



Trabajo Fin de Grado

Análisis y estudio de la implementación de los VCI Pizarro Fase II con la incorporación de un sistema contracarro

Autor

Alfonso Ramón Fuertes Bonet

Director/es

Director académico: Luis Medrano Adán

Director militar: CAP. Ángel Roberto Saldaña Montero de Espinosa

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2018

AGRADECIMIENTOS

Deseo iniciar las primeras líneas de esta memoria agradeciendo a todas las personas que no solo me han ayudado a elaborarla, sino que me han apoyado para conseguir llegar hasta aquí. En primer lugar, a todos los cuadros de mando del Batallón Lepanto del Regimiento “La Reina”, que me han considerado uno más desde el primer día, depositando su confianza en mí y permitiéndome aprender de ellos. En segundo lugar a mis tutores, por estar tan atentos a los progresos de mi trabajo y siempre dispuestos para ayudar y colaborar. Por último, mis agradecimientos van para mi familia, por haberme apoyado en todos los momentos difíciles y me animarme a seguir hasta el final para alcanzar mi sueño. Sin ellos no lo habría conseguido.

RESUMEN

El vehículo de combate de infantería Pizarro Fase II se encuentra entre los mejores vehículos mecanizados de transporte de tropas, pero está limitado por la no capacidad de defensa contra unidades acorazadas. Esto, a pesar de ser vehículos capaces de moverse en cualquier tipo de terreno, reduce su capacidad operativa en ciertas operaciones.

El objetivo de este trabajo es analizar la incorporación de un sistema de armas contracarro sobre los VCI Pizarro. Se han realizado entrevistas y encuestas que permiten concluir que es muy importante la incorporación del sistema C/C, se han identificado las posibles alternativas y las características que debería tener dicho sistema de armas. Por último, con ayuda del método de decisión multicriterio AHP se ha identificado al Spike LR como el sistema contracarro óptimo para el Pizarro Fase II.

ABSTRACT

The infantry fighting vehicle Pizarro Phase II is one of the best mechanized troop transport vehicles, despite being limited by the lack of anti-tank defensive capabilities. This forces them to have reduced their operational capacity in certain operations, although they are able to deploy in any type of terrain.

The objective of this work is to analyze the incorporation of an anti-tank weapons system on VCI Pizarro. Interviews and surveys have been made to conclude how important is the incorporation of the anti-tank system. The possible alternatives have been identified and the characteristics that the system should have. At least, with help of the multicriteria decision method AHP, Spike LR has been identified as the best system to the Pizarro Phase II.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Despliegue inicial compañía Eagle	3
Figura 2: 2 Bradley norteamericanos frente a un T - 72 destruido.....	3
Figura 3: VCI Pizarro.	4
Figura 4: Cámaras VCI.	4
Figura 5: Cañón de 30 mm MK30 - 2	5
Figura 6: Ametralladora MG-3S.	5
Figura 7: Tubo lanzador.....	5
Figura 8: Blindaje exterior.	6
Figura 9: VCI Puma IFV.	7
Figura 10: Spike LR Dual.	7
Figura 11: TOW - LWL.....	8
Figura 12: FGM - 148 Javelin.....	8
Figura 13: Resultado de la encuesta sobre la implementación de un sistema C/C.	12
Figura 14: Resultado de la encuesta sobre la importancia de los criterios.	14
Figura 15: Resultado a la pregunta 4 por parte de los suboficiales.	15
Figura 16: Resultado a la pregunta 4 por parte de los oficiales.	15
Figura 17: VCI Puma IFV	25
Figura 18: VCI Dardo.....	25
Figura 19: VCI Warrior.	25
Figura 20: VCI Bradley.....	26
Figura 21: VCI BMP - 3.....	26
Figura 22: Criterios por grado de importancia según suboficiales.	34
Figura 23: Criterios por importancia según oficiales.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparativa características VCI's.....	6
Tabla 2: Comparativa características sistemas contracarro.	9
Tabla 3: Análisis DAFO sobre la implementación del sistema C/C.....	10
Tabla 4: Estudio contraste de la bondad pregunta 4.	13
Tabla 5: Estudio contraste bondad simplificado pregunta 4.	13
Tabla 6: Tabla de contraste de homogeneidad de la pregunta 4.....	16
Tabla 7: Tabla de contraste de homogeneidad simplificado pregunta 4.	16
Tabla 8: Características sistemas C/C.	18
Tabla 9: Escala de Saaty.	19
Tabla 10: Matriz análisis AHP.	19
Tabla 11: Matriz análisis AHP normalizada.....	20
Tabla 12: Matriz comparación de criterios con los pesos correspondientes.	20
Tabla 13: Matrices comparación de alternativas según el criterio.	20
Tabla 14: Matriz resultado análisis AHP.....	21
Tabla 15: Consistencia aleatoria.	22
Tabla 16: Matriz jerarquización alternativas AHP.....	22
Tabla 17: Contraste de bondad pregunta 6.	29
Tabla 18: Contraste de bondad simplificado pregunta 6.	30
Tabla 19: Contraste de bondad pregunta 7.	30
Tabla 20: Contraste bondad simplificado pregunta 7.	31
Tabla 21: Contraste homogeneidad pregunta 7.	32
Tabla 22: Contraste homogeneidad simplificado pregunta 7.	32
Tabla 23: Contraste homogeneidad alcance y perforación.	33
Tabla 24: Contraste homogeneidad precio y afuste.	33

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos y alcance.	1
1.3. Metodología.	1
1.4. Estructura de la memoria.	1
2. Estudio del estado del arte.....	2
2.1. Operación 73 Easting.....	2
2.2. VCI Pizarro Fase II.....	4
2.3. Comparativa VCI's.	6
3. Análisis de los sistemas contracarro:	7
3.1. Sistema Spike LR Dual.....	7
3.2. Sistema SICCLA TOW-LWL.....	8
3.3. Sistema FGM-148 Javelin.	8
4. Análisis DAFO:.....	9
5. Análisis Encuesta.....	11
6. Análisis multicriterio AHP.	17
7. Conclusiones:	23
8. Bibliografía.	24
9. Anexo 1: Comparativa VCI's.	25
10. Anexo 2: Encuesta sobre la implementación de un nuevo sistema contracarro	27
11. Anexo 3: Estudio estadístico de contrastes.	29
12. Anexo 4: Cuestionario análisis AHP	35

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

- CIMZ: Compañía de Infantería Mecanizada.
- C/C: Contracarro.
- DCC: Defensa Contracarro.
- ECP: Elemento de Combate a Pie.
- NBQ: Nuclear, Biológico y Químico.
- PDSC: Posición Defensiva de Sección.
- SICCLA: Sistema Contracarro de Largo Alcance.
- S/GTMZ: Subgrupo Táctico Mecanizado.
- SIGLE: Sistema Integrado de Gestión Logística del Ejército.
- UVGI: Unidad de Vigilancia y Guiado Integrada.
- VCI: Vehículo de Combate de Infantería.



1. Introducción.

1.1 Motivación.

Actualmente las unidades mecanizadas del Ejército de Tierra se enfrentan a un problema grave. A pesar de contar con medios mecanizados modernos, carecen de una capacidad defensiva adecuada frente a enemigos de gran envergadura como los carros de combate.

Para suplir esta carencia, se analiza dotar a los VCI Pizarro fase II de un sistema contracarro que le permita tener una mayor capacidad defensiva, así como estar capacitado para hacer frente a cualquier tipo de enemigo y en cualquier terreno.

1.2 Objetivos y alcance.

El objetivo principal del trabajo es determinar el sistema contracarro óptimo para aumentar la supervivencia del Pizarro Fase II en operaciones, sus capacidades operativas en cualquier ambiente y la potencia de combate. Además, como objetivos secundarios se realizará un análisis de los diferentes sistemas de armas C/C con posibilidad de ser instalados y, en segundo lugar, identificar las características más importantes que un sistema C/C debe tener.

Respecto a esto, en primer lugar está elegir un sistema de armas con un alcance suficiente para hacer tiro eficaz desde una distancia segura. En segundo lugar no puede reducir las capacidades de movimiento y maniobra del VCI Pizarro. Es necesario tener en cuenta que el sistema tenga la posibilidad de como mínimo realizar dos disparos, evitando poner en riesgo la seguridad de la tripulación, al no tener que salir del vehículo para municiónar de nuevo.

1.3 Metodología.

En primer lugar, se hará un análisis del estado del arte, donde se expondrán los conocimientos y datos necesarios para llevar a cabo el proyecto. A continuación, se realizará un análisis DAFO para identificar los pros y contras en la incorporación del sistema contracarro en los VCI Pizarro. Se invitará a los cuadros de mando de la unidad a realizar una encuesta para conocer su punto de vista sobre el proyecto, así como, identificar cuáles son los criterios que ellos consideran más importantes para este análisis. Posteriormente se someterán los resultados de esta encuesta a un análisis estadístico.

Por último, se empleará la metodología AHP que nos permite elegir el sistema contracarro óptimo entre las distintas posibilidades, lo cual es un problema de decisión multicriterio, pues se tienen que tener en cuenta varias variables para su elección.

1.4 Estructura de la memoria.

La memoria se estructura en siete secciones. En la segunda sección se estudia el estado del arte. Como inicio se expone la operación “73 Easting”, con la intención de demostrar la importancia que tiene, que los VCI cuenten con medios C/C. También se analiza el VCI Pizarro fase II, sus usos, misiones y capacidades operativas. Se incluye a continuación una comparativa entre los distintos VCI de los ejércitos aliados con el objetivo de ver cuáles son las ventajas y desventajas de nuestro VCI Pizarro frente a estos. En la tercera sección se lleva a cabo el análisis de los diferentes sistemas



contracarro posibles a implementar en el VCI, estudiando sus características principales, similitudes y diferencias.

La sección 4 contiene el análisis DAFO sobre las consecuencias que tiene llevar a cabo esta implementación. Las secciones 5 y 6 son la parte más importante del trabajo, pues es donde se analizan los resultados de las encuestas a través de varios métodos estadísticos y posteriormente se aplica la metodología AHP, para determinar, a partir de las diferentes prestaciones de cada sistema, cual es el idóneo para instalar en los VCI. En la última sección se encuentran las conclusiones.

2. Estudio del estado del arte.

2.1 Operación 73 Easting.

La operación norteamericana conocida como la 73 Easting, consistió en un enfrentamiento que enfrentó a un regimiento de caballería norteamericano contra una división acorazada de la Guardia Republicana Iraquí, con el objetivo de expulsar el régimen dictatorial de Sadam Hussein. El motivo de explicación de esta batalla es debido a la gran importancia que adquirieron los sistemas contracarro de los VCI norteamericanos “Bradley”.

Antecedentes:

El conflicto se produjo durante la Guerra del Golfo Pérsico[1], motivada por la invasión y anexión de Kuwait por parte del régimen iraquí liderado por Sadam Hussein. La rápida invasión iraquí se produjo el 2 de agosto de 1990, gracias a la eficacia de movimiento de los carros de combate de Sadam, los cuales apenas tuvieron resistencia. Amenazando al, en aquel momento gran aliado norteamericano Arabia Saudí, Estados Unidos junto a 33 países, forman una coalición con el objetivo de frenar a Sadam. Entraron en acción el 15 de enero de 1991, creando con una velocidad extraordinaria, lo que se conocería como el “Escudo del Desierto”. A finales de 1991, cerca de 400.000 soldados americanos y 100.000 de otras naciones esperaban órdenes en suelo saudí.

La operación:

El 26 de febrero de 1991 a las 4 de la mañana, se inicia la operación por parte del Ejército norteamericano de tomar Kuwait. La compañía Eagle, formada por 10 carros de combate modelo M-1A1 Abrams y 12 VCI's M-2A2 Bradley, tiene la misión de avanzar en dirección de ataque hacia el Este, eliminando cualquier resistencia enemiga durante su avance. El enemigo al que se enfrentaban era prácticamente desconocido, por lo que los norteamericanos decidieron llevar a cabo un despliegue donde los Bradleys ocuparían la vanguardia del movimiento, formando una cuña inversa. Los carros de combate avanzarían en segundo escalón formando una cuña directa.

