

## Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO SOBRE LAS CAPACIDADES DE UNA UNIDAD  
DE APOYO DE FUEGO COHETE EN APOYO A UNA  
BRIGADA DE COMBATE. ORGÁNICA, CAPACIDADES Y  
GRADO DE INTEROPERABILIDAD. SOLUCIONES  
ACTUALES.

Autor

Alejandro Gálvez Gallardo

Director/es

Director académico: Dr. D. Álvaro Lozano Rojo  
Director militar: Cap. Art. D. Javier Jiménez Pérez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
Año



## Resumen

Actualmente, la carencia de artillería cohete o misil, en la artillería española, impide proporcionar apoyos a entidades superiores a grupos de combate. Además, esta falta de capacidad, limita de manera considerable la precisión, alcance, cadencia de disparos, concentración de fuegos y capacidad de acción conjunta que presenta un sistema lanzacohetes. Sin embargo, la implementación de la artillería cohete en el Ejército español conlleva una reorganización de su estructura y una adquisición de diversos materiales.

El presente estudio se centra en la resolución de este problema, mediante la implementación de una unidad de apoyo de fuego cohete que proporcione apoyo a una brigada, adaptándola a las necesidades prioritarias que se extraen de la Brigada Experimental 2035.

El trabajo se divide en tres bloques, su organización operativa, sus capacidades y su interoperabilidad.

En la organización operativa trata de proporcionar información de la composición de una UAF Cohete. Se explica brevemente la orgánica que establece un Grupo de Artillería en la actualidad y posteriormente se relata la nueva organización del Grupo con la agregación de una UAF Cohete.

La realización de una serie de entrevistas y cuestionarios a personal del Grupo de Artillería de Campaña de la Brigada Rey Alfonso XIII, II de la Legión proporcionará los datos para la realización del método comparativo que determine el sistema lanzacohetes a emplear para la unidad de apoyo de fuego cohete de la Brigada que, según sus capacidades, mejor se adapte al sistema de lanzacohetes de alta movilidad que el Ejército de tierra quiere implantar a la artillería española.

Respecto a la interoperabilidad se informa de cómo se podría establecer enlace una unidad de apoyo de fuego cohete con el resto de unidades como con países aliados, aplicando el sistema Talos y el protocolo ASCA.

Finalmente, se realiza otro estudio que determine los riesgos presentes en esta unidad cohete y la implementación de una serie de medidas que solucione dichos riesgos o que minimice los daños producidos. Asimismo se procede a las conclusiones y a las líneas futuras del proyecto.



## **Abstract**

Currently, the lack of rocket or missile artillery, in the Spanish artillery, prevents providing support to entities superior to combat groups. In addition, this lack of capacity considerably limits the precision, range, rate of fire, concentration of fire and capacity for joint action that a rocket launcher system presents. However, the implementation of the rocket artillery in the Spanish Army entails a reorganization of its structure and the acquisition of various materials.

This study focuses on solving this problem, by implementing a rocket fire support unit to provide support to a brigade, adapting it to the priority needs drawn from Experimental Brigade 2035.

The work is divided into three blocks, its operational organization, its capabilities and its interoperability.

In the operational organisation it is a matter of providing information on the composition of a Rocket FAU. A brief explanation is given of the organizational structure of an Artillery Group at present, and then the new organization of the Group with the addition of an Rocket FSU is described.

A series of interviews and questionnaires with personnel of the King Alfonso XIII, II Brigade's Field Artillery Group will provide the data for the comparative method to determine the rocket launcher system to be used for the Brigade's rocket support unit that, according to its capabilities, is best suited to the high mobility rocket launcher system that the Army wants to implement for the Spanish artillery.

With regard to interoperability, information is provided on how a rocket fire support unit could be linked with the other units as well as with allied countries, applying the Talos system and the ASCA protocol.

Finally, another study is carried out to determine the risks present in this rocket unit and the implementation of a series of measures to solve these risks or to minimize the damages produced. It also proceeds to the conclusions and future lines of the project.



## **Agradecimientos**

A mi familia y amigos, por ser un pilar fundamental en el desarrollo personal y profesional. En especial a mi padre por aconsejarme en muchos aspectos de la vida castrense a lo largo de mi estancia en la academia, y a mi madre por su confianza y apoyo, sobre todo en los peores momentos.

Una mención especial al Teniente D. José Luis Callejas Vallejo por su dedicación y entrega en la elaboración del TFG aquí presente. El Teniente ha sido el oficial que me ha proporcionado la información y conocimientos necesarios de este trabajo, además de sus continuas correcciones. Sin pedírselo y sin esperar nada a cambio, el Teniente se ofreció a guiar mi TFG, demostrando así los valores que debe tener un oficial destinado en el Grupo de Artillería de la Legión.

Agradecer también al profesor Dr. D. Álvaro Lozano Rojo por su supervisión, ayuda e información aportada para la realización de este TFG.

Por último, mi más sincero agradecimiento a los miembros del GACALEG situado en Viator (Almería) por su calurosa acogida durante la fase de prácticas externas.

A todos ellos, muchas gracias.





## Índice

1. Introducción.....	1
2. Objetivos, alcance del trabajo y metodología .....	1
3. Artillería Cohete.....	2
3.1. Historia de la Artillería Cohete [1].....	2
3.2. Necesidades de la Artillería Campaña Cohete en el Ejército de Tierra.....	2
4. Orgánica.....	2
4.1. Orgánica de una UAF cohete.....	3
4.1.1. Célula de Fuegos del Puesto de Mando.....	3
4.1.2. Módulo de Apoyo Logístico .....	5
5. Capacidades.....	5
5.1. Tipos de Sistemas.....	6
5.1.1. Sistema Teruel [5] .....	6
5.1.2. Sistema M270A1 MLRS [6] .....	7
5.1.3. Sistema HIMARS [7] .....	7
5.1.4. Sistema ASTROS [8] .....	8
5.2. Munición .....	8
5.3. Elección del sistema .....	10
5.3.1. Método AHP .....	10
5.4. Sistema de adquisición de Objetivos.....	13
6. Grado de interoperabilidad .....	14
6.1. Ámbito Nacional .....	14
6.2. Ámbito internacional.....	16
7. Análisis de riesgos .....	17
8. Conclusiones y líneas futuras .....	19
9. Referencias Bibliográficas.....	20
ANEXOS.....	22
Anexo I. Project Charter .....	A
Anexo II. Encuestas.....	B
Anexo III. Método AHP (1ª parte) .....	E
Anexo IV. Método AHP (2ª parte).....	F
Anexo V. Análisis de Riesgos.....	1



## Índice de figuras

Figura 4.1. Composición de una UAF Cohete. Fuente: Conceptos funciones de combate Briex 35 y apoyos CE y DIV parte II (FUEGOS) [2].....	3
Figura 4.2. Puestos de Mando. Fuente: Fuerza 35 [4].....	4
Figura 4.3. Arquitectura de Fuegos. Fuente: Conceptos funciones de combate Briex 35 y apoyos CE y DIV parte II (FUEGOS) [2] .....	5
Figura 5.1. Sistema Teruel. Fuente: [5] .....	6
Figura 5.2. Sistema M270A1 MLRS. Fuente: [6] .....	7
Figura 5.3. Sistema HIMARS. Fuente: Memorial de Artillería [7] .....	8
Figura 5.4. Sistema ASTROS. Fuente: [8] .....	8
Figura 6.5. Diagrama de árbol de AHP. Fuente: Elaboración propia .....	10
Figura 5.6. Escala de Saaty. Fuente:.....	10
Figura 5.7. Sistema Radar ARTHUR. Fuente: [12].....	13
Figura 5.8. RPAS Atlantic. Fuente: [15].....	14
Figura 5.9. RPAS Tucán. Fuente: [16].....	14
Figura 6.1. Configurador de TALOS. Fuente: Elaboración propia .....	15
Figura 6.2. Aplicación TALOS-Apartado Configuración. Fuente: Elaboración propia .....	16
Figura 6.3. Aplicación TALOS-Peticiones de fuego. Fuente: Elaboración propia .....	16



## Índice de tablas

Tabla 5.1. Matriz de Comparación de sub-criterios por pares. Fuente: Elaboración propia .....	11
Tabla 5.2. Valores de CA según el tamaño de la matriz normalizada. Fuente: T. L. Saaty (1988) .....	11
Tabla 5.3. Jerarquía de sub-criterios. Fuente: Elaboración propia .....	12
Tabla 5.4. Evaluación de Alternativa-Sub criterio. Fuente: Elaboración propia.....	12
Tabla 5.5. Jerarquía de las Alternativas. Fuente: Elaboración propia.....	12
Tabla 7.1. Análisis Cualitativo. Matriz de Probabilidad e Impacto. Fuente: Elaboración propia.....	17
Tabla 7.2. Matriz de riesgos de una UAF Cohete. Elaboración propia. ....	18
Tabla 7.3. Análisis cualitativos después de realizar las medidas. Fuente: Elaboración propia.....	19



## Lista de acrónimos

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO	TRADUCCIÓN
A/C	Acción Conjunta	
ACA	Artillería de Campaña	
A/C-Ref	Acción de Conjunto-Refuerzo	
A/D	Apoyo Directo	
AHP	Analytic Hierachy Process	Proceso de Jerarquía Analítica
APOFU	Apoyo de Fuegos	
ARTHUR	Artillery Hunting Radar	Radar de Caza de Artillería
ASCA	Artillery System Cooperation Activities	Actividades de Cooperación de Artillería
ASTROS	Artillery Saturation Rocket System	Sistema de Cohete de Saturación de Artillería
ATACM	Army Tactical Missile System	Sistema de Misiles Tácticos del Ejército
Briex 35	Brigada Experimental 2035	
CA	Consistencia Aleatoria	
C/B	Contrabatería	
CCMO	Centro de Coordinación de Medios de Obtención	
CEP	Circular Error Probability	Probabilidad de Error Circular
CLBR	Centro Logístico de Brigada	
COAF	Coordinador de Apoyo de Fuego	
DGAM	Dirección General de Armamento y Material	
EAO	Elemento de Adquisición de Objetivos	
ET	Ejército de Tierra	
EW	Electronic War	Guerra Electrónica
FDC	Fire Direcction Centre	Centro de Dirección de Fuegos
FMTV	Family of Medium Tactical Vehicules	Familia de Vehículos Tácticos Medianos
FSE	Fire Support Element	Elemento de Apoyo de Fuego
FSO	Fire Support Officer	Oficial de Apoyo de Fuego
GACALEG	Grupo de Artillería de Campaña	
GCBT	Grupo de Combate	
GPS	Global Positioning System	Sistema de Posición Global
HIMARS	High Mobility Artillery Rocket System	Sistema de Artillería Cohete de Gran Movilidad
IC	Índice de Consistencia	
ISTAR	Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance)	
JFSCC	Joint Fire Support Coordination Center	Centro de Coordinación de Apoyo de Fuego Conjunto

<b>MLRS</b>	<b>Multiple Launch Rocket System</b>	<b>Sistema de Lanzacohetes Múltiple</b>
<b>MT</b>	<b>Mecánica a Tiempos</b>	
<b>OAV</b>	<b>Observador Avanzado</b>	
<b>OTAN</b>	<b>Organización del Tratado Atlántico Norte</b>	
<b>PCAR</b>	<b>Puesto de Mando de Apoyo a Retaguardia</b>	
<b>PGM</b>	<b>Precision Guided Munitions</b>	<b>Munición Guiada de Precisión</b>
<b>PGK</b>	<b>Precision Guidance Kit</b>	<b>Kit de Guiado de Precisión</b>
<b>RI</b>	<b>Razón de Inconsistencia</b>	
<b>RPAS</b>	<b>Remotely Piloted Aircraft System</b>	<b>Sistema de Aeronaves Pilotadas Remotamente</b>
<b>SDB</b>	<b>Small Diameter Bomb</b>	<b>Bomba de Diámetro Pequeño</b>
<b>SIAC</b>	<b>Sistema Integrado de Artillería de Campaña</b>	
<b>SILAM</b>	<b>Sistema de Lanzacohetes de Alta Movilidad</b>	
<b>SIMACET</b>	<b>Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra</b>	
<b>STA</b>	<b>Surveillance and Target Acquisition</b>	<b>Vigilancia y Adquisición de Objetivo</b>
<b>UAF</b>	<b>Unidad de Apoyo de Fuego</b>	





## 1. Introducción

El futuro en el entorno operativo es incierto y complejo, y la constante evolución de los riesgos y amenazas exige una adaptación del ejército, el cual se materializará en la Fuerza 35.

La Brigada Rey Alfonso XIII, II de la Legión se encuentra en continuo trabajo en la implementación de la Briex 35 (Brigada experimental 2035), que sirve como modelo de Gran Unidad desplegable que la Fuerza 35 necesita para la adaptación del Ejército español al entorno operacional que se prevé para ese año. Se verá modificada tanto la organización, la tecnología y la doctrina en cada una de las unidades operativas que compone la Brigada.

