

## Trabajo Fin de Grado

Propuesta de actualización del sistema de armas de la  
torre del TOA M-113

Autor

César Jiménez Montaña

Director académico: Dr. José Joaquín Sancho Val

Director militar: Teniente D. Antonio Pulido Bonilla

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023





## **Agradecimientos.**

En primer lugar, me gustaría agradecer al Batallón “Las Navas” por su cálida acogida y el trato recibido durante el periodo de las prácticas externas realizadas en la Brigada Extremadura. En particular, dar gracias a los cuadros de mando y personal de tropa de la 10ª Compañía por hacerme sentir desde el primer día como uno más y por enseñarme los auténticos valores Saboyanos.

Mostrar gratitud hacia el Capitán Gonzálvez y el Sargento Primero Román por su plena disposición, orientaciones y guía durante mi estancia en la unidad.

Dar las gracias a mis tutores, el teniente D. Antonio Pulido Bonilla y el Doctor José Joaquín Sancho Val, por su ayuda y revisión suministrada a la hora de realizar el trabajo.

A todos mis compañeros de promoción con los que he compartido buenos y no tan buenos momentos a lo largo de esta etapa.

A mis padres, por su cariño y apoyo incondicional a lo largo de estos años, y por enseñarme cuales son los buenos valores que me han convertido en la persona que soy hoy.

Por último y no menos importante, gracias a ti Sara, por ser ese respaldo absoluto durante todos estos años, por todo lo vivido y por empujarme a dar lo mejor de mí cada día.



## Resumen

Desde sus inicios en la Primera Guerra Mundial, las Unidades de Infantería Mecanizada se han destacado por su uso de vehículos equipados con sistemas de armamento y blindaje, lo que les permite transportar a sus tropas de manera segura y con una óptima capacidad de fuego para hacer frente a las amenazas en diferentes entornos operativos. Sin embargo, los avances recientes en este tipo de vehículos por parte de los ejércitos modernos y la inminente llegada del VCR Dragón 8x8 a las fuerzas armadas españolas plantean interrogantes sobre el futuro del veterano TOA M-113. Esta situación plantea la necesidad de abordar estas cuestiones para asegurar su continuidad hasta la llegada de los nuevos vehículos a las unidades.

Por este motivo, este trabajo se concibe con el objetivo de abordar las deficiencias del sistema de armas principal del TOA y proponer mejoras adaptables y factibles. Estas medidas buscan restaurar la modernidad y capacidad del TOA y su sistema de armas, adecuándolos para cumplir con las misiones asignadas.

Para lograr este propósito, se inicia con una contextualización y análisis exhaustivo del vehículo y sus configuraciones tácticas, seguido de una comparación con sistemas de armas utilizados en actualizaciones del M-113 en otros países. Se emplea una metodología basada en un estudio descriptivo, longitudinal y prospectivo, haciendo uso de herramientas cualitativas y cuantitativas aprendidas a lo largo del grado. Esto permite identificar de manera objetiva las necesidades, evaluar su viabilidad y proponer mejoras concretas.

En resumen, como resultado del estudio, se presentan propuestas de adquisición de materiales e implementaciones que incrementarían el rendimiento y la operatividad del sistema de armas. La implementación de estas mejoras no solo garantizaría un futuro para el TOA M-113, fortaleciendo sus capacidades y mejorando la eficacia de las unidades mecanizadas, sino que también aseguraría un nivel de operatividad adecuado para su despliegue en las misiones requeridas.



## **Palabras clave**

Sistema de Armas, Actualización, Torre, Vehículo de Combate de Infantería, Transporte Oruga Acorazado, Vehículo de Transporte Blindado de Personal.



## **Abstract**

From its origins in the First World War, Mechanized Infantry Units have been characterized by using vehicles equipped with weapon systems and armor, ensuring safety and optimal firepower to confront threats in the operational environment. Despite advancements in military vehicle technology, the future of the veteran TOA M-113 raises uncertainties that need to be addressed to ensure its continuity until new vehicles arrive in the units.

For this reason, this work is conceived with the purpose of addressing the deficiencies of the TOA's main weapon system and proposing adaptable and feasible improvements. These measures aim to restore the modernity and capability of the TOA and its weapon system, making them suitable for fulfilling assigned missions.

To achieve this goal, it begins with a comprehensive contextualization and analysis of the vehicle and its tactical configurations, followed by a comparison with weapon systems used in updates of the M-113 in other countries. A methodology based on a descriptive, longitudinal, and prospective study is employed, using qualitative and quantitative tools acquired throughout the degree. This allows for the objective identification of needs, assessment of their feasibility, and the proposal of concrete improvements.

In summary, because of the study, proposals for the acquisition of materials and implementations are presented, which would enhance the performance and operability of the weapon system. The implementation of these improvements would not only ensure a future for the TOA M-113, enhancing its capabilities and improving the efficiency of mechanized units, but also guarantee an appropriate level of operability for deployment in required missions.

## **KEYWORDS**

Weapons system, Upgrade, Turret, Infantry Fighting Vehicle, M-113, Armoured Personnel Carrier.



# INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	I
RESUMEN.....	II
PALABRAS CLAVE.....	III
ABSTRACT .....	IV
KEYWORDS.....	IV
INDICE DE FIGURAS .....	VII
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	IX
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.2 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA .....	2
1.3 OBJETIVOS Y ALCANCE.....	3
1.4 METODOLOGÍA.....	4
<b>2 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	6
2.2 ANÁLISIS TOA.....	8
2.2.1 Generalidades y configuraciones tácticas.....	8
2.3 TOA M-113 DE OTROS EJÉRCITOS.....	12
2.3.1 Turquía- FNSS ACV-15 (AIFV) .....	12
2.3.2 Australia-M113AS4 .....	13
2.3.3 Dinamarca – M113G3 DK.....	13
2.3.4 Canadá – M113A3 TUR.....	14



2.4.1	<i>Sistema Remotely Controlled Weapon Stations (RWCS)</i> .....	15
2.4.2	<i>Torres con cañones automáticos de Gran Calibre</i> .....	17
2.4.3	<i>Torretas exteriores y medios de visión</i> .....	18
<b>3</b>	<b>DESARROLLO: ANALISIS Y RESULTADOS</b> .....	<b>20</b>
3.1	ENCUESTAS:GRUPO DE EXPERTOS .....	20
3.2	ANÁLISIS QFD .....	24
3.3	METODOLOGÍA ANÁLISIS MULTICRITERIO AHP .....	27
3.3.1	<i>Formulación de la problemática</i> .....	28
3.3.2	<i>Valoración de los criterios</i> .....	29
3.3.3	<i>Evaluación de las alternativas</i> .....	31
3.3.4	<i>Jerarquización de las alternativas</i> .....	32
3.3.5	<i>Análisis de riesgos asociados a la propuesta de mejora</i> .....	33
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>39</b>





## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: TOA M-113. Fuente: Web Ministerio de Defensa .....	1
Figura 2 Diagrama de Flujo secuencialidad TFG. Fuente: Elaboración Propia.....	5
Figura 3 Vehículo Schneider-Brillé. Fuente : (Francois Vauvillier, 2014) .....	6
Figura 4 Half-Track M3 estadounidense. Fuente: Wikipedia commons .....	7
Figura 5 VCZ en el Campo de Maniobras de San Gregorio. Fuente:(Jose María Navarro, 2017) .....	9
Figura 6 TOA M-113 con el ajuste de misil Spike efectuando un disparo. Fuente: Infodefensa	10
Figura 7 Afuste bivalente Browning 12,70mm/LAG 40. Fuente [Manual MI-022].....	10
Figura 8 ACV-15 AIFV del ejército turco. Fuente: FNSS .....	12
Figura 9: M113S4 australiano. Fuente: Australian Army Website .....	13
Figura 10 M113 G3 DK danés en Afganistán. Fuente: Army Guide Vehicles .....	14
Figura 11. Vista lateral TLAV canadiense. Fuente: Canadian Army.....	15
Figura 12 RG-31 MK5E en el Campo de Maniobras de San Gregorio en Zaragoza. Fuente: Ministerio de Defensa.....	16
Figura 13 Torreta RWCS con Browning M2. Fuente:(Mando de adiestramiento y Doctrina and Ejército de Tierra, 2023) .....	17
Figura 14 Vista lateral izquierda de la Torreta TC-25. Fuente: (Ejército de Tierra and Mando de adiestramiento y Doctrina, 2005) .....	18
<i>Figura 15 Operador del MOE durante el Ejercicio Mobility 2020 con visores IntelliOptix Fuente:</i> <i>(Jose María Navarro, 2017) .....</i>	<i>19</i>
Figura 16. Gráfico de las valoraciones de los usuarios. Fuente: Elaboración Propia .....	21
Figura 17. Tipo de sistemas elegidos por los encuestados. Fuente: Elaboración Propia. ....	21
Figura 18.Opinión de las capacidades para una misión en el exterior. Fuente: Elaboración Propia .....	22
Figura 19. Árbol de decisión jerarquizado del método AHP. Fuente: Elaboración propia .....	29



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa de capacidades sistemas de armas M-113 en sus distintas configuraciones. Elaboración Propia .....	11
Tabla 2. Histograma de años de servicio de los encuestados. Fuente: Elaboración Propia .....	20
Tabla 3. Valoración sobre la protección al tirador. Fuente: Elaboración Propia .....	22
Tabla 4. Valoración sobre el precio del sistema de armas. Fuente: Elaboración propia .....	23
<i>Tabla 5. Valoración precisión y alcance del sistema de armas. Fuente: Elaboración propia .....</i>	<i>23</i>
Tabla 6 Despliegue Funcional de Calidad del actual sistema de Armas del TOA M-113. ....	25
<i>Tabla 7. Explicación etapas del Método AHP. Fuente: (Carlos Ruiz López, 2019) .....</i>	<i>28</i>
Tabla 8. Matriz de comparación de criterios. Fuente: Elaboración propia .....	30
<i>Tabla 9. Evaluación de criterios en el Software del Análisis AHP. Fuente (A. Vázquez, 2013) ..</i>	<i>30</i>
Tabla 10. Matriz de comparación atendiendo al coste del sistema. Fuente: Elaboración propia según (A. Vázquez, 2013) .....	31
Tabla 11. Matriz de comparación atendiendo de la potencia de fuego del sistema. Fuente: Elaboración propia a partir de (A. Vázquez, 2013) .....	31
Tabla 12. Matriz de comparación atendiendo a la protección del tirador. Fuente: Elaboración propia a partir de (A. Vázquez, 2013) .....	32
Tabla 13. Matriz de comparación atendiendo a los medios de visión del sistema. Fuente: Elaboración propia a partir de (A. Vázquez, 2013) .....	32
Tabla 14. Matriz de decisión metodología AHP. Fuente: Elaboración propia a partir de (A. Vázquez, 2013) .....	32
Tabla 15. Clasificación de los riesgos definidos. Fuente: Elaboración propia .....	34
Tabla 16. Escala de comparación de Saaty. Fuente: Elaboración propia a partir de (Saaty, 2008) .....	40



## **ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS**

- AGM: Academia General Militar
- AMM: Ametralladora Media
- AMP: Ametralladora Pesada
- BON: Batallón
- C/C: Contracarro
- Cía...: Compañía
- CMT: Campo de Maniobras y Tiro
- CUD: Centro Universitario de la Defensa
- CV: Caballos de Vapor
- DGAM: Dirección General de Armamento y Material
- ECP: Elemento de Combate a pie
- ET: Ejército de Tierra
- GT: Grupo táctico
- MADOC: Mando de Adiestramiento y Doctrina
- MAPO: Mando y Apoyo
- MBT: Main Battle Tank
- OTAN: Organización del Tratado Atlántico Norte
- QFD: Despliegue de la función calidad
- TFG: Trabajo de Fin de Grado
- TOA: Transporte Oruga Acorazado
- URSS: Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
- VCI: Vehículo de Combate de Infantería
- VCR: Vehículo de Combate sobre Ruedas



- VCZ: Vehículo de Combate de Zapadores
- VEC: Vehículo de Exploración de Caballería
- VERT: Vehículo de exploración y Reconocimiento Terrestre
- VTBP: Vehículo de Transporte Blindado de Personal



# 1 INTRODUCCIÓN

El presente informe refleja los resultados obtenidos en el Trabajo de Fin de Grado (TFG) denominado "*Propuesta de actualización del sistema de armas de la Torre del TOA M-113*," realizado como parte del Grado en Ingeniería de Organización Industrial llevado a cabo en la Academia General Militar (AGM) de Zaragoza. A continuación, se presenta una breve contextualización, las razones que respaldan la realización de este estudio y los conceptos clave relacionados con el tema en consideración.

Este trabajo se llevó a cabo durante el periodo de prácticas externas en la 10ª Compañía del Batallón "Las Navas" perteneciente al Regimiento de Infantería Saboya 6 ubicado en la provincia de Badajoz. El proyecto, surge de la necesidad de dotar a las unidades mecanizadas de una posible actualización del sistema de armas del Transporte Oruga Acorazado (TOA) para poder llevar a cabo sus ejercicios y cometidos de manera satisfactoria y alargar así la vida operativa del vehículo.

## 1.1 Contextualización

Los vehículos de transporte blindado de personal (VTBP) han supuesto un papel fundamental a lo largo de la historia militar moderna. Este tipo de vehículos nace a principios del siglo XX de forma paralela al estallido de la Primera Guerra Mundial con el propósito de transportar tropas en el campo de batalla y combatir desde un vehículo sin la necesidad de desembarcar del mismo.

La importancia estratégica de estos vehículos, en adaptación a las cambiantes necesidades de las fuerzas armadas en diferentes conflictos de la época, influyó de manera notable en las tácticas empleadas en el combate, lo que llevó a una transición hacia la guerra mecanizada<sup>1</sup>. En consecuencia, el vehículo TOA M-113 emergió en 1960 como uno de los elementos fundamentales de la flota de vehículos mecanizados en más de 50 ejércitos a nivel global, incluyendo el ejército español. (Jose María Navarro, 2016)



Figura 1: TOA M-113. Fuente: Web Ministerio de Defensa

Durante décadas, el TOA M-113 ha demostrado a nuestro ejército ser un ejemplo de fiabilidad,

---

<sup>1</sup> Se entiende por Guerra Mecanizada al enfoque militar que destaca por el uso de vehículos motorizados como carros de combate para obtener así ventajas tácticas y estratégicas en el campo de batalla. A diferencia de la Guerra convencional, donde se combate a pie, este enfoque combina la movilidad, poder de fuego y protección del personal.



movilidad y resistencia, sin embargo, su amplia longevidad junto con la ausencia de modernizaciones tecnológicas y la tendencia de los ejércitos hacia la inversión en Vehículos de Combate de Infantería (VCI) ha puesto en manifiesto numerosos desafíos críticos que cuestionan el uso del vehículo frente a un combate en constante evolución.

El ejército español, al igual que otros ejércitos que cuentan con el vehículo en servicio, se enfrentan al dilema de mantener y modernizar el TOA M-113 o buscar alternativas de vehículos más contemporáneas y eficientes. De igual modo, a medida que los escenarios de conflicto se han vuelto más complejos y diversos la necesidad de adaptar y actualizar los sistemas de armas de estos vehículos se ha vuelto aún más apremiante. Además, la prevista incorporación del nuevo Vehículo de Combate sobre Ruedas (VCR) Dragón 8x8 en las unidades mecanizadas del Ejército de Tierra provoca que toda la atención se desvíe hacia al nuevo proyecto, agravando aún más el futuro incierto del TOA.