En los inicios de la tarde la visibilidad se redujo de manera drástica, pero los medios norteamericanos tenían la superioridad, pues contaban con cámaras térmicas. Se empezaron a encontrar con las primeras resistencias enemigas que no fueron capaces de frenar a la potencia de fuego encadenada por los carros de combate Abrams y los Bradleys norteamericanos. A las 16:30, las unidades americanas habían alcanzado ya la línea de coordinación “73,8 Easting”, dándose por concluida la operación. Durante la batalla, los norteamericanos no sufrieron ninguna baja. En cambio, se destruyeron más de 50 vehículos iraquíes y se causaron cerca de 1.000 bajas y centenares de prisioneros fueron capturados.

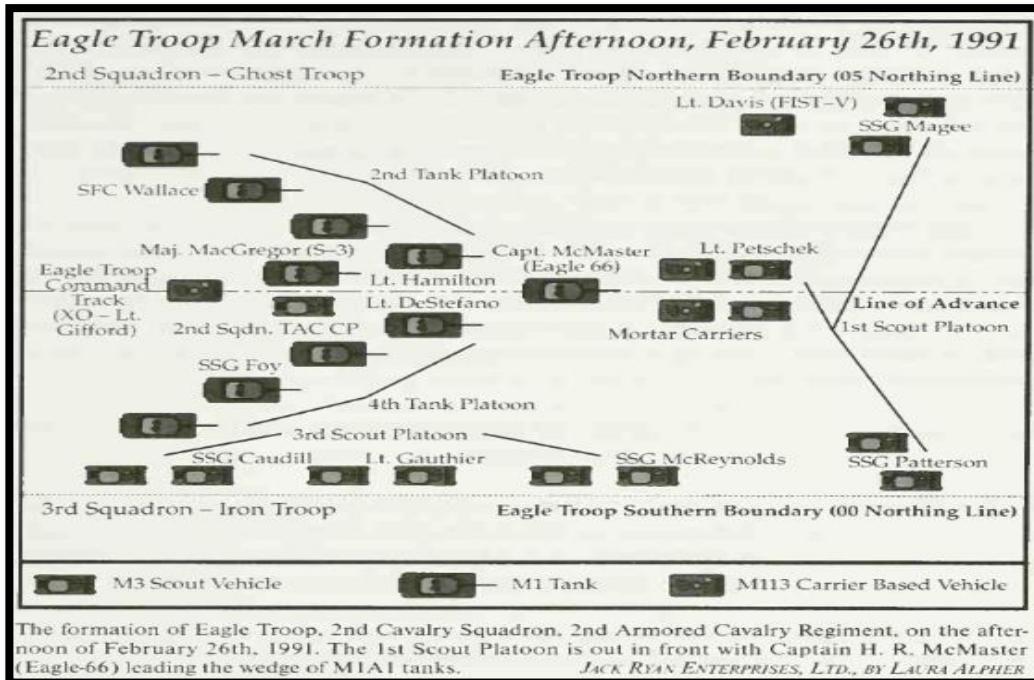


Figura 1: Despliegue inicial compañía Eagle. (Fuente: <https://thestrategybridge.org/the-bridge/2016/2/26/eagle-troop-at-the-battle-of-73-easting>)

Lo más destacable de la operación es que se muestra la importancia que tiene contar con capacidad de defensa contracarro, pues el enemigo norteamericano era una división acorazada iraquí, muy superior en número de carros de combate a los aliados. Los VCI Bradley contaban con el sistema de armas TOW LWL. Gracias a esto, el Teniente Hains encuadrado en la compañía Ghost y al mando de dos Bradley tenía la misión de entablar contacto con la compañía Eagle, cuando se topó con una sección de carros de combate iraquí modelo T-72. A pesar de ser superiores en potencia de combate, gracias al apoyo mutuo y de sus misiles contracarro tipo TOW, los dos Bradley fueron capaces de abatir 4 carros. Mas tarde, con el apoyo de otros dos Bradley de la compañía Eagle que venían al encuentro del Teniente Hains, consiguieron destruir por completo la sección acorazada de T-72.



Figura 2: 2 Bradley norteamericanos frente a un T - 72 destruido.



Fue a partir de esta batalla cuando el Ejercito de los E.E.U.U se dio cuenta de la importancia que tenía que sus VCI contaran con misiles antitanque. Desde entonces han ido mejorándolo hasta la actualidad. Ahora mismo siguen disponiendo de misiles TOW, pero con la diferencia de integrar un modelo más moderno, que le otorga un mayor alcance y perforación.

2.2 VCI Pizarro Fase II.

El VCI Pizarro es un vehículo de cadenas desarrollado por GDELS Santa Bárbara Sistemas S.A, usado para el combate tanto de Infantería como Caballería. Fabricado enteramente de acero, tiene una protección optima, así como una excelente capacidad de combate y movilidad para cualquier situación[2]. Está formado por una tripulación de 3 hombres: conductor, tirador y jefe de vehículo. Además, permite el transporte en su cámara de personal de un ECP compuesto por 6 personas.



Figura 3: VCI Pizarro.

Está formado por tres cámaras principales; cámara de motor, cámara de personal (formada a su vez por la cámara de conducción y la cámara del ECP) y pozo de la torre.



Figura 4: Cámaras VCI.

Uso y misiones.

El Pizarro tiene capacidad para combatir objetivos fijos o móviles, contra vehículos similares en cuanto a blindaje, así como contra aeronaves en vuelo a baja cota. Se



puede emplear tanto de día como de noche, y gracias a sus medios de visión térmica, puede combatir contra blancos camuflados, en malas condiciones de visión y atmosféricas. Dispone de un sistema de prevención contra ataques NBQ que le permite llevar a cabo operaciones en zonas contaminadas sin poner en riesgo a su tripulación o personal. Tiene capacidad para vdeo de cursos de agua con una profundidad de hasta 1,5 m.

Sus misiones principales son[3]: (i) acciones ofensivas y defensivas en campo abierto y en combate urbanizado, (ii) combatir en ambiente NBQ, (iii) profundizar en el despliegue defensivo enemigo para conquistar, (iv) ocupar y conservar un objetivo asignado a la CIMZ o S/GTMZ, (v) realizar acciones de retardo y desgaste, y (vi) ocupar, organizar y defender con carácter temporal una Posición Defensiva de Sección (PDSC).

Sistemas de armas.

El VCI Pizarro cuenta de los siguientes medios[2]:

- El *Cañón de 30 mm MK 30-2* cuenta con una gran precisión y alta capacidad de fuego. Tiene un alcance eficaz contra vehículos ligeros de más de 2.000 m y contra aeronaves y helicópteros de ataque por encima de los 3.000 m.



Figura 5: Cañón de 30 mm MK30 - 2.

- La *Ametralladora coaxial MG 3S* tiene un calibre 7,62 mm y una capacidad de munición de hasta 3.800 disparos. Su alcance máximo es de 4.000 m y un alcance eficaz 1.200.

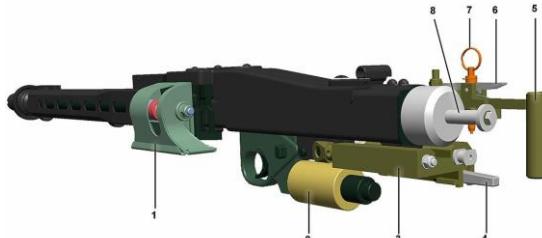


Figura 6: Ametralladora MG-3S.

- *Lanza ingenios* están formados por 12 tubos lanzadores de 76 mm como el de la figura 7. Tiene capacidad de lanzamiento de artificios fumígenos y granadas de fragmentación contra personal. Se controlan desde el puesto del tirador.



Figura 7: Tubo lanzador.



En cuanto a óptica, el VCI Pizarro cuenta con periscopios de visión directa 360º así como un telémetro laser con un alcance de medición de hasta 10.000 m y una cámara térmica con posibilidad de enfoque desde 50 m hasta el infinito. En cuanto a movilidad y protección, alcanza una velocidad máxima en carretera de 70 km/h con una autonomía de 600 km. Presenta un blindaje exterior formado por 40 placas de blindaje inerte sustituibles por placas de blindaje reactivo (1) y 4 faldones laterales abatibles que protegen las cadenas de rodaje (2). Su blindaje interior está formado por planchas de blindaje anti-esquirlas para protección del conductor y fusileros.

Actualmente, el VCI Pizarro fase II se encuentra activo en 4 unidades[4]; Regimiento “La Reina” nº 2 en Córdoba, regimiento “Saboya” nº 6 en Badajoz, regimiento “Arapiles” 62 en Gerona y regimiento “Asturias” 31 en Madrid.

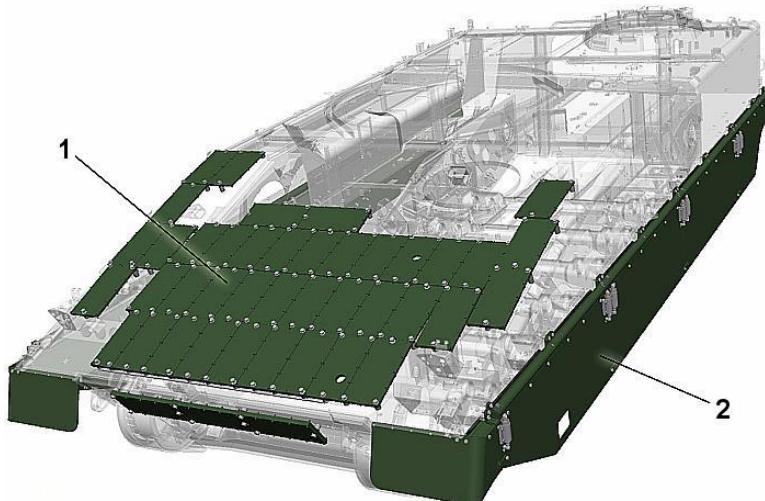


Figura 8: Blindaje exterior.

2.3 Comparativa VCI's.

A continuación, se han analizado varios VCI's utilizados por los ejércitos aliados más modernos. La tabla 1 muestra las principales características de estos sistemas¹.

Características	Puma IFV (Alemania)	Dardo (Italia)	Warrior (Inglaterra)	Bradley (EE. UU.)	BMP 3 (Rusia)
Tripulación	3	3	3	3	3
ECP	6	6	7	7	8
Arma principal	Cañón calibre 30 mm	Cañón calibre 35 mm	Cañón calibre 30 mm	Cañón calibre 25 mm	2 cañones, de calibre 100 mm y 30 mm respectivamente
Sistema C/C	Spike LR6	Spike LR	No	BGM – 71 TOW	AT – 5 Spandrel

Tabla 1: Comparativa características VCI's.

A partir de los datos anteriores, se puede apreciar que generalmente todos los VCI son bastante similares. Destaca como el VCI ruso tiene mayor potencia de combate debido a que cuenta con dos cañones, pero la conclusión principal es que solo uno de los 5 mencionados no dispone de un sistema contracarro. A la hora de hacer una

¹ En el anexo 1 se encuentra esta comparativa aún más en detalle.



comparación frente al VCI Pizarro, el más similar es el VCI PUMA IFV (véase figura 9), utilizado por el ejército alemán. Este cuenta con un afuste para misil Spike² que desmontable.



Figura 9: VCI Puma IFV.

3. Análisis de los sistemas contracarro:

Existen numerosos sistemas contracarro, pero se analizarán los tres más modernos y más utilizados actualmente en los ejércitos aliados³. Además, dos de ellos se encuentran en dotación en el Ejército de Tierra, lo que implica que ya se cuenta con toda la cadena logística y repuestos de los mismos.

3.1 Sistema Spike LR Dual.

Este misil de cuarta generación tiene una gran velocidad de vuelo, la capacidad de tiro nocturno, así como hacer fuego desde espacios cerrados. Tiene doble cabeza de guerra, lo que le permite activarse de manera secuencial y así conseguir perforar blindajes reactivos [5].



Figura 10: Spike LR Dual.

El Spike tiene capacidad para neutralizar cualquier tipo de vehículo acorazado/blindado dentro de su alcance. Tiene la posibilidad de ser montado sobre vehículo, aumentando potencialmente sus prestaciones de supervivencia y movilidad.

² Se encuentra en dotación actualmente en el Ejército de Tierra.

³ Utilizados por países como Francia, Italia, Alemania, Estados Unidos o China.



