



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS PORTAMORTEROS ACTUALES Y
COMPARACIÓN CON LOS EXISTENTES EN EL MERCADO PARA LA
IMPLANTACIÓN EN EL ET DE UN SISTEMA PORTAMORTERO DE 120
MM. COMPARACIÓN ENTRE LA EFICACIA DE LOS CALIBRES DE 81 Y
120 MM

ANALYSIS OF CURRENT MORTAR SYSTEMS AND
COMPARISON WITH THOSE ON THE MARKET FOR THE
IMPLEMENTATION OF A 120 MM MORTAR SYSTEM IN THE ARMY.
COMPARISON BETWEEN THE EFFICIENCY OF THE 81 Y 120 MM

Autor

Francisco José Montoro González

Directores

Director académico: Dr. D. Carlos Sáenz Royo
Director militar: Cap. Inf. D. Borja Cobelo García

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Noviembre 2020

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y amigos; por su apoyo, confianza, cariño y lecciones de vida, pilar en el que he basado mi desarrollo personal, académico y profesional.

A todos los miembros de la VIII Bª del TERLEG 3 (Viator), especialmente a los componentes de la X cía, con los que he podido tener relación en mi período de prácticas. Al Capitán D. Borja Cobelo García, al Teniente D. Ricardo Gascón, a todos los suboficiales y tropa que me acogieron como uno más de la familia legionaria. Gracias a todos ellos, la elaboración de este trabajo ha sido posible con información veraz y de calidad.

Al Teniente Coronel D. Carlos Ruiz López por la cesión de la herramienta de ayuda a la decisión utilizada en este trabajo y por su eterna disposición al aprendizaje de los alumnos. Al Doctor D. Carlos Sáenz Royo por la ayuda, orientación y asesoramiento realizado durante la elaboración de esta memoria.

Gracias.

RESUMEN

Con el presente trabajo se pretende mostrar la actual carencia en el ET en cuanto a sistemas portamorteros embarcados automáticos de 120 mm se refiere y analizar los diferentes candidatos aptos en el mercado para su implantación. Se presentan los requisitos actuales y futuros del ET en materia de morteros y se proponen varias alternativas del mercado que encajan con los mismos, detallando sus capacidades. Las alternativas propuestas son comparadas a través de la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process), con el objetivo de jerarquizar y ponderar las capacidades (denominadas criterios) en primera instancia para posteriormente evaluar las alternativas. El resultado final del método aporta el sistema EIMOS (EXPAL System) como el mejor de acuerdo con los criterios planteados por los expertos escogidos. Con todos los datos que se presentan en este trabajo, el lector puede observar las principales diferencias entre un sistema portamorteros de 81 mm (CARDOM) y otro de 120 mm.

PALABRAS CLAVE

Sistemas portamorteros, calibre, análisis multicriterio, toma de decisiones.

ABSTRACT

The aim of this project is to show the current lack of 120 mm automatic onboard mortar systems in the army and to analyse the different candidates that are suitable in the market for their implementation. The current and future requirements of the army in terms of mortars are presented and several market alternatives are proposed that fit with them, detailing their capacities. The proposed alternatives are compared using the AHP (Analytic Hierarchy Process) methodology, with the aim of prioritising and weighting the capacities (called criteria) in the first instance and then evaluating the alternatives. The end result of the method is the EIMOS (EXPAL System) system as the best in accordance with the criteria proposed by the chosen experts. With all the data presented in this paper, the reader can see the main differences between an 81 mm mortar carrier system (CARDOM) and a 120 mm one.

KEYWORDS

Mortar systems, caliber, multi-criteria analysis, decision-making.

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS:

AHP	Analytic Hierarchy Process
BMR	Blindado Medio Ruedas
BRIEX	Brigada Experimental
DGAM	Dirección General de Armamento y Material
ET	Ejército de Tierra
FCS	Fire Control System (Sistema de Control de Fuego)
GE	Grupo de Expertos
PEXT	Prácticas Externas
RI	Razón de Inconsistencia
T2T	Tactic to Technical
TFG	Trabajo Fin de Grado
TOA	Transporte Oruga Acorazado
VAMTAC	Vehículo de Alta Movilidad Táctica

INDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	SISTEMAS PORTAMORTEROS DE 120 MM	3
2.1.	CONTEXTO Y ANTECEDENTES	3
2.2.	PRINCIPALES SISTEMAS PORTAMORTEROS DE 120 MM EN EL MERCADO	5
2.2.1.	<i>Sistema Alakran</i>	7
2.2.2.	<i>Sistema EIMOS</i>	9
2.2.3.	<i>Sistema Spear Mk2</i>	11
2.3.	ELECCIÓN DE LOS CRITERIOS Y SUBCRITERIOS	13
3.	METODOLOGÍA Y RESULTADOS	17
3.1.	MÉTODO DE ANÁLISIS MULTICRITERIO DISCRETO AHP	17
3.2.	REPRESENTACIÓN DEL PROBLEMA MEDIANTE ESTRUCTURA JERÁRQUICA	18
3.3.	VALORACIÓN/PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS Y SUBCRITERIOS	20
3.4.	EVALUACIÓN/PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	25
3.5.	PRIORIZACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS. RESULTADO FINAL	27
4.	CONCLUSIONES	29
5.	BIBLIOGRAFÍA	31
	ANEXOS	33
	ANEXO A. TALOS TÉCNICO	34
	ANEXO B. CUESTIONARIO CASO ESTUDIADO	36
	ANEXO C. RESULTADO DEL CUESTIONARIO	45

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Sistema Alakran sobre vehículo URO VAMTAC. Fuente: Ventura Defense _____	7
Ilustración 2. Sistema EIMOS sobre vehículo URO VAMTAC ST5. Fuente: JANES	9
Ilustración 3. Sistema Spear Mk2. Fuente: Elbit Systems _____	11
Ilustración 4. Diagrama jerárquico según metodología AHP. Fuente: Elaboración propia. _____	19

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características sistema Alakran. Fuente: Ventura Defense _____	8
Tabla 2. Características sistema EIMOS. Fuente: Expal Systems _____	10
Tabla 3. Características sistema Spear Mk2. Fuente: Elbit Systems _____	12
Tabla 4. Resumen características de las tres alternativas de sistemas portamorteros de 120 mm. Fuente: Elaboración propia. _____	13
Tabla 5. Escala de Saaty. Fuente: Saaty 1980 _____	20
Tabla 6. Matriz de valoración de criterios. Fuente: Elaboración propia _____	21
Tabla 7. Matrices de valoración de subcriterios. Fuente: Elaboración propia ____	22
Tabla 8. Vector de prioridades de criterios. Fuente: Elaboración propia _____	23
Tabla 9. Valores de IA según el tamaño de la matriz normalizada. Fuente: Saaty 1988 _____	24
Tabla 10. Evaluación de las alternativas para cada subcriterio. Fuente: Elaboración propia _____	26
Tabla 11. Matriz de decisión final. Fuente: Elaboración propia _____	27

1. INTRODUCCIÓN

Según la mayoría de los historiadores la utilización del mortero data del S. XV (Hogg 1976). La doctrina del ET (Mando de Adiestramiento y Doctrina 2017) define los morteros como uno de los tres tipos principales de sistemas de armas de fuego indirecto (morteros, artillería cañón y artillería cohete/misil) con las siguientes características:

- Tienen la capacidad de realizar tiro por el segundo sector
- Disparan una granada con elevada trayectoria, relativo corto alcance, alta cadencia y gran ángulo de incidencia
- Permiten batir objetivos en desenfilada o con diferentes tipos de protección
- Pueden ser autopropulsados, remolcados o portados por personal a pie
- Permiten la utilización de munición de precisión y no guiada

Así pues, son los medios orgánicos de apoyos de fuego que el jefe de una pequeña unidad dispone para la realización de su maniobra, existiendo la posibilidad de integrarse en el sistema de apoyos de fuego de la unidad superior cuando proceda.

Sin embargo, actualmente no se dispone de un sistema digitalizado de mando y control para su integración y coordinación en la Dirección de Fuegos y la Adquisición, Vigilancia, Observación y Evaluación de Efectos general. Además, las plataformas portamorteros actuales son obsoletas, ya que los cálculos del tiro se realizan con una calculadora o manualmente, los medios de adquisición, vigilancia y observación no son orgánicos, y los únicos calibres implantados son de 120 y 81 mm.

Para solucionar todo lo citado anteriormente, el Ministerio de Defensa (desde la Dirección General de Armamento y Material) y el ET están trabajando para dotar al personal de un material actualizado y moderno para el desarrollo total de las capacidades, siempre orientado al eficaz cumplimiento de la misión. Algunas de las

acciones en esta línea ha sido la progresiva implantación del sistema TALOS¹ o la adquisición de sistemas CARDOM².

Aun así, siempre existen lagunas por resolver. Actualmente no existe un sistema portamorteros estilo CARDOM de 120 mm implantado, esto es, un sistema de armas sobre vehículo 4x4 (principalmente VAMTAC) capaz de ajustar la configuración entre 81 y 120 mm sobre el terreno ad hoc para el cumplimiento de una misión específica con unas características concretas. Sin embargo, varias empresas del sector armamentístico compiten por conseguir la adjudicación del contrato que permita la implantación de un sistema con las citadas características en el ET. Por esta razón, el objetivo de este TFG es analizar posibles propuestas y determinar lo más objetivamente posible mediante diferentes expertos cuál es el sistema más adecuado para las unidades de morteros, al igual que determinar cuál es la munición más conveniente (en función de la misión) de entre las existentes en dotación. De esta manera, se ha optado por estructurar el cuerpo de este Trabajo en dos partes bien diferenciadas: contexto y análisis de los sistemas portamorteros de 120 mm y comparación entre los dos principales calibres en uso en una unidad de morteros del ET.

¹ Sistema de mando y control desarrollado por la empresa 'GMV'. Permite realizar la coordinación y ejecución del apoyo de fuegos integrado en la maniobra terrestre para su uso por el Ejército de Tierra y por la Armada.