Este TFG se centrará en la incorporación de una UAF Cohete al Grupo de Artillería y se proporcionará un estudio en cuanto a su estructura operativa, sus capacidades y su interoperabilidad tanto con los medios productores de fuegos propios como de países aliados.

Es por ello que el Grupo de Artillería sufrirá severas modificaciones en su organización, donde se verá reducido tanto el personal como la huella logística y mejorada la interoperabilidad. En el apartado de orgánica se apreciará que se incluye una UAF (Unidad de Apoyo de Fuego) Cohete junto con otras dos UAF compuesto por 4 obuses de 155 mm, las cuales apoyarán a los GCBT (Grupos de Combate).

En la sección de capacidades se realizará un estudio que determine qué sistema lanzacohetes emplear y se informará de las municiones existentes y de los sistemas presentes en los medios de adquisición de objetivos, concretamente en los RPAS (Sistemas de Aeronaves Pilotadas Remotamente) y el radar C/B (Contrabatería).

Finalmente se proporciona información de cómo será la interoperabilidad de una UAF Cohete con el resto de unidades del Ejército y con los aliados.

Este trabajo define una UAF Cohete. Para ello se llevará a cabo una serie de actividades que se verán reflejadas en el Project Charter del Anexo I, donde se expondrá también la distribución del tiempo dedicada a cada actividad, los objetivos, stakeholders, etc.

## 2. Objetivos, alcance del trabajo y metodología

El objeto del trabajo es proponer una solución al conflicto derivado de la falta de artillería cohete, a través de un estudio que proporciona soluciones actuales.

El alcance del producto, es decir de los materiales necesarios para la UAF Cohete, viene reflejado en el estudio comparativo de los distintos sistemas lanzacohetes para su mejor elección, además de los materiales que deben disponer una UAF Cohete como son los medios del Sistema de Adquisición de objetivos y los medios de mando y control. Este estudio se limita al análisis científico-técnico de cada uno de los sistemas.

Por su parte, el ámbito de aplicación de la capacidad cohete se intentará dotar a la Brigada Rey Alfonso XIII, II de la Legión, más concretamente a su GACALEG (Grupo de Artillería de la Legión) de los sistemas lanzacohetes adquiridos para la elaboración de la Briex 35, lo que supondría la creación de una Batería Cohete que formara parte del GACALEG. Esto supondrá reforzar la Batería de Servicios mediante realización de cursos de perfeccionamiento para los especialistas del Grupo, aparte de construir nuevas instalaciones y realizar un cambio de la orgánica y de la doctrina.

La metodología de este estudio se ha realizado mediante las consultas de manuales del ET (Ejército de Tierra) sobre material cohete y de la documentación obtenida de las revistas de la Fuerza 35. Al igual que se ha obtenido información tras las entrevistas realizadas (Anexo II) al personal experto de la unidad.

La metodología de análisis AHP (Analytic Hierarchy Process) ha sido empleado en el apartado de capacidades, más concretamente en elección de sistemas y se ha tenido en cuenta las siguientes capacidades: dimensiones, peso, variedad de municiones, alcance, capacidad de municiones en la plataforma y tiempo de carga de las municiones.

También se ha empleado un análisis de riesgos para analizar algunas de las amenazas producidas en la implementación de una UAF Cohete.

### 3. Artillería Cohete

Para averiguar cuáles son las necesidades de una UAF Cohete, primero se ha de conocer su Historia y la evolución que ha tenido la artillería cohete española durante las últimas décadas.

#### 3.1. Historia de la Artillería Cohete [1]

Desde la Segunda Guerra Mundial los cohetes fueron utilizados por primera vez en combate por el Ejército Rojo el 7 de Julio de 1941, en Smolensko, donde la División Azul sufrió los terribles efectos de la artillería cohete rusa. Esta experiencia fue transmitida de manera inmediata a los mandos del Ejército español.

Esto llevó a España a interesarse por los efectos producidos por los cohetes e investigar sobre ellos. En 1946, se probaron en el Polígono de Experiencias de Carabanchel, unos cohetes de 220 mm de calibre y 2 m de longitud, proyectados por el Teniente Coronel de Artillería Manuel Espinazo Cabrera. En 1950, se creó la Comisión para el Desarrollo e Investigación de Cohetes y en 1952 con la creación del Laboratorio Químico Central de Armamento se comenzaron a probar motores y combustibles para la creación de nuevos cohetes.

Desde esa fecha hasta la década de 1980, se crearon numerosos organismos y se negociaron con empresas de otros países para la elaboración de nuevos cohetes como eran los cohetes de rotación y, más adelante, estabilizados por aletas, que provocarían la extinción de los cohetes giroestabilizados.

La evolución culminó con la entrada en servicio del sistema Teruel a mediados de los años 80. Este sistema tuvo varias versiones a lo largo de su etapa en la artillería española, siempre tratando de buscar el mayor beneficio de sus capacidades. Sin embargo el 31 de diciembre de 2011 fue dado de baja como sistema de armas operativo del Ejército, debido a que, tanto el vehículo que le servía de plataforma de lanzamiento, como el sistema habían quedado obsoletos al sobrepasar su vida operativa.

Actualmente, el Ejército español carece de capacidad cohete.

#### 3.2. Necesidades de la Artillería Campaña Cohete en el Ejército de Tierra

Los sistemas de lanzamiento de la ACA (Artillería de Campaña) del ET español es únicamente de artillería cañón, los cuales usan proyectiles convencionales que otorgan A/D (Apoyo Directo)<sup>1</sup> a los GCBT de la Brigada.

Sin embargo, a pesar de los continuos avances en obtención de mayores alcances de tiro y en el desarrollo de nuevas municiones, la ACA cañón no cubre completamente todos los requisitos que exige la Briex 35. En esta entidad, el jefe de la GU debe de disponer de fuegos de gran potencia y profundidad que influyan decisivamente en el combate, los cuales solo pueden ser cubiertos por artillería cohete.

Además de implementar nuevos sistemas de armas, también debe mejorarse la tecnología respecto a los sistemas STA (Surveillance and Target Acquisition), dotando al Ejército de mejores medios. Asimismo, los medios de enlace deben estar capacitados para mantener enlace tanto con las fuerzas propias como aliadas.

### 4. Orgánica

Todo organismo necesita mantener una jerarquía y un cierto orden para poder lograr los objetivos que se proponen. Por ello, siempre se ha de mantener una estructura acorde a los propósitos marcados.

Por dicho motivo, la organización de la artillería se ha visto constantemente alterada a lo largo de la Historia, averiguando que componente puede ser prescindible y cual se ha de modificar si se quiere minimizar el tiempo que se emplea en el tiro de una pieza, sin que se vea frustrado el resultado final. Ejemplo de esto, ha sido el intento de retirar los jefes de línea de piezas, haciendo que el FDC (Fire Direction Centre) de las Baterías se encargue de transmitir la orden de tiro directamente a sus piezas.

La siguiente modificación que se pretende implementar va más allá que la de prescindir de un único componente, se intenta cambiar toda la estructura operativa que se tenía hasta ahora. Con todo esto, es importante aclarar que este apartado trata de la orgánica que presenta la estructura operativa de una UAF Cohete, es decir, la subordinación jerárquica de la cadena de Mando del ET, entre una unidad, centro y un Mando, del que puede no depender orgánicamente, para la ejecución de las funciones operativas y de

<sup>1</sup> Proporcionado por una unidad no agregada o bajo el mando de la unidad apoyada, pero a la que se le requiere dar prioridad al apoyo precisado por dicha unidad.

apoyo asignadas al Mando; en otras palabras se define la forma en que contribuyen los medios de apoyos de fuego al cumplimiento de la misión.

En la actualidad, la fase de planeamiento inicial de una operación tiene lugar en el (FSE) Elemento de Apoyos de Fuego, bajo la dirección del Coordinador de Apoyos de fuego (COAF) y la ACA se considera el principal medio de apoyos de fuego en cada escalón. Los cuales algunos de estos elementos serán prescindibles para la orgánica de la futura UAF Cohete.

#### 4.1. Orgánica de una UAF cohete

La nueva orgánica trata de modificar la base del Grupo de Artillería orgánico, aplicando las agregaciones y segregaciones correspondientes, para generar estructuras operativas de UAF a la Briex 35, de forma centralizada, o a los GCBT, de forma descentralizada. Por lo tanto, en una UAF Cohete se pretende centralizar sus fuerzas, las cuales pasarán a formar parte de la función de combate Fuegos<sup>2</sup>.

Los APOFU (apoyo de fuegos) dispondrán de una estructura modular que permitirá apoyar a los GCBT en un despliegue descentralizado. Cada modular deberá tener capacidades de información para mando y control y STA, y sistemas de armas. [2]

La organización modular presentará las siguientes características:

- Una capacidad modular para 3 UAF que ofrecerán A/D a cada uno de los 3 GCBT.
- Una UAF Cohete para ofrecer un cometido de A/C (acción conjunta)<sup>3</sup> a la Briex 35 como un todo y específicamente como un refuerzo de los fuegos de alguno de los GCBT en cometido de A/C-Ref (Acción de Conjunto-Refuerzo)<sup>4</sup>. [3]

Todas las plataformas de fuego dispondrán de autonomía topográfica y balística, y el número de plataformas que dispondrán cada UAF será de 4.



Figura 4.1. Composición de una UAF Cohete. Fuente: [2]

En la figura 5.1, solo aparece representada la composición de una UAF Cohete, donde se indica que dispondrá de 4 plataformas de fuego lanzacohetes, con sus respectivos vehículos de municionamiento; un radar C/B (Contrabatería); una célula de enlace compuesta por dos puestos de mando táctico más una de apoyo en PCAR (Puesto de Mando de Apoyo a Retaguardia); y un módulo de apoyo logístico.

El sistema SILAM (Sistema de Lanzacohetes de Alta Movilidad), creado por la Dirección General de Armamento y Material a partir de un programa I+D, establecerá los requisitos que deberá tener las plataformas de fuego (explicado en el apartado de capacidades).

##### 4.1.1. Célula de Fuegos del Puesto de Mando

La célula de enlace no deja de formar parte de la célula de Fuegos del Puesto de Mando funcional de la Briex 35, cuya misión será participar en el proceso de coordinación, planeamiento, integración y sincronización de los fuegos, además de su valoración final.

Su estructura estará compuesta por dos puestos de mandos tácticos móviles y un puesto de mando de apoyo retrasado, el cual se situará fuera del Teatro de Operaciones o en territorio nacional.

<sup>2</sup> La función de combate Fuegos comprende el conjunto de actividades de fuego indirecto con propósitos ofensivos.

<sup>3</sup> Una UAF apoya a una organización operativa en su conjunto y permanece bajo el control inmediato de su correspondiente JFSE (Elemento Controlador de Fuegos Conjuntos).

<sup>4</sup> Una UAF hace fuego en apoyo a una organización operativa en su conjunto y en segunda prioridad, proporciona refuerzo a los fuegos de otra UAF.

Gracias a la avanzada tecnología, se permitirá el movimiento de los puestos de mando, además de llevar a cabo ciertas actividades con eficacia desde la distancia.

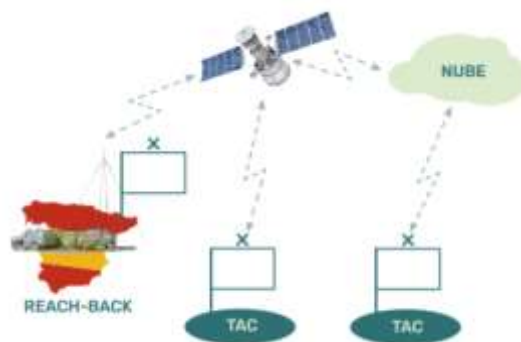


Figura 4.2. Puestos de Mando. Fuente: [4]

Los puestos de mando estarán organizados en 6 células funcionales: Maniobra, Inteligencia, Fuegos, Protección, Apoyo Logístico y Actividades de Información.

La célula de enlace es un punto muy importante en la célula de fuegos y es necesario señalar el enlace de los medios de STA<sup>5</sup> con el sistema ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance). El cual supone la capacidad de aplicar *fuegos en red*<sup>6</sup>, permitiendo así la interoperabilidad entre todos los medios de STA.

El concepto ISTAR se refiere a la capacidad integrada para adquirir, procesar, explotar y difundir información de inteligencia, en un tiempo apropiado y con un contenido adecuado que permita su uso en la planificación y desarrollo de las fuerzas armadas. Por tanto, un sistema ISTAR es la composición que forma todos los medios de STA de una UAF Cohete.

Desde un medio de STA integrado en el sistema ISTAR se tendrá en cuenta el acompañamiento de las municiones guiadas con la localización exacta del objetivo, o también llamada *Target Mensuration*, para las acciones de profundidad relacionadas con el proceso de sincronización e inteligencia de objetivos.

Es importante señalar que para obtener una mayor rapidez en la adquisición de objetivos, además de estar enlazados los medios de STA con el sistema ISTAR, también deben permitir una conexión *sensor to shooter*, es decir la conexión directa con los sistemas de armas.