Tiene varios modos de tiro. En la modalidad “dispara y observa” se debe guiar el misil hasta el objetivo sin perder contacto visual con el mismo. Este modo es peligroso pues permite que el enemigo detecte el origen de fuego. También cuenta con la modalidad “dispara y olvida” en el que no es necesario mantener contacto visual con el objetivo. El mayor de sus inconvenientes es la capacidad de distribución de los misiles en un ambiente táctico debido a su peso y volumen. Actualmente los equipos sobre vehículo pueden contar con 2 misiles. Sin embargo, si es implementado sobre un vehículo mecanizado, se podría aumentar sustancialmente la cantidad de misiles a bordo. El visor térmico optimiza exponencialmente sus capacidades de tiro, ya que aumenta la observación y adquisición de objetivos durante la noche o con condiciones climatológicas adversas a una distancia de hasta 6 km. A su vez contiene dos campos de visión desde el visor térmico; el campo de visión ancho es normalmente utilizado para observación y detección de objetivos, y el campo de visión estrecho para reconocimiento e identificación de unidades enemigas.

3.2 Sistema SICCLA TOW-LWL.

El sistema SICCLA del TOW-LWL, según el manual de MADOC, es un “Equipo transportable contracarro diseñado principalmente para destruir vehículos blindados, aunque también puede ser utilizado frente a otros blancos tácticos de interés, como fortificaciones terrestres o aeronaves que vuelan a velocidades reducidas y a baja altura.”[6]



Figura 11: TOW - LWL.

Para hacer tiro, el tirador, primero debe localizar y fijar un objetivo. Una vez tenga el blanco a la vista y lo siga sin oscilaciones, efectúa el disparo. Deberá continuar siguiendo el objetivo hasta que el misil haga impacto. La instrucción del tirador influye mucho en la precisión a la hora de corregir el tiro una vez se ha efectuado el disparo, debido a la sacudida provocada por la salida del misil. Estos factores son realmente importantes ya que además de afectar a la precisión, afectan a la distancia que alcanza. Si se lleva a cabo un exceso de movimiento, se reduce el gas que el misil tiene comprimido, impidiendo que alcance su máxima distancia que son los 3.750 metros. Es el sistema de armas contracarro más antiguo de los mencionados, y debido a esto, el más complicado de utilizar.

3.3 Sistema FGM-148 Javelin.

Misil antitanque desarrollado por Estados Unidos [7], que lleva en servicio en su ejército desde 1996. Es de los sistemas contracarro menos pesados ya que no llega a los 20 kg sumando el sistema y el misil. No es filo dirigido, sino que utiliza guía infrarroja, lo que le permite el modo “dispara y olvida”.



Figura 12: FGM - 148 Javelin.



Para hacer tiro, una vez se designa un objetivo, el misil se bloquea antes de ser lanzado y en vuelo, se guía automáticamente. Durante el tiempo de vuelo, el operador puede desechar el tubo vacío y colocar uno nuevo para un segundo disparo. Cuenta con dos modos de ataque:

- Ataque superior: Utilizado contra vehículos acorazados o mecanizados como carros de combate. El misil asciende a una altitud, que le permite bajar en picado sobre su objetivo, haciendo impacto en la zona de menos protección del vehículo acorazado.
- Ataque directo: Utilizado contra edificios, bunkers o concentraciones de tropas enemigas, incluso contra helicópteros que vuelan a baja cota. El misil vuela directamente contra su objetivo.

Nada más ser disparado, el misil es lanzado hacia delante cerca de 20 metros gracias al impulso recibido de un pequeño cilindro de gas comprimido. Una vez alcanza los 20 metros, el motor principal se activa y coge la trayectoria necesaria para alcanzar su objetivo. Esto hace idóneo su uso en ambientes cerrados y entornos urbanos, que permite que ninguno de sus operadores corra ningún riesgo a la hora de efectuar un disparo. Utiliza el mismo sistema que el Spike, puesto que el tubo de lanzamiento es desechable después de cada disparo. La CLU cuenta con múltiples canales con cámaras termográficas, utilizadas tanto para vigilancia como priorización de objetivos. Tiene capacidad para efectuar tiro nocturno y en cualquier tipo de condición climatológica[8].

La tabla 2 recoge las principales características técnicas de los 3 sistemas. Todos están cercanos a los 4.000 m de alcance, pero varían en cuanto a perforación y sistema de guiado. Es muy importante la capacidad del misil Spike de ser capaz de penetrar en blindajes reactivos, pues es uno de los blindajes más utilizados actualmente por carros acorazados. En cuanto al sistema de guiado, el más obsoleto es el usado por el sistema TOW, ya que el modo de cable filodirigido es el menos efectivo a la hora de hacer impacto.

Características	Spike LR Dual	SICCLA TOW - LWL	Javelin FGM - 148
Alcance	4.000 m	3.750 m	4.750 m
Precio sistema	500.000 € ⁴	200.000 €	300.000 €
Perforación	≥ 700 mm en acero y blindaje reactivo	600/800 mm en acero	≥ 600 mm
Sist. De guiado	Electro - Óptico	Filodirigido ⁵	Infrarrojo
Existencia afuste vehicular	Si	Si	No
Peso	26,8 kg	25 kg	18 kg

Tabla 2: Comparativa características sistemas contracarro.

4. Análisis DAFO:

El análisis DAFO sirve para plantear las acciones que deberíamos poner en marcha para aprovechar las oportunidades de la implementación del sistema contracarro en el Pizarro, así como prepararse para hacer frente a las posibles amenazas que surjan, teniendo en cuenta nuestras debilidades y fortalezas. Se

⁴ Precio obtenido a través del sistema SIGLE del Ejército de Tierra.

⁵ Se extiende un hilo guiado que une el misil con el lanzador hasta el momento del impacto, para mandar las correcciones oportunas al misil.



distingue entre: las variables controlables que son las debilidades y fortalezas que están al alcance de poder ser corregidas o mejoradas, y las variables no controlables que son las amenazas y oportunidades que pueden darse y pueden afectar negativa o positivamente sobre el proyecto. Es importante identificarlas con antelación para conocer cuál será su impacto.

Actualmente, una compañía mecanizada de fusiles cuenta con una sección de armas de apoyo. En ella se encuentra el pelotón de defensa contracarro, cuyos miembros son los únicos que tienen la instrucción necesaria para el uso de los medios C/C. Una de las debilidades de llevar a cabo esta implementación en el Pizarro, es el tener que invertir tiempo en instruir a la tripulación de los VCI en el uso de los medios C/C. Sin embargo, esto es de manera simultánea una oportunidad, pues se consigue que la tripulación esté mejor instruida.

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none">✗ Aumento del tren logístico necesario para abastecer a las unidades mecanizadas.✗ Mayor necesidad de mantenimiento de los vehículos al existir un nuevo sistema de armas.✗ Necesidad de instrucción de la tripulación del vehículo en los sistemas contracarro.	<ul style="list-style-type: none">✗ Aumento de la vulnerabilidad de los vehículos mecanizados al usar los sistemas contracarro, pues son más detectables.✗ Fuerte inversión económica necesaria para llevar a cabo su instalación en todas las unidades mecanizadas del ET.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none">✗ Aumento de la supervivencia de las unidades mecanizadas en combate contra unidades acorazadas.✗ Mayor capacidad y potencia de combate en cualquier ambiente.	<ul style="list-style-type: none">✗ Aumento del nivel de instrucción de la tripulación de los vehículos mecanizados.✗ Mejora de la seguridad de la tripulación del VCI Pizarro.✗ Aumento de la capacidad de las unidades mecanizadas para desarrollar un mayor número de misiones.

Tabla 3: Análisis DAFO sobre la implementación del sistema C/C.

La principal amenaza es la inversión económica. Puede implicar un enorme gasto y provocar el recorte de presupuesto en alguna otra rama, o simplemente, no ser capaz de finalizarse completamente su implementación. Aun así, destaca el aumento de supervivencia que se conseguiría con la incorporación del sistema C/C. A partir de ese momento, los VCI Pizarro serían capaces de hacer frente a unidades acorazadas, ante las cuales previamente se tenían que retirar o rehusar el combate. Además, las compañías mecanizadas son muy usadas como elemento retardador en una defensa móvil. Uno de los mayores enemigos en una defensa móvil son las unidades acorazadas, debido a su alta velocidad y potencia de fuego. Implementando un sistema contracarro al VCI Pizarro se conseguiría frenar e incluso hacer retroceder a estas unidades.

Otra importante debilidad sería el aumento de horas de mantenimiento que necesitaría el vehículo. Uno de los grandes problemas que tienen las unidades mecanizadas, es la cantidad de tiempo que se tiene que invertir en tener el vehículo a punto para ser usado en cualquier momento. Para su mantenimiento y revisión, es



necesario que pasen por los escalones de mantenimiento de las distintas unidades al menos, dos veces por semana. Al instalar un nuevo sistema de armas, implicaría tener que realizar también su mantenimiento y revisión, lo que posiblemente dé lugar a un mayor número de visitas al escalón de mantenimiento.

En definitiva, las ventajas de llevar a cabo la implementación son superiores a las debilidades presentadas por el mismo, pues son muy fácilmente corregibles e incluso pueden suponer en un mayor número de beneficios. En la siguiente sección veremos que esta opinión es compartida por expertos y tripulación del Pizarro

5. Análisis Encuesta

Se ha realizado una encuesta, cuyo formulario se muestra en el anexo 2, con los objetivos de analizar las opiniones de suboficiales y oficiales de la unidad respecto a la implementación del sistema contracarro y caracterizar los criterios adecuados a la hora de realizar el análisis multicriterio AHP. En total, se ha entrevistado a 50 cuadros de mando, dentro de los cuales, 15 eran oficiales y 35 suboficiales, la mayoría de los cuales superaba los 10 años de servicio.

La encuesta consta de 10 preguntas y, en cada una de ellas (salvo la décima) hay que elegir una de entre cinco opciones: “Totalmente en desacuerdo”, “Desacuerdo”, “NS/NC”, “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”. Las preguntas realizadas eran las siguientes:

1. ¿Necesita el VCI Pizarro la implementación de un nuevo sistema contracarro?
2. La implementación de un nuevo sistema contracarro, ¿mejoraría la capacidad de combate del VCI Pizarro?
3. La implementación de un nuevo sistema contracarro, ¿mejoraría la instrucción individual de la tripulación?
4. La implementación de un nuevo sistema contracarro, ¿daría lugar a más problemas mecánicos y de mantenimiento del VCI Pizarro?
5. La implementación de un nuevo sistema contracarro, ¿aumentaría la seguridad de la tripulación y del elemento de combate a pie del VCI Pizarro?
6. Al implementar el nuevo sistema contracarro en el VCI Pizarro, ¿se debería suprimir el pelotón de defensa contracarro de la sección de armas de apoyo de la compañía?
7. Con la implementación de un sistema C/C, ¿habría que cambiar la táctica empleada hoy en día en unidades mecanizadas?
8. La implementación de un sistema contracarro, ¿es la principal mejora que se puede hacer actualmente al VCI Pizarro?
9. Instruir a la tripulación en el uso del sistema contracarro, ¿Puede llegar a ser un problema grave por falta de tiempo o instrucción?
10. Ordene, según prioridad, las características más importantes que debe tener el sistema contracarro que se vaya a implementar en el VCI, siendo la puntuación de 5 la más importante y 1 la de menos importancia.
 - Alcance.
 - Perforación.
 - Sistema de guiado.
 - Precio.
 - Existencia de afuste vehicular.

La Figura 13 muestra las frecuencias observadas en las respuestas para las 9 primeras preguntas. El 100% de los encuestados está de acuerdo en la necesidad de implementar el sistema contracarro (un 64% totalmente de acuerdo y un 36%



parcialmente) y en que dicha implementación mejoraría la capacidad de combate del VCI Pizarro (un 90% totalmente de acuerdo y un 10% parcialmente). Además, el 52% considera que la instalación de este nuevo sistema de armas aumentaría la seguridad de la tripulación y el elemento de combate a pie del vehículo, y hasta un 80% considera que es la principal mejora que se podría realizar sobre el VCI Pizarro. Por último, el 86% considera que incorporar un sistema contracarro daría lugar a beneficios en la instrucción individual de la tripulación.

