



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis del uso de sistemas de defensa
activa en vehículos blindados

Autor

Alfonso Poncela Martín

Director/es

Director académico: Patricia Sánchez Martín

Director militar: Manuel Jesús Caro Avalos

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
2020

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo de fin de grado supone la culminación del Grado de Ingeniería en Organización Industrial que tanto esfuerzo ha supuesto a lo largo de estos cuatro años de formación. Por consiguiente, me gustaría agradecer en unas pocas palabras a todas aquellas personas que me han ayudado a alcanzar este objetivo, pues sin ellos no habría sido posible.

En primer lugar, dar las gracias a todos aquellos profesores que me ayudaron a sacar adelante las complicadas asignaturas por las que todo cadete tiene que pasar. En segundo lugar, agradecer a mis dos profesores asignados como tutores, la Doctora Patricia Sánchez Martín y al Capitán D. Manuel Jesús Caro Avalos, todas sus supervisiones, correcciones y orientaciones a lo largo de estos dos últimos meses, sin ellos la realización del presente trabajo no habría sido posible.

También querría agradecer al Capitán D. Ignacio Navarro García toda la información, conocimientos y orientaciones aportados sobre los sistemas de protección activa, pues han permitido mejorar considerablemente la comprensión de los mismos. En tercer lugar, dar las gracias al coronel D. Diego Escribano Bernal y al Doctor Andrés Cosialls Ubatch por sus consejos y recomendaciones aportadas durante los primeros pasos de la realización del trabajo, así como, toda la información que me facilitaron.

Por otro lado, agradecer todo el esfuerzo realizado por los tenientes de infantería D. Javier Iglesias Martín, D. Carlos González Zamora y D. Sergio Blanco Irazabal por hacer que mi primera incorporación haya sido lo más amena y profesional posible, así como, por mostrarme el día a día de las compañías acorazadas del Regimiento Castilla Nº16.

Tampoco quería olvidarme de mis padres, hermanos y amigos que tanto me han apoyado durante todos estos años. A todos ellos y a los anteriormente nombrados, gracias de nuevo porque sin vosotros no habría sido posible alcanzar esta meta.

RESUMEN

Los avances tecnológicos acaecidos durante las últimas décadas, especialmente en microelectrónica, han quedado plasmados en los sistemas que integran a los vehículos blindados. Dentro de todos estos sistemas se destacan los Active Protection System (APS) que iniciaron su desarrollo allá por los años 80 con el APS Drozd, alcanzado a día de hoy APS's plenamente funcionales como el Trophy.

Existen dos tipos de APS principalmente, los Hardkill (muerte dura) y los Softkill (muerte blanda), cuya principal diferencia radica en el modo en el que protegen a los vehículos blindados. En el presente trabajo se realiza una investigación sobre los diferentes APS existentes con el objetivo de recabar la mayor cantidad de información posible acerca de ellos, para posteriormente compararlos y extraer unos aspectos positivos y negativos.

De todos los analizados se destaca el Trophy por sus características distintivas y por ser hasta el momento el único que ha dado resultados satisfactorios en combate. Sin embargo, como se ha visto en conflictos actuales, como el de Nagorno-Karabakh, los blindados siguen siendo muy vulnerables frente a sistemas contra carro y ataques aéreos. Esto refuerza la necesidad de incorporar APS's en los blindados, no obstante, en este sentido los APS tienen mucho margen de mejora pues siguen sin ofrecer protección frente a amenazas aéreas y proyectiles cinéticos.

Para finalizar se hace referencia a los blindados del Ejército de Tierra español, en especial, el carro de combate Leopard 2E y el futuro 8*8 DRAGON, con la finalidad de remarcar la importancia y necesidad de los APS's a día de hoy y en futuros conflictos donde los drones serán una realidad.

Palabras clave: APS, hardkill, softkill, amenazas, carros de combate, vehículos blindados.

ABSTRACT

The technological advances that have occurred over the last few decades, especially in microelectronics, have been reflected in the systems that integrate armoured vehicles. The Active Protection Systems (APS) stands out amongst all these systems. They began their development in the 1980s with the Drozd APS, achieving nowadays fully functional APS such as the Trophy.

There are two types of APS, Hardkill and Softkill, the main difference between them is the way they protect armoured vehicles against threats. This research investigates the existing APS in order to gather as much information about them as possible. Afterwards, a comparison is made to extract some positive and negative aspects.

Between all of the analysed APS the Trophy stands out since its distinctive features, moreover, it is the only one that has been proved in combat satisfactorily. However, according to current conflicts like the Nagorno-Karabakh, the armoured vehicles still being very vulnerable to anti-tank systems and air attacks. This reinforces the importance of incorporate APS in armoured vehicles. Nevertheless, the APS have a large range of improvement since they do not protect armoured vehicles against air threats and kinetic projectiles.

To conclude, refence is also made to the spanish armoured vehicles, especially the Leopard 2E and the future 8*8 DRAGON, in order to emphasize the importance of the APS nowadays and in future conflicts in which combat drones will be present.

Keywords: APS, hardkill, softkill, threats, battle tanks, armoured vehicles.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
ÍNDICE	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
GLOSARIO.....	8
1 INTRODUCCIÓN	11
1.1 Antecedentes y contexto	11
1.2 Objetivos y Alcance	12
1.3 Metodología.....	12
1.4 Estado del Arte.....	13
2 ANÁLISIS	14
2.1 Sistemas Softkill	14
2.1.1 Galix	15
2.1.2 Shtora-1	16
2.1.3 Rosy	17
2.1.4 MUSS	19
2.2 Sistemas Hardkill.....	20
2.2.1 AKKOR.....	20
2.2.2 Trophy	22
2.2.3 Arena.....	23
2.2.4 Amaps-ADS.....	25
2.2.5 Iron Fist	26
3 COMPARACIÓN DE LOS APS	27
3.1 Comparación APS HARDKILL	28
3.2 Comparación APS SOFTKILL	30
4 ASPECTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS	31
4.1 Aspectos Positivos	31

4.2 Aspectos Negativos.....	34
5 LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS	36
6 CONCLUSIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA	39
6 ANEXOS	45
6.1 Anexo I Sistema TEES.....	45
6.2 Anexo II APS Galix sobre CC Leclerc francés.....	46
6.3 Anexo III Sistem Lanza-Ingenios.....	47
6.4 Anexo IV Información adicional sobre el APS Shtora-1	48
6.5 Anexo V Información adicional sobre APS AKKOR	51
6.6 Anexo VI Información adicional sobre APS Arena-3	52
6.7 Anexo VII Otros APS's existentes	53
6.8 Anexo VIII Imágenes del vehículo portaenjambres chino.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Paneles de control del APS GALIX, Imagen superior BASCU, imagen inferior izquierda FASCU, imagen inferior derecha GALIX 360. Fuente: defence24.com.....	15
Figura 2. Componentes del Shtora-1, emisores IR (rojo), sensores de precisión (verde), sensores de captación amplia (azul), lanza-ingenios (amarillo) y el sensor de viento (naranja). Fuente: blogspot.com.....	17
Figura 3. Unidad de control y combinaciones de los bloques lanzadores. Fuente: pressebox.com, angelopodesta.com.....	18
Figura 4. Componentes del MUSS. Fuente: Defence Technology Review 2014, p.80-81.....	19
Figura 5. Componentes del AKKOR. Fuente: millisavunma.com.....	21
Figura 6. Componentes del Trophy. Fuente: rafael.co.il.....	22
Figura 7. APS Arena original, radar señalado en rojo y contramedidas en azul. Fuente: kbm.ru.....	23
Figura 8. Izquierda, uno de los dos módulos (señalado en rojo) de contramedidas (señaladas en azul), a la derecha el panel de control. Fuente: defence-update.com, youtube.com, editado por el autor.....	24
Figura 9. Componentes del AMAPS-ADS. Fuente: blogspot.com.....	25
Figura 10. Componentes del Iron Fist. Fuente: elbitsystems.com.....	27
Figura 11. Nuevo vehículo VMOE con el sistema Rosy incorporado (señalado en rojo). Fuente: defensa.com.....	37
Figura 12. TEES en funcionamiento. Fuente: Capitán Don Ignacio Navarro García.....	45
Figura 13. APS Galix (círculo rojo) sobre el CC Leclerc. Fuente: armyrecognition.com.....	46
Figura 14. Apantallamiento de un CC provocado por el APS Galix. Fuente: lacroix-defence.com.....	46
Figura 15. Grupo de lanza-ingenios sobre el CC Leopard 2E. Fuente: elconfidencialdigital.com.....	47
Figura 16. Grupo de lanza-ingenios sobre el VCI Pizarro. Fuente: defensa.com... ..	47
Figura 17. Emisores IR del APS Shtora-1 en funcionamiento. Fuente: militaryleak.com.....	48
Figura 18. Paneles de control del Shtora-1. Fuente: kotsch88.de.....	48
Figura 19. Detalle de la esfera del jefe de vehículo. Fuente: kotsch88.de.....	49
Figura 20. Disposición interna de los paneles. Fuente: kotsch88.de.....	49
Figura 21. Detalle del panel de control principal del shtora-1. Fuente: kotsch88.de.....	50
Figura 22. A la izquierda el radar del AKKOR, a la derecha el bloque lanzador junto a su contramedida señalada en rojo. Fuente: millisavunma.com.....	51

Figura 23. Explicación esquemática del funcionamiento del APS AKKOR. Fuente: imágenes extraídas de youtube.com..... 51

Figura 24. Evolución de los paneles de control del Arena original (izquierda) al Arena-3 (derecha). Fuente: youtube.com, editado por el autor. 52

Figura 25. Descripción simplificada de las indicaciones gráficas del Arena-3. Fuente: youtube.com. 52

Figura 26. Componentes hardkill (rojo) y softkill (azul) del APS. Fuente: Artículo T-14, Revistaejércitos por Yago Rodríguez Rodríguez. 53

Figura 27. GL5 a la derecha, YG a la izquierda. Fuente: k.sina.cn, revistaejércitos.com. 54

Figura 28. Croquis ilustrativo del APS Scudo. Fuente: blogspot.com. 54

Figura 29. APS LEDS 150 sobre un blindado CV90, señalado en rojo los bloques lanza-ingenios del APS. Fuente: revistaejércitos.com. 55

Figura 30. APS PULAT sobre el CC M60-T Sabra. Fuente: aselsan.com.tr..... 56

Figura 31. Vehículo portaenjambres visto desde atrás. Fuente: Twitter.com, autor: @Political_Room..... 57

Figura 32. Vehículo portaenjambres en una prueba de lanzamiento de Los drones, señalado en rojo. Fuente: Twitter.com, autor: @Political_Room..... 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de datos técnicos APS hardkill..... 28

Tabla 2. Comparación de datos técnicos APS softkill. 30

GLOSARIO

APS	Active Protection System
ATGM	Anti Tank Guided Missile
BASCU	Basic Automatic System Control Unit
BSCU	Basic System Control Unit
BTID	Battlefield Target Identification Devices
CC	Carro de combate
DIME	Dense inert metal explosive
DIME	Explosivo de Metal Inerte Denso
EFP	Explosively Formed Penetrator

EO	Electro-Óptico
ET	Ejército de Tierra
FAS	Fuerzas Armadas
FASCU	Full Automatic System Control Unit
HE	High Explosive
IR	Infrared Radiation
KE	Kinetic energy
Kg	Kilogramos
KW	KiloWatt
MCE	Muss Central Electronics
MJH	Muss Jammer Head
MSH	Muss Sensors head
RiWA	Adjustable Smoke Screen Dispenser
SACLOS	Semi-automatic command to line of sight
TFG	Trabajo de Fin de Grado
TUSK	Tank Urban Survival Kit
UPA	Unidad de Potencia Auxiliar
UV	Ultravioleta
VCI	Vehículo de combate de Infantería
VRCC	Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería

[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes y contexto

Desde la aparición de los primeros carros de combate en la Primera Guerra Mundial como una solución ante las impenetrables trincheras [1], su evolución ha sido constante alcanzando su máximo desarrollo durante la Segunda guerra mundial. En ella aparecieron nuevos conceptos de diseño dejando atrás a los pesados tanques británicos de combate, por ejemplo, el Renault FT17 [2], Panzer I o el T-26. Todos ellos estuvieron presentes en la Guerra Civil Española y sentaron las bases de los futuros carros de combate (CC).

En líneas generales, durante las décadas posteriores todos los CC fueron incrementando su blindaje, sistemas electrónicos, potencia de fuego, etc., ante la necesidad de aumentar la capacidad de supervivencia. Desde finales de los años 80 hasta nuestros días, los últimos avances en vehículos blindados han sido en nuevos sistemas electrónicos, ópticos, etc. Este rápido desarrollo ha venido acompañado de los medios contra carro, que cada vez son más letales, pudiendo neutralizar totalmente a un blindado, lo cual supone una terrible pérdida no solo en materiales o capital sino en vidas de la tripulación que tanto cuesta instruir.

Inicialmente, los CC fueron diseñados para enfrentarse a sus enemigos en campo abierto, sin embargo, los últimos conflictos se han desarrollado en zonas urbanizadas donde los CC son especialmente vulnerables. Como consecuencia, muchas naciones han decidido dotar de complejos sistemas a sus blindados tratando de adaptarlos a los nuevos entornos de combate, donde destacan los sistemas de protección activa (APS), sobre los que se basará este trabajo.

Los APS son sistemas caracterizados por otorgar una protección de 360° al vehículo mediante la neutralización de amenazas, pudiendo ser de dos tipos principalmente: Softkill y Hardkill [3, p. 42]. Sus inicios se remontan a finales de los años 70 con lo que se ha considerado como el primer APS, el Drozd soviético [4, p. 13], desde ese momento estos sistemas se han desarrollado constantemente hasta llegar a uno de los más modernos a día de hoy, el Afghanit [5] de origen ruso o el Trophy israelí. Este último APS es especialmente conocido pues ha dado resultados positivos en combate. Estados Unidos, entre otros países, ya lo ha incorporado en una de las últimas versiones del Abrams [6], siendo uno de los mejor valorados para incorporarse en los blindados españoles.