A medida que las amenazas y los escenarios de combate evolucionan, es esencial abordar las deficiencias y garantizar la eficacia de este vehículo. En consecuencia, este estudio se centrará en la búsqueda de soluciones que mejoren el sistema de armas y contribuyan a la preparación de las fuerzas mecanizadas en un entorno global cada vez más complejo y dinámico. En este contexto, el objetivo principal de este estudio se centra en una propuesta de modernización del sistema de armas de la torre del TOA M-113, donde se reconocen las limitaciones del vehículo y su importancia en el actual panorama de seguridad y defensa de nuestro país. Se buscarán soluciones que mejoren la eficacia y seguridad del sistema de armas en los escenarios de combate actuales. Al mismo tiempo, se analizarán las adquisiciones más recientes del Ejército Español como posibles complementos o reemplazos para la flota de TOA M-113.

Este enfoque centra su interés en el sector defensa, en primer lugar, está enfocado a mejorar el futuro de todas las unidades mecanizadas del Ejército español que poseen el vehículo en dotación. Por otro lado, este proyecto tiene implicación en el ámbito nacional e internacional de empresas distribuidoras de sistemas de armas que puedan implementarse en el vehículo TOA. Además, también guarda relación con las tendencias de los ejércitos que empleen el vehículo y tengan actualizado o tengan prevista una pronta actualización de este.

## 1.2 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

Como se ha podido comprobar en el índice, esta memoria se ha estructurado en 5 apartados, cuyos contenidos se explican a continuación:

- **Capítulo 1: Introducción.**

Durante el capítulo, se introduce el tema de estudio y se hace una breve contextualización de los VTBP presentando las razones que respaldan la realización de este estudio, los precedentes, y los conceptos clave relacionados con el tema en consideración. A continuación, se realiza una exposición de los objetivos que se han establecido y el alcance previsto para su desarrollo y se comenta brevemente la metodología sobre la que se va a respaldar el trabajo.

- **Capítulo 2: Antecedentes y marco teórico**

El capítulo se dedica al análisis del estado del arte de la tecnología, y los conceptos teóricos que sustentan la investigación. Por un lado, se describen las principales configuraciones tácticas del vehículo y se realiza un análisis de las capacidades operativas de sus sistemas de armas. Por otro lado, se analizan las principales fuerzas mecanizadas de otros ejércitos que emplean el mismo vehículo actualizado.



- **Capítulo 3: Resultados y herramientas aplicadas**

El apartado 3 se detallan las herramientas metodológicas utilizadas previamente descritas en el apartado 1 y se muestran los resultados que arroja la aplicación de las metodologías. Se muestran los resultados del cuestionario realizado a los usuarios y expertos del TOA y las entrevistas correspondientes. Posteriormente se realiza el Quality Function Deployment (QFD) junto con el análisis AHP y análisis de riesgos como análisis que sirven para satisfacer las necesidades de sus usuarios y mejorar el actual sistema de armas.

- **Capítulo 4: Conclusiones y líneas futuras**

En el apartado 4 se exponen las propuestas de mejoras analizando los resultados del apartado anterior y se propone una posible propuesta de implementación de mejora. Finalmente, se reflejan las conclusiones y las líneas futuras del trabajo.

## 1.3 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo principal de este TFG consiste analizar las limitaciones del sistema de armas de la torre del TOA y presentar una propuesta de mejora alcanzable y objetiva que permita aumentar las capacidades operativas del vehículo. Así, para satisfacer este objetivo principal, se han fijado las siguientes tareas secundarias, complementarias entre sí:

1. Comparar los sistemas de armas propios con los sistemas en uso en otros países referentes en defensa.
2. Analizar las alternativas de sistemas de armas disponibles en empresas nacionales e internacionales.
3. Realizar un análisis técnico y operativo sobre los sistemas de armas en uso y sus características requeridas para satisfacer las necesidades operativas.
4. Conocer la opinión del personal experto que guarde una relación estrecha con el foco de estudio a través de entrevistas y encuestas.
5. Contrastar la información de los objetivos anteriormente marcados para diseñar una propuesta de mejora.

Este proyecto de TFG no implica la implementación física o la realización de pruebas de operatividad de los sistemas de armas propuestos. Su enfoque se centra en el análisis, la evaluación y la formulación de propuestas basadas en los resultados expuestos en el último capítulo 4 para mejorar el sistema de armas de la torre del TOA M-113 en el contexto de defensa.

Por otro lado, durante todo el proceso del proyecto, no se tiene la intención de realizar análisis económicos exhaustivos que conduzcan a una propuesta formal de adquisición de sistemas de armas, ya que ello implicaría conocer datos económicos objetivos que no se pueden analizar debido a la confidencialidad de la mayoría de las empresas dedicadas al sector de Defensa. Por lo tanto, se establece que el enfoque económico no será considerado de manera detallada en el marco del proyecto. Es relevante destacar que, si bien las propuestas de actualización se abordarán de manera realista y alcanzable para cumplir con los objetivos del estudio, el coste asociado a una posible implementación no será una limitación.



## 1.4 METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos del TFG, se ha empleado una metodología híbrida que integra enfoques cualitativos y cuantitativos. Además, este estudio se caracteriza por ser descriptivo, longitudinal y prospectivo. En su naturaleza descriptiva, se investigan las especificaciones técnicas y operativas del vehículo, incluyendo sus capacidades y limitaciones. Además, el enfoque longitudinal se basa en la observación directa del vehículo y su sistema de armas a lo largo del período de prácticas, con un énfasis especial durante la realización de un ejercicio táctico de 5 días en el Campo de Maniobras de Bótoa (Badajoz). Por último, se considera un estudio prospectivo a corto y mediano plazo, ya que se proponen mejoras para su implementación en el TOA actual, con el propósito de adaptarlo a los requisitos y necesidades de las unidades mecanizadas del Ejército de Tierra.

Como herramientas metodológicas de carácter cualitativo se utilizarán:

- Revisión bibliográfica basada en la recopilación de información y datos obtenidos de manuales, publicaciones e informes internos del ET, y por otro lado fuentes abiertas especializadas.
- Técnica observacional derivada del periodo de prácticas a través de la manipulación y el mantenimiento del sistema de armas del vehículo a analizar.
- Encuestas con personal del Regimiento Saboya 6 que este familiarizado con el TOA M-113 y sus sistemas de armas para analizar las valoraciones de los usuarios.
- Entrevistas con expertos en sistemas de armas para entender los resultados de la encuesta anterior y analizar más a fondo las posibles actualizaciones a implementar.

Por otro lado, se usarán las siguientes herramientas cuantitativas:

- Análisis QFD, conocido como Despliegue de la Función Calidad es un enfoque cuantitativo utilizado en la calidad para asegurarse de que un producto se ajuste a las necesidades y preferencias del cliente. Implica relacionar lo que se desea lograr (el "qué") con cómo se logrará (el "cómo") y asignar valores a esas relaciones y a la importancia de cada elemento en nuestro diseño. Esto nos permite determinar qué aspectos de la posible propuesta deben tener prioridad y cuáles son menos relevantes.
- Análisis de riesgos, es un proceso que busca identificar y gestionar los posibles problemas asociados ante la implantación de las propuestas de mejora del sistema de armas. Este análisis involucra la evaluación y priorización de riesgos clave y la implementación de estrategias para mitigarlos. Este análisis resulta de interés en la toma de decisiones de gestión de proyectos ya que permite anticipar y abordar los problemas potenciales permitiendo una consecución de los objetivos más eficiente.
- Análisis AHP, (Analytic Hierarchy Process) es una técnica de toma de decisiones que ayuda a priorizar alternativas al descomponer un problema complejo en una jerarquía de criterios y subcriterios ponderados, en este estudio permitirá evaluar de manera sistemática las características que deberá prestar la propuesta actualización.





A continuación, se muestra un diagrama de flujo donde se puede visualizar el desarrollo del TFG junto con la metodología a aplicar:

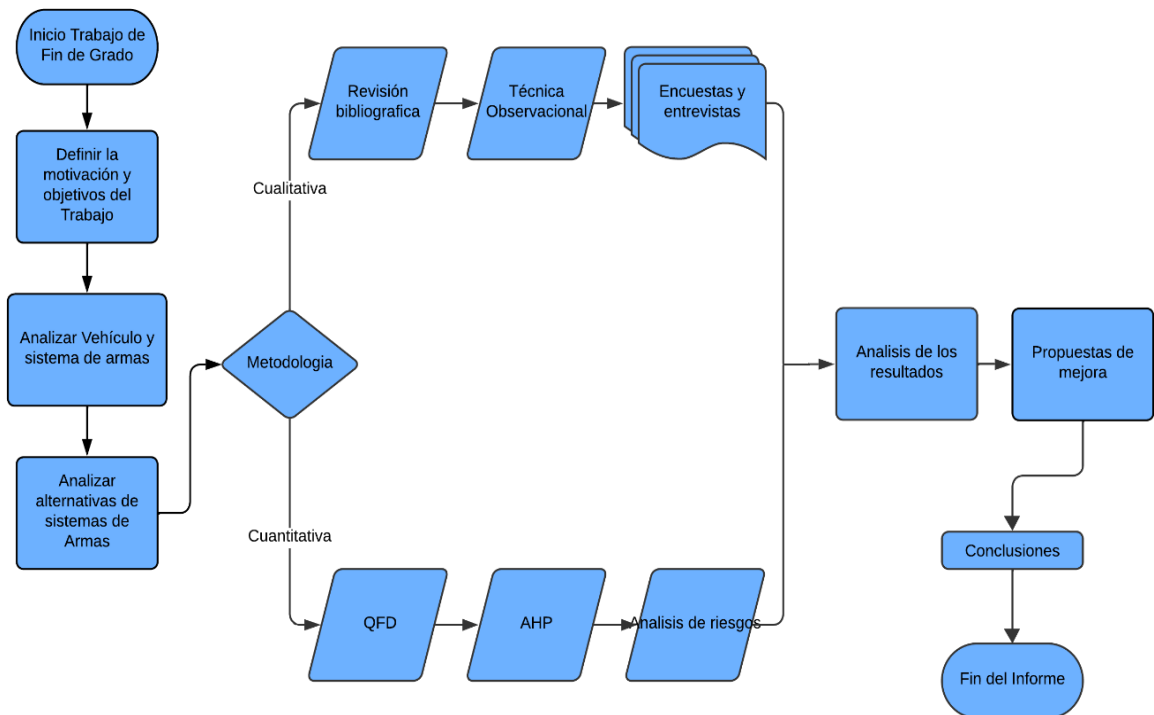


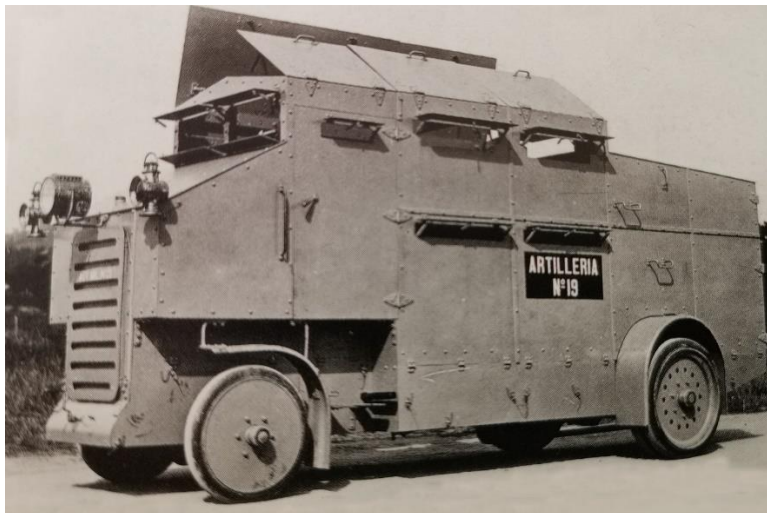
Figura 2 Diagrama de Flujo secuencialidad TFG. Fuente: Elaboración Propia



## 2 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES

Los orígenes de los VTBP se remontan a inicios del Siglo XX, donde aparecieron los primeros intentos de vehículos blindados, ejemplo de ello fue el vehículo Schneider-Brillé, primer transporte blindado que desempeñó un papel significativo en la Guerra de Marruecos a favor del ejército español. Sin embargo, la génesis teórica de dichos vehículos surge en la primera Guerra Mundial con la familia Mark británica y los Renault FT-17 franceses introducidos a finales del conflicto. Estos vehículos, muy lejos de ser lo que conocemos hoy por TBP's provocaron que las potencias militares empezaran a percatarse de la importancia táctica que otorgaba el poder transportar a sus tropas medianamente protegidas en disposición de atravesar los frentes enemigos y desembarcar para entablar el combate.(Montes, 2018). Las carencias de dichos vehículos se vieron afectadas por la escasez de blindaje, escasa autonomía y potencia del motor y malas condiciones del elemento de combate a pie (ECP).



*Figura 3 Vehículo Schneider-Brillé. Fuente : (Francois Vauvillier, 2014)*

Durante la Segunda Guerra Mundial, el reconocimiento de las limitaciones de los vehículos blindados de transporte de personal (TBP) llevó al desarrollo de nuevas generaciones de estos vehículos, con un enfoque particular en las semiorugas. Uno de los ejemplos más icónicos de este período fue el Half-Track M3 estadounidense, que combinaba orugas en la parte delantera con ruedas en la trasera, ofreciendo una mayor movilidad en comparación con los vehículos puramente de ruedas. Los alemanes, por su parte, desplegaron los Sd. Kfz.250 y Sd. Kfz.251, que también eran semiorugas altamente versátiles. Estos vehículos se convirtieron en pilares fundamentales para las unidades de infantería motorizada en ambos bandos.

Estos TBP se destacaron por su capacidad para transportar tropas de manera segura y proporcionar un eficaz fuego de autoprotección, ya que estaban equipados con ametralladoras de calibre 7,62 mm. Conforme avanzaba la guerra, se desarrollaron variantes de estos vehículos que incorporaban ametralladoras pesadas, lo que les otorgaba la capacidad de hacer frente a otros vehículos similares y, en algunos casos, desempeñar funciones antiaéreas. Además de los Half-Track M3 y los Sd. Kfz.250/251, también se introdujo otro vehículo notable, el Kettenkrad alemán, que junto los anteriores eran parte de la rica variedad de TBP utilizados en ese período.



*Figura 4 Half-Track M3 estadounidense. Fuente: Wikipedia commons*

Ambas potencias enfrentadas en la guerra mantuvieron enfoques diferentes de cómo debía de ser un VTBP, por un lado, los estadounidenses veían estos vehículos como plataformas móviles adecuadas para operar en terrenos difíciles en comparación con los vehículos de ruedas, los alemanes tenían una visión más táctica. Diseñaron sus TBP con el propósito de transportar a pelotones de panzergrenadiers<sup>2</sup> y colaborar con las unidades blindadas de carros de combate, abordando las limitaciones tácticas de los carros de combate cuando operaban solos.