Fuente: <https://www.gmv.com/es/Productos/Talos/>. Consultado el 01/10/2020

² Sistema portamortero de 81 mm fabricado por la empresa israelí 'Soltam Systems-Elbit Systems'; en el ET, embarcado sobre vehículo VAMTAC S3 de la empresa 'Urovesa' y con capacidad de integración con el sistema TALOS (Villarejo 2013)

2. SISTEMAS PORTAMORTEROS DE 120 MM

2.1. CONTEXTO Y ANTECEDENTES

La evolución tanto del material como de la doctrina en el combate ha supuesto que la utilización de los morteros haya tenido un desarrollo importante.

En el contexto doctrinal del uso del mortero como sistema de armas de tiro curvo por el segundo sector, el concepto de asentamiento del sistema mediante personal a pie y sobre el terreno se considera cada vez más obsoleto. Cabe destacar que este hecho cobra especial relevancia en cuanto a morteros de 120 mm se refiere, debido a la gran cantidad de personal que requiere el transporte y asentamiento del mortero, derivada del elevado peso del sistema, aproximadamente 203 kg, sin contar los respetos, accesorios y proyectiles (Mando de Adiestramiento y Doctrina 1994). De esta manera, el concepto de 'sistema portamortero' ha evolucionado desde un simple atalaje de transporte hasta la concepción actual sobre vehículo 4x4, permitiendo así una mayor velocidad tanto en el transporte como en la secuencia de tiro.

Es necesario mencionar que el antecedente directo a los sistemas portamorteros tipo CARDOM corresponde a los acoplamientos sobre los vehículos BMR y TOA, actualmente en dotación en el ET, los cuales permitían la realización del tiro desde el interior del vehículo, tanto 81 como 120 mm dependiendo del acople, con el consiguiente ahorro de tiempo tanto a la entrada como a la salida de posición (Mando de Adiestramiento y Doctrina 1994). Sin embargo, pese a que la disminución del tiempo era evidente, el error causado por la realización del cálculo de los datos de tiro de forma manual, así como la limitación en deriva (sector de tiro) en el caso de los morteros de 120 mm debido a la construcción del vehículo seguían estando patentes.

Actualmente; este tipo de morteros embarcados sobre TOA/BMR han sufrido un 'cambio de especialidad', siendo las unidades de Caballería poseedoras de dichos acoples³.

Por tanto, el único sistema portamorteros automático que posee el ET hoy en día corresponde al sistema CARDOM para cañones de 81mm sobre VAMTAC, con un alcance máximo de 7000 m y una cadencia de 16 dpm (disparos por minuto). Con un peso de 1150 kg, posee un rango de fuego de 6400⁰⁰ y un tiempo de despliegue y fuego de entre 30 y 60 segundos. Posee igualmente la posibilidad de, en caso de fallo de sistema automático de apuntamiento, apuntar manualmente mediante diferentes husillos de deriva y ángulo de tiro. Además, permite el desmontaje del cañón para realizar un asentamiento sobre el terreno (Elbit Systems 2018).

Brigada 2035⁴

Es de vital importancia para conocer los requisitos del futuro sistema portamorteros entender cuál es el concepto que trabaja el ET actualmente para modernizar su modelo de brigada. La *Brigada 2035* es el diseño elegido para adaptar el Ejército español al 'entorno operacional que se prevé en el horizonte de ese año', de esta manera, la definición de las tecnologías a integrar, la organización, las tácticas o los procedimientos para el combate requieren de un proceso de experimentación (Brigada Experimental, BRIEX). La característica principal de la Brigada 2035 es que estará basada en la tecnología, lo que le permitirá disponer de una mayor potencia de combate con un menor número de personal.

Dentro de este contexto, una de las funciones de combate a modernizar corresponde a Fuegos (a la cual pertenece doctrinalmente el tiro de morteros). Así pues, el hecho de poder integrar los fuegos conjuntos de la maniobra y la capacidad de las unidades de apoyo de fuegos (artillería, morteros y helicópteros) de poder actuar

³ Información proporcionada por tres Cuadros de Mando (CUMA, s) durante la realización de las PEXT: un cabo y un sargento primero encuadrados en la VIII B^a del TERLEG 3 (Viator) y un sargento primero encuadrado en el Grupo de Reconocimiento de Caballería 'Reyes Católicos' (Ronda).

⁴ Fuente: https://ejercito.defensa.gob.es/estructura/briex_2035/principal.html. Consultado el 10/10/2020

simultáneamente en beneficio de pequeñas unidades requiere de un sistema competente e idóneo que lo permita. El sistema por el que se ha optado es el TALOS.

Sistema TALOS⁵

Es necesario destacar que este sistema de mando y control se subdivide igualmente en otros dos subsistemas: el TALOS técnico, como calculador de los datos de tiro de las piezas, capaz de distinguir y proporcionar datos diferentes para cada pieza de una línea de manera automática en función del efecto deseado sobre el objetivo, la munición escogida y posición exacta de la pieza (ver Anexo A); y el TALOS táctico, como sistema de mando y control per se, en el cual se integran todos los elementos de la maniobra; ambos subsistemas enlazan entre sí mediante una malla T2T (Tactic to Technical). Actualmente, el portamortero CARDOM posee integrado este sistema como FCS (Fire Control System) (Mando de Adiestramiento y Doctrina 2012).

Aun así, la experimentación con este sistema es laboriosa y necesita de un alto nivel de instrucción del personal, así como unas buenas comunicaciones entre terminales (vía radio, wifi, satélite, etc.) para su correcto funcionamiento. Cabe destacar que, en unidades de morteros, el sistema aún no se encuentra totalmente desarrollado⁶.

Por tanto, las alternativas de sistemas portamorteros de 120 mm consideradas deberán integrar el TALOS como software de FCS.

2.2. PRINCIPALES SISTEMAS PORTAMORTEROS DE 120 MM EN EL MERCADO

En el actual contexto internacional de rápida evolución tecnológica, la I+D+i de defensa no solo cobra una gran importancia en cuanto a desarrollo de las capacidades

⁵ Información recogida en la unidad de PEXT, elegida como BRIEX 2035, en la cual se está experimentando con dicho sistema.

⁶ Durante el desarrollo de las PEXT y en el marco de las maniobras enfocadas a la BRIEX 2035 se realizaron diversos cursos, conferencias y charlas enfocadas al aprendizaje de la utilización del sistema. Se pudo comprobar que, al llevar años implantado en unidades de Artillería, el sistema TALOS técnico carece de términos específicos del tiro de mortero (Infantería-Caballería).

militares de las Fuerzas Armadas de un determinado Estado soberano, sino que supone un pilar fundamental para fortalecer y asentar una base tecnológica e industrial nacional sólida y capaz de abordar nuevos retos. Además, la trascendencia que la industria armamentística nacional supone en términos de actividad económica y a la hora de garantizar la seguridad de los ciudadanos es significativa (Argüelles 2015).

Es por ello que, para la elección de un sistema portamorteros de 120 mm se tienen en cuenta una serie de requisitos, acotando la amplia gama de alternativas presentes en el mercado.

Primero: La Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027 (Ministerio de Ciencia e Innovación 2020), en la cual está integrada la I+D+i de Defensa, establece como objetivo el aumento de la capacidad de España para atraer, recuperar y retener talento, así como potenciar la colaboración público-privada para favorecer la transferencia de conocimiento y desarrollar vínculos bidireccionales entre ciencia y empresas. Además, este ministerio ha definido en la citada Estrategia como uno de los sectores estratégicos (entre otros) el de *Mundo digital, Industria, Espacio y Defensa*. Es por ello que las alternativas consideradas deben fomentar el desarrollo tecnológico e industrial nacional o, en su defecto, estrechar los vínculos con aquellas empresas que, pese a ser extranjeras, poseen fuertes lazos empresariales e industriales con España.

Segundo: El sistema debe corresponder a una plataforma portamorteros de 120 mm con sistema de apuntamiento automático mediante integración del software FCS TALOS (Técnico), incluyendo de esta forma el uso de esta arma dentro de un Sistema de Combate Integral y con capacidad de alternar su configuración sobre el terreno entre 120 y 81 mm en función de las características de la misión. De esta manera se busca enmarcar el uso de este sistema de armas en el futuro que prevé el ET con su Brigada 2035, permitiendo potenciar las capacidades que ya poseían los morteros de 120 mm sobre el terreno y adaptarlas a un entorno impredecible, dinámico, inestable y de creciente complejidad, en un mundo caracterizado por rápidos avances tecnológicos.

Tras hacer un estudio de mercado en función de los requisitos planteados y en base a diferentes opiniones del grupo de expertos (GE)⁷ en este tipo de sistemas de armas se obtienen tres principales alternativas⁸ a futuro sistema portamorteros de 120 mm de dotación en las unidades de morteros del ET:

2.2.1. Sistema Alakran



Ilustración 1. Sistema Alakran sobre vehículo URO VAMTAC. Fuente: Ventura Defense

Alakran es un sistema portador de morteros automático fabricado por la empresa española *Ventura Defense* (anteriormente *New Technologies Global Systems, NTGS*). Sus características son (Bitar, Ergueta, and García 2020):

⁷ Aunque para la recogida de juicios a la hora de elaborar el método analítico que se expone más adelante participó un mayor número de personal, el principal grupo asesor de expertos al que se hace referencia a lo largo de este Trabajo estuvo compuesto por 5 Cuadros de Mando encuadrados en la VIII B^a 'Colon' del TERLEG 3 (Viator): un cabo, un cabo primero, un teniente y dos capitanes.

⁸ Las tres empresas que se presentan a continuación se postularon, además, como candidatas para la fabricación del nuevo sistema tras la intervención del Teniente Coronel Fernando Cano Artero durante el desarrollo del *Future Mortar Systems* entre el 23 y 25 de octubre del pasado 2018 y por la cual anunció el requerimiento de un nuevo sistema de mortero embarcado de 120 mm.

Fuente: <https://www.defensa.com/espana/ejercito-tierra-licitara-nuevo-mortero-embarcado-2020>. Consultado el 29/09/2020.