1.2 Objetivos y Alcance

Este trabajo surge como propuesta del Regimiento Acorazado Castilla Nº16, y el objetivo principal que persigue es fruto del consenso acordado entre ambos directores del Trabajo de Fin de Grado (TFG).

Así pues, el objetivo de este TFG será el análisis de los distintos APS presentes en la actualidad, la determinación de sus características principales para poder sustraer una comparación entre los mismos y poder determinar qué aspectos positivos y negativos tiene el uso de estos sistemas en vehículos blindados.

Una vez determinados cuales son los principales APS existentes y analizadas sus principales características, se prestará especial atención a la situación de los blindados españoles con la intención de remarcar la importancia de los APS a día de hoy.

En cuanto al alcance, los análisis que se recogen en esta investigación son meramente teóricos pues a día de hoy no se considera realizar ninguna modificación relevante en los blindados españoles debido principalmente a factores económicos. Otros aspectos limitantes son la confidencialidad y el secretismo que guardan las compañías y naciones sobre sus APS. En consecuencia, los resultados y conclusiones que aquí se obtienen son siempre desde un punto de vista teórico y orientativo de cara a futuras investigaciones en la materia, así como posibles implementaciones sobre los vehículos blindados a largo plazo.

1.3 Metodología

Inicialmente, para la investigación y la adquisición de información se ha recurrido a los conocimientos de los que dispone el personal de RAC "CASTILLA". Con ello, y junto con toda la información obtenida de otras fuentes (internet, documentos oficiales de desarrolladores, memoriales de infantería y caballería, etc.) se ha constituido la base documentativa a partir de la cual se redacta la memoria.

Durante la obtención de información, debido a la falta de datos oficiales, se ha recurrido a la comparación de la información obtenida de diferentes fuentes con la finalidad de obtener los datos más fiables posibles, salvo en los casos en los que se pudo obtener la información oficial de las corporaciones privadas. Actualmente, existen múltiples APS, sin embargo, debido a la extensión y pautas marcadas en el TFG, el estudio se ha centrado principalmente en aquellos de los que se ha obtenido información fiable u oficial y de aquellas corporaciones/naciones que mantengan un estrecho vínculo con España y sus aliados.

Una vez recopilada toda la información, se ha procedido a la comparación de los APS más viables para una posible implementación y de los cuales se obtuvo la mayor parte de la información de fuentes oficiales. El objetivo de estas comparaciones es abstraer las diferencias más acentuadas de los APS seleccionados, para facilitar la posterior obtención de los aspectos positivos y negativos.

La obtención de los aspectos positivos y negativos se realiza desde un punto de vista teórico y aproximado, contando en todo momento con las orientaciones pertinentes de expertos en la materia, pues no se disponen de medios oficiales que cuenten con un APS plenamente integrado y operativo en España. La finalidad es que esta información sea orientativa y sirva como base para futuras investigaciones y proyectos.

Las conclusiones se centran en remarcar la importancia y necesidad de los APS actualmente, enfocándose en los blindados del Ejército Español.

1.4 Estado del Arte

Hasta la fecha, podemos encontrar múltiples documentos y artículos que tratan sobre las mejoras que incorporan los CC de última generación como el T-14 Armata [5] o el Leopard 2A7. Todos ellos traen un conjunto de sistemas “Must Have”, es decir, componentes de los que no se puede prescindir en un CC de última generación. Al margen de nuevos conceptos de diseño, o sistemas tan imprescindibles como los Battlefield Target Identification Devices (BTID), no resulta fácil encontrar análisis que se centren únicamente en los APS.

Esto sucede principalmente porque resulta complicado obtener información fiable puesto que las corporaciones o naciones que desarrollan los APS son especialmente meticulosas a la hora de compartir información. No obstante, se puede acceder a una gran cantidad de datos sobre los APS gracias a artículos, análisis de acceso público, blogs, etc. Su calidad y fiabilidad depende de la fuente de donde se extraiga, por ejemplo, existen fuentes abiertas que difunden contenido de calidad como InfoDefensa o Revistaejercitos, esta última siendo de gran utilidad en el presente trabajo.

También se ha accedido a: artículos publicados por Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC) del Ejército de Tierra como el Entorno Operativo Terrestre Futuro 2035, donde se hace brevemente referencia a las posibles mejoras de los blindados españoles, incluyendo los APS. Los memoriales del Ejército de Tierra (ET), en especial, el memorial de caballería [3], junto con el TFG de D. José Joaquín Martínez Gómez, “Implementación de un sistema de defensa activa en el Carro de Combate Leopard 2E” [4], han constituido el punto de partida de la investigación

sobre los APS. Tanto en el TFG anterior como en el TFG de D. Paul Mailfer Méndez, “Actualización del carro de combate Leopard 2E para el combate en escenarios de Europa del Este”, queda constancia de la necesidad de incorporar un APS a este tipo de vehículos.

Por otro lado, en conflictos latentes como el de Armenia y Azerbaiyán se puede ver lo vulnerables que son los vehículos blindados frente a armas contra carro, respaldando aún más las conclusiones de ambos TFGs.

En definitiva, resulta complicado encontrar información que se centre exclusivamente en los APS, resaltando la dificultad que tiene en muchos casos obtener información fiable y contrastada. Sin embargo, la gran cantidad de fuentes abiertas, publicaciones, ect. relativas a las modernizaciones y actualidad de los vehículos blindados ha facilitado en parte el desarrollo del presente TFG.

2 ANÁLISIS

En este apartado se van a recopilar los principales APS, atendiendo a si son sistemas Hardkill o Softkill, analizando su origen y evolución, los componentes que los integran, que especificaciones técnicas presentan y cómo funcionan. Se trata de obtener la mayor cantidad de información relativo a los APS. Posteriormente se usará para compararlos entre ellos y evaluar sus aspectos positivos y negativos.

Se trata de sistemas tecnológicos en los cuales mucha de la información no es de acceso público. En consecuencia, no se dispone de la misma cantidad de información para cada sistema APS y la evaluación de sus ventajas y desventajas se realiza desde un punto de vista teórico y acorde a la información obtenida.

2.1 Sistemas Softkill

Los sistemas Softkill (Muerte “Blanda”) son aquellos APS cuyo funcionamiento se basa en una serie de detectores que identifican posibles amenazas y mediante la activación de una o varias contramedidas ocultan al vehículo. Esta ocultación puede ser física o en un rango determinado del espectro electromagnético. De esta forma, se evita que el vehículo sea dañado.

Esta ocultación se consigue principalmente por dos vías. La primera y más rudimentaria, aunque efectiva hasta cierto punto, consiste en la inyección de combustible en los conductos de gases de escape del CC, esto provoca una deflagración incompleta del combustible que resulta en una densa humareda blanca que impide la observación directa del vehículo (ver Anexo I). Esta primera vía resulta efectiva frente a medios de visión ópticos, tanto diurnos como nocturnos, pero no lo es contra medios más sofisticados como los son las cámaras de visión térmicas.

La segunda vía consiste en conseguir esa ocultación mediante distorsiones electromagnéticas. En comparación con la primera vía de ocultación, ésta resulta mucho más efectiva pues es capaz de ocultar al vehículo de la visión de cámaras térmicas o incluso distorsionar el guiado, fijación láser e infrarroja de proyectiles. En la actualidad existen diversos sistemas, sin embargo su efectividad se ve condicionada por factores ajenos a sus capacidades, como son los ambientales o la localización del origen de fuegos [7].

2.1.1 Galix

Este APS de la compañía francesa Etienne Lacroix Group [3] se implementó por primera vez en el CC francés Leclerc en el año 1992 (ver Anexo II) [8]. Actualmente se trata de un APS de diseño modular que permite implementarse en diferentes plataformas, como el CC italiano Ariete o el CV90 sueco [9]. La corporación ofrece diferentes modelos que se configuran según las necesidades del vehículo y del comprador. Las designaciones comerciales son: Basic System Control Unit (BSCU), Basic Automatic System Control Unit (BASCU) y Full Automatic System Control Unit (FASCU). Lacroix también ha presentado un demostrador, Galix 360°, que aún se encuentra en fase de desarrollo.

Las características pueden verse alteradas de un vehículo a otro, pero en líneas generales son: El BSCU tiene un peso de 1,2 Kg, el BASCU asciende a los 1,5 Kg y la versión más completa, el sistema FASCU alcanza los 5 Kg, todo ello sin contar el resto de sistemas como los lanza-ingenios (ver Anexo I) que incrementarían el peso en varias centenas más de kilogramos [10]. Los paneles de los citados sistemas se pueden ver en la figura 1.



Figura 1. Paneles de control del APS GALIX, Imagen superior BASCU, imagen inferior izquierda FASCU, imagen inferior derecha GALIX 360. Fuente: *defence24.com*.

Los tubos lanza-ingenios de 80mm, cuyo número y orientación dependen de la versión instalada, otorgan una protección de 360°. El sistema BSCU contaría con un total de 6 u 8 lanza-ingenios, el sistema BASCU con un máximo de 12 lanza-ingenios, pudiendo ser operados manual (de 2 a 8 lanzadores) o automáticamente. El sistema FASCU dispone de un máximo de 24 lanzadores [9].

También se pueden incorporar múltiples sistemas como detectores láser, acústicos, meteorológicos, etc, los cuales avisarían a la tripulación en caso de ser irradiados con algún sistema laser o infrarrojo. Este APS puede utilizar una amplia gama de proyectiles que también ofrece la compañía. Una vez activado crearía una pantalla de humo a unos 30 o 50 metros del vehículo con una duración de entre 40 y 120 segundos según los efectos que se quieran provocar [3, p. 42-43].

El BSCU estaría pensado principalmente para vehículos ligeros y el BASCU para vehículos de combate tipo vehículo de combate de infantería (VCI). La versión FASCU permite otorgar protección a vehículos cercanos estando capacitado para cooperar con otros sistemas de alerta (GPS, meteorológicos, láser, etc). Es decir, permite detectar la posición de la amenaza y compartir dicha información con los vehículos cercanos para que éstos la neutralicen. Además, el propio sistema es capaz de orientar la torre del vehículo hacia la amenaza y neutralizarla [10].

2.1.2 Shtora-1

Su desarrollo comenzaría durante los años 80 por Niitransmash en cooperación con Elers-Elektron [11]. Se implementó por primera vez de forma sistemática en el CC T-90, aunque también se puede ver en los VCI tipo BMP. Al igual que el Galix, puede generar una cortina de humo que protege al vehículo visualmente en diferentes rangos del espectro electromagnético, su principal diferencia radica en sus característicos emisores IR (Infrared Radiation) (ver anexo IV).

Está integrado principalmente por 6 componentes: paneles de control (ver Anexo III), dos sensores láser de precisión (TSHU-1), tres sensores láser de captación amplia (TSHU-1-11, menos precisos), un sensor de viento, emisores IR (OTSHU-1-7) con sus respectivos moduladores de frecuencia y doce lanza-ingenios de 81 mm [11]. Se pueden apreciar todos ellos en la figura 2.

El sistema tiene un peso total aproximado de 350 Kg, todos los sensores cuentan con un campo de acción de 90° en acimut horizontal y entre los -5° y los 25° en acimut vertical, su consumo asciende a los 1000 W en pleno funcionamiento [12].

La barrera de humo se genera completamente en unos 3 segundos, tiene una duración de entre 20 y 30 segundos dependiendo de las condiciones climáticas y del efecto que se desea provocar, se genera a unos 75 m del vehículo y tiene unas dimensiones de 20 m de ancho por 15 m de alto [13].

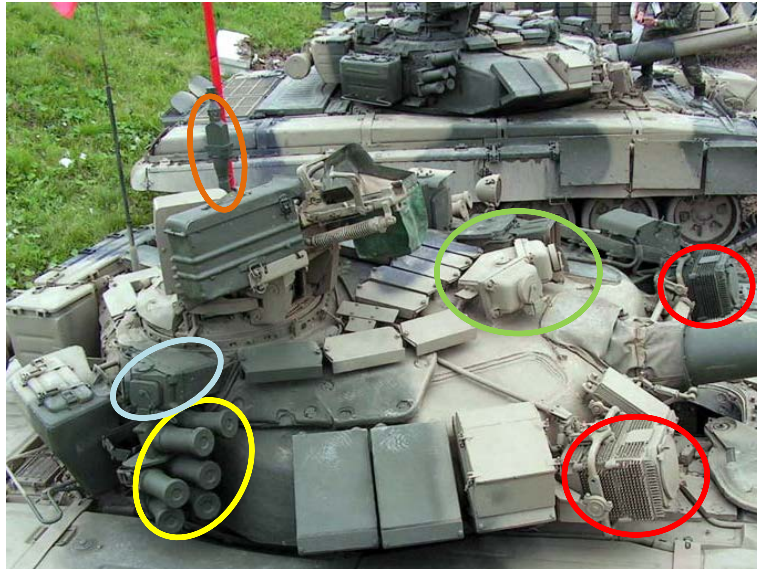


Figura 2. Componentes del Shtora-1, emisores IR (rojo), sensores de precisión (verde), sensores de captación amplia (azul), lanza-ingenios (amarillo) y el sensor de viento (naranja). Fuente: *blogspot.com*.

El sistema es capaz de operar totalmente automatizado salvo en aquellos casos donde el jefe del CC estime lo contrario. En ese caso, el sistema se limitaría a notificar visual y acústicamente a la tripulación de la existencia de una amenaza. Si el sistema opera de forma automática, en cuanto los receptores intercepten una señal y se clasifiquen como amenaza, el sistema lo notifica inmediatamente a la tripulación y activará los lanza-ingenios correspondientes para el apantallamiento del vehículo.

