



## Trabajo Fin de Grado

# ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN SOBRE PLATAFORMAS VAMTAC

Autor: Pablo Gili González

Director académico: Fernando López Pérez

Director militar: Álvaro Galache Moreno

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023

*“...mas los soñadores diurnos son peligrosos, porque viven su sueño con los ojos abiertos, para hacerlos posibles...*

*Esto, es lo que hice”*

T.E. Lawrence.



## Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al profesor Fernando López Pérez, Director Académico de esta memoria de Trabajo de Fin de Grado, cuya orientación y dedicación han sido fundamentales para la realización de este proyecto. Su guía y apoyo para sortear los desafíos académicos y brindar claridad a cada paso del desarrollo del presente informe han sido invaluables.

Asimismo, deseo extender mi total gratitud al Director Militar de este trabajo, el Capitán Álvaro Galache Moreno, jefe de la Primera Compañía del Tabor "Tetuán" nº 1, y a todos los miembros de "La Única" por su colaboración, aportes y disposición para compartir su experiencia sobre la materia desarrollada en este proyecto durante el periodo de prácticas. No olvido a los miembros de la Sección de Reconocimiento y del Escalón de Vehículos y Armamento del Grupo de Regulares 54, su participación activa, brindando información y recursos valiosos, ha enriquecido enormemente este estudio. El acceso al conocimiento especializado de todos ellos y las discusiones que mantuvimos han sido esenciales para comprender la aplicación de los conceptos teóricos en entornos reales en cuanto a las plataformas URO VAMTAC se refiere.

Sus contribuciones han dejado una huella significativa en este trabajo y en mi desarrollo académico y personal. Estoy sinceramente agradecido por su tiempo, esfuerzo y dedicación, elementos clave que han enriquecido esta experiencia académica y profesional. Su ayuda ha sido fundamental para el logro de este proyecto.



## RESUMEN

En el presente trabajo se va a proceder a la realización de un estudio para la implementación de sistemas de protección en plataformas URO VAMTAC ST5. Estos vehículos son altamente capaces y probados en numerosos teatros, tanto en el ámbito militar como en el de fuerzas de seguridad de numerosas naciones. Esta plataforma es altamente versátil, capaz de "moverse a altas velocidades con agilidad y seguridad en todo tipo de terrenos y zonas adversas" (UROVESA; 2023) garantizando un alto estándar de operatividad. Además, cuenta con una enorme variedad de aplicaciones gracias a su modularidad. Sin embargo, en unidades de Infantería ligera, la configuración más común que encontraremos es la torre artillada para el montaje de ametralladoras y lanzagranadas, siendo el URO VAMTAC ST5 BIVALENTE el modelo en cuestión.

Para llevar a cabo el proyecto se ha efectuado un trabajo de investigación en cuanto a las capacidades del VAMTAC, destacando sus capacidades técnicas. Estas especificaciones, unidas a las certificaciones STANAG 4569, que ratifican un nivel III de blindaje contra proyectiles cinéticos, soportando impactos de hasta calibres 7.62x51 de ametralladoras medias. También cuenta con un nivel 2A frente a explosivos, avalando que la plataforma es capaz de resistir la detonación de 6 kg de explosivo situados directamente bajo el vehículo, lo que ratifica la polivalencia y seguridad que aporta el URO VAMTAC ST5 a las unidades en los que están en dotación. Estas características prueban que estos vehículos superan a otros de su misma clase y en uso en otras naciones como son los HMMWV americanos, si bien se espera que sean superados en aspectos de potencia y seguridad por los modernos JLTV, también americanos, que aún se encuentran en fase de desarrollo.

Con esto en mente y tras un extenso estudio bibliográfico del estado del arte en cuanto a sistemas de protección se refiere, explorando las posibilidades que ofrecen los sistemas de protección pasivos, los sistemas de protección reactivos, y por último, los sistemas de protección activos. Entre ellos, destacan especialmente para los intereses de este trabajo los sistemas pasivos de material cerámico, los blindajes de rejilla y espaciados, y los sistemas de protección reactiva, a la luz de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas en el GREG 54 en Ceuta. Estas encuestas encaminadas a determinar qué amenazas para las unidades de infantería ligera ocurren con mayor frecuencia y cuáles representan un mayor riesgo, han indicado que, si bien de las amenazas planteadas destaca levemente sobre las demás aquellas representadas por ataques de fusilería y armamento ligero en cuestión de frecuencia, son las amenazas por ataque complejo, dispositivos IED y medios contra-carro, las que representan un mayor grado de peligro para este tipo de unidades.

Habiendo determinado estas amenazas, y mediante una matriz de decisión en la que se incorporan los sistemas de protección que tienen una capacidad de respuesta eficaz ante esas amenazas, determinamos cuáles son los más indicados para su implementación sobre plataformas URO VAMTAC ST5. Para ello se ha teniendo en consideración una segunda encuesta, relativa a que requerimientos son considerados prioritarios para las unidades a la hora de implementar sistemas de protección. Mediante el citado diagrama, se propone como medidas de protección a implementar: (i) un refuerzo del doble fondo en los bajos del vehículo como la opción recomendada para hacer frente a la amenaza IED; (ii) la instalación de placas de blindaje cerámico sobre la carrocería del VAMTAC constituye la propuesta más idónea para neutralizar las amenazas que representan los proyectiles cinéticos de calibre superior al 7.62x51, actualmente cubierto por el anteriormente mencionado STANAG 4569, y (iii) la implementación



de un blindaje de reja para hacer frente de forma eficaz a los medios contra-carro, especialmente a las representadas por municiones de tipo HEAT.

## PALABRAS CLAVE

VAMTAC, Sistemas de Protección, Amenazas, Blindaje, Infantería Ligera.



## ABSTRACT

In the present work a study will be carried out for the implementation of protection systems on URO VAMTAC ST5 platforms. These vehicles are highly capable and proven in numerous theaters, both in the military and security forces of many nations. This vehicle is highly versatile, capable of "moving at high speeds with agility and safety in all types of terrain and adverse areas" (UROVESA; 2023) guaranteeing a high standard of operability. In addition, it has a huge variety of applications thanks to its modularity. However, in light infantry units, the most common configuration to be found is the turret for mounting machine guns and grenade launchers, being the URO VAMTAC ST5 BIVALENTE the model in question.

In order to accomplish the project, a research work has been carried out regarding the capabilities of the VAMTAC, highlighting its technical capabilities. These specifications, coupled with the STANAG 4569 certifications, ratify a level III of armor against kinetic projectiles, withstanding impacts of up to 7.62x51 calibers from medium machine guns. It also provides a 2A protection level against explosives, guaranteeing that the platform is capable of resisting the detonation of 6 kg of explosives placed directly under the vehicle. This endorses the versatility and safety that the URO VAMTAC ST5 provides to the units in which it is issued. These characteristics prove that these vehicles surpass others of the same class and currently in use in other nations, such as the American HMMWV, although it is expected that they will be surpassed in terms of power and protection by the modern JLTV, also American made, which are still in the development phase.

With this in mind and after an extensive bibliographic study of the state of the art in terms of protection systems, exploring the possibilities offered by passive protection systems, reactive protection systems, and finally, active protection systems. Among them, ceramic material plates, slat and spaced armor, and reactive protection systems are particularly relevant for the interests of this work, in the light of the results obtained in the surveys carried out in GREG 54 in Ceuta. These surveys, aimed at determining which threats occur more frequently to light infantry units and which ones represent a greater risk, have indicated that, of the threats posed, those represented by rifle and light armament attacks stand out slightly above the others in terms of frequency. On the other hand, the threats posed by complex attacks, IED devices and counter-tank means represent the greatest degree of danger to this type of units.

Having determined these threats, the degree of relevance regarding which requirements are considered a priority for the units when implementing protection systems, were received in a second survey, by means of a decision matrix that incorporates those requirements, and as previously mentioned, the protection systems that have an effective response capacity to these threats, we determined which ones are the most suitable for implementation on URO VAMTAC ST5 platforms: (i) a double bottom reinforcement on the underbody of the vehicle the recommended option to face the IED threat; (ii) the installation of ceramic armor plates on the body of the VAMTAC the most suitable proposal to neutralize the threats posed by kinetic projectiles of caliber greater than 7.62x51, currently covered by the aforementioned STANAG 4569, and (iii) the implementation of a grid armor to effectively deal with counter-tank means, especially those represented by HEAT type munitions.

## KEYWORDS

VAMTAC, Protection Systems, Threats, Armor, Light Infantry



# INDICE DE CONTENIDO

<b>Agradecimientos.....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>2</b>
<b>PALABRAS CLAVE.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>4</b>
<b>KEYWORDS .....</b>	<b>4</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>5</b>
<b>INDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>7</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1    OBJETIVOS Y ALCANCE.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2    METODOLOGÍA.....</b>	<b>13</b>
<b>3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1    EL URO VAMTAC.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2    SISTEMAS DE PROTECCIÓN .....</b>	<b>18</b>
I.    Sistemas de protección pasivos.....	18
II.    Blindaje reactivo .....	22
III.    Blindaje activo .....	24
<b>4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1    El VAMTAC y sus capacidades .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2    El VAMTAC, el HMMWV y el JLTV .....</b>	<b>28</b>



<b>4.3</b>	<b>Identificación de las amenazas .....</b>	<b>30</b>
I.	Amenazas más probables.....	30
II.	Amenazas más peligrosas .....	32
<b>4.4</b>	<b>Análisis de las amenazas detectadas.....</b>	<b>33</b>
<b>4.5</b>	<b>Requerimientos para los sistemas de protección .....</b>	<b>34</b>
<b>5. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN .....</b>		<b>36</b>
<b>5.1</b>	<b>Amenazas IED. ....</b>	<b>37</b>
<b>5.2</b>	<b>Amenazas por armamento pesado. ....</b>	<b>37</b>
<b>5.3</b>	<b>Amenazas contra-carro .....</b>	<b>38</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>		<b>41</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>44</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>46</b>



## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Afuste bivalente con AMP Browning 12.70. Fuente: El autor.	12
Ilustración 2: Dimensiones del URO VAMTAC ST5 BN1 Bivalente según manual de primer escalón. Fuente: MADOC, 2017.	15
Ilustración 3: Sistema de suspensión del URO VAMTAC ST5. Fuente: GREG 54	16
Ilustración 4: Prueba de resistencia frente a mina contra-carro. Fuente: UROVESA (2021)	17
Ilustración 5: Funcionamiento de los blindajes cerámicos. Fuente: World of Armor (2016)	20
Ilustración 6: funcionamiento de un proyectil HEAT. Fuente: World of Armor (2016).	21
Ilustración 7: Panther alemán de la segunda guerra mundial con un temprano diseño de blindaje de reja cubriendo el lateral del carro. Fuente: World War Photos	22
Ilustración 8: Funcionamiento del blindaje reactivo frente a proyectiles HEAT. Fuente: Dino Passalacqua Masafierro, 2015.	22
Ilustración 9: T-72 ruso con placas de blindaje reactivo ERA. Fuente: El Confidencial.	23
Ilustración 10: Funcionamiento de los sistemas APS. Fuente: el autor.	25
Ilustración 11: Sectores Run Flat equipados en el interior de los neumáticos. Fuente: MADOC (2019).	26
Ilustración 12: Panel blindado del interior del maletero de un VAMTAC ST5. Fuente: El autor.	27
Ilustración 13: VAMTACs ST5 con sistema de inhibición de frecuencia. Fuente: El autor.	28
Ilustración 14: RG31 con blindaje de reja. Fuente: Department of Defense, U.S. Government (2012).	39
Ilustración 15: URO VAMTAC ST5 equipada con ametralladora pesada Browning 12.70 durante jornadas de instrucción. Fuente: El autor.	43



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Amenazas identificadas por la acción del enemigo en función de su frecuencia. Fuente: El autor.....	31
Tabla 2: Amenazas identificadas por la acción del enemigo en función de su peligrosidad. Fuente: El autor.....	33
Tabla 3: Diagrama de Ishikawa para definir Sistemas de Protección a implementar. Fuente: El autor. ....	34
Tabla 4: Requerimientos ante la implementación de sistemas de protección. Fuente: El autor.35	
Tabla 5: Matriz de decisión para implementar sistemas de protección. Fuente: El autor. ....	36



# ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

## ABREVIATURAS

- CV: Caballos de potencia.
- FAS: Fuerzas Armadas.

## ACRONIMOS

- FCSE: Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado.
- GREG 54: Grupo de Regulares 54.
- Humvee: ver HMMWV (siglas).
- INTA: Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.
- MADOC: Mando de Adiestramiento y Doctrina.
- MINISDEF: Ministerio de Defensa.
- VAMTAC: Vehiculo de Alta Movilidad Táctica.
- STANAG: Standardization Agreement (Acuerdo de Normalización).

## SIGLAS

- APS: Active Protection Systems.
- BMR: Blindado Medio sobre Ruedas.
- CLOS: Command Line Of Sight (sistema de guiado de misiles por hilo).
- E.T.: Ejército de Tierra.
- EE. UU.: Estados Unidos (de América).
- ERA: Explosive Reactive Armor (Blindaje Reactivo Explosivo).
- HMMWV: High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle.
- IED: Improvised Explosive Device (Dispositivo Explosivo Improvisado).
- JLTV: Joint Light Tactical Vehicle.
- LAG 40: Lanzador Automático de Granadas de 40mm.
- MMA: Masa Máxima Autorizada.



- MRAP: Mine Resistant Ambush Protected (Resistente a Minas y Emboscadas).
- NATO: North Atlantic Treaty Organization.
- NERA: Non Explosive Reactive Armor (Blindaje Reactivo No Explosivo).
- NOP: Norma Operativa Particular.
- NSA: NATO Standardization Agency (Agencia de Estabilización de la OTAN).
- OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte.
- RHA: Rolled Homogeneous Armour (Blindaje Homogéneo Laminado).
- U.S.: United States (of America).
- USAASC: United States Army Acquisition Support Center (Centro de Apoyo a las Adquisiciones del U.S. Army)
- ZO: Zona de Operaciones.



## 1. INTRODUCCIÓN

Las unidades modernas de Infantería ligera, actualmente, no se conciben como unidades exclusivamente a pie, si no que están dotadas de medios para facilitar su movimiento y rapidez de despliegue, elemento fundamental en las maniobras de Infantería debido a la escasa autoprotección que, por sus características y cometidos, este tipo de unidades poseen.

Estos medios se traducen principalmente en vehículos de protección ligera con capacidad tanto de transportar tropas como de proporcionar protección y apoyo por el fuego a las tropas una vez desembarcadas, siendo el Vehículo de Alta Movilidad Táctico (VAMTAC), de la casa UROVESA, el sujeto de estudio de este proyecto.