Alakran	
Peso del sistema	1179,34 kg
Rango ángulos de apuntamiento (acimut)	2130 ⁰⁰
Localización del sistema (suelo/embarcado)	Suelo
Cadencia máxima	12 disparos/minuto
Alcance máximo	7300 m
Tiempo despliegue y fuego	20 s
Operarios	2 pax

Tabla 1. Características sistema Alakran. Fuente: Ventura Defense

Además, es necesario destacar las siguientes consideraciones:

- Sistema neumático de despliegue y repliegue del sistema.
- Alta movilidad (Shoot and Scoot⁹).
- Rango de ángulos de apuntamiento en elevación entre 900⁰⁰ y 1500⁰⁰.
- Precisión de 2⁰⁰ (en acimut y elevación).
- Capacidad de munición sobre VAMTAC de 52 granadas.
- Mismas tablas de tiro que los morteros manuales (a tierra).
- Capacidad de integrar el FCS TALOS.

La principal ventaja que supone este sistema para el GE¹⁰ es que el fuego se realiza desde el suelo, y no desde el vehículo, evitando así posibles problemas de suspensión

⁹ Término militar táctico que indica hacer fuego a un objetivo e inmediatamente cambiar de asentamiento para evitar un posible fuego contra-batería.

¹⁰ Entre ellos destaca el capitán Celma, actual jefe de la 9^a cía de la VIII B^a del TERLEG 3, que fue el jefe de la Sección de Morteros durante la experimentación con el sistema Alakran en la evaluación por parte de la Brigada 'Alfonso XIII' del portamortero.

del vehículo debido al retroceso tras el disparo; por otra parte, al no tener que hacer fuego con el mortero embarcado, es posible distanciarse de él, lo que aumenta el nivel de seguridad.

2.2.2. Sistema EIMOS



Ilustración 2. Sistema EIMOS sobre vehículo URO VAMTAC ST5. Fuente: JANES

El sistema EIMOS¹¹ es fabricado por la española *EXPAL Systems (Explosivos Alaveses SA)*. Sus principales características son:

EIMOS	
Peso del sistema	800 kg
Rango ángulos de apuntamiento (acimut)	6400°

Fuente:

https://ejercito.defensa.gob.es/Galerias/multimedia/boletines/2019/048/accesible/digital_tierra_048.pdf. Consultado el 12/10/2020.

¹¹ Fuente: <https://www.expalsystems.com/en/global-solutions/weapon-systems-electronics/mortar-systems>. Consultado el 07/10/2020

Localización del sistema (suelo/embarcado)	Sobre vehículo (embarcado)
Cadencia máxima	13 disparos/minuto
Alcance máximo	10000 m
Tiempo despliegue y fuego	20 s
Operarios	4 pax

Tabla 2. Características sistema EIMOS. Fuente: EXPAL Systems

Otras características destacables serían:

- Capacidad Shoot and Scoot.
- Barril de mortero intercambiable en menos de 5 minutos.
- Sistema FCS Techfire (de la propia empresa) aunque se pueden integrar otros sistemas (como el TALOS).
- Sistema hidroneumático para absorber el retroceso.
- Interoperable con otros subsistemas como el UAV SHEPHERD-MIL¹².

Cabe destacar que la empresa EXPAL ya trabaja desde febrero de 2018 en la configuración e instalación de un sistema de mortero embarcado sobre VAMTAC ST5 junto Infantería de Marina, entregando 3 vehículos en configuración portamortero a dicha unidad (Navarro 2018).

¹² UAV diseñado por la empresa EXPAL Systems que actúa como un Observador Avanzado (OAV) no tripulado. Fuente: <https://www.expalsystems.com/en/global-solutions/weapon-systems-electronics/mortar-systems>. Consultado el 12/10/2020

2.2.3. Sistema Spear Mk2



Ilustración 3. Sistema Spear Mk2. Fuente: Elbit Systems

El sistema Spear, fabricado por la empresa israelí Elbit Systems, corresponde a la segunda generación del sistema CARDOM, ya implantado en el ET como principal portamortero automatizado de 81 mm. Sus características principales son las siguientes (Elbit Systems 2016):

EIMOS	
Peso del sistema	200 kg
Rango ángulos de apuntamiento (acimut)	6400°°
Localización del sistema (suelo/embarcado)	Sobre vehículo (embarcado)
Cadencia máxima	15 disparos/minuto
Alcance máximo	10000 m

Tiempo despliegue y fuego	60 s
Operarios	3 pax

Tabla 3. Características sistema Spear Mk2. Fuente: Elbit Systems

A las principales características, se deben añadir las siguientes:

- Adaptable a un alto rango de vehículos de alta movilidad 4x4.
- Error máximo de 30 m alrededor del objetivo.
- Posee un sistema de apuntamiento manual en caso de fallo del sistema automático.
- Capacidad de integración de una alta variedad de sistemas de mando y control (entre ellos el TALOS).

Tras presentar las tres alternativas, se puede observar que todas cumplen los dos requisitos de elección iniciales antes presentados: se fomenta la industria nacional española o, en el caso del sistema Spear, se estrechan lazos industriales con empresas extranjeras que ya poseen contratos con el ET¹³; y todas presentan sistemas portamorteros de apuntamiento automatizado y con capacidad de integración del sistema TALOS.

Resumen de los sistemas

A continuación, se muestra una tabla-resumen en la que se presentan las principales características de las tres alternativas atendiendo a los diferentes criterios que han sido elegidos como más significativos (ver apartado 2.3 *Elección de los criterios y subcriterios*)

¹³ La empresa Elbit System, aparte de haber sido contratada para la fabricación del sistema CARDOM, posee otros contratos con el Ministerio de Defensa como la actualización de radioenlaces RBA para UDACTA o la adquisición de cámaras coral. Fuente: Portal de Transparencia del Gobierno de España. Disponible en: <https://transparencia.gob.es/servicios-buscador/buscar.htm?pag=1&categoria=licitaciones&categoriasPadre=conconvsub&ente=E00003301&lang=es&termino=ZWxiaXQ=>. Consultado el 24/10/2020

CARACTERÍSTICAS DE LAS TRES ALTERNATIVAS DE SISTEMAS PORTAMORTEROS 120 MM				
		Alakran	EIMOS	Spear Mk2
Empresa		NTGS-VENTURA DEFENSE	EXPAL SYSTEMS	ELBIT SYSTEMS
Datos Técnicos	<i>Peso sistema</i>	1.179,34 kg	<800 kg	200 kg
	<i>Rango ángulos de apuntamiento (acimut)</i>	2130ºº	6400ºº	6400ºº
	<i>Localización del sistema (suelo/embarcado)</i>	Suelo (sistema neumático de despliegue y repliegue)	Embarcado	Embarcado
Datos Balísticos	<i>Alcance máximo</i>	7.300 m	10.000 m	10.000 m
	<i>Cadencia de tiro</i>	12 dpm	13 dpm	15 dpm
Características Operativas	<i>Tiempo de despliegue y fuego</i>	20 s	20 s	60 s
	<i>Número de operarios</i>	2	4	3

Tabla 4. Resumen características de las tres alternativas de sistemas portamorteros de 120 mm. Fuente: Elaboración propia.

2.3. ELECCIÓN DE LOS CRITERIOS Y SUBCRITERIOS

Para realizar un correcto análisis comparativo entre los diferentes sistemas presentados anteriormente es necesario seleccionar unos determinados criterios y subcriterios considerados como más relevantes.

Tras realizar numerosas conversaciones con el GE en la materia y con amplia experiencia en el ámbito de los fuegos y morteros, se han extraído tres criterios principales de entre la gran cantidad que pueden ser seleccionados en referencia a un sistema de armas de este calibre. Además, cada criterio ha sido subdividido en dos o tres subcriterios que aportan un mayor nivel de detalle para una correcta toma de la decisión. Los criterios y subcriterios escogidos son los siguientes:

- 1. DATOS TÉCNICOS:** El desarrollo en este ámbito implica una mayor eficacia y eficiencia para la misión. Corresponden a las características de diseño del sistema de armas.

Se destacan los siguientes subcriterios:

- a. Peso del sistema: De gran importancia a la hora de prever la masa máxima del vehículo+sistema, puesto que condiciona añadir o no de blindaje extra, inhibidores, sensores, transmisiones, el número de tripulación y su equipo, la cantidad de munición que se puede portar, etc. Un menor peso del sistema implica, por tanto, mayor 'excedente' para otros elementos.
 - b. Rango de ángulos de apuntamiento (acimut): Para asegurar el correcto asentamiento del sistema de armas orientado hacia el objetivo si no posee un rango de 6400⁰⁰ (360°) es necesario conocer por parte del personal o jefe de vehículo cuál es el rango que el arma puede batir. Este dato condiciona en gran parte la orientación y el asentamiento del sistema, además de implicar una mayor flexibilidad para batir posibles enemigos imprevistos a cuanto mayor sea el rango en acimut del sistema.
 - c. Localización del sistema al hacer fuego: Característica muy importante según el GE, que coinciden en que un sistema que hace fuego desde el propio vehículo supone a la larga arduas tareas de mantenimiento de sus amortiguadores al sufrir el gran retroceso que supone disparar con un cañón de 120 mm, aunque las empresas destaquen los sistemas de absorción del retroceso de sus respectivos portamorteros.
- 2. DATOS BALÍSTICOS:** En cualquier tipo de acción táctica los morteros pueden proporcionar fuegos letales y no letales, siendo el efecto técnico más eficiente el de supresión¹⁴, pues sus efectos son inmediatos y su duración se materializa mientras sea efectiva la acción de fuego, siendo elemento clave para el éxito del ataque (Mando de Adiestramiento y Doctrina 2017). Esto implica que tanto el

¹⁴ APP-06 (*Suppression fire*)

jefe como los operadores del sistema deben conocer las posibilidades balísticas de su arma, para un correcto y eficaz apoyo a las unidades de maniobra.

Se destacan los siguientes subcriterios:

- a. Cadencia de tiro (disparos por minuto): Las diferentes acciones de fuego que se les encomiendan a una unidad de morteros siempre vienen definidas por el tipo de efecto deseado y los blancos a batir; el momento de iniciación y cese de cada una de las mismas y en algunos casos, el consumo máximo y las cadencias de tiro (Estado Mayor del Ejército 2000). Además, una mayor cadencia implica la capacidad del sistema de realizar un volumen de fuego mayor en menos tiempo y, por tanto, una mayor potencia de fuego.
- b. Alcance máximo: Necesario para el correcto apoyo a las unidades de maniobra, estando la unidad de morteros en condiciones de batir objetivos a diferentes alcances.

3. CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS: Uno de los objetivos que debe perseguir una unidad de morteros es aumentar su rapidez de intervención y la flexibilidad de la maniobra de sus fuegos, permitiendo concentrar los mismos sobre un objetivo y trasladarlos a otro en un breve plazo de tiempo. La llegada inesperada de los proyectiles producen efecto de desmoralización y sorpresa (Estado Mayor del Ejército 1996), convirtiendo el factor tiempo en un factor prioritario en la maniobra de una unidad de morteros .

Se destacan los siguientes subcriterios:

- a. Tiempo de despliegue y fuego: Para asegurar al máximo la supervivencia de la unidad de morteros y evitar las acciones contrabatería realizando el anteriormente mencionado Shoot and Scoot, entrando en vigilancia y dispuesto para hacer fuego lo más rápido posible.
- b. Número de operarios necesarios: Aprovechando al máximo el personal disponible y sus cometidos específicos (no involucrando, por ejemplo, al conductor del vehículo en la secuencia del disparo). Un menor número

de operarios requeridos supone una mayor especialización en la secuencia del tiro.

Tras haber especificado y justificado la elección de los citados criterios y subcriterios se da paso a la realización de la metodología analítica que se ha escogido para la realización de la toma de decisión de escoger una de las tres alternativas presentadas.

3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

3.1. MÉTODO DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

DISCRETO AHP

La imposibilidad de cuantificar algunas características de los sistemas, como es el caso de la localización del sistema durante el disparo y su procedimiento de despliegue y repliegue, ha hecho que para realizar el análisis de las diferentes alternativas presentadas se opte por una herramienta que admite tanto atributos cuantitativos como cualitativos.

Para ello, se propone la técnica de análisis AHP (Analytic Hierarchy Process) por ser una de las herramientas más utilizadas para la resolución de *Problemas de Decisión Multicriterio discretos*. Así pues, la citada metodología permite el análisis de estas alternativas en base a múltiples criterios y subcriterios, ponderándolos para su posterior jerarquización con el objetivo de lograr un resultado único. Fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty durante la década de los 80 y, aunque fue inicialmente propuesto para la resolución de problemas socioeconómicos, más tarde ha sido aplicado a numerosos campos (Muñoz Claro 2017).

De esta forma, la aplicación del método AHP se soporta en la estructuración escalafonada del problema de forma visual, construyendo una jerarquía de atributos que contiene el objetivo del problema, los distintos criterios y subcriterios de decisión y las diferentes alternativas. Una vez establecido este modelo, se realizan comparaciones por pares de estos atributos, atribuyendo valores numéricos a las preferencias señaladas por los expertos que intervienen en el proceso de decisión para elegir la alternativa adecuada (Gómez Montoya, Zuluaga Mazo, Vásquez Noreña 2015).

Para aplicar la metodología existen diversos softwares diseñados para realizar los cálculos requeridos, principalmente bajo licencia de pago. Para el desarrollo del método

en este Trabajo se ha utilizado un software diseñado y proporcionado por el profesor D. Carlos Ruiz López¹⁵.

Los datos utilizados durante el análisis fueron obtenidos a partir de la realización de una encuesta (ver anexos B y C) a expertos en la materia¹⁶, con amplia experiencia en morteros y con elevado conocimiento acerca de los sistemas portamorteros actuales en el mercado.

Puesto que la herramienta requiere una única valoración en las comparaciones, es decir, un único *input* para cada celda en la matriz de comparación, los datos recogidos durante la realización de la encuesta han debido de ser promediados para obtener un perfil único.

Etapas del método de análisis multicriterio AHP para la elección de un sistema portamorteros de 120 mm.

El proceso de análisis multicriterio AHP se compone de cuatro etapas:

- Etapa 1. Representación del problema mediante estructura jerárquica.
- Etapa 2. Valoración/Ponderación de los criterios y subcriterios.
- Etapa 3. Evaluación/Ponderación de las alternativas.
- Etapa 4. Priorización de las alternativas. Resultado final.

3.2. REPRESENTACIÓN DEL PROBLEMA MEDIANTE ESTRUCTURA JERÁRQUICA

¹⁵ Teniente Coronel de Caballería, 46 Promoción de la Academia General Militar. Profesor de Logística. Destinado en el CUD Zaragoza, vacante de profesor con exigencia del Diploma de Investigación Militar Operativa (IMO). Área de Especialización: Investigación operativa, Estadística, Modelos Decisionales y Prospectiva. Disponible en: <http://cud.unizar.es/cruizl>. Consultado el 01/10/2020.

¹⁶ El cuestionario fue respondido por un total de 9 cuadros de mando miembros del TERLEG 3 (Viator, Almería), unidad en la que fueron realizadas las PEXT: un cabo, un cabo primero, dos sargentos primeros, tres tenientes y dos capitanes.

Esta etapa consiste en presentar el problema planteado mediante una estructura tipo árbol jerárquico, según niveles de detalle. El nivel más alto consiste en el objetivo global en el que se basa la solución del problema. El más bajo, por su parte, comprende las acciones finales o alternativas que pueden contribuir de manera positiva o negativa al principal objetivo, por medio de su impacto sobre los criterios intermedios. En los niveles intermedios de la jerarquía se ubican los criterios y subcriterios básicos para evaluar el objetivo principal. De esta manera, se ilustra gráficamente la interdependencia de los elementos en el problema, se aíslan los factores importantes y se muestran en el contexto más amplio de su relación entre sí y con el sistema como un todo (Saaty 1997).

La siguiente ilustración representa la estructura del caso estudiado.

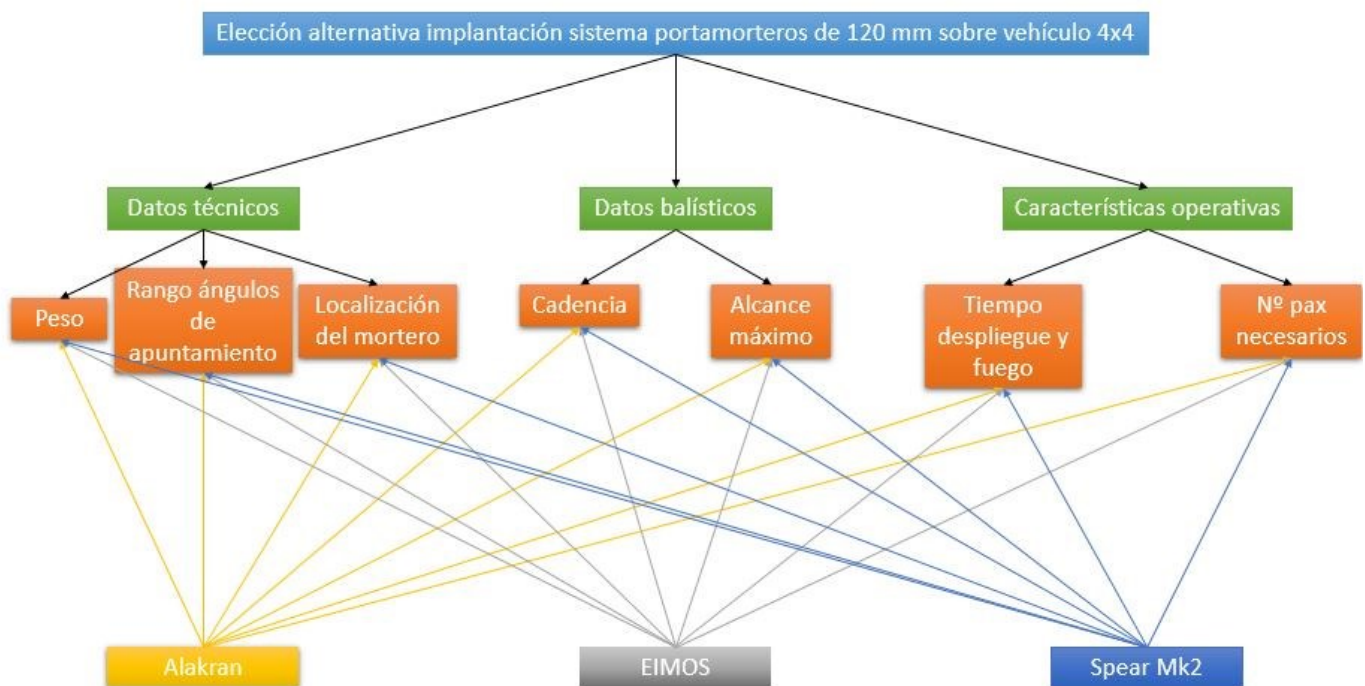


Ilustración 4. Diagrama jerárquico según metodología AHP. Fuente: Elaboración propia.

Se pueden apreciar, por tanto, los cuatro niveles de los que consta la jerarquía.