Después de la Segunda Guerra Mundial y durante el inicio de la Guerra Fría, surgieron lo que podríamos denominar la segunda generación de vehículos de transporte blindado de personal (TBP), tanto en el bloque occidental como en el comunista. Sin embargo, lo verdaderamente significativo fue la introducción de los primeros Vehículos de Combate de Infantería (VCI), que según el Tratado sobre Fuerzas Armadas Convencionales en Europa (CFE) se diferencian de los TBP's en que tienen un calibre igual o superior a 20mm y tienen capacidad de proporcionar apoyo de fuego directo contra vehículos de mayor blindaje, por el contrario, los TBP's se centran en la autoprotección y el transporte propio de personal.(OSCE, 1990)

A diferencia de la doctrina estadounidense del "Battle taxi", que usaba los TBP como vehículos de transporte y luego desplegaba la infantería en combate, Alemania Occidental siguió una doctrina de acompañamiento de carros de combate. En ese contexto, surgió el Schützenpanzer Lang HS.30, considerado el primer VCI teórico, puesto en "servicio" en 1960. Su diseño fue un fracaso y su uso breve.

La Guerra de Corea, que tuvo lugar entre 1950 y 1953, resaltó la necesidad de vehículos de transporte blindado para la movilidad y la protección de las tropas en el campo de batalla. Fue en este contexto en el que Estados Unidos desarrolló el M113, conocido en el ejército español como TOA, que se convirtió en un hito en la evolución de los TBP. El M113 para ser más ágil, versátil y adaptable que sus predecesores. Además, su sistema modular aerotransportable y aerolanzable permitía una amplia variedad de configuraciones y adaptaciones, lo que lo hizo

---

<sup>2</sup> Las Panzergrenadiers son los especialistas alemanes en la táctica de guerra mecanizada, operan en estrecha colaboración con unidades acorazadas y carros de combate. Se caracterizan por ser tropas de infantería mecanizada equipadas para movilizarse rápidamente a través de los TBP's y destaca su versatilidad y capacidad para llevar a cabo misiones muy variadas.



fundamental en la Guerra de Vietnam.

La Guerra de Vietnam, que se libró en una geografía variada y hostil, destacó la importancia de vehículos como el M113.(Dunstan, 1983) Se utilizaron en una variedad de roles, desde el transporte de tropas hasta el apoyo de fuego directo. El M113 demostró ser crucial en la movilidad de las fuerzas estadounidenses y en la protección de las tropas en un entorno de guerra de guerrillas. Su versatilidad y capacidad para adaptarse a las cambiantes condiciones de combate lo convirtieron en uno de los ejemplos más producidos y fundamentales de TBP's en la historia militar y provocó que muchos países aliados escogieran la misma plataforma para transportar a sus tropas, entre ellos, el ejército español.

Los primeros TOA llegaron al ejército español en 1964, llegando a entregarse entre los años 60 y 70 un total superior a las 1300 unidades. De esta cifra más de 1000 siguen hoy en día en activo en versiones que distan muy poco de las utilizadas por los americanos en Vietnam.(IISS (International Institute for Strategic Studies), 2020)

## 2.2 ANÁLISIS TOA

### 2.2.1 Generalidades y configuraciones tácticas

Por comenzar, En el *Anexo I*, se presentan los datos técnicos generales del vehículo TOA-A1, que corresponde a la primera versión evolucionada y es la más común en las unidades. Como se ha discutido en secciones previas, el TOA se caracteriza por su morfología rectangular y dimensiones compactas, lo que le confiere una excelente maniobrabilidad y versatilidad.

Haciendo ápice de su versatilidad existen diferentes modelos de TOA en servicio en el ejército español, entre los más comunes se pueden destacar:

- M-113, porta personal o más conocido como “TOA de línea”, plataforma en la que se centrará el estudio.
- M-125, portamortero medio de 81mm.
- PM-MP120, portamortero pesado de 120mm. Podemos decir que es el “TOA español”, ya que sirve en exclusiva en nuestro Ejército al ser de evolución y desarrollo nacionales.
- M-548, de carga de 6 Tm.
- M-577, puesto de mando o también más conocido como el “TOA de mando”.

El M-113 es versátil y puede adaptarse tácticamente para satisfacer los requisitos de una unidad específica. Las modificaciones incluyen cambios en la plataforma, sistemas de armas y accesorios, lo que permite una rápida respuesta en varios terrenos y misiones cambiantes. A continuación, se describen las principales disposiciones operativas del producto de estudio:



### 2.2.1.1 Vehículo de Combate de Zapadores (VCZ)

Este tipo de configuración se encuentra asignado a los Batallones de Zapadores de las Brigadas y cumple la función de brindar a las unidades de Ingenieros un vehículo de transporte que se asemeje a aquellos utilizados por las unidades a las que respaldan. Este vehículo es capaz de acompañar a las unidades en sus operaciones, transportando, además de la tripulación compuesta por el conductor/operador de la pala e implementos y el tirador, un pelotón de Zapadores junto con su equipo reglamentario.



*Figura 5 VCZ en el Campo de Maniobras de San Gregorio. Fuente: (Jose María Navarro, 2017)*

Además de su capacidad de transporte, este vehículo está equipado con una variedad de herramientas e implementos para llevar a cabo tareas de apoyo a la movilidad, contramovilidad y supervivencia. Una de las características destacadas es la presencia de una pala/hoja empujadora en la parte delantera del vehículo, que cuenta con un sistema de liberación rápida para facilitar la remoción de obstáculos en zonas urbanas y colaborar en la preparación del terreno. También está equipado con un armamento principal compuesto por una ametralladora Browning de 12,70 mm.

### 2.2.1.2 Vehículo lanzador de misil Spike

La versión anterior de este vehículo estaba equipada con los misiles anticarro Milán y TOW. Sin embargo, con la sustitución de estos misiles por el Spike<sup>3</sup> y el desarrollo de un nuevo sistema de montaje de misiles para el Vehículo VAMTAC, esta configuración se ha actualizado. El nuevo lanzador de misiles Spike ha sido diseñado para simplificar su operación en vehículos.

---

<sup>3</sup> El misil contracarro Spike, sucesor de los antecesores TOW y Milán, es un sistema guiado por cable y posteriormente, por radiofrecuencia. Con un rango de hasta 25 km en sus versiones más actualizadas, ofrece mayor precisión y versatilidad en el campo de batalla. Con múltiples variantes, se ha convertido en un estándar en defensa contracarro.



Figura 6 TOA M-113 con el ajuste de misil Spike efectuando un disparo. Fuente: Infodefensa

Anteriormente, era necesario utilizar un trípode colocado en el techo del vehículo, lo cual no resultaba óptimo. El nuevo lanzador integra los medios de visión y disparo del misil, así como el propio contenedor del Spike, en un conjunto orientable e inclinable. Esto permite al usuario recargar los misiles sin separar los componentes, simplificando su uso en comparación con la configuración anterior, que incluía un trípode terrestre. Además, el lanzador puede ser desembarcado y desmontado con facilidad para realizar disparos desde fuera del vehículo con el afuste normal del misil. (Ministerio de Defensa, 2017)

#### 2.2.1.3 vehículo con lanzagranadas LAG-40

Esta variante del vehículo TOA M-113, si bien no difiere significativamente de la configuración convencional, agrega un afuste bivalente (véase Figura 7) que permite la implementación tanto de la ametralladora de 12,70 mm como del lanzagranadas LAG-40. Una vez ajustado, se utiliza el sistema de anclaje estándar del vehículo.

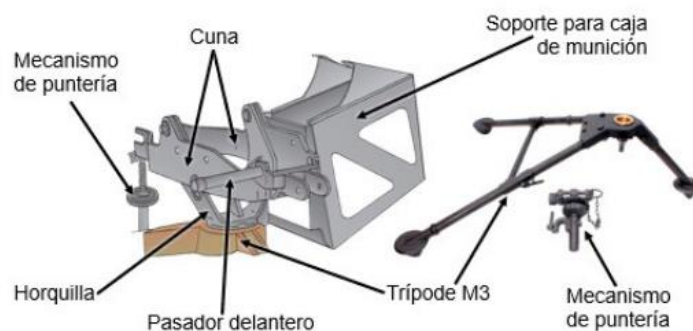


Figura 7 Afuste bivalente Browning 12,70mm/LAG 40. Fuente (Mando de adiestramiento y doctrina and Ejército de Tierra, 2023)

Esta configuración del M-113 con el lanzagranadas LAG-40 se emplea en tareas de apoyo de fuego, destrucción de posiciones enemigas, y defensa de convoyes, entre otras misiones. Su capacidad para disparar granadas de 40 mm lo convierte en un recurso valioso para el Ejército, ya que puede proporcionar un fuego de saturación mayor a la AMP.

#### 2.2.1.4 M113 de línea convencional

El M-113 de línea convencional en servicio ha demostrado ser una pieza fundamental en los





batallones mecanizados. Una de las configuraciones tácticas más empleadas para este vehículo es la equipada con ametralladora pesada de calibre 12,70 mm, que aporta una potente capacidad de fuego. Esta configuración ha probado ser eficaz en gran variedad de misiones, brindando apoyo de fuego efectivo y una rápida respuesta en situaciones de combate.

El M-113 con ametralladora de calibre 12,70 mm se utiliza en diversas operaciones militares, incluyendo misiones de escolta, patrullaje y protección de convoyes. Su versatilidad y potencia de fuego lo convierten en un recurso valioso para las Fuerzas Armadas, permitiendo una respuesta eficaz ante amenazas enemigas y proporcionando un apoyo esencial a las unidades en el campo de batalla.

A continuación, la *tabla 1* muestra una comparativa de las características operativas y técnicas de cada una de las configuraciones tácticas del vehículo TOA M-113:

CARACTERISTICAS	BROWNING M2	LAG-40	SPIKE
CALIBRE	50. (12.70mm)	40mm	Variable
ALCANCE EFECTIVO	1850 metros-objetivos terrestres	400metros	4-8 kilómetros en función de las versiones
TIPO DE MUNICION	NATO 12,70X99mm Incendiaria	Explosiva, humo, antipersonal	SR-MR-LR-ER (De menos a más alcance)
CADENCIA DE DISPARO	450-635 disparos por minuto	215 disparos por minuto	Variable
SISTEMA DE APUNTADO	Alza mecánica o visor	Alza mecánica	Cámara térmica y sistema de guiado
PESO DEL SISTEMA	38 kg	34 kg	27 kg
PROTECCIÓN DEL SISTEMA	Ninguna	Ninguna	Opera en Segundo sector
MOVILIDAD	Anclaje en vehículos	Anclaje en vehículos	Portátil y anclaje en vehículos

*Tabla 1 Capacidades sistemas de armas M-113 en sus distintas configuraciones. Elaboración propia*



## 2.3 TOA M-113 DE OTROS EJÉRCITOS

En el contexto de la modernización de vehículos de transporte blindado, el TOA M-113 ha sido objeto de profundos programas de actualización en varios países. Esta sección se centra en el análisis y comparación de los principales programas de modernización llevados a cabo por usuarios del TOA M-113 en Turquía, Dinamarca, Australia y Canadá. Estos programas de mejora han buscado elevar las capacidades operativas del M-113 en el ámbito de sistemas de armas y proporcionar un vehículo más eficiente y versátil para las necesidades de sus respectivos ejércitos. A través de este análisis, se pretende evaluar cómo estas actualizaciones pueden influir en una posible propuesta de mejora en las capacidades y funcionalidades del M-113 español, brindando así una visión más completa de su posición en el contexto de los vehículos blindados de transporte modernizados a nivel internacional.

### 2.3.1 TURQUÍA- FNSS ACV-15 (AIFV)

El vehículo ACV-15, de origen turco, es una pieza clave de la flota de vehículos mecanizados Turquía. Se caracteriza por su presencia en cantidades considerables en las fuerzas armadas del país, ya que se estima que Turquía cuenta con una flota de más de 3000 de estos vehículos en diferentes configuraciones.



*Figura 8 ACV-15 AIFV del ejército turco. Fuente: FNSS*

En lo que respecta al sistema de armas que podemos visualizar en la *Figura 8*, el ACV-15 en su versión AIFV está equipado con un cañón automático de calibre 25mm Saber desarrollado por la empresa FNSS, lo que le proporciona una notable capacidad de fuego contra objetivos terrestres y aéreos. Además, dispone de armamento secundario que incluye puede incluir ametralladoras ligeras coaxiales, lanzagranadas y sistemas de defensa antiaérea. Estas capacidades lo hacen un vehículo muy reducido con las capacidades propias de un VCI moderno, versátil y adecuado para una amplia gama de operaciones militares. La presencia significativa del ACV-15 en su versión AIFV en el ejército turco subraya su importancia estratégica y su contribución a la seguridad y defensa del país.(FNSS, 2022)





### 2.3.2 AUSTRALIA-M113AS4

El M113AS4 es una versión mejorada fabricada en Australia de los antiguos M113AS1 y M113AS3, que se basan en el vehículo blindado de transporte de personal M113A1 estadounidense. El proyecto de mejora de los vehículos M113 australianos fue liderado por la empresa BAE Systems y duró aproximadamente una década, comenzando en 2002 y entregando el primer vehículo completado al cliente en enero de 2007. Aunque los M113 australianos mejorados parecen similares a como lo hacían en la década de 1970, representan un gran salto generacional en cuanto a potencia de fuego, protección y habitabilidad en comparación con el vehículo M113 A1 original, véase *Figura 9*.



*Figura 9: M113S4 australiano. Fuente: Australian Army Website*

El Ejército Australiano opera una flota de alrededor de 800 vehículos de la serie M113 en diferentes variantes, que incluyen ambulancias, apoyo de fuego, puestos de mando, vehículos lanzamorteros, vehículos de recuperación y transporte de carga. El M113AS4 es actualmente el VTBP estándar con orugas de las fuerzas armadas australianas.

La versión estándar del M113AS4 está equipado con una torreta unipersonal de Tenix Defence Systems, armada con una ametralladora FN HERSTAL M2 de 12,7 mm. (Administrator, 2022) La torreta Tenix Defence Systems fue diseñada especialmente para los vehículos australianos M113 y proporciona al radio-tirador más espacio y visión, así como una mayor fiabilidad. La torreta tiene la capacidad de rotación y elevación del arma motorizadas, y el sistema de visión diurna/nocturna, suministrado por Electro Optic Systems, permite el combate en condiciones de día y noche, además de poder operarse de forma manual si el sistema eléctrico fallase.

### 2.3.3 DINAMARCA – M113G3 DK

El M113G3 DK, en servicio del Ejército Danés, presenta una cúpula del radio-tirador del vehículo equipada con una ametralladora M2 de 12,7 mm montada externamente. Según su página web oficial (Danish Army, 2021), esta ametralladora es apuntada y disparada mecánicamente por el usuario, (véase *Figura 10*) aunque expone su cabeza y hombros por encima del anillo de la



torreta para operarla. El sistema de armas puede contar con un visor Pilkington Optronics Sabre montado sobre el rail de esta, con una magnificación diurna de x1.5 y una magnificación nocturna de x4 o x6.