Los vehículos URO VAMTAC son vehículos altamente capaces y probados en numerosos teatros, tanto en el ámbito militar como en el de fuerzas de seguridad de numerosas naciones, entre las que destacan Arabia Saudí, Marruecos, Portugal, Brasil y por supuesto, España.

La plataforma VAMTAC se encuentra en dotación en numerosas unidades de Infantería del Ejército de Tierra, siendo el modelo más moderno empleado el URO VAMTAC ST5, fruto de la modernización en base a anteriores modelos (actualmente también en uso) por parte de la empresa gallega, diseñadora y proveedora de esta plataforma táctica.

Esta plataforma es altamente versátil, capaz de *"moverse a altas velocidades con agilidad y seguridad en todo tipo de terrenos y zonas adversas"* (UROVESA, 2023) garantizando un alto estándar de operatividad. Además, cuenta con una enorme variedad de aplicaciones gracias a su modularidad, pudiendo emplear distintos tipos de barcaza sobre el mismo chasis y cabina y así configurar el vehículo para efectuar distintos cometidos, entre los que destacan el transporte de tropas y material, transporte de heridos en ambulancia, montaje de gran variedad de armamento en torre artillada, rescate, o reconocimiento y vigilancia, entre otros.

Sin embargo, en unidades de Infantería ligera, la aplicación más común que encontraremos es la torre artillada para el montaje de ametralladoras y lanzagranadas, siendo el URO VAMTAC ST5 BIVALENTES el modelo en cuestión. El término Bivalente hace referencia al afuste sobre el que se acopla el armamento, capaz de montar indistintamente la ametralladora pesada Browning M-2 en calibre 12.70 mm, como el Lanzador Automático de Granadas de 40 mm (LAG 40) con mínimos ajustes en la configuración de los pasadores y pernos que anclan dichos sistemas de armas al afuste. (UROVESA, 2023); (MADOC, 2015); (MADOC, 2017) y (MINISDEF, Dpto. Comunicaciones E.T., 2021).

En esta memoria de Trabajo de Fin de Grado, se va a trabajar en base a este modelo URO VAMTAC ST5, analizando sus capacidades técnicas y el nivel de protección que aporta al personal embarcado durante el cumplimiento de sus cometidos, evaluando si los sistemas de protección que monta son adecuados para neutralizar las amenazas a las que las unidades en los que estos vehículos se encuentran en dotación se enfrentan en Zona de Operaciones, y proponiendo nuevos sistemas de protección a implementar en la plataforma VAMTAC en caso de identificar carencias en los sistemas de protección actuales, para mejorar el nivel de protección que proporciona este vehículo a las unidades.

Para llevar a cabo este cometido, se realizará un estudio de las capacidades del URO VAMTAC en cuanto a sus sistemas de protección, en base a las especificaciones STANAG, comunes en las Fuerzas Armadas de los países miembros de la OTAN. Se determinará qué tipo de amenazas encuentran las unidades de infantería ligera en base a VAMTAC durante el cumplimiento de sus cometidos, identificando cuales son más frecuentes y cuales representan un mayor peligro. Con las amenazas y las capacidades del URO VAMTAC ST5 contrastadas, y mediante un estudio del



estado del arte en materia de sistemas de protección, se determinará que sistemas sería recomendable implementar sobre estas plataformas para adecuarlas a las amenazas presentadas, en caso de que el nivel de protección actual sea insuficiente para combatirlas de forma eficaz.



*Ilustración 1: Afuste bivalente con AMP Browning 12.70. Fuente: El autor.*



## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general de este trabajo es analizar qué sistemas de protección resultarían apropiados implementar sobre las plataformas VAMTAC en función de las amenazas detectadas a las que una unidad de línea de infantería ligera se pueda ver enfrentada en Zona de Operaciones (ZO). Para ello es preciso conocer cuáles son dichas amenazas y categorizarlas según su probabilidad de que efectivamente ocurran y por el grado de peligro que estas suponen para la unidad que se ve afectada por las mismas. Analizadas las amenazas, surge la necesidad de realizar un estudio sobre los tipos de sistemas de protección que existen como respuesta a las amenazas identificadas, comparar entre las diversas posibilidades cual se aproxima más a los requisitos, normas operativas (NOPs) y nivel de instrucción de la unidad, para finalmente determinar qué sistema, o sistemas, sería recomendable implementar en estas unidades para su instalación sobre plataformas VAMTAC.

Los objetivos específicos son:

- Analizar el estado del arte de los sistemas de protección en el ámbito militar.
- Comparar los sistemas y capacidades de los medios propios con medios similares de ejércitos aliados, en concreto, de Estados Unidos.
- Identificar las amenazas a las que las que puedan enfrentarse unidades de Infantería Ligera sobre VAMTAC.
- Clasificar dichas amenazas según su grado de peligro y probabilidad de que ocurran.
- Identificar los requerimientos de los miembros de la unidad en cuanto a sistemas de protección se refiere.
- Contrastar los sistemas de protección analizados con las amenazas identificadas.
- Identificar qué sistemas se adecúan más a las necesidades y requerimientos expresados por la unidad.

El alcance de este proyecto busca implementar nuevos sistemas de protección en la plataforma VAMTAC, en concreto, frente a las posibles amenazas que vienen derivadas de las acciones y ataques enemigos. Este proyecto no obstante se plantea en un contexto teórico, no teniendo en cuenta aspectos económicos y mecánicos en cuanto a la adquisición, instalación y montaje de estos sistemas de protección en el vehículo, así como otros aspectos que, aun relacionados con el concepto de sistema de protección, no queden cubiertos por el criterio de amenazas mencionado.

### 2.2 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo los objetivos fijados en el presente proyecto, se ha recurrido a:

- La realización de un esfuerzo de investigación sobre la materia. No solo en lo relativo a sistemas de protección, sino también a la plataforma sobre la que se pretenden implementar, además de vehículos similares en dotación en el ejército de Estados Unidos, tanto mediante



el empleo de fuentes abiertas, como el uso de documentación interna de las Fuerzas Armadas en formato de manuales.

Este trabajo de investigación se irá referenciando a lo largo del desarrollo del proyecto, y del mismo modo quedará reflejado de forma bibliográfica al final del mismo.

- Una encuesta para determinar las amenazas más probables y más peligrosas a las que una unidad de infantería ligera en base a plataformas VAMTAC se encuentra en ZO.
- Una encuesta para determinar los requerimientos que estas unidades esperan de los sistemas de protección que se implementan en los vehículos sobre los que embarcan.

Estas encuestas se distribuyeron entre el personal de la Primera Compañía, "La Única" del Tabor "Tetuán" nº1 del Grupo de Regulares 54, ubicado en Ceuta. En ambas se ha contado con la participación del Capitán de la Compañía, así como con la de los cuadros de mando y personal de suboficiales y tropa de las dos secciones de fusiles y de la sección de armas de apoyo que componen la Compañía. También se obtuvo cierto grado de participación por parte de los cuadros de mando del resto de Compañías que componen el Tabor "Tetuán", especialmente en la primera encuesta encaminada a la identificación de las amenazas.

- Entrevistas a expertos en la materia destinados en el GREG 54, en especial a los miembros del escalón de mantenimiento de vehículos y de la Sección de Reconocimiento, aportando sus valoraciones y puntos de vista acerca de los objetivos que se persiguen en este proyecto, tanto en lo referente a las amenazas, sistemas de protección y sus consideraciones respecto al propio vehículo sujeto a estudio.

Todo lo referente a estas entrevistas queda de esta forma referenciada a lo largo del desarrollo del trabajo.

- Se ha procedido a la realización de un diagrama de Ishikawa o de espina de pez, para relacionar de forma más visual las amenazas detectadas con los sistemas de protección propuestos como solución frente a las mismas. Estos sistemas resultarían adecuados a las amenazas y han sido identificados durante el estudio del estado del arte.
- Finalmente, mediante una matriz de decisión se ha establecido qué sistemas de protección de entre los propuestos serían recomendables implementar sobre las plataformas VAMTAC.



### 3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

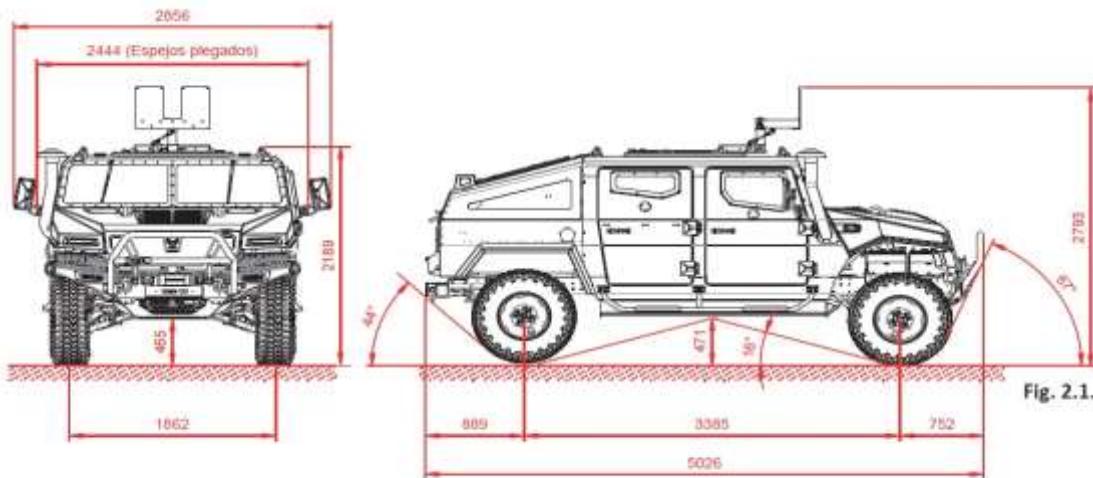
Habiendo determinado los objetivos y la metodología a emplear el primer paso es realizar un estudio sobre el estado del arte actual de las materias a analizar en este trabajo.

El Ejército de Tierra tiene en dotación una gran variedad de medios, plataformas y vehículos para acomodar las necesidades tácticas de las unidades de la fuerza en el cumplimiento de sus cometidos dentro de la misma. Así, una unidad de Infantería mecanizada, por sus características, cometidos y finalidad táctica y rol que toma en un contexto de operaciones, cuenta en dotación con los medios adecuados al cumplimiento efectivo de su misión, consistiendo estos medios principalmente en carros de combate como los Leopard 2E. En cambio, las unidades de infantería ligera, cuentan con vehículos que por sus características se adecúan más a las capacidades de proyección, adherencia y ocupación del terreno que tanto les caracteriza. Estas plataformas son muy variadas en su diseño y capacidades, pero todas tienen en común un blindaje "ligero" para garantizar una alta capacidad de movilidad del vehículo, y medios para efectuar fuego desde el vehículo a los objetivos y amenazas pertinentes.

Estos vehículos tienen como objetivo principal aportar un alto grado de movilidad a las unidades de infantería ligera, transportando a sus efectivos dentro de la ZO aportándoles un grado de protección frente a ataques enemigos que de otra forma una unidad de estas características no dispondría. En este proyecto estudiaremos con más detalle las plataformas VAMTAC.

#### 3.1 EL URO VAMTAC.

Los Vehículos de Alta Movilidad Táctica, son vehículos modulares con un alto grado de versatilidad y capacidades además de un rango muy amplio de aplicaciones (UROVESA, 2023) tanto en el ámbito de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, como en el empleo por parte de las Fuerzas Armadas (en adelante FAS).



*Ilustración 2: Dimensiones del URO VAMTAC ST5 BN1 Bivalente según manual de primer escalón. Fuente: MADOC, 2017.*

De la mano de la firma gallega UROVESA, el diseño del VAMTAC se remonta al año 1999, cuando la empresa norteña comenzó a experimentar con la implementación de blindajes sobre vehículos de ámbito táctico debido a las necesidades del Ejército español motivadas por el contexto de la época. Estos vehículos estaban equipados con un blindaje básico principalmente orientado a resistir impactos balísticos, adaptándose a los conflictos vigentes en ese período.



Sin embargo, con la presencia de las fuerzas militares en nuevos escenarios y zonas de operaciones con amenazas más sofisticadas, surgió una creciente necesidad de vehículos con blindajes más avanzados, especialmente en términos de protección contra minas y dispositivos explosivos improvisados (IED).

En respuesta a estas nuevas amenazas y tendencias, en 2007, UROVESA inició el desarrollo de una versión mejorada del VAMTAC, con una mayor capacidad de carga y una cabina con un blindaje integral. Este diseño seguía el concepto de "célula de supervivencia," cumpliendo con los estándares más rigurosos estipulados en la norma OTAN STANAG 4569. El objetivo era lograr una mayor protección balística, que abarcara desde calibres más potentes hasta la cobertura de la triple amenaza que planteaban las minas antipersona, anticarro e IED. En las evaluaciones iniciales del fabricante, se consideró que muchos de los vehículos robustos contra minas y emboscadas, como los del tipo MRAP (Vehículos Resistentes a Minas y Emboscadas), disponibles en el mercado, habían sacrificado su movilidad en busca de una protección más elevada. Esto resultó en la pérdida de su capacidad de desplazarse en terrenos variados y problemas de estabilidad significativos, como es el caso de las plataformas BMR (Blindado Medio sobre Ruedas), incluso en condiciones de conducción normal por carretera.

Sin embargo, la consideración por parte de UROVESA de que la movilidad en sí misma representaba un componente adicional en la protección de las tropas, ya que permitía desplazarse a una mayor velocidad por terrenos complicados y seguir rutas alternativas, que en muchos casos podían resultar más seguras (José María Navarro, 2021). Por lo tanto, en las etapas de diseño y desarrollo, se planteó el desafío de lograr los niveles de protección necesarios sin comprometer la movilidad original del VAMTAC. De esta manera, se postula la combinación de protección y movilidad como elemento crucial para la supervivencia en diversas ZO, y que esta combinación distinguiría al vehículo blindado de la firma gallega de otros disponibles en el mercado.

Para lograr este objetivo, UROVESA apostó por mantener dos de las características principales ya exploradas en el diseño original: La suspensión independiente, desmarcándose de las suspensiones de tipo pótico o las de eje rígido, además de mantener un centro de gravedad muy bajo, resultando la combinación de estos elementos la clave para garantizar un óptimo balance de masas del vehículo y así mantener la movilidad y estabilidad que avalan las plataformas VAMTAC en los entornos operativos.



