

Trabajo Fin de Grado

EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE ARMAS MISTRAL

Autor

C.A.C. D. Roberto Busquier Martín

Directores

Profesor D. David Izquierdo Núñez

Capitán D. Jesús Mollá Sánchez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2014

EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE ARMAS MISTRAL

RESUMEN

La Defensa Aérea de un país constituye una parte fundamental de su seguridad y requiere de medios y sistemas que consigan tener controlado en todo momento el espacio aéreo. Para dicha defensa, se articulan una serie de capacidades proporcionadas por medios aéreos y otros de defensa antiaérea, como son los misiles y cañones antiaéreos, componentes de lo que denominamos artillería antiaérea.

Como parte de los diferentes sistemas de armas que conforman la artillería antiaérea tenemos en España diferentes medios, unos de protección con una cobertura a mayor altitud/alcance, y otros con cobertura de corto alcance y baja altura. Entre estos últimos, destaca el sistema de armas Mistral por su flexibilidad de empleo y despliegue así como por ser el sistema con el que cuentan la mayoría de las unidades del Ejército español.

Dicho sistema, adquirido por parte del Ejército español a principios de los años noventa, está llegando al final de su vida útil y necesita un sustituto que siga cumpliendo con las misiones y cometidos que al mismo se le asignan, como son la protección de puntos y zonas clave del territorio nacional o de las áreas de despliegue de otras unidades del Ejército.

Además de llegar al final de su vida útil, la tecnología de este sistema ha quedado obsoleta, especialmente su detector infrarrojo ya que las plataformas aéreas han implementado cambios tecnológicos que interfieren sobre el funcionamiento de dicho detector. Consecuentemente, el porcentaje de éxito del sistema de armas Mistral ha disminuido. Se realizarán análisis de las debilidades del actual sistema Mistral y se propondrá una serie de posibles requisitos para la futura adquisición de un sistema más efectivo y que pueda alcanzar las expectativas requeridas.

Se estudiarán los detalles técnicos de distintos sistemas de armas, considerando el ambiente de contramedidas electrónicas en las que deben desenvolverse y centrando el estudio en la radiación infrarroja que emiten las plataformas aéreas, llamada firma térmica del blanco, puesto que la detección de los distintos sistemas de armas objeto de análisis basan su detección en el espectro infrarrojo.

No sólo se valorarán los aspectos técnicos de los sistemas de armas como son alcance, tecnología de detección o maniobrabilidad, sino también otros de carácter logístico o de adiestramiento de las plantillas de personal. Asimismo, y aun cuando la propuesta será sobre un sistema de armas que tenga una previsible vida útil de aproximadamente 20 años, la necesidad de acometer la sustitución que debería hacerse a corto plazo (menos de 3 años) hace que el estudio tenga en cuenta la actual situación de crisis económica, proponiéndose la opción más eficiente en todos los aspectos objeto del análisis.

Índice

MEMORIA

1. Introducción.....	1
1.1. Ámbito de aplicación.....	1
1.2. El actual sistema de armas Mistral en las FAS.....	3
2. El Campo de Batalla Futuro.....	7
2.1. Escenarios de empleo	7
2.2. Amenazas Futuras	8
3. Evolución de las Contramedidas	13
3.1. Técnica de contramedidas infrarrojas.....	13
3.2. La bengala	15
4. Requisitos operativos del nuevo sistema y comparativa entre los diferentes sistemas en servicio.....	17
4.1. Mistral 3.....	17
4.2. IRIS-T-SL	19
4.3. STINGER FIM-92 RMP BLOQUE II	20
5. Conclusiones	23
5.1. Logística.....	23
5.2. Preparación	23
5.3. Personal.....	24
5.4. Interoperatividad e interoperabilidad	24
5.5. Propuesta.....	25
6. Bibliografía	27
ANEXO A: Evolución de los sistemas de armas basados en detectores infrarrojos	29

1 Introducción

Entre los principales fenómenos que caracterizan nuestro tiempo destacan la inestabilidad y la globalización. Como consecuencia del primero, las amenazas son múltiples y sin un perfil claro, acarreando situaciones de violencia y conflicto que terminan siendo compartidas por todos los países a causa de la globalización. Cuando dichas amenazas son llevadas a cabo mediante el uso de plataformas aéreas, como por ejemplo en los atentados del 11-S en las Torres Gemelas de Nueva York, la forma más efectiva de defensa contra las mismas es mediante la Defensa Aérea.

La Defensa Aérea de un país constituye una parte fundamental de su seguridad y requiere de medios y sistemas que consigan tener controlado en todo momento el espacio aéreo. Para dicha defensa, se articulan una serie de capacidades proporcionadas por medios aéreos y otros de defensa antiaérea, como son los misiles y cañones antiaéreos, componentes que pertenecen a la artillería antiaérea.

La artillería antiaérea es un instrumento clave de la Defensa Aérea que ha evolucionado con el tiempo a la vez que lo han hecho las amenazas. Está organizada, equipada y adiestrada para colaborar en la eficaz protección del espacio aéreo de las zonas vitales del Territorio Nacional y de las Zonas de Operaciones que se determinen, actuando siempre en el marco conjunto y siendo interoperable tanto con el Ejército del Aire o la Armada como con ejércitos aliados.

Como parte de los diferentes sistemas de armas que conforman la artillería antiaérea tenemos en España diferentes medios, unos de protección con una cobertura a mayor altitud/alcance como son los sistemas de armas Patriot y Hawk, y otros con cobertura de corto alcance y baja altura como son los sistemas de armas Roland, Aspide, Cañón 35/90 y Mistral. Entre estos últimos, destaca el sistema de armas Mistral por su flexibilidad de empleo y despliegue así como por ser el sistema con el que cuentan la mayoría de las unidades del Ejército español.

Dicho sistema, adquirido a principios de los años noventa, está llegando al final de su vida útil y necesita un sustituto que siga cumpliendo con las misiones y cometidos que al mismo se le asignan, como protección de puntos y zonas vitales del territorio nacional o de las áreas de despliegue de las unidades del Ejército.

El objetivo del presente trabajo es el estudio del actual sistema de armas Mistral y el análisis de las amenazas a las que se enfrentará en el horizonte de los próximos veinte años para la propuesta del sistema de armas más eficiente para sustituirlo.

Para ello se seguirán los siguientes pasos:

- Definición del sistema de armas mistral.
- Amenazas.
- Evolución de la tecnología actual.
- Comparación de sistemas de armas antiaéreos de baja altura y alcance, denominados SHORAD, disponibles para su sustitución.

1.1 Ámbito de aplicación

Como se ha mencionado anteriormente la Defensa Aérea de un país es clave para su normal funcionamiento en todos los ámbitos de la vida cotidiana: social, económico, diplomático, seguridad, etc, proporcionándole libertad de actuación en los mismos. La Defensa Aérea se define como el conjunto de todas las medidas diseñadas para anular o reducir la eficiencia de la acción aérea hostil, siendo la defensa antiaérea la contribución de las unidades de superficie (artillería antiaérea) a la defensa aérea. La artillería antiaérea es un conjunto de unidades pertenecientes a las unidades de superficie de las

Fuerzas Armadas, principalmente del Ejército de Tierra, que están especialmente concebidas, organizadas, adiestradas y equipadas para llevar a cabo acciones de defensa antiaérea.

Las unidades de artillería antiaérea tienen dos ámbitos de actuación:

- La defensa antiaérea de puntos y/o zonas vitales de un territorio de interés nacional, así como complementar las capacidades defensivas de otros sistemas de armas de diferentes características a las propias, como podría ser el caso de una unidad mixta de sistemas de armas Hawk y Mistral.
- La defensa antiaérea para la protección de las organizaciones operativas (unidades tipo agrupación táctica o brigada) cuando se encuentran desplegadas en una zona de operaciones para llevar a cabo su misión.