También incorpora la posibilidad de encarar directamente la amenaza ofreciendo la parte más blindada del CC y usar los emisores IR. En el caso de que el CC esté listo para realizar una acción de fuego, el APS no lanzaría las contramedidas pues dificultaría la adquisición de objetivos [13].

2.1.3 Rosy

Este APS desarrollado por la firma alemana Rheinmetall Defense consiste en un sistema modular con capacidad para adaptarse a múltiples plataformas. La empresa asegura que su equipo tiene una alta efectividad contra varios sistemas contra carro gracias a la rapidez de reacción del Rosy, su protección 360°, la posibilidad de disparar múltiples descargas sin necesidad de recargar y a que este funciona independientemente de las condiciones meteorológicas y del terreno.

Existen diferentes modelos del Rosy: el Rosy_L diseñado para vehículos blindados, el Rosy_Mod como variante modular pensado para proteger estaciones de armas o vehículos de fuerzas especiales y por último, el Rosy_N pensado para embarcaciones [14]. El sistema alemán Rosy (figura 3) está formado por lanza-ingenios, la unidad de control y diferentes sensores.

Los lanza-ingenios de 40 mm están dispuestos de cinco en cinco en unos paneles planos, que denominaré placa. Pueden apilarse uno encima de otro hasta un total de tres, sumando quince lanzadores por cada conjunto. Cada vehículo puede portar hasta un total de cuatro conjuntos con quince lanza-ingenios máximo. En la figura 3 pueden apreciarse a la izquierda la unidad de control y de izquierda a derecha cada una de las configuraciones que puede adoptar cada conjunto.



Figura 3. Unidad de control y combinaciones de los bloques lanzadores. Fuente: *pressebox.com*, *angelopodesta.com*.

Por otro lado, la unidad de control dispone de una interfaz sencilla: tiene incorporada una unidad de potencia auxiliar (UPA) para emergencias y en la versión más completa incorpora un ordenador de control que hace de interfaz para los sensores, que también son opcionales. Los sensores que se pueden incorporar son: alertador láser, cámara térmica, pantalla digital, GPS y sensor de viento.

El peso por placa es de 12 Kg totalmente cargada, un bloque completo pesaría entorno a los 36 Kg y la unidad de control tiene un peso de 1,7 Kg incluyendo todo el cableado.

El sistema es efectivo frente a emisores IR, Láser, Electro-Ópticos (EO), y armas contra carro Semi-automatic command to line of sight (SACLOS). Puede reaccionar automáticamente frente a una amenaza en 0.4 segundos desplegando una pantalla de humo que ocultaría completamente al vehículo en menos de un segundo, con una duración de mínimo 15 segundos [15]. El montaje de las placas es rápido y sencillo gracias a las pestañas de bloqueo que lleva cada una en la parte superior (ver figura 3), [16].

2.1.4 MUSS

El APS MUSS, Multifunction Self-protection System, comenzó su desarrollo en 1995 por Eads Defense Electronics y posteriormente se continuó por AIRBUS. Se mostró por primera vez al público en el año 2003 montado sobre un CC Leopard 2A5 demostrando ser eficaz contra una amplia gama de proyectiles [17], en el año 2015 se instaló definitivamente en el VCI Puma [18]. El APS está integrado principalmente por seis componentes (figura 4);

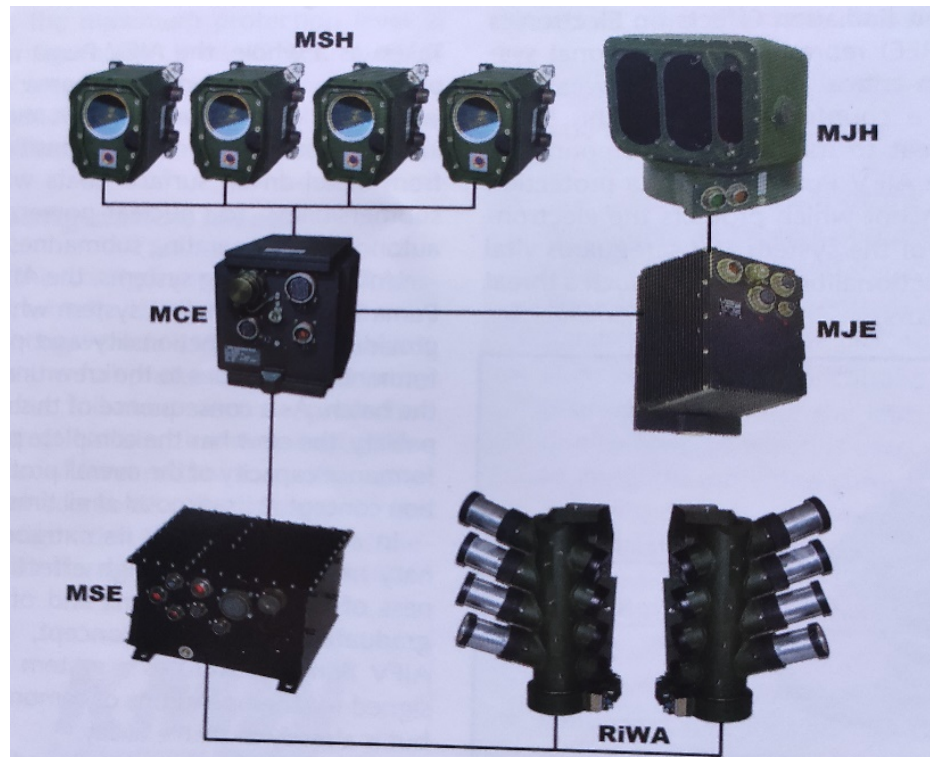


Figura 4. Componentes del MUSS. Fuente: *Defence Technology Review* 2014, p.80-81.

Los sensores de detección, Muss Sensors Head (MSH), consisten en cuatro sensores con capacidad para detectar misiles y sistemas láser. El sistema bloqueador, Muss Jammer Head (MJH), es efectivo contra la gran mayoría de sistemas de guiado de misiles. El MJH colapsa el sistema de guiado del misil otorgando una posición errónea del mismo a la dirección de tiro desde donde se lanzó. El Muss Central Electronics (MCE) recibe y procesa toda información de los MSH para realizar todos los cálculos necesarios. El MCE permite controlar manualmente los lanza-ingenios y transmitir la información de la amenaza a la tripulación. En cuanto a los bloques lanzadores, Adjustable Smoke Screen Dispenser (RiWA), son activados y orientados directamente por el MCE, estando compuestos por cuatro tubos lanza-ingenios orientables cada uno [19].

El sistema es completamente automático, aunque de ser necesario puede operarse de forma manual. El APS rastrea continuamente el entorno, en caso de que los MSH encuentren alguna amenaza se transmitiría dicha información al MCE para que realice los cálculos pertinentes. La dirección de la amenaza y otros parámetros serían comunicados a la tripulación. Si el sistema está en automático, primero el MJH se orientaría hacia el origen de la amenaza y mediante su radiación IR se impediría que el misil alcanzase el vehículo. Si ésto no fuese efectivo, se activarían los lanza-ingenios que fueran necesarios para crear una pantalla de humo que proteja al vehículo [19]. El MUSS otorga una protección de 360° en acimut horizontal y 70° en acimut vertical, los lanza-ingenios son de 76mm [17]. Tiene un peso que oscila entre los 65 y los 160 Kg, su tiempo de respuesta oscila entre los 1 y 1,5 segundos [20].

2.2 Sistemas Hardkill

Los APS Hardkill (Muerte Dura) a diferencia de los anteriores destruyen la amenaza mediante algún sistema, por ejemplo, un proyectil de fragmentación o mediante el uso de energía química. No obstante, a día de hoy la principal amenaza contra los vehículos blindados, en especial los CC, siguen siendo los proyectiles cinéticos, Kinetic Energy (KE). Éstos alcanzan velocidades superiores a 1500 m/s lo que anula por completo la capacidad de detección de la mayoría de los APS pues la velocidad de reacción no es lo suficientemente alta para enfrentarlos con éxito. Se les conoce también como proyectiles flecha debido a su parecido con éstas. Únicamente se conoce un sistema que dice ser capaz de anularlos, el Afghani que monta el nuevo CC ruso Armata T-14 (ver Anexo VII), sin embargo, muchos analistas dudan de esta capacidad [7]. A continuación, se detallan las características de diferentes sistemas Hardkill.

2.2.1 AKKOR

Este APS es de la compañía Aselsan Elektronik Sanayive Ticaret, inició su estudio y diseño en el año 2008, presentándolo en el año 2015 en la feria de defensa IDEF celebrada en Estambul. Su diseño modular permite que sea instalado en otros vehículos blindados, de hecho, durante su primera presentación apareció instalado en un VCI 6*6 turco [21].

El AKKOR está integrado principalmente por dos bloques lanza-ingenios con dos lanzadores cada bloque, cuatro radares planos de detección y otros cuatro subsistemas de precisión de advertencia láser TLUS [22], (figura 5), que permiten notificar a la tripulación de cuando el vehículo está siendo irradiado por un sistema de armas (ver Anexo V).

Del resto de subsistemas como la unidad de control y el ordenador de guerra electrónica no se ha podido recabar información debido al secretismo de este APS [23].

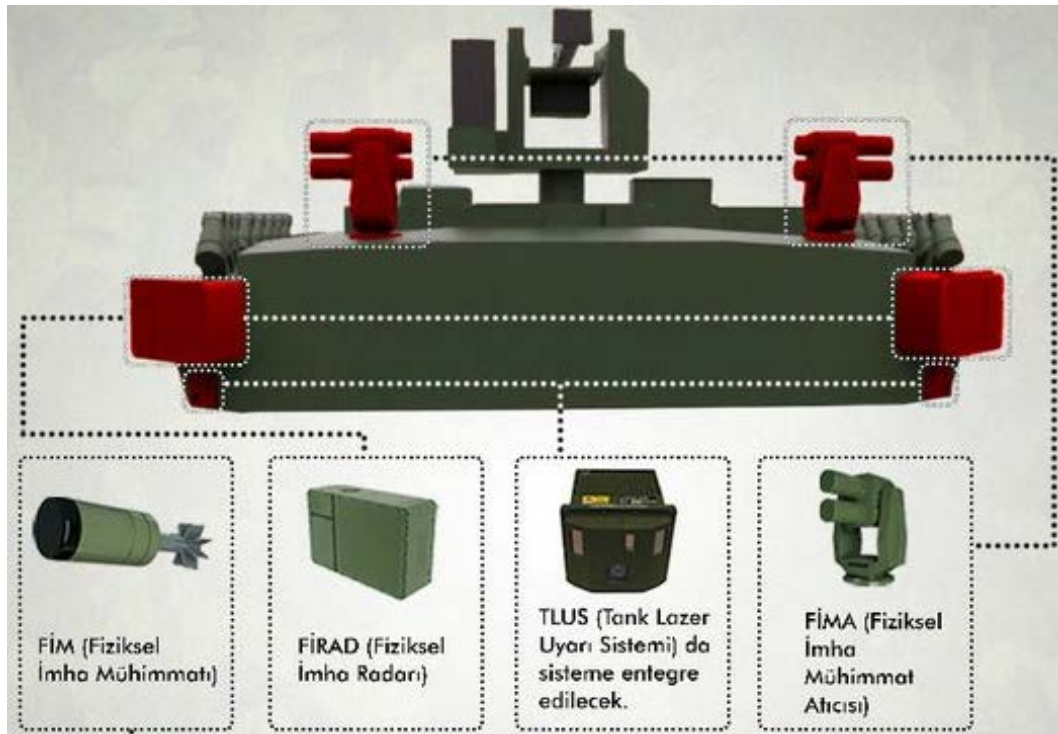


Figura 5. Componentes del AKKOR. Fuente: *millisavunma.com*.

El conjunto de sistemas que lo integran otorgan una protección de 360°. Al no disponer de sistemas de detección óptica la operatividad del AKKOR es independiente de las condiciones climáticas. La compañía asegura que el AKKOR tiene una rápida reacción frente a amenazas a corta distancia (no dice tiempo) y con capacidad de responder a varias amenazas simultáneamente [24].

El funcionamiento seguiría una secuencia, ver Anexo V, que se iniciaría cuando alguno de los detectores recibe una señal la cual se codifica en el ordenador central como una amenaza. Dependiendo de que sensor sea el que reciba la señal el algoritmo utilizado será distinto. En cualquier caso, la información recibida se transmitirá al ordenador central para que éste calcule los datos de aproximación de la amenaza y oriente los bloques lanzadores hacia su posición para de esta forma lanzar la contra medida explosiva y detenerlo. También dispone de la posibilidad de localizar el origen de fuego de la amenaza, y orientar la torre del vehículo hacia la misma para neutralizarla. La compañía afirma que la contramedida explosiva es altamente precisa y que ésta se detona próximamente a la amenaza para reducir los daños colaterales [25].

2.2.2 Trophy

El Trophy israelí, conocido también como ASPRO-A, ha sido diseñado por Rafael Advanced Defense Systems y fue implantado por primera vez en el año 2010 en el CC Israelí Merkava IV [4, p. 17-18].

A día de hoy es el único APS que ha sido probado en combate en numerosas ocasiones con una elevada tasa de éxito, por ejemplo, en la Franja de Gaza durante los conflictos de 2011 y 2014. Su diseño modular permite implementarlo en diferentes vehículos, caso del M1A2 Abrams y el Piraña III [3, p. 44-45].

El Trophy está integrado principalmente por cuatro radares EL/M-2133 Winguard de la firma Israel Aerospace Industries y un sensor electroóptico Mk2 Spotlike de la compañía Rafael. Dispone de dos bloques lanzadores (Countermeasure y Launcher en la figura 6) con capacidad para recargarse solos hasta tres veces [26, p. 24].

