las matrices para evaluar las opciones y comprobar cuál de ellas tiene una mejor precisión (Tabla 6). Para realizar esta ponderación es fundamental aislar el subcriterio y evaluarlo por separado, esa es la razón para tener una matriz por subcriterio.

Tabla 6: Evaluación de alternativas respecto al subcriterio precisión.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de las alternativas. Precisión.							
Subcriterio Precisión	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B	Matriz normalizada	Pesos
VERT	1	3	1/5	5	1	0,10	0,17
RAVEN	1/3	1	1/3	7	1	0,17	0,24
OAV	5	3	1	9	3	0,51	0,31
COMBATIENTE GENERAL	1/5	1/7	1/9	1	1/7	0,06	0,03
ORBITER 3B	1	1	1/3	7	1	0,17	0,24
Total	7,533333333	8,142857143	1,977777778	29	6,142857143	1/6	0,19

A x P		
1,185874714	IC=(λmax-n)/(n-1)	0,195990291
0,841022699	IA=1,98*(n-2)/n	1,188
2,649165488	RI=IC/IA	0,164974993
0,169913768		
0,937984496		
5,783961164		



Como el método que se sigue es el mismo en todas las tablas sucesivas, se muestra solamente la primera (tabla 6) quedando las tablas de los otros subcriterios en el anexo 2.

4.1.4 MÉTODO AHP CUARTA ETAPA

Claramente hay dos alternativas que predominan a las demás (Tabla 7): El observador de fuegos OAV y el RPAS Orbiter 3B. La decisión a priori no podía saberse y por ello se ha utilizado esta herramienta. El OAV predomina para la adquisición de objetivos ya que la cualificación y certificación lo acredita para realizar esa tarea. Además, es capaz de hacer una BDA y acompaña a la unidad de maniobra y su permanencia en el campo de batalla es mayor que el RPAS. Por lo contrario, el ORBITER 3B tiene más alcance, aunque la autonomía del mismo se resiente en la comparación dos a dos. Asimismo, se ha tenido muy en cuenta las medidas de mitigación²⁰ (Ilustración 23).

Tabla 7: Matriz de decisión.

Fuente: Elaboración propia.

Criterios/Subcriterios	PESOS	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE G.	ORBITER 3B
Características AO	5/7	0,15666667	0,13666667	0,21666667	0,08	0,41333333
Precision	0,59	0,15	0,19	0,43	0,04	0,19
Alcance	1/6	0,27	0,14	0,14	0,05	0,41
Profundidad	0,25	0,05	0,08	0,08	0,15	0,64
Autonomía	1/5	0,09	0,065	0,375	0,375	0,1
tiempo	5/6	0,06	0,06	0,38	0,38	0,13
Todo tiempo	1/6	0,12	0,07	0,37	0,37	0,07
Entorno	0,18	0,11	0,215	0,39	0,055	0,24
BDA	0,75	0,1	0,15	0,5	0,05	0,2
IFF	0,25	0,12	0,28	0,28	0,06	0,28
		0,14	0,16	0,37	0,13	0,31

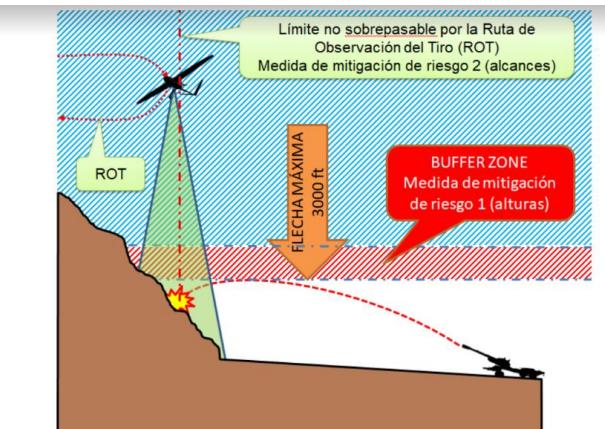


Ilustración 23: Zona de seguridad de 300 pies entre la flecha máxima del ejercicio de tiro y la mínima altitud de vuelo del RPAS.

Fuente: Estudio de viabilidad del RPAS Raven.

²⁰ Las medidas de mitigación hacen referencia a unas normas marcadas por GEMACA (General Jefe del MACA), pero que se exponen, por orden, en los estudios de viabilidad que se hace para los diferentes sistemas de vuelo, en cada zona que vaya a ser desempeñado.



Respecto el RPAS RAVEN y el Vehículo de Caballería VERT, medios de adquisición de objetivos, hay una diferencia que ha inclinado la balanza y no se ha tenido en cuenta en el programa porque no todos los medios disponen de ella: la pasarela IRIS. Esta pasarela enlaza directamente con Talos, lo que acelera la acción de fuego en caso de necesitarla. Empero, el VERT lo hace a través de radio, PR4G, o en el mejor de los casos, BMS.

El combatiente general es el último de la lista, sin embargo, de los últimos conflictos se han extraído lecciones aprendidas que apuntan a que un combatiente general con un dispositivo móvil, un smartphone, en definitiva, podría adquirir un objetivo si es capaz de identificarlo. Aun así, la precisión todavía sigue siendo muy baja para poder realizar un disparo de artillería eficaz.

La prelación de los medios de adquisición de objetivos quedaría en el siguiente orden: OAV, Orbiter 3B, Raven, VERT y combatiente general.

4.2 MANDO y CONTROL

Para realizar el análisis de los diferentes medios C2 de los que dispone la Brigada Aragón y que son objeto de estudio se han llevado a cabo encuestas y entrevistas. La integración de los dos Sistemas escogidos, el Talos y el BMS, se ha llevado a cabo tras numerosos intentos. Sin embargo, esta no ha sido total.

Primeramente, se ha hecho una prueba de enlace entre los Sistemas C2 con el grupo de expertos en los sistemas. Esta integración se ha hecho satisfactoriamente mediante el protocolo NFFI. Cabe destacar que esto lo saben hacer apenas 3 personas en el Grupo de Artillería objeto de estudio ya que es un enlace que necesita conocimiento de transmisiones e informático, por lo que es muy complejo. Una vez realizado, se ha comprobado cómo funciona. La transmisión de datos entre los dos sistemas es bidireccional, sin embargo, el BMS no puede transmitir todo lo que se genera en el mismo. Por ejemplo, se ha comprobado que cuando se genera una medida de coordinación en el BMS, al transmitirla al Talos este la interpreta como una unidad amiga debido al protocolo NFFI. También se ha comprobado que a la hora de generar una unidad enemiga en el BMS y replicarla en el C2 de Artillería sucede lo mismo. Por lo tanto, el Sistema de Mando y Control BMS tiene un problema de interoperabilidad con el C2 Talos.

Seguidamente, se ha tratado la memoria gráfica y el procesamiento de datos, el nivel de operación y la transmisibilidad de ambos Sistemas. Según el manual de uso del C2 BMS, el nivel de operación al que debe usarse este sistema es el Táctico mientras que el Sistema de Mando y Control Talos puede ser usado en Táctico y en Operacional, pudiendo abarcar incluso parte del Estratégico. No obstante, el BMS actualmente se está usando hasta nivel Operacional por lo que hay un problema con la memoria gráfica y el procesamiento de datos del mismo ya que no puede enseñar en pantalla todas las medidas de coordinación o unidades amigas y enemigas una vez superado el nivel Táctico. Esto es debido a que se muestra en pantalla lo de las unidades subordinadas y la cantidad ingente de información colapsa el sistema y dificulta el seguimiento en tiempo real de la maniobra. Por otro lado, el C2 Talos no tiene este problema puesto que está diseñado para operar en niveles superiores y recoger más información. La transmisibilidad también es un factor clave y lo cierto es que el BMS supera al Talos. Su comprensión es sencilla ya que el BMS al poder almacenar menos datos es capaz de transmitir con mayor facilidad los mismos.

Finalmente se han evaluado junto al grupo de expertos la polivalencia, el control de personal y



material que permite cada sistema y lo intuitivo que son sendos programas. Respecto a la polivalencia, el C2 de Artillería es claramente predominante ya que tiene todas las capacidades que aporta el BMS además de las suyas propias. El control de personal y material del BMS es muy simple y no permite, por ejemplo, algo tan básico como son las listas de objetivos. Sin embargo, sí permite borradores de objetivos, que se usan como si fuesen listas de objetivos, pero con información faltante. El resultado es que de cara a la explotación de la función fuegos el sistema BMS es inoperable y en cierta medida ralentiza el tiempo de una acción de fuego lo que lleva a una integración conjunta más deficiente. Uno de los aspectos positivos del BMS es que, al ser un Sistema de Mando y control simple, este puede ser utilizado por cualquier personal sin casi formación en el mismo. Esta característica vuelve al C2 de las unidades de maniobra mucho más intuitivo *per se*. Por el contrario, el Talos necesita de una curva de aprendizaje tal que para poder utilizarlo con eficacia es necesaria una formación.

A continuación, se muestra la comparativa de ambos Sistemas de Mando y Control hecha mediante un Radar Chart o Gráfico Araña:

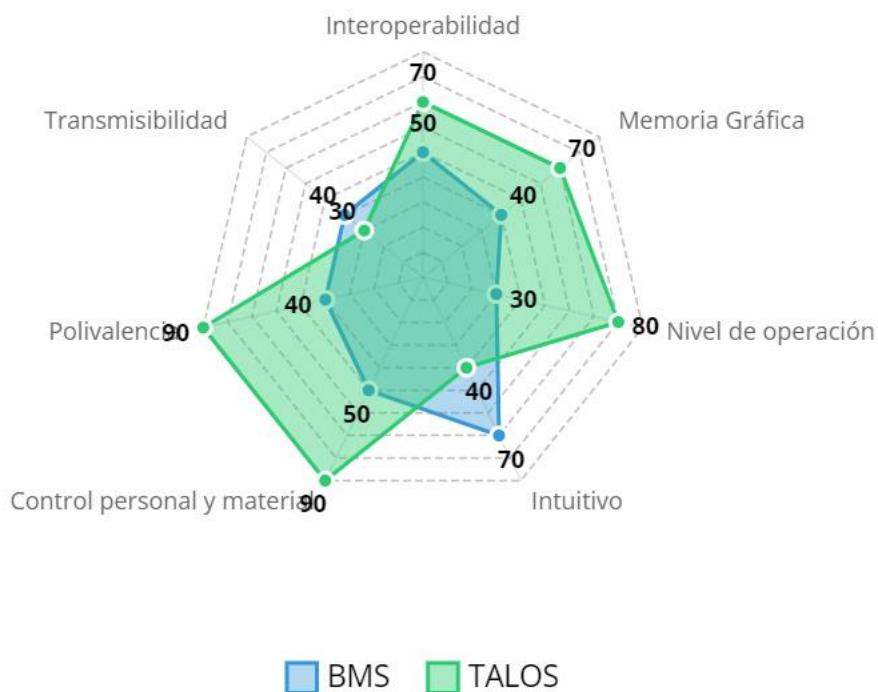


Ilustración 24: Radar Chart de los Sistemas de Mando y Control BMS y Talos.