*Figura 10 M113 G3 DK danés en Afganistán. Fuente: Army Guide Vehicles*

La construcción de la cúpula es de acero soldado y proporciona protección contra proyectiles perforantes de armadura de 7,62 mm. Se pueden instalar otros tipos de torretas KUKA accionadas electrónicamente en el M113G3 actualizado, como el Modelo 605, que pesa 675 kg y está armado con una ametralladora M2 HB de 12,7 mm. Las opciones adicionales para esta torreta incluyen un reflector montado externamente, lanzagranadas de humo de 76 mm, intercomunicador, revestimiento anti-esquirlas, blindaje adicional para un mayor nivel de protección, sistema de accionamiento eléctrico, protección láser y un sistema de visión nocturna de intensificación de imagen

#### **2.3.4 CANADA – M113A3 TUR**

El M113A3 TUR, también conocido como TLAV (Tracked Light Armoured Vehicle) o LAV-T, (Canadian Army, 2022) es una variante del vehículo blindado de transporte de personal M113A3 estándar. Esta versión incorpora una torreta de un metro de un AVGP Grizzly<sup>4</sup>, similar al vehículo blindado BMR español. La torreta, diseñada por la empresa estadounidense Cadillac-Gage, se monta en un anillo de torreta de un metro y está equipada con una ametralladora M2HB de calibre .50 y una ametralladora C6 GPMG. Lo más notable de esta torreta es su versatilidad, ya que puede albergar ametralladoras de calibre 7,62 mm y 12,7 mm, así como lanzagranadas.

---

<sup>4</sup> El AVGP Grizzly es un vehículo 6x6 de transporte blindado de personal utilizado por las fuerzas terrestres canadienses basado en la plataforma MOWAG Piranha I utilizado por la infantería de Marina Española.



*Figura 11. Vista lateral TLAV canadiense. Fuente: Canadian Army*

Una de las ventajas clave de esta torreta es que permite el manejo y empleo completo del arma desde el interior del vehículo. Está diseñada para ofrecer una puntería precisa y garantizar la protección del personal que opera la ametralladora Browning de 12,7 mm. Además, cuenta con un sistema de munición incorporado y la capacidad de rearme de la palanca de montar del arma en caso de fallo de munición. Estas características mejoran la eficiencia y la disponibilidad de fuego, lo que la convierte en un sistema de armas altamente versátil y seguro.

La torreta cuenta con 8 grandes bloques de visión y un periscopio con mira telescópica. Esto no solo mejora la visibilidad y la puntería, sino que también ofrece un nivel de blindaje capaz de resistir impactos de proyectiles de 7,62 mm. El M113A3 TUR se ha demostrado como un vehículo extremadamente versátil, habiéndose modernizado 52 unidades con esta configuración, lo que destaca su capacidad para adaptarse a diversas misiones y desempeñar múltiples roles.

## **2.4 ALTERNATIVAS DE ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA**

En este apartado, se presentarán alternativas actuales y propuestas aplicables que buscan optimizar el sistema de armas del TOA M-113. Estas sugerencias provienen de diversas empresas especializadas en armamento y están destinadas a realzar las capacidades operativas del vehículo. A través de un análisis exhaustivo de estas propuestas y sus implicaciones, se brindará una perspectiva más amplia sobre las posibles innovaciones que podrían implementarse en un nuevo sistema de armas del TOA M-113.

### **2.4.1 SISTEMA Remotely Controlled Weapon Stations (RWCS)**

El sistema de armas Remotely Controlled Weapon Stations (RWCS) es una innovación tecnológica que ha transformado la capacidad de los vehículos militares en términos de fuego y observación. Originado en las últimas décadas, estos sistemas permiten el control remoto de armamento desde una ubicación segura dentro del vehículo, brindando al operador un mayor nivel de protección y precisión en situaciones de combate.



Las capacidades del RWCS son notables, ya que no solo permite el uso de armamento pesado, como ametralladoras, lanzagranadas y lanzamisiles, sino que también proporciona observación de día, noche y en todas las condiciones climáticas gracias a sus elementos de visión. Esto garantiza una capacidad de respuesta efectiva en diversas situaciones de combate, al tiempo que minimiza los riesgos para el personal en el interior del vehículo.

Varias empresas de renombre han desarrollado sistemas RWCS para su implementación en diferentes vehículos españoles. Ejemplos distinguidos incluyen la próxima Torre Guardian 2.0 de la Empresa Española Escribano para el VCR 8X8 (Infodefensa, 2023) o el RCWS Mini Samson desarrollado por la Empresa Israelí Rafael Systems sobre los vehículos RG-31 MK5E y VERT, véase *figura 11*.



*Figura 12 RG-31 MK5E en el Campo de Maniobras de San Gregorio en Zaragoza. Fuente: Ministerio de Defensa*

El Sistema de Combate con Arma Remota (RCWS) se divide en dos subsistemas clave para su funcionamiento eficaz. En primer lugar, la estación de armas se instala en el techo del vehículo y se encarga de ejecutar las órdenes de disparo hacia los blancos seleccionados. Mientras tanto, el segundo subsistema, la consola de mando y control, se encuentra en el interior del vehículo y permite a los tiradores dirigir y controlar la estación de armas. Esta estructura organizativa garantiza un control preciso y una operación segura del sistema RCWS.

La instalación del arma en el soporte de la estación de armas se asegura mediante dos pasadores de fijación, lo que garantiza su estabilidad durante el uso. El sistema RCWS está diseñado para operar con diversos tipos de armamento, entre ellos, la ametralladora pesada M2HB QCB de 12,7 mm, lo que le brinda versatilidad y capacidad de respuesta en diferentes situaciones de combate.



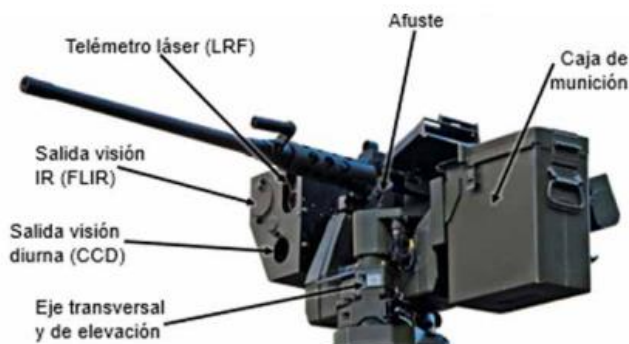


Figura 13 Torreta RWCS con Browning M2. Fuente: (Mando de adiestramiento y Doctrina and Ejército de Tierra, 2023)

El Sistema de Combate con Arma Remota (RCWS) presenta una serie de características técnicas y capacidades que lo hacen altamente efectivo en operaciones militares. A continuación, se detallan sus principales atributos:

- Sector de puntería en dirección de 360 grados: El RCWS puede apuntar en cualquier dirección, lo que le brinda una cobertura completa alrededor del vehículo.
- Sector de puntería en elevación de -20 grados a +60 grados: Esto permite disparar tanto a objetivos a nivel del suelo como a blancos más elevados.
- Capacidad de almacenamiento para 200 cartuchos: El RCWS puede mantener una cantidad significativa de municiones, lo que garantiza la persistencia en el combate.
- Sistema anticolidión: El movimiento y el tiro están limitados por un sistema de prevención de colisiones y una zona de inhibición de tiro, lo que aumenta la seguridad tanto del vehículo como del personal.
- Rápida puesta en marcha: El sistema RCWS se vuelve completamente operativo en aproximadamente 2 minutos desde su activación.

## 2.4.2 Torres con cañones automáticos de Gran Calibre

Las torres tripuladas con cañones automáticos de gran calibre (20-30 mm) son hoy en día la tendencia adquirida por la mayoría de los ejércitos en sus vehículos de combate de infantería (VCI) modernos. Estas torres mejoran significativamente la capacidad de fuego y observación de los vehículos militares en situaciones de combate, permitiendo a los operadores controlar con precisión y seguridad armamento pesado. Un ejemplo notable de estas torres se encuentra en el vehículo VEC<sup>5</sup> utilizado por las unidades de caballería, y la *figura 14* muestra una vista lateral de la torre empleada en el VEC.

---

<sup>5</sup> El Vehículo de Exploración de Caballería (VEC) español es un vehículo blindado ligero de ruedas, utilizado para misiones de reconocimiento y exploración. Ofrece movilidad y protección a la tripulación en operaciones militares.



*Figura 14 Vista lateral izquierda de la Torreta TC-25. Fuente: (Ejército de Tierra and Mando de adiestramiento y Doctrina, 2005)*

Además, estas torres ofrecen la capacidad de implementar ametralladoras coaxiales<sup>6</sup> o misiles contracarro como armamento secundario, lo que amplía su versatilidad en el campo de batalla. Las características técnicas de estas torres incluyen un sector de puntería de 360° en dirección, una capacidad de almacenamiento de hasta 200 disparos listos para el cañón principal gracias al municionamiento interior y una velocidad de rotación de más de 60° por segundo en horizontal y elevación, lo que garantiza un seguimiento rápido de objetivos.

En términos de visión y control de fuego, estas torres están equipadas con imágenes térmicas estándar, óptica de visión directa, cámaras diurnas y telémetros láser con un alcance de hasta 8.000 metros, dependiendo del visor utilizado. Además, pueden ofrecer la opción de seguimiento automático de objetivos en caso de implementar misiles contracarro y cálculos balísticos automáticos para mejorar la precisión del disparo.

Empresas líderes en el desarrollo de torres tripuladas con cañones automáticos de gran calibre incluyen FNSS, que ha desarrollado el cañón Saber de 25mm para el AIFV turco mencionado en el apartado 2.3.1, y otras empresas como General Dynamics que contribuyeron en la creación de la torre utilizada en el vehículo de combate Pizarro del Ejército español. Estas torres ofrecen una protección efectiva al tirador y brindan una potencia de fuego excepcional en comparación con otros sistemas de armas.

### **2.4.3 Torretas exteriores y medios de visión**

Para abordar la actualización del sistema de armas de la torre del vehículo TOA M-113, se propone una alternativa que implica la incorporación de una protección tipo torreta abierta y mejoras significativas en los medios de visión de la ametralladora Browning 12,7 mm. Esta elección, aunque no representa una innovación tecnológica sobresaliente por sí sola, adquiere una importancia fundamental al considerar cómo la combinación de protección y medios de visión avanzados conlleva mejoras sustanciales en el rendimiento general del sistema.

Algunas de las características clave de esta alternativa incluyen:

---

<sup>6</sup> Una ametralladora coaxial es un tipo de arma montada junto al cañón principal de un vehículo blindado o carro de combate, diseñada para disparar en la misma dirección que el cañón.



- **Protección Mejorada:** La incorporación de una protección tipo torreta abierta ofrece un nivel adicional de seguridad al personal y el equipo, lo que es vital en situaciones de combate.
- **Efectividad Demostrada:** Esta propuesta ya ha demostrado su eficacia en situaciones reales de combate, como se evidenció en el caso del vehículo M113G3 DK, utilizado exitosamente durante la guerra en Afganistán y posteriormente en la Guerra de Ucrania, donde el Ministerio de Defensa Danés lo proporcionó para su apoyo en el conflicto.
- **Soluciones de Calidad:** Empresas líderes en la industria, como Bae Systems, ofrecen soluciones de alta calidad para este tipo de protecciones en vehículos M-113.



*Figura 15 Operador del MOE durante el Ejercicio Mobility 2020 con visores IntelliOptix Fuente: (Jose María Navarro, 2017)*

En el ámbito de los medios de visión, se propone la integración de visores avanzados tipo IntelliOptix MGS, también conocidos como Multi Gun Sight (MGS). Estos sistemas ofrecen un conjunto de características notables:

- **Amplio Campo de Visión:** Los visores cuentan con un visor y un magnificador en su parte anterior, permitiendo un campo de visión amplio que puede aumentar hasta 20 veces la imagen visualizada por el tirador.
- **Precisión Avanzada:** Estos visores incorporan un punto de alineación preciso a diversas distancias de disparo, lo que mejora significativamente la precisión de los tiros.
- **Conciencia Situacional:** La tecnología de los visores IntelliOptix MGS proporciona una excepcional conciencia situacional al operador, lo que resulta fundamental en situaciones de combate.
- **Uso con Ambos Ojos Abiertos:** La posibilidad de utilizar los visores con ambos ojos abiertos contribuye a una mayor eficiencia en el uso de la munición.

Además, se debe considerar la implementación de visores térmicos, los cuales son muy eficaces en condiciones de visibilidad escasa, lo que otorga una ventaja táctica significativa



en las operaciones, ya que a menudo se llevan a cabo en entornos nocturnos.

### 3 DESARROLLO: ANALISIS Y RESULTADOS

Habiendo desarrollado los orígenes del vehículo, sus características y conociendo las tendencias actuales en sistemas de armas, en este apartado se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de las diferentes herramientas metodológicas explicadas en el *apartado 1.4.* para identificar objetivamente una propuesta de mejora.

#### 3.1 Encuestas: Grupo de expertos

Como punto de partida para comprender las necesidades y valoraciones de los usuarios del sistema de armas actual del TOA, se llevó a cabo una encuesta dirigida a un grupo de 101 individuos altamente experimentados en la manipulación y uso de dicho sistema. La encuesta, que se detalla en el *Anexo IV*, se distribuyó entre el personal del Batallón "Las Navas" del Regimiento Saboya 6, así como entre el personal de segundo escalón de Mantenimiento de Vehículos ubicado en el mismo cuartel, quienes son responsables del control y reparación de los vehículos junto con sus respectivos sistemas de armas. Adicionalmente, se incluyó un equipo de expertos del PCMASA 2 con sede en Segovia, la unidad principal encargada del mantenimiento de vehículos mecanizados a nivel nacional. Así pues, los resultados que aportan más información fueron los siguientes:

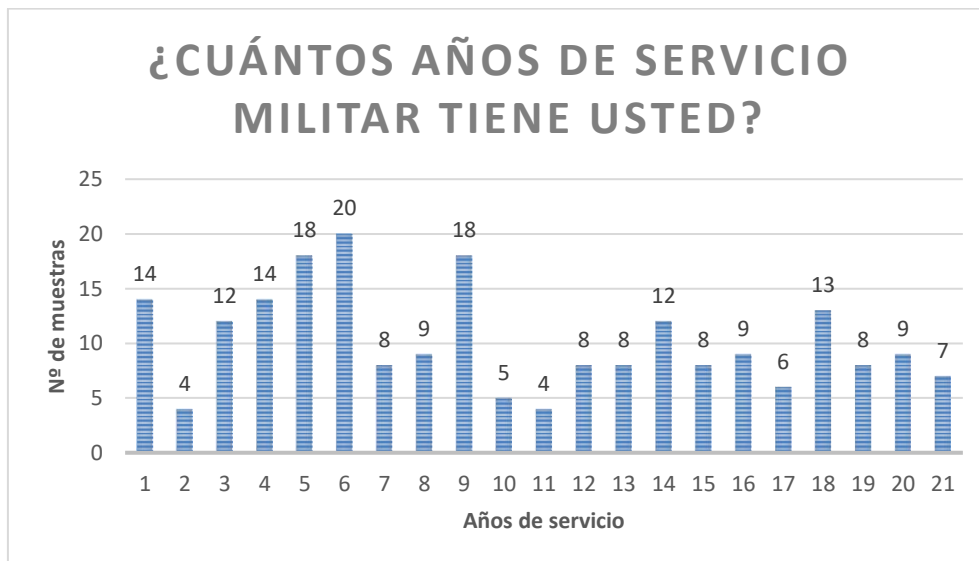


Tabla 2. Histograma de años de servicio de los encuestados. Fuente: Elaboración Propia

El gráfico de edades revela una distribución variada en el tiempo de servicio, con una media de aproximadamente 3.8 años. Se destaca la presencia de individuos con un largo historial de servicio, incluyendo aquellos con más de dos décadas de experiencia. Estos datos ofrecen una visión interesante de la diversidad de experiencias dentro del grupo estudiado.