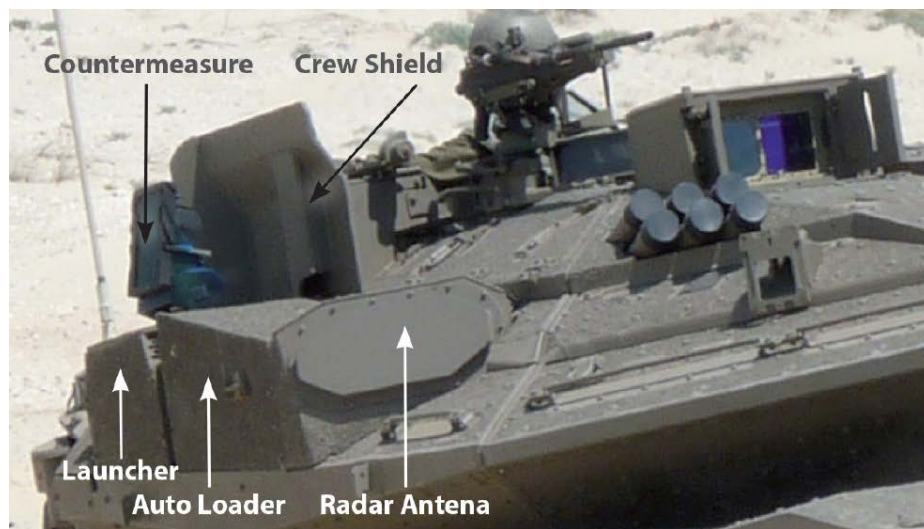


Figura 6. Componentes del Trophy. Fuente: *rafael.co.il*.

La unidad de control es la responsable de la gestión de los sistemas anteriores, de su comunicación y de los datos recopilados por los sensores: trayectoria, velocidad, punto de lanzamiento del proyectil enemigo, etc [3, p.44]. La secuencia de funcionamiento sería la siguiente:

Primero, alguno de los radares de detección identifica una posible amenaza y rápidamente envía una señal con la información de la amenaza a la unidad de control. En caso de que la trayectoria del proyectil no vaya a alcanzar al vehículo el sistema no lanzaría las contramedidas, por el contrario, si hay probabilidad de impacto la tripulación es alertada y el sistema automáticamente orientaría un bloque lanzador para que dispare una contramedida que detone la amenaza [3, p.44].

Este APS otorga una protección de 360° horizontal y en torno a 180° en vertical, siendo hasta ahora el único APS que otorga una protección vertical tan elevada (conversaciones capitán Navarro García). En cuanto al tiempo de reacción se estima en un rango de 0,3 a 0,35 segundos [27]. El sistema también puede determinar zonas donde las contramedidas no deben lanzarse en el caso de que haya tropas aliadas en las inmediaciones. El sistema del Trophy es interoperable [28], es decir, cuenta con la posibilidad de detectar el origen, distancia y dirección de la amenaza y compartir dicha información con otros vehículos aliados [3, p.45]. La versión Trophy HV (Heavy Vehicles) tiene un peso de 820 Kg, mientras que la versión más ligera, Trophy VPS (Vehicle Protection System), pesa 480 Kg. Su consumo tiene una media de 980 W alcanzando picos de 3750 W [29].

2.2.3 Arena

La compañía rusa Konstruktorskoye Byuro Mashynostroyeniya (KBP) [30] comenzaría con los trabajos de desarrollo del Arena durante la década de los 80 como sustitución del antiguo Drozd-2, probándose por primera vez en 1992 [31]. Se ha implementado en otros vehículos como el Blackpanther [7] surcoreano o el BMP-3. Cuenta con una versión de exportación, Arena-E, y otra más actual que aún se encuentra en fase de prueba [32].

El Arena original está integrado por: un radar de efecto Doppler, un ordenador de cálculo, el panel de control y las contramedidas explosivas. El radar Doppler se identifica fácilmente pues tiene una forma cilíndrica muy característica y es de gran tamaño, ver figura 7. En cuanto a las contramedidas explosivas, su número puede variar de 22 a 32 placas explosivas, atendiendo a diferentes fuentes, las cuales se colocan alrededor de la torre del vehículo en un soporte esférico [30].



Figura 7. APS Arena original, radar señalado en rojo y contramedidas en azul. Fuente: *kbm.ru*.

El sistema es automático, no obstante, también tiene la posibilidad de activarse manualmente seleccionando la contramedida que se quiere detonar. Además, para evitar falsas alarmas el sistema no se acciona frente a pequeños objetos, incluyendo proyectiles de pequeño calibre. También dispone de un sistema de seguridad para la tripulación que impide su activación si alguna escotilla está abierta [30].

En su conjunto el sistema pesa desde 1000 Kg a 1300 Kg dependiendo del vehículo en el que se incorpore y del número de contramedidas que porte. El rango de detección de objetivos es de 50 metros y el tiempo de reacción frente amenazas es de 0,07 segundos. El consumo energético del APS es inferior a un KW y el volumen total de los subsistemas que se encuentran en su interior es inferior a 30 dm³. La contramedida explosiva resulta peligrosa en un rango de 20-30m y en el momento de ser activada asciende unos 5 o 7 metros en altura para neutralizar la amenaza [31].

El sistema es capaz de operar bajo cualquier condición y con el vehículo en movimiento, otorgando una protección de 270° horizontales [31] y de -6° a 15° en acimut vertical [30]. Además, puede interactuar con los APS Arena incorporados en otros vehículos [33]. Su precio ronda los 300.000 \$ [34].

El APS Arena cuenta con una versión para exportación, Arena-E y otra versión más actualizada, el Arena-3. El primero de ellos es una versión diseñada para su comercialización, en cuanto a sus especificaciones son prácticamente iguales a las de su versión original. El Arena-3 se presentó en el año 2013 durante la exposición RAE, aunque el nombre del APS sea el mismo, Arena, realmente se trata de un nuevo diseño que nada tiene que ver con el anterior.



Figura 8. Izquierda, uno de los dos módulos (señalado en rojo) de contramedidas (señaladas en azul), a la derecha el panel de control. Fuente: *defence-update.com*, *youtube.com*, editado por el autor.

El emplazamiento circular de las contramedidas se ha sustituido por uno modular integrado por tres módulos (figura 8). Estos se encuentran situados en la parte posterior de la torre del T-72, de momento solo se ha probado en este CC.

Tienen la capacidad de cubrir los 360° de acimut horizontal. Los módulos que contienen las contramedidas están situados en el lateral de la torre mientras que el tercero se encuentra en la parte trasera de la torre y sería el que contiene la electrónica del vehículo. Cada bloque lateral contiene un total de dos aperturas con dos contramedidas cada una, ver figura 8, cada una de las aperturas cubriría unos 90° de acimut horizontal [31]. Además, el panel de control se ha visto modernizado incorporando una interfaz gráfica, para más información, ver Anexo VI. El tiempo de respuesta es de 0,04 segundos [35], tiene la capacidad para neutralizar amenazas a una distancia de 50 metros que viajen a una velocidad entre 70-1000 m/s y su peso se ve reducido a 900 kg [34]. También tiene capacidad para detener amenazas verticales que se aproximen en un rango que oscile entre +20° y -6° [36].

2.2.4 Amaps-ADS

Los trabajos para su desarrollo comenzarían en el año 2001 por la compañía IBM Deisenroth y a partir del año 2007 su desarrollo continuaría en cooperación con Rheinmetall. Existen múltiples versiones, por ejemplo, el CAB o el HAT, la primera de ellas pensada para vehículos ligeros y la segunda para pesados. Hasta la fecha se ha instalado en múltiples vehículos lo que destaca su eficacia como APS [7].

El sistema es modular y está integrado principalmente por cinco componentes que pueden variar según el modelo, panel de mando y control, sensores electro-ópticos, sensores de radar planos, contramedidas, la unidad auxiliar de potencia y sistemas de cálculo [30], (figura 9).

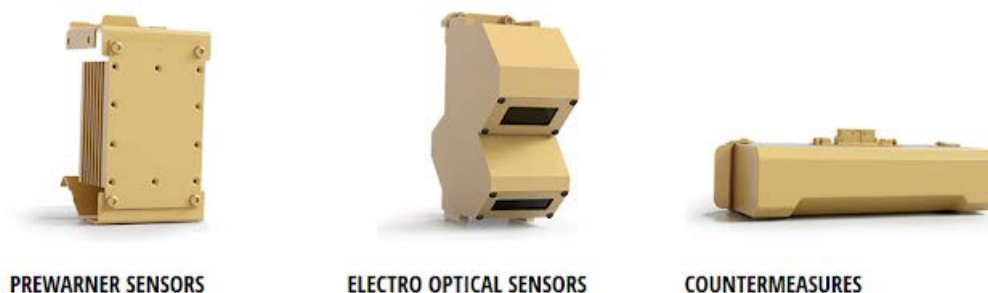


Figura 9. Componentes del AMAPS-ADS. Fuente: blogspot.com.

Una vez activado, el sistema funciona totalmente automatizado. Los radares de prealerta buscarían cualquier amenaza en un radio de 10 a 35 metros, una vez detectada y determinado el vector de aproximación, se clasifica. Cuando la amenaza se encuentra a una distancia de 2 a 4 metros los sensores electroópticos iniciarían el seguimiento de la amenaza y finalmente el sistema lanzaría una contramedida para neutralizar la amenaza [31].

En el caso de que la contramedida más adecuada ya se haya utilizado el sistema utilizaría otra de las contramedidas del APS [7].

El sistema ofrece una protección de 360°, el peso varía según el vehículo sobre el que se instale oscilando entre los 145Kg en vehículos ligeros y 500Kg en vehículos pesados. El consumo energético se mueve en un rango de los 300w, en modo escaneo, a los 600w cuando el sistema está plenamente operativo [7].

El tiempo de respuesta es relativamente bajo oscilando entorno al milisegundo, de 0,56 [37] milisegundos a los 0.6 milisegundos [38], atendiendo a diferentes fuentes. No obstante, sigue sin ser efectivo frente a proyectiles cinéticos, aunque sí que pueda detectarlos.

En cuanto a sus contramedidas no se sabe exactamente de que están compuestas pues ninguna de las compañías que lo desarrollan lo han revelado. Sin embargo, se sabe que no contienen proyectiles o fragmentos metálicos, aunque tampoco está únicamente formado por energía química. Una de las opciones planteadas sería un explosivo de metal inerte denso (DIME), por ejemplo, tantalio o tungsteno [31].

2.2.5 Iron Fist

Este APS ha sido desarrollado por la empresa israelí Elebit Systems Land y se presentó por primera vez en el año 2006 [39]. Se ha instalado en diferentes vehículos como el M60-T Sabra o el blindado 4x4 francés VAB [7]. Existen dos versiones principalmente, una pensada para vehículos pesados y otra para VCI o vehículos ligeros.

El Iron Fist está integrado principalmente por seis subsistemas (figura 10): Los bloques lanzadores, los detectores, las unidades de control de los lanzadores, una unidad de control central, un master de armamento y un panel visual [40].

El APS dispone de dos bloques lanzadores con dos contramedidas cada uno, sus tamaño y posición varía según la versión que se instale. La contramedida que lanza no dispone de metralla, sino que neutraliza las amenazas mediante una explosión. Cada bloque puede rotar sobre sí mismo unos 270° [7].

En cuanto a los detectores, incorpora un total de cuatro detectores formados cada uno por un sistema electroóptico y un radar de barrido. Aunque es un APS Hardkill, los sensores electroópticos pueden actuar como softkill. En cuanto a los radares serían similares a los del APS Trophy. El resto de subsistemas serían los que permiten controlar el APS, cuenta con una unidad central de control, dos controladores de los bloques lanzadores, lo que indica que estos se pueden operar

de forma manual e independiente y la pantalla que sería la interfaz gráfica que muestra todos los datos referidos al APS (figura 10).

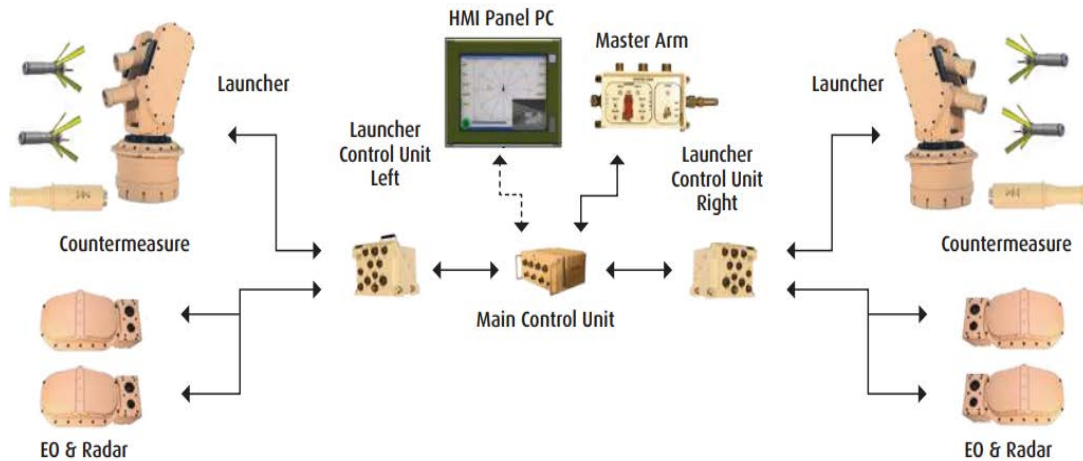


Figura 10. Componentes del Iron Fist. Fuente: *elbitsystems.com*.

El funcionamiento base es similar al de la mayoría de los APS existentes y es capaz de localizar el punto de lanzamiento de la amenaza [33]. Todo esto aparecería convenientemente indicado en la interfaz gráfica del APS para notificarlo a la tripulación.