3.3. VALORACIÓN/PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS Y SUBCRITERIOS

En esta segunda etapa se incorporan las preferencias, gustos y deseos de los actores (expertos) mediante los juicios incluidos en las denominadas matrices de comparaciones pareadas. Estas matrices cuadradas $A=(a_{ij})$ reflejan la dominación relativa de un elemento frente a otro respecto a una propiedad común. En particular, a_{ij} representa la dominación de la alternativa, criterio o subcriterio i sobre j (Moreno Jiménez 2002). Para cuantificar la importancia o dominación entre el par de elementos, Saaty propone asignar un valor concreto en función de la escala que lleva su nombre (Saaty 1980):

ESCALA NUMÉRICA	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
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 al 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

Tabla 5. Escala de Saaty. Fuente: Saaty 1980

Tras la realización del determinado cuestionario a los expertos y su consiguiente promediación de los resultados obtenidos se procede a la elaboración de la ya mencionada matriz de comparaciones pareadas:

Sea A una matriz cuadrada $n \times n$ y a_{ij} el elemento (i,j) de A, para $i=1,2,\dots,n$, y, $j=1,2,\dots,n$. Se dice que A es una matriz de comparaciones pareadas de n alternativas, si a_{ij} es la medida de la preferencia de la alternativa en la fila i cuando se le compara con la alternativa de la columna j. Cuando $i=j$, el valor de a_{ij} será igual a 1, puesto que se está realizando la comparación de la alternativa consigo misma (Hurtado y Bruno 2005). La matriz, por tanto, posee la siguiente estructura:

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

Para el caso concreto que se expone en este Trabajo, la matriz resultante en la valoración fue la siguiente:

Criterios:

CRITERIOS	Datos Técnicos	Datos Balísticos	Caract. Operativas
Datos Técnicos	1	1/3	1/5
Datos Balísticos	3	1	1/3
Caract. Operativas	5	3	1

Tabla 6. Matriz de valoración de criterios. Fuente: Elaboración propia

Subcriterios

Datos Técnicos	Peso	Rango ángulos	Localiz. del sistema
Peso	1	1	1/5
Rango ángulos ap...	1	1	1/3
Localiz. del sistema	5	3	1

Datos Balísticos	Cadencia de tiro	Alcance máximo
Cadencia de tiro	1	1
Alcance máximo	1	1

Caract. Operativas	T. despliegue-fuego	Nº operarios nec.
T. despliegue-fuego	1	5
Nº operarios nec.	1/5	1

Tabla 7. Matrices de valoración de subcriterios. Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con el proceso y tras la obtención de la matriz A, el siguiente paso consiste en la *sinetización*, es decir, calcular la prioridad de cada uno de los elementos que se comparan. Para ello, se deben seguir tres pasos para sintetizar los juicios recogidos:

- Primero: Sumar los valores en cada columna de la matriz A
- Segundo: Dividir cada elemento de tal matriz entre el total de su columna; de esta manera resultará la denominada matriz de comparaciones normalizada (A')
- Tercero: Calcular el promedio de los elementos de cada fila de las prioridades relativas de los elementos que se comparan

El procedimiento queda resumido de la siguiente forma:

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

$$X = \begin{pmatrix} a'_{11} + \dots + a'_{1n} \\ \vdots \\ a'_{n1} + \dots + a'_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix} \rightarrow W = \begin{pmatrix} \frac{X_1}{n} \\ \vdots \\ \frac{X_n}{n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix}$$

De esta manera, obtenemos la matriz W, o vector de prioridades, compuesto por los pesos relativos (W_i) de cada elemento y que representa la prioridad de cada criterio/subcriterio en términos de la meta global.

En este caso, el vector de prioridades resultante es:

Criterios:

PESOS(W)
0,11
0,26
0,63

Tabla 8. Vector de prioridades de criterios. Fuente: Elaboración propia

Subcriterios:

Datos Técnicos (de arriba a abajo: Peso, Rango de ángulos, Local. Sistema):

PESOS(W)
0,16
0,19
0,66

R.I. : 0,0252

Datos Balísticos (de arriba a abajo: Cadencia de tiro, Alcance máximo):

PESOS(W)
0,50
0,50

R.I. : 0,0000

Características Operativas (de arriba a abajo: T. despliegue-fuego, N° pax neces.):

PESOS(W)
0,83
0,17

R.I. : 0,0000

Consistencia

Uno de los de los conceptos más importantes de la metodología es la consistencia de los juicios, esta debe ser tomada en cuenta en cuanto a calidad de la decisión final se refiere. Debido a que el método se basa en juicios emitidos por seres humanos la consistencia perfecta es prácticamente imposible de lograr, y es de esperar que exista cierta inconsistencia en todas las comparaciones por pares.

Para calcular la consistencia es necesario primeramente obtener el índice de consistencia (IC), donde λ_{max} es el máximo autovalor y n es la dimensión de la matriz (Yepes 2018):

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

Para hallar el valor de λ_{max} basta con multiplicar las matrices $A \times W$ y dividir cada celda de la matriz resultante entre su W_i correspondiente. Para obtener un único valor de λ_{max} ha de hacerse la media aritmética de los λ_{max}^i resultantes:

$$A \times W = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} \times W_1 + \cdots + a_{1n} \times W_n \\ \vdots \\ a_{n1} \times W_1 + \cdots + a_{nn} \times W_n \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \frac{a_{11} \times W_1 + \cdots + a_{1n} \times W_n}{W_1} \\ \vdots \\ \frac{a_{n1} \times W_1 + \cdots + a_{nn} \times W_n}{W_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{max}^1 \\ \vdots \\ \lambda_{max}^n \end{pmatrix}$$

$$\lambda_{max} = \frac{\lambda_{max}^1 + \cdots + \lambda_{max}^n}{n}$$

Una vez conocido el IC, se obtiene la razón de inconsistencia (RI):

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

Donde IA es el índice aleatorio, que indica la consistencia de una matriz aleatoria (tabla 9):

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabla 9. Valores de IA según el tamaño de la matriz normalizada. Fuente: Saaty 1988

Según la metodología AHP la inconsistencia (RI) no podrá ser superior a 0,1 para poder continuar con el proceso de decisión. Si fuese mayor de 0,1 se consideraría inaceptable, y por tanto el actor encargado de tomar las decisiones debería reconsiderar y modificar los juicios antes de continuar con el análisis (Hurtado y Bruno 2005).

Como se puede comprobar en los diferentes vectores de prioridades de los subcriterios, todos los valores de RI se mantienen por debajo de 0,1.

3.4. EVALUACIÓN/PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Una vez valorados y ponderado los criterios y subcriterios el siguiente paso consiste en realizar la evaluación de las tres alternativas presentadas en el problema (en este caso; Alakran, EIMOS y Spear Mk2). De manera análoga al procedimiento de comparación por pares realizado entre criterios y subcriterios, la evaluación de las alternativas consiste en la generación de una matriz de comparaciones pareada para cada subcriterio en la que, esta vez, los elementos de comparación son las diferentes alternativas. De esta manera, se busca conocer el grado de cumplimiento de un determinado subcriterio por parte de las diferentes alternativas.

Igual que en las etapas anteriores, el resultado de este proceso consistirá en un vector de prioridades W para cada matriz (y por tanto para cada subcriterio) y un valor de inconsistencia (RI) que indicará la calidad de los juicios emitidos.

Las matrices y pesos resultantes para cada subcriterio en este caso son los siguientes:

Peso	Alakran	EIMOS	Spear Mk2	PESOS(W)
Alakran	1	1/7	1/9	0,06
EIMOS	7	1	1/3	0,29
Spear Mk2	9	3	1	0,65

R.I. : 0,0701

ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS PORTAMORTEROS
ACTUALES Y COMPARACIÓN CON LOS EXISTENTES EN EL
MERCADO PARA LA IMPLANTACIÓN EN EL ET DE UN
SISTEMA PORTAMORTERO DE 120 MM. COMPARACIÓN
ENTRE LA EFICACIA DE LOS CALIBRES DE 81 Y 120 MM

Metodología y resultados

				R.I. : 0,0000
Rango ángulos	Alakran	EIMOS	Spear Mk2	PESOS(W)
Alakran	1	1/7	1/7	0,07
EIMOS	7	1	1	0,47
Spear Mk2	7	1	1	0,47

				R.I. : 0,0000
Localización	Alakran	EIMOS	Spear Mk2	PESOS(W)
Alakran	1	1	1	0,33
EIMOS	1	1	1	0,33
Spear Mk2	1	1	1	0,33

				R.I. : 0,0061
Cadencia de tiro	Alakran	EIMOS	Spear Mk2	PESOS(W)
Alakran	1	1/3	1/7	0,09
EIMOS	3	1	1/3	0,24
Spear Mk2	7	3	1	0,67

				R.I. : 0,0000
Alcance máximo	Alakran	EIMOS	Spear Mk2	PESOS(W)
Alakran	1	1/7	1/7	0,07
EIMOS	7	1	1	0,47
Spear Mk2	7	1	1	0,47

				R.I. : 0,0000
T. Despliegue	Alakran	EIMOS	Spear Mk2	PESOS(W)
Alakran	1	1	9	0,47
EIMOS	1	1	9	0,47
Spear Mk2	1/9	1/9	1	0,05

				R.I. : 0,0252
Nº operarios nec.	Alakran	EIMOS	Spear Mk2	PESOS(W)
Alakran	1	9	5	0,75
EIMOS	1/9	1	1/3	0,07
Spear Mk2	1/5	3	1	0,18

Tabla 10. Evaluación de las alternativas para cada subcriterio. Fuente: Elaboración propia

De igual manera, se cumplen todos los requisitos exigidos por el método: el valor de las diagonales principales es 1, la suma de todos los pesos relativos para cada matriz es 1 y todos los valores de RI son claramente inferiores a 0,1.

3.5. PRIORIZACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.

RESULTADO FINAL

En esta última etapa de la metodología se obtiene la matriz de decisión final en la cual se muestran de manera ordenada las alternativas de mejor a peor en base a los criterios y subcriterios propuestos y gracias a los juicios emitidos por los diferentes expertos materializados en las etapas anteriores. Resultante de la combinación de todos los vectores de prioridades, la matriz de decisión final muestra así la alternativa que más se ajusta a los requisitos presentados.

Para este análisis, el resultado es:

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	Alakran	EIMOS	Spear Mk2
Datos Técnicos	0.11	0.24	0.35	0.41
+ Peso	0,16	0,06	0,29	0,65
+ Rango ángulos apunt.	0,19	0,07	0,47	0,47
+ Localiz. del sistema	0,66	0,33	0,33	0,33
Datos Balísticos	0.26	0.08	0.35	0.57
+ Cadencia de tiro	0,50	0,09	0,24	0,67
+ Alcance máximo	0,50	0,07	0,47	0,47
Caract. Operativas	0.63	0.52	0.41	0.07
+ T. despliegue-fuego	0,83	0,47	0,47	0,05
+ Nº operarios nec.	0,17	0,75	0,07	0,18
		0.37	0.39	0.24

Tabla 11. Matriz de decisión final. Fuente: Elaboración propia

En un color diferente y en la parte inferior de la tabla se muestran los pesos relativos absolutos que se le han asignado a cada alternativa propuesta. Esto se puede traducir en una jerarquización de los diferentes sistemas de acuerdo con su idoneidad según los diferentes criterios y subcriterios escogidos para la realización de la metodología.