Fuente: Elaboración propia.

La predominancia del Sistema Talos frente al BMS es claramente superior como se puede observar.

A tenor de lo expuesto, se ha tratado de buscar una solución a este problema. Lo cierto es que el Talos es interoperable con otros C2 de Artillería de la OTAN gracias a la extensión ASCA. Siguiendo esta idea, se ha intentado implantar esta extensión en el Sistema BMS pero requiere conocimientos de informática y programación superiores y desde un primer momento el alcance de este TFG lo excluía. Además, el grupo de expertos de la unidad aseguran que tampoco



podrían hacerlo y que debería hacerlo la empresa que ha diseñado el C2 de Artillería. Varios expertos de este grupo no solo no lo aprueban, sino que asumen que la responsabilidad debe ser de los diseñadores del BMS.

Debido a la falta de entendimiento de los expertos, se consulta a un externo que inclina la balanza por contactar con la empresa GMV, creadora del Sistema Talos. Han sido varios los contactos que se han tratado de establecer con la empresa. Sin embargo, ante la ausencia de respuesta de la misma y las circunstancias concomitantes se opta por hallar otras soluciones.

En primera instancia se ha hecho un DAFO con la finalidad de identificar los factores externos e internos del Talos. A priori se prevé la implementación de este C2 sustituyendo al actual BMS.



Ilustración 25: DAFO implementación del Talos en las unidades de maniobra.

Fuente: Elaboración propia.

Identificados los factores externos e internos y valorados los casos de implementación en las diferentes unidades se descarta esta opción debido a dos razones principalmente. La primera es que está previsto que en la Brigada 2035²¹ el medio C2 de las unidades de maniobra sea el BMS. Este es el punto que más se ha valorado para tomar una decisión. La segunda es que se ha detectado que la amenaza más grande a la que se podría hacer frente sería la falta de estudios o experiencia necesaria en el personal para llevar a cabo el aprendizaje y el posterior uso del Sistema.

Finalmente, descartadas varias soluciones, se proponen dos soluciones temporales mientras las empresas responsables de estos sistemas no propongan una extensión, como tiene el Sistema Talos con ASCA, para la posible integración plena de los mismos.

Con el fin de acelerar la transmisión de información se propone crear una malla *ad hoc* con los medios que actualmente dispone la Brigada, es decir, las radios PR4G V3. En esta malla estarían los JFSE que están integrados en las unidades de maniobra (Ilustración 12) de tal manera que

²¹ Brigada de referencia para el ET. Se pretende que todas las Brigadas tengan los medios de esta Brigada en el año 2035.



cuando se adquiera un objetivo, independientemente del medio con el que se adquiera, mientras se disponen a introducirlo en los Sistemas de Mando y Control y pasar la información de uno a otro, este JFSE use la nueva malla creada para elevar la petición de fuego y así agilizar el proceso digital mencionado anteriormente.

Además, para solucionar los problemas de interoperabilidad de los C2 también se propone que, cuando se replique la información de BMS al Sistema Talos, el personal que esté encargado de estos dos sistemas se comunique entre sí, ya sea a viva voz porque están en el PCBON o superior, utilizando el espectro electromagnético, es decir, por radio, o a través de los diferentes sistemas de mensajería de los que dispone el ET. No obstante, cabe destacar que hay una empresa ucraniana, Aerorozvizka, que ha integrado sus sistemas con el software DELTA de gestión del campo de batalla. Es un medio C2 que permite la transmisión de datos sobre posibles objetivos en tiempo real, desde RPAS o UAS, un smartphone o satélites integrados. Además, su clara ventaja es que también integra los medios productores de fuego y que el Sistema opera desde la nube, por lo que no puede ser atacado [38].



5 CONCLUSIONES

Gracias a esta investigación y a los objetivos conseguidos en la misma se podrá crear una Norma Operativa de Brigada en la que se refleje qué medio de adquisición de objetivos genera datos más precisos para la explotación de la Función Fuegos. Además, la falta de interoperabilidad ha sido solucionada de una manera temporal puesto que la solución final deben crearla las empresas de los Sistemas de Mando y Control Talos y BMS. A continuación, se explican los objetivos conseguidos y las soluciones propuestas.

Tanto el objetivo primario como los objetivos secundarios se han logrado. Comenzando por los secundarios, se ha obtenido el orden de importancia de los medios de adquisición de objetivos y con ello quedan prelacionados para su posterior implementación en las Brigadas. Esto es fundamental para el Ejército de Tierra ya que, en caso de tener acceso a un objetivo con dos o más medios AO, se debe tener clara la elección preferente. Se ha hecho hincapié en este apartado ya que una mala prelación puede ser nefasta para el futuro de las Fuerzas Armadas. El estudio de la concatenación de las acciones realizadas desde la detección de un objetivo hasta la finalización de la acción de fuego sobre el mismo ha sido de suma importancia y, en consecuencia, se ha hecho un esfuerzo ímprobo a la hora de realizarlo. En definitiva, el orden establecido en sentido ascendente es el siguiente: combatiente general, vehículo de exploración y reconocimiento, sistema aéreo no tripulado RAVEN, UAV Orbiter 3B y finalmente los Observadores de Fuegos OAV/NFO/JFO. Además, gracias a conseguir estos objetivos secundarios se ha podido llevar a cabo el estudio integral de los C2 BMS y Talos para obtener la solución de interoperabilidad de los mismos, objetivo principal marcado.

Hecho este estudio se concluye principalmente que los Sistemas de Mando y Control que actualmente dispone el ET no son plenamente interoperables. Pese a las pasarelas o protocolos que hay para facilitarla, estas no están diseñadas *ad hoc*. Ello requiere que las empresas creadoras de estos medios C2, el Talos y el BMS, se pongan en contacto y aúnen fuerzas para solventar este gran problema que tiene actualmente el Ejército.

Como medidas paliativas se han propuesto dos soluciones temporales independientes entre sí. La primera solución radica en la explotación de los medios de comunicación existentes con el fin de solventar tal problema de integración de los medios de adquisición de objetivos con los diferentes Sistemas de Mando y Control. Para ello se propone generar una nueva malla de radio en la que sus miembros sean los JFSE que están integrados en las unidades de maniobra. De esta manera, cuando se adquiera un objetivo e independientemente del medio utilizado, este JFSE puede transmitir los datos usando esta malla. Esto agilizaría enormemente este proceso debido a que, mientras se introducen los objetivos en los Sistemas de Mando y Control y se pasan de BMS a Talos y viceversa, los JFSE pueden realizar la petición de fuego por esta malla. Como segunda solución se propone usar los sistemas de mensajería de los que disponen las Brigadas para que los operadores de los Sistemas BMS y Talos puedan comunicarse entre si y aclarar qué función cumple cada elemento que se intenta replicar. De esta manera, cuando el operador del C2 BMS envíe una medida de coordinación y aparezca reflejada en el Sistema Talos como una unidad aliada, el operador del Talos tenga a su vez un mensaje del operador del BMS donde explique claramente que esa unidad aliada es una medida de coordinación.

Tomando las medidas citadas en los párrafos anteriores de este último apartado se conseguirá por una parte agilizar y mejorar el proceso de obtención de información mediante los sistemas de adquisición de objetivos y por otra parte paliar la falta de interoperabilidad de los Sistemas de Mando y Control Talos y BMS hasta que las empresas creadoras de sendos programas generen un nuevo protocolo o extensión para que finalmente puedan operarse con total plenitud.



Como colofón, se propone una futura línea de trabajo. Esta consistiría en realizar un estudio desde un punto de vista informático de la extensión ASCA del Talos para lograr la integración del BMS.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DIDOM, «*Estrategia híbrida rusa: análisis del conflicto ruso ucraniano*», jun. 2016.
- [2] MADOC, «*Fuegos en Red*» 2005.
- [3] MADOC, «*PD4-304 Empleo de la Artillería de Campaña. Procedimientos operativos de PCART y FSE. 2018*» [En línea]. Disponible en: http://madoc.mdef.es:5500/Apli/D_BibliotecaVirtual.nsf/InicioWeb
- [4] M.A. Hinojosa, «*Diagrama de Gantt*», 2003.
- [5] M. A. Hernandez, S. C. García, N.L. Abejón y M. R. Zazo, «*Estudio De Encuestas*».
- [6] M. S. Valles, «*Entrevistas cualitativas*». 2002.
- [7] M. A. P. Benedito, «*Aplicación de los gráficos radiales en la evaluación del servicio público de transportes*».
- [8] W. Peng, Y. Li, Y. Fang, Y. Wu, y Q. Li, «*Radar Chart for Estimation Performance Evaluation*», Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2933659.
- [9] I. A. P. D. Olivera y I. B. M. Hernández, «*El análisis DAFO y los objetivos estratégicos*» 2011.
- [10] R. W. Saaty, «*The Analytic Hierarchy Process. What it is and how it is used*», 1987.
- [11] MADOC, «*Táctica y Logística II*» 2020.
- [12] MADOC, «*PD4-701 Inteligencia, vigilancia, adquisición de objetivos y reconocimiento (ISTAR)*» 2019. [En línea]. Disponible en: http://madoc.mdef.es:5500/Apli/D_BibliotecaVirtual.nsf/InicioWeb
- [13] MADOC, «*PD4-324 Targeting terrestre*» 2022. [En línea]. Disponible en: http://intra.mdef.es/portal/intradef/Ministerio_de_Defensa/Ejercito_de_Tierra/
- [14] MADOC, «*MP-300 Observador de fuegos*» 2023.
- [15] NATO STANDARDIZATION AGENCY, «*AAP-6 NATO Glossary of terms and definitions (English and French) glossaire OTAN de termes et définitions (anglais et français)*», 2021.
- [16] MADOC Asuntos internacionales, «*Informe respuesta del OFEN en el CAC sobre la interoperabilidad de los Sistemas de Información para el Mando y Control de Ejército de Tierra de los Estados Unidos*», 2021.
- [17] GMV Aerospace and Defence S.A.U, «*Manual de usuario utilidad ASCA*» 2023.
- [18] F. F. B. García, J. G. del Prado y F. M. Ropero «*Ejercicio “Dynamic Front 21”. Integración TALOS-ASCA*», 2021.