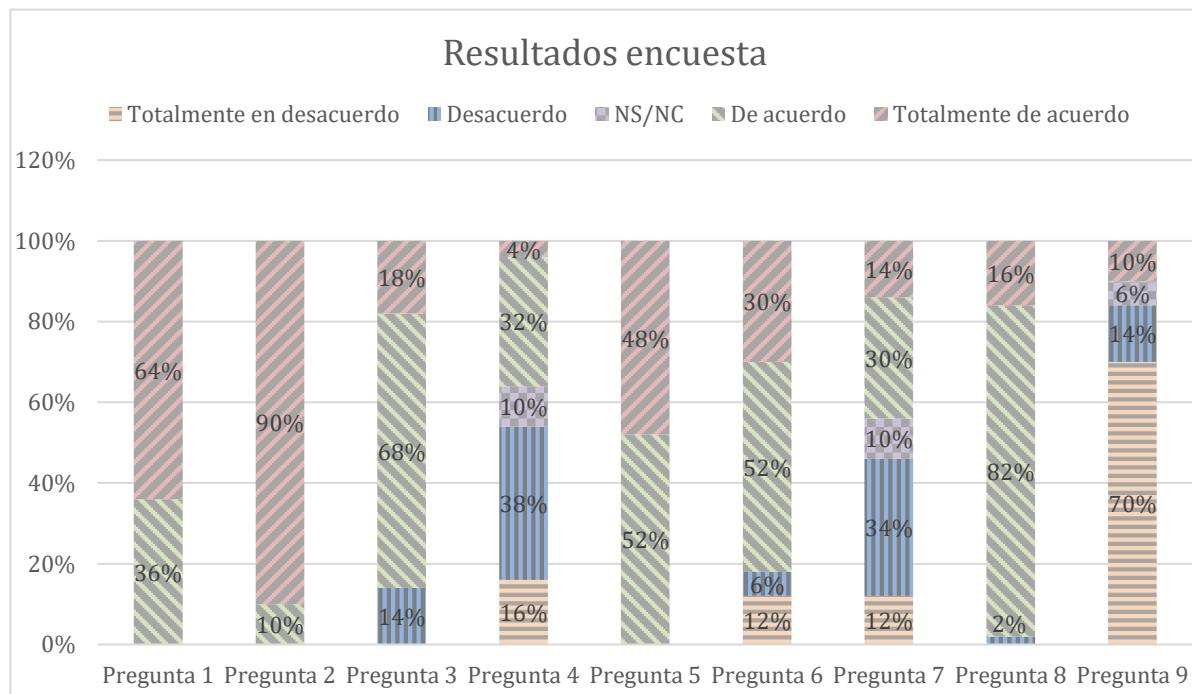


Figura 13: Resultado de la encuesta sobre la implementación de un sistema C/C.

Estudio Estadístico.

En varias preguntas hay una mayor discrepancia de opiniones, por lo que se han realizado dos tipos de contrastes de hipótesis[9]: contrastes de bondad de ajuste y contrastes de homogeneidad (en el Anexo 3 se muestran detalles sobre las hipótesis nulas, estadísticos de los contrastes, valor crítico, etc.).

El contraste de bondad de ajuste permite analizar si las frecuencias observadas en una pregunta son significativamente diferentes unas de otras, o si solamente dos de ellas son iguales entre sí, o cualquier otra hipótesis sobre el comportamiento de dos o más de dichas frecuencias. Si las frecuencias observadas son muy diferentes de las esperadas en caso de ser cierta la hipótesis nula, entonces se rechaza dicha hipótesis nula (al nivel de significación fijado).

Se ha aplicado este tipo de contraste a las preguntas 4, 5, 6, 7 y 9. A continuación, se mostrarán detalladamente dos contrastes realizados a partir de las respuestas a la pregunta 4. En el anexo 3 se pueden observar las tablas con los cálculos relativos a algunos contrastes realizados para el resto de preguntas.

La pregunta 4 cuestionaba si “*La implementación de un nuevo sistema contracarro daría lugar a más problemas mecánicos y de mantenimiento del VCI Pizarro*”. Si se contrasta la hipótesis nula de que las 5 posibles respuestas son equiprobables (Tabla 4), o tienen la misma frecuencia a nivel poblacional, se obtiene que el valor del estadístico del contraste es 21 y el valor crítico del contraste es 7.779, para un nivel de



significación $\alpha = 0.10$. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula; lo que significa que hay diferencias significativas entre las frecuencias de algunas opciones de respuesta y otras. Esto no es sorprendente, ya que las frecuencias observadas iban desde 2 (“totalmente de acuerdo”) hasta 19 (“desacuerdo”).

Sin embargo, para esta misma pregunta 4, si se contrasta la hipótesis nula de que la proporción de personas que está de acuerdo, total o parcialmente, es igual a la de aquellos en desacuerdo, total o parcial, entonces NO se rechaza la hipótesis nula (Tabla 5), ya que el valor del estadístico del contraste es 1.8 y el valor crítico es 2.706, para un nivel de significación $\alpha = 0.10$. Esto significa que NO hay una diferencia significativa, desde el punto de vista estadístico, entre el porcentaje de los que creen que la implementación de un nuevo sistema contracarro daría lugar a más problemas mecánicos y de mantenimiento y el porcentaje de los que opinan que no. Nótese que hay 27 personas en desacuerdo y 18 de acuerdo y, aunque la diferencia observada (9) puede parecer grande, el contraste dice que NO es una diferencia estadísticamente significativa (al nivel de significación fijado).

Frecuencias observadas						
	Tot. En desacuerdo	Desacuerdo	NS/NC	De acuerdo	Tot. De acuerdo	Total
Respuestas	8	19	5	16	2	50
Total	8	19	5	16	2	50
Frecuencias esperadas si la hipótesis nula es cierta. Frec "teóricas"						
	Tot. En desacuerdo	Desacuerdo	NS/NC	De acuerdo	Tot. De acuerdo	Total
Respuestas	10	10	10	10	10	50
Total	10	10	10	10	10	50
Sumas de desviaciones relativas al cuadrado						
	0,4	8,1	2,5	3,6	6,4	
		Estadístico de contraste	Grados libertad	Valor crítico		
		21	4	7,779		

Tabla 4: Estudio contraste de la bondad pregunta 4.

Frecuencias observadas			
	Desacuerdo	De acuerdo	Total
Respuestas	27	18	45
Total	27	18	45
Frecuencias esperadas si la hipótesis nula es cierta. Frec. "teóricas"			
	Desacuerdo	De acuerdo	Total
Respuestas	22,5	22,5	45
Total	22,5	22,5	45
Sumas de desviaciones relativas al cuadrado			
	0,9	0,9	
	Estadístico de contraste	Grados libertad	Valor critico
	1,8	1	2,706

Tabla 5: Estudio contraste bondad simplificado pregunta 4.



Los ejemplos anteriores ilustran, por un lado, que, para una misma pregunta, el resultado del contraste puede variar dependiendo de cuál sea la hipótesis nula, y, por otro lado, que una diferencia de frecuencias observadas “aparentemente” grande puede no ser estadísticamente significativa. Por consiguiente, se debe ser cauto al hacer afirmaciones basadas en la simple observación de las frecuencias, y/o limitarse a hacer afirmaciones que estén avaladas por el contraste de hipótesis adecuado.

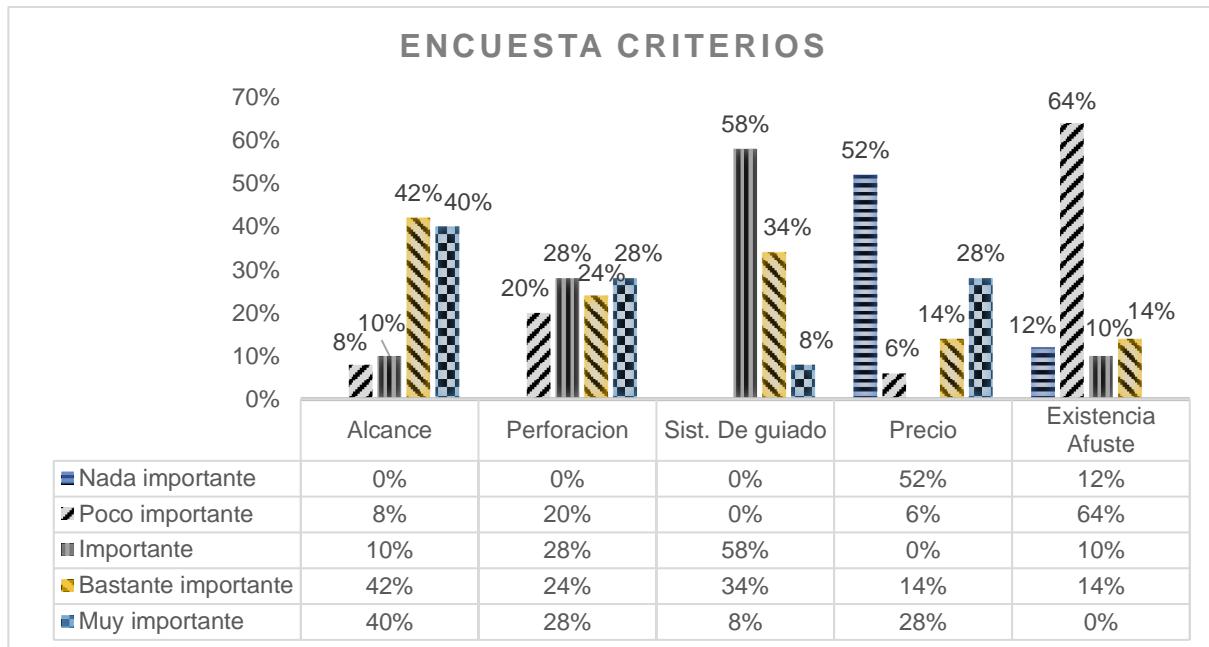


Figura 14: Resultado de la encuesta sobre la importancia de los criterios.

En la última de las preguntas, se invitaba a los encuestados a opinar sobre la importancia de cinco posibles criterios a considerar al elegir un sistema contracarro. Las frecuencias observadas a partir de sus respuestas se muestran en la Figura 14. A partir de la observación visual de esta figura es difícil discernir si es el criterio del alcance es más importante que el de la perforación, o si el precio es menos importante que la existencia de afuste, por lo que se ha decidido realizar contrastes de homogeneidad (véase Ross, 2010 y el anexo 3 para una descripción detallada de este tipo de contraste).

En el marco de este trabajo, el contraste χ^2 de homogeneidad permite contrastar si hay diferencias significativas entre las respuestas de oficiales y suboficiales, o si las respuestas dadas por los encuestados al valorar la importancia de dos criterios (pregunta 10) son homogéneas o no. Al igual que el contraste de bondad de ajuste, si las frecuencias observadas son muy diferentes de las esperadas en caso de ser cierta la hipótesis nula, entonces se rechaza dicha hipótesis nula.

Al someter los datos mostrados en la figura 14 a contrastes de homogeneidad se obtiene que (i) el alcance es más importante que la capacidad de perforación⁶, ya que hay diferencias estadísticamente significativas a favor del primero (el valor del estadístico del contraste de homogeneidad es 10.35 y el valor crítico es 9.488, para un nivel de significación $\alpha = 0.10$), y (ii) la existencia de afuste es menos importante que el precio, ya que hay diferencias estadísticamente significativas a favor del segundo (el valor del estadístico del contraste es 55.5 y el valor crítico es 9.488, para un nivel de

⁶ La tabla con los cálculos detallados se encuentra en el anexo 3.



significación $\alpha = 0.10$). Por tanto, se puede afirmar que, a partir de las encuestas, el criterio más importante es el alcance, seguido (en orden de más a menos importante) por capacidad de perforación, sistema de guiado, precio y, por último, existencia de afuste.

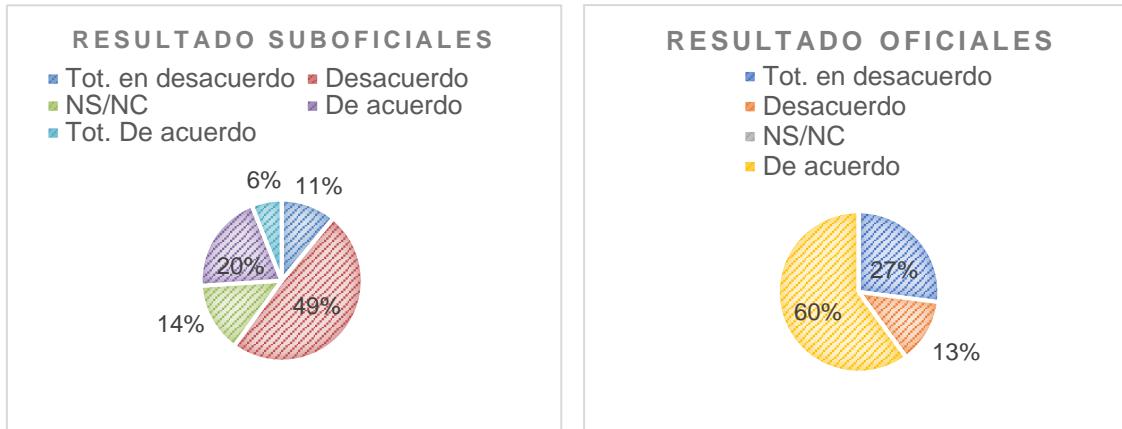


Figura 15: Resultado a la pregunta 4 por parte de los suboficiales.