El sistema EIMOS de EXPAL Systems ha obtenido el mayor peso absoluto (39%), sin haber sido, sin embargo, el más valorado en ninguno de los criterios. Se puede comprobar como en los subcriterios no ha destacado en ninguno de ellos, aunque en el rango de ángulos de apuntamiento, localización del sistema, alcance máximo, y tiempo de despliegue y fuego, es uno de los mejores. Su primer puesto se debe, por tanto, a obtener buena calificación o ponderación (sin tener porqué ser la mayor) en todos y cada uno de los criterios, hecho que en los otros sistemas no ocurre.

Destaca por su parte el sistema Alakran, que pese a no haber recibido la primera posición se encuentra prácticamente empatado con el EIMOS (37%); esto supone que un ligero cambio en la valoración de alguno de los criterios/subcriterios, especialmente en las características operativas, podría suponer decantar la evaluación a su favor, ya que es el mejor valorado en cuanto a este criterio.

Por último, hay que mencionar que pese haber sido el favorito en dos de los tres criterios presentados y la evolución del actual sistema CARDOM de 81 mm (ya implantado en el ET), el sistema Spear ha sido la alternativa menos valorada globalmente. Esto se debe principalmente a la escasa ponderación obtenida en el último criterio, características operativas, el cual era el más valorado por los expertos (16). No obstante; una mejora en estas capacidades, especialmente en la mejora del tiempo de despliegue y fuego, inclinaría la balanza a favor de este sistema.

4. CONCLUSIONES

Con la memoria aquí expuesta, se presenta principalmente como objetivo principal el estudio analítico de los posibles candidatos a sistemas portamorteros de 120 mm para su futura integración en el ET.

Dentro de los requisitos exigibles fijados para ser considerados candidatos aptos se encuentran: que las empresas fabricantes del sistema sean de origen español o, en caso de ser extranjeras, con fuertes lazos empresariales con España, fomentando de esta manera la Industria de Defensa nacional; y que el sistema debe responder a un sistema automatizado portamortero embarcado de 120 mm sobre vehículo 4x4, intercambiable a 81 mm en función de la misión e integrable con el FCS TALOS. Ambos requisitos han sido extraídos mediante el estudio de la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027 y de las necesidades actuales del ET, enmarcado en el proyecto Brigada 2035.

Actualmente el ET carece de un sistema con estas características, únicamente integrando el sistema CARDOM de 81 mm en sus unidades de morteros. Es por ello que tras realizar un estudio de mercado y consultas a diferente personal experto se han presentado tres alternativas que cumplen los mencionados requisitos exigibles, estas son: el sistema Alakran, de la empresa Ventura Defense (española); el sistema EIMOS, de la empresa EXPAL Systems (española); y el sistema Spear Mk2, de la empresa de origen israelí Elbit Systems.

Basando el estudio en la documentación consultada e información recabada y realizando el método de análisis multicriterio AHP se ha obtenido un conjunto de criterios y subcriterios a tener en cuenta a lo largo del análisis comparativo que, tras su ponderación, fruto de un proceso de comparación por pares, son determinantes a la hora de llegar a un resultado final de calidad.

Los resultados obtenidos en este trabajo presentan al sistema EIMOS como el candidato más valorado (con un 39% de ponderación final), seguido por el Alakran (37 %) y el Spear, en última posición (24%), pese haber sido el más atractivo en dos de los tres criterios presentados.

Líneas futuras

El resultado de este análisis muestra la gran paridad entre los sistemas presentados, resultado de la competencia entre las empresas que buscan siempre la mejora continua en sus sistemas. Pese haber sido el mejor valorado por los expertos, cabe destacar que el sistema EIMOS está aún pendiente de desarrollo y pruebas dentro del marco del programa de mortero experimental de Infantería de Marina (Navarro 2018) por lo que es muy probable que se realicen modificaciones de sus características en los próximos años.

Además, hay que tener en cuenta que existe multitud de criterios y subcriterios determinantes para la elección de la implantación de un nuevo sistema de armas y que, además de su complejidad, necesitan de un profundo análisis por parte de diferentes expertos tanto de las propias empresas civiles como de personal dentro del Ejército de Tierra, los cuales precisan tener un elevado conocimiento tanto de la situación actual como de la posible evolución de los sistemas, doctrina y tecnología a medio y largo plazo. Cabe destacar, igualmente, que el mercado industrial armamentístico es tan amplio y competitivo que las empresas son siempre reacias a dar información, especialmente si hay un contrato de gran calado en juego; es por eso que la realización de un análisis más preciso requeriría de un mayor grado de detalle de las características de cada sistema. Una selección de expertos diferente, criterios y subcriterios pueden modificar en gran medida las diferentes ponderaciones de esta metodología, por lo que siempre es necesario tomar esta información como sugerible a mejora y cambio continuo.

En cuanto a sistemas portamorteros embarcados automatizados, su evolución siempre estará íntimamente ligada al desarrollo tecnológico y al I+D+i de Defensa que las empresas y los Estados estén dispuestos a llevar a cabo, por lo que será el futuro y la doctrina los que determinarán la posible transformación de estos sistemas de armas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Argüelles, Pedro. 2015. "Estrategia de Tecnología e Innovación Para La Defensa. Carta de Promulgación." <https://www.defensa.gob.es/Galerias/dgamdocs/estrategia-tecnologia-innovacion-defensa-ETID-2015.pdf>.
- Bitar, León; Ergueta, Yul; y García, Vicente. 2020. "Alakran System-Clarifications." In *S01.07.01.20200908-W&FC-ClarificationALAKRANSYSTEM*.
- Elbit Systems. 2016. "ELBIT SYSTEMS LAND AND C 4 I." www.elbitsystems.com/landc4i.
- . 2018. "CARDOM Battle Proven Autonomous Recoiling Mortar System." www.elbitsystems.com/land.
- Estado Mayor del Ejército. 1996. *Orientaciones. Sección y Pelotón de Morteros. OR4-118*.
- . 2000. *Orientaciones. Tiro de Morteros. OR7-016*.
- Gómez, Rodrigo Andrés; Zuluaga, Abdul; y Vásquez, Gloria Luz. 2015. "Método AHP Utilizado Para Mejorar La Recepción En El Centro de Distribución de Una Empresa de Alimentos." *Ingenierías USBMed* 6 (2): 5–14. <https://doi.org/10.21500/20275846.1726>.
- Hogg, Ian. 1976. *Granadas y Morteros. Traducción Por Bernardo Barceló Rubi*. Madrid: San Martín.
- Hurtado, Toskano; y Bruno, Gérard. 2005. "El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) Como Herramienta Para La Toma de Decisiones En La Selección de Proveedores: Aplicación En La Selección Del Proveedor Para La Empresa Gráfica Comercial MyE S.R.L." Universidad Nacional Mayor de San Marcos. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/Basic/toskano_hg/toskano_hg.htm.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina. 1994. *Manual Técnico. Morteros 120, 81 y 60 Mm. MT6-001*.
- . 2012. *Mortero CARDOM 81 Mm (Mortero Embarcado Sobre VAMTAC). MI4-003*.

———. 2017. *Táctica. Empleo de Las Unidades de Morteros. PD4-015.*

Moreno Jiménez, José María. 2002. "El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, Metodología y Aplicaciones."

Muñoz Claro, Tamara. 2017. "Fundamentos de Las Metodologías AHP y ANP. Aplicación Al Problema de Selección de Proveedores Para La Elaboración de Una Cerveza Artesanal." <https://idus.us.es/handle/11441/65532#.X3Wib1LNKtg.mendeley>.

Navarro, José M^a. 2018. "La Infantería de Marina, EXPAL y UROVESA Trabajan Ya En El Nuevo Mortero Embarcado de Las Fuerzas Armadas Españolas." *Defensa.Com*. <https://www.defensa.com/enfoque/infanteria-marina-expal-urovesa-trabajan-ya-nuevo-mortero>.

Saaty, Thomas L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.

———. 1997. *Toma de Decisiones Para Líderes: El Proceso Analítico Jerárquico, La Toma de Decisiones En Un Mundo Complejo*.

Villarejo, Esteban. 2013. "El Mortero Israelí Utilizado Por El Ejército En El Repliegue de Afganistán," 2013. <https://abcblogs.abc.es/tierra-mar-aire/industria-de-defensa/el-mortero-israeli-utilizado-por-el-ejercito-en-el-repliegue-de-afganistan.html>.

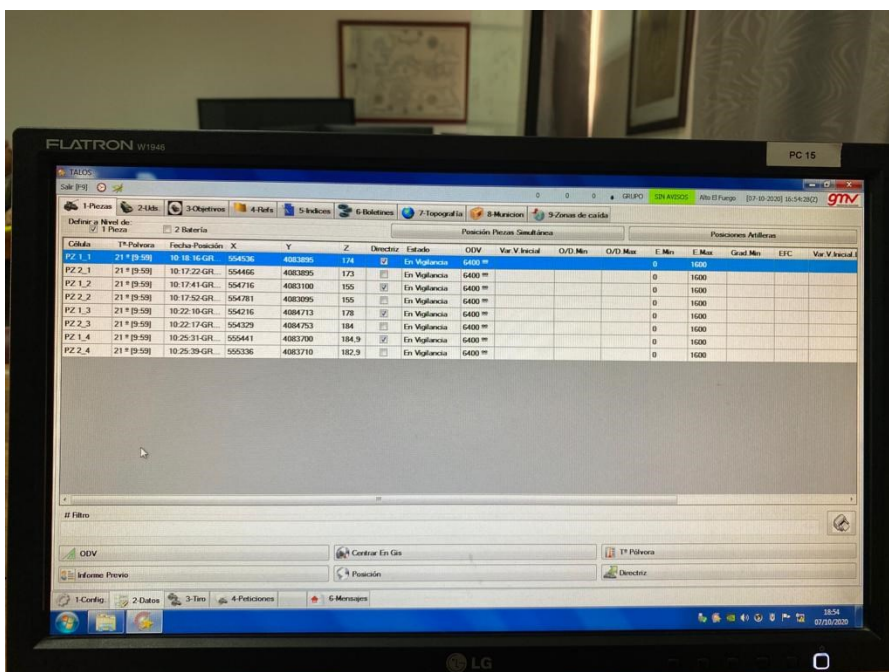
Yepes, Victor. 2018. "Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) – El Blog de Víctor Yepes." 2018. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>.