- [19] OTAN, «*MAJIIC Multi-sensor Aerospace-ground Joint ISR Interoperability Coalition*», 2006.
- [20] GMV Aerospace and Defence S.A.U, «*Manual de usuario Talos Táctico*» 2023.
- [21] GMV Aerospace and Defence S.A.U, «*Iniciativas I+D: TALOS*». Accedido: 30 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Contenido/Paginas/detalleiniciativa.aspx?iniciativaID=152>
- [22] GMV Aerospace and Defence S.A.U, «*Manual de usuario Talos Técnico*. 2020»
- [23] GMV Aerospace and Defence S.A.U, «*Manual de usuario Talos Técnico*. 2020»
- [24] M. G. Garrido, «*Estudio de viabilidad de integración de los sistemas Talos Técnico y Táctico en un único sistema*», Centro Universitario de la Defensa, 2019.
- [25] Regimiento de Transmisiones 21, «*Pruebas de diodo efectuadas entre FFT y SIMACET*», 2014.
- [26] J. M. G. Sobrido, «*Capacidades y limitaciones del sistema BMS*», Centro Universitario de la Defensa , 2017. [En línea]. Disponible en: <http://zaguan.unizar.es>
- [27] MADOC, «*MP-300_observador_de_fuegos*» 2023.
- [28] Safran Vectronix AG, «*Familia VECTOR: Binoculares con telémetro*», 2017.
- [29] MADOC, «*PD4-013 Empleo táctico de la unidad de RPAS*», 2016. [En línea]. Disponible en: http://madoc.mdef.es:5500/Apli/D_BibliotecaVirtual.nsf/InicioWeb
- [30] MADOC, «*PD4-701 Inteligencia, vigilancia, adquisición de objetivos y reconocimiento (ISTAR)*», 2019. [En línea]. Disponible en: http://madoc.mdef.es:5500/Apli/D_BibliotecaVirtual.nsf/InicioWeb
- [31] MADOC, «*Norma Operativa. Empleo del mini UAV Raven B en operaciones*. 2010»
- [32] J. M. N. García, «*El Ejército de Tierra comprará otros tres UAV's Orbiter 3B*». Accedido: 31 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.defensa.com/espana/ejercito-tierra-comprara-otros-tres-uavs-orbiter-3b>
- [33] B. Carrasco, «*El Ejército renueva su flota de UAV Orbiter con la compra de nuevos aviones y cámaras*». Accedido: 31 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3872146/ejercito-renueva-flota-uav-orbiter-compra-nuevos-aviones-camaras>
- [34] «*La eficaz operación en Irak del UAV Orbiter del Ejército de Tierra*». Accedido: 31 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.defensa.com/espana/eficaz-operacion-irak-uav-orbiter-mando-operaciones-especiales>
- [35] MADOC, «*MI- Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre*», 2020. [En línea]. Disponible en: http://madoc.mdef.es:5500/Apli/D_BibliotecaVirtual.nsf/InicioWeb



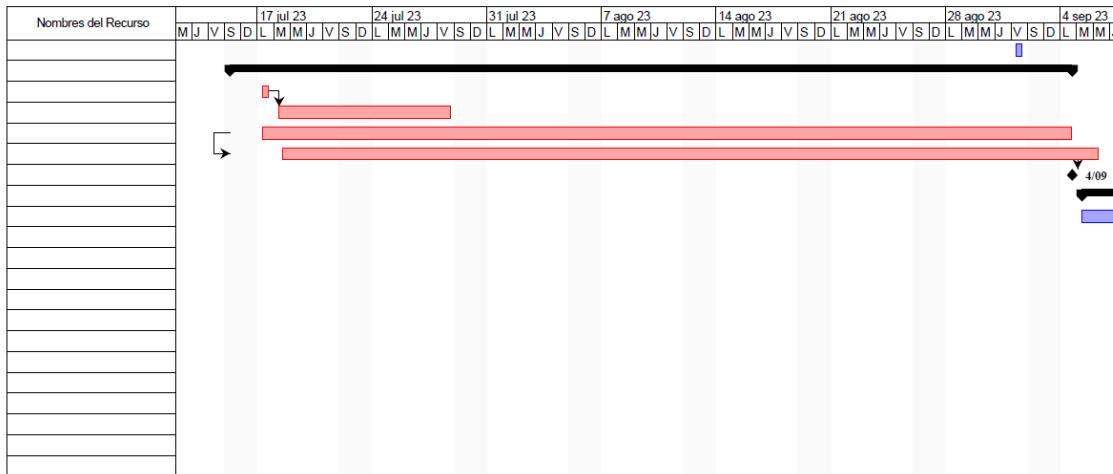
- [36] ACAB, «*Memorial de Caballería Nº 93*», 2022. [En línea]. Disponible en: <https://publicaciones.defensa.gob.es>
- [37] C. T. Miralles, «*Estudio de posibles mejoras a implementar en el Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre (VERT)*», 2020. [En línea]. Disponible en: <http://zaguan.unizar.es>
- [38] MADOC, «*Observaciones de la guerra de Ucrania 24FEB22-31DIC22*», 2023.

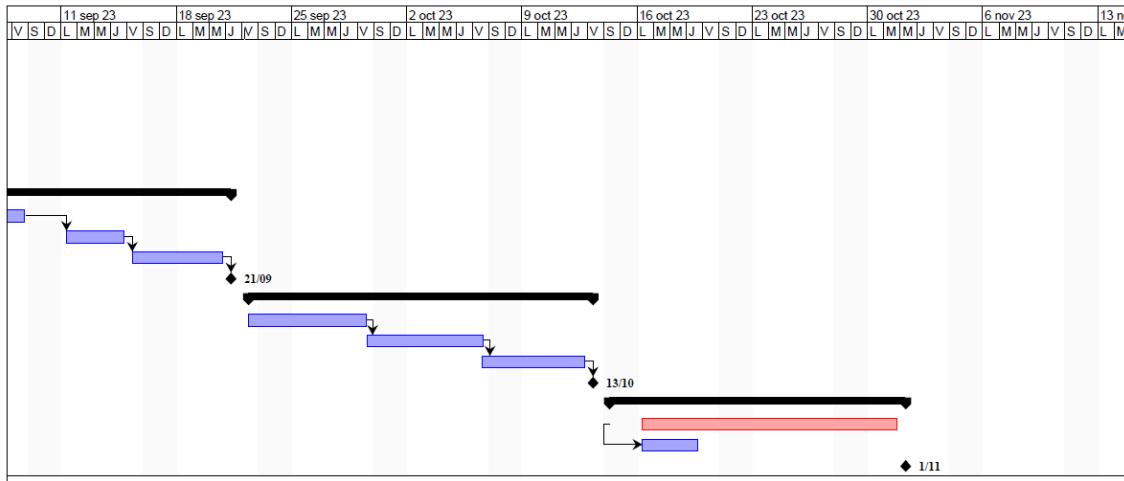


ANEXOS

ANEXO I: DIAGRAMA DE GANTT

		Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Predecesores
1		TFG	1 day?	1/09/23 8:00	1/09/23 18:00	
2		1. Definir TFG	49 days	15/07/23 8:00	4/09/23 17:00	
3		1.1 Definir objetivos	0,875 days	15/07/23 8:00	17/07/23 17:00	
4		1.2 Definir alcance	12,375 days	18/07/23 8:00	28/07/23 21:00	3
5		1.3 Realizar lecturas previas	49 days	15/07/23 8:00	4/09/23 17:00	
6		1.4 Realizar estado del arte	49 days	15/07/23 8:00	4/09/23 17:00	5SS+2 days
7		1.5 Comenzar PEXT	0 days	4/09/23 17:00	4/09/23 17:00	6
8		2. Recabar información	16,5 days	5/09/23 8:00	21/09/23 8:00	
9		2.1 Conseguir información sistema talos	5,5 days	5/09/23 8:00	8/09/23 21:00	
10		2.2 Conseguir información sistema BMS	5,5 days	11/09/23 8:00	14/09/23 21:00	9
11		2.3 Conseguir información sistemas RPAS	5,5 days	15/09/23 8:00	20/09/23 21:00	10
12		2.4 Definir título TFG	0 days	21/09/23 8:00	21/09/23 8:00	11
13		3. Acudir a expertos	20,5 days	22/09/23 9:00	13/10/23 8:00	
14		3.1 Visitar expertos Talos	7,5 days	22/09/23 9:00	29/09/23 14:00	
15		3.2 Visitar expertos BMS	7 days	29/09/23 14:00	6/10/23 17:00	14
16		3.3 Visitar expertos RPAS	6 days	6/10/23 17:00	12/10/23 21:00	15
17		3.4 Finalizar PEXT	0 days	13/10/23 8:00	13/10/23 8:00	16
18		4. Memoria TFG	16,5 days?	14/10/23 8:00	1/11/23 8:00	
19		4.1 Redactar la memoria	16,5 days?	14/10/23 8:00	31/10/23 21:00	
20		4.2 Generar metodología	5 days?	16/10/23 8:00	19/10/23 17:00	19SS
21		4.3 Entregar Memoria	0 days	1/11/23 8:00	1/11/23 8:00	







ANEXO II: MÉTODO AHP.

El método AHP se ha realizado de dos maneras diferentes. La primera es programando en Excel las tablas necesarias e introduciendo los parámetros en cada etapa.

Evaluación de los criterios:

Evaluación de los criterios						
Criterio	Característica AO	Autonomía	Entorno	Matriz normalizada	Pesos	
Características AO	1	5	7	3/4	4/5	2/3
Autonomía	1/5	1	3	1/7	1/6	1/4
Entorno	1/7	1/3	1	1/9	0,05	0,09
Total	1,342857143	6,33	11			0,08

A x P		
2,272591537	IC=(λmax-n)/(n-1)	0,055731851
0,58781092	IA=1,98*(n-2)/n	0,66
0,251061244	RI=IC/IA	0,084442198
3,111463701		

Evaluación del criterio características AO						
Criterio características AO	Precisión	Alcance	Profundidad	Matriz normalizada	Pesos	
Precisión	1	3	3	0,60	0,50	2/3
Alcance	1/3	1	1/2	1/5	1/6	1/9
Profundidad	1/3	2	1	1/5	0,33	0,22
Total	1,666666667	6,00	4,5			0,25

A x P		
1,822222222	IC=(λmax-n)/(n-1)	0,035185185
0,481481481	IA=1,98*(n-2)/n	0,66
0,766666667	RI=IC/IA	0,053310887
3,07037037		

Evaluación del criterio autonomía					
Criterio Autonomía	Tiempo	Todo tiempo	Matriz normalizada	Pesos	
Tiempo	1	5	5/6	5/6	5/6
Todo tiempo	1/5	1	1/6	1/6	1/6
Total	1,20	6,00			

A x P		
1,666666667	IC=(λmax-n)/(n-1)	0,00
0,333333333	IA=1,98*(n-2)/n	0,66
2	RI=IC/IA	0,00