Ilustración 3: Sistema de suspensión del URO VAMTAC ST5. Fuente: GREG 54



En su esfuerzo de investigación y desarrollo del proyecto VAMTAC, en busca de obtención de resultados realistas, se han llevado a cabo pruebas destructivas utilizando vehículos completos y operativos por parte del fabricante, en contraste con estrategias que utilizan piezas de carrocería y fabricaciones parciales, lo que conlleva cierto grado de simulación en las pruebas, obteniendo resultados que pueden generar expectativas que se desvén de la realidad. Se realizaron, además, pruebas en colaboración con el laboratorio TNO (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research) en los Países Bajos, un organismo acreditado de referencia en Europa. También se llevaron a cabo pruebas en España en las instalaciones de la Subdirección General de Sistemas Terrestres del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), utilizando la plaza balística del Departamento de Sistemas de Armas y Balística, centrándose en la certificación de resistencia a minas antitanque para las diversas variantes del VAMTAC, incluyendo las de carrocería monovolumen de un solo habitáculo y el módulo trasero independiente y extraíble, así como las versiones porta armas, frente a amenazas IED. Los ensayos se llevaron a cabo siguiendo las directrices establecidas en el documento técnico AEP55 Vol.2 de la OTAN, que regula las pruebas de protección contra minas y granadas. Este documento, publicado por la Agencia de Estandarización de la OTAN o NSA (NATO Standardization Agency) en 2011, establece los procedimientos para evaluar el nivel de protección contra las amenazas mencionadas.



Ilustración 4: Prueba de resistencia frente a mina contra-carro. Fuente: UROVESA (2021)

Esa labor de I+D ha alcanzado su máximo exponente hasta la fecha en el URO VAMTAC ST5, modelo que incorpora grandes avances tecnológicos además de un mayor blindaje y es el vehículo que se estudiará como base para el presente proyecto de investigación, concretamente en su modalidad bivalente, ya que esta configuración es la de mayor presencia en las unidades de infantería, tanto para los modelos ST5, como en modelos anteriores.

El VAMTAC ST5 es un vehículo táctico diseñado, por citar al fabricante, para "superar cualquier obstáculo" capaz de moverse a altas velocidades por una gran variedad de terrenos y capaz de un funcionamiento de altas prestaciones incluso en condiciones adversas, muy habituales en escenarios de carácter militar.

En cuanto a sus prestaciones, este vehículo monta de fábrica un motor diésel turbointercooler de 6 cilindros en línea con inyección directa que aporta una potencia de 218 CV refrigerado por agua. Transmisión Allison TC-210 automática de 6 velocidades adelante más una velocidad marcha atrás. Tracción 4x4 permanente, 100% bloqueable y una masa máxima autorizada



(MMA) de 9.500 kg y hasta 11.000 kg empleando remolque. Capaz de superar pendientes de hasta el 70% y un desnivel lateral del 50%, además de una capacidad de vadeo de 850 mm sin preparación. Con una autonomía de 600 km, alcanza su velocidad máxima a los 118 km/h en carretera, con un consumo de 26 litros cada 100 km manteniendo una velocidad media de 80 km/h y un depósito de 124 litros. (José María Navarro, 2021); (MADOC 2017); (MINISDEF, Dpto. Comunicaciones E.T. 2021) y (UROVESA, 2023).

## 3.2 SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Analizadas las capacidades del URO VAMTAC ST5, pasemos a estudiar los tipos de sistemas de protección que actualmente podemos encontrar:

En operaciones militares, la seguridad del personal es una prioridad. La protección de la tripulación en unidades embarcadas dentro de un vehículo es esencial, pero tradicionalmente, aumentar la protección del personal del vehículo requería agregar más capas de blindaje al mismo, lo que aumentaba el peso del vehículo y afectaba a su movilidad. En respuesta, surge la necesidad de invertir en investigación de otro tipo de materiales (Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación, 2020) como aleaciones, cerámicas y compuestos, reduciendo el peso de los blindajes sin comprometer la protección balística. A pesar de estas mejoras, estos sistemas de protección no son invulnerables a todas las amenazas, por lo que se han desarrollado tecnologías complementarias como blindajes reactivos y sistemas de protección activa para proporcionar defensa adicional a la protección pasiva. Estos avances buscan equilibrar la seguridad de la tripulación con la movilidad de los vehículos.

En el mercado actual existen un gran número de sistemas de protección con la finalidad de aportar seguridad al personal militar durante el cumplimiento de sus cometidos. Estos sistemas de protección son muy variados en su diseño, capacidades y funciones específicas, por lo tanto es necesario adecuar estos sistemas a las amenazas a las que se pretende hacer frente, desde protecciones anti-fragmentos pensados para reducir las lesiones por metralla o rebotes, hasta sistemas encaminados a la protección del personal frente a medios contra-carro como cohetes y misiles.

### I. Sistemas de protección pasivos.

Este tipo de protección se define como la barrera física formada por un material definido, cuyo objetivo es evitar la penetración y efectos del impacto de un proyectil o esquivarlos del mismo tanto de una amenaza adversaria o fraterna.

Cabe destacar que este tipo de protecciones dentro de los sistemas de protección pasivos es preciso clasificarlos según los materiales empleados:

#### I.1- Blindajes metálicos.

Los blindajes metálicos se dividen en tres categorías principales: acero, aluminio y titanio. Estos materiales, tras recibir tratamientos térmicos y procesos técnicos adecuados, se utilizan como materiales de protección contra amenazas específicas. Sin embargo, el avance constante en tecnología militar ha llevado a aumentar el grosor de los blindajes en vehículos de combate, lo que disminuye la movilidad y el espacio disponible. Como resultado, se ha desarrollado una



tendencia hacia el uso de materiales compuestos, que combinan metales, cerámica y espacios vacíos, junto con sistemas de protección activa y reactiva en combinación con el blindaje pasivo.

Los blindajes metálicos se fabrican a través de laminación, forja o fundición. La elección del método depende del tipo de pieza requerida, como láminas planas o piezas con formas especiales. La efectividad del blindaje no solo está relacionada con el material utilizado, sino también con el ángulo de impacto del proyectil. (Dino Passalacqua Masafierro, 2015)

Los blindajes de acero, conocidos como RHA (Rolled Homogeneous Armour), han sido fundamentales en la historia de los blindajes. Durante la Segunda Guerra Mundial, se hicieron ajustes en la composición del acero para optimizar su rendimiento, y se establecieron normas de clasificación que incluyen tres clases: clase 1 para resistencia a la penetración; clase 2 para resistencia a las ondas de choque y clase 3 para pruebas. El RHA se ha convertido en el material de referencia para comparar nuevas mejoras en blindajes y para evaluar municiones perforantes.

El aluminio se utiliza en blindajes donde se requiere un bajo peso, como en aeronaves y vehículos ligeros de combate y transporte. Se han desarrollado aleaciones de aluminio que mejoran sus propiedades mecánicas, incluyendo la soldabilidad y la resistencia a la corrosión.

Una alternativa interesante al aluminio es el titanio, que tiene una densidad menor a la del acero<sup>1</sup> y ofrece una resistencia muy similar a la del RHA. Sin embargo, el titanio es mucho más caro que el aluminio, que a su vez es el doble de caro que el RHA. A pesar de la complejidad en su fabricación y tratamiento, el titanio es ampliamente utilizado en aeronaves, vehículos y sistemas de armas debido a sus excelentes propiedades de resistencia a la corrosión y su capacidad para formar láminas de protección cuando se combina con materiales adecuados (Paul Lakowski, 2014). Como vemos, el peso juega un papel fundamental en la selección del blindaje, ya que el equilibrio entre protección y movilidad es crucial para la efectividad de los vehículos blindados, debiendo existir una buena relación potencia-peso en la plataforma sobre la que se implementan para garantizar la operatividad máxima del vehículo.

## I.2 Blindajes flexibles y laminados de aramida

La fibra de aramida se emplea en aplicaciones de protección en dos formas: como paquetes flexibles conformados por múltiples capas de tela o como laminados rígidos integrados en una matriz de resina. Los paquetes flexibles de tela resultan más eficaces en la detención de proyectiles, particularmente los de núcleo blando, en comparación con los laminados rígidos. Estas fibras se producen a través de un proceso de extrusión e hilado. La fibra obtenida se enrolla en un dispositivo adecuado y se somete a un proceso de estirado y trefilado para aumentar su resistencia y rigidez. Las fibras no son susceptibles de teñido y se deterioran cuando están expuestas a la radiación ultravioleta. Un inconveniente significativo es que la resistencia mecánica, y en consecuencia, la resistencia balística, disminuyen con la humedad. Se ha observado que un aumento del 40% en la humedad puede reducir la resistencia balística frente a proyectiles como los de 5.56 mm con punta ojival. Se cree que el agua actúa como un lubricante que facilita el paso del proyectil entre los hilos y los tejidos de la fibra. La mayoría de estos

<sup>1</sup> El titanio es un metal con una densidad de 4,5 g/cm<sup>3</sup>, un 45% menor que la del acero (7,8 g/cm<sup>3</sup>)



problemas se resuelven al encapsular la fibra en una matriz de resina que la protege de la luz, la humedad y los agentes químicos. (Dino Passalacqua Masafierro, 2015).

### I.3 Blindajes compuestos con materiales cerámicos

En 1978, se publicaron los primeros estudios sobre blindajes cerámicos<sup>2</sup>. Las cerámicas se han demostrado altamente efectivas como componentes primarios en blindajes compuestos ligeros.

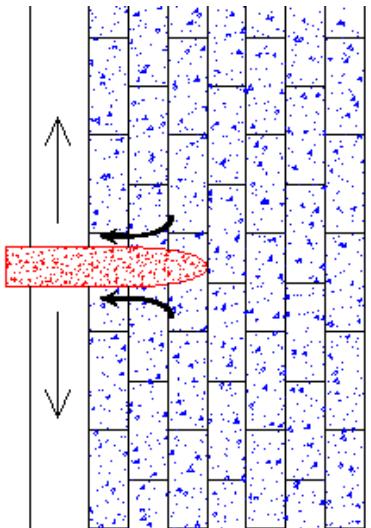


Ilustración 5: Funcionamiento de los blindajes cerámicos. Fuente: World of Armor (2016)

Reducen significativamente la capacidad de penetración de proyectiles de núcleo duro a velocidades normales de impacto, lo que permite que los componentes de blindaje subsiguientes detengan el proyectil con grosor mucho menor en comparación con situaciones donde no se utiliza cerámica. En el área impactada, el material cerámico se fractura en una disposición cónica que se extiende hacia la interfaz entre la cerámica y la placa principal del blindaje. Delante del proyectil, por tanto, se forma una zona cónica de material pulverizado dando como resultado de la interacción entre ese material y el proyectil un proceso de erosión de este. A pesar de que la energía requerida para fracturar la placa cerámica es una fracción pequeña de la energía total del impacto, el

desarrollo de una zona de material fracturado delante del proyectil parece ser de gran importancia en su detención. (Paul J. Hazell, 2022)

A pesar de sus buenas características de resistencia al impacto, las cerámicas son frágiles y difíciles de mecanizar, lo que exige su uso en combinación con un soporte metálico al que deben estar fuertemente unidas para que el mecanismo de erosión funcione. Por otro lado, su relativa ligereza supone un sólido punto a favor para este tipo de blindajes, no restringiendo en demasía la maniobrabilidad y capacidades del vehículo en el que se implementan.

### I.4 Blindajes transparentes

En términos de propiedades protectoras, los elementos de plástico tienden a absorber más energía que el vidrio, y los fragmentos de vidrio generados en un impacto pueden ser peligrosos. Por esta razón, en los laminados transparentes de vidrio, las láminas de vidrio son el primer elemento que enfrenta el proyectil o fragmento, y la lámina de plástico se coloca detrás del vidrio, no al revés. En el mercado, se pueden encontrar laminados de vidrio-policarbonato con diversas densidades superficiales, que van desde 2.4 kg/m<sup>2</sup> hasta 68.4 kg/m<sup>2</sup>, utilizados como protección contra armas ligeras de hasta 7.62 mm.

Los blindajes pasivos, sin embargo no solo consisten en añadir capas de blindaje (indistintamente

<sup>2</sup> El término "cerámico" se refiere a materiales inorgánicos no metálicos que son frágiles, duros, rígidos y tienen una resistencia a la compresión significativamente mayor que a la tracción.



de los materiales) al vehículo, si no que pueden presentar distintos tipos de diseños para, en combinación con las capas de blindaje propias del vehículo, maximizar la protección de la tripulación frente a amenazas mayores<sup>3</sup>. Los principales sistemas empleados para este fin son:

#### I.5: Blindaje espaciado

El blindaje espaciado se refiere a la técnica de superponer capas de blindaje con un espacio entre ellas. Su eficacia radica en la detonación de proyectiles antes de que alcancen el blindaje principal. Esta estrategia se utilizó por primera vez durante la Primera Guerra Mundial<sup>4</sup> en tanques como el Schneider CA1 y el Saint-Chamond.

Durante la Segunda Guerra Mundial, numerosos tanques alemanes implementaron blindaje espaciado en forma de faldones (Schürzen) para mejorar la protección de sus delgados blindajes laterales contra el fuego antitanque.

El principio fundamental del blindaje espaciado se dirige a contrarrestar proyectiles de carga hueca (HEAT) que generan un chorro concentrado de metal fundido, altamente efectivo en el punto de impacto, pero menos eficaz en otras áreas. Esto se logra instalando placas de blindaje relativamente delgadas o incluso mallas metálicas (mucho más ligeras) en los laterales de la estructura de tanques y otros vehículos blindados, lo que provoca la detonación prematura de la carga y, por lo tanto, reduce la eficacia del chorro de metal fundido focalizado como arma. (Mario Adrián Calderón, 2020).

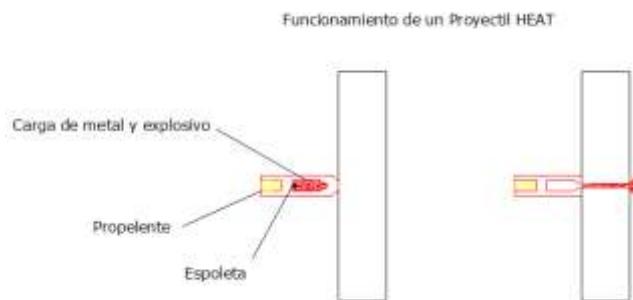


Ilustración 6: funcionamiento de un proyectil HEAT. Fuente: World of Armor (2016).

<sup>3</sup> Los sistemas de protección pasivos que emplean capas de los materiales anteriormente nombrados tienen como principal objetivo la detención de proyectiles cinéticos. Sin embargo, no ofrecen una protección adecuada frente a municiones de carácter rompedora o de doble efecto.

<sup>4</sup> Tanto el blindaje espaciado como el de rejillas son conceptos bastante antiguos pero que han demostrado ser de gran eficacia a lo largo de los años. Por este motivo, han sido reintroducidos como respuesta a las nuevas amenazas que han surgido en los teatros y ZO de los últimos años, en especial debido a los conflictos asimétricos de baja intensidad con la generalización del uso de los RPG por parte de la insurgencia.