El puesto de mando de la unidad ISTAR de la Brigada 35 establecerá un EAO (Elemento de adquisición de objetivos), que desempeñará los cometidos que se le asignen el CCMO (Centro de Coordinación de Medios de Obtención) en beneficio de las UAF para apoyar el proceso de sincronización e inteligencia de objetivos de la Briex 35.

La figura 4.3 refleja la arquitectura de fuegos de la Briex 35. Se compone de 3 puestos de mandos, el PC 1 es dirigido por un FSO (Oficial de Apoyos de Fuego) con empleo de Teniente Coronel que mantiene enlace con el JFSCC (Centro de Coordinación de Apoyos de Fuego Conjunto), el PC 2 es dirigido por un FSO con empleo de Comandante y el PCAR dirigido por otro Comandante quien estructura los planes fuera del territorio de operaciones.

La unidad ISTAR se encuentra en el medio de la arquitectura de fuegos y está compuesto por el CCMO y el EAO.

La UAF Cohete se compone por 4 plataformas, un radar C/B, y el módulo de apoyo logístico.

Aclarar que la denominación 'REACHBACK', es el término anterior al PC Retrasado que hoy día se conoce como PCAR.

<sup>5</sup> Los medios para la Vigilancia y Adquisición de objetivos pueden ser un OAV (Observador Avanzado), un dron o RPAS, un radar contrabatería, o un satélite. Todos ellos pueden estar incorporados en una misma unidad.

<sup>6</sup> Se enmarca dentro de la necesidad de las unidades de fuego indirecto de integrarse eficazmente en las organizaciones operativas, incluyendo los ámbitos conjunto y combinado, contribuyendo de esta forma a generar un amplio abanico de efectos, con riesgos mínimos de fratricidio o daño colateral.

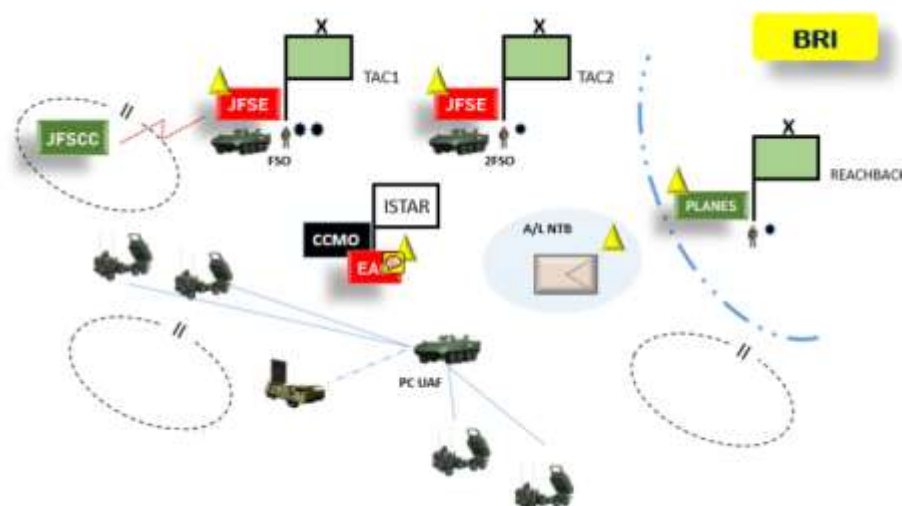


Figura 4.3. Arquitectura de Fuegos. Fuente: Conceptos funciones de combate Briex 35 y apoyos CE y DIV parte II (FUEGOS) [2]

#### 4.1.2. Módulo de Apoyo Logístico

Un punto muy importante a tratar, e imprescindible para que cualquier unidad pueda llevar a cabo su cometido, es la logística. Sin ella, ningún ejército podría obtener la victoria ya que como decía el General Dwight D. Eisenhower: *'No encontrarás difícil demostrar que las batallas, las campañas e incluso las guerras se han ganado o perdido, principalmente, por la logística'*.

Los elementos de apoyo logístico de una UAF Cohete son de entidad inferior a Sección. Las funciones que presenta son el transporte del equipo (como personal, plataformas de fuego, munición, etc), capacidades de mantenimiento al más bajo nivel y asistencia sanitaria con una capacitación paramédica muy significativa, es decir capacitados para actuar en determinados protocolos de asistencia sanitaria urgente.

El transporte aborda 3 clases de abastecimiento respecto a la autonomía de un Subgrupo de Combate:

- Clase I: Esta clase trata de la subsistencia, la cual será de 2 días de abastecimiento.
- Clase III: Esta clase trata de los carburantes, la autonomía supondrá la capacidad de vehículos al más bajo nivel (contando sus depósitos y petacas).
- Clase V: Esta clase trata de la munición, donde se referencia al transporte de cohetes a Zona de Operaciones. La cantidad de munición a este nivel supondrá la capacidad que tenga la plataforma de fuego.

El mantenimiento a nivel Subgrupo de Combate se situará únicamente en el primer escalón<sup>7</sup>, donde tendrá capacidad para realizar un mantenimiento preventivo<sup>8</sup>, como autodiagnóstico, intercambio de componentes y recuperación o reparación del material.

La asistencia sanitaria que dispondrá una UAF Cohete será de personal no facultativo con formación e instrucción recibida para estabilizar a un herido grave, permitiendo así su atención posterior por facultativos, ya sea en el Grupo de Combate o en el CLBR (Centro logístico de Brigada). Para poder atender a estas capacidades será necesaria la disponibilidad de nuevos botiquines.

## 5. Capacidades

Las necesidades detalladas anteriormente obligan a realizar un estudio comparativo entre varios sistemas lanzacohetes para determinar cuál es el más adecuado para el programa SILAM.

<sup>7</sup> El mantenimiento se desglosa en una serie de escalones o categorías, las cuales son ordenados por niveles de menor a mayor dificultad de mantenimiento.

<sup>8</sup> Destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la revisión y limpieza que garantice su funcionamiento y fiabilidad. Su objetivo último es prevenir incidencias.



Dicho estudio trata de informar de las capacidades que busca este programa en un sistema lanzacohetes. Según los datos obtenidos tras varios documentos [2], las características que exigen el sistema SILAM para un sistema lanzacohetes son:

1. Elevada profundidad (hasta 120 km)
2. Elevada precisión
3. Fuegos en masa<sup>9</sup>
4. Cadencia elevada
5. Fácil municionamiento
6. Capacidad de Acción Conjunta (A/C) a la Briex35
7. Autonomía topográfica y balística

Para poder obtener estas capacidades, la UAF Cohete deberá adquirir:

- a) Material de largo alcance
- b) Municiones y espoletas de alta precisión
- c) Material de alta movilidad
- d) Capacidades de información para mando y control de objetivos
- e) Vigilancia y adquisición de objetivos

## 5.1. Tipos de Sistemas

Los sistemas seleccionados para el siguiente estudio son el sistema Teruel, el sistema M270A1 MLRS (Multiple Launch Rocket System), el sistema HIMARS (High Mobility Artillery Rocket System) y el sistema ASTROS (Artillery Saturation Rocket System). El motivo de esta selección es debido a que estos sistemas han despertado bastante interés en el ET español, exceptuando el sistema Teruel que se ha incluido por ser el único sistema lanzacohetes que ha dispuesto la Artillería española.

Cada alternativa cuenta con aspectos positivos y negativos, y el propósito de este trabajo consiste en dilucidar cuál de las distintas sumas de aspectos resulta ser más positivo para las necesidades anteriormente descritas.

### 5.1.1. Sistema Teruel [5]

Este podría parecer una buena opción al ser el último sistema que ha tenido España, ya que podría ofrecer un coste inferior en su adquisición con respecto a otros sistemas, y no se empezaría de cero en la instrucción de la unidad al ser ya un sistema conocido.

En cuanto a sus características [2], el sistema de armas lanzacohetes Teruel disponía de un lanzador múltiple, que contaba con 40 cohetes, Teruel-2 (2x20 alveolos de carga), y cada cohete presentaba un calibre de 140,5 mm, de dos metros de longitud y un peso de 56,4 kilos; lo que ofrecía un alcance máximo de 18,5 kilómetros (Km). Los tipos de cohetes que podía lanzar eran únicamente, las 3 versiones que existían: Teruel-1, Teruel-2 y Teruel-3. Todos los cohetes podían ser lanzados en menos de un minuto, aunque el tiempo de carga superaba la media hora.

El sistema iba colocado en una plataforma sobre un vehículo, lo que presentaba unas dimensiones de 7,6 metros de largo y 3 metros de alto en posición de marcha; además de 22 toneladas. Todo esto dificultaba bastante su enmascaramiento.

El personal que formaba parte del sistema era un conductor, un apuntador y dos sirvientes.



Figura 5.1. Sistema Teruel. Fuente: [5]

<sup>9</sup> Fuegos en masa o concentración en masa se utiliza para negar al enemigo el empleo del terreno. Además de causarle efectos físicos y psicológicos.

Debido a varios factores, como son el excesivo tonelaje y la escasa profundidad de su alcance, incumplen ciertas capacidades que se exigen para formar parte del programa SILAM. Además al principio se hablaba de que el coste podría verse reducido ya que algunos sistemas se encuentran aún en territorio nacional. Sin embargo, todos ellos están obsoletos y se usa, hoy día, como ornamentación de algunas instalaciones.

### 5.1.2. Sistema M270A1 MLRS [6]

Este es un sistema múltiple autopropulsado con un contenedor de lanzamiento que contiene dos jaulas, con capacidad de 6 cohetes cada una. El alcance de sus cohetes puede ser hasta 42 km e incluso hasta 300 km se dispara un misil ATACM. Presenta una cadencia de 12 disparos de cohetes en menos de 40 segundos y dos misiles en menos de 10 segundos; y un tiempo de carga de 3 minutos.

Este sistema se integra a un vehículo, lo que le confiere de mayor movilidad. Sus dimensiones son de 6,85 m de longitud, 2,97 m de anchura y 2,59 m de altura. La tripulación la forman 3 militares.

Además de estas cualidades, cabe destacar la gran variedad de municiones con la que puede operar, tanto cohetes como misiles. Esto sumado a su alta movilidad le hace ser un gran modelo como adquisición para el Ejército español.

Sin embargo, este sistema presenta un gran inconveniente, y ese es su excesivo tonelaje de 24 toneladas. Esta gran desventaja conlleva serios problemas en la logística para transportar las grandes cantidades de combustibles que necesita, además de su transporte a zona de operaciones. Las únicas aeronaves capaces de transportarlo son el C-5 Galaxy, en EEUU, y el Antonov An-225, en Ucrania. Por ello, cada vez que se quisiera transportar este sistema, se tendría que adquirir alguno de estas aeronaves o hacer uso del transporte marítimo, lo cual supondría mayor pérdida en el tiempo empleado para su transporte.



Figura 5.2. Sistema M270A1 MLRS. Fuente: [6]

### 5.1.3. Sistema HIMARS [7]

Este sistema norteamericano es una versión ligera sobre vehículo de ruedas del sistema M270 MLRS. Fue desarrollado por Estados Unidos y se empleó por primera vez en 2005.

La principal desventaja del sistema HIMARS respecto al sistema M270A1 MLRS es que dispone de una única jaula con capacidad de 6 cohetes en vez de las dos jaulas que dispone el segundo sistema. A esto se ha de sumar que el coste unitario de adquisición es superior.

No obstante, HIMARS corrige el excesivo tonelaje del sistema M270A1 ya que va acoplado a un vehículo FMTV (Family of Medium Tactical Vehicles) de 10 toneladas. Esto en comparación con las 24 toneladas del sistema anterior, permite transportar el lanzacohetes HIMARS en el avión C-130, otorgándole un mayor transporte a áreas inaccesibles para las aeronaves C-5 o An-225. Además su escaso peso le otorga gran movilidad para operar junto al resto de UAF con piezas SIAC (Sistema Integrado de Artillería de Campaña) .

Las dimensiones de este sistema son de 7 m de longitud, 2,4 m de anchura y 3,2 m de altura.

En cuanto a la munición, este sistema puede operar con toda la familia de municiones MLRS (detallada en el apartado de municiones) incluidas el misil ATACMS (Army Tactical Missile System). Por consiguiente, el alcance es el mismo que en el sistema M270A1 pero la cadencia disminuye a la mitad y el tiempo de carga aumenta a 5 minutos.

El sistema de cohetes de artillería de alta movilidad es operado por el conductor, el artillero y el jefe de sección. Sin embargo, el sistema de control de incendios permite que una tripulación de dos o un solo soldado cargue y descargue el sistema. Este sistema de control de incendios incluye video, control de teclado, un gigabyte de almacenamiento de programas y GPS; y le permite al sistema lanzacohetes realizar misiones de disparo en modo automático o manual.





Figura 5.3. Sistema HIMARS. Fuente: Memorial de Artillería [7]

#### 5.1.4. Sistema ASTROS [8]

El sistema ASTROS es un lanzacohetes múltiple con origen en Brasil, fabricado por la compañía Avibras. Su diseño modular puede emplear diferentes tipos de cohetes, de 127 a 300 mm de calibre, y el MTC (Misil Táctico de Crucero) AV-MT-300 con un alcance de 300 km. Presenta una longitud de 7 m, una anchura de 2,9 m y una altura de 2,6 m. La capacidad de este sistema es de máximo 8 cohetes por jaula, al tener 4 jaulas, puede lanzar un total de 32 cohetes. El tiempo de carga no se ha encontrado específico en ningún documento pero se estima que, debido a su gran capacidad, sobrepasa tanto el sistema HIMARS como el M270A1 MLRS.