Evaluación del criterio entorno					
Criterio entorno	BDA	IFF	Matriz normalizada	Pesos	
BDA	1	3	3/4	3/4	3/4
IFF	1/3	1	1/4	1/4	1/4
Total	1,33	4,00			

A x P		
1,5	IC=(λmax-n)/(n-1)	0,00
0,5	IA=1,98*(n-2)/n	0,66
2	RI=IC/IA	0



Evaluación de las alternativas:

Evaluación de las alternativas. Precisión.								
Subcriterio Precisión	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B	Matriz normalizada	Pesos	
VERT	1	3	1/5	5	1	0,10	0,17	1/6 0,15
RAVEN	1/3	1	1/3	7	1	0,17	0,24	1/6 0,19
OAV	5	3	1	9	3	0,51	0,31	1/2 0,43
COMBATIENTE GENERAL	1/5	1/7	1/9	1	1/7	0,06	0,03	0 0,04
ORBITER 3B	1	1	1/3	7	1	0,17	0,24	1/6 0,19
Total	7,533333333	8,142857143	1,977777778	29	6,142857143			

A x P		
1,185874714	IC=(λmax-n)/(n-1)	0,195990291
0,841022699	IA=1,98*(n-2)/n	1,188
2,649165488	RI=IC/IA	0,164974993
0,169913768		
0,937984496		
5,783961164		

Evaluación de las alternativas. Alcance.								
Subcriterio alcance	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B	Matriz normalizada	Pesos	
VERT	1	1	3	7	1/3	0,36	0,30	1/6 0,27
RAVEN	1	1	1	3	1/3	0,12	0,13	1/6 0,14
OAV	1/3	1	1	3	1/3	0,12	0,13	1/6 0,14
COMBATIENTE GENERAL	1/7	1/3	1/3	1	1/9	0,04	0,04	0 0,05
ORBITER 3B	3	3	3	9	1	0,36	0,39	1/2 0,41
Total	5 1/2	6 1/3	8 1/3	23	21/9			

A x P		
1,27221968	IC=(λmax-n)/(n-1)	0,100683593
0,818520214	IA=1,98*(n-2)/n	1,188
0,635799644	RI=IC/IA	0,084750499
0,220634194		
2,455560641		
5,402734372		

Evaluación de las alternativas. Profundidad.								
Subcriterio profundidad	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B	Matriz normalizada	Pesos	
VERT	1	1/3	1/3	1/5	1/7	0,03	0,02	0 0,05
RAVEN	3	1	1	1/3	1/5	0,10	0,03	1/8 0,08
OAV	3	1	1	1/3	1/5	0,10	0,03	1/8 0,08
COMBATIENTE GENERAL	5	3	3	1	1/9	0,29	0,09	0 0,15
ORBITER 3B	7	5	5	9	1	0,48	0,83	3/5 0,64
Total	19	10 1/3	10 1/3	10 7/8	12/3			

A x P		
0,22211158	IC=(λmax-n)/(n-1)	0,065971817
0,480342745	IA=1,98*(n-2)/n	1,188
0,480342745	RI=IC/IA	0,055531833
0,945963615		
3,135126583		
5,263887269		



Evaluación de las alternativas. Todo tiempo.							
Subcriterio todo tiempo	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B	Matriz normalizada	Pesos
VERT	1	3	1/5	1/5	3	0,08	0,08
RAVEN	1/3	1	1/5	1/5	1	0,08	0,08
OAV	3	5	1	1	5	0,38	0,38
COMBATIENTE GENERAL	3	5	1	1	5	0,38	0,38
ORBITER 3B	1/3	1	1/5	1/5	1	0,08	0,08
Total	72/3	15	23/5	23/5	15	0	0,07

A x P	
0,705982906	IC=(λmax-n)/(n-1)
0,333333333	IA=1,98*(n-2)/n
1,823931624	RI=IC/IA
1,823931624	0,004316671
0,333333333	
5,020512821	

Evaluación de las alternativas. Tiempo							
Subcriterio tiempo	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B	Matriz normalizada	Pesos
VERT	1	3	1/5	1/5	1/5	0,07	0,07
RAVEN	1/3	1	1/5	1/5	1/5	0,07	0,07
OAV	5	5	1	1	3	0,37	0,37
COMBATIENTE GENERAL	5	5	1	1	3	0,37	0,37
ORBITER 3B	5	5	1/3	1/3	1	0,12	0,12
Total	16 1/3	19	2 3/4	2 3/4	72/5	1/7	0,13

A x P	
0,408042189	IC=(λmax-n)/(n-1)
0,253936864	IA=1,98*(n-2)/n
1,715007691	RI=IC/IA
1,715007691	0,010296081
0,956932542	
5,048926976	

Evaluación de las alternativas. BDA							
Subcriterio BDA	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B	Matriz normalizada	Pesos
VERT	1	1/3	1/5	3	1/3	0,10	0,13
RAVEN	3	1	1/3	5	1/3	0,17	0,22
OAV	5	3	1	9	3	0,51	0,39
COMBATIENTE GENERAL	1/3	1/5	1/9	1	1/5	0,06	0,04
ORBITER 3B	3	3	1/3	5	1	0,17	0,22
Total	12,33	7,53	1,98	23,00	4,87	1/5	0,20

A x P	
0,457865577	IC=(λmax-n)/(n-1)
0,919979418	IA=1,98*(n-2)/n
2,472635085	RI=IC/IA
2,026029687	0,086461035
1,354353068	
5,410862836	



Evaluación de las alternativas. IFF								
Subcriterio IFF	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B	Matriz normalizada		Pesos
VERT	1	1/3	1/3	3	1/3	0,09	0,16	0 0,12
RAVEN	3	1	1	5	1	0,28	0,26	2/7 0,28
OAV	3	1	1	5	1	0,28	0,26	2/7 0,28
COMBATIENTE GENERAL	1/3	1/5	1/5	1	1/5	0,06	0,05	0 0,06
ORBITER 3B	3	1	1	5	1	0,28	0,26	2/7 0,28
Total	10,33	3,53	3,53	19,00	3,53			

A x P		
0,55776233	IC=(λmax-n)/(n-1)	0,043473464
1,452168156	IA=1,38*(n-2)/n	1,188
1,452168156	RI=IC/IA	0,036593825
0,259627055		
1,452168156		
5,173893854		

Matriz final de decisión:

Criterios/Subcriterios	PESOS	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE G.	ORBITER 3B
Características AO	5/7	0,15666667	0,13666667	0,21666667	0,08	0,41333333
Precision	0,59	0,15	0,19	0,43	0,04	0,19
Alcance	1/6	0,27	0,14	0,14	0,05	0,41
Profundidad	0,25	0,05	0,08	0,08	0,15	0,64
Autonomía	1/5	0,09	0,065	0,375	0,375	0,1
tiempo	5/6	0,06	0,06	0,38	0,38	0,13
Todo tiempo	1/6	0,12	0,07	0,37	0,37	0,07
Entorno	0,18	0,11	0,215	0,39	0,055	0,24
BDA	0,75	0,1	0,15	0,5	0,05	0,2
IFF	0,25	0,12	0,28	0,28	0,06	0,28
		0,14	0,16	0,37	0,13	0,31

Se ha comprobado el proceso mediante el programa AyudaDecision_AHP_net_4.0:

Método AHP - Evaluación de Criterios (Etapa 2)

Evaluación de CRITERIOS				Escala de SAATY	
CRITERIOS	Características AO	Autonomía	Entorno	PESOS(W)	Valor Definición
Características AO	1	5	7	0,72	1 a - Igual Importancia
Autonomía	1/5	1	3	0,19	3 b - Importancia Moderada v 1/3
Entorno	1/7	1/3	1	0,08	5 c - Importancia Grande v 1/5
					7 d - Importancia Muy Grande v 1/7
					9 e - Importancia Extrema v 1/9

R.I. : 0,0567

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

Características AO	Precisión	Alcance	Profundidad	PESOS(W)	Autonomía	Tiempo	Todo Tiempo	PESOS(W)
Precisión	1	3	3	0,57	Autonomía	1	5	0,83
Alcance	1/3	1	1/3	0,14	Tiempo	1/5	1	0,17
Profundidad	1/3	3	1	0,29	Todo Tiempo	1/5	1	

R.I. : 0,1183 R.I. : 0,0000

Entorno	BDA	IFF	PESOS(W)
BDA	1	3	0,75
IFF	1/3	1	0,25

R.I. : 0,0000



Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

Precisión	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B
VERT	1	3	1/5	5	1
RAVEN	1/3	1	1/3	7	1
OAV	5	3	1	9	3
COMBATIENTE...	1/5	1/7	1/9	1	1/7
ORBITER	1	1	1/2	7	1

R.I. : 0.0830

PESOS(W)
0.19
0.15
0.47
0.03
0.17

Alcance	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B
VERT	1	1	3	7	1
RAVEN	1	1	1	3	1
OAV	1/3	1	1	3	1
COMBATIENTE...	1/7	1/3	1/3	1	1
ORBITER	1	1	1	1	1

R.I. : 0.0896

PESOS(W)
0.33
0.22
0.18
0.09
0.19

Profundidad	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B
VERT	1	1/3	1/3	1/5	1/7
RAVEN	3	1	1	1/3	1/5
OAV	3	1	1	1/3	1/5
COMBATIENTE...	5	3	3	1	1/9
ORBITER	7	5	5	9	1

R.I. : 0.1087

PESOS(W)
0.04
0.10
0.10
0.20
0.55

Tiempo	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE GENERAL	ORBITER 3B
VERT	1	3	1/3	1/3	3
RAVEN	1/3	1	1/5	1/5	1
OAV	3	5	1	1	5
COMBATIENTE...	3	5	1	1	5
ORBITER	1/3	1	1/5	1/5	1

R.I. : 0.0125

PESOS(W)
0.15
0.06
0.36
0.36
0.06

Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	VERT	RAVEN	OAV	COMBATIENTE	ORBITER 3B
Características AO	0.72	0.17	0.14	0.32	0.09	0.28
+ Precisión	0,57	0,19	0,15	0,47	0,03	0,17
+ Alcance	0,14	0,33	0,22	0,18	0,09	0,19
+ Profundidad	0,29	0,04	0,10	0,10	0,20	0,55
Autonomía	0.19	0.16	0.09	0.33	0.33	0.09
+ Tiempo	0,83	0,15	0,06	0,36	0,36	0,06
+ Todo Tiempo	0,17	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Entorno	0.08	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
+ BDA	0,75	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
+ IFF	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
		0.17	0.14	0.31	0.14	0.24

Los parámetros finales de la matriz de decisión son ligeramente diferentes debido a que el programa no acepta términos intermedios de la Escala de Saaty. Estos son los términos pares. Debido a esto se ha tenido que tomar como valor de sustitución “n+1” siendo “n” el valor real tomado en las tablas programadas en Excel.