¿Cree que sería interesante mantener un número determinado de TOA con un sistema de armas mejorado en las unidades hasta la incorporación completa del VCR Dragón 8x8?

101 respuestas

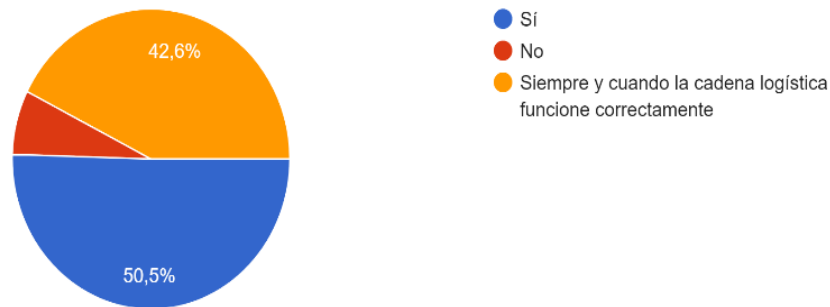


Figura 16. Gráfico de las valoraciones de los usuarios. Fuente: Elaboración Propia

Es interesante destacar que a pesar de contar en las unidades con el VCI Pizarro, actualizado apenas hace 10 años a su fase 2, los usuarios creen que mantener un número limitado de TOA M-113 actualizados haría cumplir las capacidades operativas del vehículo hasta la llegada del nuevo 8x8.

¿Qué tipo de sistema de armas cree que sería el idóneo para actualizar el armamento principal del TOA ?

101 respuestas

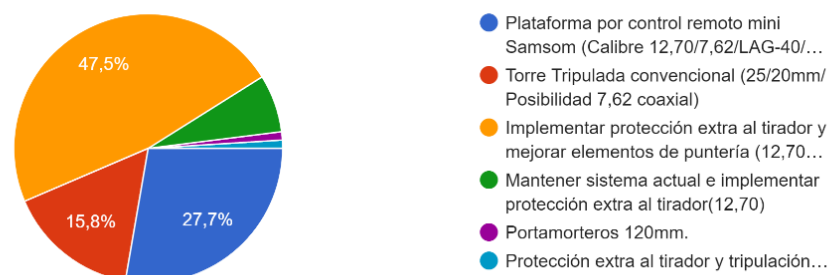


Figura 17. Tipo de sistemas elegidos por los encuestados. Fuente: Elaboración Propia.

Del total de los encuestados, 48 usuarios opinan que la opción más viable es implementar una protección al tirador y mejorar las capacidades de los elementos de puntería del armamento que está en uso. Seguidamente se encuentran las plataformas por control remoto mini Samsom con un 27,7% y la torre Tripulada de 20/25mm con un 15,8% en tercer lugar.



¿Cree que con una nueva actualización del sistema de armas del TOA como las anteriores el vehículo cumpliría las necesidades operativas para ser desplegado en alguna operación en el exterior?

101 respuestas



Figura 18. Opinión de las capacidades para una misión en el exterior. Fuente: Elaboración Propia

Del total de encuestados, más del 60% opinaron que el TOA podría reunir las características para una misión en el exterior, un 32,7% indicó que no y 8 encuestados añadieron que es necesario mejorar otras características del vehículo como es la transmisión, motor y el tren rodaje y el blindaje del ECP para conseguir un conjunto de vehículo realmente operativo.

¿Opina que la seguridad del tirador una característica importante a la hora de actualizar el sistema de armas ?

101 respuestas

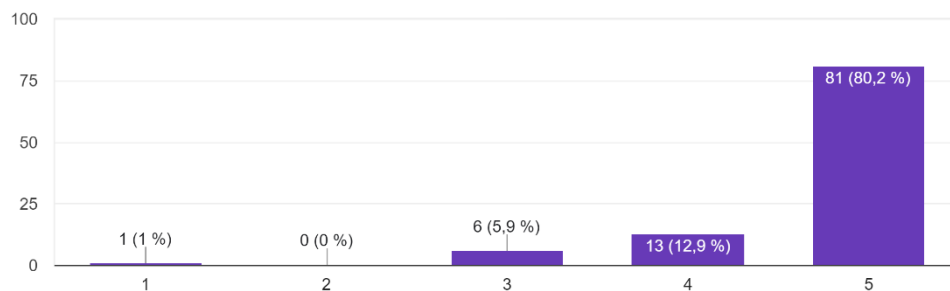


Tabla 3. Valoración sobre la protección al tirador. Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 4 muestra las valoraciones de los encuestados sobre la seguridad del operador. El 80,2% de los encuestados considera que la seguridad del tirador de armas es un aspecto crítico. Esto cobra aún más relevancia al saber que el TOA M-113 carece de cualquier tipo de protección, lo que indudablemente afecta negativamente a su operatividad. La seguridad del personal es una prioridad evidente, y estos datos resaltan la necesidad urgente de abordar este problema.



¿Opina que el precio de actualización del sistema de armas es un aspecto importante a la hora de llevar a cabo dicha actualización?

101 respuestas

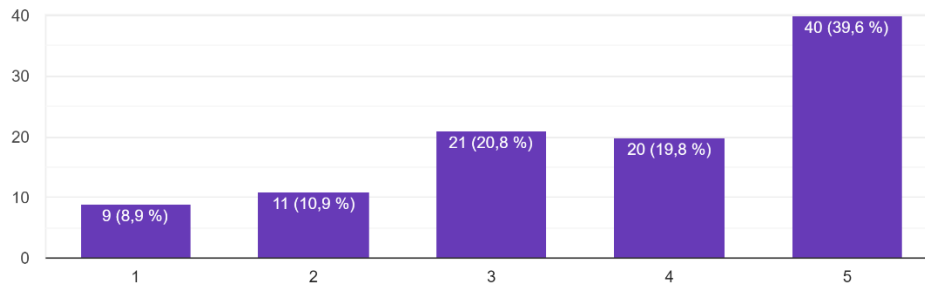


Tabla 4. Valoración sobre el precio del sistema de armas. Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto clave identificado en la encuesta es el precio del sistema de armas. Un total de 60 personas consideran que es importante o muy importante. Este hallazgo subraya la importancia del coste en la adquisición de un proyecto de actualización para el vehículo. La economía y la eficacia deben ir de la mano, y estas cifras reflejan la sensibilidad al presupuesto en la toma de decisiones de adquisición o actualización de un sistema de armas.

¿Opina que la precisión y el alcance del sistema de armas es un aspecto importante a la hora de realizar una actualización del sistema de armas?

101 respuestas

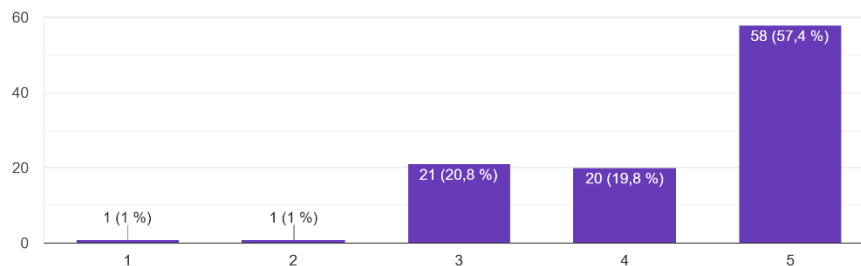


Tabla 5. Valoración precisión y alcance del sistema de armas. Fuente: Elaboración propia

La precisión y alcance del sistema de armas también se destacan como elementos cruciales en la encuesta. Un total de 58 personas votaron que es muy importante y 21 que es importante. Estos datos subrayan la necesidad de considerar cuidadosamente la mejora de la precisión y el alcance en cualquier proyecto de actualización.

En resumen, estos resultados resaltan tres áreas críticas para tener en cuenta en el proceso de mejora del sistema de armas del TOA M-113: seguridad del tirador, coste del sistema y precisión/alcance del armamento.



### 3.2 ANÁLISIS QFD

Según la información registrada en la asignatura de Calidad del Centro Universitario de la Defensa (CUD), (Centro Universitario de la Defensa, 2020) la Casa de la Calidad, un enfoque fundamental en la ingeniería de calidad, se originó en Japón en la década de 1960, especialmente en Mitsubishi. Fue concebida por Yoji Akao y Shigeru Mizuno con el propósito de convertir las necesidades y requisitos de los clientes en características y especificaciones de diseño para mejorar la calidad de productos y servicios, satisfaciendo así las expectativas de los clientes. Esta metodología ofrece ventajas clave:

- Proporciona una perspectiva objetiva de las expectativas de los usuarios en relación con un producto y los requisitos que debe cumplir.
- Facilita la priorización de las características más relevantes que deben incorporarse al producto, mientras identifica aquellas de menor importancia.
- Ofrece una evaluación precisa de la posición del producto en el mercado en comparación con la competencia, destacando los aspectos que requieren mejoras para aumentar la competitividad.

Es relevante mencionar que el QFD se aplica en diversos campos, desde el desarrollo de productos hasta la mejora de procesos, la gestión de proyectos, la innovación y el marketing. En este estudio, se enfoca únicamente en la primera fase de la metodología, donde se planifica la propuesta de mejora del sistema de armas, estableciendo los "Qués" y los "Cómos" que representan las necesidades y requisitos técnicos aplicados al vehículo M-113 y que serán explicados más adelante.

El propósito de esta herramienta es conocer de manera objetiva que capacidades operativas del sistema de armas resultan de mayor utilidad para el éxito de las misiones encomendadas en las unidades que emplean estos vehículos. Ello implica conocer las necesidades de la unidad y compararlo con sistemas competentes para saber con certeza cual es el margen de mejoría y en qué manera se debe planificar una posible propuesta de mejora del sistema.

Así, en la *Tabla 15* se adjunta el análisis QFD del actual sistema de armas del TOA M-113 realizado a través de Microsoft Excel. Para rellenarlo se han materializado los resultados recogidos en las encuestas, las entrevistas y el análisis de las características de los sistemas de armas empleados en otros ejércitos como productos de competencia, esta comparación nos permitirá identificar de manera objetiva cuales son las características sobre las que se ha de focalizar el estudio en apartados posteriores.

[illegible]

*Tabla 6 Despliegue Funcional de Calidad del actual sistema de Armas del TOA M-113.*

*Fuente: Elaboración propia*



La *Tabla 2* presenta una organización clara de elementos en gris que representan los "qué," reflejando los aspectos de interés identificados por los usuarios del sistema para lograr un rendimiento óptimo. Asimismo, se han seleccionado los "cómos" a partir de la opinión de expertos para describir cómo se pueden satisfacer estos aspectos identificados en los "qué."

En la parte superior de la tabla, se detallan las relaciones entre estos elementos, con valores que van desde 1 (poca relación) hasta 9 (mucha relación). La importancia de cada criterio se destaca en color naranja, lo que indica cuáles son los elementos más significativos en el producto bajo estudio. En la columna en verde, se evalúa el estado actual de los criterios en una escala del 1 al 5 tanto para el producto actual como para algunos competidores internacionales, como los vehículos M-113 utilizados en Turquía, Australia y Dinamarca.

Además, se analiza el argumento de venta, que mide cuán valorado es cada criterio en el mercado, así como los objetivos que indican a qué nivel (del 1 al 5) se pretende llegar en cada criterio. Los ratios de mejora proporcionan información sobre el margen de mejora entre el producto actual y el producto objetivo para cada criterio. Por último, se destaca el valor absoluto y relativo de cada criterio con respecto a nuestro producto, lo que constituye la sección más crucial de esta tabla.

Una vez finalizadas las valoraciones y definido ratio de mejora según el argumento empieza el análisis en el que se ven las distintas ponderaciones. A la derecha se evalúa en función del mercado y abajo según las ventajas e inconvenientes de la evaluación competitiva técnica. Es decir, a la derecha tenemos la ponderación absoluta y relativa de qué se tiene que mejorar en el producto en función del estado del mercado y los objetivos que se habían definido al principio. Después se ordena por importancia y podemos ver que el punto débil marcado con respecto a su competencia es el blindaje del tirador representando un 27,7% de ponderación relativa.

Por otro lado, en la zona inferior, el color azul muestra otra ponderación absoluta y relativa, que informe sobre qué hay que mejorar del vehículo en función de los "cómos" y de los objetivos que estaban fijados para el producto, por lo que nuevamente se observa que, según el orden de importancia, las mejoras deberían realizarse atendiendo en primer lugar al blindaje con un 14% y precio en primer lugar puesto que el sistema de armas principal actualmente no presenta ningún tipo de protección al tirador y constituye un problema mayor. Asimismo, el precio del sistema también representa un problema debido al entorno vehicular en el que se encuadra el TOA, por la inminente incorporación del 8x8 y por tener un sistema como es el Pizarro Fase 2 en un punto de actualización medianamente elevado.

En segundo lugar, la tenencia de medios de visión y la facilidad de operación se encuentran igualados en un 11% de ponderación relativa. Esto representa la necesidad de actualizar el sistema equipándolo con medios de visión que aumenten y mejoren la capacidad humana que es con la que cuenta hoy en día el tirador del M-113, por otro lado, la necesidad de que el sistema sea fácil de operar es una característica que los usuarios necesitan para conseguir ser eficientes y rápidos a la hora de trabajar con el armamento.

Como conclusión a este análisis, resulta obvio destacar que la característica sobre la que se ha de poner más hincapié es la protección del tirador, atendiendo también al precio del sistema de armas y dando la posibilidad de implementar medios de visión acordes a lo que un VTBP del año 2023 debería de contar, es por ello por lo que en siguiente análisis multicriterio AHP, las posibles alternativas deberán atender a estas características.



### 3.3 Metodología de análisis multicriterio AHP

El Analytic Hierarchy Process (AHP) es una metodología que se destacó desde finales de la década de 1970, cuando fue concebida por el profesor Thomas L. Saaty en la universidad de Pensilvania. Su trabajo en este campo provocó que le concedieran la Medalla de Oro de la Sociedad Internacional para la Toma de Decisiones Multicriterio. El AHP se centra en la toma de decisiones, la planificación y la síntesis neuronal, y originalmente fue empleado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para resolver problemas de toma de decisiones. Con el tiempo, esta herramienta ha sido utilizada en una amplia variedad de campos. (Saaty, 2008)

Este enfoque de decisión multicriterio simplifica la elección entre diversas alternativas en base a criterios o variables de selección. Una de las ventajas clave de este método es su capacidad para resolver procesos de toma de decisiones, afrontando desafíos que involucran elementos tangibles, intangibles, incertidumbre e incluso subjetividad. A pesar de la complejidad de asignar valores numéricos a variables intangibles, este enfoque propone medirlas de manera relativa, permitiendo su relación con otras variables para lograr resultados significativos.

Por lo general, estos criterios se organizan en una estructura jerárquica que incluye un objetivo final, criterios y subcriterios (si es necesario), y finalmente las alternativas que deben ser comparadas. Un aspecto fundamental de este método es la selección adecuada de los criterios y subcriterios, su definición precisa y la garantía de que sean mutuamente excluyentes. Una vez establecido este modelo, se realizan comparaciones de pares entre estos atributos, asignando valores numéricos a las preferencias definidas por el grupo de expertos involucrados en el proceso de toma de decisiones para identificar la alternativa más apropiada.