La tripulación que forma dicho sistema lanzacohetes son de 3: el conductor, el artillero y el jefe de sección.

Tiene un peso total (contando vehículo y carga completa) de 22 toneladas. Esto lo convertiría en un gran inconveniente, como en el sistema M270A1 MLRS, pero el peso varía mucho cuando el sistema no está cargado, siendo de 12.650 kg cuando está vacío. Sin embargo, su transporte a Zona de Operaciones debería ser completa, lo que le permitiría volar únicamente con las mismas aeronaves que el sistema M270A1 MLRS, limitándole zonas que serían inaccesibles para ellas.



Figura 5.4. Sistema ASTROS. Fuente: [8]

A día de hoy, el ASTROS es un gran competidor con el resto de sistemas para formar parte de una UAF Cohete y no se descarta como opción al programa SILAM.

## 5.2. Munición

La importancia de conocer la munición es considerable, ya que se debe determinar la reacción que tendrán a la hora de su utilización. Para la Briex 35 las municiones que se requieren son:

- **Municiones guiadas de precisión (PGM):** Estas municiones tienen la cualidad de que son guiadas tras su salida desde la plataforma de lanzamiento. Para ello se recurre a misiles tipo ATACM o a espoletas de corrección de trayectoria tipo PGK (Precision Guidance Kit), los cuales se combinan con proyectiles convencionales.
- **Municiones no letales:** Por razones de índole legal, política y social, en ocasiones no es posible o conveniente el uso de municiones letales. Es por ello que se ha de usar municiones de humos, iluminantes o nuevos desarrollos tecnológicos que neutralizan al enemigo pero no lo destruye.
- **Munición cohete:** son municiones propulsadas sin guía, las cuales los efectos producidos son mayores y más precisos que los efectos de los proyectiles convencionales. Además, gracias a su propulsión, se obtiene un alcance mayor.

Como ya se ha mencionado, el sistema HIMARS es una versión del sistema M270 MLRS, y es por ello que puede lanzar toda la línea completa de municiones de dicho sistema.

Las municiones que se van a estudiar son, la mayoría, de origen estadounidense. Gracias a este estudio se podrá decidir que municiones se adecua más al sistema SILAM, en base a las capacidades de una UAF Cohete, para finalmente obtener su adquisición.

Las municiones son [9]:

- **M26**<sup>10</sup>: Se trata de un cohete no guiado con 644 submuniciones M77 (Munición convencional mejorada de doble propósito). Presenta un alcance de 32 km, aunque si se reemplazase la cabeza de combate por una bomba de precisión SDB (Small Diameter Bomb) se podría obtener alcances de hasta 150 km. La bomba SDB tiene un peso de 110 kg y dispone de un sistema de guiado GPS para atacar objetivos fijos o guiado térmico; y radar que le permite atacar objetivos en movimiento.

- M26A1**: Cohete de alcance extendido<sup>11</sup>, con un alcance de 45 km y 518 submuniciones M85 (versión mejorada de la submunición M77 DPICM<sup>12</sup>). sin embargo, estas submuniciones con procedencia israelí han presentado varios problemas de seguridad y algunos expertos han estimado que los dispositivos auto destructibles no constituyen la solución al problema de las bombas de racimo (posible anexo).

- M26A2**: Es como la M26A1, pero usando submuniciones M77.

- **M30**: Sistema de guiado inercial, con una carga estándar de 404 submuniciones M85, un dispositivo de autodestrucción y un alcance de 60 km. Presenta gran precisión con un CEP (Circular Error Probability) de 10 m, lo que le permite ser empleado en proximidades de tropas propias sin que sufran ningún daño.

- M31**: Variante del M30 con una cabeza de guerra unitaria de gran poder explosivo y 90kg de peso. Esto lo excluye de poder trabajar cerca de tropas propias pero podría ser empleado en terreno urbano y montañoso.

- **ATACMS**: Como ya se ha especificado previamente, el sistema HIMARS puede lanzar tanto cohetes como el misil ATACMS, otorgándole así un alcance de 300 km y una elevada precisión con un CEP de 10 metros. El ATACMS es un misil superficie-superficie táctico y puede, según qué versión, tener guiado inercial y GPS, con diferentes cabezas de combate de hasta 230 kg.

Las municiones estudiadas hasta ahora no pueden ser empleadas por el sistema ASTROS debido al calibre que tiene. Por tanto, se procederá a describir algunos de los cohetes que puede lanzar este sistema [10]:

- **SS-30**: Cohete antipersonal y blindado de 127 mm. Presenta un alcance de 9 a 40 km y un radio de destrucción de 57 m. Cada contenedor contiene 8 cohetes.

- **SS-40**: Cohete antipersonal y anti-blindaje fragmentación 180 mm. Tiene 20 submuniciones de 70 mm y espoleta de MT (Mecánica a Tiempos) electrónico. Presenta un alcance de 15 a 40 km. Cada contenedor contiene 4 cohetes.

- SS-40G**: Variante del SS-40 con la peculiaridad de ser guiada en la etapa final de vuelo.

- **SS-60**: Cohete antipersonal y anti-escudo fragmentación de 300 mm. Tiene 65 submuniciones de 70 mm y espoleta MT electrónico. Presenta un alcance de 20 a 60 km. Cada contenedor contiene 1 cohete.

- **SS-80**: Cohete antipersonal y anti-escudo Fragmentación de 300 mm. Tiene 52 submuniciones de 70 mm y espoleta MT electrónico. Presenta un alcance de 20 a 90 km. Cada contenedor contiene un cohete.

- **SS-150**: Cohete de 450 mm. Presenta un alcance de 150 km. Aún sigue en desarrollo por Avibras.

- **AV-TM-300**: Misil Táctico de crucero con alcance de 300 km. Presenta capacidad de autodestrucción. Tiene 65 submuniciones con cabeza MW (guerra múltiple). Su apodo es "Matador".

<sup>10</sup> Actualmente, en España no está permitido usar este tipo de munición, ya que las submuniciones, que presenta, no dejan de ser minas anti-personas, las cuales están prohibidas su empleo, almacenamiento, producción y transferencia. Publicado en <<BOE>> núm. 62, de 13 de marzo de 1999, páginas 10227 a 10234.

<sup>11</sup> Son municiones impulsadas con pólvora o autopropulsadas por un motor **cohete**, ofreciendo unos alcances mucho mayores a los conseguidos con montajes y municiones convencionales

<sup>12</sup> Submunición M77 DPICM "Lluvia de Acero" típica usada por el cohete M26 del MLRS. Cada cohete lleva 644 M77

### 5.3. Elección del sistema

Una vez estudiado las capacidades de cada sistema, se ha de tomar una decisión que va a determinar qué sistema se adecua mejor al programa SILAM.

Para poder decidir de forma correcta, se ha de cuantificar aquellos valores cualitativos y hacer una ponderación que determine la mejor decisión de las alternativas propuestas. El método que se ha optado para este estudio es el método AHP o el método de Jerarquización Analítica. [11]

#### 5.3.1. Método AHP

El método AHP [12] fue desarrollado por el profesor Thomas L.Saaty en los años 70. Este es un método de decisión multicriterio que ayuda a seleccionar una alternativa entre tantas en función de una serie de criterios jerarquizados.

Este método se encuentra confrontado por 4 etapas:

1. **Representación del problema:** Se realiza un diagrama de árbol y partiendo de un objetivo, se definen los criterios y sub-criterios, para los que se establece una jerarquía entre ellos. Al final del árbol, se señala las distintas alternativas que responderán a la solución del problema representado.

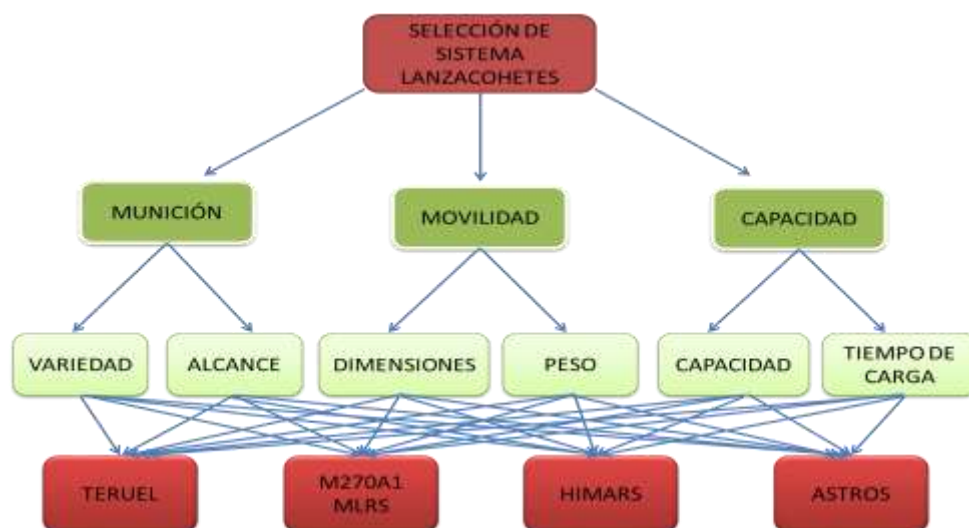


Figura 6.5. Diagrama de árbol de AHP. Fuente: Elaboración propia

2. **Evaluación de criterios.** Esta segunda etapa consta de dos partes:
  - a. **Cálculo de los pesos y consistencia de los sub-criterios:** Los sub-criterios nombrados anteriormente presentan un orden jerárquico en cuanto a su importancia. Para establecer el valor relativo de cada sub-criterio en función de otro se hará mediante la escala de Saaty, el cual permite comparar dos sub-criterios, ponderarlos y darles un valor numérico.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Figura 5.6. Escala de Saaty. Fuente: [12]

Para ello, se toman el conjunto de sub-criterios y se construyen matrices de comparación. Se trata de ir haciendo comparaciones pareadas siguiendo la escala de Saaty, en cada uno de los niveles jerárquicos, en ella se podrá apreciar como los

subcriterios que abarcan la columna izquierda marcan los valores sobre la fila superior (Vease en el Anexo IV). [12]

	Dimensiones	Peso	Variedad	Alcance	Capacidad	Tiempo de Carga
Dimensiones	1	0,11	0,33	0,11	0,14	0,14
Peso	9	1	7	0,33	5	5
Variedad	3	0,14	1	0,14	0,2	0,2
Alcance	9	3	7	1	5	5
Capacidad	7	0,2	5	0,2	1	1
Tiempo de Carga	7	0,2	5	0,2	1	1

**Tabla 5.1. Matriz de Comparación de sub-criterios por pares. Fuente: Elaboración propia**

En la tabla 5.1 se observa como los mismos sub-criterios obtienen el valor 1 y como el sub-criterio, por ejemplo, 'Peso' presenta un valor de 9 sobre 'Dimensiones' (Valores obtenido por las encuestas realizadas, véase el Anexo II), definiéndolo como la mayor importancia del sub-criterio 'Peso' sobre 'Dimensiones' está fuera de toda duda.

Una vez que se ha determinado los pesos asignados a los sub-criterios se ha de calcular su consistencia. Para ser más precisos, se calcula el nivel de inconsistencia, ya que no existe una consistencia perfecta en comparaciones de juicios aportados por humanos. Según la metodología, el nivel de inconsistencia no podrá ser superior a 0,1 en ninguna de las matrices resultantes. Para ello, se necesita conocer el valor del indicador llamado Razón de Inconsistencia (RI) de cada matriz.

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

Donde IC es el Índice de Consistencia y CA es la Consistencia Aleatoria. El IC se calcula mediante la siguiente formula:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1}$$

Donde  $\lambda_{max}$  se obtiene mediante la multiplicación de la matriz de comparación de sub-criterios por pares y la matriz columna de vector (del sub-apartado b. Desarrollo de la Matriz Normalizada) y dividiendo, posteriormente, cada celda de la matriz resultante entre su correspondiente vector promedio de la matriz columna.

Para obtener un único valor de  $\lambda_{max}$ , se debe calcular la media aritmética de los valores resultantes. Véase de forma más detallada al final del Anexo IV.

Por otro lado, N corresponde al tamaño de la matriz de la que se está calculando su RI. En este trabajo,  $\lambda_{max}$  obtiene el valor de 6,63, por tanto:

$$IC = \frac{6,63 - 6}{6 - 1} = 0,126$$

Por último, CA se obtiene mediante los valores propuestos por Saaty según la siguiente tabla:

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CA	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

**Tabla 5.2. Valores de CA según el tamaño de la matriz normalizada. Fuente: T. L. Saaty (1988)**

Debido a que las dimensiones de la matriz de este proyecto es de N=6, su CA=1,24. Por consiguiente, ya se puede calcular el valor RI:

$$RI = \frac{0,126}{1,24} = 0,1$$

En este caso, la inconsistencia de los pesos asignados a los criterios es igual o inferior del límite del 0,1 establecido por Saaty, lo cual significa que existe un nivel de coherencia aceptable en la comparación entre los atributos.