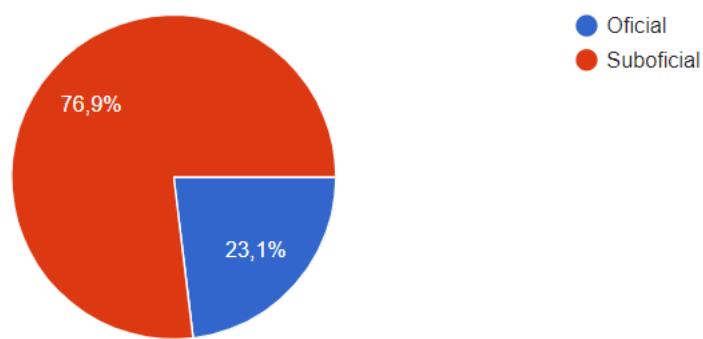


ANEXO III: ENCUESTA

Esta encuesta se ha hecho a un grupo de 13 expertos en Adquisición de objetivos y Sistemas de Mando y Control. A continuación se pueden observar las preguntas realizadas y las respuestas dadas:

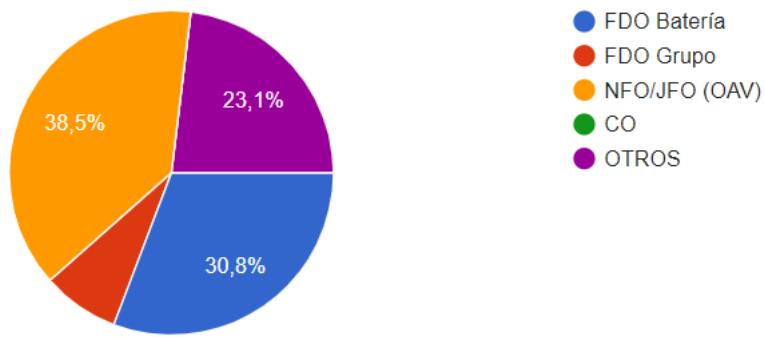
¿Es usted oficial o suboficial?

13 respuestas



¿Qué puesto a ocupado en el que tuviera que trabajar con TALOS?

13 respuestas



Si en la pregunta anterior ha puesto "otros" conteste esta pregunta, en caso contrario pase a la siguiente. ¿Qué puesto táctico ha ocupado?

3 respuestas

EDACIS

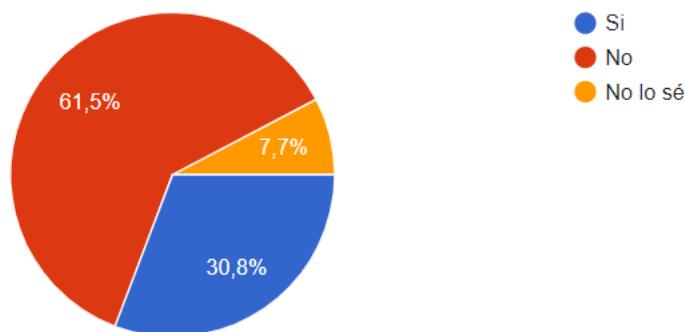
FSE

Jefe de calculadores



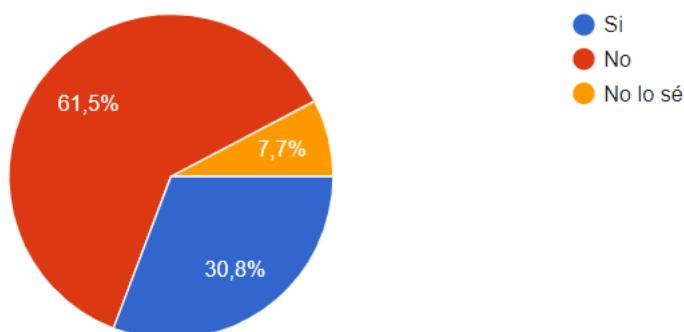
¿Cree usted que el sistema TALOS tiene problemas de operabilidad?

13 respuestas



¿Cree usted que TALOS tiene problemas de integración con los medios productores de fuegos?

13 respuestas



Si alguna de las dos cuestiones anteriores ha respondido afirmativamente conteste esta pregunta,
¿Podría decir que problemas de operabilidad o integración?

5 respuestas

No se pueden integrar todos los medios productores de fuego como son los morteros

Operabilidad: no es un sistema intuitivo y de manejo rápido (sobre todo en el OAV)
Integración: pérdida de fonía en el escalón de fuego.

No resulta operativo a nivel de oav, porque multiplica la necesidad de medios de transmisiones y además los problemas de enlace son frecuentes, ralentizando la secuencia de las peticiones de fuego afectando directamente a la efectividad de los fuegos ya que pierden su condición de oportunidad.

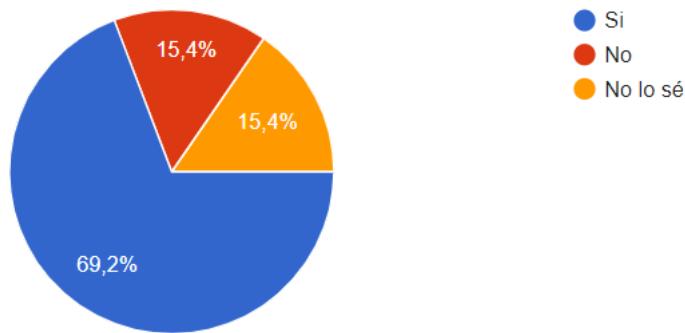
Integración a la hora de operarlo directamente con las piezas mediante soporte tablet.

No tiene enlace directo con los medios productores de fuego



¿Cree usted que TALOS tiene problemas de integración con otros Sistemas de Mando y Control?

13 respuestas



Cite los problemas de integración que conozca entre TALOS y BMS, si es posible.

7 respuestas

No se pueden enviar peticiones de fuego desde el BMS al TALOS directamente

El mayor problema es tener disponible un especialista informático para hacerlo funcionar y que este siempre disponible en las unidad.

Que se reflejen las distintas unidades amigas de las distintas armas

La pasarela NFFI con la que realiza la integración con TALOS no es del todo efectiva en el campo de maniobras.

Integración de uno con el otro

Son dos sistemas de mando y control distintos, creados con distintos objetivos con lo cual sus características son diferentes.

El talos contiene casi todas las características del BMS, pero el BMS está lejos de servir como sistema de mando y control para artillería .

En BMS no actualizaba la posición de las Uds de Talos en el mapa



Destaque las características o ventajas que usted cree que son más importantes del Sistema TALOS

13 respuestas

Cálculo automático de datos de tiro.
Posicionamiento y despliegue de unidades

Capacidades

Permite enlazar distintos dispositivos TALOS al mismo tiempo, te permite calcular datos con gran precisión

Un gran sistema de fuego rápido y eficaz

Rapidez en el cálculo de datos de tiro y la posibilidad de hacerlo por cada pieza.

Sencillo, versátil y exacto

Que es un sistema muy completo a nivel artillería

La facilidad de cálculo
Control centralizado

Destaque las características o ventajas que usted cree que son más importantes del Sistema TALOS

13 respuestas

La facilidad de cálculo
Control centralizado

Técnico perfecto. Táctico... Problema de conexión y duración de la batería de las tabletas fuera de vehículos

Como sistema de mando y control, es bastante completo (posicionamiento de unidades, líneas de coordinación, matriz de sincronización, listado de objetivos, prioriza HPT, control de munición, etc) en general, a nivel táctico es una herramienta bastante completa.

En su parte técnica, como sistema de cálculo de datos (FDC) enlazado con técnico del(CO) que a su vez es la pasarela al táctico, hacen que(con una operación táctica bien creada desde FSE de Brigada) sea un sistema que permite el flujo de información necesario para gestionar el mando y control de forma eficiente.

Sencillez, intuitivo, rápido

Planeamiento y conducción.

La integración de morteros y la forma intuitiva de usarlo



Destaque las desventajas o debilidades del Sistema TALOS

13 respuestas

Integración con el resto de sistemas del ET (no hay un programa único que integre a todas las especialidades fundamentales)

Conexiones

Depende demasiado de las comunicaciones

Saturación de datos a nivel radio.

Errores de procedimientos de fuego (ilum. Coordinadas y transporte laser por ejemplo)

No poder cargar más de una operación simultáneamente

Que es un sistema muy pesado para trabajar con medios de transmisiones y nada intuitivo

Gran cantidad de datos para las mallas

Inter operativa con otras armas

Destaque las desventajas o debilidades del Sistema TALOS

13 respuestas

Que es un sistema muy pesado para trabajar con medios de transmisiones y nada intuitivo

Gran cantidad de datos para las mallas

Inter operativa con otras armas

Los medios de transmisiones no son adecuados para el volumen de datos que tienen que gestionar, haciendo que el sistema se quede bloqueado o se pierdan las comunicaciones.

La complejidad de su programación y de su puesta en funcionamiento (que requiere cada vez más, de conocimientos en transmisiones y también en informática) hace que cualquier error en el procedimiento haga que no funcione correctamente, haciendo que deje de ser eficiente o incluso útil.

Dificultad a la hora de implementar nuevos tipos de munición

Transmisiones

Los fallos a la hora de configurarlo



Diga la característica más fundamental que debe de tener un Sistema de Mando y Control

13 respuestas

Integración

Operatividad

Integración con todas las unidades subordinadas

TRANSMISIONES

Saber la situación de las unidades propias.

Buena integración

Facilidad de uso para los usuarios en el campo

Integración con resto de sistema de Mando y Control

Rapidez de datos

Diga la característica más fundamental que debe de tener un Sistema de Mando y Control

13 respuestas

Saber la situación de las unidades propias.

Buena integración

Facilidad de uso para los usuarios en el campo

Integración con resto de sistema de Mando y Control

Rapidez de datos

Un enlace fiable.

La interoperabilidad

Ejecutar el planeamiento y llevar la conducción del ejercicio en tiempo real.

Llegar a todas las células y refrescar los datos de forma continua



¿Tiene alguna propuesta de mejora funcional u optimización del sistema TALOS a la hora de trabajar?

7 respuestas

No

De momento no

Si, a la hora de hacer una petición de fuego que sea mas rápida en intuitiva (talos táctico). Reflejar en gis las unidades amigas de las distintas armas.

El talos está bien, lo que hay que mejorar es la instrucción de operadores (instrucción en su manejo y conocimientos de informática y transmisiones) y jefes(instrucción en táctica).

Y también hay que mejorar los medios de transmisiones para conseguir mayor garantía en los enlaces.

Mejorar la difusión horaria, la carga de munición y las diferencias de cota respecto a GIS

Las transmisiones.