Estas unidades se organizan en sistemas SAM (Surface - Air Missile; Misiles Superficie - Aire) y/o sistemas de armas SHORAD (Short Range Air Defence; Defensa Aérea de Corto Alcance), dependiendo de sus características técnicas y su alcance (ver figura 1). Las unidades SAM son las que tienen un alcance eficaz superior a los 8000 metros, son llamadas también de media y gran altura. En contraposición, las unidades SHORAD disponen de un alcance eficaz inferior a los 8000 metros y se denominan también de baja o muy baja altura; en estas últimas encontramos el sistema de armas Mistral. Esta clasificación con estos alcances está actualmente bajo cuestión ya que cada vez los alcances son mayores y la diferencia entre unos y otros se difumina o, en todo caso, habría que buscarla en su empleo e integración en el sistema de defensa aéreo correspondiente.

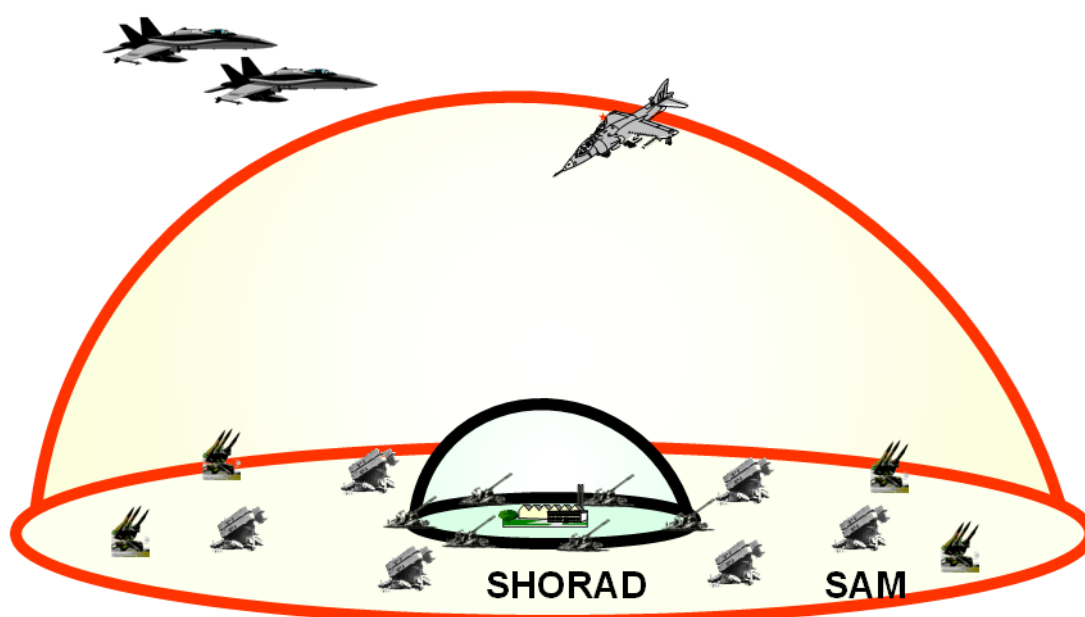


Fig. 1.- Cobertura de los sistemas de defensa antiaérea

Dentro de esta clasificación, se puede decir que una Unidad Mistral es de muy baja altura, esto quiere decir que sus misiones actuales pueden ser de protección a una fuerza, defensa de zona o defensa de un punto vital, ya sea como componente principal de la defensa o como complemento a otros sistemas.

Actualmente las Unidades Mistral son las más requeridas ya que gracias a su gran movilidad y flexibilidad son usadas para crear una burbuja de protección y seguridad en los puntos vitales a defender,

por ejemplo, en una cumbre de jefes de estado. Esto hace que este sistema de armas se convierta en uno de los más útiles que tiene el Ejército Español.

El inconveniente actual del sistema de armas Mistral en servicio es que, con las nuevas tecnologías (especialmente las contramedidas infrarrojas) empleadas por las plataformas aéreas como los aviones, helicópteros y los vehículos aéreos no tripulados (UAV), su eficiencia está bajando. Consecuentemente, el Ejército tiene que evolucionar en igual medida, sustituyendo este sistema por uno que pueda cubrir las nuevas necesidades.

1.2 El Sistema de Armas Mistral

El sistema de armas Mistral 1 es un misil portátil superficie-aire para baja y muy baja altura tipo dispara y olvida (fire and forget). Fabricado por la empresa multinacional europea MBDA, su diseño está basado en el misil francés SATCP desarrollado en 1988 por la empresa MATRA. El Ejército de Tierra adquirió en 1988 un total de 180 puestos de tiro, la mayoría de los cuales van montados sobre vehículos URO VAMTAC (ver figura 2).



Fig. 2.- Misil Mistral sobre VAMTAC

El misil consta de una unidad de control y guiado, una cabeza buscadora de infrarrojos y los giróscopos (giróscopo y girómetro) necesarios para llevar a cabo su guiado y pilotaje (ver figura 3). El sistema de guiado de este misil es auto-guiado directo pasivo por infrarrojos. La trayectoria del misil es de navegación proporcional y su vuelo es estabilizado mediante cuatro aletas de control en configuración “canard” (en la sección delantera) y cuatro aletas cóncavas de sustentación ubicadas en la parte trasera. Consta de un motor de combustible sólido de una etapa (crucero), y un motor de lanzamiento (booster) que se desprende una vez utilizado y que le proporciona la aceleración necesaria hasta alcanzar su velocidad de sustentación.

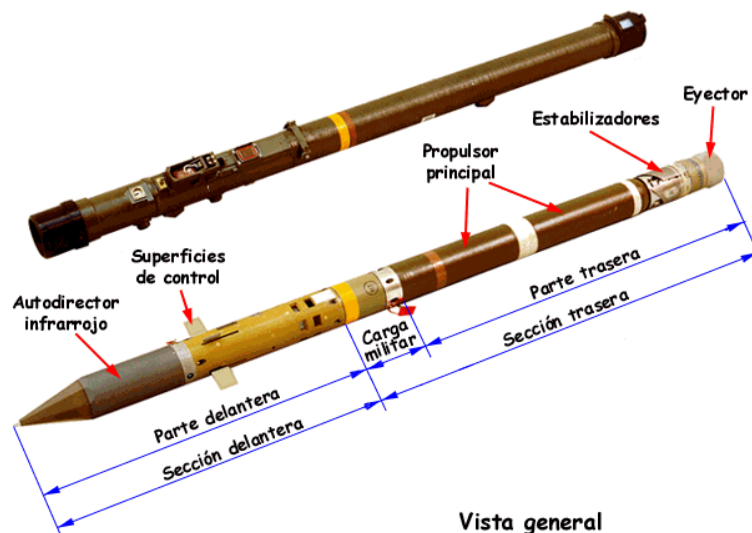


Fig. 3.- Misil Mistral 1

El componente principal del sistema de guiado es el autodirector o cabeza buscadora (seeker) está formada por cuatro barras en forma de cruz de antimonio de indio (InSb). Este diseñada para detectar los gases calientes del escape (principalmente el CO_2) de los motores de las plataformas aéreas. Dichos gases emiten una radiación en la banda 2 del espectro infrarrojo medio (entre los $3,7\mu\text{m}$ y los $4,8\mu\text{m}$ de longitud de onda). Se trata de un sistema de armas basado en detectores de infrarrojo de 3ª generación (ver anexo A).