**b. Desarrollo de la Matriz Normalizada:** Indica los valores relativos de cada sub-criterio respecto a la suma de los valores de cada columna. A partir de los valores obtenidos en esta matriz, se procede a calcular el vector promedio, el cual define la jerarquía de cada sub-criterio (de mayor a menor valor). El valor promedio se calcula mediante la media de los valores de cada fila, que corresponde a cada sub-criterio (las matrices aparecen reflejadas en el Anexo IV). el valor promedio obtenido es:

	Vector Promedio
Dimensiones	0,02
Peso	0,29
Variedad	0,04
Alcance	0,41
Capacidad	0,12
Tiempo de Carga	0,12

Tabla 5.3. Jerarquía de sub-criterios. Fuente: Elaboración propia

En esta jerarquía se puede observar como el sub-criterio 'Alcance', con un valor promedio de 0,41, es el que adquiere mayor importancia, seguido de 5 sub-criterios más hasta acabar con 'Dimensiones', con un valor promedio de 0,02.

3. **Evaluación de las alternativas.** La siguiente etapa consiste en la comparativa de las alternativas con cada uno de los sub-criterios, en el cual se establece el mismo procedimiento que aplicado anteriormente, es decir la escala de Saaty (véase Anexo III).

	Dimensiones	Peso	Variedad	Alcance	Capacidad	Tiempo de Carga
Teruel	0,06	0,09	0,04	0,04	0,6	0,04
HIMARS	0,15	0,57	0,43	0,32	0,04	0,4
M270A1 MLRS	0,52	0,04	0,43	0,32	0,09	0,4
ASTROS	0,28	0,29	0,1	0,32	0,27	0,17

Tabla 5.4. Evaluación de Alternativa-Sub criterio. Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos en la figura 0-10, son los vectores promedios de cada alternativa respecto al sub-criterio.

4. **Jerarquización de alternativas.** El último paso es definir qué solución se presenta como la mejor elección posible, mediante la suma de la multiplicación de los vectores promedios de cada alternativa (sobre cada sub-criterio) con respecto a la ponderación obtenida de los vectores promedios de la Matriz de Comparación por pares de sub-criterios. Reflejado en el Anexo IV. Así quedaría la jerarquía de las alternativas:

	TOTAL
Teruel	0,1221
HIMARS	0,3695
M270A1 MLRS	0,2292
ASTROS	0,2777

Tabla 5.5. Jerarquía de las Alternativas. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, el mayor valor lo obtiene el sistema HIMARS con un 0,3695 convirtiéndolo en el más idóneo para formar parte del programa SILAM. A él le sigue el sistema ASTROS con un 0,2777, el sistema M270A1 MLRS con un 0,2292 y finalizando con el sistema Teruel con un 0,1221.



## 5.4. Sistema de adquisición de Objetivos

Al principio de este apartado se ha nombrado la necesidad de tener la capacidad de vigilancia y adquisición de objetivos, lo cual no significa que solo haya que centrarse en la ofensiva, sino también en los ataques C/B que pueda sufrir la propia UAF Cohete. Para ello, se ha de disponer de buenos medios de STA basado en un radar C/B correctamente conectado a la estructura ISTAR y complementado con el RPAS.

La finalidad de que se integre un RPAS como complemento al radar de C/B es de ser más rápido que el sistema C/B enemigo. Por este motivo, la tecnología debe estar a la altura y la Brigada de la Legión ya se ha puesto en marcha en la búsqueda de los mejores radares C/B.

Un radar C/B es capaz de detectar proyectiles de artillería, a partir de sus trayectorias, y localizar la posición del arma que la disparó. Aquí es preciso buscar que radar es el más rápido.

En noviembre de 2006, España adquirió 4 radares ARTHUR (Artillery Hunting Radar) [13] fabricados por la empresa Saab y que hoy en día sigue en funcionamiento. Este radar tiene un alcance de 40 km y puede clasificar el origen de fuego y el punto de impacto, y el tipo de proyectil.

Una gran ventaja de este radar es que puede trabajar en el mismo tiempo en el modo hostil y amigo, es decir a la vez que localiza el fuego enemigo puede corregir el fuego propio. Además tiene capacidad de localizar 100 disparos por minuto y seguir 8 trayectorias de forma paralela. Esto le otorga la rapidez que se exige en el desarrollo de las acciones de fuego de la Briex 35, además de una mayor seguridad.

La tripulación de la cual requiere este sistema es de tan solo dos personas, un conductor y un operador.

Los demás elementos que incorpora el radar son un navegador inercial que proporciona la posición y orientación de la antena, y busca las rutas posibles para los traslados o movimiento que debe hacer el radar. Además, el sistema incluye un terminal remoto, que permite manejar el radar desde el exterior de la cabina, un sistema de acondicionamiento y un grupo electrógeno, que otorga autonomía al radar.

El sistema de comunicaciones permite el enlace tanto con el conductor como con elementos externos, dentro y fuera del territorio nacional, mediante voz o texto, y puede enviar los datos de corrección y de tiro directamente a las piezas.

El radar se incorpora sobre un camión todoterreno Iveco 7226, permitiendo la elevada movilidad que exige el programa SILAM.



**Figura 5.7. Sistema Radar ARTHUR. Fuente: [12]**

Los RPAS que el Ejército español empleará junto con el radar ARTHUR serán, los sistemas ya adquiridos por la compañía española SCR en diciembre de 2017 [14], Atlantic y Tucán.

El sistema Atlantic [15] está diseñado para dar una respuesta de operación rápida. El sistema completo está formado por plataforma, estación de tierra y ordenador portátil ruggedizado con software para comando y control. Este sistema realiza el plan de vuelo de manera autónoma y automática, y en caso de emergencia, dispone de un sistema de recuperación por paracaídas. Presenta un peso de 50 kg, un alcance de 100 km, 4 horas de autonomía y un techo de vuelo de 12000 pies.



Figura 5.8. RPAS Atlantic. Fuente: [15]

El sistema Tucán [16] es un RPAS más ligero que el Atlantic. Su peso es de 5 kg y presenta un alcance de 20 km, 90 minutos de autonomía y un techo de vuelo de 8000 pies. El sistema se controla desde un portátil ruggedizado y en caso de emergencia puede ser recuperado mediante paracaídas. A simple vista, se podría pensar que las características que presenta el RPAS Atlantic son más eficaces que el Tucán, pero este sistema además de ser más económico y el más usado para la instrucción de los militares, está diseñado para misiones de vigilancia donde la discreción y el sigilo predominan, debido a su reducida firma sonora. Asimismo, el RPAS Tucán puede lanzarse a mano o con un lanzador de elastómeros, y la operación de aterrizaje se realiza sobre un patín integrado en la bodega de carga.



Figura 5.9. RPAS Tucán. Fuente: [16]

Sin embargo, esta comparación no debe ser observada como una criba para descartar uno de los dos sistemas, sino como una complementación entre ambos, ya que debido a que el futuro de nuestro entorno operativo es incierto e inestable, dependerá de en qué ámbito se deberá usar uno u otro.

## 6. Grado de interoperabilidad

Según el Esquema Nacional de Interoperabilidad, la Interoperabilidad es la capacidad de los sistemas de información y de los procedimientos a los que éstos dan soporte, de compartir datos y posibilitar el intercambio de información entre ellos.

La artillería siempre ha consistido en un arma de apoyo, y por ello, se ha de tener en cuenta qué unidades se está apoyando y mantener cierto enlace con él para poder proporcionarle dicho apoyo; no solo eso, sino que debido a la coordinación de los fuegos, cada componente de una UAF debe estar conectado con el componente que le corresponda para poder efectuar el fuego.

En zona de operaciones puede darse el caso de que una UAF obtenga una petición de fuego para batir un objetivo, y que dicha UAF no tenga capacidades para poder hacerlo. Esto implicaría transferir dicha actividad a otra unidad que presente las capacidades idóneas para poder llevarlo a cabo.

Este apartado trata de estudiar el modo de enlace que ha de tener una UAF Cohete para poder recibir o enviar peticiones de fuego que no se han podido efectuar. La finalidad del estudio es informar de las capacidades que presenta una UAF Cohete para la interoperabilidad con el resto de unidades.

Se ha de tener en cuenta dos ámbitos: nacional e internacional

### 6.1. Ámbito Nacional

El ámbito nacional se da cuando la petición de fuego es solicitada por un componente dentro de un mismo ejército. Esta petición puede darse tanto por un OAV, por el mismo FSE que obtiene la posición del objetivo con un RPAS, etc.

Antiguamente, el modo de enlace en el campo de batalla era únicamente por fonia, y la herramienta capaz de proporcionar los datos de tiro era mediante el canevas de tiro. Debido al gran desarrollo de las tecnologías y la evolución de los ejércitos, la artillería se ve obligada a innovar.

Hoy en día, el Ejército español dispone de diversos sistemas para coordinar sus acciones de fuego, y de más aspectos a tener en cuenta. En artillería el sistema más usado es el Talos [17], el cual es un sistema de mando y control, desarrollado por la empresa española GMV, distribuido a dos niveles de mando, capaz de proporcionar los datos de tiros en menos tiempo que realizándolo de forma manual, además de recibir peticiones de fuego, enviar mensajes, visualizar las entidades, etc. La capacidad a tener en cuenta para este proyecto es el reenvío de peticiones de fuego a otras unidades.

Esto a través del Talos técnico (subsistema del Talos) se puede realizar dicho reenvío. Para ello, se ha de realizar un procedimiento, el cual se explicará, brevemente, a continuación.

Antes de entrar en el propio sistema hay que configurarlo. El configurador indica, además de la vía que se va a usar para establecer el enlace (dentro de 'Mallas'), la entidad que presenta el usuario que está utilizando dicho sistema. En la pestaña superior donde aparece 'Otros', se encuentra una ventana, 'Unidad', donde se escoge la entidad del usuario (Grupo, Bia1, Bia2, etc).

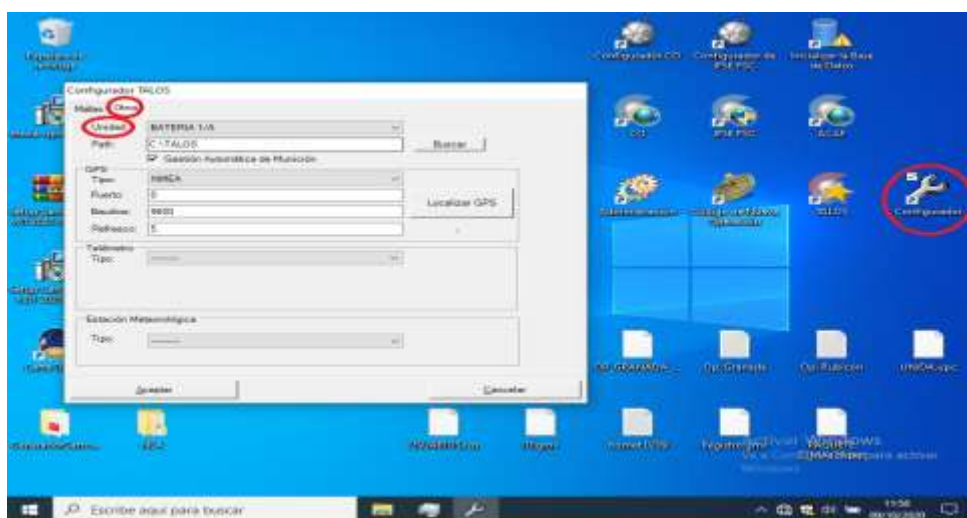


Figura 6.1. Configurador de TALOS. Fuente: Elaboración propia

Una vez que se haya escogido, se haya configurado el resto del ordenador y se haya creado una operación, se puede abrir la aplicación Talos. En la parte inferior de la aplicación, aparecen varias pestañas. La primera de ellas es '1-Config.' y aquí se indicará la 'Jerarquía de Fuego' (dentro de la pestaña '1-General', arriba a la izquierda), y se comprobará el enlace que se mantiene tanto con la malla de tiro como con la de mando (en la pestaña 'Comunicaciones').





Figura 6.2. Aplicación TALOS-Apartado Configuración. Fuente: Elaboración propia

En la misma 'Jerarquía de Fuego' se puede observar las entidades que existen. La primera entidad que aparece es Grupo y es aquella que formará parte el Teniente Coronel.

La pestaña que se encuentra en la parte inferior de la pantalla, llamada '4-Peticiones', se puede observar las peticiones de fuego enviadas. Si se pincha en la pestaña superior 'Sin Atender', se puede observar que en la parte inferior aparece una tecla que indica encaminar la PF a Grupo, en 'Enc.GRUPO'.