Las siguientes preguntas son de adquisición de objetivos. ¿Qué método de adquisición de objetivos le parece mas fiable para realizar el tiro de artillería?

13 respuestas





En su opinión, ¿Cuales son las características fundamentales que tiene que tener un medio de adquisición de objetivos para poder ser batido por artillería? Escríbalas de más importante a menos importante.

13 respuestas

Interoperabilidad con el sistema de cálculo de datos de tiro

Visión

Continuidad en el tiempo

Conectividad

Integración, capacidad de evaluación de daños, movilidad

Adaptabilidad,intuitivo,fiabilidad y potencial

Rapidez en sacar datos del objetivo

Precisión en el levantamiento de objetivos

Fiabilidad, exactitud y viabilidad

No lo sé

Buen enlace

En su opinión, ¿Cuales son las características fundamentales que tiene que tener un medio de adquisición de objetivos para poder ser batido por artillería? Escríbalas de más importante a menos importante.

13 respuestas

Buen enlace

Misma capacidad o superior de maniobra y movimiento que la unidad apoyada

Rapidez para adquirir objetivos

Precisión

Visión nocturna.

Rapidez.

Carga.

Conexión a datos.

Fáciles y práctico.

Poco pesado

Solicitar los fuegos de forma oportuna y eficiente.

Ser capaz de dar BDA con la información efectiva para que el mando pueda hacer una buena gestión táctica .

Capacidad de obtener coordenadas del objetivo y características del mismo, en poco tiempo y con cualquier condición climatológica, sin ser detectado por el enemigo, y poder realizar posteriormente a la acción de fuego una correcta valoración de daños (BDA)



En su opinión, ¿Cuáles son las características fundamentales que tiene que tener un medio de adquisición de objetivos para poder ser batido por artillería? Escríbalas de más importante a menos importante.

13 respuestas

Visión nocturna.

Rapidez.

Carga.

Conexión a datos.

Fáciles y práctico.

Poco pesado

Solicitar los fuegos de forma oportuna y eficiente.

Ser capaz de dar BDA con la información efectiva para que el mando pueda hacer una buena gestión táctica .

Capacidad de obtener coordenadas del objetivo y características del mismo, en poco tiempo y con cualquier condición climatológica, sin ser detectado por el enemigo, y poder realizar posteriormente a la acción de fuego una correcta valoración de daños (BDA)

Estar capacitado y poder hacer arde lo máximo a un CAT1

Precisión, velocidad de adquisición y movilidad



ANEXO IV: ENTREVISTA TALOS Y ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS

¿Podría describir que puestos ha ocupado a lo largo de su trayectoria profesional y que abalan su amplia experiencia en este campo?

He estado destinado de Soldado y Cabo en el Regimiento de Artillería de Campaña n.^º 63, desempeñando mis funciones en el PCART de la División en el área de operaciones, así como en la Sección de transmisiones, a parte de otras funciones.

Siendo Sargento efectivo, fui destinado al Grupo de Artillería de Campaña Aerotransportado (GACAAT) VII de la BRILAT. Allí desempeñé las funciones de Jefe de Pieza Light Gun, Jefe de Calculadores de la 3^a Batería, Observador Avanzado, Jefe de la Sección de Enlace y, por ende, desempeñando funciones en el FSE de la Brigada “GALICIA VII”.

Al ascender a Sargento 1^º, volví a desempeñar las funciones de Jefe de Calculadores de la 2^a Batería Light Gun y posteriormente Jefe de la PLM de la misma Batería.

Hice cambio de destino a la Batería RPAS del Grupo de Artillería de Información y Localización (GAIL) II/63, perteneciente al Regimiento de Artillería Lanzacohetes de Campaña (RALCA) n.^º 63, desempeñando las funciones de Jefe de la Unidad de Tierra y Operador de Vuelo (Piloto) del RPAS Tipo I de la clase “SMALL” ATLANTIC.

Al ascender a Brigada estuve comisionado como Profesor en la Academia de Artillería durante seis meses impartiendo la asignatura de ATP, para posteriormente ir destinado al Regimiento de Artillería de Campaña n.^º 20, donde desempeño las funciones de Jefe del Núcleo de Enlace de la Batería de PLM I/20.

A parte de estos destinos, he estado desplegado en Bosnia & Herzegovina como conductor y escolta, en el Líbano como Auxiliar del Equipo de Proyectos de la Unidad CIMIC y en Malí como Instructor de OAV, s dentro de la Unidad de Apoyo de Fuegos de la Misión EUTM.

ADQUISICIÓN DE OBJETIVOS, ¿podría describir las características más relevantes que debe tener un UAV en su experiencia? ¿El RAVEN cumple esas características? ¿Cree usted que es un medio factible para AO?

La principal característica es tener una buena carga útil, alcanzar altitudes óptimas para cumplir con las medidas de mitigación, así como de disponer de suficiente autonomía para poder estar más tiempo en la zona de operación. Poder alcanzar una altitud superior a la flecha de nuestros medios productores de fuego, sirve para no tener que realizar otras operaciones, tales como hacer uso de “kill box”, teniendo que perder la visión de la zona de combate y consumiendo más combustible; o de adquirir los objetivos y no poder dar una evaluación de daños.

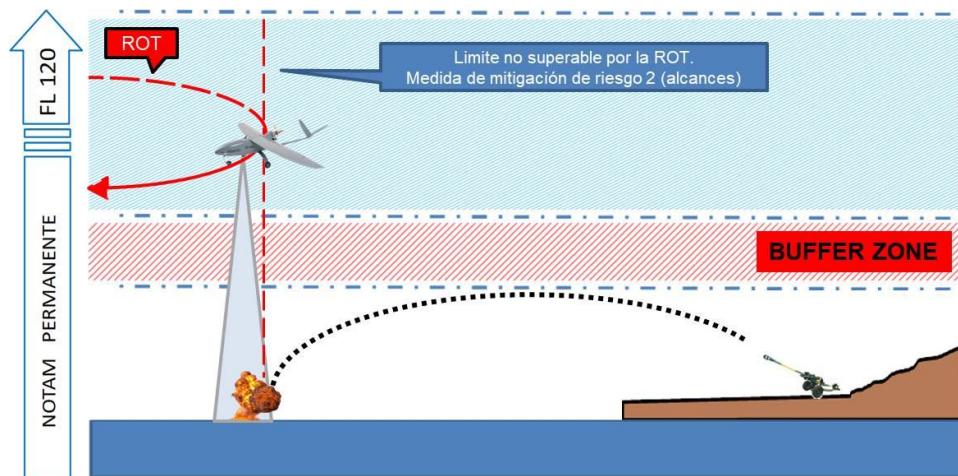
El sistema RAVEN es un UAS que por sus características técnicas está más orientado a vigilar y reconocer. Su carga útil es escasa para las exigencias de las unidades de Artillería, pero para el cumplimiento de las misiones de caballería o infantería, va más que suficiente.

¿El sistema RAVEN lo podemos usar para adquisición de objetivos? Sí, pero se ha de tener en cuenta que su techo está por debajo de las flechas de nuestros medios productores de fuego,



por lo que debido a las medidas de mitigación que se han establecido en el uso de espacio aéreo de aeronaves y fuegos indirectos, hace que no sea posible usarlo para darnos evaluaciones de daños (BDA) en tiempo real.

En la imagen inmediatamente inferior, observamos un esquema de medida de mitigación teniendo en cuenta el uso del espacio aéreo por ambos medios.



¿Cómo se realiza la conexión UAV-Estación de control terrestre (GCS)? ¿Cómo se reencamina estos datos a los Puestos de Mando? ¿En qué medio o programa/sistema se reciben?

Cada sistema UAV tiene sus peculiaridades, por lo que le voy a comentar del que más experiencia y horas de trabajo acumulado tengo: el sistema ATLANTIC.

La conexión se realiza desde la propia GCS mediante un cable de red RJ45 a un ordenador con el programa en desarrollo IRIS de la empresa GMV, misma empresa que gestiona el Sistema TALOS.



Interior de un modelo de GCS

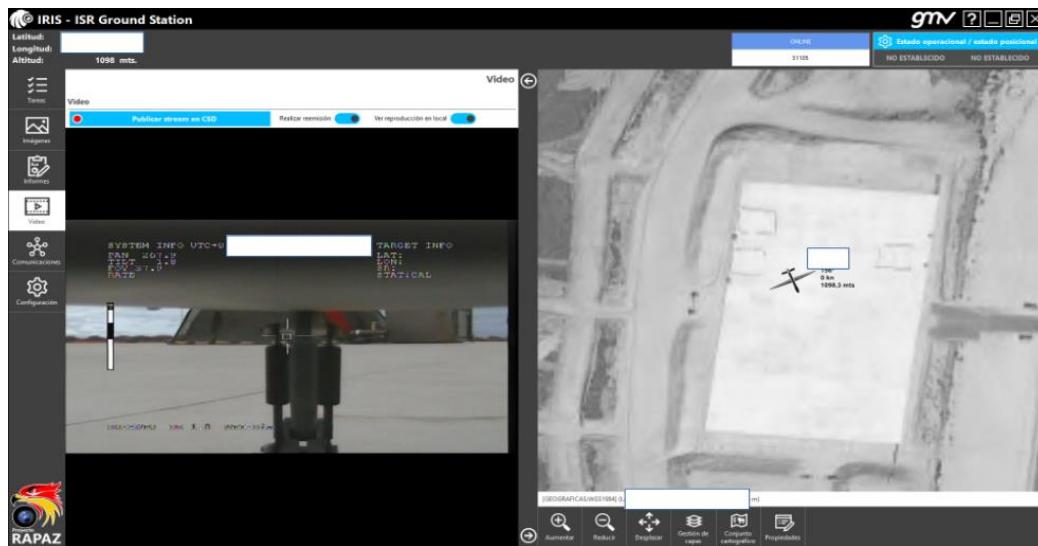
Desde el sistema IRIS, se envía la señal de metadatos (geoposición, altitud, velocidad...) de la aeronave, así como la señal de video e imagen al PC que se le esté dando el apoyo. Esta señal, teniendo en el subsistema TALOS Táctico la extensión IRIS, podemos tener la capacidad de ver



los metadatos y señal de video con un retardo de entre cinco (5) a treinta (30) segundos, dependiendo de la calidad de señal que se disponga.

Respecto al IRIS, ¿Cómo funciona? ¿Tiene alguna limitación? ¿Se podría ver tanto en BMS como en Talos?

El módulo IRIS es un producto software que convierte la información ISR de los sensores de los RPAS que están en servicio en las Fuerzas Armadas, así como los incluidos en el Proyecto “RAPAZ”, al formato MAJIC (STANAG 4609 y 4586). Dicha capacidad permite transmitir la información del RPAS a los respectivos PC.



