

## La seguridad de los sistemas de combate terrestre



*Manfredo Monforte Moreno*  
Dr. Ingeniero de Armamento  
Academia de las Ciencias y las Artes Militares  
Sección de Prospectiva de la Tecnología Militar

Partimos de una premisa: la seguridad absoluta no existe. Y de un hecho: la protección balística no es el único medio de proporcionar seguridad al combatiente.

La protección del soldado implica muchos más elementos en juego que las meras protecciones individuales (chaleco y casco) y vehiculares (coraza). Es obvio que la mejor forma de salvaguardar su seguridad es alejarlo del fuego enemigo manteniéndolo en zona segura fuera del alcance de las armas enemigas. Además de soslayar su presencia en la zona de acción, existen otras herramientas para reducir el nivel de la amenaza y evitar la sorpresa: a modo de ejemplo, la inteligencia táctica y estratégica proporciona información valiosa, precisa y oportuna sobre los posibles movimientos, medios y fuerzas del contrario para plantear con ventaja la maniobra y seleccionar los sistemas más eficaces en cada situación, el momento en que se actúa y los apoyos necesarios, salvando con ello muchas vidas.

No podemos olvidar la utilidad demostrada por los sistemas de información para el mando y control al proporcionar cierta conciencia situacional y distribuir alarmas y amenazas en tiempo útil (el concepto «tiempo real» es relativo al escalón de la unidad que lo maneja). De enorme importancia resultan los sistemas de identificación amigo-enemigo con los que se disminuye la probabilidad de fratricidio, algo crítico si las condiciones meteorológicas son adversas y dificultan la detección y filiación de objetivos potenciales.

Con la tecnología disponible, el primer medio para alejar al combatiente de las zonas calientes es el despliegue de sistemas no tripulados –terrestres, aéreos, navales y submarinos, armados o no–. También se pueden situar sobre el terreno apoyos de fuego de despliegue inmediato, como los morteros embarcados y las armas especiales: drones suicidas (*loitering munitions*), inhibidores y perturbadores del espectro radioeléctrico, robots, emisores sónicos o láser, etc., con los que se disuade, dificulta o impide la acción hostil del enemigo.

Pero ganar una posición exige pisar el terreno y ocuparlo, por lo que el combatiente a pie o sobre vehículo deberá entrar en la zona de riesgo con la mayor protección que se le pueda proporcionar (*security first*). Para analizar esta cuestión, separaremos el problema en dos partes: la primera es la protección balística, la segunda la protección anti-IED. A mitad de camino está la defensa contra granadas de fusil, RPG,s o EFP,s. En todos los casos, deberemos distinguir entre medidas pasivas y activas.

La primera capa de protección la conforma el equipamiento básico del combatiente: el escudo, las espinilleras (contra las piedras de los honderos baleares), los cascos, las armaduras o las cotas de malla por citar algunos antiguos. Se trataba de impedir el efecto de las armas blancas y las flechas... hasta que apareció la ballesta, un arma vil que permitía al plebeyo abatir a caballeros y reyes. Hoy, los chalecos antibalas, los cascos y demás protecciones vuelven a introducir el concepto de armadura gracias al empleo de nuevos materiales ligeros con diseños ergonómicos que consideran todos los aspectos del cuerpo humano y facilitan su movimiento. Escribir sobre las protecciones individuales daría para otro artículo monográfico, por lo que pasamos a la segunda solución: los vehículos protegidos. Estos dos niveles de protección, sobre el combatiente y su vehículo, tienen el mismo escalonamiento ante la amenaza NRBQ que ante las armas convencionales o improvisadas.

Entre las medidas pasivas vehiculares destaca por antonomasia el blindaje, cuya eficacia depende de los materiales empleados, su estructura, geometría y el diseño de los puntos débiles, normalmente las uniones y solapes entre las piezas —puertas, escotillas, ventanas, cordones de soldadura...—. Una excelente alternativa

para no penalizar el sistema permanentemente con una masa excesiva (por ejemplo, en maniobras), es el uso de blindajes desmontables o *add on*. En ocasiones se añaden textiles vehiculares externos que conforman una piel sobrepuesta capaz de reducir la huella infrarroja, visible y radar con un peso contenido, coadyuvando al rendimiento del sistema de climatización. Otras veces se colocan blindajes reactivos, que constituyen un elemento semipasivo que funciona (una sola vez o pocas) en caso de impacto.