### I.6 Blindaje de rejillas

Durante la Segunda Guerra Mundial, la Wehrmacht introdujo el concepto de blindaje de reja, utilizando un sistema denominado "Drahtgeflecht-Schürzen", que se traduce como "falda de malla metálica". Este sistema tiene como objetivo destruir, desactivar y reducir la eficacia de



*Ilustración 7: Panther alemán de la segunda guerra mundial con un temprano diseño de blindaje de reja cubriendo el lateral del carro. Fuente: World War Photos*

proyectiles de carga hueca, en particular los RPG, que impactan en los vehículos a bajas velocidades. Cuando estos proyectiles golpean las rejillas, se destruyen o activan prematuramente, lo que aumenta la distancia entre ellos y la estructura del vehículo.

Esto evita que los proyectiles penetren y, por lo tanto, reduce las bajas en términos de personal, equipo y vehículos. Estos sistemas, aunque simples, son efectivos, ofreciendo una efectividad de al menos un 50% en la neutralización de proyectiles huecos (Manfredo Monforte Moreno, 2022), dependiendo de su diseño. Tienen dos enfoques principales para evitar que los RPG y proyectiles similares causen daños: detonarlos a una distancia segura o prevenir su activación. (Mario Adrián Calderón, 2020) y (Fran Matías, 2019). Este sistema, ofrece una solución más ligera a la representada por el blindaje espaciado, generando una menor inquietud en relación al ratio potencia-peso del vehículo sobre el que se implemente, manteniendo una alta eficacia frente a las amenazas contra-carro.

### II. Blindaje reactivo

En 1982, durante los combates en Líbano, se utilizó por primera vez en tanques israelíes una armadura reactiva explosiva, que consistía en una capa de explosivos entre dos placas de acero



*Ilustración 8: Funcionamiento del blindaje reactivo frente a proyectiles HEAT. Fuente: Dino Passalacqua Masafierro, 2015.*



delgadas. Esta armadura estaba diseñada para explotar hacia afuera y así neutralizar la penetración explosiva de las cabezas de guerra con carga conformada, complementando la protección proporcionada por el acero o la armadura compuesta. (Richard Marian Ogorkiewicz, 2022)

La protección reactiva, a pesar de tener algunas similitudes con la protección pasiva tradicional, se distingue por esta capacidad de "responder" después de que haya ocurrido el impacto. En este sentido, el material utilizado como blindaje puede adaptar su comportamiento para enfrentarse al proyectil, ya sea neutralizándolo o reduciendo el daño ocasionado. El blindaje reactivo nace como respuesta a la lucha entre el proyectil y blindaje ante la grave amenaza que presentan los proyectiles de carga hueca, y más concretamente los proyectiles tipo tandem<sup>5</sup>.

Los blindajes reactivos pueden ser explosivos (ERA) o no explosivos (NERA):

#### II.1 Blindaje ERA.

En esta primera opción, se utiliza un material altamente explosivo que se encierra entre dos placas de acero para formar módulos que se colocan en la estructura del vehículo. Cuando un proyectil golpea uno de estos módulos de ERA, el material explosivo se detona, haciendo que la placa de acero se dispare hacia afuera, perturbando o dañando al proyectil. Esta perturbación del proyectil por la placa metálica que se lanza hacia él resulta en un mayor recorrido efectivo que debe atravesar el material, lo que aumenta la protección.



Ilustración 9: T-72 ruso con placas de blindaje reactivo ERA. Fuente: *El Confidencial*.

<sup>5</sup> Los proyectiles de carga hueca en tandem son muy similares a un proyectil HEAT, con la diferencia de que el tandem, como su propio nombre indica, está formado por dos cargas huecas dentro del mismo proyectil, de tal forma que la primera carga hueca, ubicada en la parte delantera del proyectil, se concibe para inutilizar la capa externa del blindaje o desencadenar la reacción de los sistemas de protección reactivos permitiendo a la segunda impactar en una zona vulnerable del vehículo y maximizar su efecto.



Para que estos paneles proporcionen una protección funcional ante otras amenazas a parte de los proyectiles HEAT, la carga explosiva de las placas de blindaje ERA deben ser lo suficientemente insensibles para no detonar ante un impacto de un proyectil cinético, altas temperaturas, o por simpatía, en el caso de que un panel adyacente detone en el cumplimiento de su función principal. Sin embargo, el uso de los blindajes ERA, por su empleo de material explosivo, puede presentar efectos secundarios que afecten al propio vehículo tras la detonación, añadido al incremento en la masa total que soporta el vehículo cuando equipa estos sistemas.

## **II.2 Blindaje NERA.**

En el segundo caso, se emplean materiales elásticos, como el caucho, que se combinan con metales, generalmente acero, aluminio o titanio, en forma de láminas. Esto crea una capa de material elástico atrapada entre dos placas metálicas, formando una especie de estructura tipo sándwich. El funcionamiento de este sistema es similar al anterior, pero se basa en un principio físico diferente. Cuando el blindaje recibe el impacto, el caucho se comprime hasta alcanzar su punto máximo de compresión, luego se expande nuevamente y rebota. Esto desplaza más material hacia la trayectoria de penetración del proyectil, creando un engrosamiento en esa área del blindaje, lo que resulta en la destrucción de proyectiles delgados y frágiles, como las boquillas de cargas explosivas en cabezas de guerra contra-carro altamente explosivas que se utilizan comúnmente en misiles guiados y granadas RPG. En esencia, NERA funciona como un blindaje reactivo explosivo, pero con un movimiento de placas significativamente menor, ya que utiliza únicamente la energía del proyectil impactante en lugar de depender de una fuente de energía externa (como es la detonación de una capa explosiva) para mover las placas metálicas. Como resultado, los NERA son más adecuados que los ERA cuando se busca evitar que la reacción del blindaje cause daños en la estructura del vehículo.

Además de las tecnologías de protección reactiva ya mencionadas, existen otras opciones menos comunes o en fase de desarrollo. Entre ellas, se incluye el blindaje reactivo eléctrico, que se encuentra en desarrollo y se basa en aplicar una descarga eléctrica de alto voltaje al proyectil entrante. También está el blindaje reactivo de energía dirigida, similar al ERA, pero que dirige la energía de la explosión directamente hacia el proyectil (Dino Passalacqua Masafierro, 2015); (Mario Adrián Calderón, 2020); (Paul Lakowski, 2014) y (Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación, 2020).

## **III. Blindaje activo**

Los sistemas de protección activa representan (APS) la vanguardia en términos de sistemas de protección. En esencia, estos sistemas detectan la dirección, velocidad y naturaleza de la amenaza a través de un radar, y luego activan una medida defensiva diseñada para interceptar y eliminar el proyectil amenazante o modificar su curso, evitando así su impacto y la consiguiente destrucción de la plataforma sobre la que se implementan. Estos sistemas de protección activa se dividen en dos categorías principales: los sistemas de anulación suave (*Soft Kill*) y los sistemas de anulación dura (*Hard Kill*):

### **III.1 Sistemas Soft Kill.**

Su objetivo principal es inutilizar el proyectil, ya sea desactivándolo o alterando su trayectoria, y logran esto interfiriendo con su sistema de guiado. Algunos ejemplos de estas tecnologías incluyen dispositivos que perturban la firma infrarroja, imitan señales de mira láser o generan interferencias de radar (conocidos como "*jammer*"), con el propósito de superar los sistemas



electro-ópticos e infrarrojos del proyectil o interrumpir su señal de guiado por radiofrecuencia. Sin embargo, tienen el desafío de abordar un amplio espectro de frecuencias y longitudes de onda para ser efectivos contra diversas amenazas, lo que en ocasiones puede entrar en conflicto con la seguridad propia al limitar el rango de frecuencias disponibles en las comunicaciones y transmisiones por radiofrecuencia propias. Cabe destacar también que estos sistemas son vulnerables para misiles de sistema COLOS o hilo guiado.

### III.2 Sistemas "*Hard Kill*".

Su objetivo principal es destruir el proyectil mediante el uso de fuerza letal. Esto se logra mediante el disparo de municiones hacia el proyectil que se desea neutralizar, con el fin de provocar su detonación a una distancia segura para el vehículo. Normalmente, se utilizan granadas de fragmentación pre-programadas para esta finalidad, aunque se considera la posibilidad de emplear armas de energía dirigida en un futuro cercano. (Dino Passalacqua Masafierro, 2015); (Mario Adrián Calderón, 2020) y (Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación, 2020).



Ilustración 10: Funcionamiento de los sistemas APS. Fuente: el autor.



## 4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Como hemos visto en el apartado anterior, existen un gran número de sistemas de protección disponibles para hacer frente a las amenazas que han ido surgiendo a lo largo de los años. A continuación, vamos a centrarnos en identificar con qué sistemas de protección cuentan las plataformas VAMTAC, y qué amenazas encuentran las unidades de infantería ligera en Zona de Operaciones.

### 4.1 El VAMTAC y sus capacidades

Por sus características, las unidades de infantería ligera tienen capacidad para atacar un abanico muy grande de objetivos, sin embargo, poseen un bajo nivel de protección, basándose esta principalmente en su alta capacidad de maniobrabilidad y su potencia de fuego.

Estas amenazas vienen determinadas por un conglomerado muy extenso de factores, especialmente en unidades motorizadas con vehículos de blindaje ligero como es el caso del tipo de unidades consideradas en este trabajo. Estos peligros pueden originarse por el propio terreno o incluso problemas que puedan desencadenarse en los propios sistemas del vehículo. Sin embargo, la principal amenaza a la que una unidad de infantería va a tener que hacer frente es, y será siempre, la acción enemiga.

Los VAMTAC ST5 están dotados para hacer frente a estas amenazas, con sistemas de seguridad de alerta temprana como el sistema SAFE, capaz de detectar fallos en el vehículo y alertar a la tripulación de los mismos, así como un sistema de detección y extinción de incendios en cabina. Además, cuenta con sistemas de auto inflado de los neumáticos capaz de activarse desde el interior del propio vehículo en el cuadro de mandos del conductor, lo que proporciona una enorme ventaja a la hora de atravesar cierto tipo de terrenos, pudiendo modificar *ad hoc* la presión de los neumáticos e incluso mantener en cierta medida la presión de los mismos en caso de que se produzca un pinchazo. Si esto fallara, los neumáticos montan en su interior el sistema "Run Flat", que permite una conducción segura en caso de que el neumático haya perdido por completo la presión, si bien con ciertas limitaciones de velocidad en función de la distancia que sea preciso recorrer con el neumático en estas condiciones.

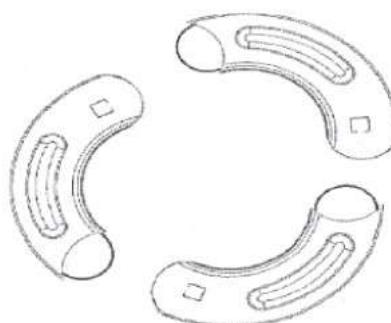


Ilustración 11: Sectores Run Flat equipados en el interior de los neumáticos. Fuente: MDOC (2019).

Pero volviendo a la amenaza principal, el enemigo, en su constante esfuerzo por derrotar a su adversario, adapta sus tácticas, procedimientos e incluso sus medios, para hacerle frente de forma más efectiva y superar sus defensas, es por este motivo por lo que debemos evolucionar



a un ritmo mayor para mantener la ventaja. Esto no es un concepto novedoso y hay grandes ejemplos de ello a lo largo de la historia, especialmente durante la Segunda Guerra Mundial y la Guerra Fría. En este proyecto el punto que más nos atañe a este respecto, es la lucha entre el proyectil y el blindaje.

El URO VAMTAC ST5, es un vehículo que actualmente cuenta con un blindaje que proporciona seguridad y protección al personal embarcado frente a ataques enemigos de fusilería, acorde al nivel III del OTAN STANAG 5469 soportando impactos de proyectiles cinéticos de hasta 7,62x51 mm o similares. Esta protección viene dada por el chasis del vehículo, y los paneles blindados que se integran en las cuatro puertas y en el interior de la caja del maletero, no así el portón trasero del mismo, compuesto de chapa metálica y fibra que, a un menor nivel, también aporta cierto grado de protección contra ataques de fusilería. El capó de los vehículos a los que se tuvo acceso durante el periodo de estudio en el GREG 54 no portaban ningún blindaje<sup>6</sup>, a parte de su composición de chapa metálica y fibra, de la misma forma que el portón trasero del maletero, teniendo en cuenta además que justo debajo se encuentra el bloque motor. Por último, el interior del vehículo está forrado con material de fibra, lo que aporta una gran ventaja en caso de rebotes de proyectiles o metralla en el interior del vehículo minimizando sus efectos, a la vez que actúa de refuerzo al blindaje exterior dificultando aún más la penetración del proyectil a través de la carrocería del vehículo. Todos estos factores son clave para aportar esa seguridad de nivel III según el STANAG 4569 frente a ataques de fusilería.



Ilustración 12: Panel blindado del interior del maletero de un VAMTAC ST5.  
Fuente: El autor.

También presenta protección ante ataques mediante el empleo de minas o dispositivos IED, con un nivel 2A del mismo acuerdo estandarizado, lo que se traduce en que la plataforma VAMTAC ofrece protección frente hasta 6kg de explosivo detonados justo debajo del vehículo, mediante la instalación de un doble fondo en los bajos del vehículo a modo de blindaje espaciado protegiendo la transmisión y dirección del mismo. Este doble fondo además de protección

<sup>6</sup> Aunque los VAMTAC ST5 estudiados en el GREG 54 no tuvieran capó blindado, durante las entrevistas efectuadas a cuadros de mandos y miembros del escalón se explicó que existe la posibilidad de instalar capós blindados en el vehículo en caso de despliegue en misiones internacionales en el extranjero.



aumenta la movilidad y capacidad de maniobra del vehículo, ya que le permite "pancear" sobre él en terrenos escarpados hasta que al menos una de las ruedas pueda volver a hacer contacto sobre el terreno, recuperando la tracción. (Gonçalo Fontes de Sousa, 2021); (José María Navarro, 2021) y (UROVESA, 2021).

Los ST5 tienen también la opción de montar sistemas de protección activa en forma de inhibidores de frecuencia para minimizar los riesgos de ataque IED detonado a distancia, sin embargo, de los vehículos analizados, solo los portaban un número muy reducido de ellos, ya que como lo expresaron los miembros del GREG 54 entrevistados, limitan no solo el uso de las bandas de frecuencia propias para establecer comunicaciones y mantener el mando y control de la unidad, sino que además limitan el rango de movimiento de la torre artillada del vehículo en las zonas donde se encuentran las antenas del sistema inhibidor.



Ilustración 13: VAMTACs ST5 con sistema de inhibición de frecuencia. Fuente El autor.