Figura 16: Resultado a la pregunta 4 por parte de los oficiales.

Para entender mejor en qué consiste y cómo se realiza este contraste, se considera una vez más la pregunta 4, “*La implementación de un nuevo sistema contracarro daría lugar a más problemas mecánicos y de mantenimiento del VCI Pizarro*”, y suponiendo que se quiere contrastar la hipótesis nula de que las respuestas dadas por oficiales y suboficiales son homogéneas o, equivalentemente, no muestran diferencias significativas. Las frecuencias absolutas observadas en las respuestas de ambos grupos se muestran en las Figuras 15 y 16 y las frecuencias relativas se pueden observar en la tabla 6. Dado que el valor del estadístico del contraste, 13.205, es mayor que el valor crítico, 9.488, se rechaza la hipótesis nula (al nivel de significación $\alpha = 0.10$). Por tanto, hay diferencias estadísticamente significativas entre las respuestas de oficiales y suboficiales (cuando tienen que elegir entre las 5 opciones de respuesta iniciales). Este resultado no resulta sorprendente ya que casi el 50% de los suboficiales responde “Desacuerdo” mientras que el 60% de los oficiales responde “De acuerdo”.

No obstante, si se contrasta la hipótesis nula de que las proporciones de personas que está de acuerdo, total o parcialmente, y en desacuerdo, total o parcial, son iguales para ambos grupos, oficiales y suboficiales, entonces NO se rechaza la hipótesis nula (Tabla 7), ya que el valor del estadístico del contraste es 3.75 y el valor crítico es 3.841, para un nivel de significación $\alpha = 0.10$. Por tanto, hay discrepancia entre el resultado de este contraste y el anterior. Esta discrepancia desaparece si se fija un nivel de significación de 0.15, en cuyo caso la hipótesis nula se rechaza en ambos contrastes. Por otro lado, dado que en el primer contraste el estadístico está muy por encima del valor crítico mientras que en el segundo está muy próximo, nos inclinaríamos a pensar que hay diferencias significativas entre las respuestas de oficiales y suboficiales. Si bien sería recomendable aumentar el tamaño muestral, hacer la encuesta a más personas, para despejar cualquier duda.



Frecuencias observadas			NS/NC	De acuerdo	Tot. De acuerdo	Total
	Tot. En desacuerdo	Desacuerdo				
Oficiales	4	2	0	9	0	15
Suboficiales	4	17	5	7	2	35
Total	8	19	5	16	2	50

Frecuencias esperadas si la hipótesis nula es cierta. Frec "teóricas"						
	Tot. En desacuerdo	Desacuerdo	NS/NC	De acuerdo	Tot. De acuerdo	Total
Oficiales	2,4	5,7	1,5	4,8	0,6	15
Suboficiales	5,6	13,3	3,5	11,2	1,4	35
Total	8	19	5	16	2	50

Sumas de desviaciones relativas al cuadrado						
	1,067	2,402	1,500	3,675	0,600	
	0,457	1,029	0,643	1,575	0,257	
	Estd. De contraste	Grados libertad	Valor crítico			
	13,205	4	9,488			

Tabla 6: Tabla de contraste de homogeneidad de la pregunta 4.

Frecuencias observadas			De acuerdo	Total	
	Desacuerdo				
Oficiales	6		9	15	
Suboficiales	21		9	30	
Total	27		18	45	

Frecuencias esperadas si la Hipótesis nula es cierta. Frec. "teóricas"						
	Desacuerdo	De acuerdo	Total			
Oficiales	9	6	15			
Suboficiales	18	12	30			
Total	27	18	45			

Sumas de desviaciones relativas al cuadrado						
	1,000	1,500				
	0,500	0,750				
	Estatístico de contraste	Grados libertad	Valor crítico			
	3,750	1	3,841			

Tabla 7: Tabla de contraste de homogeneidad simplificado pregunta 4.

Este análisis que se ha realizado para la pregunta 4, comparando las respuestas de oficiales y suboficiales, se ha replicado para el resto de las preguntas, observándose discrepancias significativas a la hora de valorar la importancia de los criterios considerados en la pregunta 10. Por ejemplo, los oficiales consideran el alcance el criterio más importante, seguido del precio, mientras que los suboficiales creen que la capacidad de perforación es el criterio más importante y el precio es “nada importante”. Los cálculos realizados se pueden consultar en el anexo 3.

Las principales conclusiones de los análisis de las respuestas de la encuesta son las siguientes:

- Todo el personal encuestado está de acuerdo en la necesidad y beneficios que otorgaría la implementación de un sistema contracarro en el VCI Pizarro.



- No queda claro si la implementación de un sistema contracarro daría lugar a mayores problemas o carga de mantenimiento o si debiera provocar cambios en las tácticas de combate de las unidades mecanizadas.
- Al implementar el nuevo sistema contracarro, se debería suprimir el pelotón de DCC de la sección de armas de apoyo de la compañía.
- El criterio más importante al elegir o seleccionar un sistema contracarro es el alcance, seguido de la capacidad de perforación, y el menos importante la existencia de afuste.
- Tanto oficiales como suboficiales coinciden en la necesidad de implementar un sistema contracarro y de suprimir el pelotón de defensa contracarro de la sección de armas de apoyo.
- Los oficiales consideran el alcance el criterio más importante; sin embargo, los suboficiales creen que debe ser la perforación.
- Para los suboficiales, el precio es un criterio “nada importante”, mientras que los oficiales lo consideran el criterio más importante por detrás del alcance.
- No se puede verificar con seguridad que haya discrepancia entre oficiales y suboficiales en cuanto a si aumentarán los problemas y la carga de mantenimiento con la instalación de un nuevo sistema contracarro.

6. Análisis multicriterio AHP.

El método AHP, Proceso de Análisis Jerárquico, fue desarrollado por Thomas Saaty, quien gracias a su amplia experiencia en la docencia y en el campo militar, creó una herramienta sencilla para llevar a cabo la toma de decisiones frente a un problema, que presenta distintas alternativas cuando hay diferentes criterios a tener en cuenta. De manera resumida, consiste en “desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión”[10]. Lleva a cabo comparaciones entre pares de criterios y alternativas, dando lugar a matrices que con ayuda de herramientas de álgebra matricial, establecen prioridades entre distintas alternativas teniendo en cuenta diferentes criterios[11].

Consiste en tres funciones básicas. Primero se establecen los criterios que se van a analizar. Posteriormente, se evalúan dichos criterios comparándolos 2 a 2, y se les asignan los pesos que tienen para tomar la decisión final. Por último, se analizan las alternativas elegidas en base a los pesos de los criterios obtenidos, para así elegir la alternativa óptima.

Criterios analizados:

El primer paso para aplicar esta metodología es definir cuáles son los criterios relevantes en la decisión analizada. Las características principales de un sistema de defensa contracarro son su alcance, la perforación y el sistema de guiado. Pero en nuestro caso, también se considera importante el peso y el precio del sistema. A continuación se da una breve explicación de cada uno de los criterios, así como el motivo por el que han sido elegidos.

- **Alcance:** Una de las características más relevantes para tener en cuenta en un sistema contracarro. Las unidades mecanizadas son unidades con un alto grado de movilidad, por lo que es muy importante que cuenten con sistemas de armas con un gran alcance, que les permita hacer fuego desde posiciones a cubierto evitando ser detectados.
- **Precio del sistema completo:** Llevar a cabo esta implementación, supone una fuerte inversión para el Ministerio de Defensa, por eso es importante tener en cuenta este criterio. Actualmente España no cuenta con capacidad alta



para llevar a cabo grandes inversiones en defensa, por eso es importante encontrar un sistema que sea asequible.

- **Perforación de la munición utilizada:** Los vehículos mecanizados y acorazados no paran de modernizarse con nuevos blindajes que les den más seguridad en las operaciones. De manera simultánea, las municiones también se modernizan para hacer frente a estos nuevos blindajes. Es importante conocer la perforación que el sistema contracarro es capaz de hacer sobre un carro de combate, puesto que, si no es suficiente, el sistema no sería eficiente y por tanto no es el más apto para su implementación.
- **Existencia de un afuste para vehículos mecanizados:** El trabajo no solo consiste en elegir un sistema contracarro óptimo, sino también implementarlo. Por ello es importante tener en cuenta si el sistema estudiado ya cuenta con un afuste vehicular para ser incorporado en la torre del vehículo mecanizado o es necesario llevar a cabo su diseño.
- **Peso:** Implementar un sistema contracarro excesivamente pesado o voluminoso, puede reducir las capacidades técnicas de los VCI Pizarro, lo que es un objetivo por evitar. Por eso es importante tener en cuenta a un sistema que no sea excesivamente pesado.

La tabla 8 muestra las características clave de cada sistema:

Características	Spike LR Dual	SICCLA TOW - LWL	Javelin FGM - 148
Alcance	4.000 m	3.750 m	4.750 m
Precio sistema	500.000 € ⁷	200.000 €	300.000 € ⁸
Perforación	≥ 700 mm en acero y blindaje reactivo	600/800 mm en acero	≥ 600 mm
Sist. De guiado	Electro - Óptico	Filo dirigido ⁹	Infrarrojo
Existencia afuste vehicular	Si	Si	No
Peso	26,8 kg	25 kg	18 kg

Tabla 8: Características sistemas C/C.

Análisis de los criterios:

Una vez establecidos los criterios, es el momento de jerarquizarlos para asignarles el peso que tienen cada uno de ellos. Para ello, se ha elaborado un cuestionario (véase anexo 4), que se ha planteado a distintos expertos de la unidad. Según la escala de Saaty (véase tabla 9), se comparan mediante preguntas los criterios entre sí. Y a partir de estas comparaciones se calcula el peso asignado a cada criterio.

⁷ Precio obtenido a través del sistema SIGLE del Ejército de Tierra.

⁸ Precio obtenido a partir de documentos informativos de páginas militares. La cifra exacta es confidencial.

⁹ Se extiende un hilo guiado que une el misil con el lanzador hasta el momento del impacto, para mandar las correcciones oportunas al misil.



Definición	Escala
Igualmente importante	1
Entre igual y moderadamente importante	2
Moderadamente importante	3
Entre moderada y fuertemente importante	4
Fuertemente importante	5
Entre fuertemente y muy fuertemente importante	6
Muy fuertemente importante	7
Entre muy fuerte y extremadamente importante	8
Extremadamente importante	9

Tabla 9: Escala de Saaty.

El cuestionario fue realizado por 10 expertos en el ámbito de la defensa contracarro. Todos ellos son o han sido jefes de vehículo del Pizarro fase II. Se analizará como ejemplo las respuestas a la pregunta 6 del cuestionario que pedía comparar los criterios 2 y 4.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C2/C4	8C2	7C2	6C4	=	7C4	9C4	9C4	5C2	8C4	3C2

Este es el resultado de la comparación hecha por los expertos entre el criterio 2 (Precio) y el criterio 4 (Existencia de afuste). La respuesta del experto 2, se contrarresta con la del experto 5, por lo cual se eliminan. Simplificada quedaría de la siguiente forma:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C2/C4	8C2		6C4	=		9C4	9C4	5C2	8C4	3C2

Ahora se calcularía la media del criterio más importante. De 7 expertos, 4 han considerado más importante el criterio 4 y 3 el criterio 2. Por lo tanto, se considera más importante el criterio 4, cuya media es 4,75. Redondeándolo al superior, el resultado de esta cuestión sería 5C4, lo que significa que el criterio de la existencia del afuste es entre muy fuerte y extremadamente más importante que el precio del sistema.

Una vez hecho esto para todas las preguntas del cuestionario, se recogen los datos en la matriz de la tabla 10. Cuando se compara un criterio consigo mismo, el valor es 1, puesto que la comparación es nula.