Otorga una protección integral de 360° en acimut horizontal y un ángulo considerable en acimut vertical. Su consumo es reducido y oscila entre los 610w y los 820w [41]. El peso de la versión ligera es de unos 200Kg aproximadamente [7], mientras que de la versión pesada es 329Kg. El tiempo de reacción se estima en unos 300 o 350 milisegundos con capacidad para neutralizar proyectiles de baja velocidad en un rango de 50 a 150 metros. Conforme a esta fuente y a la propia compañía [42], el APS tiene capacidad para reducir considerablemente la efectividad de los proyectiles, Kinetic Energy (KE), no obstante, éstos se tienen que detectar a una distancia igual o mayor a 600 metros y la contramedida tiene que explotar a una distancia de 50 o 80 cm del proyectil cinético para que esto se cumpla [30].

3 COMPARACIÓN DE LOS APS

Una vez analizados algunos de los principales APS existentes se va a proceder a su comparación. Para ello se van a abstraer sus principales características y se van a comparar atendiendo a si son hardkill o softkill. Para facilitar esta comparación se han resumido las principales características de los APS en dos tablas, aquellas casillas que tengan una “X” es debido a la falta de información o que esta no ha sido contrastada.

3.1 Comparación APS HARDKILL

La tabla 1 recoge los principales datos técnicos de los APS hardkill.

APS HARDKILL	Desarrollador	Peso (Kg)	Acimut vertical (º)	Versiones	Capacidad de reiteración	Tiempo de repuesta (s)
AKKOR	Aselsan	X	X	X	4	X
Trophy	Rafael Advanced Defense System	480-820	180	2	6	0,3-0,35
Arena	KBP	1300	15	3	26	0,07
Arena-M	KBP	900	20	Única	8	0,04
AMAPS-ADS	IBM&Rheinmetall	145-500	X	Múltiples	X	0,0056-0,006
Iron Fist	Elebit System Land	200-329	X	2	4	0,3-0,35
Afghanit	X	X	0	X	10	X
GL5	Norico	X	20	1	12	X
Escudo	Oto Melara	X	45	1	12	>0,25
LEDS 150	SAAB	X	65	1	12	0,12

Tabla 1. Comparación de datos técnicos APS hardkill.

De toda la información recopilada se va a valorar en los APS hardkill: la capacidad de reiteración, que contramedida utilizan, el tiempo de respuesta, el peso y su adaptabilidad a diferentes vehículos. Atendiendo a la falta de información esta comparación se va centrar en el Trophy, Iron Fist, Arena, Arena 3 y el AMAPS-ADS.

El Trophy es uno de los APS mejor valorados, no sólo por sus resultados positivos en combate, sino por sus características distintivas. Comparándolo con el que fue inicialmente su competencia, el Iron Fist, el Trophy no necesita que alguien lo recargue manualmente cuando ha lanzado las contramedidas, por tanto, la tripulación no tiene que exponerse para recargarlas. Su capacidad de reiteración es de 6 contramedidas frente a las 4 del Iron Fist, lo que aumenta su capacidad de supervivencia en combate. Las contramedidas del Trophy se diferencian de las del Iron Fist ya que no se tratan de un proyectil High Explosive (HE) sino de un proyectil Multiple Explosively Formed Penetrator (MEFP) [28]. El MEFP es considerablemente más peligroso para la infantería que acompaña al vehículo [30] ya que explota directamente desde el mismo, de ahí los protectores que lleva el Merkava IV para proteger a la tripulación (conversaciones capitán Navarro García). En cuanto al peso, el Iron Fist es notablemente más liviano que el Trophy en ambas versiones, ésto no sería un problema cuando se trata de un CC, pero sí lo es cuando se quiere incorporar a un vehículo tipo VAMTAC. El tiempo de respuesta es similar en ambos, sin embargo, el Trophy queda desprotegido durante la recarga, que oscila entre los 1,5 y los 1,75 segundos, [30] dificultando la protección del vehículo

cuando hay amenazas que reiteran sobre un mismo sector. A pesar de que no se disponen de datos oficiales, ambos APS protegen al blindado de amenazas verticales con un considerable ángulo de elevación, una característica muy a tener en cuenta en conflictos modernos.

El APS Arena fue uno de los primeros y ya ha encontrado relevo con el Arena-M que todavía se encuentra en fase de prueba. Puesto que el Arena original nunca llegó a implementarse de forma sistemática en los blindados rusos y el Arena-M tampoco se monta en las nuevas plataformas, serie T-14, ambos sistemas quedan destinados principalmente a la exportación. El Arena-M mejora con respecto a su antecesor en cuanto al peso, pasando de 1300kg a 900Kg, la disposición y número de las contramedidas sustituye la antigua implementación circular de 26 contramedidas a una modular con tan solo 8 sin aparentes cambios en estas. El tiempo de respuesta del Arena-M mejora, siendo 0,03 segundos más rápido, aumentando las posibilidades de supervivencia. En comparación con los APS anteriores, las contramedidas se lanzan hacia arriba para neutralizar las amenazas verticalmente y reducir así el radio peligroso para la infantería. Sin embargo, no está pensado para detener las amenazas que provienen desde el aire, pues como se ha dicho anteriormente solo cubre un ángulo vertical de 20°.

El AMAPS-ADS, destaca principalmente de los anteriores por su sorprendente tiempo de reacción, 0,0056-0,006 segundos, no obstante, tampoco es efectivo contra proyectiles KE, aunque sí pueda detectarlos. De cara al futuro es una característica a tener en cuenta pues si se desarrolla una contramedida capaz de destruir a los proyectiles KE no haría falta desarrollar un APS completo. Su peso es considerablemente inferior al del Trophy o el Arena-M, con unos 500 Kg la versión más pesada y tan solo 145 Kg la más ligera, lo que lo hace ideal para pequeños vehículos blindados. En comparación con el Arena que usa una contramedida “similar”, las contramedidas que usa el AMAPS, DIME, están pensadas para neutralizar las amenazas hacia el suelo y considerablemente cerca del vehículo que las porta, reduciendo daños colaterales. No obstante, la capacidad de reiteración se reduce considerablemente cuando las contramedidas se van activando. Pues, aunque están pensadas para solapar sectores, cuando se van activando dejan ángulos totalmente desprotegidos. Del mismo modo que el Arena, tampoco se han diseñado para proteger al vehículo de amenazas verticales, por lo que en este aspecto tanto el Arena como el AMAPS siguen estando por debajo de sus homólogos israelíes.

En conclusión, lo ideal sería un APS con el tiempo de respuesta del AMAPS-ADS, el peso del Iron Fist, la capacidad de autorecarga del Trophy, la posibilidad de proteger al vehículo de amenazas verticales y la capacidad de neutralizar amenazas KE.

Puesto que aún no existe ningún APS que cumpla todos estos requisitos, atendiendo a las características de los APS analizados y a la conclusión obtenida en [4], el APS más factible a adquirir por el momento podría ser el Trophy. De todas sus características una de las más importantes es la posibilidad de proteger al vehículo de amenazas verticales, muy a tener en cuenta si repasamos el conflicto moderno entre Armenia y Azerbaiyán, así como, es uno de los más económicos y el único probado en combate.

3.2 Comparación APS SOFTKILL

En cuanto a las características de los APS softkill se han resumido en la tabla 2. La comparación se centrará principalmente en el Galix, Shtora-1, Rosy y el Muss.

APS SOFTKILL	Desarrollador	Peso (Kg)	Número máximo de lanzadores	Perturbador	Tiempo de reacción (S)
Galix	LACROIX	X	24	No	X
Shtora-1	Niitransmash & Elers-Elektron	350	12	OTSHU-1-7	<3
Rosy	Rheinmetall Defense	144	60	No	0,4
Muss	EADS Defense Electronics & AIRBUS	160	8	MJH	1-1,5
Afghanit	UralVagonZavod	X	24	X	X
YG	X	X	3	SÍ	X
LEDS 100	SAAB	X	6	X	1<

Tabla 2. Comparación de datos técnicos APS softkill.

LACROIX por el momento sigue siendo bastante reservado con la información que ofrece acerca de su APS Galix. Las características dependen fundamentalmente de las peticiones del comprador, por lo que varían considerablemente. El aspecto más reseñable del mismo es la gran variedad de municiones que la empresa ofrece para el Galix. Algunos ejemplos son: GALIX 13 que protege de forma visual e infrarroja, el GALIX 17 similar a la anterior, pero de instrucción, Galix 4 con funciones de neutralización de personal, etc.

El sistema ruso Shtora-1, ya ha sido probado en combate y a diferencia del anterior si dispone de perturbadores, especialmente efectivos contra los ATGM. También cuenta con la posibilidad de orientar la torre frente a la amenaza ofreciendo la parte más blindada de la torre. Su peso es considerablemente superior al de sus homólogos occidentales con unos 350 Kg.

En cuanto al Rosy, su principal característica es su modularidad y adaptabilidad a cualquier vehículo, su tiempo de reacción es considerablemente rápido frente al resto de APS softkill, no obstante, carece de cualquier tipo de perturbador.

El Muss por su parte cuenta con un reducido número de lanza-ingenios si tenemos en cuenta que la principal función de los APS softkill es la protección de los vehículos mediante su apantallamiento, al tener únicamente 8 lanzadores, 4 por cada lado, seguramente no tenga capacidad de reiteración siendo necesaria una recarga. A diferencia del Rosy sí cuenta con un perturbador, MJH, que se orientaría automáticamente frente a la amenaza.

En conclusión, un APS softkill ideal sería aquel que cuenta con la capacidad de apantallar al vehículo completamente en pocos segundos. El hecho de que tenga o no perturbador pasa a segundo plano pues el consumo de estos subsistemas a menudo es muy elevado y no pueden operarse por mucho tiempo. También es importante que pueda reiterar la protección pues en combate no conviene o no es posible su recarga. Atendiendo a estas características uno de los más convenientes podría ser el Rosy pues su sencillez y adaptabilidad lo hacen idóneo para cualquier vehículo, además es el más rápido ya que apantalla completamente al vehículo en menos de un segundo y su capacidad de reiteración es considerablemente elevada. Prueba de ello es la implementación del sistema en una de las nuevas versiones del MBT Leopard.

4 ASPECTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS

De los APS analizados anteriormente se pueden deducir aspectos positivos y negativos comunes a todos ellos. En este apartado no se va a distinguir entre APS Hardkill o Softkill sino que se van a analizar en su conjunto, destacando aquellos APS con características distintivas.

4.1 Aspectos Positivos

Al igual que ocurre con otros muchos sistemas que incorporan los vehículos blindados, por ejemplo, sistemas de estabilización, cámaras, ópticas, etc. los APS a día de hoy son prácticamente de obligatoria implementación por los siguientes motivos;

- Ofrecen una cobertura al vehículo de 360° horizontales, tanto harkill como softkill, frente a la gran mayoría de Anti Tank Guided Missile (ATGM) y sistemas de guiado. Algunos, como el Trophy o el Iron Fist protegen a la plataforma de amenazas que provengan desde el aire con una considerable elevación, como misiles spike o misiles lanzados por aeronaves o drones.

- Mientras el APS está operativo las probabilidades de supervivencia del vehículo se ven considerablemente mejoradas pues, salvo fallos, anula totalmente la capacidad de perforación de un cohete antitanque anticuado, como puede ser un RPG-7, uno de los más utilizados por la insurgencia. Tanto el Afghanit como Iron Fist, desde un punto de vista teórico, cuentan con la posibilidad de neutralizar los proyectiles KE reduciendo eficazmente su capacidad de perforación del blindaje. No obstante, incluso los fabricantes más optimistas de los sistemas rusos hablan de una capacidad para afrontar municiones con velocidades en torno a 1000m/s, lo que supone que no solo no es efectivo frente a municiones KE sino frente a municiones convencionales de carga hueca y rompedoras con velocidades de 1000 o 1200m/s (conversaciones capitán Navarro García). Recordemos que junto con los misiles que atacan desde arriba y los drones, los proyectiles KE son la principal amenaza para los CC.
- Otro aspecto a resaltar es el incremento en la moral que se produce, no sólo en el personal que acompaña al vehículo sino especialmente en el de las tripulaciones. Dentro de los vehículos blindados factores como la visibilidad escasean por lo que incorporar un APS que transmite información del entorno, como la localización de un origen de fuegos, permite aumentar la consciencia situacional de la tripulación y su capacidad de reacción.
- Los blindajes modulares modernos son considerablemente pesados y en consecuencia reducen notablemente la movilidad de los vehículos, especialmente los ligeros o los de tipo VCI. Incorporar un APS permite reducir este tipo de blindajes, esto no significa que se pueda prescindir de ellos, incrementando su maniobrabilidad y movilidad.
- Existen APS plenamente operativos e incluso probados en combate, no obstante, sigue siendo un sistema novedoso y con mucho margen de mejora. Ésto se puede aprovechar como una oportunidad para iniciar un desarrollo nacional de un APS, potenciando la industria de defensa española. Es decir, crear un APS que cuente con capacidades que no están presentes en el mercado, por ejemplo, un APS que proteja totalmente a los vehículos de amenazas aéreas.

Durante el último conflicto acaecido este año, Armenia y Azerbaiyán, se ha visto un extenso uso de drones que han causado fuertes estragos entre los blindados, especialmente los armenios, que carecían de cualquier tipo de APS. Ésto ha conllevado terribles pérdidas humanas y materiales y, en consecuencia, la moral también se ha visto considerablemente mermada pues en la gran mayoría de las bajas producidas no tenían ni siquiera conocimiento del vuelo de drones.