El pilotaje del misil se realiza mediante las cuatro aletas traseras fijas del misil que le imprimen una rotación de 15 revoluciones por segundo lo que le da un movimiento constante en el eje de balanceo. Por otro lado, los movimientos en los planos de cabeceo y guiñada se realizan gracias a dos superficies de control móviles montadas en el plano de cabeceo junto con otras dos fijas montadas en el plano de guiñada todo ello situado detrás de la cabeza autodirectora del misil. Con este montaje el misil puede ser conducido en los tres ejes espaciales (cabeceo, guiñada, balanceo) para llevarlo a la interceptación del blanco.

Su cabeza de guerra, diseñada para optimizar la probabilidad de destrucción de blancos aéreos, contiene una carga explosiva de casi 3 kilogramos de alto explosivo tipo hexolita y 1.800 balines de tungsteno. La explosión del misil se puede hacer usando una espoleta radial laser que activa el misil por proximidad al objetivo con un radio de acción de 2 metros o por impacto directo contra el objetivo. Su alcance es variable en función del tipo de objetivo, contra helicópteros su alcance eficaz es aproximadamente de 4 km, mientras que contra aeronaves de ala fija puede llegar cerca de los 6 km.

Los principales datos técnicos del sistema de armas Mistral I son los siguientes:

- Longitud del misil: 1,99 metros
- Calibre: 92,5 milímetros
- Peso del misil: 24,5 Kg
- Peso del puesto de tiro: 22,5 Kg
- Peso de la carga explosiva: 2,95 Kg
- Alcance mínimo: 600 m
- Alcance máximo: 5.500 m
- Velocidad máxima: 2,86 Mach
- Puntería en elevación: -10° a $+85^\circ$
- Tiempo de entrada en posición: 2 minutos

- Preparación para el empleo: 30 s
- Tiempo de recarga: 20 s

El puesto de tiro Mistral (ver figura 4) puede ser portátil o ir acoplado a un vehículo; en el segundo caso y para el Ejército de Tierra español va instalado sobre un vehículo URO VAMTAC. El puesto de tiro se compone de un trípode plegable con el movimiento de 360 grados en azimut y de -10 a +85 grados en elevación, un sistema de puntería con un visor y un anteojo de aumento y una caja de operaciones que dispone de los sistemas electrónicos que permiten realizar al operador toda la secuencia de tiro. La secuencia de tiro es totalmente automática, con un tiempo de recarga manual promedio de 20 segundos. El operador permanece sentado, lo que hace posible mantener una vigilancia durante un largo periodo de tiempo del espacio aéreo, además de la disponibilidad inmediata de lanzamiento una vez detectado-avistado el blanco. La mínima unidad de empleo la constituye el pelotón, compuesto por tres puestos de tiro. A su vez cada puesto de tiro tiene una dotación de tres personas para su empleo compuesta de un jefe de pieza, un apuntador-tirador y un conductor.



Fig. 4.- Lanzamiento del misil Mistral

El Ejército de Tierra ha integrado el sistema de armas MISTRAL en el sistema de mando y control mediante el Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomáticos – Liger (COAAAS-L); formando baterías Mistral compuestas por una sección de plana mayor y servicios con el COAAAS-L y una sección de lanzadores con cuatro pelotones a tres puestos de tiro cada uno. Desde el COAAAS-L se puede asignar los objetivos directamente a los 12 puestos de tiro Mistral de la batería. Ayudados por el sistema SILAM (sistema de asignación de objetivos), el apuntador del puesto de tiro puede recibir en el visor los objetivos asignados desde el COAAAS-L.

Asimismo, además del material táctico (puesto de tiro, sistema de puntería y misil) las unidades cuentan con otros elementos que ayudan en la instrucción y adiestramiento de las mismas como son: misiles de instrucción inertes capaces de simular las labores de carga y descarga, misiles de entrenamiento para la práctica de enganche sobre blancos infrarrojos, simulador para la realización de todas las etapas del combate antiaéreo para ejecutar las tareas del apuntador-tirador y otros pequeños equipos que favorecen todas las tareas mencionadas anteriormente. Por otro lado, dispone de una cámara térmica que se usa como elemento de puntería, presentando en pantalla los retículos de adquisición y de predicción así como las alarmas que aparecen en el visor del puesto de tiro mediante una conexión al mismo, permitiendo realizar una secuencia completa de disparo todo tiempo, de forma análoga a la realizada con el visor diurno, con el que coexiste. En general, la cámara térmica permite al apuntador localizar blancos aéreos, reconocerlos y seguirlos con visibilidad limitada o en condiciones nocturnas, a una distancia de detección máxima de 6 Km.

Del análisis del comportamiento del misil en situaciones tácticas simuladas sobre el combate contra diversas amenazas, se han detectado dos debilidades importantes del sistema:

- El comportamiento del mismo se ve degradado cuando el blanco dispone de contramedidas en el campo infrarrojo, principalmente las bengalas, ya que su empleo como posteriormente se detallará apantalla el eco infrarrojo del blanco haciendo que el autodirector del misil pierda el enganche sobre el blanco y, por tanto, falle el lanzamiento.
- Las actuaciones de guiado sobre la cadena de pilotaje tienen un refresco limitado debido a la velocidad de rotación que tiene el propio misil, lo que a su vez limita la agilidad del mismo ante cambios de la trayectoria por parte del blanco, especialmente cuando tiene un tamaño pequeño y una gran movilidad como son los vehículos aéreos no tripulados.

A continuación en los siguientes capítulos del proyecto, y una vez expuesta la problemática actual con el sistema Mistral 1, se procederá a presentar el campo de batalla futuro donde se va a tener que emplear el nuevo sistema de armas así como el probable tipo de amenaza aérea al que se enfrentará. Posteriormente, se presentará el principal problema que tiene el Mistral 1 en la detección de blancos en el espectro infrarrojo debido a la evolución de las contramedidas en dicho espectro. Se propondrán las distintas alternativas existentes en el mercado en el rango de capacidades que se requieren de un nuevo sistema, todos ellos pertenecientes a la 4ª generación de detectores infrarrojos (ver anexo A), y finalmente, como conclusión al trabajo se hará una comparativa entre las alternativas con el fin de elegir una de ellas como la más idónea de acuerdo a una serie de parámetros técnicos, logísticos y operativos.

2 El Campo de Batalla Futuro

Para realizar un análisis del campo de batalla en el que el sistema de armas futuro se va a ver envuelto, debemos analizar no sólo las amenazas aéreas y como éstas van a evolucionar sino que debemos dar un paso más y fijarnos en conceptos de carácter estratégico y operacional en el que el Ejército va a estar envuelto, tanto por su actuación en defensa de los intereses de España como por su pertenencia a las alianzas y/o organizaciones correspondientes.

2.1 Escenarios de empleo

El campo de batalla futuro al que nos enfrentaremos, obviamente no está definido con claridad, pero ya las grandes potencias de nuestro entorno como Reino Unido, EEUU y Francia han trabajado en esbozar lo que nos podríamos encontrar.

En este sentido, es imposible predecir con certeza las amenazas futuras, por lo que hay que disponer de las capacidades para poder combatir en todo el espectro de amenazas/riesgos, desde operaciones convencionales a enemigos irregulares o asimétricos o una mezcla de todo ello. Esta incertidumbre aconseja disponer de un amplio abanico de capacidades y de flexibilidad en la generación de organizaciones operativas.