Criterios:	Alcance	Precio sistema	Perforación	Existencia afuste	Peso
Alcance	1	4	1/4	2	4
Precio sistema	1/4	1	1/5	1/5	1/3
Perforación	4	5	1	4	4
Existencia afuste	1/2	5	1/4	1	3
Peso	1/4	3	1/4	1/3	1

Tabla 10: Matriz análisis AHP.

Ahora es necesario normalizar la matriz anterior. Para ello, se debe dividir cada valor entre la suma de los valores de cada columna. El resultado es el siguiente:



Criterios:	Alcance	Precio sistema	Perforación	Existencia afuste	Peso
Alcance	0,168	0,222	0,128	0,265	0,324
Precio sistema	0,034	0,056	0,103	0,027	0,027
Perforación	0,672	0,278	0,513	0,531	0,324
Existencia afuste	0,084	0,278	0,128	0,133	0,243
Peso	0,042	0,167	0,128	0,044	0,081

Tabla 11: Matriz análisis AHP normalizada.

Una vez se tiene la matriz normalizada, haciendo la media aritmética para cada uno, se obtiene el peso de cada criterio. Como se puede observar, para los expertos, el criterio más importante del sistema contracarro sería la capacidad de perforación de este, seguido del alcance. A continuación, estaría la existencia de un afuste para el vehículo, su peso y por último el precio.

Criterios:	Alcance	Precio sistema	Perforación	Existencia afuste	Peso	PESO DEL CRITERIO
Alcance	0,168	0,222	0,128	0,265	0,324	0,222
Precio sistema	0,034	0,056	0,103	0,027	0,027	0,049
Perforación	0,672	0,278	0,513	0,531	0,324	0,464
Existencia afuste	0,084	0,278	0,128	0,133	0,243	0,173
Peso	0,042	0,167	0,128	0,044	0,081	0,092

Tabla 12: Matriz comparación de criterios con los pesos correspondientes.

Análisis de las alternativas:

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, se va a analizar las respuestas a la segunda parte del cuestionario, donde se comparan las alternativas entre sí en base a los criterios previamente definidos.

Criterio		Alcance		
Alternativas		Spike	TOW LWL	Javelin
Spike	1	7	5	
TOW LWL	1/7	1	1/7	
Javelin	1/5	7	1	

Criterio		Precio		
Alternativas		Spike	TOW LWL	Javelin
Spike	1	7	1/7	
TOW LWL	1/7	1	1/7	
Javelin	7	7	1	

Criterio		Perforación		
Alternativas		Spike	TOW LWL	Javelin
Spike	1	8	8	
TOW LWL	1/8	1	1/6	
Javelin	1/8	6	1	

Criterio		Peso		
Alternativas		Spike	TOW LWL	Javelin
Spike	1	7	7	
TOW LWL	1/7	1	1/6	
Javelin	1/7	6	1	

Criterio		Existencia Afuste		
Alternativas		Spike	TOW LWL	Javelin
Spike	1	7	8	
TOW LWL	1/7	1	7	
Javelin	1/8	1/7	1	

Tabla 13: Matrices comparación de alternativas según el criterio.



En la matriz del criterio de la perforación, se observa que, para los expertos, la perforación del Spike está entre muy y extremadamente importante frente a la del TOW o la del Javelin, dándole un valor en la escala de Saaty de 8. Consideran importante también la perforación que tiene el Javelin frente al sistema TOW, pero dos puntos por debajo que el sistema Spike.

Una vez normalizadas las matrices, se obtienen los pesos correspondientes de cada sistema según cada criterio, y a partir de su suma, el peso total de cada una de las alternativas:

Criterio	Alcance			PESO ALTERNATIVA
Alternativas	Spike	TOW LWL	Javelin	
Spike	0,745	0,467	0,814	0,675
TOW LWL	0,106	0,067	0,023	0,065
Javelin	0,149	0,467	0,163	0,259
Criterio	Precio			
Alternativas	Spike	TOW LWL	Javelin	
Spike	0,123	0,467	0,111	0,234
TOW LWL	0,018	0,067	0,111	0,065
Javelin	0,860	0,467	0,778	0,701
Criterio	Perforación			
Alternativas	Spike	TOW LWL	Javelin	
Spike	0,800	0,533	0,873	0,735
TOW LWL	0,100	0,067	0,018	0,062
Javelin	0,100	0,400	0,109	0,203
Criterio	Existencia Afuste			
Alternativas	Spike	TOW LWL	Javelin	
Spike	0,789	0,860	0,500	0,716
TOW LWL	0,113	0,123	0,438	0,224
Javelin	0,099	0,018	0,063	0,060
Criterio	Peso			
Alternativas	Spike	TOW LWL	Javelin	
Spike	0,778	0,500	0,857	0,712
TOW LWL	0,111	0,071	0,020	0,068
Javelin	0,111	0,429	0,122	0,221

Tabla 14: Matriz resultado análisis AHP.

Para que todos los cálculos anteriores sean válidos, es necesario que las preguntas sobre criterios sean consistentes. Para verificar la consistencia, utilizaremos la fórmula propuesta por Saaty[12].

$$RC = \frac{IC}{CA} \quad (6.1)$$

Donde, “RC” es la razón de consistencia, “IC” es el índice de consistencia y “CA” es la consistencia aleatoria. Se verifica que los datos son consistentes, cuando “ $RC \leq 10\%$ ” [13]. El índice de consistencia (IC) se define por la expresión:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (6.2)$$



$$A * W = \lambda_{\max} * W \quad (6.3)$$

Donde, " λ " es el valor característico promedio. Este valor se obtiene a partir de despejarlo en la segunda fórmula. El valor "n" sería el tamaño de la matriz analizada y "W" un vector ponderado. En el caso de estudio, el vector ponderado es el formado por la columna de pesos. El término "A" es la matriz sobre la que se realiza el análisis. En este caso lo vamos a realizar sobre la tabla 6.5, que es la matriz de criterios normalizada con los pesos correspondientes a cada criterio.

La consistencia aleatoria (CA) se obtiene a partir de la tabla 15 establecida por Saaty.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CA	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Tabla 15: Consistencia aleatoria.

Aplicando las expresiones anteriores a los valores de la matriz de comparación de criterios de nuestro problema, obtenemos:

$$IC = 0,098$$

$$CA = 1,12$$

$$RC = 0,088$$

Al ser la RC inferior al 10%, se puede confirmar que los datos son suficientemente consistentes como para dar los resultados por válidos.

CRITERIOS	PESOS	SPIKE LR	TOW LWL	JAVELIN
ALCANCE	0,222	0,675	0,065	0,259
PRECIO	0,049	0,234	0,065	0,701
PERFORACIÓN	0,464	0,735	0,062	0,203
EXISTENCIA AFUSTE	0,173	0,716	0,224	0,060
PESO	0,092	0,712	0,068	0,221
		0,614	0,097	0,289

Tabla 16: Matriz jerarquización alternativas AHP.

Jerarquización de las alternativas:

Para finalizar el análisis, unimos en una misma matriz los pesos de los criterios, así como los pesos de cada sistema de armas bajo cada uno de los criterios. A partir de ellos, se calcula la media ponderada para cada sistema, para así obtener el peso total de cada alternativa.

Como se puede observar, el sistema de armas Spike LR DUAL es el que obtiene el mayor valor a partir del análisis. Es por tanto el sistema óptimo para ser implementado en el VCI Pizarro. Gana al resto de sistemas en 4 de los 5 criterios, puesto que el Javelin tiene un precio más reducido. Sin embargo, aumenta exponencialmente la potencia de combate del VCI Pizarro gracias a su gran alcance (4.000 m) y a su capacidad de perforación (700 mm).

El sistema Javelin es mayor contrincante, siendo el segundo más valorado. Es debido a que es un sistema contracarro con un gran alcance y con un precio de adquisición bastante económico. Sin embargo, sus contras en este estudio tienen un mayor peso, puesto que no existe un sistema de afuste vehicular actual, lo que obligaría



a su diseño por parte de la marca, y por tanto aumentaría su coste. Otro gran inconveniente es no estar en dotación en el Ejército de Tierra, por lo que, todo lo que se ahorraría al ser un sistema más asequible que el Spike, se tendría que invertir en realizar la adquisición de sus repuestos y toda su cadena logística de mantenimiento.

En último lugar se encuentra el sistema TOW LWL. Esto es debido a que el sistema TOW estudiado, es uno de los más antiguos de la marca, y no alcanza en tecnología ni eficacia a los otros dos sistemas.

7. Conclusiones:

El principal objetivo de este proyecto es analizar la implementación de un sistema contracarro al VCI Pizarro y estudiar los beneficios que este tendría. Para ello, se han utilizado diferentes métodos de análisis.

En primer lugar, se ha realizado el estudio del estado del arte y una encuesta a distintos cuadros de mando de la unidad. A partir de estos análisis, se han llegado a las siguientes conclusiones: el 100% de personal entrevistado considera necesaria la instalación de un nuevo sistema contracarro en los VCI Pizarro. Llevar a cabo su instalación, conseguiría aumentar potencialmente la capacidad de combate y la seguridad de la tripulación en cualquier campo de operaciones. Además, conllevaría un mayor nivel de instrucción y conocimientos para la tripulación, lo que les otorgaría una mayor independencia e índice de éxito para cumplir satisfactoriamente las misiones que se les encomienda. Sin embargo, su implementación da lugar al planteamiento de la posibilidad de cambiar la táctica de las unidades mecanizadas y a una posible reestructuración de los organigramas de las compañías de fusiles, pues según los datos recogidos, más del 70% de los encuestados consideran que se debería suprimir el pelotón de DCC presente en las secciones de armas de apoyo. Los criterios seleccionados para la elección del sistema idóneo son los correctos. Sin embargo, se ha notado que hay discrepancias entre la importancia que tiene el criterio de precio a la hora de llevar a cabo la elección. Para los suboficiales prima el aumento de potencia de combate y supervivencia, sin embargo, a la hora de tomar la decisión de llevar a cabo esta inversión, para los oficiales el precio coge un mayor peso.

Posteriormente se ha realizado un análisis multicriterio AHP según el cual el sistema de armas Spike LR Dual es el sistema idóneo para ser instalado en el Pizarro. Al encontrarse en dotación, solo sería necesario llevar a cabo su distribución desde los pelotones de DCC a las secciones de fusiles, con la única necesidad de invertir en la compra de los afustes y en llevar a cabo su adaptación al VCI Pizarro. La segunda mejor opción sería el sistema Javelin FGM -148. Es el más parecido en características al sistema Spike, pero con el inconveniente de no encontrarse actualmente en dotación, por lo que sería necesario realizar una fuerte inversión inicial para adquirir tanto las piezas como sus repuestos. Además, actualmente no existe un afuste vehicular para este sistema.

La incorporación del sistema contracarro daría un mayor poder de actuación y capacidad de combate a las unidades mecanizadas y las pondría al mismo nivel que unidades de otros ejércitos más modernos y poderosos. Sin embargo, su implementación vendría acompañada de una fuerte inversión económica por parte del Ministerio de Defensa, por lo que se podría considerar llevar a cabo en líneas futuros un estudio de la viabilidad económica del proyecto.



8. Bibliografía.

- [1] V. Autores, "Battle Damage Assessment," 1991. [Online]. Available: https://gulflink.health.mil/declassimages/army/19980729/980715_sep96_sagwi1_0001.html.
- [2] E. Tierra, "MT-103 Manual de Tripulación Tomo II - Torre.," 2016.
- [3] J. de E. Academia de Infantería, "A-110 Táctica de Infantería I - Infantería AC/MZ," 2004.
- [4] Ministerio de Defensa, "Web Oficial Ejercito de Tierra," 2018. [Online]. Available: <http://www.ejercito.mde.es/unidades/index.html>.
- [5] M. de A. y Doctrina, "MI-101 Misil contracarro Spike LR Dual," 2017.
- [6] M. de A. y Doctrina, "MT6-702 Sistema TOW." 2000.
- [7] Wikipedia, "FGM-148 Javelin," 2018. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/FGM-148_Javelin.
- [8] "Javelin - Military Today." [Online]. Available: <http://www.military-today.com/missiles/javelin.htm>.
- [9] S. Ross, *Introductory Statistics*, 3rd ed. Academic Press, 2010.
- [10] T. L. ; J. W. Saaty, *The Analytical Hierarchical Process*. New York, 1980.
- [11] O. Gómez *et al.*, "EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO.," 2008.
- [12] Toscano Hurtado y Gérard Bruno, *El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores*. 2005.
- [13] T. L. Saaty and J. Wiley, "PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP)," 1980.