## 4.2 El VAMTAC, el HMMWV y el JLTV

El URO VAMTAC es una plataforma empleada a lo largo y ancho del mundo por multitud de naciones, avalado no solo por sus capacidades técnicas, si no por su eficacia probada en numerosos teatros de operaciones desde su creación. Sin embargo, existen otros vehículos de capacidades similares en dotación en las Fuerzas Armadas de países aliados, siendo los más reconocibles el High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle, mejor conocido como "Humvee", y el Joint Light Tactical Vehicle<sup>7</sup>, ambos de fabricación americana.

<sup>7</sup> Nótese que al ser vehículos de uso militar, el material técnico disponible es limitado en cuanto a especificaciones y niveles de protección se refiere, en especial con el JLTV, debido a que actualmente sigue en fase de desarrollo y muy pocas unidades se encuentran en uso en las unidades. Los manuales de estos vehículos no se encuentran disponibles en fuentes abiertas,



El "Humvee", ha sido el vehículo ligero por antonomasia de las Fuerzas Armadas estadounidenses desde principios de los años 80 con la emisión a concurso en 1979 del desarrollo de un vehículo táctico de carácter modular y versátil, existiendo modelos capaces de portar distintos tipos sistemas de armas, al igual que modelos de carácter más utilitario. En 1983, el Ejército de EE. UU. otorgó un contrato a AM General para fabricar 55.000 HMMWVs, de los cuales, 39.000 serían destinados al U.S. Army y los vehículos restantes al U.S. Marine Corp, el U.S. Navy, y el U.S. Air Force.(Army Technology, 2021)

El "Humvee" es un vehículo táctico ligero, impulsado por diésel, con tracción en las cuatro ruedas y construido sobre un chasis M998 común a todas sus configuraciones, lo que le permite transportar equipos militares, incluyendo ametralladoras y lanzagranadas.

El vehículo tiene una longitud de 4.57 metros, una altura de 1.83 metros y un ancho de 2.13 metros. La serie A3, la más moderna actualmente en uso, incluye vehículos equipados con un motor diésel V8 de 6.5 litros que produce 160 CV y una transmisión automática de cuatro velocidades más una marcha atrás. Estos vehículos comunes en la serie A2 tienen un peso máximo de 4.672 kg y pueden transportar una carga de hasta 1.996 kg a una velocidad punta de 112 km/h. (USAASC, 2023).

El HMMWV es un vehículo que cuenta con escasa protección tanto ante ataques de fusilería como ante ataques mediante el empleo de dispositivos IED, aunque durante la Guerra de Irak se fueron implementando kits de blindaje para paliar esta deficiencia, el URO VAMTAC es un vehículo superior no solo en el campo de sistemas de protección, sino también en cuanto a las especificaciones técnicas del propio vehículo se refiere.

Las limitaciones del "Humvee", evidenciadas durante la guerra de Irak fueron un factor clave para el nacimiento de vehículos con mayores prestaciones de protección, y ha sido recientemente sustituido en las unidades del ejército americano por la plataforma JLTV.

El Joint Light Tactical Vehicle, es un programa conjunto del U.S. Army y el U.S. Marine Corp que inició su andadura en 2008 y se encuentra actualmente en proceso de producción y desarrollo para la sustitución del HMMWV. El JLTV es fabricado por la firma Oshkosh, con sede en el Estado de Wisconsin, tras su elección en 2015 por el Department of Defence para la fabricación del vehículo (Congressional Research Service, 2020). El JLTV está diseñado para alcanzar velocidades, potencia y movilidad protegida fuera de las zonas seguras en el teatro de operaciones a un nivel superior al de vehículos de características similares actualmente en uso en fuerzas militares de todo el mundo. Desde su sistema de suspensión independiente inteligente patentado "TAK-4iTM" hasta niveles escalables de protección y una capacidad completa de C4ISR<sup>8</sup>.

---

del mismo modo que ocurre con el URO VAMTAC, siendo el distribuidor de los manuales técnicos de esta plataforma el propio Ejército de Tierra, y más concretamente, el Mando de Adiestramiento y Doctrina. Del mismo modo ocurre con los manuales técnicos tanto del HMMWV como del JLTV por parte del Department of Defense del Gobierno de EE. UU.

<sup>8</sup> El concepto de C4ISR (Comando, Control, Comunicaciones, Computación, Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento) fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos como un marco para organizar información multimedia proveniente de diversas fuentes,



Una de las características más destacadas del JLTV es la modularidad de su nivel de protección, el cual se basa en diferentes kits de blindaje que se pueden cambiar de manera relativamente sencilla utilizando herramientas básicas. Según Oshkosh, dos soldados pueden instalar uno de los kits, en tan solo cinco horas. Esta ventaja es muy significativa, ya que el vehículo solo se blinda cuando es necesario, contribuyendo a una reducción en el desgaste de ciertos componentes gracias al menor peso, permitiendo esto además el ahorro combustible (Rodrigo Pareja, 2021). El JLTV también está equipado con un sistema automático de extinción de incendios para proteger a los ocupantes, además, cada asiento está equipado con un dispositivo de protección contra posibles explosiones. Sin embargo, sus capacidades de protección técnicas, aunque previsiblemente serán superiores a las de otros vehículos similares como es el caso del VAMTAC ST5, son clasificadas.

En cuanto a sus especificaciones técnicas, el JLTV tiene un motor de diésel 8 válvulas que aporta 340 CV de potencia con un consumo de 16 litros cada 100km, con una autonomía de 500 km, y alcanzando su velocidad máxima a 110 km/h. Presenta una capacidad todoterreno que lo habilita para superar pendientes ascendentes de hasta el 60% e inclinaciones laterales de hasta el 40%

Por tanto, el JLTV es un vehículo que en cuanto a sistemas de protección y potencia es superior al VAMTAC, pero que, sin embargo, tiene menor autonomía y capacidad todoterreno en comparación con lo indicado en el apartado 3.1 del presente trabajo en relación al URO VAMTAC.

### 4.3 Identificación de las amenazas

#### I. Amenazas más probables

Para determinar si el VAMTAC ofrece buena protección a sus tripulantes, es preciso identificar a qué amenazas, se estima, va a hacer frente con mayor probabilidad. Para identificar estas amenazas se realizó un estudio mediante la utilización de encuestas al personal de la Primera Compañía del Tabor “Tetuán” nº1.

En esta encuesta se han tenido en cuenta una gran variedad de amenazas, tanto las que pueden ser originadas por el terreno sobre el que se emplea la plataforma; las amenazas que tengan su origen en las acciones que el enemigo ejecute contra la unidad embarcada; o las amenazas que estén relacionadas con un fallo ocurrido en los sistemas propios del vehículo. En cuanto a la detección de amenazas para el trabajo que nos ocupa, nos centraremos en las amenazas que tienen su origen en la acción de las fuerzas enemigas sobre el personal embarcado en el vehículo.

Esta primera encuesta ha contado con una tasa de participación de 46 respuestas, entre los que se han tenido en cuenta las consideraciones no solo de los cuadros de mando de la Compañía y de las Secciones que la componen, sino que también se han distribuido entre los mandos

---

que se origina en un lugar y momento específicos, generalmente durante una crisis. (XIV Jornadas UPM-FAS, 2010)



intermedios y el personal de tropa, especialmente entre los Sargentos jefes de pelotón, y los conductores de los propios vehículos, así como el personal de tropa que se beneficia de los sistemas de protección de la plataforma cuando se encuentra embarcado en ella. Los resultados de la encuesta se encuentran detallados con más extensión en el Anexo A.

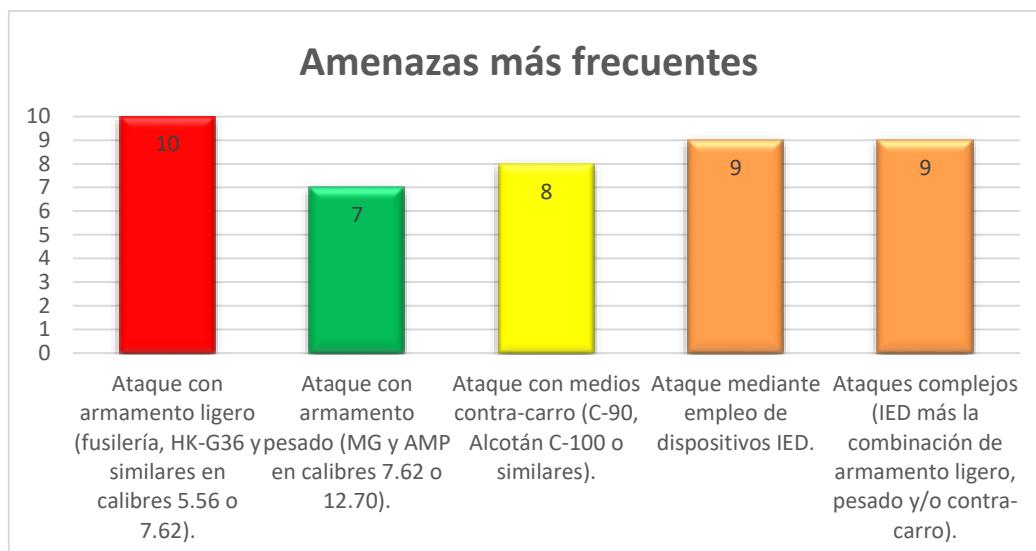
De los datos proporcionados por los Regulares de "La Única", se reflejan a continuación las veces que se han marcado las amenazas expuestas como "muy frecuentes", pudiendo resumir los resultados de la siguiente forma:

-Los ataques con armamento ligero son la amenaza más esperada por parte de las unidades de infantería, habiendo recibido un total de 10 respuestas identificándola como la amenaza más probable, y por tanto constituye la amenaza a la que un VAMTAC va a verse enfrentado con mayor frecuencia.

-En segundo lugar, destacan, ambos con 9 respuestas indicándolos como más frecuentes, tanto los ataques con medios IED como la combinación de los mismos con un ataque de fusilería.

-Los ataques empleando medios contra-carro y armamento pesado como ametralladoras equiparables a la Browning 12.70 tienen una menor frecuencia (8 y 7 respuestas respectivamente como amenazas de mayor frecuencia), sobre todo en conflictos de carácter asimétrico, muy comunes en las ZO donde despliegan nuestras unidades en misiones internacionales.

*Tabla 1: Amenazas identificadas por la acción del enemigo en función de su frecuencia. Fuente: El autor.*



Según estos resultados se puede argumentar que el VAMTAC efectivamente ofrece una protección adecuada ante las amenazas que se han identificado como las más probables de que aparezcan durante el desarrollo de los cometidos de las unidades en el teatro de operaciones, aunque en cambio, no ofrece ningún tipo de protección adecuada ante ataques con medios contra-carro. De este modo, el blindaje que actualmente incorpora el vehículo se considera insuficiente cuando la amenaza con proyectiles cinéticos aumenta de ataques de fusilería ligera



y ametralladora media<sup>9</sup> a un ataque empleando ametralladoras pesadas.

Cabe destacar también que no existe una gran diferencia entre el rango de frecuencia al que las unidades esperan encontrar las amenazas expuestas, por tanto, aunque el VAMTAC ofrece protección a las consideradas como más frecuentes, sería recomendable implementar sistemas de protección para hacer frente a las demás, ya que la frecuencia con la que los miembros encuestados esperan encontrarlas en Zona de Operaciones también es elevada.

## II. Amenazas más peligrosas

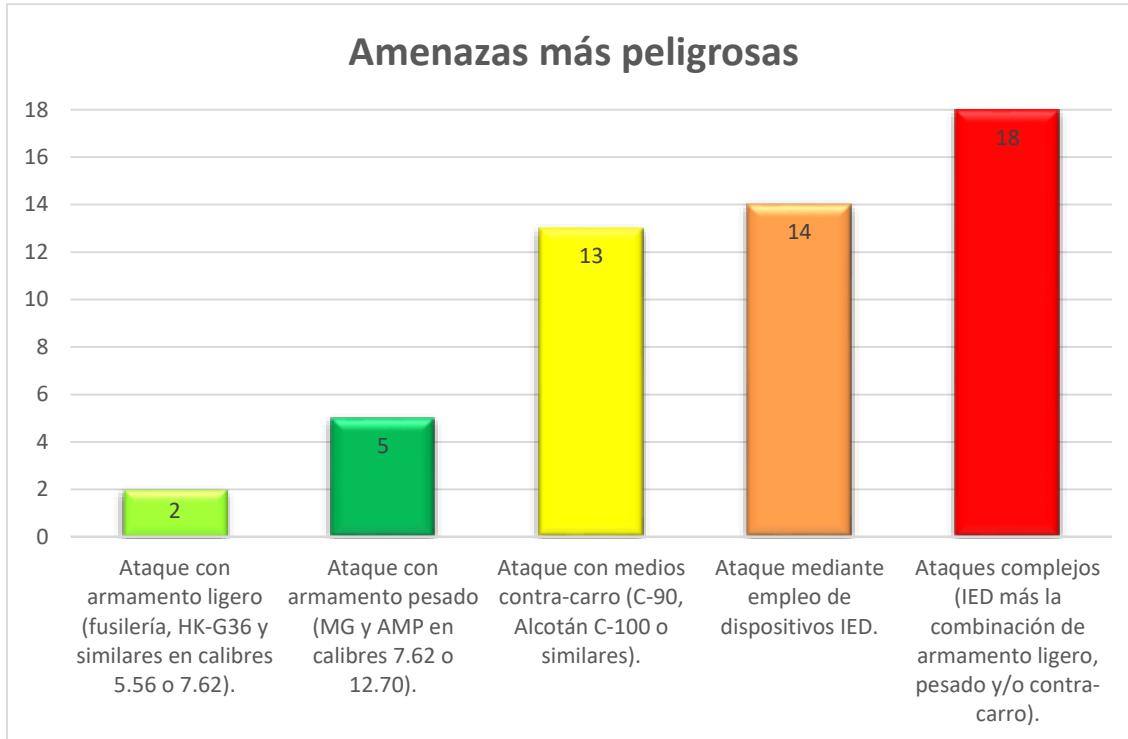
A parte de identificar qué amenazas son más recurrentes, se ha considerado necesaria la realización de un estudio sobre cuáles de esas amenazas resultan más peligrosas para la tripulación, con el fin de contrastar si se corresponden o no a las amenazas más probables, o por el contrario difieren de las mismas. Mediante una sección distinta de la encuesta anterior (Anexo A), y teniendo en cuenta las mismas amenazas, se recopiló el punto de vista de la Primera Compañía sobre este particular. Se resumen los datos obtenidos a continuación:

- En primer lugar, y destacando distintivamente sobre las demás con un total de 18 respuestas alzándola como la amenaza más peligrosa, encontramos que los ataques complejos son los más peligrosos, por la combinación de medios del enemigo y el caos y descoordinación que pueden llegar a generar en una unidad de infantería. Este tipo de ataques, combina principalmente el uso de medios IED con un ataque de fusilería aprovechando la confusión generada por la detonación del artefacto explosivo. Sin embargo, también es recurrente el empleo de armamento contra-carro o de ametralladoras pesadas, ya que, por su naturaleza, son ataques planeados buscando efectuar el mayor daño posible a la unidad atacada.
- A continuación, y con 14 respuestas expresándola como amenaza más peligrosa, encontramos ataques derivados del empleo de dispositivos IED.
- Es también muy reseñable la amenaza que presentan para estas unidades los ataques mediante el empleo de medios contra-carro (13 respuestas indicándola como amenaza de mayor riesgo), especialmente porque el blindaje y los sistemas de protección actuales implementados sobre la plataforma VAMTAC no tienen la capacidad de hacer frente ante este tipo de amenazas.
- Las amenazas por fusilería con armamento pesado, aunque el VAMTAC no cuenta con protección suficiente para hacerles frente, no están consideradas por la unidad como una amenaza prioritaria, al igual que los ataques de fusilería, tal y como se refleja en las encuestas, habiendo obtenido tan solo 5 y 2 respuestas como las amenazas enemigas que representan mayor peligrosidad respectivamente.