Este último conflicto no solo destaca la importancia que los drones tienen a día de hoy y en futuros conflictos sino la necesidad proteger a los blindados con los APS. En esta línea:

- Aunque no se sabe de la existencia de un APS que proteja totalmente a los blindados de amenazas aéreas, si se sabe que los APS pueden interconectarse con los sistemas del vehículo y a su vez, con los ordenadores de otros vehículos para compartir datos e información. Es decir, las amenazas que detecta un blindado son puestas rápidamente en conocimiento del resto de vehículos para alertarlos y que neutralicen la posible amenaza. Por ejemplo, una sección de blindados que dispongan de un APS como el Iron Fist, con un considerable ángulo de protección vertical podría constituir una esfera de protección frente a amenazas aéreas. Las amenazas que quedan fuera de ángulo del APS de un vehículo quedarían cubiertas por las de otro, no obstante, esto supondría aplicar nuevas modificaciones pues recordemos que la mayoría de los APS están optimizados para neutralizar las amenazas a una distancia prudente del vehículo.
- El uso de APS otorga independencia a las unidades que emplean vehículos blindados, pues entre otras cosas no dependen constantemente de unidades antiaéreas agregadas que retrasen su maniobra. Poniendo de ejemplo a una compañía de CC en base a Leopard 2E, una de las principales ventajas que tiene este MBT en el campo es su velocidad y maniobrabilidad. Al agregarle un pelotón de defensa antiaérea mistral en base a vehículo de alta movilidad táctica (VAMTAC), vehículo de ruedas, la maniobra de los CC se ve considerablemente retrasada y condicionada debido a estos últimos, pues no son capaces de maniobrar con tanta soltura en el campo como lo hace un Leopard 2E.
- El coste de las armas contra carro es notablemente inferior al de cualquier vehículo blindado, teniendo en cuenta que éstos suelen ser un recurso crítico y más si hablamos de CC, se refuerza la necesidad de implementar un APS pues protege una inversión en capital y sobre todo en personal.

Por lo tanto, al margen de todas las ventajas que conlleva el uso de un APS, para futuros conflictos donde la presencia de drones será una realidad, es necesario disponer de un sistema que proteja a los vehículos blindados frente a amenazas aéreas, por encima de las que presentan los ATGM u otros CC pues ya existen APS que otorgan protección frente a éstas.

4.2 Aspectos Negativos

Al igual que cualquier sistema los APS presentan factores negativos o condicionantes, sin embargo, ésto no cuestiona la obligatoriedad de su uso.

- La mayoría de los APS son modulares y presentan diferentes versiones adaptables. En vehículos ligeros y VCI la movilidad se ve reducida pues el peso no es despreciable. Esto no ocurre con los MBT donde incrementar hasta una tonelada que puede llegar a pesar un APS completo no supone gran problema.
- Los APS suponen un peligro tanto para la tripulación como para la infantería que acompaña al vehículo. Sobre todo, en aquellos sistemas en los que la explosión de las contramedidas es realizada desde el propio vehículo, caso del Trophy, y no por medio de proyectiles como el Iron Fist. Por ello es importante que el APS esté bien optimizado para que la carga o energía que elimina la amenaza no cause estragos en la fuerza propia. Esto se consigue con municiones que explodieren a una distancia aceptable del vehículo y con una precisión que permita el uso de una carga explosiva limitada. Algunas de las opciones implementadas son sistemas que anulan el APS cuando las escotillas del vehículo están abiertas, caso del Arena, o poner blindaje protector en el vehículo para que la tripulación no sufra daños cuando va por fuera del vehículo y el APS se activa, esto se ha implementado en los Merkava IV como se ve en la figura 6. Sin embargo, esto significaría aumentar el peso del conjunto del APS y sobrecargar la electrónica al incorporar más sistemas.
- Otro problema añadido es el consumo eléctrico de los APS, en aquellos vehículos donde el APS se incorpora de serie no hay problema pues la plataforma se diseña para soportar las exigencias de todos sus sistemas. Esto no ocurre cuando se produce en una actualización del vehículo, donde seguramente sea necesario determinar si el sistema eléctrico es capaz de suministrar la energía necesaria al APS sin producir sobrecargas o reducir la efectividad de otros sistemas.
- Otro condicionante es el espacio necesario para todos los subsistemas, pues en los concurridos vehículos no resulta fácil incorporar más componentes, estos dos últimos condicionantes se sufrieron con la incorporación de los inhibidores de los vehículos del ET [3, p. 46].
- Otro problema derivado sería la necesidad de mantener la electrónica del vehículo refrigerada, pues un sobrecalentamiento a menudo supone fallos en la electrónica. Una solución frente a la refrigeración y la carga eléctrica que supone el APS es el uso de baterías recargables, que permiten el empleo pese a la inutilización de los sistemas del blindado por el enemigo,

permitiendo mantener en el exterior la mayoría de los componentes del APS y evitar así cualquier sobrecalentamiento (conversaciones capitán Navarro García).

- Los APS no ofrecen una protección integral frente a amenazas que provienen desde el aire, es decir, el vehículo sigue siendo plenamente vulnerable cuando le atacan verticalmente.
- Otro aspecto a tener en cuenta es lo llamativo que se vuelven los vehículos que van “sembrados” con los subsistemas de los APS como los radares, sensores ópticos, etc. A menudo y para no reducir su eficacia se dejan sin proteger lo que los hace especialmente vulnerable contra pequeños proyectiles y metralla. En caso de que alguno de estos fuese dañado la eficacia del APS se vería reducida considerablemente, dejando sectores desprotegidos o incluso anulando el funcionamiento completo del APS.
- Otro condicionante es el resto de sistemas con los que tienen que ser compatibles, es decir, coexistir con ellos en aquellos vehículos en los que se realiza una actualización. Un ejemplo serían los Tank Urban Survival Kits (TUSK), a las dificultades que se presentan para incorporar un APS hay que sumar el de incorporar otros sistemas como puede ser una torre de control remoto. Los TUSK y los APS son absolutamente imprescindibles cuando hablamos de modernizar un vehículo, como puede ser el Leopardo 2E, y prepararlo para combatir en un entorno Urbano.
- El mantenimiento se dificultaría considerablemente de ser implementado pues se trata de sistemas complejos e imprescindibles para el combate. Además, los conocimientos a mayores con los que tendrían que familiarizarse las tripulaciones requeriría más horas de instrucción.
- Debido a que aún no existe ninguna protección 100% eficaz contra proyectiles KE una de las medidas que se toman para minimizar los daños frente a estos es dejar las escotillas del cargador y jefe de vehículo abiertas. De esta forma la sobrepresión que se genera de ir cerradas cuando el proyectil KE perfora el blindaje no hace explotar al vehículo completamente, sino que se reduce considerablemente al ir ambas escotillas abiertas. De incorporar un APS las escotillas deberían ir cerradas para que la tripulación no se vea afectada por las propias contramedidas del APS, incrementando así la letalidad de los proyectiles cinéticos.

En resumen, los aspectos negativos que se derivan de los APS no son despreciables pero la balanza de aspectos positivos supera a los negativos y más si tenemos en cuenta que estos sistemas salvan vidas.

5 LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

En muchos artículos y TFGs anteriores se ha llegado a la conclusión de que un APS es conveniente a día de hoy. Además, en las entrevistas realizadas al personal de unidades acorazadas durante el pasado año 2019, se derivaba que los APS, entre otros sistemas, son necesarios [43, p. 35-44]. Conforme a la futura fuerza 2035 se habla de una actualización del Leopard 2E a Leopardo 2E PLUS que incluiría entre otras mejoras un APS [44, p. 66]. Ésta sería la última actualización del Leopard 2E antes de su sustitución por el futuro CC europeo en el que España entre otros países ha mostrado mucho interés [45]. No obstante, esta última actualización puede no llegar a realizarse nunca [46], pues los recursos económicos de los que dispone el ET son muy limitados y actualmente existen otras prioridades como el nuevo 8*8 DRAGON.

En cuanto a este último vehículo, no parece que vaya a incorporar de serie un APS. Pero, sí contempla su incorporación más adelante, es decir, ya se han realizado los estudios necesarios para que la plataforma 8*8 pueda soportar un APS, sin que sean necesarias modificaciones a mayores que compliquen su implementación.

La mayoría de los APS son modulares y disponen de versiones de menor tamaño pensadas para vehículos más ligeros que los CC. En España encontramos principalmente dos vehículos de este tipo, el VCI Pizarro y el vehículo de reconocimiento y combate (VRCC) Centauro. En el documento nombrado anteriormente, Fuerza 35, se habla de actualizaciones de estos blindados, pero no incluyen un APS. En consecuencia, el único blindado que parece estar destinado a corto/medio plazo a la implementación de un APS sería el Leopard 2E, al margen de que unidades como las de operaciones especiales ya hayan adquirido un APS softkill, el Rosy, como se ve en la Figura 12.

En cuanto a cuál sería el APS más factible a incorporar en los blindados españoles en un futuro, acorde a las conclusiones alcanzadas en [4], el más viable sería el Trophy. Es el único de su tipo que ha dado resultados muy satisfactorios en combate, además, ya se ha implementado en otros blindados como el CC Abrams Estadounidense y otorga una considerable protección vertical, capacidad que pocos APS tienen. Sin embargo, tampoco se descartarían otros APS como el Iron Fist o el AMAPS- ADS que parece que será el que incorpore el nuevo CC europeo.

De ser incorporado un APS, serían necesarios cambios en la doctrina que acompaña a las unidades del ET que emplean vehículos blindados, al igual que tuvo que realizarlos las Fuerzas de Defensa de Israel cuando incorporaron el Trophy.

“Los israelíes reconocen que la introducción del Trophy ha obligado a cambiar ciertos procedimientos” [3, p.47]

En los futuros conflictos los drones de ataque van a ser una realidad, no sólo los convencionales que se habían visto hasta ahora, sino nuevos diseños como los drones merodeadores, enjambres, etc. En este campo hay naciones especialmente avanzadas como china que ha sido el primer país en presentar un vehículo porta enjambres [47] (ver Anexo VIII). Cualquiera de estos sistemas, suponen una amenaza para los blindados, como se ha visto en el conflicto del Nagorno-Karabaj. Una vez más se refuerza la necesidad de incorporar un APS que otorgue protección contra amenazas convencionales y más importante, contra las que se verán en un futuro cada vez más cercano.



Figura 11. Nuevo vehículo VMOE con el sistema Rosy incorporado (señalado en rojo). Fuente: *defensa.com*.

Por otro lado, tampoco podemos olvidar que a día de hoy sigue sin existir un APS con capacidad para neutralizar proyectiles cinéticos, que junto a los ataques aéreos siguen siendo la principal amenaza que encuentran los blindados.

Por consiguiente, en el caso de que España finalmente adquiera un APS sería necesario actualizarlo para que sea plenamente eficaz contra estas vulnerabilidades. O de lo contrario, desarrollar un nuevo sistema que cubra estas necesidades y dejar que los APS se encarguen únicamente de la protección horizontal de los vehículos.

6 CONCLUSIONES

Atendiendo a todas mejoras que se han ido incorporando en blindados de nueva generación, la realidad es que a corto y medio plazo la gran mayoría de ellos incluirán de serie un APS. Ésto se debe principalmente a las ventajas que ello conlleva, es decir, los APS salvan vidas y mejoran la eficacia de las unidades durante el desarrollo de sus cometidos.

Sin embargo, de los APS también se deducen una serie de condicionantes negativos que no son despreciables, por ejemplo, el reto que supone implementar un nuevo sistema en un vehículo que no fue diseñado para ello. En este aspecto el ET ya se ha anticipado para evitar futuras complicaciones en su nuevo blindado, el 8*8 DRAGON, capacitándolo desde el inicio de su desarrollo para una futura adquisición de un APS. Aunque ya existen APS plenamente operativos, sigue siendo necesario cubrir ciertas vulnerabilidades que a día de hoy siguen siendo una amenaza, como los proyectiles KE. En este ámbito, los APS todavía tiene mucho margen de mejora pues ni siquiera los vehículos más modernos como el T-14 Armata cuentan con un APS efectivo frente a estos proyectiles.

De las comparaciones realizadas entre los APS estudiados se llega a la conclusión de que a día de hoy no hay ningún APS que sea absolutamente superior sobre los demás, sino que cada APS tiene unas cualidades distintivas. En base a estas cualidades y a las propias del vehículo se incorporará el APS que resulte más apropiado, de ahí que no se descarte ningún APS, aunque el Trophy siga siendo el más viable para los blindados españoles.

Para finalizar, puedo afirmar que el presente trabajo me ha sido de gran ayuda para: saber obtener diferentes fuentes de información y desarrollar la capacidad de determinar su fiabilidad, comparar y contrastar los datos obtenidos por diferentes vías, obtener una serie de conclusiones en base a la información contrastada, y por último, incrementar mis conocimientos acerca de los APS.