9. Anexo 1: Comparativa VCI's.

VCI PUMA IFV (Alemania):

- *Año:* 2009.
- *Tripulación:* 3
- *ECP:* 6
- *Arma primaria:* Cañón MK30-2/ABM calibre 30 mm.
- *Arma secundaria:* Ametralladora HK MG3 calibre 5.56 mm.
- *Sistema contracarro:* Misil antitanque Spike-LR6.
- *Autonomía:* 600 km



Figura 17: VCI Puma IFV

VCI DARDO (ITALIA):

- *Año:* 1998.
- *Tripulación:* 3.
- *ECP:* 6.
- *Arma primaria:* Cañón Oerlikon Contravez KBA calibre 35 mm.
- *Arma secundaria:* Ametralladora HK MG3 calibre 7,62 mm.
- *Sistema contracarro:* Misil TOW.
- *Autonomía:* 600 km.



Figura 18: VCI Dardo.

VCI WARRIOR (INGLATERRA):

- *Año:* 1984.
- *Tripulación:* 3.
- *ECP:* 7.
- *Arma Primaria:* Cañón L21 RARDEN calibre 30 mm.
- *Arma secundaria:* Ametralladora coaxial L94A1 calibre 7,62 mm.
- *Sistema contracarro:* No tiene.
- *Autonomía:* 660 km.



Figura 19: VCI Warrior.



VCI BRADLEY (EE. UU.):

- *Año:* 1981.
- *Tripulación:* 3.
- *ECP:* 7.
- *Arma primaria:*
Cañón M242 BUSHMASTER calibre 25 mm.
- *Arma secundaria:*
Ametralladora M240C calibre 7,62 mm.
- *Sistema contracarro:* BGM-71 TOW.
- *Autonomía:* 483 km.



Figura 20: VCI Bradley.

VCI BMP 3 (RUSIA):

- *Año:* 1991.
- *Tripulación:* 3.
- *ECP:* 8.
- *Arma primaria:*
Cañón de calibre 100 mm y cañón coaxial de calibre 30 mm.
- *Arma secundaria:*
Ametralladora coaxial PKT calibre 7,62 mm.
- *Sistema contracarro:* Misil AT-5 Spandrel.
- *Autonomía:* 500 km.



Figura 21: VCI BMP - 3.



10. Anexo 2: Encuesta sobre la implementación de un nuevo sistema contracarro

Edad:
Años de antigüedad en el empleo actual:
Empleo:

Se ha planteado el proyecto sobre la implementación de un sistema contracarro en los VCI Pizarro Fase II. Para llevar a cabo este proyecto, su opinión es importante.

En cada una de las preguntas siguientes, rodee con un círculo el número que mejor se adecúe a su opinión sobre la importancia del asunto en cuestión. La escala que aparece encima de los números refleja las diferentes opiniones.

Pregunta	Escala de importancia				
	Totalmente en desacuerdo	Desacuerdo	NS/NC	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1. El VCI Pizarro necesita la implementación de un nuevo sistema contracarro.	1	2	3	4	5
2. La implementación de un nuevo sistema contracarro mejoraría la capacidad de combate del VCI Pizarro	1	2	3	4	5
3. La implementación de un nuevo sistema contracarro mejoraría la instrucción individual de la tripulación	1	2	3	4	5
4. La implementación de un nuevo sistema contracarro daría lugar a más problemas mecánicos y de mantenimiento del VCI Pizarro	1	2	3	4	5
5. La implementación de un nuevo sistema contracarro aumentaría la seguridad de la tripulación y el elemento de combate a pie del VCI Pizarro	1	2	3	4	5
6. Al implementar un nuevo sistema contracarro en el VCI Pizarro, se debería suprimir el pelotón de defensa contracarro de la sección de armas de apoyo de la compañía.	1	2	3	4	5
7. Con la implementación de un sistema C/C habría que cambiar la táctica empleada hoy en día en unidades mecanizadas.	1	2	3	4	5
8. La implementación de un sistema contracarro es la principal mejora que se puede hacer actualmente al VCI Pizarro fase II. (Si	1	2	3	4	5



su puntuación es inferior a 3, indique en el recuadro la que consideraría más importante)						
9. Instruir a la tripulación en el uso del sistema contracarro puede llegar a ser un problema grave por falta de tiempo o instrucción.	1	2	3	4	5	
10. Ordene, según su prioridad, las características más importantes que debe tener el sistema contracarro que se vaya a implementar en el VCI, siendo la puntuación de 5 la más importante, y 1 la de menos importancia.	ALCANCE	PERFORACIÓN DE LA MUNICIÓN	SISTEMA DE GUIADO	PRECIO	EXISTENCIA DE AFUSTE VEHICULAR.	



11. Anexo 3: Estudio estadístico de contrastes.

Contrastes de bondad:

La hipótesis nula " H_0 " es que el modelo de probabilidad de la población $[F(x)]$ es uno concreto, denotado como $F_0(x)$, y la alternativa es que el modelo es otro diferente. Este estudio se basa en comparar la distribución de frecuencias de la muestra con la que se obtendría, para cada uno de los sucesos, bajo el supuesto de que la hipótesis nula fuese cierta. Se comparan las denominadas frecuencias observadas (O_i) y las frecuencias teóricas (T_i). De esta manera, el estadístico de contraste viene definido por la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^K \frac{(O_i - T_i)^2}{T_i} \quad (11.1)$$

Estudio de contrastes:

Frecuencias observadas		Desacuerdo	NS/NC	De acuerdo	Tot. De acuerdo	Total
	Tot. En desacuerdo					
Respuestas	6	3	0	26	15	50
Total	6	3	0	26	2	50
Frecuencias esperadas si la hipótesis nula es cierta. Frec "teóricas"						
	Tot. En desacuerdo	Desacuerdo	NS/NC	De acuerdo	Tot. De acuerdo	Total
Respuestas	10	10	10	10	10	50
Total	10	10	10	10	10	50
Sumas de desviaciones relativas al cuadrado						
	1,6	4,9	10	25,6	2,5	
	Estadístico de contraste	Grados libertad	Valor crítico			
				44,6	4	7,779

Tabla 17: Contraste de bondad pregunta 6.

En la pregunta 6, se preguntaba si era necesario suprimir el pelotón de defensa C/C de las secciones de armas de apoyo de la compañía al implementar el sistema contracarro en el VCI. El estadístico de contraste es mayor que el valor crítico, por lo que se rechaza la hipótesis nula y por tanto la diferencia de opiniones de los encuestados es significativamente distinta para considerar que la mayoría está de acuerdo con suprimir el pelotón de DCC.



Frecuencias observadas			
	Desacuerdo	De acuerdo	Total
Respuestas	9	41	50
Total	9	41	50
Frecuencias esperadas si la hipótesis nula es cierta. Frec "teóricas"			
	Desacuerdo	De acuerdo	Total
Respuestas	25	25	45
Total	25	25	45
Sumas de desviaciones relativas al cuadrado			
	10,240	10,24	
Estadístico de contraste		Grados libertad	Valor critico
	20,480	1	2,706

Tabla 18: Contraste de bondad simplificado pregunta 6.

En esta tabla se analiza de nuevo la pregunta 6, pero simplificando las respuestas a solo 2. El estadístico de contraste sigue siendo superior al valor crítico y por tanto se rechaza la hipótesis nula. La diferencia de opinión entre los encuestados es significativamente distinta y se considera que si están de acuerdo con suprimir el pelotón de DCC.

Frecuencias observadas						
	Tot. En desacuerdo	Desacuerdo	NS/NC	De acuerdo	Tot. De acuerdo	Total
Respuestas	6	17	5	15	7	50
Total	6	17	5	15	7	50
Frecuencias esperadas si la hipótesis nula es cierta. Frec "teóricas"						
	Tot. En desacuerdo	Desacuerdo	NS/NC	De acuerdo	Tot. De acuerdo	Total
Respuestas	10	10	10	10	10	50
Total	10	10	10	10	10	50
Sumas de desviaciones relativas al cuadrado						
	1,6	4,9	2,5	2,5	0,9	
Estadístico de contraste		Grados libertad	Valor critico			
	12,4	4	7,779			

Tabla 19: Contraste de bondad pregunta 7.

En esta tabla se analizan las respuestas dadas a la pregunta sobre si es necesario cambiar la táctica de las unidades mecanizadas al incorporar el sistema contracarro. Al ser el estadístico de contraste superior al valor crítico, se rechaza la hipótesis nula y por tanto la diferencia de opiniones de los encuestados es significativamente distinta.



Frecuencias observadas			
	Desacuerdo	De acuerdo	Total
Respuestas	23	22	45
Total	23	22	45
Frecuencias esperadas si la hipótesis nula es cierta. Frec "teóricas"			
	Desacuerdo	De acuerdo	Total
Respuestas	22,5	22,5	45
Total	22,5	22,5	45
Sumas de desviaciones relativas al cuadrado			
	0,011	0,011	
Estadístico de contraste		Grados libertad	Valor crítico
	0,022	1	2,706

Tabla 20: Contraste bondad simplificado pregunta 7.

En la siguiente tabla se vuelve a analizar la pregunta 7, pero simplificando las respuestas posibles a solo dos opciones. En este caso, el estadístico de contraste es inferior al valor crítico, por lo que la diferencia de opiniones de los encuestados sobre si se debe cambiar la táctica no es significativamente distinta.

Contrastes de homogeneidad:

Su objetivo es verificar la homogeneidad de r poblaciones X_1, \dots, X_r , clasificadas en s categorías A_1, \dots, A_s . La hipótesis nula del contraste es si el comportamiento de diversas poblaciones X_i es homogéneo respecto de las categorías A_s . Los contrastes se han aplicado únicamente en aquellas preguntas de la encuesta que por sus resultados han generado duda con respecto a si el criterio de los oficiales y los suboficiales no era homogéneo. Las fórmulas empleadas han sido las siguientes:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{\left(n_{ij} - \frac{n_i \cdot n_j}{n} \right)^2}{\frac{n_i \cdot n_j}{n}} \quad (11.2)$$

$$T_{ij} = \frac{n_i \cdot n_j}{n} \quad (11.3)$$

Siendo la fórmula 11.2 la correspondiente a la medida de discrepancia y la 11.3 la de la frecuencia teórica, constituyendo n el número de repeticiones para cada pregunta. Todos los contrastes se han realizado con un nivel de significación del 10%.



Frecuencias observadas						
	1	2	3	4	5	Total
Oficiales	3	7	0	5	0	15
Suboficiales	3	10	5	10	7	35
Total	6	17	5	15	7	50
Frecuencias esperadas si la hipótesis nula es cierta. Frec "teóricas"						
	1	2	3	4	5	Total
Oficiales	1,8	5,1	1,5	4,5	2,1	15
Suboficiales	4,2	11,9	3,5	10,5	4,9	35
Total	6	17	5	15	7	50
Sumas de desviaciones relativas al cuadrado						
	0,800	0,708	1,500	0,056	2,100	
	0,343	0,303	0,643	0,024	0,900	
	Estadístico de contraste		Grados libertad	Valor critico		
	7,376		4	9,488		

Tabla 21: Contraste homogeneidad pregunta 7.

Aquí se analiza el contraste de homogeneidad en la respuesta a la pregunta 7 por parte de oficiales y suboficiales. El estadístico de contraste es inferior al valor crítico, por lo que la diferencia de opiniones entre ambos sobre si se debe cambiar la táctica, no es significativamente distinta como para afirmar que están en desacuerdo o acuerdo.

Frecuencias observadas			
	Desacuerdo	De acuerdo	Total
Oficiales	10	5	15
Suboficiales	13	17	30
Total	23	22	45
Frecuencias esperadas si la Hipótesis nula es cierta. Frec "teóricas"			
	Desacuerdo	De acuerdo	Total
Oficiales	7,667	7,333	15
Suboficiales	15,333	14,667	30
Total	23	22	45
Sumas de desviaciones relativas al cuadrado			
	0,710		0,742
	0,355		0,371
	Estadístico de contraste		Grados libertad
	2,179		Valor critico
	1		3,841

Tabla 22: Contraste homogeneidad simplificado pregunta 7.



En este caso, se vuelve a analizar la pregunta 7, pero simplificando las respuestas. De nuevo el estadístico de contraste vuelve a ser inferior, por lo que las opiniones de los encuestados sobre si se debiera cambiar la táctica no es significativamente distinta como para considerar que están en desacuerdo o acuerdo.