De este modo, en conjunto con las encuestas previamente presentadas (véase anexo IV) y las entrevistas personales que se han llevado a cabo, se ha logrado identificar los criterios de valoración más influyentes que deben ser incorporados en la metodología AHP. Asimismo, las entrevistas han contribuido a la selección de las potenciales alternativas a ser implementadas. Tras ello, los juicios serán homologados utilizando una escala de valores establecida por Saaty. Posteriormente, se aplicará un programa informático desarrollado por Antonio Vázquez (2013) para llevar a cabo una serie de operaciones matemáticas destinadas a obtener los resultados. Estos resultados se presentarán en forma de porcentajes asignados a cada una de las alternativas sometidas a análisis. La alternativa que obtenga el porcentaje más alto se considerará como la opción óptima para la modernización del sistema de armas, de acuerdo con los criterios predefinidos.

Por otro lado, las etapas del proceso de aplicación del análisis AHP (véase *tabla 7*) son las siguientes:

1. Representación del problema en una estructura jerárquica.
2. Valoración de los criterios
3. Evaluación de las alternativas.
4. Priorización de las alternativas.

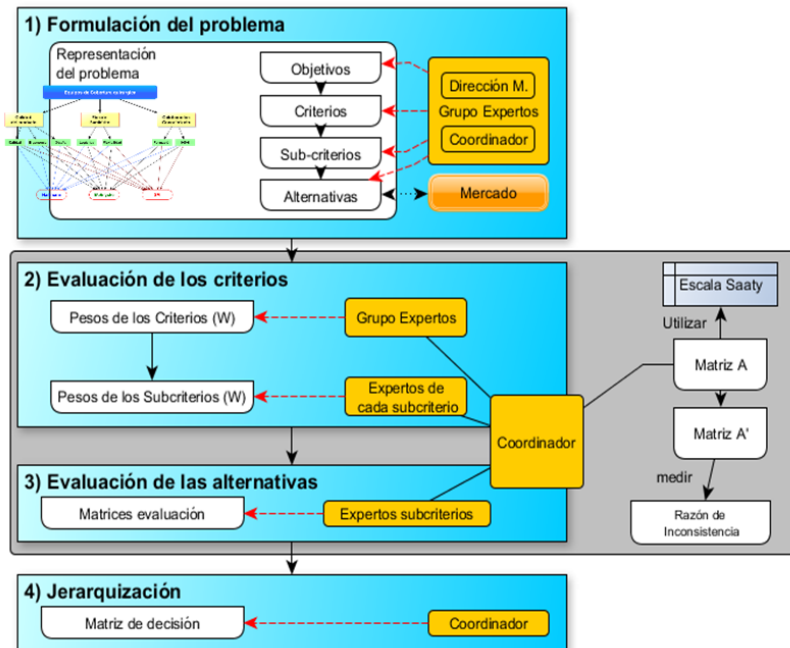


Tabla 7. Explicación etapas del Método AHP. Fuente: (Carlos Ruiz López, 2019)

### 3.3.1 Formulación de la problemática

La selección de las opciones es el primer paso indicado por el problema planteado. Se han identificado tres alternativas diferentes que podrían ser factibles a la hora de llevar a cabo una actualización del sistema de armas del TOA M-113. Estas alternativas, además de haber sido descritas en detenimiento en el abordado previamente en el *apartado 2*, han sido discutidas con el grupo de expertos en la materia a través de entrevistas personalizadas, se presentan cada una de ellas:

1. Implementar un sistema Remotely Controlled Weapon Stations (RWCS) tipo mini Samsom aprovechando su prevista incorporación en los nuevos vehículos 8x8.
2. Añadir una torreta tripulada unipersonal de calibre superior al Browning M2 con posibilidad de elementos coaxiales
3. Incorporar sistemas de visión al Browning 12,70 y mejorar la protección al tirador.

En esta fase del proceso, el objetivo es identificar y estructurar los diversos problemas utilizando una jerarquía en forma de árbol con varios niveles. El nivel superior representa el objetivo general, que es la solución del problema. Los niveles intermedios contienen los diferentes criterios que se utilizan para evaluar el objetivo principal. Por último, en el nivel inferior de la jerarquía se encuentran las diversas alternativas que se deben evaluar para determinar la mejor solución al problema planteado. La siguiente figura representa esta jerarquía:



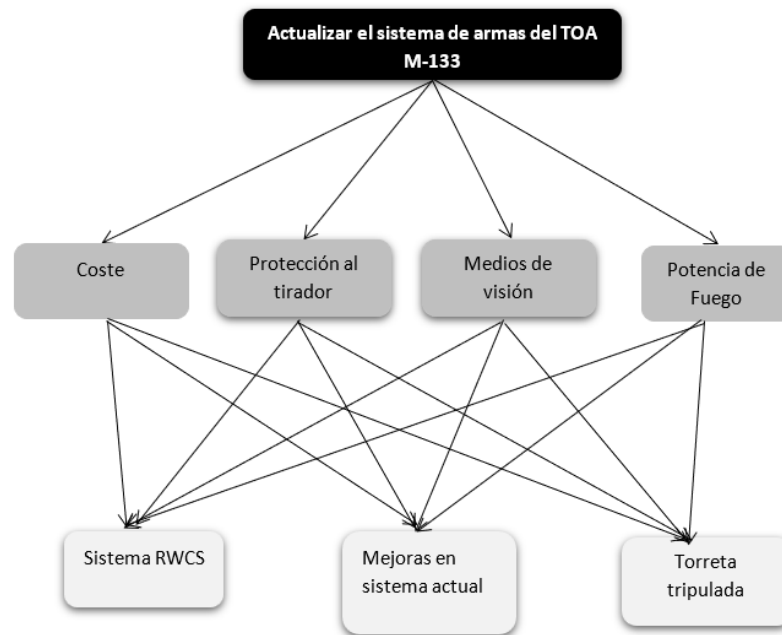


Figura 19. Árbol de decisión jerarquizado del método AHP. Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2 Valoración de los criterios

La segunda fase del análisis AHP implica calcular los pesos relativos de los criterios propuestos previamente en el árbol jerarquizado para su posterior utilización en la evaluación de las alternativas. Esto se lleva a cabo en dos etapas separadas: primero, se comparan los criterios entre sí y luego se evalúan las tres alternativas en función de los criterios que se consideran intangibles o difíciles de cuantificar.

En cada comparación por pares, se indicará su preferencia entre las dos opciones y luego se deberá de calificar la importancia de la opción elegida en relación con la rechazada utilizando la Escala de Valores de Saaty (véase anexo V) junto con las encuestas, los resultados del análisis QFD previamente descritos y consultas al grupo de expertos. A continuación, se calcula el promedio de las calificaciones de cada opción en cada comparación y se obtiene un valor acotado entre 1 e infinito al dividir el promedio más alto por el más bajo.

Para un mejor entendimiento, se presenta un ejemplo simplificado: Teniendo como criterios "Coste" (A) y "Potencia de fuego" (B), y sus respectivas puntuaciones medias,  $A = 6,2$  y  $B = 4,9$ . Dado que la media de A es mayor, realizamos la división de la media mayor entre la menor, obteniendo  $A/B = 1.26$ . Este valor se encuentra en el intervalo  $[1, 1.5)$ , por lo que su valor se establecerá en 3 en la celda de la matriz que representa la comparación entre A y B. Como consecuencia, en la celda que simboliza la comparación de B en relación con su valor será  $1/3$ , ya que es menos preferible que A.



Matriz de relaciones entre criterios				
Criterios	Coste	Protecc.al tirador	Medios de visión	Potencia de fuego
Coste	1	5	3	7
Protecc. Al tirador	0,2	1	3	5
Medios de visión	0,33	0,33	1	7
Potencia de fuego	0,14	0,2	0,14	1

Tabla 8. Matriz de comparación de criterios. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 8 relaciona los criterios establecidos en función de la escala Saaty, se puede observar como la primera fila demuestra que la protección al tirador es más importante que los medios de visión y la potencia de fuego en valores 3 y 5 respectivamente. A continuación, (Saaty, 2008) estos valores se procesan mediante matrices de comparación y se asignan a los valores propuestos por Saaty (1, 3, 5, 7, 9) en función de su rango y, una vez procesados, son recogidos a través de la herramienta informática de ayuda a la decisión del curso Superior de Logística de Materiales e Infraestructura perteneciente a la Academia de Logística.

Evaluación de CRITERIOS					Escala de SAATY	
CRITERIOS	Coste	Protecc. al tirador	Medios de visión	Potencia de	PESOS(W)	Valor Definición
Coste	1	5	3	7	0.53	1 a - Igual Importancia
Protecc. al tirador	1/5	1	3	5	0.24	3 b - Importancia Moderada v 1/3
Medios de visión	1/3	1/3	1	7	0.18	5 c - Importancia Grande v 1/5
Potencia de fuego	1/7	1/5	1/7	1	0.05	7 d - Importancia Muy Grande v 1/7
						9 e - Importancia Extrema v 1/9

R.I. : 0,1871

Tabla 9. Evaluación de criterios en el Software del Análisis AHP. Fuente (A. Vázquez, 2013)

Se observa que el programa informático procesa la matriz previamente presentada y calcula el peso de cada criterio en función de los datos introducidos. Los resultados obtenidos califican al coste del sistema como claramente más importante con respecto al resto de los criterios, obteniendo más del doble de ponderación con respecto a la protección del tirador. Por otro lado se encuentra la protección y los medios de visión medianamente empatados y la potencia de fuego ha resultado ser la menos relevante con un 5% de importancia.

Por otro lado, la R.I. muestra la relación de inconsistencia, cuya finalidad es calcular la fiabilidad los resultados en función de los juicios humanos para determinar si estos son válidos o no. Esta relación se debe a las incoherencias en la decisión de unos criterios sobre otros. Al no existir una objetividad plena se asume que una inconsistencia menor de 0,2 puede considerarse consistente a la hora de procesar los datos.



### 3.3.3 Evaluación de las alternativas

Una vez evaluados los criterios, se sigue el mismo procedimiento con las tres alternativas escogidas, realizando primeramente el cálculo de pesos de cada una de las alternativas en función de la encuesta previamente aportada y el juicio personal del grupo de expertos.

Para llevar a cabo la elección de alternativas y sus posteriores matrices con los criterios únicamente se han seleccionado las respuestas registradas de los especialistas del 2º Escalón de Mantenimiento de la Brigada Extremadura, así como cuadros de mando con más de 10 años de experiencia en unidades mecanizadas, debido al conocimiento limitante del personal restante sobre los diferentes sistemas de armas aportados y sus capacidades.

				R.I. : 0,0109
Coste	Sistema RWCS	Mejoras sist. actual	Torreta tripulada	PESOS(W)
Sistema RWCS	1	1/5	1	0,13
Mejoras sist. actual	5	1	7	0,75
Torreta tripulada	1	1/7	1	0,12

Tabla 10. Matriz de comparación atendiendo al coste del sistema. Fuente: Elaboración propia según (A. Vázquez, 2013)

Analizando los resultados de la Tabla 10 se observa que la aplicación de mejoras en el sistema actual es con diferencia lo más accesible en términos de precio en comparación al resto de alternativas, debido tanto a los costes de adquisición, como los costes de mantenimiento y posterior actualización de los mismos. Por otro lado, los otros dos sistemas y sus resultados son prácticamente indiferentes.

				R.I. : 0,1183
Potencia de fuego	Sistema RWCS	Mejoras sist. actual	Torreta tripulada	PESOS(W)
Sistema RWCS	1	3	1/3	0,29
Mejoras sist. actual	1/3	1	1/3	0,14
Torreta tripulada	3	3	1	0,57

Tabla 11. Matriz de comparación atendiendo de la potencia de fuego del sistema. Fuente: Elaboración propia a partir de (A. Vázquez, 2013)

Atendiendo a la potencia de fuego (véase Tabla 11), resulta casi evidente que la torreta tripulada es muy superior al resto de alternativas, por poder disponer de un cañón de calibre superior a ambas y poder implementar a su vez una ametralladora coaxial en la misma torre. Por otro lado, el sistema RWCS tiene la posibilidad de incorporar diferentes sistemas además de disponer del sistema eléctrico de disparo hace que a su vez también pueda disponer de mayor cadencia que el sistema actual que se acciona de manera mecánica por el tirador.



**R.I. : 0,0334**

Protecc. al tirador	Sistema RWCS	Mejoras sist. actual	Torreta tripulada	PESOS(W)
Sistema RWCS	1	3	1/3	0,26
Mejoras sist. actual	1/3	1	1/5	0,11
Torreta tripulada	3	5	1	0,63

Tabla 12. Matriz de comparación atendiendo a la protección del tirador. Fuente: Elaboración propia a partir de (A. Vázquez, 2013)

En cuanto la protección del tirador (véase Tabla 12), de nuevo se hace evidente el blindaje que posee la torreta tripulada hace que la ponderación frente al resto de alternativas siga siendo muy superior, a pesar de que el sistema RCWS se opere fuera de la torre el blindaje con el que cuenta el propio vehículo resulta inferior que la torre tripulada.

**R.I. : 0,0334**

Medios de visión	Sistema RWCS	Mejoras sist. actual	Torreta tripulada	PESOS(W)
Sistema RWCS	1	3	5	0,63
Mejoras sist. actual	1/3	1	3	0,26
Torreta tripulada	1/5	1/3	1	0,11

Tabla 13. Matriz de comparación atendiendo a los medios de visión del sistema. Fuente: Elaboración propia a partir de (A. Vázquez, 2013)

Analizando los medios de visión (véase Tabla 13), el sistema RWCS presenta cámara de visión y puede disponer de cámara térmica, haciéndolo superior al resto de alternativas, por otro lado, el sistema actual dispone de visores con aumentos, siendo superior en características a los medios de visión por periscopios de la torreta tripulada.

### 3.3.4 Jerarquización de las alternativas

En esta etapa final del análisis multicriterio, se genera la matriz de decisión definitiva, en la que se organizan las alternativas de manera sistemática según las sugerencias de los criterios, basándose en las decisiones tomadas en las encuestas por el grupo de expertos durante las etapas anteriores. Esta matriz representa la culminación de todo el proceso, ya que combina todos los vectores de prioridades. A partir de esta matriz, podemos identificar la alternativa que mejor cumple con los requisitos establecidos.

**MATRIZ DE DECISIÓN**

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	Sistema RWCS	Mejoras sist. actual	Torreta tripulada
Coste	0,54	0,13	0,75	0,12
Protecc. al tirador	0,25	0,26	0,11	0,63
Medios de visión	0,16	0,63	0,26	0,11
Potencia de fuego	0,05	0,29	0,14	0,57
		<b>0,25</b>	<b>0,48</b>	<b>0,27</b>

Tabla 14. Matriz de decisión metodología AHP. Fuente: Elaboración propia a partir de (A. Vázquez, 2013)



Analizando el porqué de los resultados se observa que el criterio de coste representa un peso muy superior en la decisión, es por ello por lo que las mejoras en sistema actual marcan una gran diferencia con respecto al resto de alternativas. La protección del tirador resulta el segundo aspecto más valorado, donde la torreta tripulada marca una gran diferencia entre ambas alternativas. En cuanto a la potencia de fuego, con diferencia se queda muy atrás en la valoración obtenida por los encuestados, debido en parte a la existencia de vehículos como el Pizarro con características de potencia de fuego ya superiores.