<sup>9</sup> Doctrinalmente, en el Ejército de Tierra las ametralladoras MG-3 del calibre 7.62x51 se consideran armamento medio cuando el sistema de armas está dotado de trípode. En cambio, si están montadas sobre trípode, con capacidad para fijar sectores, elevación y deriva, pasan a considerarse como armamento pesado pese a emplear el mismo calibre en ambos casos.



Tabla 2: Amenazas identificadas por la acción del enemigo en función de su peligrosidad. Fuente: El autor.



#### 4.4 Análisis de las amenazas detectadas

Podemos determinar, mediante el estudio de la primera encuesta, que los ataques complejos representan un enorme riesgo, ya que no solo se establece como la amenaza más peligrosa contra una unidad de infantería ligera, sino que, además, se ubica como una de las que ocurren con mayor frecuencia en Zona de Operaciones.

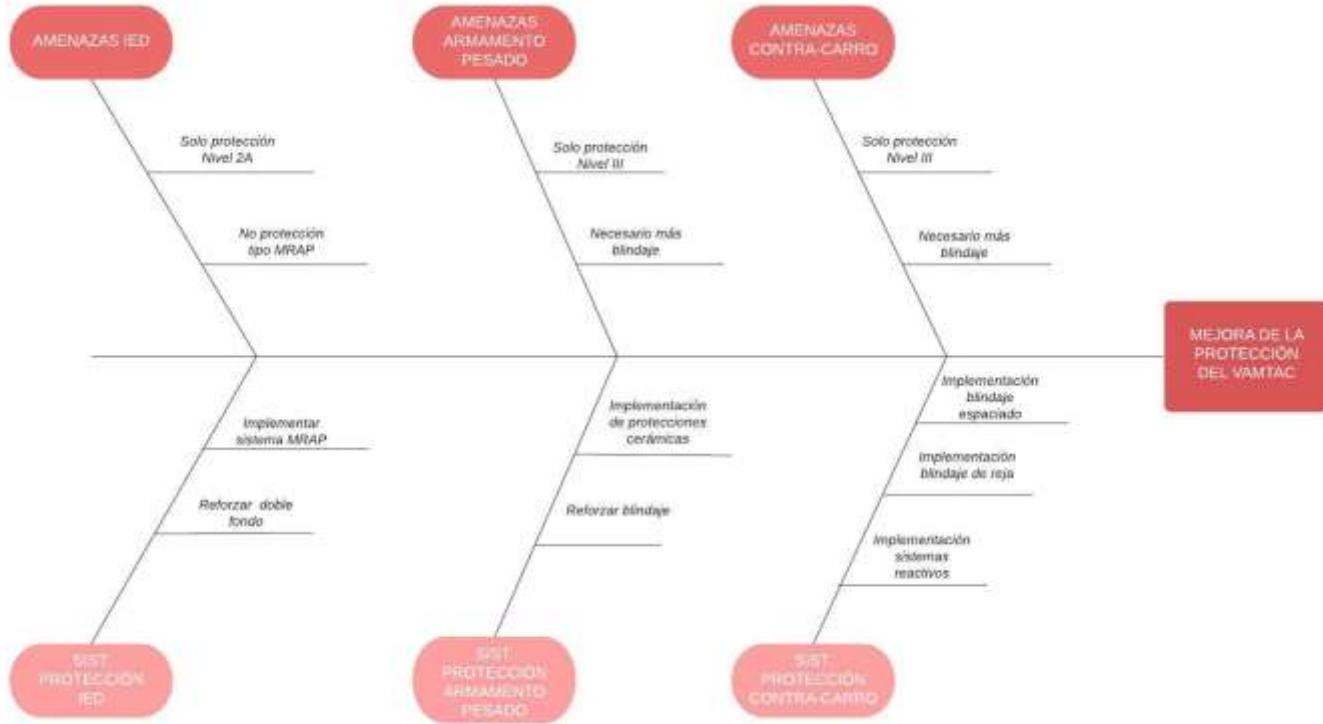
Otra amenaza que destaca sobre el resto es la representada por los ataques con medios contra-carro, esto se debe a que, pese a que no ocurren con tanta frecuencia, el VAMTAC no cuenta con ningún sistema de protección capaz de hacer frente de forma eficaz a este tipo de amenazas, siendo la movilidad y capacidad de maniobra del vehículo la principal respuesta ante un ataque de estas características, cosa que se reduce drásticamente en una situación en la que un ataque complejo incluya la utilización de estos medios por parte de las fuerzas enemigas.

Con las amenazas definidas, el siguiente objetivo es determinar qué sistema, o sistemas, de protección se adecua mejor para hacerlas frente. Como se detalla en el marco teórico de este trabajo, existe una enorme variedad de sistemas, tipos y funcionamiento de sistemas de protección. También se ha expuesto con que sistemas cuentan actualmente los VAMTAC.

Para reducir las posibilidades de los sistemas de protección posibles a implementar se ha recurrido a la realización de un diagrama de Ishikawa o de "espina de pez", que, aplicado a la cuestión entre manos, relaciona las principales amenazas detectadas con los sistemas de protección capaces de poder hacerles frente de forma efectiva según el estudio desarrollado en el marco teórico del proyecto.



Tabla 3: Diagrama de Ishikawa para definir Sistemas de Protección a implementar. Fuente: El autor.



Tal y como podemos ver en la parte superior del diagrama anterior, encontramos las principales amenazas detectadas, seguido de los principales motivos que las causan. En la parte inferior del diagrama, se buscan soluciones a las amenazas identificadas, tratando de poner solución a los motivos anteriormente mencionados que generan que las amenazas no queden cubiertas, y así, consiguiendo una mejora en los sistemas de protección del VAMTAC.

#### 4.5 Requerimientos para los sistemas de protección

Aun habiendo estudiado las amenazas y los sistemas de protección recomendables, antes de implementarlos en las plataformas VAMTAC, es necesario tener en cuenta las inquietudes de los usuarios finales de estos vehículos, ya que, aunque son ellos los que se van a ver beneficiados de las nuevas implementaciones de sistemas de protección, son también los encargados de su mantenimiento. Además, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones que desde una oficina técnica se pueden pasar por alto, y que, en cambio, pueden suponer un enorme desajuste para los usuarios en empleo de los vehículos una vez instaladas las mejoras.

Con el objetivo de identificar las necesidades y requerimientos de los miembros de nuestras Fuerzas Armadas, que emplearán estas plataformas tras su modificación, se ha procedido a la realización de una segunda encuesta para dar voz a esas inquietudes.

En esta encuesta, completamente desarrollada en el Anexo B, el índice de participación ha sido un tanto menor que en la primera (Anexo A), con un total de 35 respuestas. Si bien la participación del personal de tropa de la Primera Compañía ha sido un tanto menor que en la anterior

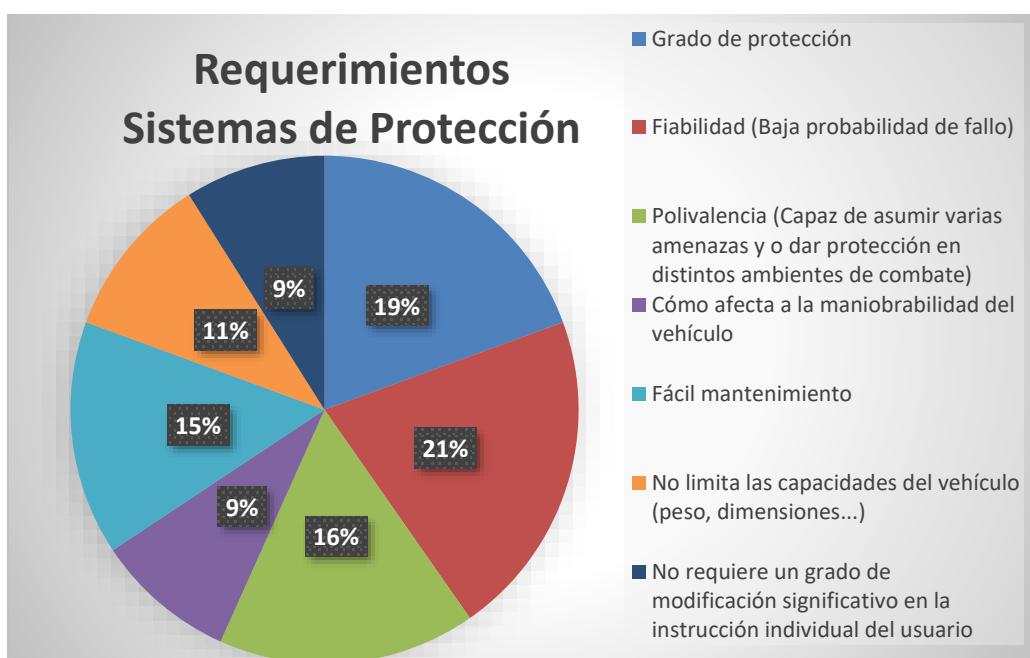


(alrededor de un 11%), esta encuesta se dirigía más en concreto a los cuadros de mandos, jefes de pelotón y los conductores de los vehículos, ya que su percepción del vehículo y como este puede verse afectado al implementar nuevos sistemas, se ha considerado que se acercaría más a la realidad, especialmente en lo referente a las limitaciones que pueda suponer para el vehículo, frente a la percepción que puedan tener el resto de tripulantes del mismo.

Siguiendo la misma medida empleada en los apartados anteriores donde se reflejaban los datos de la primera encuesta, se han considerado en la gráfica expuesta a continuación los resultados cuando se marcaban como "más importantes". De esta forma, obtenemos lo siguiente:

- La fiabilidad de los sistemas de protección a implementar es lo que más genera inquietud entre los usuarios, habiendo recibido el mayor porcentaje (21%) de respuestas como requerimiento de mayor prioridad. Esto significa que lo que buscan de forma prioritaria en un sistema de protección es que este tenga un elevado porcentaje de éxito frente a la amenaza a la que hacen frente.
- En segundo lugar, muy relacionado con el primero, encontramos que buscan tener no solo un sistema eficaz y fiable, si no que les proporcione un nivel alto de protección, habiendo obtenido este requerimiento un 19% de respuestas como principal objeto a tener en cuenta.
- Cabe destacar también que una preocupación generalizada, con un 16% de respuestas elevándola como requerimiento más importante, es que el mismo sistema de protección pueda hacer frente a varias amenazas de forma simultánea, es decir, que el sistema implementado sea polivalente.
- Por último, otra de las cuestiones de mayor importancia para las unidades, con un índice de respuestas del 15% como inquietud prioritaria, es el mantenimiento de los vehículos, ya que ocupan una porción significativa del trabajo diario. Por este motivo, el sistema de protección a implementar deberá tener un mantenimiento relativamente sencillo.

Tabla 4: Requerimientos ante la implementación de sistemas de protección. Fuente: El autor.





## 5. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Habiendo determinado pues, tanto los requerimientos, como las amenazas más significativas, debemos realizar un estudio que clarifique que sistemas de protección reúnen las características necesarias que resulten óptimas para su implementación en las plataformas VAMTAC. Para ello, se ha llevado a cabo un estudio de viabilidad basado en la siguiente matriz de decisión:

*Tabla 5: Matriz de decisión para implementar sistemas de protección. Fuente: El autor.*

	IMPORTANCIA	REFUERZO DOBLE FONDO		SISTEMA MRAP		PLACAS CERÁMICAS		REFUERZO BLINDAJE BALÍSTICO		BLINDAJE DE REJA		BLINDAJE ESPACIADO		BLINDAJE ERA		BLINDAJE NERA	
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PROTECCIÓN	4																
FIABILIDAD	5																
POLIVALENCIA	4																
MANIOBRABILIDAD	2																
FACIL MANTENIMIENTO	3																
NO LIMITA CAPACIDADES	3																
INSTRUCCIÓN INDIVIDUAL	1																
PUNTUACIÓN TOTAL																	
		18	13					18	15					18	17	16	17

AMENAZAS IED

AMENAZAS ARMAMENTO PESADO

AMENAZAS CONTRA-CARRO



En esta matriz se ha determinado una puntuación para los requerimientos en relación a los sistemas de protección según los resultados de la segunda encuesta, reflejada en el apartado 4.5, y teniendo en consideración los puntos anteriormente analizados en los puntos 4.3 y 4.4 de este proyecto, esto es: las amenazas más probables; las amenazas más peligrosas y el diagrama de Ishikawa relacionando las amenazas que se han determinado más significativas con los diversos sistemas de protección existentes.

Es preciso detallar el criterio seguido para la cumplimentación de la presente matriz, ya que en algunos apartados puede generar cierto debate la inclusión o no del sistema de protección o solución propuesta ante la amenaza representada dentro de los requerimientos planteados frente a sus contrapartes. Este criterio ha sido el siguiente:

## 5.1 Amenazas IED.

Analicemos primero las amenazas derivadas de ataques mediante el empleo de minas o dispositivos IED. Es importante indicar que los sistemas de protección activos de inhibición de frecuencia, pese a ser un sistema probado y en uso actual en algunos vehículos (como se indica en el último párrafo del apartado 4.1), no se han incluido en la matriz de decisión porque las ventajas que aportan, según las entrevistas con expertos mantenidas durante el periodo de estudio en el GREG 54, se ven ensombrecidas por sus desventajas, habiendo indicado varios entrevistados que pueden afectar muy negativamente en la propia maniobra de la unidad al reducir la banda de frecuencias disponibles para las transmisiones y comunicaciones internas para mantener el mando y control de la unidad. Esto supone que, si se quiere dejar más frecuencias abiertas para las comunicaciones, existe una mayor posibilidad de que la frecuencia en la que trabaje el detonador del IED quede sin cubrir, y por tanto quedando virtualmente anulado el sistema de protección activo, no porque no esté funcionando correctamente, sino porque en el caso de que ocurra lo anteriormente mencionado, no está cumpliendo su función.