Desde el punto de vista aliado, el campo de batalla continuará siendo una combinación de ambientes, condiciones y factores muy diversos. Podríamos dividir el campo de batalla en diferentes dimensiones: terrestre, marítima, aérea, el espectro electromagnético, el ciberespacio y, finalmente, el tiempo (actuación en el momento elegido de acuerdo con el propósito establecido para llevar a cabo la misión). La importancia de la supremacía en el uso del espectro electromagnético y el ciberespacio incrementará, asimismo, la importancia de los elementos de uso común y que proporcionan y mantienen la libertad de acción entre todos los combatientes como son las comunicaciones, empleo de sensores (radares), defensa aérea, información conjunta; siendo igualmente vital la negación de su uso al adversario. Por otro lado, las tradicionales fronteras entre los componentes terrestre, marítimo y aéreo tenderán a difuminarse, en beneficio de su empleo conjunto, es decir, su empleo como un todo.

Francia, además, da por hecho que los nuevos escenarios remarcarán y renovarán la importancia del componente terrestre en las futuras operaciones ya que son las únicas que pueden asegurar un contacto permanente con las fuerzas de oposición. Asimismo, el futuro campo de batalla se caracterizará por la heterogeneidad y asimetría de los factores físico y humano (multiplicidad de fuerzas en oposición de diferentes capacidades y doctrinas de actuación en terrenos tan dispares como combate en campo abierto con otros en localidades), la multiplicidad de misiones y efectos a conseguir, la falta de definición de límites o fronteras así como la naturaleza eminentemente técnica de la batalla futura.

La visión española, idéntica a las anteriores en el fondo, remarca igualmente la importancia de la variedad de escenarios así como el escalamiento que en los mismos pueden desarrollarse, enfatizando conceptos como acción conjunta, carácter expedicionario y modularidad de los medios, flexibilidad en la actuación, búsqueda de la superioridad local y mantenimiento de la libertad de acción en las operaciones. Siguiendo esta línea, el Ejército de Tierra español se organizará en un futuro sobre las Brigadas Polivalentes, que cumplen con los principios anteriormente citados. La Brigada Polivalente es una organización que tiene capacidad para desarrollar todas las tareas del combate táctico de una forma coordinada en tiempo, espacio y propósito. Por tanto, tiene capacidades de maniobra, inteligencia, cooperación cívico-militar, sanidad, reconocimiento, logística, fuegos, movilidad, contramovilidad, protección y mando y control. Dentro de la capacidad de "protección" tenemos las capacidades de

defensa antiaérea que se plasmaran en un sistema de armas de baja altura (como actualmente es el Sistema de Armas Mistral) (ver figura 5).

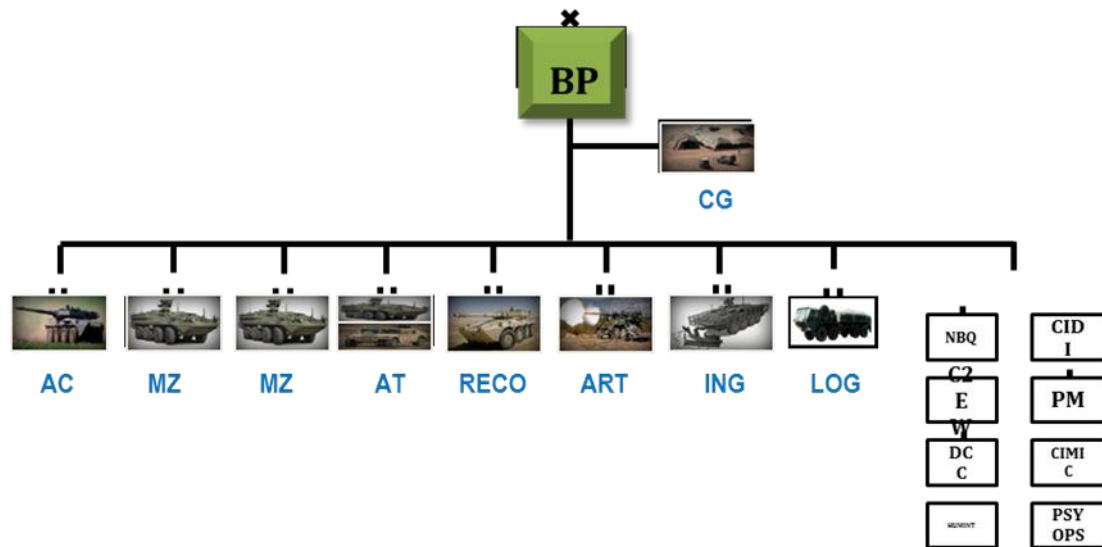


Fig. 5.- Composición de una Brigada Polivalente

2.2 Amenazas Futuras

Uno de los campos que más avance tendrá a corto y medio plazo es el tecnológico aplicado a la supervivencia de las plataformas aéreas. Esto conlleva que dichas plataformas se adapten a los mencionados desarrollos y avances, modificando sus estructuras e incluso su concepción, como por ejemplo sucede ya con los vehículos no tripulados cuya eficiencia está empezando a alcanzar cotas muy elevadas. En este sentido, en algunos sectores de la defensa se duda de la necesidad del piloto-tripulante en futuros empleos de los medios aéreos, siendo sustituido por el piloto-conductor desde tierra. En un futuro todas las plataformas aéreas irán provistas de técnicas de baja observabilidad o técnicas “stealth” para evitar su detección por las defensas aéreas enemigas.

Estos avances tecnológicos se están introduciendo rápidamente en el campo de las operaciones para su explotación y que condicionan los futuros procedimientos de empleo a desarrollar tanto por la plataforma aérea como por parte de la defensa antiaérea. Por tanto, las tácticas, técnicas y procedimientos sufren cambios de forma vertiginosa de un conflicto a otro y, la principal conclusión, suele ser que cada conflicto tiene sus propias particularidades, alguna de ellas exportables a los siguientes pero no en su conjunto. Estos hechos se han podido comprobar en conflictos recientes o actuales como Iraq, Afganistán, Siria y Libia.

Centrándonos ahora en las amenazas aéreas del campo de batalla futuro, que son las que interesan al presente estudio, podemos concluir que las mismas vendrán de las clásicas plataformas aéreas con el desarrollo de nuevos sistemas, fundamentalmente plataformas no tripuladas o drones. Así en un amplio espectro se espera que el enemigo, de acuerdo a su potencial, pueda usar:

- Plataformas de ala fija de grandes prestaciones, multirol con un amplio abanico de configuraciones orientadas a su cometido (F-22, F-35, EUROFIGHTER), fundamentalmente para misiones de superioridad aérea, ataque a superficie, información y apoyo.
- Plataformas de ala rotatoria, también multirol con diversas configuraciones, y con misiones propias de ataque (APACHE, TIGRE) y apoyo a operaciones (NH-90).
- Misiles de crucero, relativamente baratos, y con una tecnología al alcance de muchos países (AGM-129 ACM, STORM SHADOW, TOMAHAWK). Estos vuelan a muy baja altura;

acomodándose al terreno para poder alcanzar su objetivo sin ser detectados por los medios del sistema de Defensa Aérea correspondiente.

- Misiles balísticos, con grandes alcances (superiores a los 5.500 km), se denominan así porque durante la fase final de su vuelo siguen una trayectoria puramente balística (SCUD, SHAHAB-3). Su principal característica es su brevísimo tiempo de vuelo, fundamentalmente en la trayectoria descendente, que unido a su alta velocidad, dejan unos tiempos de reacción muy cortos provocando que la defensa antiaérea sea ineficaz sino está especialmente diseñada para dicha amenaza.
- Plataformas no tripuladas (UAV o drones), este tipo de plataforma fue ideada inicialmente para tareas de reconocimiento y obtención de información en terrenos muy hostiles, pero hoy en día han adquirido la capacidad de atacar a superficie, pasando a denominarse vehículo aéreo de combate no tripulado (UCAV). Obviamente, ofrecen muchas ventajas frente al empleo de plataformas tripuladas, ya no sólo por razones económicas (avión y formación de pilotos) sino por su versatilidad portando una gran variedad de sensores, transmitiendo datos en tiempo real y sobrevolando durante mucho tiempo el objetivo a gran altura hasta que llega el momento óptimo para realizar el ataque, pudiendo incluso combatir en un ambiente contaminado nuclear, biológica o químicamente.