Las rejas anti RPG son un aparatoso aditamento para alejar el punto de explosión, disminuyendo la eficacia del ataque, especialmente contra las cargas huecas al incrementar el stand-off de la cabeza de guerra minimizando e incluso anulando su efecto. También ayuda una menor silueta al reducir el tamaño del «blanco» y la posibilidad de impacto. Otros elementos, como las cámaras 360° en espectro visible diurno o de visión nocturna, la iluminación tipo block out, las pinturas especiales, los tubos lanza humos multiespectrales, etc., son elementos incorporados a las soluciones más elaboradas –y las complican y encarecen–. Las medidas activas pasan por la movilidad del vehículo, su potencia de fuego, los apoyos desplegados, así como por complejos sistemas que detectan la llegada de una amenaza y la neutralizan eficazmente.

Los vehículos terrestres no tripulados prescinden o pueden prescindir de la cámara de combate (volumen necesario para alojar la tripulación) y el puesto de conducción, reduciendo drásticamente el volumen lo que, unido a la disminución de la coraza, facilitan la agilidad y la reducción del tamaño. En el camino, veremos vehículos bivalentes tripulados o no según la misión en que se empeñan (normalmente telecomandados). Los vehículos eléctricos añaden, además, su baja firma térmica.

En los vehículos resulta vital evitar tanto su inmovilización tras sufrir un ataque como que se produzcan efectos en el interior, incluido el temible *spalling*, la onda de choque asociada y el fuego. Para ello, se diseñan elementos que conforman barreras físicas de protección para mitigar o evitar el daño causado por las armas enemigas. El material más usado es el acero de blindaje o balístico, que tiene un doble papel: por un lado, protege; por otro, forma parte estructural de la célula de vida o módulo crítico que se pretende salvaguardar. Se emplean para ello planchas metálicas de diferentes grosores y composición.

No obstante, la amenaza de los proyectiles flecha, cuyo principio de funcionamiento se basa en su enorme energía cinética y densidad, perforando grosores muy significativos en cualquier material e induciendo un efecto brutal en el interior del habitáculo, han impulsado soluciones que desechan los grandes espesores de blindaje e integran otros materiales, como las cerámicas o los textiles con la ventaja

de aligerar el conjunto. Actualmente se experimenta con materiales orgánicos, como las poliureas, los polietilenos, los elastanos o las aramidias bajo nombre comercial (Kevlar, Tawron, Novex...) como complemento al blindaje clásico.

Debido a la eficacia de los modernos sistemas anti blindado, no es de extrañar que el concepto de carro de combate (MBT, *Main Battle Tank*) esté en entredicho en algunos ejércitos, pues fabricar, mantener y operar sistemas con masas por encima de 60 tm es sumamente costoso y, en su contra, resultan muy vulnerables al ser el objetivo más goloso en el campo de batalla abierto. La proliferación de modernas y potentes municiones contra carro aconseja reconsiderar las limitaciones técnicas del blindaje pasivo, en especial en cuanto al lastre que conlleva (que afecta a la transportabilidad, su movilidad...) para poner el esfuerzo en el desarrollo de sistemas activos multifuncionales.

El conjunto de los elementos que protegen la plataforma constituye un Sistema de Protección de Plataforma (PPS, por sus siglas en inglés) encargado de proporcionar una cierta capacidad de supervivencia. El subsistema de protección activa (APS) es la parte del PPS diseñado para evitar que el enemigo detecte, adquiera y alcance el vehículo; cuenta o puede contar con una serie de medios «duros» (*hard kill*), como la disposición de explosivos que interrumpen, redirigen o destruyen las municiones recibidas y unos componentes «blandos» (*soft kill*) que actúan sobre el guiado de los misiles para que se desenganchen de su objetivo durante el vuelo. Una buena protección combina ambos sistemas para incrementar la probabilidad de supervivencia ante un ataque. El problema se da cuando se producen varios ataques simultáneos o sucesivos, pues los primeros impactos degradan los sistemas activos y la vulnerabilidad aumenta exponencialmente.