ANEXOS

ANEXO A. TALOS TÉCNICO

Fuente: Elaboración Propia

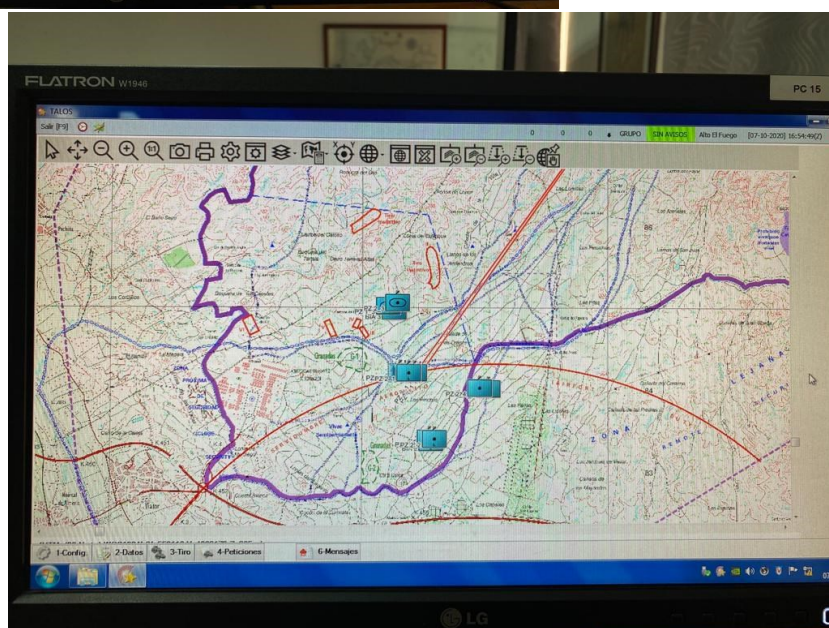
A continuación, se muestran diversas imágenes del software TALOS técnico como sistema calculador de datos de tiro:



Cálculo	Tª Polvora	Fecha Posición	X	Y	Z	Directiz	Estado	ODV	Var V inicial	O.D. Min	O.D. Max	E. Min	E. Max	Grad Min	E.F.C.	Var V inicial
PZ 1.1	21 * (9-59)	10-18-16-GR	554536	4083895	174	En Vigilancia	6400 mm					0	1600			
PZ 2.1	21 * (9-59)	10-17-22-GR	554466	4083895	173	En Vigilancia	6400 mm					0	1600			
PZ 1.2	21 * (9-59)	10-17-41-GR	554716	4083100	155	En Vigilancia	6400 mm					0	1600			
PZ 2.2	21 * (9-59)	10-17-52-GR	554781	4083095	155	En Vigilancia	6400 mm					0	1600			
PZ 1.3	21 * (9-59)	10-22-10-GR	554216	4084713	178	En Vigilancia	6400 mm					0	1600			
PZ 2.3	21 * (9-59)	10-22-17-GR	554329	4084753	184	En Vigilancia	6400 mm					0	1600			
PZ 1.4	21 * (9-59)	10-25-31-GR	555441	4083700	184,9	En Vigilancia	6400 mm					0	1600			
PZ 2.4	21 * (9-59)	10-25-39-GR	555336	4083710	182,9	En Vigilancia	6400 mm					0	1600			

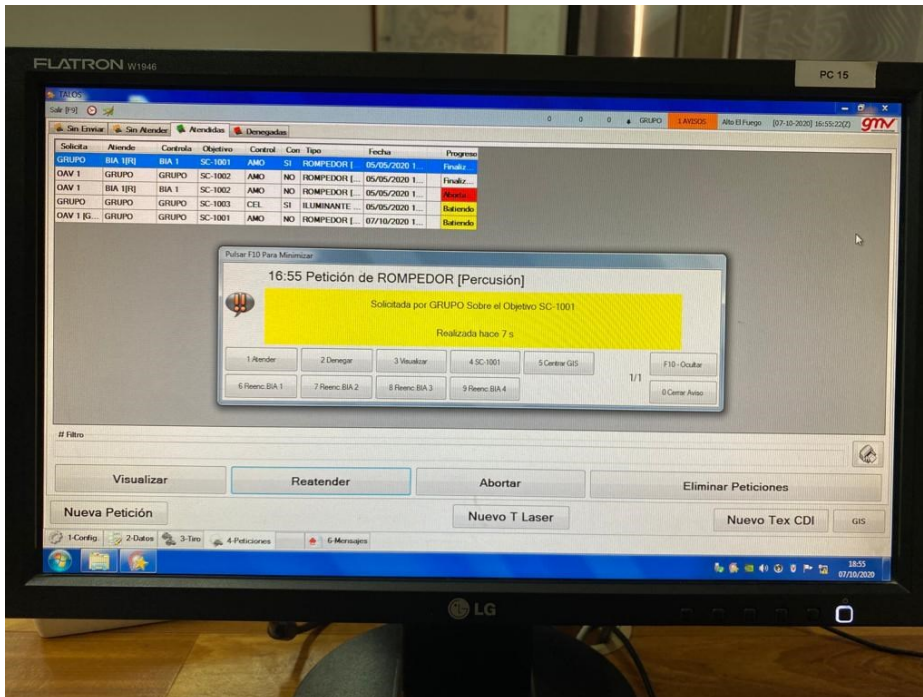
Datos de las diferentes piezas

Situación de las piezas sobre cartografía de la zona



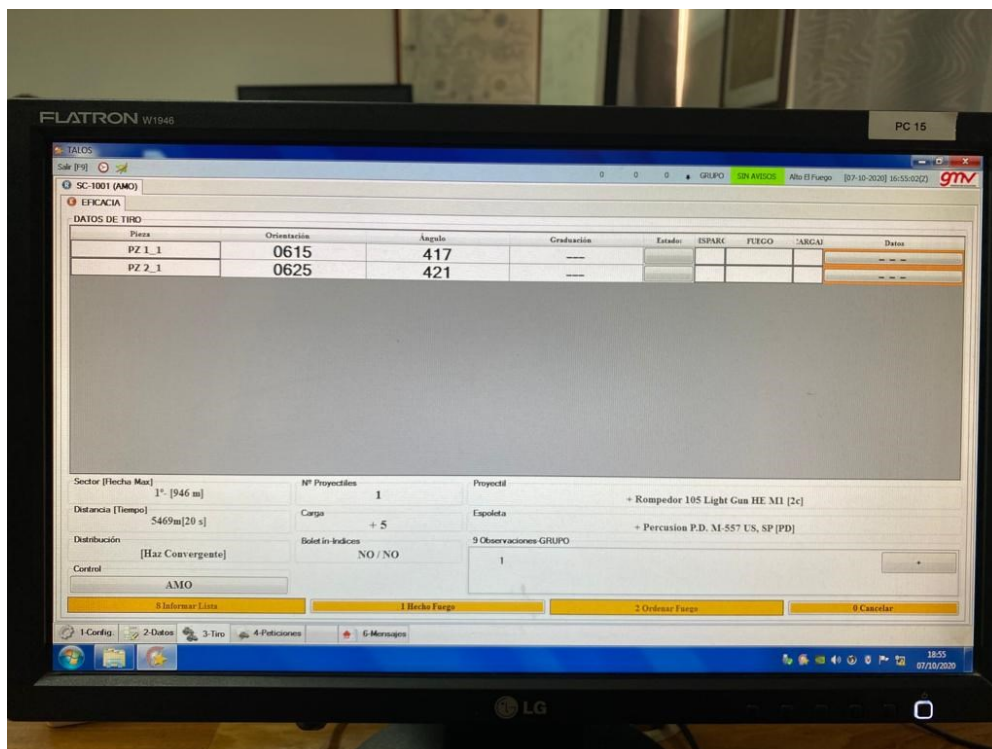
ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS PORTAMORTEROS ACTUALES Y COMPARACIÓN CON LOS EXISTENTES EN EL MERCADO PARA LA IMPLANTACIÓN EN EL ET DE UN SISTEMA PORTAMORTERO DE 120 MM. COMPARACIÓN ENTRE LA EFICACIA DE LOS CALIBRES DE 81 Y 120 MM

anexos




Petición de una acción de fuego

Datos de tiro para diferentes piezas



ANEXO B. CUESTIONARIO CASO ESTUDIADO

Fuente: Elaboración Propia



Universidad
Zaragoza

Encuesta expertos TFG "Comparación entre sistemas portamorteros de 120 mm"

A continuación se van a realizar una serie de preguntas relacionadas con diferentes aspectos con el objetivo de realizar una ponderación de los tres criterios (y subcriterios) más importantes que deben ser sometidos a la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process) con el objetivo de determinar el sistema portamorteros de 120 mm sobre vehículo de alta movilidad 4x4 (VAMTAC) mejor valorado. Para la ejecución de dicho método es necesario efectuar diversas comparaciones por pares que se irán presentando a lo largo de la encuesta.

TFG realizado por: CAC INF D. Francisco José Montoro González

***Obligatorio**

Sistemas portamorteros de 120 mm: "Alakran", "EIMOS", "Spear Mk2". Parte 1.