Dentro de este marco de amenazas aéreas del campo de batalla futuro, no todas entrarán en el ámbito de la defensa antiaérea proporcionada por un sistema de muy baja altura como es el sistema de armas Mistral. La progresividad de la defensa aérea y sus principios de empleo hacen que la defensa ante amenazas como las plataformas de ala fija de altas prestaciones, los misiles de crucero o balísticos recaigan en otros sistemas y, sólo aquellos de actuación más directa e inmediata sean responsabilidad de un sistema de muy baja altura. Por ello, nos centraremos en el estudio de las amenazas de plataformas de ala rotatoria y no tripuladas cuya probabilidad de empleo en las áreas de responsabilidad de dicho sistema es más alta.

Las plataformas no tripuladas o UAV (Unmanned Aerial Vehicle) tienen un amplio espectro de empleo, desde cometidos de información para obtener el orden de batalla de las unidades para el combate, pasando por ataques a superficie que pueden incluir acciones de supresión de las defensas aéreas enemigas y finalizando con cometidos de evaluación de daños. Además, debido en gran parte a su reducido tamaño, los UAV tienen una sección radar equivalente muy pequeña con respecto a las plataformas tripuladas convencionales lo que los hace hacer de difícil adquisición a los sistemas de detección radar. Con todo lo expuesto, los UAV se convierten en la amenaza aérea futura de más desarrollo.

El RQ-4A Global Hawk es considerado como el UAV más avanzado (ver figura 6) ya que posee una gran variedad de sensores implementados, tales como un radar de apertura sintética, sensores electro-ópticos e infrarrojos capaces de ofrecer imágenes que contengan áreas de hasta 100.000 kilómetros cuadrados y con una resolución de 0.3 metros, ofreciendo la información en tiempo real. Además posee una autonomía de más de 42 horas y alcanza un techo de 19.800 metros.



Fig. 6.- UAV. RQ-4A Global Hawk

El General Atomics MQ-1 Predator (ver figura 7) es el primer UCAV reconocido que haya participado en conflictos. Puede transportar dos misiles AGM-114 Hellfire de guiado láser y dispone, además de un sensor electroóptico/infrarrojo y un radar de apertura sintética, de un sistema multifunción que le permite detectar blancos en la banda del infrarrojo a gran distancia, redefinirlos en tiempo real, e iluminarlos mediante un láser que sirve de guía al misil para impactar en el objetivo. El MQ-9 Reaper es la evolución del Predator y puede transportar 15 veces más peso que su predecesor y desplazarse a una velocidad 3 veces mayor.



Fig. 7.- UAV. MQ-1 Predator

En Europa existen dos importantes proyectos de desarrollo de UAV, el francés "Neuron" y el hispano-alemán "Barracuda", cuyo prototipo voló por primera vez sobre Getafe en el año 2006 (ver figura 8). El Barracuda está siendo desarrollado por EADS para su futuro empleo en misiones no tripuladas de reconocimiento e información y también de combate. Tiene una longitud de 8,25 m y una envergadura de 7,22 m con una velocidad operativa de 0,85 Mach y puede llevar una carga de aproximadamente 300 kg, con un alcance de 200 km y una altura de empleo de 20.000 pies.



Fig. 8.- UAV. BARRACUDA

Todavía en fase de desarrollo, Estados Unidos está llevando a cabo el proyecto J-UCAS con tres desarrollos: el Boeing X-45, su versión naval X-46 y el X-47 Pegasus, totalmente “stealth”. Paralelamente al programa J-UCAS, presumiblemente, se están llevando otros programas de desarrollo de UAV y UCAV. Plataformas como el P-175 POLECAT capaces de realizar reconocimientos a 27.000 metros y otras con capacidad de lanzar 2 misiles AIM-120 AMRAAM.

Para el año 2015 se espera que el Global Hawk pueda realizar acciones de inteligencia de señales (SIGINT) y labores de patrulla marítima. En el 2020 se estima que los UAV/UCAV podrán repostar en vuelo, lo cual les dotará de una autonomía casi ilimitada.

En el 2025 se quiere haber desarrollado una nueva línea de UAV capaces de gestionar la vigilancia y el control del campo de batalla en tiempo real, reemplazando a los actuales aviones de control y vigilancia aérea (AWACS), así como UCAV capaces de llevar a cabo misiones de interceptación, misiones reservadas hoy día para cazas. Y, finalmente, para 2030 se estima que existirán plataformas no tripuladas de carga, capaces de sustituir a los actuales C-130 y C-17. Con todo lo expuesto, los UAV se convierten en la amenaza aérea futura de más desarrollo.

En el otro lado de la balanza de las amenazas para el sustituto del sistema de armas Mistral, encontramos las plataformas de ala rotatoria o helicópteros. Estas plataformas han evolucionado mucho en los últimos años, siendo uno de los medios imprescindibles con los que cualquier organización operativa debe contar a la hora de llevar a cabo sus operaciones debido a su flexibilidad de empleo y a las diferentes configuraciones que puede adoptar, desde combate a reconocimiento pasando por tareas logísticas o de evacuación sanitaria. Asimismo, en su configuración de combate, dispone de armas cada vez de mayor alcance principalmente contracarro y de un blindaje de mayor grosor, lo que lo convierte en un arma capaz de desestabilizar el resultado del combate.

Los sistemas de armas de guía infrarroja encuentran dificultades contra los helicópteros ya que han introducido mejoras estructurales de carácter pasivo para aumentar su supervivencia ante la amenaza del misil infrarrojo. Dichas mejoras son el uso de pinturas y deflectores para el mejor enfriamiento del motor, la dispersión de los gases mediante protecciones antitérmicas y a la propia acción del rotor que disipa el calor de sus motores. Todo esto ha redundado en una reducción de la firma infrarroja de estas plataformas que, como muestran las mediciones realizadas por el Instituto Tecnológico “La Marañosa” (ver figura 9) tiene una mayor intensidad entre 90° y 135° del eje longitudinal del helicóptero, es decir a ambos lados del helicóptero y hacia atrás (efecto mariposa) (ver figura 9).

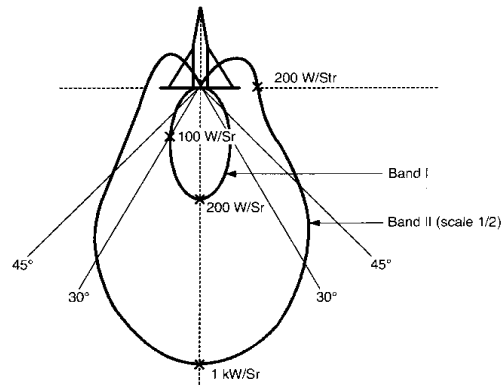


Fig. 9.- Firma infrarroja de una aeronave.

Todo esto sin olvidarse del uso de contramedidas activas como las bengalas (ver figura 10) o perturbadores de infrarrojos y de la mejora de los detectores pasivos de misil o MLW (Missile Launch Warner) que han disminuido drásticamente el número de falsas alarmas de estos dispositivos y aumentando la probabilidad de detección.