En la imagen superior se puede observar el interfaz del programa IRIS que va en la GCS del UAS. En la parte izquierda es la imagen de la carga útil y en la derecha la representación en planimetría de la aeronave, así como diferentes metadatos que reporta el UAS.

La mayor limitación de este programa es que a la hora de emitir la señal, necesita más de 1Mb de ancho de banda. Eso dificulta los medios de transmisiones, ya que la PR4G no tiene esa capacidad y se tendría que disponer de medios de transmisiones de Unidades específicas. Se ha conseguido emitir mediante VPN, así como con medios de conectividad entre los sistemas del Puesto de Observación Móvil (POMO) y el Centro de Operaciones de la Unidad de Artillería de Costa (UDACTA) del Regimiento de Artillería de Costa (RACTA) 4 del Mando de Artillería de Campaña (MACA).

En la actualidad y hasta lo que yo tengo conocimiento, el BMS no tiene capacidad para integración de medios MAJIC, por lo que sólo se podría ver en el subsistema TALOS Táctico e IRIS.

¿Podría proponer usted alguna solución o cambio que pueda mejorar los medios de adquisición de objetivos en la Brigada?

Lo primero es la actualización de los medios a los sistemas que actualmente se tiene y que sus capacidades tácticas y técnicas estén a la altura de la misión que se les encomienda.

No me sirve disponer de un sistema UAV RAVEN para cubrir el despliegue de un Grupo Táctico



Mecanizado, ya que no me da la profundidad suficiente, ni puedo mantenerlo en la zona el tiempo que quisiera (actualmente tiene una capacidad de menos de cuarenta y cinco (45) minutos en vuelo). Mejorar los sistemas de adquisición oítrónicos de las unidades de combate y de apoyo al combate, sobre todo en el aspecto de todo tiempo, alcances y elementos de visión diurna y nocturna. Poco a poco se van dotando de vehículos tácticos que mejoran capacidades de movilidad y, con ello, los medios de adquisición.

En la actualidad se están empezando a recibir mejoras en los medios oítrónicos, como el pasar de un VECTOR 21 NITE a un MOSKITO TI para observación. Se está estudiando la posibilidad de agilizar pesos en sistemas que actualmente son de mucho volumen y están desfasados que mejorarán sustancialmente la capacidad de adquisición de la Brigada.

El combatiente general, va adquiriendo mayor experiencia, cosa que puede ayudar en la adquisición de objetivos, facilitando información al personal experimentado.

La futura integración de los UAS en la adquisición de objetivos da un salto sustancial en poder disponer de información aérea de la zona de responsabilidad, que, desde tierra, se tendría que exponer al combatiente experimentado (NFO/JFO/OAV).

Respecto a NFO/JFO/OAV, ¿Cree usted que los medios de los que actualmente disponen son suficiente para realizar AO? ¿Sería el mejor medio para adquirir un objetivo? En caso contrario, ¿podría decir qué medio considera que es el más adecuado?

De diez años para aquí, ha habido un gran salto en las capacidades de los NFO/JFO/OAV. Anteriormente se tenía que llevar mucho equipo encima del combatiente para poder cumplir la misión (telémetro láser, brújula, clisómetro, gafas de visión nocturna, carteras topográficas...). Todo ello ha ido evolucionando y ahora mismo con un único aparato están supliendo tres de los de antes con el VECTOR 21 NITE. Pero los avances en la tecnología hacen que empiece a quedarse algo atrás en las capacidades técnicas.

Años atrás se hablaba de las capacidades que aportaba el MOSKITO TI, pero su precio era tan desorbitado que no se podía adquirir para todas las unidades de Artillería. Ahora se empieza a recibir en las unidades, pero como material para la corrección y designación del tiro con la munición Excalibur, así como otros más materiales, que aportarán una capacidad de CAT I.

Ahora mismo, sería el mejor elemento en relación calidad precio, dando unas capacidades y ligereza a los equipos de campo. Ambos sistemas pueden interoperar con el sistema TALOS, por lo que aporta capacidades de emisión de datos en tiempo real al PC.

¿Cómo pasa un NFO los datos de los objetivos que adquiere al escalón superior?

Teniendo en cuenta las deficiencias en medios de transmisiones que se tiene, en esta Brigada, el NFO, realiza las acciones mediante el uso de la malla de voz, excluyendo los datos, ya que la transmisión usando el modo SUPERMUX de la PR4G V3, no está dando los resultados esperados.

El NFO envía la información al JFSE de Grupo Táctico (GT), el cual la introduce en el subsistema TALOS Táctico. El resto de las unidades que se encuentra en la malla está a la escucha por si hubiera algún problema en la recepción de la información en la malla de datos.



Obviamente, el JFSE de GT es el primer filtro para elevar posibles objetivos, así como de elevar una petición de fuego al escalón superior para ser batida con otros medios.

Sabiendo que la adquisición de objetivos comprende la detección, identificación y localización, ¿Cree usted que un combatiente general de cualquier especialidad fundamental podría realizar AO? En caso negativo, ¿podría decir por qué?

En mi opinión, es que no, ya que no tiene la preparación que tiene un Equipo de NFO/JFO/OAV. Tienen muchas lagunas con las diferencias entre corrección y calificación, en lo que es localizar y designar, así como en la eficacia y eficiencia de levantar un objetivo.



El personal de Artillería, sobre todo los CUMA, s, es una asignatura en su plan de estudios académico y se le da mucha importancia en la figura de NFO/JFO/OAV, ya no solo en el apartado de adquisición, sino en el de planeamiento y asesoramiento del uso de medios productores de fuego.

Aunque en la actualidad se realicen jornadas de actualización de TALOS para las unidades de maniobra, siempre han opinado de la dificultad que conlleva, así como la responsabilidad que ello tiene.

Cada combatiente tiene su misión, por lo que no exime a que cualquiera, puede informar de lo que ve, en donde lo ve y que es lo que ve; todo eso, favorece la misión del NFO/JFO/OAV.

Teniendo en cuenta la PD2-002 Funciones de Combate – Fuegos, ya especifica la preparación y los materiales que han de actuar como medios de adquisición de objetivos.

Respecto al VERT, el Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre que actualmente tiene Caballería, ¿Cómo lo clasificaría para AO? ¿Se podría realizar un disparo con la suficiente precisión a un objetivo adquirido por este medio? ¿Cómo pasa el VERT los datos obtenidos al escalón superior?

Este sistema mejora las capacidades de observación de un NFO/JFO/OAV que está posicionado a pie de tierra, ya que puede elevar su observación e identificar personal a pie a casi cuatro (4) km, s.



Este sistema lo incluiría como medio de observación y vigilancia, de hecho, en las Baterías de



Adquisición de Objetivos (BAO) del GAIL II/63, están incluidos como equipos de reconocimiento y observación.

Con respecto a usarlo como medio para ajuste del tiro, diría que no, ya que este es un sistema para reconocimiento y vigilancia. La precisión de sus datos habría que corroborarlos en un ejercicio de fuego real y ver sus capacidades si son óptimas para ello, lo cual, desconozco si se ha llegado a efectuar ya esas pruebas o no.

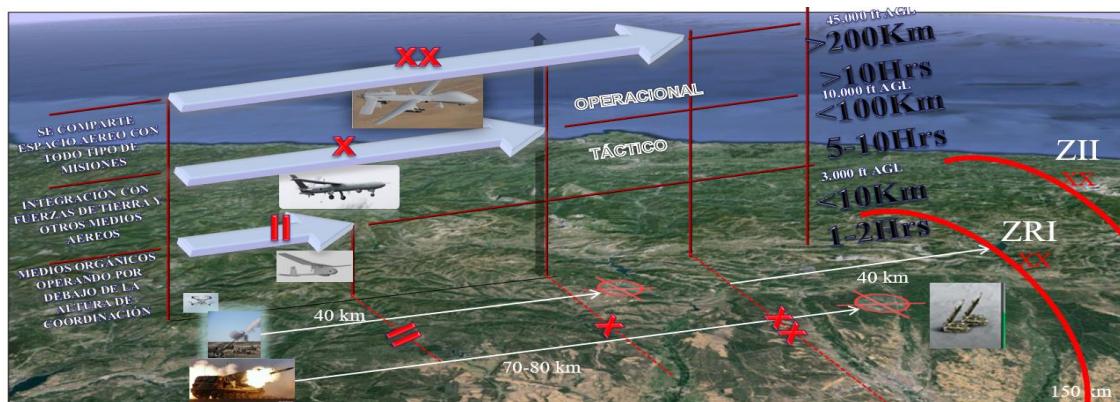
El jefe de vehículo transfiere sus datos de forma manual al BMS, lo que se replica la información en todas las demás unidades que se encuentren en la misma operación.

SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL, ¿Qué características le parecen fundamentales a la hora de trabajar con un Sistema de Mando y Control? ¿el Sistema Talos tiene esas características? ¿Y el BMS?

En los tiempos que corren y con la digitalización de los sistemas, creo que hemos de buscar un sistema que me economice la toma de decisiones en tiempo real, que pueda mantener enlace con mis unidades, saber su posición o si están involucrados en acciones de fuego o en cambios de posición, poder mantener un control de munición, así como de las acciones de fuego que llevan y las que le quedan a cada unidad de maniobra. Introducir medidas de coordinación e interoperar con otros sistemas y otros medios.

Podríamos decir algunas más, pero creo que esas son de las más importantes. EL sistema TALOS cumple la mayoría, a excepción de las comunicaciones, que es su gran caballo de batalla y presenta alguna que otra deficiencia, pero el sistema en si, reúne todas las necesidades para Mando y Control de las Unidades.

El sistema BMS está pensado para unidades de maniobra, algunas de las capacidades que nombramos las cumple, pero otras más específicas no, ya que no es un sistema pensado para mantener al menos tres niveles de maniobra.



Hay que tener en cuenta que el sistema TALOS tiene capacidad para llevar una maniobra sobre pasando los niveles tácticos, cosa que el BMS se le viene muy grande esta posibilidad de integración de unidades y capacidades.