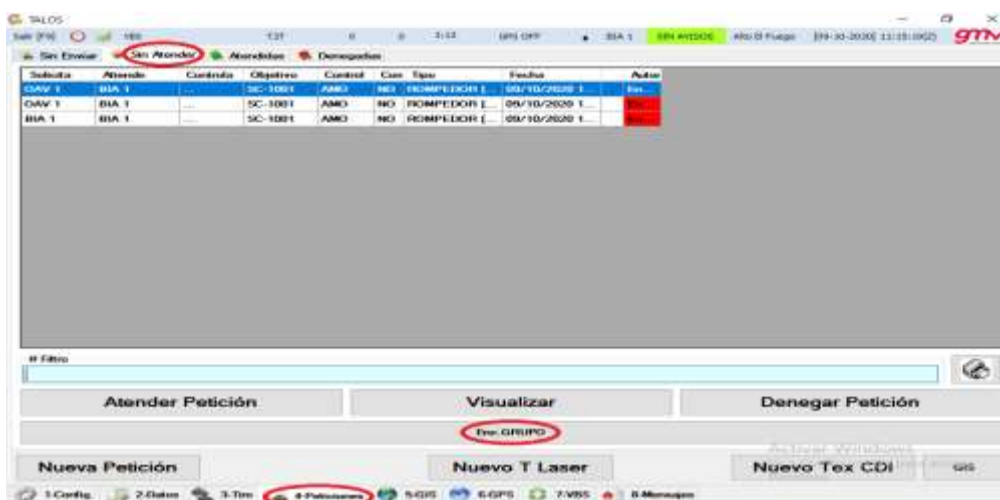


Figura 6.3. Aplicación TALOS-Peticiones de fuego. Fuente: Elaboración propia

Si se pincha esa tecla, la petición de fuego será encaminada al Teniente Coronel, que podrá volver a encaminar a la UAF Cohete si lo estima necesario.

El Talos también permite mantener enlace con el radar C/B, y ser este quien mande las correcciones de tiro en vez del OAV. Asimismo, puede mandar coordenadas de origen de fuegos, al FDC para hacer C/B.

## 6.2. Ámbito internacional

Hasta ahora se ha visto cuando una petición de fuego se envía a otra UAF dentro de un mismo ejército. Sin embargo, pueden existir ocasiones en las que una Nación no tiene los medios precisos para batir un objetivo y tenga que depender de otro país aliado para poder hacerlo. En ese caso, el pasado mes de febrero, España completó su segunda verificación técnica de la implementación del interfaz ASCA (Artillery System Cooperation Activities) en Talos.

ASCA es un esfuerzo multinacional cuyo objetivo es estandarizar los procedimientos digitales de artillería necesarios para la integración total del fuego y la adquisición de objetivos. [18]

Este sistema de cooperación multinacional se inició en 2018 en el ejercicio Dynamic Front de Estados Unidos dirigido por Europa. Este ejercicio incluyó aproximadamente a 3700 participantes de 26 países de la OTAN y países socios. España formaría parte en Junio de ese mismo año con el ejercicio Valiant Lynx. [19]

El sistema trata de que los procedimientos estén estandarizados para que todos los países miembros de la OTAN (Organización del Tratado Atlántico Norte) se integren rápidamente en las estructuras de mando para participar en operaciones multinacionales.

Talos permitirá su integración en SIMACET (Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra) y ser interoperable con naciones aliadas integradas en el protocolo ASCA.

## 7. Análisis de riesgos

El análisis de riesgos es un proceso sistemático que consiste en identificar, analizar y controlar los riesgos de un proyecto. [20]

La metodología que se ha de realizar para la gestión de riesgos consta de tres fases:

- Fase 1: en esta fase se identifica y se evalúa el riesgo
- Fase 2: se prioriza u ordena cada riesgo por su criticidad y se elabora un plan de respuestas
- Fase 3: se realiza un control y seguimiento para evaluar sus indicadores

Los riesgos pueden ser tantos positivos como negativos, al igual que conocidos como desconocidos; y pueden afectar al tiempo, coste, alcance o calidad del proyecto. El objetivo de dicha gestión es aumentar la probabilidad e impacto de los eventos positivos y disminuir la de los eventos negativos.

Los factores de riesgos son la probabilidad de ocurrencia, el impacto, cuándo puede ocurrir y frecuencia de aparición.

Una vez que se identifican los posibles riesgos del proyecto, se clasifican y priorizan teniendo en cuenta tanto su criticidad como probabilidad de ocurrencia. Para ello se ha de elaborar una matriz de probabilidad e impacto. En dicha matriz el nivel de criticidad de los riesgos se divide en bajos, moderados y altos; y con medida que el nivel aumenta se debería incrementar, a su vez, el control y seguimiento de dicho riesgo hasta el punto de mitigarlo si el riesgo es alto, o por lo menos reducir su impacto.

La matriz de riesgo se representará más adelante.

Para este proyecto, el análisis de riesgo es esencial, ya que si no se tuvieran en cuenta algunos de ellos, el estudio podría fracasar. Por este motivo, se ha tenido en cuenta todos los ámbitos (capacidades, orgánica y grado de interoperabilidad) para la hora de analizar algunos de sus riesgos.

Los principales riesgos a tratar son:

ID	Descripción riesgo
1	Falta de instrucción de la unidad
2	Material actual de enlace ineficaz
3	Intervención de ataque misil en la trayectoria balística del cohete
4	Campo de maniobras inhabilitado a instrucción de cohetes
5	Ataques de EW contra medios de STA propios

**Tabla 7.1. Análisis Cualitativo. Matriz de Probabilidad e Impacto. Fuente: Elaboración propia**

Ahora se ha de conocer la probabilidad y el impacto de estos riesgos. Para ello, se incluirá un análisis cualitativo (Tabla 7.2), donde se priorizarán los riesgos.

Probabilidad	3	1	1	2
	2	0	0	0
	1	0	1	0
		Low	Medium	High
		Impacto		

Clase riesgo	Número
Crítico	2
Alto - medio	1
Medio	2
Bajo	0
Total:	5

**Tabla 7.2. Matriz de riesgos de una UAF Cohete. Elaboración propia.**

Como se observa en el análisis cualitativo, se identifican 6 riesgos que están compuestos por:

- 2 de riesgo nivel alto, en el que tanto la probabilidad como el impacto es alto.
- 1 de alto-medio, el cual presenta una probabilidad de ocurrencia de nivel alto e impacto medio.
- 2 de riesgo nivel medio, en el que uno presenta una probabilidad de ocurrencia medio e impacto alto y otro de probabilidad de nivel alto e impacto medio.

A continuación se explicará el motivo por el cual se han asignado esos niveles de probabilidad de ocurrencia e impacto a dichos riesgos, como las medidas tomadas:

• **Nivel alto:**

- Riesgo nº 5: Ataque de EW (Electronic War) contra medios de STA propios. Este riesgo presenta un nivel tan alto, debido a los efectos que produce (señalado en el Anexo V), si los medios de STA fallan, la vulnerabilidad no solo de las fuerzas propias sino también de las fuerzas apoyadas están expuestas a un gran peligro. La probabilidad de ocurrencia también es elevada, debido a que la gran mayoría de ejércitos invierte gran parte de su dinero en este ámbito, la EW, ya que la utilización militar de equipos electrónicos alcanza a todos los niveles y modalidades de combate. Por este motivo, la alternativa que mejor se adapta a la solución de este riesgo será la dotación de mejores equipos con respecto al enemigo que suponga una superioridad considerable, haciendo que el riesgo disminuya a un nivel medio moderado.

- Riesgo nº 2: Material actual de enlace ineficaz. Este riesgo presenta un nivel de impacto muy elevado debido a que el fallo en el enlace perjudicaría en gran medida las acciones de fuego, y la probabilidad de que eso se produjese hoy día en una UAF Cohete es muy elevada por motivos de que la nueva orgánica presentan distancias muy considerables entre cada UAF, que imposibilitaría el alcance de los medios de enlace. La medida de obtener mejor material, como antenas con mayor alcance por ejemplo, o modificar el que ya se tiene reduciría la probabilidad de que fallase a la mínima, aunque el impacto no se reduciría si se produjese dicho fallo. Tras la medida implementada el riesgo pasaría a ser de nivel medio

• **Nivel alto-medio:**

- Riesgo nº 4: Campo de maniobras inhabilitado a instrucción de Cohetes. Aquí es necesario concretar que solo estará inhabilitado para la realización de fuego real, es por ello que el impacto es de nivel medio, ya que se podría realizar instrucción sin realizar disparos, solo aplicando procedimientos, pero la probabilidad de que en el campo de maniobras de Sotomayor se inhabilite el tiro de cohete es muy elevada debido a sus escasas dimensiones. Sin embargo, esta probabilidad disminuiría, con el traslado a otro campo de maniobras que sí lo permita, como es el Campo de Maniobras y Tiro el Teleno y Campo de Maniobras Sangregorio, reduciendo así el impacto y la probabilidad al mínimo nivel.

• **Nivel medio:**

- Riesgo nº 1: Falta de instrucción de la unidad. Por motivos de la carencia de material cohete que dejó la baja del servicio Teruel en 2011, la probabilidad de que ocurra es máxima, ya que los artilleros que componen el ET dejaron de practicar dicha instrucción desde aquella fecha. No obstante, el impacto es mínimo debido a que la instrucción del personal tan cualificado que compone el ET será en cuestión de varios meses. Con un incremento de horas de instrucción y una prevención en el ámbito teórico de las lecciones se podría reducir el tiempo de aprendizaje. La probabilidad se vería reducida levemente, pero el nivel del riesgo no se vería afectado.

- Riesgo nº3: Intervención de ataque misil en la trayectoria balística del cohete. Este riesgo presenta un impacto medio debido a que si eso ocurriese, lo único que le afectaría a la UAF Cohete sería la pérdida de un cohete y no le ocasionaría ningún daño propio, pero la pérdida de munición por una detección de un misil podría delatar la posición en la que se encuentra la UAF Cohete. La probabilidad de que eso ocurriese sería mínima debido que para ello el resto de ejércitos debe presentar una instrucción muy elevada para poder realizar dicha acción, además de munición misil, el cual supone gran coste económico. Si los medios de EW propios inhabilitasen los radares C/B enemigos, además de actuar por sorpresa, el impacto del riesgo se vería reducido al mínimo, al igual que el riesgo.

Estas medidas modificaría el análisis cualitativo, transformando así la matriz de prioridad (figura 7.3):

Probabilidad	3	0	0	0
	2	1	0	1
	1	2	0	1
		Low	Medium	High
		Impacto		

Clase riesgo	Número
Crítico	0
Alto - medio	1
Medio	2
Bajo	2
Total:	5

Tabla 7.3. Análisis cualitativos después de realizar las medidas. Fuente: Elaboración propia

## 8. Conclusiones y líneas futuras

Finalmente, tras completar el estudio, adaptado al entorno de la Briex 35, se ha deducido una serie de conclusiones. La ausencia de capacidad cohete en la artillería española obliga a encontrar una respuesta por parte de este, siendo propuestas una serie de sistemas lanzacohetes que puede emplear el programa SILAM.

El análisis de los 4 tipos de sistemas lanzacohetes concluyó con una clara ventaja el sistema HIMARS, seguido por el sistema ASTROS y el sistema M270A1 MLRS y finalizando como última opción el sistema Teruel. La razón es debido a que las cualidades del sistema HIMARS cuadra mejor en el programa SILAM ya que este programa exige, en gran medida, un elevado alcance de sus municiones, el cual es prácticamente el mismo en todos ellos exceptuando el sistema Teruel, que es mucho menor, y la alta movilidad que presenta, debido a sus escaso tonelaje, para trabajar en combinación con las piezas SIAC.

Al presentarse el sistema Teruel en última posición y con una clara diferencia, supone admitir que además de demostrar capacidades muy inferiores a los demás sistemas, el ET español prefiere importar tecnología militar de otros países a invertir en productos nacionales; por consiguiente, el ET español no es un referente en el desarrollo de tecnología militar. Por ello, es preferible optar por sistemas lanzacohetes americanos, como son el sistema HIMARS y el sistema M270A1 MLRS, o por sistemas de origen brasileño, como es el sistema ASTROS, el cual ha despertado gran interés en el ET español y, por tanto, se ha convertido en un gran competidor del sistema HIMARS. Una de las razones que por las cuales el sistema M270A1 quede en tercer lugar es debido, además de por su excesivo tonelaje que limita su aerotransporte, por su parada en la producción en las empresas americanas al invertir más en el sistema HIMARS.

Asimismo, además de proporcionar dicho estudio comparativo para adquirir un sistema lanzacohetes, se ha de estudiar su empleo general dentro de las Fuerzas Armadas, el objeto de este trabajo es su aplicación en el entorno de la Briex 35. Una UAF Cohete se compondría de 4 plataformas de fuego HIMARS, las cuales pueden ser empleados como elementos disuasorios, debido a sus características, para operaciones no bélicas. La exigencia que requiere la composición que forma una UAF Cohete requiere también unos sistemas acordes que proporcione mayor autonomía a la nueva estructura.

La eficacia que supone una UAF Cohete no es solo por las capacidades que presenta los sistemas lanzacohetes, sino también por las características que muestren los demás medios de STA y medios de enlace, los cuales deben ser innovadores y eficaces para el desarrollo de la misión. Todos estos sistemas se complementan dentro de la orgánica de una UAF Cohete, que con menos efectivos puede proporcionar mejor apoyo a los GCBT.