Hasta la fecha, los sistemas APS «duros» se usan relativamente poco, pues se prefieren las cortinas de humo multiespectral y de oscurecimiento, el diseño de blindajes pasivos y reactivos parciales y, en general, los sistemas «blandos». Uno de los sistemas «duros» de última generación, en fase de evaluación por parte de algunos países, como los EE. UU. o España, es el israelí Trophy, cuya efectividad se anuncia como «significativa» frente a las amenazas más habituales. La mayor dificultad de los sistemas activos «duros» es su capacidad para detectar las amenazas con tiempo suficiente para neutralizar la cabeza de guerra entrante antes del impacto. Con sistemas como el citado Trophy, los sistemas de protección activa mejorarán la supervivencia del vehículo al detectar y destruir misiles contra carro, RPG,s y granadas de fusil mejorando la protección de la tripulación.

Otro aspecto básico del PPS es el tratamiento de la protección contra minas, lo que obliga a incorporar un sistema integral «multicapa», en el que cada elemento se encarga de neutralizar alguno de los efectos de la explosión en panza o rueda. Los

principales efectos sobre el vehículo y la tripulación como consecuencia de una explosión de este tipo se resumen en:

- Fragmentos de alta velocidad, incluido el *spalling* interno por efecto del impacto de la metralla.
- Onda de choque.
- Deformaciones de la estructura (aceleraciones, movimientos de piezas).
- Explosión o incendio de las municiones almacenadas (¡municiones insensibles!).
- Rotura de elementos críticos, como conductos hidráulicos, cables eléctricos, baterías, ordenadores, cámaras, etc.
- Inutilización del tren de rodadura e inmovilización.
- Anulación de la potencia de fuego.

Conviene destacar dos cuestiones técnicas:

- a) El habitual diseño en forma de V de la sección inferior del vehículo no asegura la protección frente a la mina: no es una «solución mágica». Hay muchos otros elementos que deben considerarse para crear una solución eficaz.
- b) El nivel de protección requerido por el usuario no siempre está bien definido y condiciona el coste final del vehículo (además de otras características marcadas desde el diseño). En muchos casos, el nivel deseable se enuncia en términos de resistencia estructural, obviando el riesgo de lesiones para la tripulación dentro del vehículo.

El deflector de panza, parte estructural o no de la barcaza y normalmente en forma de V o W, debería ser capaz de absorber entre el 70 y el 90 % de la energía liberada por la mina. Para asegurarlo, pueden añadirse elementos deflectores en su cara expuesta para «dividir» el frente de onda e inducir un efecto similar a la difracción. Además, debe constituir una barrera eficaz frente a la metralla, contribuir a la resistencia estructural del vehículo y distribuir el efecto del explosivo. Su eficacia se complementa con la disposición de un suelo flotante encargado de amortiguar la onda de choque, el diseño de asientos especiales suspendidos con capacidad de atenuación de la onda y la colocación de reposapiés acolchados, todo ello con una geometría optimizada para impedir la aparición de puntos de concentración de efectos.

Para el analista de balística de efectos, la rigidez no es buena; debe existir cierta flexibilidad en la estructura (*silentblocks*, uniones con líneas de rotura...) para

absorber la onda de choque por deformación elástica o plástica de algunos elementos críticos (la deformación absorbe energía) e impedir la reflexión/rarefacción de la onda una vez se ha transmitido al interior del habitáculo.

Un requisito deseable de los vehículos protegidos es su capacidad de abandonar la zona una vez sufrido el ataque. Para ello, se colocan elementos de protección en los trenes de rodadura (cadenas) o se montan neumáticos de tipo *runflat* u otras soluciones más modernas sin cámara de aire (no macizos); también es necesario contar con depósitos de combustible antiexplosión (con mallas de aluminio que apenas afectan al covolumen del recipiente) y autosellantes (que no pierden líquido a pesar de haber sido perforados por uno o varios proyectiles) y con equipos de extinción automática. Sin embargo, una mina que afecte a la cadena rompiéndola, impedirá la maniobra evasiva del vehículo, algo que no ocurre en los vehículos tipo 6x6 u 8x8, cuya capacidad de escapatoria es superior.