Fig. 10.- Helicóptero lanzando una bengala

En general, la forma de combate de los helicópteros contra los misiles de guía infrarroja se basa en el lanzamiento preventivo de bengalas en intervalos de 2 a 4 segundos para dificultar o impedir a los detectores y electrónica de seguimiento del misil fijar el blanco. Si se detectase/identificase el lanzamiento de un misil de guía infrarroja a través de los MLW, entonces el piloto aceleraría, descendería y viraría tratando de mantener los focos de calor del helicóptero en dirección contraria al origen del misil, al mismo tiempo, se procedería al lanzamiento reactivo bengalas con intervalos de al menos 2 segundos; simultáneamente, maniobraría el helicóptero para aprovechar las ventajas que proporcionase el terreno para ocultarse, previendo de esta forma una nueva readquisición del helicóptero por parte de los operadores de los misiles infrarrojos.

3 Evolución de las Contramedidas

El Mistral es un sistema de armas que se basa en la búsqueda y seguimiento de fuentes de calor como son los gases expulsados por los motores de las plataformas aéreas. Este modo de actuar es muy discreto y efectivo ya que es pasivo, es decir, no necesita realizar ninguna emisión, como por ejemplo el radar, para recibir una señal del blanco que le permita localizar y realizar el seguimiento del mismo.

Todos los objetos cuya temperatura es superior a la del cero absoluto (-273°C , o 0 K) emiten una radiación electromagnética en una amplia región del espectro infrarrojo, de ahí que también se suele denominar radiación infrarroja. Esta radiación presenta una distribución espectral que fundamentalmente depende de la temperatura del cuerpo y su emisividad como bien describe la Ley de Planck. Por ejemplo, en las bandas infrarrojas de longitud de onda de 3 a 5 micras y de 8 a 12 micras se aprecian dos bandas de máxima emisión de los cuerpos negros a 500°C y a 25°C , respectivamente (ver figura 11). La emisión a 25°C de la banda de 8 a 12 micras no es visible y sólo es captable mediante un detector en esa banda espectral como pueden ser termopilas, bolómetros, etc.

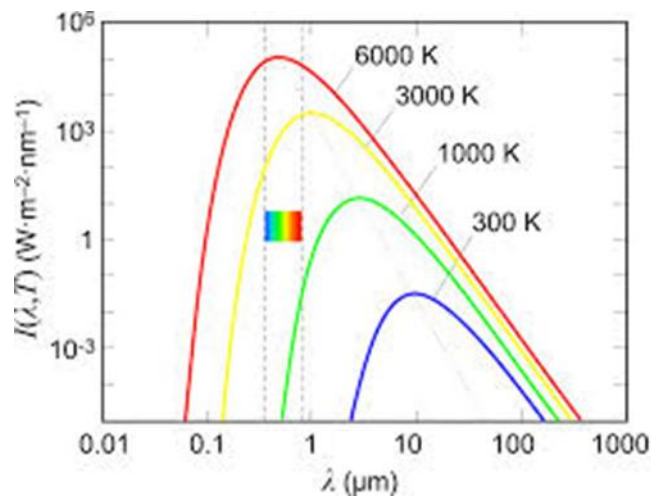


Fig. 11.- Energía emitida por un cuerpo negro.

La región de máxima emisión, para las temperaturas usuales de las plataformas aéreas, en torno a 600°C , estará en la banda de 3 a 5 micras de longitud de onda, banda donde trabajan los detectores de infrarrojos como el seleniuro de plomo o el antimoniuro de indio, este último montado en el sistema de armas Mistral.

El mayor inconveniente de esta técnica de detección y guiado y, por consiguiente, del actual sistema de armas Mistral es que si hay múltiples focos de calor podría ir a uno de ellos por error y eso disminuiría su eficacia. Esta debilidad es la que explotan las actuales amenazas aéreas que utilizan como contramedidas el lanzamiento de bengalas generando una nube de focos calientes alrededor suyo. Es por ello que este trabajo nos centraremos en este tipo de contramedidas, obviando en este trabajo las contramedidas electrónicas radar ya que no tiene efecto sobre el sistema en estudio.

3.1 Técnicas de contramedidas infrarrojas

Las técnicas de contramedidas anti-infrarrojo esencialmente pueden agruparse en dos categorías: de diseño y tácticas. Las técnicas de contramedidas de diseño, afectan a los patrones de radiación inherentes a los blancos IR, disminuyendo su detectabilidad. Son de tres tipos:

- Reducción de la intensidad en su fuente. Es el medio más directo para reducir la firma infrarroja, consiste en hacer funcionar las fuentes primarias a temperaturas inferiores:

reduciendo la velocidad de vuelo o evitando el empleo de post-quemadores que añaden carbono caliente al chorro de escape.

- Ocultación de la radiación mediante un escudo. El revestimiento de las toberas con escudos térmicos da como resultado un lóbulo de radiación infrarroja más estrecho y direccional, lo que fuerza a lanzar los misiles con ángulos menores respecto al eje del blanco y aumenta la posibilidad de esquivar el misil con una maniobra evasiva.
- Introducción de contra-agentes en la fuente de radiación. El vapor de agua o el aluminio reducen las temperaturas del escape y, por lo tanto, la radiación infrarroja.

Un buen ejemplo de estas contramedidas de diseño se pueden encontrar en las innovaciones del avión invisible F-117 (ver figura 12) que para atenuar su firma infrarroja incluía:

- Empleo de motores con baja temperatura de trabajo y sin dispositivos de post-combustión.
- Uso de turboreactores de doble flujo, que envuelven los gases de escape con una capa de aire frío.
- Un sistema interno de refrigeración de la estructura, y de las partes calientes del motor, mediante un flujo adicional de aire.
- Embutido completo de los motores en el fuselaje y alas, y revestimiento con material difusor de calor de las toberas de salida de gases, cubriendo completamente las superficies calientes.
- Supresión de los equipos inversores de empuje, que dificultan el revestimiento de las toberas de escape.
- Colocación de las tomas de aire lo más inclinadas posible.



Fig.12.- F-117 con alas en delta, ejemplo de contramedidas de diseño

La conjunción de las innovaciones para atenuar la firma infrarroja y radar del F-117 han dado como resultado un aparato de pequeñas dimensiones, con un sistema de alas delta mayor a las alas de otros aviones que las llevan, propulsado por dos turboreactores de 12.000 libras (5.000 Kg) de empuje cada uno (el empuje del F-16 es de 25.000 libras) que le permiten sólo el vuelo subsónico; en el que los dispositivos de anclaje de cargas externas son mínimos, llevando incluso las armas alojadas en el interior de la célula.

En cuanto a las técnicas de contramedidas tácticas, suelen ir asociadas a sistemas de alerta radar e IR que activan la secuencia automática de alguna contramedida o avisan al piloto para realizar alguna maniobra. Son de los siguientes cuatro tipos:

- Maniobras del aparato para situar la fuente de radiación fuera del campo de visión del detector. Se basan en el conocimiento del ángulo de visión del detector y en el lóbulo de radiación IR del blanco.

- Vuelo del avión entre el detector y otra fuente intensa de radiación, como el Sol. Es ineficaz con los detectores modernos, más sensibles y con sistema de filtrado capaz de discriminar el blanco entre la radiación solar del entorno.
- Emisión de humos especiales por el escape del motor e interposición de nubes o bancos de niebla entre el avión y el detector. El empleo de los primeros presenta el inconveniente del aumento del peso a transportar en los aviones y el de los segundos el de la dificultad que entraña cubrir grandes áreas.
- Lanzamiento de bengalas para intentar forzar un falso enganche del detector IR y el empleo de señuelos IR, fijos o remolcados. Las bengalas se han revelado como los dispositivos más efectivos y económicos. Los señuelos IR fijos, emplazados en los extremos de las alas, que se activan y desactivan siguiendo una secuencia para producir perturbaciones en la ruta del misil, no han mostrado ser muy eficaces.