El presente trabajo se espera que se ajuste a las necesidades del Regimiento Acorazado Castilla Nº 16 en cuanto a APS se refiere, permitiendo asentar una base informativa sólida sobre los APS que sirva de ayuda para futuras investigaciones, así como, para una posible adquisición de un APS para los vehículos del Ejército de Tierra.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BBC Mundo. 5 tanques que cambiaron el curso de la Primera Guerra Mundial. En: *BBC News* [consulta 28/08/2020]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-43256909>
- [2] Anónimo. El tanque que hizo su debut en la Primera Guerra Mundial y trasformó para siempre las estrategias de guerra. En: *BBC News* [consulta 28/08/2020]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-44357263>
- [3] GONZÁLEZ GARCÉS, Roberto y otros. Sistemas de Protección Activa. *Memorial de Caballería*. 2020, nº89 [consulta 26/08/2020]. ISSN 2444-5045. Disponible en: <https://publicaciones.defensa.gob.es/memorial-de-caballeria-89-revistas-pdf.html>
- [4] MARTÍNEZ GÓMEZ, José Joaquín. *Implementación de un sistema de defensa activa en el Carro de Combate Leopardo 2E*. Trabajo de Fin de Grado, Centro Universitario de la Defensa, Universidad de Zaragoza, 2016.
- [5] RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, Yago. T-14 Armata. En: *Revistaejércitos* [consulta 28/08/2020]. Disponible en: <https://www.revistaejercitos.com/2019/11/30/t-14-armata/>
- [6] Anónimo. El primer sistema de protección activa “Trophhy” de producción entregado al US Army. En: *Defensa.com* [consulta 28/08/2020]. Disponible en: <https://www.defensa.com/otan-y-europa/primer-sistema-proteccion-activa-trophy-produccion-entregado-us>
- [7] FERNÁNDEZ MATEOS, Francisco. Sistemas de Protección Activa. En: *Revistaejércitos* [consulta 01/09/2020]. Disponible en: <https://www.revistaejercitos.com/2018/09/16/sistemas-de-proteccion-activa/>
- [8] Anónimo. GALIX. En: *Army Guide* [consulta 01/09/2020]. Disponible en: <http://www.army-guide.com/eng/product719.html>
- [9] LACROIX. Detalles del producto, Galix. En: *LACROIX* [consulta 02/09/2020]. Disponible en: <https://www.lacroix-defense.com/produit.php?pole=land&code=galix>
- [10] DURA, Maksymilian. GALIX – Sistema de autodefensa activa multiusos para plataformas terrestres. En: *Defence24com* [consulta 02/09/2020]. Disponible en: <https://www.defence24.com/galix-multi-purpose-passive-self-defence-system-for-land-platforms>

- [11] ZALOGA, Steven y otros. TShU-1-7 Shtora-1 EOCMDAS. En: *Fofanov.armor.kiev.ua* [consulta 13/09/2020]. Disponible en: <http://fofanov.armor.kiev.ua/Tanks/EQP/shtora.html>
- [12] Anónimo. SHTORA-1. En: *Army Guide* [consulta 13/09/2020]. Disponible en: <http://www.army-guide.com/eng/product3009.html>
- [13] KOTSCH, Stefan. SHTORA-1. En: *Kotsch88.de* [consulta 13/09/2020]. Disponible en: http://www.kotsch88.de/al_shtora-1.htm
- [14] Anónimo. Compra de un sistema de humo y oscurecimiento para los VAMTAC portugueses. En: *Defensa.com* [consulta 17/09/2020]. Disponible en: <https://www.defensa.com/otan-y-europa/compra-sistema-humo-oscorecimiento-para-vamtac-portugueses>
- [15] RHEINMETALL DEFENCE. ROSY, Rapid Obscuring System for Land Vehicles. En: *angelopodesta* [consulta 17/09/2020]. Disponible en: http://www.angelopodesta.com/documenti/Brochure_Rosy_Land.pdf
- [16] RHEINMETALL DEFENCE [Alfonso Poncela]. "How to operate, part2: Installation of magazines". 17/11/2016. [Vídeo de youtube]. <<https://www.youtube.com/watch?v=ed2iCKiX4yw&vl=de>> [Consulta: 17/09/2020].
- [17] Anónimo. Muss Protection. *armada INTERNATIONAL*. 2006, volumen 30, nº1, p.6. ISSN 0252-9793.
- [18] Anónimo. Below The Turret Ring: QinetiQ to test MUSS APS for British Army. En: *blogspot.com*. 07/07/2016. [Consulta: 26/09/2020]. Disponible en: <https://below-the-turret-ring.blogspot.com/2016/07/qinetiq-to-test-muss-aps-for-british.html>
- [19] Anónimo. Active Self Protection System MUSS. *Defence Technology Review*. 2014, p.80-81.
- [20] Anónimo. Sistem de autoprotección multifunción (MUSS). En: *Defense Update* [consulta 27/09/2020]. Disponible en: https://defense-update.com/20060815_muss.html
- [21] BARREIRA M.S, Victor. Turquía contrata un sistema de protección activa para los carros de combate Altay. En: *Defensa.com* [consulta 19/09/2020]. Disponible en: <https://www.defensa.com/otan-y-europa/turquia-contrata-sistema-proteccion-activa-para-carros-combate>
- [22] MEHMET FATIH, Yazar. Sistema de advertencia láser para tanques (TLUS). En: *DefenceTURK.net* [consulta 20/09/2020]. Disponible en: <https://www.defenceturk.net/tlus>

[23] Anónimo. Aselsan AKKOR-Sistema de protección activa. En *Millisavvantaj.com* [consulta 20/09/2020]. Disponible en: <http://www.millisavunma.com/aselsan-akkor-aktif-koruma-sistemi/>

[24] MEHMET FATIH, Yazar. Sistema de protección activa AKKOR. En *DefenceTURK.net* [consulta 20/09/2020]. Disponible en: <https://www.defenceturk.net/akkor>

[25] MILLISAVUNMASANAYII [Alfonso Poncela]. “Aselsan AKKOR-Active Protection System”. 05/11/2015. [Vídeo de youtube]. <<https://www.youtube.com/watch?v=AwJzsLhSOgl>> [consulta 20/09/2020].

[26] MAILFER MÉNDEZ, Paul. *Actualización del carro de combate Leopard 2E para el combate en escenarios de Europa del Este*. Trabajo de Fin de Grado, Centro Universitario de la Defensa, Universidad de Zaragoza, 2019.

[27] Anónimo. HardKill APS: Sistema de protección activa. En: *Militarypedia* [consulta 13/10/2020]. Disponible en: <https://www.militarypedia.it/hardkill-aps-active-protection-system/>

[28] RAFAEL. Trophy Family, Active Protection Suite for Armored Vehicles. En: *Rafael.co.il* [consulta 21/09/2020]. Disponible en: <https://www.rafael.co.il/wp-content/uploads/2019/03/Trophy-Family-brochure.pdf>

[29] LEONARDODRS, RAFAEL. TROPHY. En: *leonardodrs.com* [consulta 21/09/2020]. Disponible en: https://www.leonardodrs.com/media/6346/trophy_datasheet.pdf

[30] Anónimo. Sistema de Protección Activa ARENA. En: *fofanov.armor.kiev.ua* [consulta 22/09/2020]. Disponible en: <http://fofanov.armor.kiev.ua/Tanks/EQP/arena.html>

[31] Anónimo. Below The Turret Ring: Harkill APS overview. En: *blogspot.com*. 07/01/2017. [Consulta: 24/09/2020]. Disponible en: <https://below-the-turret-ring.blogspot.com/2017/01/hardkill-aps-overview.html>

[32] DefenseWorld. Rusia comienza las pruebas de la contramedida Arena-M equipada en los tanques T-72. En: *DefenseWorld.NET* [consulta 22/09/2020]. Disponible en: https://www.defenseworld.net/news/25880/Russia_Begins_Trials_of_Arena_M_Co_untermeasure_Equipped_on_T_72_Tanks#.X4NZe2gzbIW

[33] KONSTRUKTORSKOYE BYURO MASHYNOSTROYENIYA (KBM). Sistema de protección activa Arena. En: *KBM.ru* [consulta 23/09/2020]. Disponible en: <https://www.kbm.ru/en/production/saz/368.html>

[34] NORTH AMERICAN TECHNOLOGY AND INDUSTRIAL BASE ORGANIZATION (NATBIO). Collaborative Point on Active Protection Systems. En: *apps.dtic.mil* [consulta 23/09/2020]. Disponible en: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a474267.pdf>

[35] ANDREI [Alfonso Poncela]. “Комплекс активной защиты «Арена-Э» (Arena-E APS)”. 27/12/2014. [Vídeo de youtube] <https://www.youtube.com/watch?v=iQbn_dQEg_c&feature=youtu.be> [consulta 26/09/2020].

[36] ESHEL, Tamir. Nuevo debut de Arena-3 APS en RAE-2013. En: *Defense Update* [consulta 26/09/2020]. Disponible en: https://defense-update.com/20130925_a-new-arena-aps-debut-at-rae-2013.html

[37] MILITARY SIGNATURE [Alfonso Poncela]. “AMAP ADS active defence system is a hard kill active protection sistema APS, developed by the German”. 10/10/2017. [Vídeo de youtube] <<https://www.youtube.com/watch?v=qVvXlqyqQlq>> [consulta 25/09/2020].

[38] Anónimo. AMAP. En: *Deagel.com* [consulta 25/09/2020]. Disponible en: <https://www.deagel.com/Protection%20Systems/AMAP/a002202>

[39] Anónimo. IRON FIST. En: *Army Guide* [26/09/2020]. Disponible en: <http://www.army-guide.com/eng/product5233.html>

[40] ELBITSYSTEMS. Iron Fist Series of Active Protection Systems. En: *elbitsystems.com* [consulta 26/09/2020]. Disponible en: <https://elbitsystems.com/media/Catalog-Active-Protection-Systems-5-Web.pdf>

[41] GENERAL DYNAMICS. IRON FIST LIGHT DECOUPLED (IF-LD). En: <https://www.gd-ots.com/wp-content/uploads/2018/12/Iron-Fist-Light-Decoupled-IFLD.pdf>

[42] ELBIT SYSTEMS [Alfonso Poncela]. “Elbit Systemas / Iron Fist APS”. 18/08/2020. [Vídeo de youtube] <https://www.youtube.com/watch?v=e4_kFEw33s4> [consulta 28/09/2020].

[43] CAVERO TEJEDOR, Victor. PROSPECTIVA TECNOLÓGICA EN VETRÓNICA DE CARROS DE COMBATE. *Revista Ejército*. 2020, nº949 [consulta 20/10/2020]. [ISSN 2530-2035]. Disponible en: https://zaguan.unizar.es/record/94477/files/texto_completo.pdf

[44] EJÉRCITO DE TIERRA. FUERZA 2035. En: *ejercito.defensa.gob.es* [consulta 20/10/2020]. Disponible en: https://ejercito.defensa.gob.es/eu/Galerias/Descarga_pdf/EjercitoTierra/Publicaciones/fuerza_35.pdf

[45] Anónimo. El Ejército español apuesta por el futuro carro de combate europeo. En: *infodefensa.com* [consulta 20/10/2020]. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/es/2019/09/05/noticia-ejercito-espanol-apuesta-futuro-carro-combate-europeo.html>

[46] DEFENSA.COM. El Ejército de Tierra no modernizaría el Leopard 2E. En: *defensa.com* [consulta 20/10/2020]. Disponible en: <https://www.defensa.com/espana/ejercito-tierra-no-modernizara-leopardo-2e>

[47] The Political Room (@Political_Room). “China se ha adelantado al resto del mundo, diseñando uno de los primeros vehículos portaenjambres de la historia.” 17/10/2020, 11:27 a.m., [Tuit]. <https://twitter.com/Political_Room/status/1317396684335239168> [Consulta: 21/10/2020]

[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]

6 ANEXOS

6.1 Anexo I Sistema TEESS

Son muchos los países que ya cuentan con este sencillo, pero práctico sistema. En España se está trabajando para una futura implementación en el Leopard 2E, el sistema se llama Tank Engine Exhaust Smoke System (TEESS) y ha sido diseñado por el Capitán Don Ignacio Navarro García para el Concurso de Buenas Prácticas. En la ilustración 14 se puede ver el sistema en funcionamiento, el Leopard 2E se mueve marcha atrás para ocultarse en la humareda que genera.



Figura 12. TEES en funcionamiento. Fuente: Capitán Don Ignacio Navarro García.

6.2 Anexo II APS Galix sobre CC Leclerc francés

En las siguientes ilustraciones se puede ver el APS Galix sobre un CC Leclerc y el efecto que provoca.



Figura 13. APS Galix (círculo rojo) sobre el CC Leclerc. Fuente: *armyrecognition.com*.



Figura 14. Apantallamiento de un CC provocado por el APS Galix. Fuente: *lacroix-defence.com*.

6.3 Anexo III Sistem Lanza-Ingenios

Los Lanza-ingenios son los tubos lanzadores de contramedidas (diferentes proyectiles) que se sitúan normalmente a los laterales de la torre de los vehículos blindados. A continuación, se adjuntan dos figuras de los Lanza-ingenios sobre blindados españoles.



Figura 15. Grupo de lanza-ingenios sobre el CC Leopard 2E. Fuente: *elconfidencialdigital.com*



Figura 16. Grupo de lanza-ingenios sobre el VCI Pizarro. Fuente: *defensa.com*.

6.4 Anexo IV Información adicional sobre el APS Shtora-1

En la Figura 17 se pueden apreciar los “ojos” rojos del APS Shtora-1.



Figura 17. Emisores IR del APS Shtora-1 en funcionamiento. Fuente: *militaryleak.com*.

En la siguiente imagen se pueden apreciar los principales controles del APS. La placa que aparece en el centro sería el controlador principal del sistema que estaría situado en el lugar del jefe del vehículo. La esfera de la izquierda sería un indicador Led que señalaría la dirección de la amenaza, mediante la iluminación del led verde correspondiente. También indica si los emisores IR están o no activados, así como, el número de contramedidas disponibles. La esfera de la derecha sería una versión simplificada para el conductor.

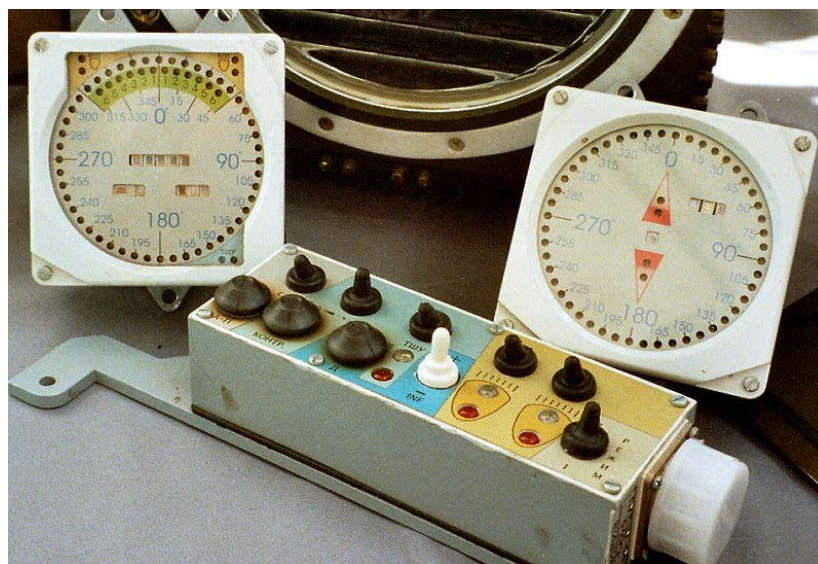


Figura 18. Paneles de control del Shtora-1. Fuente: *kotsch88.de*.