Puntos débiles: las escotillas de escape y puertas o rampas para que la tripulación pueda abandonar el vehículo dañado de forma segura y compatibles con los cerrojos de combate que aseguran las puertas en su lugar durante la explosión. Estos puntos débiles de los blindajes se asocian con las juntas de puertas, escotillas y troneras (que exigen el solapamiento de las planchas) y, sobre todo, con las ventanas. Para estas últimas se disponen películas de seguridad que aumentan la resistencia del vidrio ante golpes o el impacto de objetos contundentes. Además, previenen heridas provocadas por la rotura del cristal en pequeños fragmentos cortantes, al mantenerlos unidos. Esta película forma una capa invisible sobre el vidrio sin alterarlo. Los gruesos vidrios blindados se basan en el refuerzo de los conocidos cristales antivandálicos laminados formados por tres o más placas de vidrio intercalado con láminas plásticas de polivinil butirato (PVB). Estos plásticos combinan sus virtudes frente a los impactos –adherencia, elongación y resistencia– con las del vidrio, como su transparencia y cualidades ópticas.

Un detalle que no debe escaparse es la consideración de la posible evacuación de la tripulación cuando, herida, no puede hacerlo por sí misma: no debe haber puestos aislados que impidan la extracción a través de más de una puerta o escotilla –tal es el caso de algunos puestos de conducción que sólo cuentan con una escotilla susceptible de quedar inutilizada por el desplazamiento de la torre o de otros elementos–. Asimismo, aunque las puertas suelen bloquearse desde el interior, debe haber alguna forma de acceder al interior en el caso de accidente o ataque, algo sumamente difícil de resolver técnicamente cuando la tripulación no puede desbloquear los seguros por sí misma.

Para terminar, detallaremos el nivel de blindaje que necesita o requiere un vehículo según la normativa más aplicada. Basándonos en la normativa European Standard

EN 1063, disponemos de hasta siete niveles de blindaje diferentes, los cuales se diferencian entre sí por la resistencia ante las distintas municiones utilizadas para probar dicho blindaje. Clasificados en una tabla que va desde el nivel más bajo de protección (nivel 1, en la práctica, nivel 3) hasta el más alto (nivel 7), los blindajes más solicitados suelen ser este último para las autoridades y personalidades y el blindaje ligero (nivel 4). El nivel 4 protege contra posibles agresiones llevadas a cabo con armas cortas, mientras que con el 7 se podría proteger contra ataques con fusiles de asalto.

En cuanto a la protección de los vehículos militares, la norma que suele aplicarse es el STANAG 4569, tan exigente o más como otra norma en uso, la VPAM BRV 2009 y equivalente a la colección AEP-55 Vol. 1 y 2.

## **Conclusión**

Proteger al combatiente requiere alejarlo del peligro, para lo que pueden usarse medios no tripulados o sistemas que mantengan apartado al enemigo o dificulten su acción. Pero cuando penetrar con tropas en la zona de combate se torna imprescindible, la protección del combatiente tiene dos facetas, la del propio soldado y la del vector de transporte o combate en el que opera. En el artículo he tratado de repasar algunos de los sistemas comúnmente usados, siendo la tendencia actuar contra la amenaza antes de que llegue a producirse sin descuidar la posibilidad de que el impacto se produzca.

La solución pasa por reconocer los riesgos y amenazas que acechan al combatiente para establecer una serie de barreras físicas y virtuales multicapa que mitiguen o anulen el efecto negativo de los sucesos peligrosos y le permitan aprovechar las oportunidades que se le brinden para cumplir su misión con un mínimo, tendiendo a cero, de bajas propias.

La protección, su diseño, ensayo y validación se ha convertido en una materia imprescindible en el proyecto y empleo de los modernos sistemas de armas. La balística de efectos constituye así una rama fundamental de la ingeniería de armamento.