¿Pueden comunicarse el BMS y el Talos? En caso afirmativo, ¿cómo se realiza esa

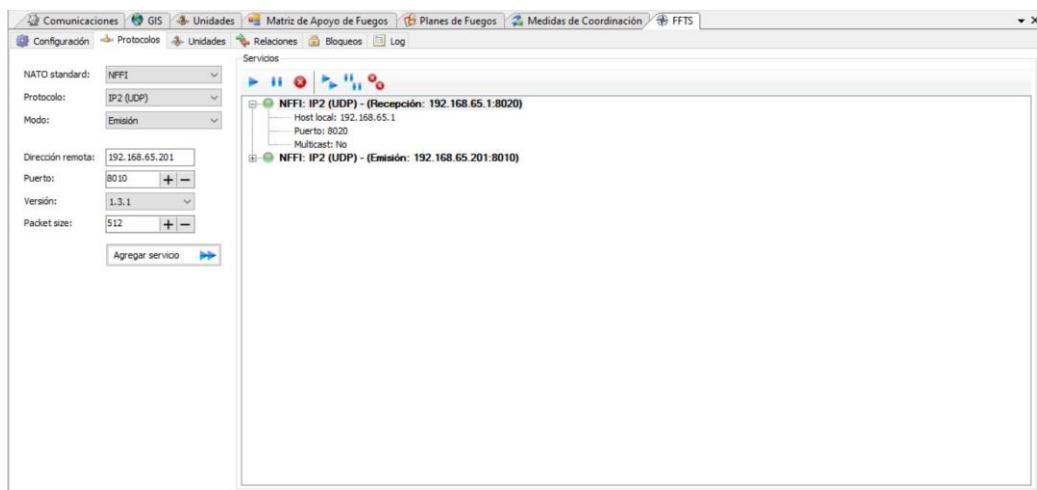


integración?

La integración de sistemas es viable y se ha realizado en ejercicios Minerva en el CENAD San Gregorio.

Esa integración se realiza en base a Nato Friendly Forces Information (NFFI) o Friendly Forces Information (FFI). Para ello, es importante el trabajo previo de la preparación de la misión por parte del BMS, ya que son configuraciones que debe realizar antes de empaquetarla.

La integración solo se realiza en un único punto de conexión y siempre a través de red LAN entre uno y otro. Por ello es importante tener claro los puertos de conectividad y las direcciones IP de ambos ordenadores a enlazar.



Se muestra una imagen del interfaz del TALOS Táctico con la configuración de las conexiones entre TALOS y BMS.

¿Existe algún problema a la hora de integrarse los dos sistemas anteriores? ¿Se podría solucionar de alguna manera?

Como anteriormente comenté, la dificultad radica en la configuración del sistema BMS, ya que es la que ha de aportar cierta información de configuración de puertos de comunicación.

Aun así, quedan pasos por avanzar en esta integración, ya que, aunque se llegan a ver un sistema a otro, no se intercambian la información correctamente. Un ejemplo es, que a la hora de dibujar en el sistema BMS una medida de coordinación, en el subsistema TALOS Táctico, aparece como una unidad de combate general, no dibujándose dicha medida de coordinación.

Ambos sistemas sólo intercambian información de posicionamiento de unidades.

No soy ingeniero, pero creo que se podría intentar realizar una integración de la misma forma que se realiza con la extensión ASCA en el TALOS Táctico.

Respecto al protocolo NFFI, tengo entendido que no se pueden pasar unidades enemigas ¿Es correcto? ¿Han tomado alguna medida al respecto? ¿Cómo solucionan este inconveniente?



Ya lo adelanté en la pregunta anterior, que hay ciertas informaciones que no se pasan correctamente. La medida a tomar, por parte de los usuarios del sistema TALOS en ponerlo en conocimiento de los ingenieros del proyecto, ya que el sistema, aún está en fase de desarrollo.

La solución, se desconoce aún, pero se supone que en cuanto lo hayan localizado, harán una actualización del sistema para implementar y corregir dicho problema.

Actualmente más o menos ¿cuántas personas saben realizar la integración Talos-BMS?

En la Brigada estamos un equipo formado por cinco, seis personas tanto del RACA 20 como de la Compañía de Transmisiones, del CG, de la BRI I. Todos estamos trabajando en la búsqueda de la integración, así como de posibles necesidades/deficiencias de ambos sistemas.

¿Tiene algún problema la Artillería Española a la hora de comunicarse con otros Sistemas de Mando y Control de la Alianza? ¿Podría explicar cómo se integran unos con otros? (Célula ASCA)

Problema como tal, no hay. Lo que sí, en la actualidad el MACA ha hecho mucho esfuerzo en poner a la Artillería en el programa de desarrollo de la interoperabilidad de las unidades de Artillería de diferentes países denominado “Artillery Systems Cooperation Activities” (ASCA).

Es una ganancia sustancial, ya que proporciona una capacidad de efectuar acciones de fuego



más rápidas y efectivas en entornos multinacionales, disminuyendo los tiempos de reacción y proporcionando una conectividad directa entre los distintos sistemas, mediante procedimientos comunes basados en los diferentes STANAG.

Todo ello ha de ir de acuerdo con el documento ASCA-012-5-4-1-1 Common Technical Interface Design Plan (CTIDP) de 26 de marzo de 2014.

¿Qué es el CSCD? ¿Cómo funciona?

El CSCD es como un gran servidor compatible con diferentes sistemas que gestiona y descodifica la información para que diferentes sistemas se puedan entender. Ahí se pueden conectar sistemas como TALOS, IRIS; ATHENEA, Hércules...



ANEXO V: ENTREVISTA BMS

Estoy realizando un Trabajo de Fin de Grado sobre medios de adquisición de objetivos y su integración. Para ello tengo que tratar de ver cómo se comunican TALOS y BMS: qué pueden enviarse entre ambos, como se conectan y qué limitaciones tienen. Por lo que tengo entendido todo lo que llega a BMS de la unidad de maniobra no se puede pasar a TALOS, sobre todo lo relacionado con el enemigo y el objetivo principal del TFG es proponer una o varias soluciones para ese problema. Dicho esto, le formulo una serie de preguntas. Si usted cree que puede aportar más información le exhorto a que formule y responda sus propias preguntas.

¿Cuál ha sido su función en lo que a TALOS y BMS se refiere? ¿Qué puesto ha desempeñado?

Mi función como EDACIS en lo referente a TALOS y BMS ha consistido en conseguir la integración entre ambos mediante la pasarela NFFI durante la ejecución de ejercicios de Brigada.

¿Podría decir que puede y que no puede ser reflejado en BMS?

Permite intercambiar información sobre las fuerzas amigas, alarmas y cualquier hostilidad enemiga.

¿A la hora de conectar el BMS con TALOS, es interoperable?

Se actualiza de manera automática la posición de las unidad en ambos sistemas.

¿Usted como mejoraría el BMS para que sea más interoperable con TALOS?

La pasarela NFFI está creada para trabajar con nodos externos (no TALOS) pertenecientes a la OTAN, pero sin especificar los sistemas de mando y control con los que debe trabajar. Considero que debería de existir una pasarela específica entre BMS y TALOS, y no una general como lo es NFFI.

¿La pasarela que se utiliza actualmente entre TALOS y BMS cómo funciona? ¿Es una pasarela bidireccional o solo funciona en un sentido? ¿Tiene algún inconveniente o limitación? ¿Lo mejoraría de algún modo?

NFFI significa NATO Friendly Forces Information y es un estándar

OTAN definido en el STANAG 5527 que permite intercambiar información sobre las fuerzas

amigas y alarmas. Tiene tres modos posibles que son:

- IP1, que es orientado a conexión y que utiliza el protocolo TCP
- IP2, que es no orientado a conexión y que utiliza el protocolo UDP
- SIP3 pull, que es orientado a servicios, implementado mediante servicios web, y en modo pull, que implica que el intercambio se lleva a cabo por muestreo periódico por parte del sistema o aplicación cliente.



Es una pasarela bidireccional, ya que en ambos sistemas se actualiza la información.

Uno de los mayores inconvenientes es que al ser una pasarela poco usada, la configuración que se ha de realizar en el fichero de misión de BMS, no suele hacerse de manera satisfactoria. Debido a ello muchos parámetros no se configuran correctamente.

¿Qué propone para paliar los problemas de interoperabilidad de ambos sistemas?

Como he comentado anteriormente, ambos fabricantes deberían crear en conjunto una pasarela específica para un mejor funcionamiento entre BMS-TALOS.

¿Cree usted que se podría realizar algún tipo de modificación ya sea en alguno de los Sistemas de Mando y Control mencionados anteriormente o en la propia pasarela para aumentar la interoperabilidad?

Ídem de lo anterior.

¿Actualmente cuantas personas saben realizar la conexión entre TALOS y BMS en el Grupo de Artillería?

Personal de la sección de Operaciones y yo, que trabajamos en el mismo equipo.



ANEXO VI: ENTREVISTA VERT

Esta entrevista está orientada a métodos de adquisición de objetivos en la Brigada Aragón. Actualmente se está estudiando usar el Vehículo de Exploración y Reconocimiento como método de adquisición de objetivos y para ello se necesita ver que capacidades puede aportar a la Brigada para cumplir este cometido. Basándonos en eso, se formularán las siguientes preguntas con la intención de evaluar el VERT.

¿Qué características técnicas tiene el vehículo que le haga especial para poder explorar y reconocer?

Sin lugar a dudas la capacidad de vigilancia es su característica fundamental. El sistema de exploración (SERT) del VERT, permite detectar y localizar objetivos hasta 20km de distancia. Además, al estar montado sobre VAMTAC tiene una alta movilidad mientras acompaña a los centauros a retaguardia de los mismos.

¿A qué distancia puede observar sin dificultad una persona a pie sin condicionantes orográficos o meteorológicos?

Una de las ultimas maniobras que realizamos detectamos a un pelotón poniendo un tapón de minas a 5km. Sin embargo, un vehículo podemos detectarlo a unos 13 km, aunque por manual supuestamente lo hacemos a 20km.

¿Puede dar metadatos del punto observado? (Altitud, coordenadas, velocidad del objetivo...) En caso afirmativo, ¿con qué Categoría de Error de Localización de Objetivos podría darla? (CAT 1, CAT 2, CAT3...)

El laser da coordenadas en UTM con un error de 5 metros. El vehículo tiene una estación meteorológica que puede dar las condiciones del momento.

¿Tiene algún tipo de limitación el visor respecto a su autonomía? ¿Es todo tiempo?

El SERT tiene una autonomía de aproximadamente 2 horas porque tiene unas baterías auxiliares que se cargan con el vehículo en marcha. No es una cámara todo tiempo, de hecho, si llueve ya no podemos ver nada, si hay niebla lo mismo.

Cuando detectan un objetivo, ¿son capaces de identificarlo y localizarlo?

La identificación depende de cuán experimentado sea el observador, peor a unos 8Km podemos hacerlo. Localizarlo a 10 km.

¿Cada vehículo tiene BMS? En caso contrario, ¿cómo transmite la información?

Los vehículos tienen BMS pero no lo utilizamos. Tanto en mi etapa de soldado como ahora de sargento no he utilizado el BMS nunca. De hecho, jamás he visto la pantalla encendida del BMS. Transmitimos todo por radio hacia el Puesto de Mando de la Partida.



¿Conoce cómo actúa el VERT en una Batería de Adquisición de Objetivos?

No puedo concretarle como actúa ya que desconozco el tema.