A la vista de lo anterior se deduce que el empleo de las bengalas en combinación con alguna maniobra evasiva constituyen las contramedidas infrarrojas más eficaces, por ello son las más usadas en la actualidad y se encuentran ya en la mayoría de las plataformas aéreas.

3.2 La bengala IR

Una bengala IR es un dispositivo pirotécnico, cuyos productos principales son: un combustible, magnesio o aluminio pulverizados, y un oxidante, nitrato sódico o compuestos fluorados; que al combustionar alcanza una alta temperatura radiando energía en determinadas longitudes de onda. La emisión IR generada es de alta intensidad y la banda en la que se encuentra depende del compuesto empleado, habitualmente comprende el IR próximo y medio. Esta intensidad de radiación debe ser superior a la propia de la aeronave en la que se va a usar. El tiempo de combustión es de unos pocos segundos, y conviene que sea tan largo como el tiempo de vuelo esperado del misil.

El modo de empleo se produce mediante la decepción o engaño que consiste en apantallar al blanco con una fuerte emisión infrarroja al situar cerca del mismo una fuente puntual de calor que emita con una intensidad muy superior y en la misma banda del IR que éste. Además, la posición relativa de la bengala (señuelo) respecto al objetivo es de importancia crítica. Si el misil atacante ya ha capturado el objetivo con el detector IR, la bengala y la aeronave deberán verse ambos dentro del mismo haz del buscador, de modo tal que su efecto combinado resulte ser el desvío del detector hacia el centro de emisión situado entre la aeronave y la bengala. A veces, suele conseguirse más fácilmente mediante una siembra múltiple de bengalas con distancias progresivamente mayores, para crear un blanco de radiaciones que aparente irse separando del blanco.

Para una mayor eficiencia de las bengalas lanzadas desde la aeronaves, su lanzamiento debe simultanearse con una maniobra evasiva del avión que oculte la emisión IR de la aeronave al misil.

Un dispensador de bengalas puede constar de unos quince a veinte tubos, conteniendo cada uno de una a cinco bengalas, con conectores de encendido activados secuencialmente para controlar el número total de bengalas lanzadas y su intervalo (ver figura 13). Las bengalas para aviones se construyen para trabajar en longitudes de onda de emisión de 3 a 5 micras y con una duración de 4 a 6 segundos. En helicópteros, al ser lanzado un cartucho IR, dos cápsulas pirotécnicas son encendidas inmediatamente y proyectadas a unos 15 metros del helicóptero, donde emiten en las longitudes de onda de 3 a 5 y de 8 a 14 micras, durante 5 segundos.



Fig. 13.- Avión lanzando bengalas

En el empleo de las bengalas IR en plataformas aéreas podemos diferenciar cuatro modos, los dos primeros se podrían catalogar como preventivos y los dos siguientes de autoprotección.

La **confusión** del sistema de defensa al saturarlo con blancos falsos producidos por señuelos radar e infrarrojos, desplegados unos a la misma altura del avión o de la formación de aviones y otros más bajos. Son lanzados para desconcertar a los sistemas de vigilancia y asignación de objetivos. Su finalidad es provocar que los sistemas de armas actúen contra estos falsos blancos. Este modo tiene poca eficacia contra el sistema Mistral, dotado de visor óptico que permite que el apuntador discrimine el blanco real respecto de las bengalas.

La **dilución o distracción** que consiste en lanzar bengalas a distancias más cortas cuando un ataque con misiles es inminente. Las bengalas IR son lanzadas para desconcertar a los sistemas de puntería de las armas en el enganche de los objetivos.

Los apuntadores-tiradores de los puestos de tiro Mistral tienen experiencia de lucha contra estos dos modos de empleo, por las prácticas de punterías que realizan con lanzamiento virtual de bengalas en el Simulador y con lanzamientos reales en los Ejercicios de Guerra Electrónica.

El **engaño**, llamado también autoprotección, que suele ir siempre acompañado de maniobras evasivas, para impedir o romper el enganche del misil al avión. Consiste en lanzar bengalas a corta distancia de la aeronave, para proporcionar falsas informaciones de distancias al detector del autodirector. Se debe emplear contra cada uno de los misiles en aproximación a la aeronave.

El **efecto centroide o de seducción**, que también es de autoprotección: es el más eficaz contra misiles que se han fijado bien en su objetivo. Se diferencia del anterior en el número de señuelos que se lanzan ya que consiste en lanzar un gran número de los mismos a corta distancia, menos de 40 metros, debajo del avión y en la misma alineación misil-avión, para que se confundan con la propia señal infrarroja del avión y el misil se dirija al centro del objetivo conjunto. El avión debe realizar entonces una maniobra de evasión para alejarse del peligro. El resultado de este modo entonces es que el misil impacta sobre la bengala. Parece ser el más efectivo para engañar a los sistemas de guía infrarroja de tercera generación (ver anexo A).

Los dos últimos modos de empleo de bengalas son los que el nuevo sistema de armas que se elija debe combatir para obviar el engaño y seguir en todo momento al blanco real.

4 Requisitos operativos del nuevo sistema y comparativa entre los diferentes sistemas en servicio

A continuación, se detallarán los requisitos operativos identificados para la sustitución del sistema de armas Mistral I para cumplir con los cometidos que se le pudieran encomendar en el horizonte futuro de 20 años y se discutirá entre los sistemas de armas disponibles en el mercado, o que en breve puedan implementarse, cuál de ellos podría ser la mejor opción con arreglos a los parámetros de instrucción y adiestramiento, logística, impacto de personal, enseñanza, interoperabilidad y coste.

A tenor de la experiencia vivida durante la fase de prácticas realizadas en el GAAA II/71 (Fuencarral - Madrid) se puede concluir que las necesidades tácticas y técnicas que el futuro sistema debería cumplir son:

- Resistencia a las contramedidas infrarrojas, mediante una matriz de detectores de última generación.
- Alta agilidad en el vuelo con un refresco de datos de guiado en la cadena de pilotaje lo más alto posible, que proporcione un alto índice de éxito sobre blancos de pequeñas dimensiones y alta maniobrabilidad.
- Capacidad de alcance sobre las plataformas enemigas antes de que las mismas puedan usar sus armas.
- Movilidad estratégica en los medios actuales del Ejército del Aire (C-130 Hércules, futuro A-400).
- Aumento de la vida útil del sistema.
- Compatibilidad con los actuales sistemas en dotación en el Ejército de Tierra.
- Disponer de huella logística lo más simple posible.
- Aprovechamiento de infraestructuras existentes (mando y control, vehículos, escalones de mantenimiento, etc.)
- Integración en cualquier organización operativa que se pueda constituir en el marco del Ejército de Tierra.
- Movilidad táctica acorde a la unidad a apoyar (Brigada Polivalente).

4.1 Mistral 3

Este sistema de armas es la evolución directa del actual Mistral 1 (ya que el Mistral 2 simplemente dispone de modificaciones menores para su certificación para poder ser lanzado desde helicópteros) por lo que es también un misil superficie-aire para baja y muy baja altura portátil tipo dispara y olvida (fire and forget). Su misión es la defensa aérea de baja altura para cualquier tipo de punto vital en el que podemos encuadrar edificaciones, centros logísticos, unidades, puestos de mando, etc. En este modelo al misil se le ha hecho compatible con una gran cantidad de sistemas de lanzamiento ya que no todos los vehículos o aeronaves tienen las mismas capacidades.