A continuación se detallan los paneles de la Figura 18 junto con una traducción realizada para entender mejor como funcionaría realmente este APS, es decir, como se utilizarían los paneles de los que dispone.

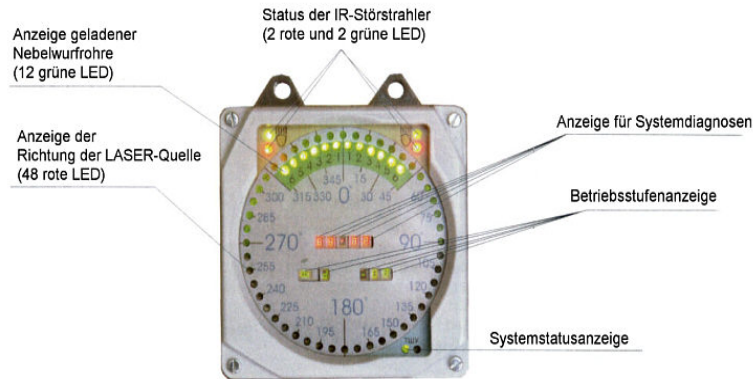


Figura 19. Detalle de la esfera del jefe de vehículo. Fuente: *kotsch88.de*.

Traducción del disco led:

- Status der IR-Störstrahler: Estado de los Emisores IR (On/Off)
- 2 rote und 2 grüne Led: 2 rojos y 2 verdes Led (Dos indicadores)
- Anzeige geladener Nebelwurfrohre: Indicador de estado de los lanza-ingenios (Led verde si está operativo)
- Anzeige der Richtung der Laser Quelle: Indicador de la dirección de la fuente láser, indicaría la dirección en la que proviene la amenaza (48 led rojos).
- Anzeige für Systemdiagnosen: Pantalla para el diagnóstico de sistema
- Betriebsstufenanzeige: Pantalla de la humareda en funcionamiento, podría indicar el tiempo que lleva activo el apantallamiento provocado por los lanza-ingenios. Serviría para dar una idea del tiempo que se tendría para maniobrar, etc.
- Systemstatusanzeige: Pantalla de estado del sistema (Un led rojo otro verde). Indica si el APS está o no encendido.



Figura 20. Disposición interna de los paneles. Fuente: *kotsch88.de*.

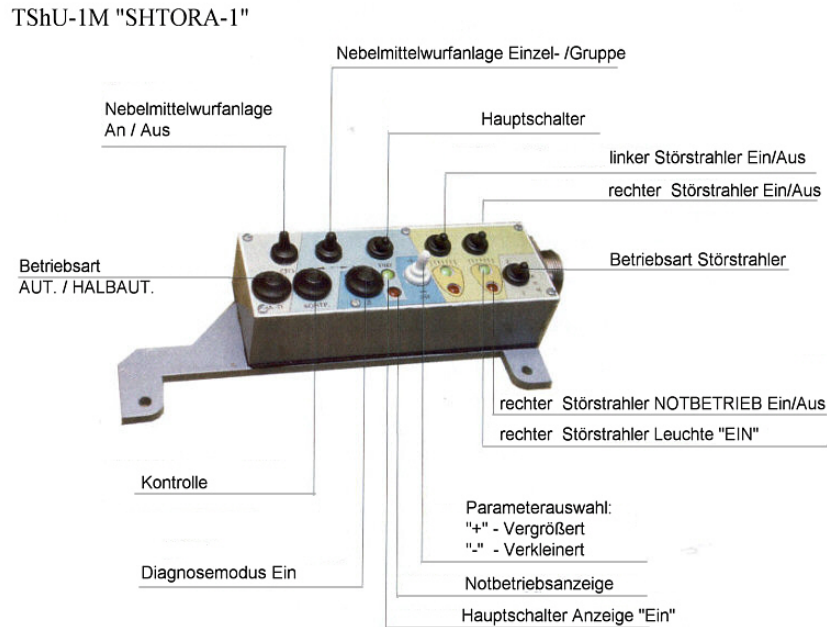


Figura 21. Detalle del panel de control principal del shtora-1. Fuente: *kotsch88.de*.

Traducción del panel de control principal:

- Nebelmittelwurfanlage An/AUS: Sistema de activación/Desactivación de lanza-ingenios (Encendido o apagado)
- Nebelmittelwurfanlage Einzel- Gruppe: Sistema de activación de lanza-ingenios (Permite lanzar un grupo de lanza ingenios, no todos)
- Hauptschalter: Interruptor principal
- Linker Störstrahler: Emisor IR izquierdo
- Rechter Störstrahler: Emisor IR derecho
- Betriebsart Störstrahler: Modo de funcionamiento del Emisor IR
- Betriebsart Aut Halbaut: Modo de funcionamiento Automático semi-automático
- Kontrolle: Control
- Diagnosemodus Ein: Modo de diagnóstico activado
- Rechter Störstrahler notbetrieb Ein/aus: Operación de emergencia del radiador de interferencia derecha Apagado/Encendido (Entiendo que será cuando está en modo automático)
- Rechter Störstrahler leuchte ein: El radiador de interferencia derecho iluminado
- Parameterauswahl: Selección de parámetros
 - o Vergrößert: Mas grueso_Puede ser los láseres menos precisos
 - o Verkleinert: Mas reducido_Láseres más precisos
- Notbetriebsanzeige: Iniciador del operador de emergencia
- hauptschalter Anzeige Ein: Interruptor principal Pantalla encendida

6.5 Anexo V Información adicional sobre APS AKKOR

A continuación, se adjunta una imagen más detalladas sobre los detectores y lanza-ingenios del APS AKKOR.



Figura 22. A la izquierda el radar del AKKOR, a la derecha el bloque lanzador junto a su contramedida señalada en rojo. Fuente: *millisavunma.com*.

Explicación esquemática de la respuesta del APS AKKOR ante una amenaza.



Figura 23. Explicación esquemática del funcionamiento del APS AKKOR. Fuente: imágenes extraídas de *youtube.com*.

6.6 Anexo VI Información adicional sobre APS Arena-3

En este anexo se describe de forma muy sencilla como indicaría la interfaz gráfica del Arena-3 la aproximación y neutralización de una amenaza. También se muestra el cambio que ha habido del panel de control original al que supuestamente presenta el Arena-3.



Figura 24. Evolución de los paneles de control del Arena original (izquierda) al Arena-3 (derecha). Fuente: [youtube.com](https://www.youtube.com), editado por el autor.



Figura 25. Descripción simplificada de las indicaciones gráficas del Arena-3. Fuente: [youtube.com](https://www.youtube.com).

La pantalla en azul sería de la que dispone el panel de control del Arena-3, indica la dirección de la torre y tras activar la contramedida para neutralizar la amenaza, lo indicaría en la propia interfaz.

6.7 Anexo VII Otros APS's existentes

Los APS que aparecen en este apartado son sistemas de los cuales no se dispone de mucha información debido al alto nivel de secretismo guardado por sus desarrolladores o porque aún se encuentran en fase de desarrollo. Entre ellos se encuentra el APS ruso "Afghanit", el ADS chino, el Escudo italiano o el LEDS sueco.

El APS "Afghanit", diseñado por UralVagonZavod (УралВагонЗавод), se trata de un APS que integra sistemas Hardkill y Softkill y que únicamente se ha visto en las nuevas plataformas de vehículos blindados rusos T-14 presentados en el año 2015 como un MBT totalmente revolucionario. El Afghanit cuenta con un radar de efecto Doppler que le permite detectar la amenaza y orientar la torre hacia el origen de fuegos para batirlo. La parte Hardkill está formado por diez lanza-ingenios repartidos simétricamente a cada lado de la torre, ver figura 28, cubriendo un ángulo de 195°. Puesto que el sistema permite orientar la torre frente a la amenaza, los 165° restantes se protegerían girando la torre con una velocidad de 45° por segundo. La parte Softkill está integrada por dos bloques lanzadores NII Stali con 12 proyectiles cada uno que pueden moverse de forma independiente y tienen capacidad para ocultar al vehículo de sistemas ópticos, de guiado, láser, Infrarrojos, etc.



Figura 26. Componentes hardkill (rojo) y softkill (azul) del APS. Fuente: Artículo T-14, *Revistaejércitos* por Yago Rodríguez Rodríguez.

Del APS chino se sabe de la existencia de APS Softkill llamado "YG". Se trata de un sistema láser que tiene capacidad de rotación de 360° en acimut horizontal y de -12° a 90° en acimut vertical. Además, el APS cuenta con tres lanza-artificios y otro sistema óptico del que se desconoce su uso, ver figura 29. El láser para atacar produciría un aumento repentino de intensidad para cegar a los operadores o sistemas electroópticos.

En cuanto a la parte Hardkill, el GL5, desarrollado por la empresa Norico, cuenta con cuatro bloques de tres lanza-ingenios cada uno. Disparan un proyectil high explosive (HE) con capacidad para detener diferentes tipos de proyectiles a una distancia de unos 10 +/- 1,5 metros del vehículo protegido. Otorga una protección de 360° de acimut horizontales y 20° de acimut vertical, ver figura 30.



Figura 27. GL5 a la derecha, YG a la izquierda. Fuente: *k.sina.cn, revsitaejércitos.com*.

El APS Scudo ha sido desarrollado principalmente por la compañía italiana Oto Melara y fué presentado en el año 2010 montado sobre un vehículo antiaéreo Draco, Sin embargo, no se sabe si el desarrollo del APS se ha continuado. Estaría formado por un radar de doble frecuencia, sensores ópticos IR y dos bloques lanzadores de 6 lanza-ingenios de 70mm cada uno. Se estima que el tiempo de reacción es de unos 250 ms, algo más si se incluye el proceso de detección completo, cada bloque lanzador pesa unos 90 Kg y se requeriría que pudiesen rotar 360° de acimut horizontal y 45° de acimut vertical.



Figura 28. Croquis ilustrativo del APS Scudo. Fuente: *blogspot.com*.

En cuanto a los APS LEDS, Land Electronic Defence System, desarrollados por la compañía Sueca Saab, cuentan con varios modelos, LEDS 50MK2 y Mk3, LEDS 100, LEDS 150 y el LEDS 200/300.

Los primeros se tratan de APS softkill que otorgan una consciencia situacional sobre el entorno. EL Mk2 está integrado por 4 detectores laser LWS-310 o un único bloque LWS-150 y un panel de control. Cubre 360° en acimut horizontal y su tiempo de respuesta es inferior a 100 ms, se trata de un sistema de alerta láser. La versión Mk3 parece ser más simplificada que la anterior con aplicaciones y características similares.

El LEDS 100 es también sistema softkill pero que incorpora varios sensores, un radar de seguimiento y un bloque de seis lanza-ingenios orientable con capacidad para crear una pantalla de humo protectora en menos de un segundo.

El LEDS 150 es un APS hardkill que ya se ha instalado en varios vehículos como el Piraña III, Piraña V y el CV90 Armadillo (figura 31), cuenta con dos bloques lanzadores de 6 lanza-ingenios cada uno. Cubre un ángulo de 360° en acimut horizontal y de -15° a 65° en acimut vertical, el tiempo que tardaría en neutralizar la amenaza una vez detectada es de 120 ms. En cuanto al LEDS 200/300 aún sigue en desarrollo y se espera que sea eficaz con proyectiles cinéticos.



Figura 29. APS LEDS 150 sobre un blindado CV90, señalado en rojo los bloques lanza-ingenios del APS.
Fuente: *revistaejercitos.com*.

Otro APS a destacar sería el APS PULAT de origen turco. Su principal diferencia con respecto a los demás es que este APS está integrado por diferentes módulos rectangulares que se van colocando sobre el vehículo. En la siguiente figura se puede observar a la derecha el APS sobre un CC M60-T Sabra (Una actualización del CC M60 americano) y a la izquierda uno de los módulos rectangulares que lo integran.

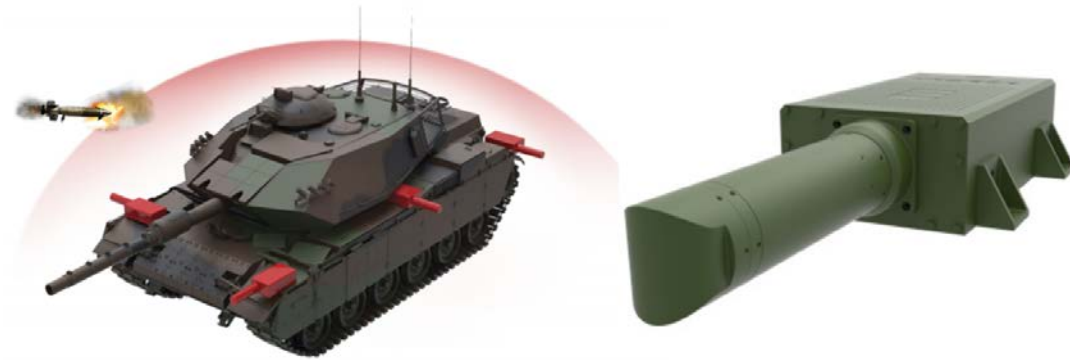


Figura 30. APS PULAT sobre el CC M60-T Sabra. Fuente: *ase/san.com.tr*.

6.8 Anexo VIII Imágenes del vehículo portaenjambres chino

A continuación, se adjuntan dos fotos sobre el vehículo. En la primera figura podemos observar la gran capacidad (48 huecos) para portar supuestamente drones suicidas con capacidad de coordinarse.



Figura 31. Vehículo portaenjambres visto desde atrás. Fuente: *Twitter.com*, autor: @Political_Room



Figura 32. Vehículo portaenjambres en una prueba de lanzamiento de Los drones, señalado en rojo. Fuente: *Twitter.com*, autor: @Political_Room