Finalmente, este proyecto puede servir para trabajos futuros, como base para posteriores estudios. La mayoría de ejércitos de nuestro entorno invierte gran cantidad de dinero en la evolución y desarrollo de la artillería cohete, ya que no existe mejor manera donde la artillería influya con tal grado de eficacia en el combate. Por este motivo, el ET español debe empezar a implementar esta capacidad y su empleo en las unidades de artillería para no quedar en una posición atrasada con respecto a los países de nuestro entorno.

## 9. Referencias Bibliográficas

- [1] J. M. Manrique, M. Á. Martínez y S. Sánchez Renedo , «Cohetes reglamentarios de campaña en España. La semilla de la SGM,» 18 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.defensa.com/ayer-noticia/cohetes-reglamentarios-campana-espana-semilla-smg>.
- [2] Fuerza 35, *Conceptos funciones de combate Briex 35 y apoyos CE*, 2019.
- [3] Dpto. Táctica y Logística (AGM), «Capítulo 6: El Combate de la ACA,» 1999.
- [4] Ejército de Tierra, «Fuerza 35,» 2019. [En línea]. Available: [https://ejercito.defensa.gob.es/Galerias/Descarga\\_pdf/EjercitoTierra/Publicaciones/fuerza\\_35.pdf](https://ejercito.defensa.gob.es/Galerias/Descarga_pdf/EjercitoTierra/Publicaciones/fuerza_35.pdf).
- [5] MINISDEF, «Reportajes del Boletín de Tierra; El Lanzacohetes 'Teruel' dado de baja,» 29 Diciembre 2011. [En línea]. Available: <https://ejercito.defensa.gob.es/noticias/2011/12/1330.html>.
- [6] WIKIPEDIA, «M270 MLRS,» [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/M270\\_MLRS](https://es.wikipedia.org/wiki/M270_MLRS).
- [7] Academia de Artillería, *Memorial de Artillería*, Segovia, 2018.
- [8] Navarro García, J. M., «Se confirma el interés del Ejército de Tierra español por el sistema de cohetes ASTROS,» 3 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.defensa.com/laad-2019/confirma-interes-ejercito-tierra-sistema-cohetes-astros>.
- [9] ECURED, «MLRS,» [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Mlrs#Cohetes\\_y\\_misiles\\_usados\\_por\\_el\\_M270IPDS](https://www.ecured.cu/Mlrs#Cohetes_y_misiles_usados_por_el_M270IPDS).
- [10] WIKIPEDIA, «Astros II (sistema de artillería de cohetes),» [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Astros\\_II\\_\(sistema\\_de\\_artiller%C3%ADa\\_de\\_cohetes\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Astros_II_(sistema_de_artiller%C3%ADa_de_cohetes)).
- [11] Abdessamad, T., «El método AHP,» [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70496/fichero/Capitulo+4+El+m%C3%A9todo+AHP.pdf>.
- [12] F. D. De la Peña Esteban, Dirección, *Método AHP. Caso práctico*. [Película]. Madrid: You Tube.
- [13] Truenos y Corazas, «RADAR CONTRABATERÍA ARTHUR,» 23 Diciembre 2012. [En línea]. Available: <http://truenosycorazas.blogspot.com/2012/12/radar-contrabateria-arthur.html>.

- [14] ESPAÑA DEFENSA, «El Ejército español adquiere los sistemas RPAS Atlantic y Tucán de SCR,» 19 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.infodefensa.com/es/2017/12/19/noticia-ejercito-espanol-adquiere-sistemas-atlantic-tucan.html>.
- [15] SCR, «ATLANTIC I,» [En línea]. Available: <https://scrdrones.com/producto-item/atlantic-i/>.
- [16] SCR, «TUCÁN,» [En línea]. Available: <https://scrdrones.com/producto-item/tucan/>.
- [17] gmv, «DEFENSA Y SEGURIDAD; TALOS,» [En línea]. Available: <https://www.gmv.com/es/Productos/Talos/>.
- [18] Academia de Artillería, «Memorial de Artillería, Númeor 176/1,» Junio 2020. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Goyo/Downloads/memorial\\_artilleria\\_176\\_1.pdf](file:///C:/Users/Goyo/Downloads/memorial_artilleria_176_1.pdf).
- [19] Ejército de Tierra, «Feature Articles,» 14 Junio 2018. [En línea]. Available: [https://ejercito.defensa.gob.es/en/reportajes/2018/64\\_valiant\\_lynx.html](https://ejercito.defensa.gob.es/en/reportajes/2018/64_valiant_lynx.html).
- [20] Acero Cacho, Raquel, «Tema 5: Gestión de riesgos,» 29 Septiembre 2013. [En línea]. Available: <https://moodle.unizar.es/add/course/view.php?id=30712>.



**ANEXOS**





Anexo I. Project Charter

Título: ESTUDIO SOBRE LAS CAPACIDADES DE UNA UNIDAD DE APOYO DE FUEGO COHETE EN APOYO A UNA BRIGADA DE COMBATE. ORGÁNICA, CAPACIDADES Y GRADO DE INTEROPERABILIDAD. SOLUCIONES ACTUALES.			Fecha:	01/09/2020	
Jefe del proyecto:	CAC Alejandro Gálvez Gallardo			Localización:	Viator, Almería
Recursos personal:	Jefe de la Batería de Plana y su personal (30-40 personas), Jefe de sección de la 1ª Batería y su personal (20-30 personas)				
Equipo de proyecto:	CAC Gálvez (PM), Tte (PC), Equipo de expertos (Tte Callejas, Sgto 1º Rega, Sgto Duran)				
Stakeholders:	Oficiales y Suboficiales del GACALEG integrados en el estudio de la implementación de la Briex 35.				
Descripción general del proyecto:					
Estudio de toda la composición de un UAF cohete. Estudio comparativo de los sistemas cohetes que aún no existen en el ET español para su futura elección. Estudio de la interoperabilidad que tendrá una UAF Cohete para enlazar con los medios productores de fuego.					
Motivación:					
Debido a la necesidad de realizar fuegos con elevada profundidad y precisión en apoyo conjunto a una Brigada, que los cañones operativos de la artillería española no pueden efectuar, la Briex 35 se ve obliga a implantar una UAF Cohete de la que carece España tras la baja en servicio del sistema Teruel en 2011.					
Objetivos y requisitos del proyecto:					
El estudio en cuestión debe identificar los requisitos que requiere una UAF Cohete y a partir de soluciones actuales, realizar un análisis comparativo de los sistemas lanzacohetes, para la futura elección que mejor convenga al sistema SILAM, así como proporcionar el alcance de producto que requiere una UAF Cohete y un estudio de su organización operativa. Todo esto basandome en los conocimientos del Cap. Jiménez y el tte. Callejas, quienes están integrados en el estudio de la elaboración de la Briex 35. El propósito de este proyecto es solucionar el conflicto derivado de la falta de artillería cohete.					
Entregables / Hitos:		Fecha Fin	Fecha Fin		
M1	Definición e identificación de necesidades de una UAF Cohete	20/09/2020	M5	Realización de entrevistas a stakeholders	
M2	Elaboración de la organización que compone una UAF Cohete	25/09/2020	M6	Recopilación de los resultados de la entrevistas realizadas y elaboración de estadísticas	
M3	Comparación y elección de los diversos sistemas que pueden formar parte del programa SILAM	05/10/2020			
M4	Elaboración del estudio del grado de interoperabilidad	10/10/2020			

## Anexo II. Encuestas

**Objetivo de la encuesta:** Obtener información de la opinión de los expertos en la materia sobre su estudio en la Briex 35, más concretamente en una UAF Cohete.

**Técnica:** Enviada y respondida vía email.

**Ámbito geográfico:** Viator, Almería.

**Población:** Militares y personal civil que trabajan en la Brigada Rey Alfonso XIII, II de la Legión que por sus funciones conocen las capacidades de una UAF Cohete.

**Número de entrevistas:** 15.

**Número de respuestas:** 15.

**Tasa de respuesta:** 100%.

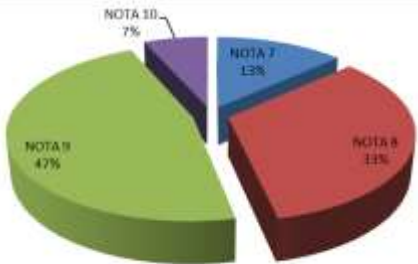
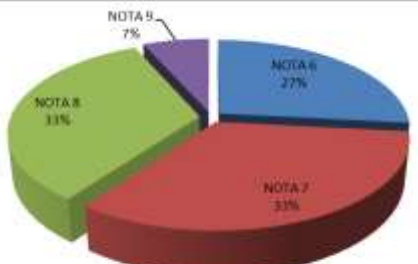
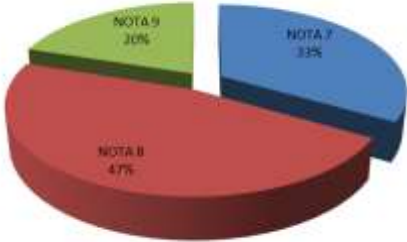
**Muestreo:** el equipo de expertos ha sido seleccionado en base a su integración en el estudio de la Briex 35, la experiencia que tienen con el arma de artillería y sus conocimientos de una UAF Cohete.

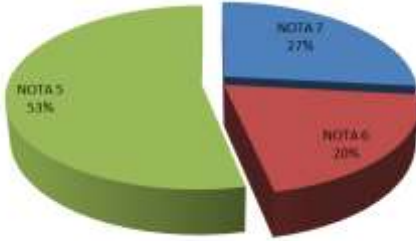
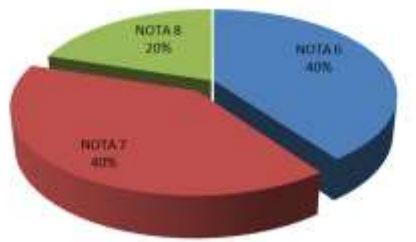
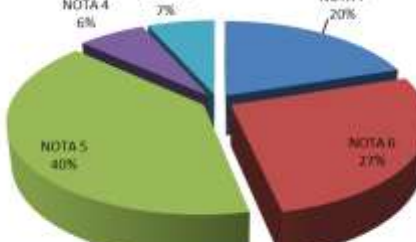
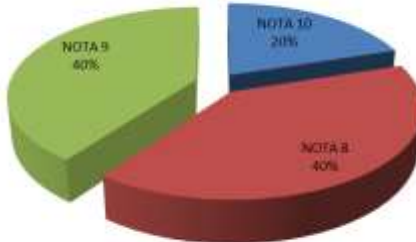
**Fecha y lugar:** Días entre 15/10/2020 y 20/10/2020 en Viator, Almería.

**Modo de respuesta:** Debido a la complejidad del trabajo de los mandos, los diferentes puestos que ocupan y las vicisitudes de cada día en el trabajo, la recogida de información se realizó vía e-mail en vez de realizarla "cara a cara" pudiéndose obtener más rápido los resultados.

### ENCUESTA

Las respuestas presentan una escala del 1 al 10, siendo el 1 nada importante y el 10 esencial.