Finalmente, en la parte inferior de la matriz mostrada se encuentran las ponderaciones parciales de cada una de las alternativas donde se puede observar que el vencedor en el análisis ha sido la implementación de mejoras en el sistema actual. A través de las lecciones aprendidas a lo largo de los análisis previos, este estudio concluye propone una propuesta de mejora que permite por una parte hacer una adquisición de medios de visión y por otra incluir una torreta que se ajuste al vehículo para mejorar el conjunto del sistema de armas principal de TOA M-113.

### **3.4 Análisis de riesgos asociados a la propuesta de mejora**

Para finalizar con los resultados, se ha considerado de relevancia realizar un análisis de los riesgos asociados a la implementación de las mejoras previamente mencionadas. En este caso, la utilización de esta metodología se orienta en identificar y posteriormente evaluar los riesgos que surgen tras llevar a cabo un proceso de adquisición de material o equipo como el planteado en este proyecto.

Conforme a los apuntes del curso de Oficina de Proyectos ofrecido por el CUD (Centro Universitario de la Defensa, 2022), se define un riesgo como un suceso o una condición incierta que, al materializarse, puede tener un impacto tanto favorable como desfavorable en un objetivo específico del proyecto. La fuente de estos riesgos reside en la incertidumbre inherente a todo proyecto. De este modo, la finalidad de la gestión de riesgos radica en incrementar la probabilidad y la magnitud de los sucesos. Para la formación de la matriz de riesgos donde se analizan cada uno de ellos, se ha considerado la revisión bibliográfica realizada a lo largo del trabajo, así como las consultas a expertos durante las prácticas externas donde se pudo contar con personal destinado en la DGAM, unidad máxima responsable de las adquisiciones a nivel ejército.

Los riesgos analizados en la matriz (véase anexo V) son los siguientes:

1. Riesgo de incompatibilidad: Existe la posibilidad de que el nuevo sistema de protección y medios de visión no sea completamente compatible con el vehículo TOA M-113 existente. Esto podría resultar en problemas técnicos y de implantación y ocasionar gastos adicionales
2. Coste elevado: A pesar de haber considerado la propuesta en gran medida por sus leves precios asociados en comparación con el resto de las alternativas. La adquisición e implementación de sistemas avanzados de protección y medios de visión puede resultar costosa si el proyecto no se determina de importancia. Por ello, si el proyecto excede el presupuesto asignado, podría generar dificultades financieras.
3. Dificultades en su instrucción: La introducción de nuevos sistemas requiere la formación de los tiradores. La falta de capacitación adecuada y la ausencia de manuales específicos podría aumentar el riesgo de errores y accidentes.



4. Reducción de la movilidad: El aumento del peso debido a la instalación de nuevos blindajes por parte de la torreta podría afectar la movilidad del vehículo, especialmente en terrenos difíciles. Además, esto afectará negativamente en el consumo y el rendimiento general del vehículo.
5. Complejidad técnica: Los sistemas avanzados suelen ser más complejos desde el punto de vista técnico. Esto podría aumentar la probabilidad de fallos técnicos o mal funcionamiento y no estar de acuerdo con las TTP's de acuerdo con el ET
6. Disponibilidad de repuestos: La disponibilidad de repuestos para visores avanzados podría ser un problema. La falta de repuestos podría afectar la capacidad de mantenimiento al ser una implementación exclusiva para el vehículo TOA M-113
7. Riesgo de fallos de equipamiento: Existe la posibilidad de que el nuevo equipamiento sufra fallos técnicos durante operaciones críticas, lo que podría poner en peligro a los usuarios y la misión.
8. Resistencia a las condiciones ambientales: Los medios de visión avanzados pueden no ser adecuados para todas las condiciones climáticas o ambientales, lo que podría limitar la operatividad.

Probabilidad	3	0	1	0		Clase riesgo	Número
	2	2	1	0		Crítico	0
	1	2	1	1		Alto - medio	1
		Low	Medium	High		Medio	5
		Impacto				Bajo	0
						Total:	6

Tabla 15. Clasificación de los riesgos definidos. Fuente: Elaboración propia

La tabla 15 arroja los resultados derivados de haber tramitado la matriz global de riesgos, habiendo realizados las metodologías y concluyendo con este último análisis se puede afirmar que la implementación de una actualización como la descrita no conlleva ningún riesgo crítico asociado con lo que da lugar a una mayor seguridad a la hora de seguir adelante con las propuestas marcadas.



## 4 Conclusiones y líneas futuras

Después de un análisis exhaustivo de los resultados relacionados con la implementación de mejoras en el sistema de armas del TOA M-113, es evidente que, a pesar de su prolongada vida sin actualizaciones, mejorar este sistema de armas sería esencial para proporcionar a la fuerza terrestre un vehículo capaz de satisfacer las necesidades operativas mínimas requeridas por un batallón mecanizado.

A continuación, se resumirán las principales conclusiones derivadas de los objetivos de este trabajo. En primer lugar, se proporcionó una contextualización y una explicación general del vehículo, teniendo en cuenta su longevidad y el contexto actual que enfrenta, caracterizado por la inminente introducción del VCR Dragón 8x8 y el uso de VCI modernos como el Pizarro Fase 2.

Posteriormente, se describieron diferentes configuraciones del M-113 utilizadas por ejércitos usuarios del vehículo, analizando las versiones actualizadas del vehículo para obtener ideas que pudieran ser aplicables a la posible propuesta. Se destacó la tendencia actual de los ejércitos hacia la preferencia de los VCI en lugar de los VTBP, debido a su mayor potencia de fuego, blindaje y movilidad, a menudo similar a la de los carros de combate. También se observó la capacidad de los países para adaptar la plataforma del M-113 con mejoras y alcanzar las capacidades propias de un VCI moderno.

Se llevó a cabo un análisis de las tendencias en sistemas de armas adquiridos por otros países, identificando sistemas actuales ofrecidos por diversas empresas de armamento, y se evaluó su viabilidad y ventajas para su aplicación en los vehículos de las unidades del Ejército de Tierra. Esto permitió focalizar en las características críticas, que se abordarían en mayor detalle en los resultados obtenidos a través de la aplicación de metodologías en el apartado 3.

Junto con las lecciones extraídas de las revisiones bibliográficas previas, se ha llevado a cabo una metodología de enfoque descendente para pasar de las características más generales a los aspectos más relevantes de la propuesta. Se comenzó con una encuesta distribuida entre los miembros del batallón y diversos expertos en sistemas de armas, con el fin de identificar las características más limitantes del sistema actual. Posteriormente, mediante un análisis QFD, se determinó que el precio del sistema, la protección del tirador y la incorporación de sistemas de visión avanzados eran elementos esenciales en los que centrar la propuesta de mejora.

Con las características identificadas, se empleó un método de decisión multicriterio para concretar toda la información recopilada. Se enfocó en los criterios identificados en la segunda encuesta y se consideraron las alternativas estudiadas y seleccionadas por el grupo de expertos. El análisis confirmó que el sistema de armas propuesto debía prestar especial atención al precio y la protección del tirador, sin descuidar las mejoras en los sistemas de visión actuales. En consecuencia, se propone la implementación de visores para la ametralladora Browning M2 y la incorporación de una torreta que brinde protección blindada al tirador, capaz de repeler amenazas de calibres ligeros.

En resumen, se consideran los objetivos iniciales cumplidos, al haber diseñado una propuesta de mejora realista y analizada analíticamente para satisfacer las necesidades y criterios establecidos como prioritarios por los usuarios. Como líneas futuras del estudio, se sugiere la realización de un estudio formal de adquisición de los elementos propuestos para materializar la actualización, y un análisis exhaustivo de la viabilidad económica de adaptar un número limitado



de TOA's hasta la llegada del nuevo VCR Dragón, momento en el que se desestimarían en favor de este nuevo equipo.





## 5 BIBLIOGRAFIA

- Administrator, 2022. M113AS4 APC light tracked armoured vehicle personnel carrier data | Australia Australian army light armoured vehicle UK | Australia Australian military equipment vehicle UK [WWW Document]. URL [https://www.armyrecognition.com/australia-australian-army-light-armoured-vehicle-uk/m113as4\\_apc\\_light\\_tracked\\_armored\\_vehicle\\_personnel\\_carrier\\_data.html](https://www.armyrecognition.com/australia-australian-army-light-armoured-vehicle-uk/m113as4_apc_light_tracked_armored_vehicle_personnel_carrier_data.html) (accessed 10.18.23).
- A. Vázquez, 2013. Herramienta de ayuda a la toma de decisión.
- Canadian Army, 2022. Tracked Light Armoured Vehicle (TLAV) [WWW Document]. URL <https://www.canada.ca/en/army/services/equipment/vehicles/vehicle-tlav.html> (accessed 10.21.23).
- Carlos Ruiz López, 2019. Apuntes de Métodos cuantitativos de ayuda a la decisión. s.l.
- Centro Universitario de la Defensa, 2022. TEMA 5: Gestión de riesgos.
- Centro Universitario de la Defensa, 2020. TEMA 3: Planificación de la Calidad.
- Danish Army, 2021. M113 G3 DK [WWW Document]. URL <https://www.armyvehicles.dk/m113g3dk.htm> (accessed 10.19.23).
- Dunstan, S., 1983. The m113 Series. Osprey Publishing, London.
- Ejército de Tierra, Mando de adiestramiento y Doctrina, 2005. MT6-022. Manual Operación Torreta TC-25/M242.
- FNSS, 2022. FNSS - ACV-15 ARMOURED COMBAT VEHICLE Variants.
- Francois Vauvillier, 2014. The Encyclopedia of French Tanks and Armoured Fighting Vehicles 1914-1940. Histoire & Collections.
- IISS (International Institute for Strategic Studies), 2020. The Military Balance 2020.
- Infodefensa, 2023. El VCR 8x8 Dragón del Ejército con la torre Guardian 2.0 de Escribano. Infodefensa - Not. Def. Ind. Segur. Armamento Ejércitos Tecnol. Def.
- Jose Maria Navarro, 2017. El Ejército de Tierra invierte 1,2 millones en modernizar sus TOA de zapadores.
- Jose María Navarro, 2017. El nuevo visor holográfico para las ametralladoras del Ejército de Tierra. Defensa.com.
- Jose Maria Navarro, 2016. Modernización del M113 45.
- Mando de adiestramiento y Doctrina, Ejército de Tierra, 2023. MT4. Estación de armas de accionamiento Remoto "Mini Samsom" - Manual de Operación.
- Mando de adiestramiento y doctrina, Ejército de Tierra, 2023. MI-022. Manual de Instrucción Ametralladora Pesada 12,70mm FN M2HB QCB.
- Ministerio de Defensa, 2017. El Ejército avanza en su plan de modernización de los Transporte Oruga Acorazado - Ejército de Terra.



Montes, G.L., 2018. Blindado Schneider-Brillié [WWW Document]. Tank Encycl. URL <https://tanks-encyclopedia.com/ww1-spain-blindado-schneider-brillie/> (accessed 10.13.23).

OSCE, 1990. Treaty on Conventional Armed Forces in Europe.

RG-31 Mk5E - Ejército de tierra [WWW Document], n.d. URL [https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/Armamento\\_pesado\\_veh\\_combate/RG31.html](https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/Armamento_pesado_veh_combate/RG31.html) (accessed 10.19.23).

Saaty, T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J. Serv. Sci.



## 6 ANEXOS

### ANEXO I: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TOA M-113

CARACTERISTICA	DATO	OBSERVACIONES
<b>Peso</b>	11000-8500 kg.	Neto :9500 kg. Orden de combate: 11000 kg. Peso para lanzamiento (sin herramientas y 20% combustible)
<b>Tripulación Total</b>	10+2	Pelotón de fusileros+ Conductor+ Radio tirador (Configuración de línea)
<b>Longitud Total</b>	4,9m	
<b>Altura total</b>	2,5m	
<b>Ancho total</b>	2,7m	
<b>Motor</b>	General Motors Corporation 6V-53T Detroit	Motor Diesel de 6 cilindros en V
<b>Potencia máxima</b>	218 cv.	Potencia entregada a 2800rpm
<b>Velocidad Máxima</b>	65 kph/5kph en vadeo	
<b>Autonomía</b>	450 kilómetros teóricos	Variable en función del uso
<b>Marcha en pendiente Frontal</b>	60%	No recomendable subir pendientes de más de 40%
<b>Pendiente Máxima superable Lateral</b>	30%	
<b>Altura máxima de superación de escalones</b>	1,6 metros	
<b>Estanqueidad</b>	Sí	No tiene estanqueidad completa, cuenta con bombas de achique
<b>Aerotransportable</b>	Sí	
<b>Aerolanzable</b>	Sí	En función del equipamiento y accesorios acoplados
<b>Blindaje</b>	Aleación aluminio, manganeso y magnesio	Grosor entre 18mm y 50mm, capaz de parar calibres hasta 7,62mm



## ANEXO II: ESCALA FUNDAMENTAL DE COMPARACIÓN DE SAATY

VALOR	DEFINICIÓN	OBSERVACIONES
1	Igual importancia	Criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia favorece ligeramente al criterio A sobre B
5	Importancia grande	La experiencia favorece fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el criterio B
9	Importancia extrema	El criterio B se encuentra irrelevante sobre el criterio A
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes. Utilizados cuando es necesario puntualizar entre las mencionadas previamente	

Tabla 16. Escala de comparación de Saaty. Fuente: Elaboración propia a partir de (Saaty, 2008)



## ANEXO III ENCUESTA PARTE 1:

# Mejora en el sistema de armas del TOA M-113

El propósito del estudio es identificar carencias y dar una propuesta de actualización del sistema de armas principal del TOA M-113 para poder alargar así su vida útil y aumentar su operatividad hasta la llegada de nuevos vehículos a las Unidades.

Como objetivo específico del cuestionario también se deberán los criterios y alternativas de actualización para su procesamiento mediante un análisis AHP (Analytical Hierarchy Process)

Ayúdanos a identificar sus insuficiencias y mejorar este vehículo. CADA EXPERIENCIA CUENTA.

Recalcar que el cuestionario es anónimo y los resultados se usarán únicamente en beneficio de nuestras unidades.

Se ruega responder con sinceridad para favorecer el análisis de los resultados.

GRACIAS POR SU TIEMPO.

\* Indica que la pregunta es obligatoria

## EL TOA M-113 ¿CUÁL ES SU FUTURO?



1. ¿Cuántos años de servicio militar tiene usted? \*

Por favor, introduzca el número de años de servicio.



2. ¿A qué especialidad fundamental del ejército de tierra pertenece? \*

Marca solo un óvalo.

- ☐ Infantería
- ☐ Ingenieros
- ☐ Transmisiones
- ☐ Caballería
- ☐ Artillería
- ☐ Otro: \_\_\_\_\_

3. ¿A qué escala pertenece? \*

Marca solo un óvalo.

- ☐ Tropa
- ☐ Suboficiales
- ☐ Oficiales

4. ¿Cree que sería interesante mantener un número determinado de TOA con un sistema de armas mejorado en las unidades hasta la incorporación completa del VCR Dragón 8x8? \*

Imagen: M113S4 actualizado por el ejército Danés



Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Siempre y cuando la cadena logística funcione correctamente



5. ¿Qué tipo de sistema de armas cree que sería el idóneo para actualizar el armamento principal del TOA ? \*

A continuación se mostrarán 3 alternativas en forma de imágenes con una breve descripción de capacidades.

Marca solo un óvalo.