Frecuencias observadas			Frecuencias esperadas si la hipótesis nula es cierta. Frec "teóricas"			
	Nada importante	Poco importante	Importante	Bastante importante	Muy importante	Total
Alcance	0	4	5	21	20	50
Perforación	0	10	14	12	14	50
Total	0	14	19	33	34	100

Sumas de desviaciones relativas al cuadrado					
	1,286	2,132	1,227	0,529	
	1,286	2,132	1,227	0,529	
Estd. de contraste	Grados libertad	Valor critico			
10,348	4	9,488			

Tabla 23: Contraste homogeneidad alcance y perforación.

Aquí se analiza la homogeneidad entre los criterios de alcance y perforación. En este caso el estadístico de contraste es superior al valor crítico, por lo que las opiniones de los encuestados sobre estos criterios son significativamente distintas y el alcance es considerado más importante.

Frecuencias observadas			Frecuencias esperadas si la hipótesis nula es cierta. Frec "teóricas"			
	Nada importante	Poco importante	Importante	Bastante importante	Muy importante	Total
Precio	26	3	0	7	14	50
Afuste	6	32	5	7	0	50
Total	32	35	5	14	14	100

Sumas de desviaciones relativas al cuadrado					
	6,250	12,014	2,500	0,000	7,000
	6,250	12,014	2,500	0,000	7,000
Estd. De contraste	Grados libertad	Valor critico			
55,529	4	9,488			

Tabla 24: Contraste homogeneidad precio y afuste.



En esta tabla se analiza la homogeneidad a las respuestas entre los criterios de precio y afuste. El estadístico de contraste es superior al valor crítico, por lo que las opiniones de los encuestados sobre estos criterios son significativamente diferentes y el afuste es considerado menos importante.

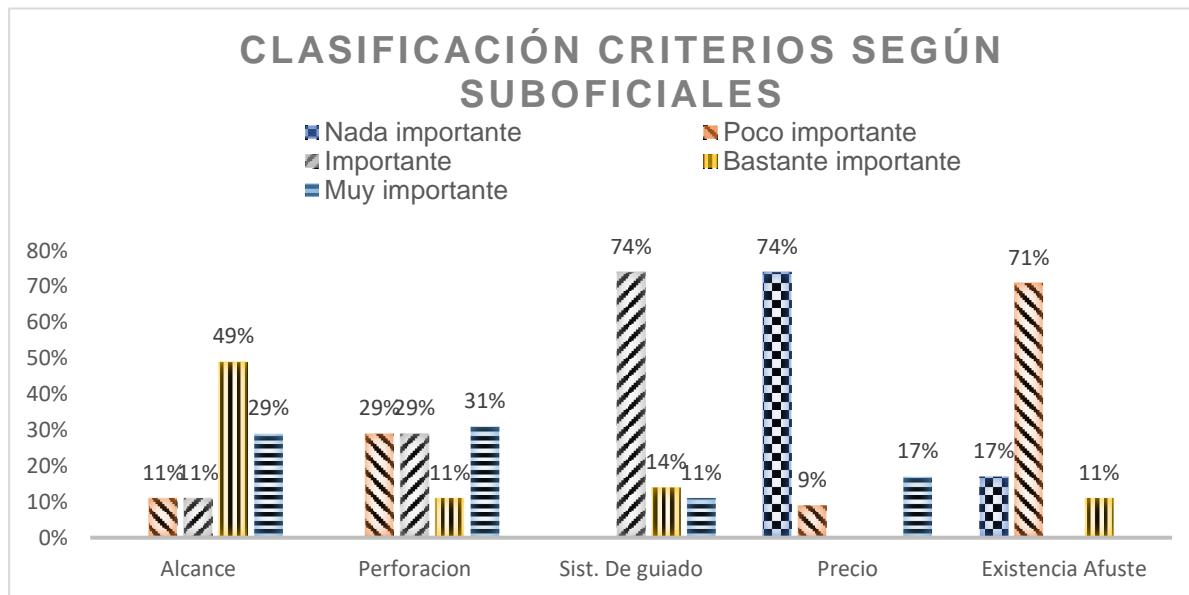


Figura 22: Criterios por grado de importancia según suboficiales.

En la siguiente gráfica, se pueden observar la jerarquización de importancia de los criterios para los suboficiales encuestados. La diferencia es muy justa a la hora de decidir si es el alcance o la perforación el criterio más importante, pero si queda claro que el criterio nada importante es el precio.

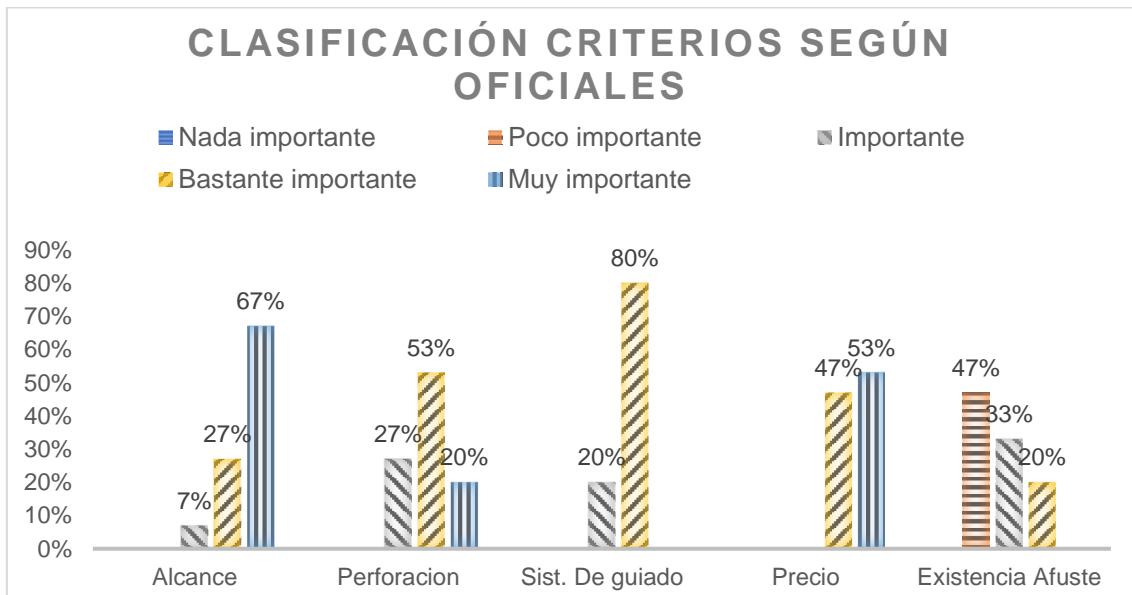


Figura 23: Criterios por importancia según oficiales.

En esta gráfica se observa la jerarquización de criterios para los oficiales. Estos han considerado el alcance el criterio más importante, y le dan bastante importancia al sistema de guiado. El criterio menos importante es la existencia de afuste.



12. Anexo 4: Cuestionario análisis AHP

Nombre:	Apellidos:
Empleo:	

Se va a llevar a cabo la metodología de análisis AHP, Proceso de Análisis Jerárquico. El mencionado análisis, consiste en la evaluación numérica de ciertos criterios gracias a la ayuda de expertos en el tema a analizar. Los sistemas contracarro analizados son los siguientes:

- Spike LR-DUAL.
- SICCLA TOW-LWL.
- FGM-148 Javelin.

Los criterios analizados son los siguientes:

C1. Alcance: Probablemente la característica más importante para tener en cuenta en un sistema contracarro. Las unidades mecanizadas son unidades con un alto grado de movilidad, por lo que es muy importante que cuenten con sistemas de armas con un gran alcance, que les permita hacer fuego desde posiciones a cubierto evitando ser detectados.

C2. Precio del sistema completo: Actualmente España no cuenta con capacidad alta para llevar a cabo grandes inversiones en defensa, por eso es importante encontrar un sistema que sea asequible y a la vez cumpla con los requisitos establecidos.

C3. Perforación de la munición utilizada: Los vehículos mecanizados y acorazados no paran de modernizarse con nuevos blindajes que les den más seguridad en las operaciones. De manera simultánea, las municiones también se modernizan para hacer frente a estos nuevos blindajes. Es importante conocer la perforación que el sistema contracarro es capaz de hacer sobre un carro de combate, puesto que, si no es suficiente, está claro que el sistema no es eficiente y por tanto no es el más apto para su implementación.

C4. Existencia de un afuste para vehículos mecanizados: El trabajo no solo consiste en elegir un sistema contracarro óptimo, sino también implementarlo. Por ello es importante tener en cuenta si el sistema estudiado ya



cuenta con un afuste vehicular para ser incorporado en la torre del vehículo mecanizado o es necesario llevar a cabo su diseño.

C5. Peso: Implementar un sistema contracarro excesivamente pesado o voluminoso, puede reducir las capacidades técnicas de los VCI Pizarro, lo que es un objetivo por evitar. Por eso es importante tener en cuenta a un sistema que no sea excesivamente pesado.

Instrucciones para la realización del cuestionario:

Va usted a responder a un cuestionario de un total de 25 preguntas. A partir de sus respuestas se llevará a cabo la elección del sistema contracarro óptimo para su implementación, así como el peso e importancia de cada uno de los criterios para la elección de este. Como podrá ver, en cada cuestión se compara cada uno de los criterios entre sí. En la segunda parte del cuestionario, se comparan los criterios teniendo en cuenta las características técnicas de cada uno de los sistemas.

Para llevar a cabo la comparación, se utilizará la siguiente escala, conocida como escala de Saaty.

Definición	Escala
Igualmente importante	1
Entre igual y moderadamente importante	2
Moderadamente importante	3
Entre moderada y fuertemente importante	4
Fuertemente importante	5
Entre fuertemente y muy fuertemente importante	6
Muy fuertemente importante	7
Entre muy fuerte y extremadamente importante	8
Extremadamente importante	9



En las cuestiones verá tres casillas. En las dos primeras deberá elegir con una “X” el criterio que considera más importante. En la casilla “Escala” deberá definir a partir de la Escala de Saaty como de importante es ese criterio sobre el otro analizado.

1.	Comparación C1 y C2	C1	<input type="checkbox"/>	C2	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>
2.	Comparación C1 y C3	C1	<input type="checkbox"/>	C3	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>
3.	Comparación C1 y C4	C1	<input checked="" type="checkbox"/>	C4	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>
4.	Comparación C1 y C5	C1	<input checked="" type="checkbox"/>	C5	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>
5.	Comparación C2 y C3	C2	<input checked="" type="checkbox"/>	C3	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>
6.	Comparación C2 y C4	C2	<input checked="" type="checkbox"/>	C4	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>
7.	Comparación C2 y C5	C2	<input checked="" type="checkbox"/>	C5	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>
8.	Comparación C3 y C4	C3	<input checked="" type="checkbox"/>	C4	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>
9.	Comparación C3 y C5	C3	<input checked="" type="checkbox"/>	C5	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>
10.	Comparación C4 y C5	C4	<input type="checkbox"/>	C5	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>

A continuación, compararemos cada criterio con cada sistema de armas:

Comparación criterio 1: Alcance:

- Spike: 4.000 m.
- TOW: 3.750 m.
- Javelin: 4.750 m.

11.	Spike	<input type="checkbox"/>	TOW	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>
12.	Spike	<input type="checkbox"/>	Javelin	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>
13.	Javelin	<input type="checkbox"/>	TOW	<input type="checkbox"/>	Escala	<input type="checkbox"/>



Comparación criterio 2: Precio:

- Spike: 500.000 €
- TOW: 200.000 €
- Javelin: 300.000 €

14. Spike TOW Escala

15. Spike Javelin Escala

16. Javelin TOW Escala

Comparación criterio 3: Perforación:

- Spike: 700 mm en acero y blindaje reactivo.
- TOW: 600/800 mm en acero.
- Javelin: 600 mm en acero.

17. Spike TOW Escala

18. Spike Javelin Escala

19. Javelin TOW Escala

Comparación criterio 4: Existencia de afuste vehicular:

- Spike: Si.
- TOW: Si.
- Javelin: No.

20. Spike TOW Escala

21. Spike Javelin Escala

22. Javelin TOW Escala



Comparación criterio 5: Peso:

- Spike: 26,8 kg.
- TOW: 25 kg.
- Javelin: 18 kg.

23. Spike TOW Escala

24. Spike Javelin Escala

25. Javelin TOW Escala

Muchas gracias por su colaboración.