PREGUNTAS	RESPUESTAS	MEDIA
1º Determine la necesidad de agregar una UAF Cohete a una Brigada		8,47
2º Valore la importancia que tiene la capacidad de cohetes en un sistema lanzacohetes		7,20
3º Valore la importancia que tiene el peso de un sistema lanzacohetes		7,87

4º Valore la importancia que presenta la variedad de municiones en un sistema lanzacohetes	 <table><tr><th>Nota</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>NOTA 5</td><td>53%</td></tr><tr><td>NOTA 6</td><td>20%</td></tr><tr><td>NOTA 7</td><td>27%</td></tr></table>	Nota	Porcentaje	NOTA 5	53%	NOTA 6	20%	NOTA 7	27%	6,07				
Nota	Porcentaje													
NOTA 5	53%													
NOTA 6	20%													
NOTA 7	27%													
5º Valore la importancia que tiene la el tiempo de carga en un sistema lanzacohetes	 <table><tr><th>Nota</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>NOTA 6</td><td>40%</td></tr><tr><td>NOTA 7</td><td>40%</td></tr><tr><td>NOTA 8</td><td>20%</td></tr></table>	Nota	Porcentaje	NOTA 6	40%	NOTA 7	40%	NOTA 8	20%	6,8				
Nota	Porcentaje													
NOTA 6	40%													
NOTA 7	40%													
NOTA 8	20%													
6º Valore la importancia que presenta las dimensiones de un sistema lanzacohetes, incluido el vehículo en el que se integra.	 <table><tr><th>Nota</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>NOTA 3</td><td>7%</td></tr><tr><td>NOTA 4</td><td>6%</td></tr><tr><td>NOTA 5</td><td>40%</td></tr><tr><td>NOTA 6</td><td>27%</td></tr><tr><td>NOTA 7</td><td>20%</td></tr></table>	Nota	Porcentaje	NOTA 3	7%	NOTA 4	6%	NOTA 5	40%	NOTA 6	27%	NOTA 7	20%	5,47
Nota	Porcentaje													
NOTA 3	7%													
NOTA 4	6%													
NOTA 5	40%													
NOTA 6	27%													
NOTA 7	20%													
7º Valore la importancia que tiene el alcance de las municiones en un sistema lanzacohetes	 <table><tr><th>Nota</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>NOTA 8</td><td>40%</td></tr><tr><td>NOTA 9</td><td>40%</td></tr><tr><td>NOTA 10</td><td>20%</td></tr></table>	Nota	Porcentaje	NOTA 8	40%	NOTA 9	40%	NOTA 10	20%	8,8				
Nota	Porcentaje													
NOTA 8	40%													
NOTA 9	40%													
NOTA 10	20%													

**RESPUESTA:**

		Nº DE PREGUNTAS						
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º
Nº DE PARTICIPANTES	1º	8	7	8	6	7	5	10
	2º	9	6	8	6	6	5	9
	3º	8	8	7	6	7	5	9
	4º	7	8	7	6	7	5	9
	5º	9	7	7	5	6	6	8
	6º	9	7	9	6	6	7	10
	7º	10	7	8	5	6	4	8
	8º	9	6	8	5	7	3	8
	9º	8	6	8	7	8	5	8
	10º	9	6	7	7	7	6	9
	11º	8	8	7	6	6	6	8
	12º	8	8	9	6	6	7	9
	13º	9	9	8	7	7	6	8
	14º	7	8	8	6	8	5	9
	15º	9	7	9	7	8	7	10
MEDIA		8,47	7,20	7,87	6,07	6,80	5,47	8,80
DESV. TÍPICA		0,81	0,91	0,72	0,68	0,75	1,09	0,75

**Análisis de las respuestas obtenidas:**

- En cada una de ellas se ha obtenido la media. En la primera se observa que se ha obtenido una media de 8,47 sobre 10, lo cual indica que el equipo de expertos comparten opinión de que es muy necesaria la integración de una UAF Cohete en un Grupo de artillería.

$$MEDIA = \frac{8 + 9 + 8 + 7 + 9 + 9 + 10 + 9 + 8 + 9 + 8 + 8 + 9 + 7 + 9}{15}$$

También se aprecia como la desviación típica es de 0,81, lo cual significa que los valores que existen están muy cercanos a la media, es decir todos los participantes presentan una opinión similar.

- Las demás respuestas se basan en la opinión de cada participante sobre las capacidades que debe tener un sistema lanzacohetes.

Como se puede observar, la media más elevada la tiene la capacidad 'Alcance' con un valor de 8,8 y una desviación típica de 0,75, especificando de esta manera que la opinión de los expertos no son muy dispares.

Por el contrario, la capacidad 'Dimensiones' es la que menos media presenta con un valor de 5,47, aunque su desviación típica es de 1,09, la cual la posiciona en la más elevada, especificando de esta manera que las opiniones entre los expertos son más dispares en esta capacidad que respecto al resto.

### Anexo III. Método AHP (1ª parte)

Los matrices siguientes son un reflejo de que sistema muestra mejores capacidades sobre el otro sistema, realizando la escala de Saaty. Tras la realización de la Matriz Normalizada, donde se obtienen los valores relativos de cada sistema, se realiza el vector promedio (valor relativo final que muestra la importancia de cada sistema, mientras más elevado sea mejor es el sistema en ese subcriterio) mediante la media de los valores obtenidos en las filas de la Matriz Normalizada.

	DIMENSIONES								
	Teruel	HIMARS	M270A1 MLR	ASTROS	Matriz Normalizada				Vector Promedio
Teruel	1	0,33	0,14	0,2	0,06	0,05	0,08	0,04	0,06
HIMARS	3	1	0,33	0,33	0,19	0,14	0,18	0,07	0,15
M270A1 MLR	7	3	1	3	0,44	0,41	0,56	0,66	0,52
ASTROS	5	3	0,33	1	0,31	0,41	0,18	0,22	0,28
SUMA	16,00	7,33	1,80	4,53					

	PESO								
	Teruel	HIMARS	M270A1 MLR	ASTROS	Matriz Normalizada				Vector Promedio
Teruel	1,00	0,14	3,00	0,20	0,08	0,09	0,15	0,05	0,09
HIMARS	7,00	1,00	9,00	3,00	0,53	0,63	0,45	0,69	0,57
M270A1 MLR	0,33	0,11	1,00	0,14	0,03	0,07	0,05	0,03	0,04
ASTROS	5,00	0,33	7,00	1,00	0,38	0,21	0,35	0,23	0,29
SUMA	13,33	1,59	20,00	4,34					

	VARIEDAD DE MUNICIONES								
	Teruel	HIMARS	M270A1 MLRS	ASTROS	Matriz Normalizada				Vector Promedio
Teruel	1,00	0,11	0,11	0,20	0,04	0,05	0,05	0,01	0,04
HIMARS	9,00	1,00	1,00	7,00	0,38	0,44	0,44	0,46	0,43
M270A1 MLR	9,00	1,00	1,00	7,00	0,38	0,44	0,44	0,46	0,43
ASTROS	5,00	0,14	0,14	1,00	0,21	0,06	0,06	0,07	0,10
SUMA	24,00	2,25	2,25	15,20					

	ALCANCE								
	Teruel	HIMARS	M270A1 MLRS	ASTROS	Matriz Normalizada				Vector Promedio
Teruel	1,00	0,11	0,11	0,11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
HIMARS	9,00	1,00	1,00	1,00	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
M270A1 MLR	9,00	1,00	1,00	1,00	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
ASTROS	9,00	1,00	1,00	1,00	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
SUMA	28,00	3,11	3,11	3,11					

	CAPACIDAD								
	Teruel	HIMARS	M270A1 MLRS	ASTROS	Matriz Normalizada				Vector Promedio
Teruel	1,00	9,00	9,00	5,00	0,70	0,38	0,52	0,80	0,60
HIMARS	0,11	1,00	0,20	0,11	0,08	0,04	0,01	0,02	0,04
M270A1 MLRS	0,11	5,00	1,00	0,14	0,08	0,21	0,06	0,02	0,09
ASTROS	0,20	9,00	7,00	1,00	0,14	0,38	0,41	0,16	0,27
SUMA	1,42	24,00	17,20	6,25					

	TIEMPO DE CARGA								
	Teruel	HIMARS	M270A1 MLRS	ASTROS	Matriz Normalizada				Vector Promedio
Teruel	1,00	0,11	0,11	0,14	0,04	0,05	0,05	0,02	0,04
HIMARS	9,00	1,00	1,00	3,00	0,35	0,41	0,41	0,42	0,40
M270A1 MLRS	9,00	1,00	1,00	3,00	0,35	0,41	0,41	0,42	0,40
ASTROS	7,00	0,33	0,33	1,00	0,27	0,14	0,14	0,14	0,17
SUMA	26,00	2,44	2,44	7,14					

## Anexo IV. Método AHP (2ª parte)

La matriz que se refleja a continuación es la Matriz de comparación por pares-sub criterios, el cual se determina la jerarquía de los sub-criterio, reflejadas en el valor promedio.

El valor promedio no deja de ser un valor relativo de cada sub-criterio, que se obtiene tras la media obtenida de cada fila de la Matriz Normalizada:

	MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES - SUBCRITERIOS												
	Dimensiones	Peso	Variedad	Alcance	Capacidad	Tiempo de Carga	Matriz Normalizada						Vector Promedio
Dimensiones	1	0,11	0,33	0,11	0,14	0,14	0,03	0,02	0,01	0,06	0,01	0,01	0,02
Peso	9	1	7	0,33	5	5	0,25	0,21	0,28	0,17	0,41	0,41	0,29
Variedad	3	0,14	1	0,14	0,2	0,2	0,08	0,03	0,04	0,07	0,02	0,02	0,04
Alcance	9	3	7	1	5	5	0,25	0,64	0,28	0,50	0,41	0,41	0,41
Capacidad	7	0,2	5	0,2	1	1	0,19	0,04	0,20	0,10	0,08	0,08	0,12
Tiempo de Carga	7	0,2	5	0,2	1	1	0,19	0,04	0,20	0,10	0,08	0,08	0,12
Suma	36	4,65	25,33	1,99	12,34	12,34							

El vector promedio obtenido en la anterior tabla, se utilizara como ponderación para la elección de las alternativas. Los valores promedio obtenidos en las tablas del Anexo III son incluidos en la siguiente tabla:

	Dimensiones	Peso	Variedad	Alcance	Capacidad	Tiempo de Carga	TOTAL
Teruel	0,06	0,09	0,04	0,04	0,6	0,04	0,1221
HIMARS	0,15	0,57	0,43	0,32	0,04	0,4	0,3695
M270A1 MLRS	0,52	0,04	0,43	0,32	0,09	0,4	0,2292
ASTROS	0,28	0,29	0,1	0,32	0,27	0,17	0,2777
PONDERACIÓN	0,02	0,29	0,04	0,41	0,12	0,12	

Realizando la suma de la multiplicación de los vectores promedios de cada alternativa (sobre cada sub-criterio) con respecto a la ponderación obtenida de los vectores promedios de la Matriz de Comparación por pares de sub-criterios obtenemos el valor total de cada alternativa, reflejado en la columna derecha.

### Cálculo de la consistencia de los pesos asignados a los criterios

El procedimiento para obtener el valor de  $\lambda_{\max}$  es multiplicar la siguiente matriz:

	MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES - SUBCRITERIOS					
	Dimensiones	Peso	Variedad	Alcance	Capacidad	Tiempo de Carga
Dimensiones	1	0,11	0,33	0,11	0,14	0,14
Peso	9	1	7	0,33	5	5
Variedad	3	0,14	1	0,14	0,2	0,2
Alcance	9	3	7	1	5	5
Capacidad	7	0,2	5	0,2	1	1
Tiempo de Carga	7	0,2	5	0,2	1	1

Por sus respectivos vectores promedios, obtenidos en la matriz de comparación por pares, es decir por la matriz columna:

Vector Promedio
0,02
0,29
0,04
0,41
0,12
0,12

Obteniendo de esta manera los valores siguientes:

M.C x Vec. Pr.
0,15
2,10
0,26
2,95
0,76
0,76

Gracias a la división de los valores obtenidos entre sus respectivos vectores promedios, obtenemos sus respectivas  $\lambda_{m\acute{a}x}$  ( $\lambda_{m\acute{a}x1}$ ,  $\lambda_{m\acute{a}x2}$ , ... ,  $\lambda_{m\acute{a}x n}$ ):

(M.C x Vec. Pr.) / Vector Pr.
6,23
7,34
6,09
7,13
6,50
6,50

La  $\lambda_{m\acute{a}x}$  total se obtiene con las medias de todas las  $\lambda_{m\acute{a}x n}$ :

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{\lambda_{m\acute{a}x 1} + \lambda_{m\acute{a}x 2} + \dots + \lambda_{m\acute{a}x n}}{n} = \frac{6,23 + 7,34 + 6,09 + 7,13 + 6,5 + 6,5}{6} = 6,63$$



## Anexo V. Análisis de Riesgos

ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas	Clase riesgo tras medida	Tendencia	Responsable
1	Falta de instrucción de la unidad	Recursos	Carencia de material cohete desde 2011	L	3	3L	Impide o atrasa la intervención de la unidad en operaciones humanitarias que se requieran uso de cohetes	Aprendizaje teorico previo a la adquisición del material mediante manuales; e incremento de las horas practicas una vez se ingrese el material	2L	(=)	Jefe de la UAF Cohete
2	Material actual de enlace ineficaz	Recursos	Anticuados respecto a la tecnología innovadora	H	3	3H	Impide tanto el funcionamiento como la coordinación entre los componentes de una UAF Cohete	Adquisición de nuevos medios de enlaces con mejores capacidades o modificación de los materiales ya dotados	1H	(-)	Jefe de la Brigada
3	Intervención de ataque misil en la trayectoria balística del cohete	Técnica	Detección del disparo cohete por parte del enemigo	M	1	1M	Hace inutil el disparo realizado	Inhabilitar los radares C/B del enemigo mediante el uso de EW	1L	(-)	Sección de transmisiones
4	Campo de maniobras inhabilitado para instrucción con cohetes	Planificación	Dimensiones pequeñas del campo de maniobra sotomayor para la realización de fuego cohete	M	3	3M	Complica el aprendizaje de los militares para la implementación de una UAF Cohete	Realización de ejercicios de fuego real en campos habilitados para ello (Campo de Maniobras y Tiro el Teleno y Campo de Maniobras Sangregorio) e instrucción sin realizar fuego en Sotomayor	1L	(-)	Personal del Grupo encargado de organizar las maniobras
5	Ataques de EW contra medios de STA propios	Técnica	Perturbación del espectro electromagnético de radares y RPAS debido a ataque enemigo	H	3	3H	Hace vulnerable la seguridad de las fuerzas propias	Dotar de mejores equipos de EW propios con respecto al enemigo	2H	(-)	Jefe de la Brigada