☐ Plataforma por control remoto mini Samsom (Calibre 12,70/7,62/LAG-40/Spike\*)



☐ Torre Tripulada convencional (25/20mm/Posibilidad 7,62 coaxial)

☐ Otro: \_\_\_\_\_



☐ Implementar protección extra al tirador y mejorar elementos de visión (resistencia 7,62/visores ópticos)

6. ¿Cree que de implementar un nuevo sistema de armas, debería este ser compatible con algún vehículo ya en servicio o pendiente de entrar en servicio? \*

Marca solo un óvalo.

☐ Sí

☐ No

☐ Otro: \_\_\_\_\_





7. ¿Cree que con una nueva actualización del sistema de armas del TOA como las anteriores el vehículo cumpliría las necesidades operativas para ser desplegado en alguna operación en el exterior? \*

Imagen: TOA m-113 en Ucrania



Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Otro: \_\_\_\_\_

8. ¿Opina que la seguridad del tirador una característica importante a la hora de actualizar el sistema de armas ? \*

Puntúe del 1 al 5 en función de la importancia que considere (1 menos importante- 5 muy importante)

Marca solo un óvalo.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. ¿Opina que la variedad de armamento acoplable al sistema de armas es un aspecto importante a la hora de actualizar el sistema de armas ? \*

Puntúe del 1 al 5 en función de la importancia que considere (1 menos importante- 5 muy importante)

Marca solo un óvalo.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



10. ¿Opina que la precisión y el alcance del sistema de armas es un aspecto importante a la hora de realizar una actualización del sistema de armas? \*

Marca solo un óvalo.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. ¿Opina que el precio de actualización del sistema de armas es un aspecto importante a la hora de llevar a cabo dicha actualización? \*

Puntué del 1 al 5 en función de la importancia que considere (1 menos importante- 5 muy importante)

Marca solo un óvalo.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. ¿Considera que la actualización del sistema de armas principal es necesaria para mejorar las capacidades operativas del TOA M-113? \*

Marca solo un óvalo.

☐ Sí

☐ No

☐ Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Opina que la comparación con sistemas de armas de otros países puede proporcionar información valiosa para la actualización? \*

Imagen: TOA M-113 actualizado por la empresa FNSS para el ejército Turco.



Marca solo un óvalo.

☐ Sí

☐ No



## ANEXO IV ENCUESTA PARTE 2ª

## EVALUACIÓN DE CRITERIOS

1. **Coste del Sistema:** Este criterio evalúa el aspecto económico de los sistemas de armas. En la encuesta, los participantes valorarán el coste de adquisición y mantenimiento de cada sistema. El objetivo es determinar cuál de los sistemas ofrece un mejor equilibrio entre coste y rendimiento.
2. **Protección del Tirador:** La seguridad del tirador es crítica en el TOA M-113. Se analiza la capacidad de cada sistema para proteger al operador de amenazas. El objetivo es identificar cuál proporciona un nivel óptimo de seguridad para el tirador.
3. **Medios de Visión:** Este criterio se enfoca en la capacidad de observación y visión de los sistemas. Se debe evaluar la calidad y alcance de los medios de visión. El objetivo es determinar cuál sistema ofrece una mejor visibilidad en condiciones operativas diversas.
4. **Potencia de Fuego:** Los participantes en la encuesta considerarán la potencia de fuego de cada sistema, incluyendo la capacidad de ataque y letalidad. El objetivo es seleccionar el sistema con una potencia de fuego más adecuada para las misiones asignadas.

A continuación el encuestado deberá de elegir en función entre los criterios mencionados según la pregunta, además de indicar el nivel de importancia que su elección representa sobre su otra elección desechada. La tabla inferior explica cada uno de los valores, se recuerda que la respuesta es única.

## ESCALA DE SAATY

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

Tabla 1. Escala de valoración de Saaty

## 14. Punto 1) A.COSTE DE SISTEMA VS B.POTENCIA DE COMBATE \*

Marca solo un óvalo.

- ☐ Coste de sistema
- ☐ Potencia de combate

## 15. Punto 1) A.COSTE DE SISTEMA VS B.POTENCIA DE FUEGO. \*

Indica el valor escala de Saaty

---



16. **Punto 2)A.COSTE DE SISTEMA VS B.MEDIOS DE VISIÓN. \***

*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Coste de sistema
- ☐ Medios de visión

17. **Punto 2)A.COSTE DE SISTEMA VS B.MEDIOS DE VISIÓN. Indica el valor según escala de Saaty \***

\_\_\_\_\_

18. **Punto 3)A.COSTE DE SISTEMA VS B.PROTECCIÓN DEL TIRADOR. \***

*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Coste del sistema
- ☐ Protección del tirador

19. **Punto 3)A.COSTE DE SISTEMA VS B.PROTECCIÓN DEL TIRADOR. Indica el valor según escala de Saaty \***

\_\_\_\_\_

20. **Punto 4)A.PROTECCIÓN DEL TIRADOR VS B.MEDIOS DE VISIÓN \***

*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Protección del tirador
- ☐ Medios de visión

21. **Punto 4)A.PROTECCIÓN DEL TIRADOR VS B.MEDIOS DE VISIÓN. Indica el valor según escala de Saaty \***

\_\_\_\_\_

22. **Punto 5)A.PROTECCIÓN DEL TIRADOR VS B.POTENCIA DE FUEGO. \***

*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Protección del tirador
- ☐ Potencia de fuego



23. **Punto 5)A.PROTECCIÓN DEL TIRADOR VS B.POTENCIA DE FUEGO. Indica el valor según escala de Saaty** \*

\_\_\_\_\_

#### **EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS**

A continuación se presentarán las 3 de las alternativas abordadas en la parte inicial, habiéndolas analizado previamente y se deberán de elegir en función de los criterios previamente evaluados. Se ha de hacer uso de la escala de Saaty previamente adjuntada (1-3-5-7-9) para calificar cual es la óptima en cada caso.

24. **Punto 1.1 Coste del sistema** \*  
A.SISTEMA RWCS VS B.MEJORA DE SIST.ACTUAL

\_\_\_\_\_

25. **Punto 1.2 Coste del sistema** \*  
A.SISTEMA RWCS VS B.TORRETA TRIPULADA

\_\_\_\_\_

26. **Punto 1.3 Coste del sistema** \*  
A.MEJORA DE SIST.ACTUAL VS B.TORRETA TRIPULADA

\_\_\_\_\_

27. **Punto 2.1 Protección del tirador** \*  
A.SISTEMA RWCS VS B.MEJORA DE SIST.ACTUAL

\_\_\_\_\_

28. **Punto 2.2 Protección del tirador** \*  
A.SISTEMA RWCS VS B.TORRETA TRIPULADA

\_\_\_\_\_

29. **Punto 2.3 Protección del tirador** \*  
A.MEJORA DE SIST.ACTUAL VS B.TORRETA TRIPULADA

\_\_\_\_\_

30. **Punto 3.1 Medios de visión** \*  
A.SISTEMA RWCS VS B.MEJORA DE SIST.ACTUAL

\_\_\_\_\_



## ANEXO V: ENTREVISTA BRIGADA FRANCISCO TORRES MORENAS-PCMASA2

### **¿Cuál es su ocupación principal y cómo se relaciona con el ámbito de los sistemas de armas?**

Buenos días, soy el Brigada Francisco Torres Morenas, especialista en Armamento y Material, actualmente destinado en el PCMASA 2, en Segovia.

1. **En su opinión, ¿cuáles son las fortalezas y debilidades del sistema de armas principal actualmente utilizado en el TOA M-113 de línea convencional (Browning M2-LAG40-SPIKE)?** Las principales fortalezas que encontramos en el armamento montado sobre el TOA M-113, es que nos encontramos con un armamento fácil de colocar sobre el vehículo, fácil de utilizar y con una potencia de fuego adecuada para el vehículo donde se instala. Del mismo modo, la principal debilidad que encontramos es la poca protección de la que dispone el tirador en dicho vehículo.

2. **¿Cómo propone abordar las debilidades que mencionó en la pregunta anterior?** Una forma de solucionar la nula protección de la que dispone el tirador, se podrían colocar unas placas de blindaje en el puesto del tirador.

3. **Dado que se avecina la incorporación del VCR 8X8 y el Castor en las unidades, ¿cómo cree que esto podría afectar a una posible actualización del TOA?** Teniendo en cuenta que el VCR no viene para reemplazar a los TOA y el Castor es específico para Zapadores, creo que aún le queda mucha vida al TOA, sobre teniendo en cuenta la renovación que se le viene haciendo a todos los vehículos de esta familia que pasan por el PCMASA, dándoles una nueva vida.

4. **¿Qué medidas podría tomar el Ejército de Tierra para aprovechar la llegada de estas nuevas plataformas en relación con la actualización de las armas del TOA?** Si bien, como hemos dicho, el VCR ha sido concebido para sustituir al BMR, el CASTOR, si podría sustituir a TOA's destinados en unidades de Zapadores, y el Ejército de Tierra, podría, a través del PCMASA 2, reconvertir dichos TOA's en TOA's con otras finalidades y suplir unidades donde sean necesarios más vehículos.

5. **¿Considera factible y beneficioso adaptar sistemas de armas existentes en otros vehículos (VEC, BMR, RG-31...) para mejorar las capacidades del TOA?** Tanto el BMR, como el RG-31, llevan el mismo armamento que el TOA, una ametralladora Browning de 12'70, la única diferencia es que el tirador puede hacer uso de ella a cubierto del fuego enemigo, y sí, sería beneficioso que el TOA pudiera contar con una especie de puesto de tirador como en el caso del BMR en el que se encontrara a cubierto y tuviera una mayor protección, aunque seguiría existiendo el mismo problema que lleva arrastrando tanto el BMR, como el RG-31 desde su creación. En caso de interrupción o recarga, el tirador debe quedar expuesto para subsanar la interrupción.

6. **De los sistemas de armas actuales, ¿cuál cree que sería la alternativa más adecuada para satisfacer las necesidades de un Vehículo de Transporte de Personal como el TOA? ¿Por qué y cree que sería viable?** Creo que tanto el Pizarro como el VCR Dragón, son una muy buena opción de transporte de tropas, ya que, en todo momento, los ocupantes tienen una mayor protección, existe un más que evidente aumento en la potencia de fuego y



tanto el tirador como el jefe de vehículo se encuentran en todo momento protegidos.

7. **¿Está al tanto de las tendencias que están siguiendo otros países en cuanto a los vehículos de transporte de personal?** Si no me equivoco, todos están siguiendo la tendencia de sustituir, en el caso de transporte de tropas, sus vehículos de cadenas por vehículos con 8 ruedas, como estamos haciendo nosotros en el caso del BMR, por el VCR, aun así, siguen manteniendo parte de sus TOA M113 y dándoles un nuevo uso.

8. **Ordene de mayor a menor importancia las características que deben considerarse al actualizar el sistema de armas del TOA:**

- 1.- Seguridad del operador
- 5.- Precio del sistema
- 6.- Precisión del sistema
- 4.- Tipo de alimentación del sistema
- 2.- Compatibilidad con diferentes armamentos
- 3.- Compatibilidad con vehículos de las unidades
- 7.- Disponibilidad de sistemas de visión avanzados

9. **¿Cree que sería factible adquirir sistemas de armas empleados en el M-113 de otros países que tengan versiones actualizadas del mismo? (Australia, Canadá, Estados Unidos, Israel...)** Habría que tener muchas consideraciones en cuenta para eso. En Australia encontramos versiones del TOA en el que se le ha instalado una torre y el tirador finalmente va protegido. En Israel, existen muchas versiones de este vehículo, incluso tienen su versión con un cañón de 60 mm, otra con un cañón de 20 mm y un lanzador con 4 misiles. En Canadá, por ejemplo, tienen su versión antiaérea. Creo que cada país ha ido actualizando sus versiones con las características que necesitaban en ese momento, y al igual que nosotros ha ido adquiriendo vehículos que llegado el momento están destinados a reemplazar a los TOA, al igual que hemos hecho nosotros. Ahora bien, en cuanto a lo de adquirir las versiones que ya tienen esos otros países, creo que es innecesario cuando nosotros ya tenemos otros vehículos que pueden hacer esas funciones o no le vamos a sacar el provecho que si les pueden estar sacando dichos países.

10. **Para concluir, ¿considera viable mantener un número limitado de TOA actualizados en lugar de desechar los vehículos? ¿Por qué?** Como ya he dicho, a su paso por el PCMASA 2, los TOA's reciben una renovación completa y tienen una segunda vida en el Ejército, pero también es verdad, que, con la llegada de nuevos vehículos a las unidades y la falta de personal en las unidades, no es posible mantener en perfectas condiciones todos los vehículos del Ejército de Tierra y por tanto es conveniente, no ya reducir el número de vehículos en las unidades, pero sí ir sustituyendo los vehículos con más vida, por nuevas adquisiciones.





## ANEXO VI: MATRIZ DE RIESGOS

Análisis de riesgos - Implementación medios de visión y torreta							
Evaluación de riesgos							
ID	Descripción riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas
1	Riesgo de incompatibilidad	Diferencias en la estructura física de la torreta con respecto al vehículo provocado por variaciones entre las especificaciones y el producto final.	H	1	1H	Problemas técnicos, retrasos en la implementación y costos	Realizar pruebas exhaustivas de compatibilidad antes de la implementación y garantizar que los sistemas sean adaptables o modulares.
2	Coste elevado	Falta de consideración en los costes de adquisición y problemas de incompatibilidad.	M	1	1M	Ausencia de presupuestos de defensa destinados a unidades mecanizadas y retrasos en el proyecto de adquisiciones	Realizar una evaluación exhaustiva del presupuesto y asegurarse de que esté en línea con los presupuestos generales del programa de adquisición.
3	Dificultades en su intrucción	Falta de manuales e inversión en la formación de los usuarios de visor y/o torreta.	M	2	2M	Errores operativos, accidentes y bajo rendimiento del sistema debido a la falta de capacitación	Desarrollar manuales de capacitación, proporcionar formación adecuada y asegurarse de que los usuarios comprenden el funcionamiento combinado del sistema a través de ejercicios de instrucción y adiestramiento
4	Reducción de la movilidad	Aumento del peso debido por los nuevos blindajes que aporta la torreta	L	2	2L	Reducción de la movilidad, menor rendimiento en terrenos difíciles y mayor consumo de combustible.	Realizar pruebas de rendimiento para evaluar el impacto en la movilidad, buscar soluciones de diseño más ligeras si es posible.
5	Complejidad técnica	Debido a la sofisticación o sensibilidad de la tecnología integrada en el visor a adapta.	L	1	1L	Mayor probabilidad de fallos técnicos o mal funcionamiento	Proporcionar capacitación técnica adecuada, mantener sistemas regularmente y realizar pruebas rigurosas
6	Disponibilidad de repuestos	Falta de suministro de repuestos específicos para los visores avanzados o partes consumibles de la torreta	M	3	3M	Problemas de mantenimiento, grandes tiempos de inactividad por carecer de operatividad.	Garantizar un suministro constante de repuestos, considerar opciones de almacenamiento de repuestos.
7	Riesgo de fallos de equipamiento	Fallos técnicos aleatorios en el equipamiento.	L	2	2L	Inoperatividad del sistema	Llevar a cabo un mantenimiento preventivo y rutinario de los sistemas
8	Resistencia a las condiciones ambientales	Inadecuación de los visores a las condiciones climáticas o de humedad	L	1	1L	Limitaciones operativas dependiendo de los factores ambientales	Evaluar y seleccionar sistemas que sean adecuados para condiciones ambientales extremas.