Por tanto, para esta amenaza se han considerado dos opciones: La implementación del sistema MRAP en los bajos de la barcaza de la plataforma frente a complementar el blindaje del doble fondo actual. Sin embargo, debido a la concepción de UROVESA sobre el VAMTAC y la movilidad como elemento de protección, rechazando así el uso del sistema de barcas tipo MRAP en su plataforma (apartado 3.1, párrafos 4 y 5). Esto se debe a que, en efecto, este tipo de barcas puede afectar negativamente a la maniobrabilidad del vehículo y a sus capacidades de superar obstáculos de alta inclinación, especialmente lateral, al aumentar la altura del vehículo. Por tanto alzar su centro de gravedad convirtiéndolo en un vehículo con menor estabilidad, se ha considerado una mejor solución reforzar el blindaje del doble fondo de la barcaza.

## 5.2 Amenazas por armamento pesado.

Para este apartado han entrado a consideración dos posibles implementaciones:

- La primera consistiría en recurrir al empleo de placas cerámicas para aumentar el nivel de protección frente amenazas de calibres superiores al 7.62 x51 mm empleados por ametralladoras medias, nivel de protección actual del VAMTAC ST5, tal y como se ha reflejado anteriormente en el segundo párrafo del apartado 4.1.
- La segunda alternativa considerada pasaría por reforzar el blindaje metálico actual del vehículo.



Entre las dos posibles opciones consideradas, mediante la matriz de decisión se ha determinado que la más interesante es la implementación de blindaje cerámico en el vehículo, principalmente debido a que, aunque las dos pueden potencialmente suponer una disminución en la maniobrabilidad de la plataforma al aumentar el tamaño del vehículo, las placas cerámicas ofrecen un mayor grado de protección en relación al espesor del material empleado frente a los blindajes metálicos. Citando del apartado 3.2, sección I, punto I.3, los blindajes cerámicos "...reducen significativamente la capacidad de penetración de proyectiles de núcleo duro a velocidades normales de impacto, lo que permite que los componentes de blindaje subsiguientes detengan el proyectil con grosor mucho menor en comparación con situaciones donde no se utiliza cerámica...". Además, al colocar estos paneles sobre el blindaje actual del vehículo, se cubre la necesidad de complementar la placa cerámica con una superficie rígida para maximizar el efecto que este material ejerce contra el impacto de los proyectiles cinéticos, siendo el único factor negativo que presentan estos sistemas su relativa fragilidad en comparación con los blindajes metálicos (último párrafo del punto I.3).

### 5.3 Amenazas contra-carro

Tal y como hemos desarrollado en el marco teórico (apartado 3.2 secciones II y III), existen una gran cantidad de sistemas de protección encaminadas a hacer frente a estas amenazas, y aunque su empleo está contemplado para su implementación en carros de combate y medios mecanizados, podría estudiarse su implementación en vehículos de blindaje ligero para dotar a estos vehículos de protección frente a estas amenazas<sup>10</sup>.

Para este trabajo, sin embargo, no se ha considerado ningún sistema de protección activa para su implementación en la plataforma VAMTAC. Esto se debe principalmente a su complejidad y al espacio que ocuparían en la misma, reduciendo notoriamente sus capacidades y maniobrabilidad, así como la acción del tirador de la torre artillada del vehículo. Y es que ya hablamos en el apartado 4.1 de las limitaciones a este respecto que representan los elementos colocados por fuera del vehículo de los sistemas de protección activos, más concretamente refiriéndose a las antenas de los sistemas inhibidores, equiparándolo ahora a los alojamientos de las granadas pre-programadas de los sistemas APS "hard kill" explicados en el punto III.2 del marco teórico).

En cambio, si se han considerado los siguientes sistemas:

---

<sup>10</sup> Por doctrina en el Ejército de Tierra, una unidad no va a enfrentarse, generalmente, a una entidad enemiga dotada con medios de naturaleza distinta a los propios. Esto se traduce de forma más simplificada a que una unidad cuenta con los sistemas de protección acordes al armamento del que ellos mismos disponen, ya que teóricamente no deberán enfrentar enemigos con capacidades superiores a las propias. Esto por lo general es correcto, pero dado el alto riesgo que presentan las amenazas contra-carro para las unidades de infantería ligera, y el amplio acceso a medios portátiles con estas capacidades, como los RPG, que se ha evidenciado por parte del enemigo en numerosas ZO como Irak, Afganistán, o incluso más recientemente en la Guerra de Ucrania por parte de ambos bandos, plantean la necesidad de implementar sistemas encaminados a neutralizar estas amenazas para este tipo de unidades.



- Blindaje de rejas: ofrece una solución relativamente ligera ante la amenaza que representan los medios contra-carro, si bien la maniobrabilidad y capacidades del vehículo pueden verse disminuidas, se prevé que las limitaciones serán menores frente a las limitaciones potenciales del resto de sistemas propuestos, y, de hecho, su implementación se puede ver en otras plataformas similares en los ejércitos de otras naciones aliadas, como el U.S. Army de Estados Unidos.



*Ilustración 14: RG31 con blindaje de reja. Fuente: Department of Defense, U.S. Government (2012).*

- Blindaje espaciado: la principal ventaja de este sistema es su polivalencia, uno de los requerimientos más buscados por el personal participante en la segunda encuesta elaborada en el GREG 54 a la Primera Compañía (Anexo B), ya que aunque su principal cometido es la anulación de los efectos de las cargas huecas, también aporta una nueva capa de blindaje frente a ataques de fusilería. Sin embargo, pude presentar mayores limitaciones que el blindaje de reja en cuanto a maniobrabilidad y capacidades del vehículo, especialmente teniendo en cuenta que su implementación supondría un mayor incremento del peso que tendría que mover el vehículo.
- Blindaje ERA: este tipo de blindajes ofrecen una protección difícilmente superable ante las amenazas contra-carro, además de aportar cierto blindaje adicional contra amenazas de proyectiles cinéticos. Pero debido a su naturaleza explosiva, tal como se refleja en la ilustración 8 del apartado 3.2, sección II, y más concretamente en el punto II.1, este sistema, además de un presentar un potencial impacto negativo sobre la instrucción individual de los miembros de la unidad, al no estar familiarizados con materiales explosivos, a excepción de los medios empleados para la apertura de brecha en los obstáculos perimetrales<sup>11</sup> de una posición defensiva. Además, la propia explosión de la

---

<sup>11</sup> Las posiciones defensivas tienen dos obstáculos fundamentales para impedir la acción de la infantería enemiga sobre ellas: el obstáculo principal, al alcance del armamento colectivo empleado en la posición defensiva (aproximadamente a 1000 metros de la posición defensiva), y el obstáculo perimetral, al alcance de un lanzamiento de granada desde los pozos de tirador de la posición defensiva (a una distancia aproximada de 20 metros de la posición). La apertura del obstáculo principal cuando se ataca una posición defensiva se lleva a cabo por unidades de zapadores, con gran experiencia en el uso de material explosivo y demolición, sin embargo, la apertura de la brecha perimetral corre a cargo de la unidad de infantería que lanza el ataque



carga al reaccionar a un impacto de un proyectil HEAT podría suponer en sí misma un grave riesgo para el vehículo, aunque impida la acción de la amenaza.

- Blindaje NERA: estos sistemas, aunque tienen unas ventajas equiparables a los blindajes ERA sin el problema que supone la naturaleza explosiva de estos, son mucho más voluminosos, cuestión que va directamente en detrimento de la maniobrabilidad y capacidades del vehículo, no solo por dimensiones, sino también por el peso adicional que se monta sobre la plataforma.

Con todos estos factores considerados en la matriz de decisión, queda patente que el blindaje de reja sería el más indicado para implementar en los VAMTAC ST5 en cuanto a amenaza contra-carro se refiere.

---

sobre la posición, con una instrucción más básica en relación al empleo de material explosivo.



## 6. CONCLUSIONES

Como se expuso en el primer punto de esta memoria, mediante este proyecto se pretendía realizar un estudio de las capacidades del URO VAMTAC ST5 y determinar si es necesario implementar nuevos sistemas de protección sobre la plataforma. Para ello, se procedió a realizar un estudio sobre el estado del arte en materia de sistemas de protección y blindaje, desarrollado en el apartado 3.2 del trabajo.

Con el estudio del estado del arte realizado, el siguiente objetivo consistió en identificar las amenazas que las unidades de infantería ligera encuentran en ZO, destacando, por una parte, que amenazas son consideradas como las más frecuentes, y por otro lado identificando cuales representan un mayor peligro. En este sentido queda patente en el apartado 4.3 secciones I y II, que, de las amenazas presentadas, puede argumentarse que todas ocurren con un grado elevado de frecuencia, destacando ligeramente las amenazas por armamento ligero sobre las demás, pero, sin embargo, existe una gran diferencia en el grado de peligrosidad que representan, siendo las de mayor riesgo los ataques complejos, ataques con IED y ataques con medios contra carro.

Tras el análisis de estas amenazas, y considerando los sistemas de protección adecuados para contrarrestar cada una de ellas, identificados en el apartado 3 del proyecto, se extraen valiosas conclusiones que marcan pautas importantes para la implementación de medidas protectoras en la plataforma URO VAMTAC ST5:

En referencia a las amenazas derivadas de artefactos explosivos improvisados (IED), se evaluaron opciones que incluyen el empleo de sistemas de protección activos de inhibición de frecuencia, pero, tras una serie de entrevistas con expertos y considerando la operatividad y maniobrabilidad de la unidad, se descartó su inclusión. En su lugar, se recomienda reforzar el blindaje del doble fondo de la barcaza del vehículo, considerando la movilidad como un elemento crucial de protección, y rechazando, el uso de sistemas tipo MRAP, que afectarían negativamente la maniobrabilidad al aumentar la altura del vehículo, elevando su centro de gravedad. Esta decisión además queda en sincronía con las líneas de acción originales planteadas por UROVESA durante el diseño y desarrollo del proyecto VAMTAC, tal y como se expuso en el cuarto párrafo del apartado 3.1.

En el caso de las amenazas provenientes de armamento pesado, se consideraron dos opciones: el empleo de placas cerámicas y el refuerzo del blindaje metálico actual. Tras un análisis detallado y en base al apartado 3.2, sección I.3, se concluyó que las placas cerámicas, instaladas sobre la carrocería del vehículo, ofrecen un mayor nivel de protección en relación con el espesor del material empleado, siendo más eficientes frente a proyectiles cinéticos. Estas placas, al maximizar el efecto contra impactos de proyectiles, se convierten en una alternativa más óptima a pesar de su relativa fragilidad en comparación con los blindajes metálicos.

En cuanto a las amenazas contra-carro, se evaluaron múltiples sistemas de protección. Entre ellos, se descartaron sistemas activos debido a su complejidad y al espacio que ocuparían, lo que afectaría la maniobrabilidad y el espacio operativo. Las opciones restantes incluyen blindajes de rejillas, blindajes espaciados, blindajes ERA y blindajes NERA. Tras un análisis exhaustivo, se determinó que el blindaje de rejilla sería el más indicado para implementar en los VAMTAC ST5, ya que ofrece una solución relativamente ligera ante la amenaza de medios contra-carro y minimiza las limitaciones en comparación con otros sistemas propuestos.



En resumen, las conclusiones extraídas de este trabajo señalan que, para enfrentar eficazmente las distintas amenazas, es necesaria la combinación de soluciones específicas que consideren no solo el nivel de protección que ofrecen, sino también su impacto en la movilidad, la operatividad y la maniobrabilidad del vehículo. El equilibrio entre protección y capacidades operativas es crucial para garantizar la seguridad del personal y la eficiencia en escenarios de riesgo potencial. Estos hallazgos proporcionan un marco de referencia valioso para implementar medidas de protección en la plataforma URO VAMTAC ST5, maximizando su seguridad y adaptabilidad en entornos operativos desafiantes.

Sin embargo, la implementación de sistemas de protección adicionales en esta plataforma conlleva considerables desafíos en relación con las limitaciones de peso del vehículo. Si bien la integración de medidas protectoras es crucial para enfrentar diversas amenazas en entornos operativos, es fundamental evaluar detenidamente el impacto de estas adiciones en el peso total del vehículo y, por ende, en su movilidad y eficacia operativa.

La adición de sistemas de protección propuestos durante este último apartado, conlleva un aumento sustancial en la carga total del vehículo. Añadir un refuerzo en el blindaje del doble fondo del vehículo, aunque eficaz frente a las amenazas IED, esencialmente conlleva la superposición de nuevas capas de blindaje metálico en los bajos del VAMTAC. Las placas cerámicas, a pesar de su eficacia en la protección contra proyectiles cinéticos, añaden peso adicional considerable debido a su densidad y espesor, lo que podría impactar negativamente en la agilidad y la capacidad de maniobra del vehículo. De manera similar, la instalación de blindajes de rejas para enfrentar amenazas de medios contra-carro presenta desafíos significativos en términos de peso y aunque este sistema ofrece una solución más ligera en comparación con otras alternativas estudiadas, su inclusión también conlleva un incremento significativo en la masa total del vehículo. Este aumento de peso puede afectar la capacidad de maniobra y la agilidad del VAMTAC, lo que resultaría en limitaciones operativas en terrenos accidentados o situaciones tácticas que requieren movimientos ágiles y rápidos.

Todo este peso añadido, plantea además una seria preocupación en relación a la potencia del VAMTAC ya que actualmente, el vehículo opera con un equilibrio específico entre su peso y la capacidad de su motor para moverse con agilidad en terrenos variados. La introducción de estas medidas protectoras podría desequilibrar esta relación, lo que resultaría en un déficit significativo en el ratio potencia-peso de la plataforma. Esto se traduciría en un menor rendimiento del vehículo, lo que, a su vez, podría limitar su movilidad, capacidad de respuesta y desempeño en escenarios tácticos complejos.

Si no se contempla la actualización del motor para adaptarse al incremento de peso, el VAMTAC podría enfrentarse a dificultades considerables. El motor actual podría no ser suficiente para mantener el rendimiento óptimo del vehículo, lo que podría afectar su capacidad para superar obstáculos, mantener altas velocidades o responder con agilidad en situaciones operativas críticas. Por este motivo, la toma de decisiones relativas a la incorporación de estos sistemas debe considerar cuidadosamente el equilibrio entre la protección ofrecida y las limitaciones impuestas por el aumento de peso, manteniendo así la operatividad efectiva del vehículo, siendo crucial la realización de un estudio de viabilidad previo a la implementación de los sistemas de protección propuestos en la plataforma del VAMTAC, examinando detenidamente las inquietudes en relación a la relación potencia-peso del vehículo. Este análisis permitirá comprender de manera más precisa si se requerirá la actualización del motor para mantener un equilibrio adecuado entre la potencia del vehículo y el peso adicional debido a los sistemas de protección, garantizando que la implementación de los sistemas de protección propuestos en este informe



no comprometan de manera significativa la movilidad y eficacia operativa del URO VAMTAC ST5.