Introduzca su empleo *

Tu respuesta

Siguiente

Página 1 de 6

Comparación Datos Técnicos

A continuación se muestran los datos técnicos objeto de análisis

- Peso del sistema
- Rango ángulos de apuntamiento
- Localización del sistema (suelo/embarcado)

Responda a las siguientes preguntas, basándose en su experiencia y acorde a la siguiente indicación para las comparaciones, teniendo en cuenta que se evalúan criterios y NO los diferentes sistemas:

- 1= Igual Importancia
- 3= Importancia Moderada
- 5= Importancia Grande
- 7= Importancia Muy Grande
- 9= Importancia Extrema

¿Entre este par, cuál considera más importante? (10) *

Peso del sistema

Rango ángulos de apuntamiento

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (10) *

Elige

¿Entre este par, cuál considera más importante? (20) *

Peso del sistema

Localización del sistema (suelo/embarcado)

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (20) *

Elige

¿Entre este par, cuál considera más importante? (30) *

Rango ángulos de apuntamiento

Localización del sistema (suelo/embarcado)

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (30) *

Elige

Atrás Siguiente

Progress bar: [Blue segment] [Grey segment] Página 2 de 6



Comparación Datos balísticos

A continuación se muestran los datos balísticos objeto de análisis

- Alcance máximo
- Cadencia de tiro

Responda a las siguientes preguntas, basándose en su experiencia y acorde a la siguiente indicación para las comparaciones, teniendo en cuenta que se evalúan criterios y NO los diferentes sistemas:

- 1= Igual Importancia
- 3= Importancia Moderada
- 5= Importancia Grande
- 7= Importancia Muy Grande
- 9= Importancia Extrema

¿Entre este par, cuál considera más importante? (4º) *

Alcance máximo

Cadencia de tiro

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (4º) *

Elige ▼

Atrás Siguiente Página 3 de 6

Comparación Características Operativas

A continuación se muestran las características operativas objeto de análisis

- Tiempo de despliegue y fuego
- Número de operarios necesarios

Responda a las siguientes preguntas, basándose en su experiencia y acorde a la siguiente indicación para las comparaciones, teniendo en cuenta que se evalúan criterios y NO los diferentes sistemas:

- 1= Igual Importancia
- 3= Importancia Moderada
- 5= Importancia Grande
- 7= Importancia Muy Grande
- 9= Importancia Extrema

¿Entre este par, cuál considera más importante? (5º) *

Tiempo de despliegue y fuego

Número de operarios necesarios

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (5º) *

Elige ▼

Atrás Siguiente Página 4 de 6



Comparación entre criterios

Responda a las siguientes preguntas, basándose en su experiencia y acorde a la siguiente indicación para las comparaciones, teniendo en cuenta que se evalúan criterios y NO los diferentes sistemas:

- 1= Igual Importancia
- 3= Importancia Moderada
- 5= Importancia Grande
- 7= Importancia Muy Grande
- 9= Importancia Extrema

¿Entre este par, cuál considera más importante? (I) *

- Datos Técnicos
- Datos Balísticos

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (I) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante? (II) *

- Datos Técnicos
- Características Operativas

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (II) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante? (III) *

- Datos Balísticos
- Características Operativas

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (III) *

Elige ▼

Atrás

Siguiente

Página 5 de 6

ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS PORTAMORTEROS ACTUALES Y COMPARACIÓN CON LOS EXISTENTES EN EL MERCADO PARA LA IMPLANTACIÓN EN EL ET DE UN SISTEMA PORTAMORTERO DE 120 MM. COMPARACIÓN ENTRE LA EFICACIA DE LOS CALIBRES DE 81 Y 120 MM

anexos

Evaluación de las alternativas

A continuación, se muestra una tabla-resumen en la que se presentan las principales características de las tres alternativas:

CARACTERÍSTICAS DE LAS TRES ALTERNATIVAS DE SISTEMAS PORTAMORTEROS 120 MM				
		Alakran	EIMOS	Spear Mk2
Empresa		NTGS-VENTURA DEFENSE	EXPAL SYSTEMS	ELBIT SYSTEMS
Datos Técnicos	Peso sistema	1.179,34 kg	<800 kg	200 kg
	Rango ángulos de apuntamiento (acimut)	2130ºº	6400ºº	6400ºº
	Localización del sistema (suelo/embarcado)	Suelo (sistema neumático de despliegue y repliegue)	Embarcado	Embarcado
Datos Balísticos	Alcance máximo	7.300 m	10.000 m	10.000 m
	Cadencia de tiro	12 dpm	13 dpm	15 dpm
Características Operativas	Tiempo de despliegue y fuego	20 s	20 s	60 s
	Número de operarios	2	4	3

Responda a las siguientes preguntas, basándose en su experiencia y acorde a la siguiente indicación para las comparaciones, teniendo en cuenta que se evalúan los diferentes sistemas en función de cada criterio/subcriterio:

- 1= Igual Importancia
- 3= Importancia Moderada
- 5= Importancia Grande
- 7= Importancia Muy Grande
- 9= Importancia Extrema



¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a PESO DEL SISTEMA? (a1) *

- Sistema Alakran
- Sistema EIMOS

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (a1) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a PESO DEL SISTEMA? (a2) *

- Sistema Alakran
- Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (a2) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a PESO DEL SISTEMA? (a3) *

- Sistema EIMOS
- Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (a3) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a RANGO ÁNGULOS APUNTAMIENTO? (b1) *

- Sistema Alakran
- Sistema EIMOS

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (b1) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a RANGO ÁNGULOS APUNTAMIENTO? (b2) *

- Sistema Alakran
- Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (b2) *

Elige ▼



¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a RANGO ÁNGULOS APUNTAMIENTO? (b3) *

- Sistema EIMOS
- Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (b3) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA (SUELO/EMBARCADO)? (c1) *

- Sistema Alakran
- Sistema EIMOS

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (c1) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA (SUELO/EMBARCADO)? (c2) *

- Sistema Alakran
- Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (c2) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA (SUELO/EMBARCADO)? (c3) *

- Sistema EIMOS
- Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (c3) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a ALCANCE MÁXIMO? (d1) *

- Sistema Alakran
- Sistema EIMOS

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (d1) *

Elige ▼



¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a ALCANCE MÁXIMO? (d2) *

Sistema Alakran

Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (d2) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a ALCANCE MÁXIMO? (d3) *

Sistema EIMOS

Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (d3) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a CADENCIA DE TIRO? (e1) *

Sistema Alakran

Sistema EIMOS

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (e1) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a CADENCIA DE TIRO? (e2) *

Sistema Alakran

Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (e2) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a CADENCIA DE TIRO? (e3) *

Sistema EIMOS

Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (e3) *

Elige ▼

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a TIEMPO DESPLIEGUE Y FUEGO? (f1) *

- Sistema Alakran
- Sistema EIMOS

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (f1) *

Elige

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a TIEMPO DESPLIEGUE Y FUEGO? (f2) *

- Sistema Alakran
- Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (f2) *

Elige

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a TIEMPO DESPLIEGUE Y FUEGO? (f3) *

- Sistema EIMOS
- Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (f3) *

Elige

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a NÚMERO DE OPERARIOS? (g1) *

- Sistema Alakran
- Sistema EIMOS

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (g1) *

Elige

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a NÚMERO DE OPERARIOS? (g2) *

- Sistema Alakran
- Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (g2) *

Elige

¿Entre este par, cuál considera más importante en cuanto a NÚMERO DE OPERARIOS? (g3) *

- Sistema EIMOS
- Sistema Spear

¿Cuánto considera de importante su elección anterior respecto a la otra opción? (g3) *

Elige

[Atrás](#)

[Enviar](#)

Página 6 de 6

ANEXO C. RESULTADO DEL CUESTIONARIO

Fuente: Elaboración Propia

	Pregunta	Opción A		Opción B		MEDIA A	MEDIA B	Media mayor/media menor	Valor Saaty	Resultado
		Sumatorio	Pax	Sumatorio	Pax					
Datos Técnicos	1	19	4	24	5	4,75	4,8	1,010526316	1	Peso=Rango
	2	8	2	43	7	4	6,14285714	1,535714286	5	Local>Peso
	3	25	5	28	4	5	7	1,4	3	Local>Rango
Datos Balísticos	1	20	4	23	5	5	4,6	1,086956522	1	Alcan=Caden
Características Operativas	1	46	8	3	1	5,75	3	1,916666667	5	Tiempo>Nº
Criterios	1	6	2	29	7	3	4,14285714	1,380952381	3	Bal>Tec
	2	13	5	16	4	2,6	4	1,538461538	5	Op>Tec
	3	17	5	18	4	3,4	4,5	1,323529412	3	Op>Bal

Método para el promedio de los juicios	
Resultado media A/media B	Valor según Saaty
[1,1'	1
[1'1,1'5)	3
[1'5,3)	5
[3,4)	7
[4,∞)	9

ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS PORTAMORTEROS ACTUALES Y COMPARACIÓN CON LOS EXISTENTES EN EL MERCADO PARA LA IMPLANTACIÓN EN EL ET DE UN SISTEMA PORTAMORTERO DE 120 MM. COMPARACIÓN ENTRE LA EFICACIA DE LOS CALIBRES DE 81 Y 120 MM

SUBCRITERIO	Opción A			Opción B		MEDIA A	MEDIA B	Media mayor/media menor	Valor Saaty	Resultado
	Pregunta	Suman	Pax	Suman	Pax					
Peso	1	4	4	21	5	1	4,2	4,2	9	E>A
	2	2	2	27	7	1	3,85714286	3,857142857	7	S>A
	3	3	3	8	6	1	1,33333333	1,333333333	3	S>E
Rango ángulos apuntamiento	1	5	5	12	4	1	3	3	7	E>A
	2	5	5	12	4	1	3	3	7	S>A
	3	5	5	4	4	1	1	1	1	E=S
Localización del sistema	1	19	5	16	4	3,8	4	1,052631579	1	E=A
	2	19	5	16	4	3,8	4	1,052631579	1	A=S
	3	5	5	4	4	1	1	1	1	E=S
Alcance máximo	1	4	4	15	5	1	3	3	7	E>A
	2	4	4	15	5	1	3	3	7	S>A
	3	5	5	4	4	1	1	1	1	E=S
Cadencia de tiro	1	4	4	7	5	1	1,4	1,4	3	E>A
	2	3	3	20	6	1	3,33333333	3,333333333	7	S>A
	3	4	4	8	6	1	1,33333333	1,333333333	3	S>E
Tiempo despliegue y fuego	1	5	5	4	4	1	1	1	1	A=E
	2	45	9			5	-	-	9	A>S
	3	45	9			5	-	-	9	E>S
Número operarios	1	36	8	1	1	4,5	1	4,5	9	A>E
	2	13	5	4	4	2,6	1	2,6	5	A>S
	3	4	4	7	5	1	1,4	1,4	3	S>E

Leyenda	
A	Alakran
E	EIMOS
S	Spear

Relación de documentos

Memoria	30	páginas
Anexos	14	páginas

Jaén, a 01 de noviembre de 2020

Firmado: Francisco José Montoro González