*Ilustración 15: URO VAMTAC ST5 equipada con ametralladora pesada Browning 12.70 durante jornadas de instrucción. Fuente: El autor.*



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Congressional Research Service, (2020). "Joint Light Tactical Vehicle (JLTV): Background and Issues for Congress" <https://sgp.fas.org/crs/weapons/RS22942.pdf>
2. Dino Passalacqua Masafierro, (2015). "Blindajes y sistemas de protección para vehículos militares y sistemas de armas".
3. Francisco Martínez Mendiburu, (2022). "El BIMT (Batallón de Infantería Motorizada) Dentro de la Futura «Fuerza 35»".
4. Fran Matías, (2019). "Blindaje de rejas, espaciado y las cargas huecas". <https://analizandoconflictos.com/blindaje-de-rejas-espaciado-y-las-cargas-huecas/>
5. Jose María Navarro, (2021). "La protección del VAMTAC". <https://www.defensa.com/espana/la-proteccion-del-vamtac>
6. Jose María Navarro, (2021). "UROVESA evalúa la capacidad de respuesta del VAMTAC frente a nuevas amenazas en el INTA" <https://www.defensa.com/espana/uropesa-evalua-capacidad-respuesta-vamtac-frente-explosiones>
7. MADOC, (2017). "Vehículo VAMTAC ST5. BN1 BIVALENTE, Manual de Operador y Mantenimiento Primer Escalón".
8. MADOC, (2017). "Vehículo VAMTAC ST5. BN1 BIVALENTE, Manual de Mantenimiento de 2.º, 3.er y 4.º Escalón".
9. MADOC, (2019). "Vehículo VAMTAC ST5 BN1 BIVALENTE, Catálogo Ilustrado de Artículos de Abastecimiento".
10. Mario Adrián Calderón, (2020). "Supervivencia de los vehículos de combate". <https://www.infanteria.com.ar/supervivencia-de-los-vehiculos-de-combate/>
11. MINISDEF, Departamento de Comunicaciones del Ejército de Tierra, Materiales, (2021). <https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/vehiculos/VAMTAC.html>
12. OSHKOSH, (2023). Web oficial de OSHKOSH DEFENCE, JLTV. <https://oshkoshdefense.com/vehicles/light-tactical-vehicles/jtv/>
13. Paul J. Hazell, (2022). "Armor, Materials, Theory and Design".
14. Paul Lakowski, (2014). "Armor technology". [https://f-old.a0z.ru/2a/f2/Armor\\_Basics.pdf](https://f-old.a0z.ru/2a/f2/Armor_Basics.pdf)
15. Rodrigo Pareja, (2021). "El 4x4 del ejército de EEUU que triunfa en el mundo se llama Joint Light Tactical" <https://www.caranddriver.com/es/estilo-de-vida/a36603561/vehiculo-ejercito-tierra-4x4/>
16. Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación, (2020). Boletín de Observación Tecnológica en Defensa n.º 65, 2.º trimester.



17. XIV Jornadas UPM-FAS, (2010). "Tecnologías aplicadas al Mando y Control. Tecnología y Sistemas C4ISR, el Impacto de la Tecnología Aeroespacial".
18. UROVESA, (2023). Web oficial UROVESA, VAMTAC ST5. <https://urovesa.com/vamtac/defensa-y-seguridad/ST5>
19. UROVESA, (2021). "Nueva certificación de minas para VAMTAC ST5" <https://urovesa.com/noticia/nueva-certificacion-de-minas-para-vamtac-st5>
20. USAASC - United States Army Acquisition Suport Center, (2023). "High Mobility Mmultipurpose Wheeled Vehicle (HMMWV)" <https://asc.army.mil/web/portfolio-item/cs-css-high-mobility-multipurpose-wheeled-vehicle-hmmwv/>
21. Army Technology, (2021). "HMMWV (Humvee) High-Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle" <https://www.army-technology.com/projects/hmmvv/?cf-view>
22. World of Armor, (2016). "La Carrera de la Protección contra la Potencia de Fuego". <http://worldofarmorv2.blogspot.com/2016/12/la-carrera-de-la-proteccion-contra-la.html>
23. Gonçalo Fontes de Sousa, (2021). "A Viatura VAMTAC ST5: Aplicabilidade em Unidades de Reconhecimento". <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/37894/1/TIA%20Asp%20Cav%20SOUSA.pdf>



## ANEXOS

### Anexo “A”

#### **Encuesta 1: “ANALISIS DE AMENAZAS SOBRE LA PLATAFORMA URO VAMTAC ST5”**

La siguiente encuesta tiene como objetivo identificar las amenazas a las que una unidad de infantería ligera en base a plataformas VAMTAC puede verse involucrada en el teatro de operaciones con el fin de establecer que amenazas se pueden considerar como amenazas más probables y cuales se pueden catalogar como más peligrosas.

Para evaluar el nivel de peligro que representa la amenaza no se considerarán los sistemas de armas equipados en el vehículo para responder por el fuego, ni la capacidad de despliegue de las unidades al desembarcar, considerando en todo momento que la tripulación al completo se encuentra embarcada en el momento que surge la amenaza.

#### **Amenazas en relación al terreno:**

Pregunta 1: A continuación, señale del 1 al 5 la **frecuencia** con la que una unidad de infantería se enfrenta a las siguientes amenazas donde 1 equivale a “nunca”, y 5 equivale a “siempre”:

	1	2	3	4	5
Zanjas en el terreno, naturales o artificiales (fosos contracarro o similares) que impidan el avance del vehículo.					
Taludes en el terreno, naturales o artificiales (muros bajos o similares) con inclinación y altura suficientes como para impedir el paso del vehículo.					
Superficies con inclinación lateral que puedan provocar el vuelco del vehículo.					
Superficies que proicien un pinchazo en los neumáticos (rocas o piedras afiladas, cristales, troncos o similares).					
Superficies que propicien la perdida de tracción del vehículo.					



Pregunta 2: A continuación, indique del 1 al 5 el **peligro** que implican para la unidad las anteriores amenazas, donde 1 equivale a “no hay peligro” y 5 equivale a “grave peligro”:

	1	2	3	4	5
Zanjas en el terreno, naturales o artificiales (fosos contracarro o similares) que impidan el avance del vehículo.					
Taludes en el terreno, naturales o artificiales (muros bajos o similares) con inclinación y altura suficientes como para impedir el paso del vehículo.					
Superficies con inclinación lateral que puedan provocar el vuelco del vehículo.					
Superficies que proicien un pinchazo en los neumáticos (rocas o piedras afiladas, cristales, troncos o similares).					
Superficies que propicien la perdida de tracción del vehículo.					

#### Amenazas en relación al enemigo

Pregunta 3: A continuación, señale del 1 al 5 la **frecuencia** con la que una unidad de infantería se enfrenta a las siguientes amenazas donde 1 equivale a “nunca”, y 5 equivale a “siempre”:

	1	2	3	4	5
Ataque con armamento ligero (fusilería, HK-G36 y similares en calibres 5.56 o 7.62)					
Ataque con armamento pesado (MG y AMP en calibres 7.62 o 12.70)					
Ataque con medios contra-carro (C-90, Alcotán C-100 o similares)					
Ataque mediante empleo de dispositivos IED					
Ataques complejos (IED más la combinación de armamento ligero, pesado y/o contra-carro)					



Pregunta 4: A continuación, indique del 1 al 5 el **peligro** que implican para la unidad las anteriores amenazas, donde 1 equivale a “no hay peligro” y 5 equivale a “grave peligro”:

	1	2	3	4	5
Ataque con armamento ligero (fusileria, HK-G36 y similares en calibres 5.56 o 7.62)					
Ataque con armamento pesado (MG y AMP en calibres 7.62 o 12.70)					
Ataque con medios contra-carro (C-90, Alcotán C-100 o similares)					
Ataque mediante empleo de dispositivos IED					
Ataques complejos (IED más la combinación de armamento ligero, pesado y/o contra-carro)					

#### Amenazas del propio vehículo

Pregunta 5: A continuación, señale del 1 al 5 la **frecuencia** con la que una unidad de infantería se enfrenta a las siguientes amenazas donde 1 equivale a “nunca”, y 5 equivale a “siempre”:

	1	2	3	4	5
Pinchazo de uno o varios neumáticos del vehículo					
Pérdida de potencia en el vehículo					
Vuelco del vehículo					
Caída del tirador del vehículo desde la torre artillada del mismo.					
Pinchazo de uno o varios neumáticos del vehículo.					



Pregunta 6: A continuación, indique del 1 al 5 el **peligro** que implican para la unidad las anteriores amenazas, donde 1 equivale a “no hay peligro” y 5 equivale a “grave peligro”:

	1	2	3	4	5
<b>Pinchazo de uno o varios neumaticos del vehículo</b>					
<b>Pérdida de potencia en el vehiculo</b>					
<b>Vuelco del vehículo</b>					
<b>Caída del tirador del vehículo desde la torre artillada del mismo.</b>					
<b>Pinchazo de uno o varios neumaticos del vehículo.</b>					



## Anexo “B”

### **Encuesta 2: “ANALISIS DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN”**

Según los resultados obtenidos en la anterior encuesta, se han identificado las amenazas más probables y más peligrosas a las que una unidad de Infantería se enfrenta en el Teatro de Operaciones. Para dar respuesta a esas amenazas, existen numerosos tipos de sistemas de protección.

El objetivo de esta segunda encuesta es determinar qué factores deben tenerse en consideración a la hora de implementar estos sistemas de protección.

Pregunta 1: *Indique del 1 al 5, donde "1" significa poco importante y "5" muy importante, los criterios que tendría en cuenta para la implementación de un sistema de protección:*

	1	2	3	4	5
<b>Grado de protección</b>					
<b>Fiabilidad (Baja probabilidad de fallo)</b>					
<b>Polivalencia (Capaz de asumir varias amenazas y o dar protección en distintos ambientes de combate)</b>					
<b>Cómo afecta a la maniobrabilidad del vehículo</b>					
<b>Fácil mantenimiento</b>					
<b>No limita las capacidades del vehículo (peso, dimensiones...)</b>					
<b>No requiere un grado de modificación significativo en la instrucción individual del usuario</b>					



## Anexo "C"

Durante el periodo de prácticas externas en el GREG 54 de Ceuta se realizó una entrevista al Teniente Jefe de la Sección de Reconocimiento del Tabor "Tetuán" nº 1. De esta discusión mantenida con el Teniente, podemos condensar los siguientes puntos de interés relacionados con el proyecto llevado a cabo en este informe:

- Lo más delicado son los neumáticos, ya que son el punto de contacto del vehículo con el suelo. Contamos con dos medidas que nos dan mayor seguridad a este respecto: Un sistema de autoinflado de los neumáticos que nos permite mantener la presión de los mismos en caso de pinchazo incluso en movimiento, y un toroide de goma dentro del propio neumático (sistema RunFlat), que permite que si el neumático se deshincha por completo no toquen las llantas contra el suelo. Ambos sistemas nos permiten continuar la marcha hasta una zona segura, aunque no son "infinitos" y hay que tener cuidado con la velocidad y la distancia que se puede recorrer en cada caso.
- En cuanto a protección a parte del blindaje que incorporan son importantes los ángulos del vehículo. Por ejemplo, la parte trasera no es una caja cuadrada, sino que tiene un plano inclinado. Esto es especialmente útil no solo para tratar de desviar los proyectiles si no para poder tener tiro en desenfilada posicionando el vehículo marcha atrás al subir una cota para hacer fuego hacia el lado contrario. Además, el maletero va blindado por dentro lo que proporciona una mayor protección a la tripulación.
- Está contemplado llevar sistemas activos de protección para generar burbujas de seguridad de hasta 50 metros en forma de inhibidores de frecuencia, aunque generalmente no se llevan, ya que las antenas del inhibidor limitan el rango de movimiento de la torre artillada del vehículo.
- El VAMTAC ST5 tiene un doble fondo que protege la transmisión y los bajos del vehículo frente a los efectos de dispositivos IED o minas. No es una barcaza o un fondo en V como los sistemas MRAP, es un doble fondo plano. Esto es de gran utilidad además para "panzear" con el vehículo en ambientes 4x4 y no perder tracción
- Una de las mayores amenazas que encontramos en la Sección de Reconocimiento son los medios similares al C-90 o el Alcotán C-100, frente a los que el VAMTAC no tiene protección. Sería interesante estudiar si se pueden adaptar sistemas similares a los que montan los carros de combate como el Leopard.
- En cuanto a otras amenazas que nos podemos encontrar en relación al terreno es el tema relacionado con los vuelcos del vehículo, aunque es raro que esto ocurra. En palabras del Teniente: "Es muy complicado volcar un VAMTAC, es una locura por donde pueden pasar, pero cuando pasa, es muy peligroso, especialmente para los tiradores del vehículo".
- Otro problema que presentan los ST5 es el peso del vehículo. Esto se debe a que han aumentado el blindaje del mismo, pero no han cambiado el motor, lo que nos suele generar problemas de potencia en estos vehículos, y según la carga que llevemos, podemos tener dificultades, especialmente cuesta arriba.
- Por último, otro problema que tenemos aquí en Ceuta más específico es el óxido, debido a la humedad, sobre todo en el chasis y en los bajos del vehículo. Esto supone, a parte del mayor desgaste, que gran parte del tiempo de mantenimiento se tiene que invertir en este problema, en



detrimento de otras cuestiones de mantenimiento que no son tan prioritarias, pero se deben revisar.



## Anexo "D"

NATO AEP – 55 STANAG 4569				
Level	KE Threat	Bullet	Distance	Velocity*
I	Rifle	7.62 x 51 NATO Ball (Ball M80)	30 Metres	833m/sec (M80)
		5.56 x 45 NATO SS109		
		5.56 x 45 M193		900m/sec (SS109)
				937m/sec (M193)
II	Infantry Rifle	7.62 x 39 API BZ	30 Metres	695m/sec
III	Sniper Rifle	7.62 x 51 AP (WC core)	30Metres	930m/sec (51 AP)
		7.62 x 54R B32 API (Dragunov)		
				854m/sec (54R)
IV	Heavy Machine Gun	14.5 x 114AP / B32	200 Metres	911m/sec
V	Automatic Cannon	25mm APDS-TM-791 or TLB 073	500 Metres	1258m/sec

\* Velocity tolerance is  $\pm 20\text{m/sec}$