Las características más relevantes sobre este nuevo modelo son que el buscador IR es mucho más avanzado y posee un detector con un sensor matricial (aunque el fabricante MBDA todavía no ha proporcionado datos concretos, parece que sería una matriz de 128x128 elementos FPA (Focal Plane Array) de antimonio de indio) que se encarga de memorizar la silueta de la firma térmica de la aeronave haciendo inútil cualquier tipo de contramedida convencional IR. Asimismo, dispone de un guiado más preciso. Esto hace que su eficiencia final se incremente respecto al Mistral anterior, logrando alcanzar el 96% de probabilidades de derribo. Finalmente, la característica más importante es que tiene interoperabilidad entre versiones por lo que sólo se tendría que cambiar la munición, dejando el sistema de armas (puesto de tiro) igual, con unas mínimas modificaciones. Asimismo, el nuevo misil incorpora una cabeza de guerra y un motor cohete insensibles a las radiaciones exteriores lo que le proporciona un

mayor grado de seguridad en su empleo, haciendo prácticamente imposible la activación de la electrónica interna mediante radiaciones exteriores.

Al mejorar esta munición el fabricante ha añadido ciertas funciones en las que el Mistral 1 fallaba. En primer lugar, se resolvió el problema de las contramedidas IR como pueden ser las bengalas ya que su nuevo sensor fue probado por la empresa fabricante y el ejército francés con buenos resultados. Además, los rangos de adquisición fueron ampliados con el fin de tener en cuenta a los UAV y a los objetos de baja reflexión de radiación ya que en el futuro estos elementos serán nuestra principal amenaza. Se vio que la distancia del modelo anterior ya no era efectiva porque los helicópteros y los UAV tienen un alcance aproximado en sus armas de 7 km aproximadamente, frente al del Mistral 1 que es de 5,5 km. Por ese motivo la distancia del nuevo modelo se ha incrementado hasta los 9 km, con una velocidad máxima de 930 m/s, haciendo que su actuación fuese más profunda que antes. Por último, saber que el ciclo de vida también ha aumentado, pasando de los doce años actuales hasta los veinte y la estabilidad del explosivo también ha sido mejorada para evitar incidentes en su manipulación.

Para llevar a cabo estas mejoras se ha modificado la arquitectura externa del misil (ver figura 14). Así, el Mistral 3 ya no tiene rotación gracias a otras dos aletas maniobrables que hacen que ya no tenga que depender en su rotación, es decir, las cuatro superficies de control son móviles ahora a diferencia de su predecesor que tenía dos móviles y dos fijas. Lo que le proporciona una mayor maniobrabilidad para lograr una mejor eficiencia ante blancos evasivos (con una aceleración máxima de 9 g).

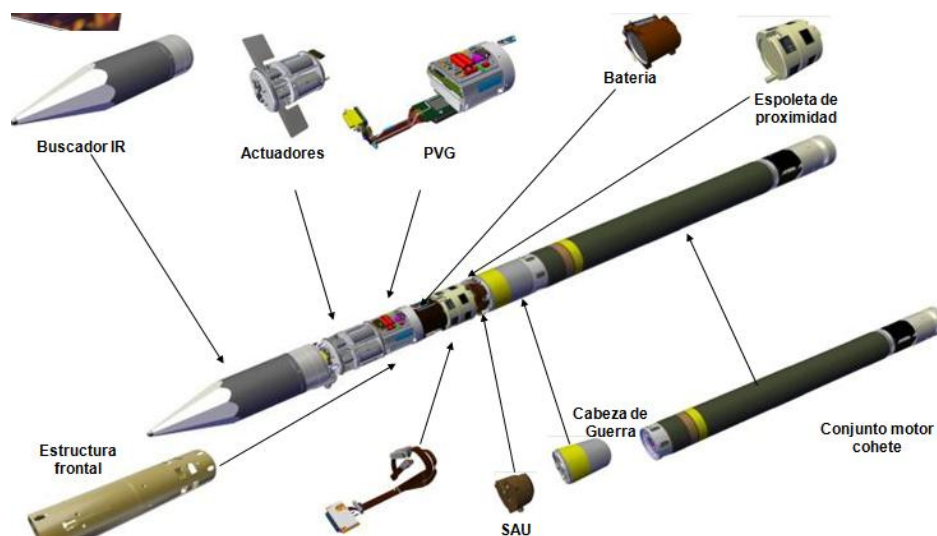


Fig.14.- Subsistemas del Mistral 3

Principales características del misil Mistral 3:

- Cabeza buscadora IR de 4ª generación (matricial).
- Guiado preciso y pilotaje de misil ágil (9 g.).
- Trayectoria de navegación proporcional.
- Espoleta de proximidad por Laser.
- Mayor carga de Guerra con más bolas de tungsteno y 3 kg cabeza de guerra con alto explosivo (tipo hexolita).
- Probabilidad de derribo: 96 %
- Alcance aproximado de 9 Km.
- Altura de 5000 m.

4.2 IRIS - T - SL (Infra-Red Imaging System - Tail - Surface Launched)

El misil superficie-aire IRIS-T-SL es una versión del misil aire-aire IRIS-T, que culminó su desarrollo por parte de la empresa Diehl BGT Defence junto con la empresa española Sener en 2009 estando previsto comenzar su producción en serie en 2014. En su diseño inicial el misil IRIS-T-SL está concebido para el complemento a baja altura del sistema de defensa aérea media extendida (MEADS), disponiendo de un alcance de 10 Km. En España, el Ejército del Aire dispone de más de 600 misiles en la versión aire-aire para dotar a los aviones EF-2000 y EF-18.

Este misil es transportado en diferentes configuraciones mediante camiones tipo Mercedes Benz Unimog 5000 TEL u otros de similares características para su lanzamiento vertical (ver figura 15). Forma parte de un sistema en el que la vigilancia y detección inicial se realiza mediante un radar con una antena array que alimenta a un sistema de mando y control capaz de intercambiar información data-link con los escalones superiores y automatizando al máximo las acciones sobre el misil. El misil dispone como ayuda a la navegación de un sistema GPS.



Fig. 15.- Lanzamiento misil IRIS-T-SL

El detector del misil es una sofisticada buscadora matricial de infrarrojos (128x128 elementos) FPA (Focal Plane Array) de última generación que proporciona una alta resolución, discriminación del blanco y supresión de contramedidas infrarrojas incluidas las bengalas. Dispone de una cabeza de guerra prefragmentada de dos capas con una carga militar de alto explosivo y activada o por impacto o mediante una espoleta de proximidad (ver figura 16).

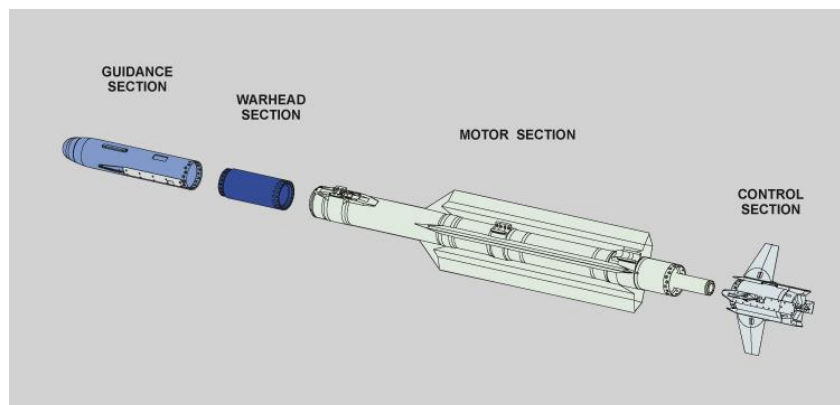


Fig. 16.- Componentes del misil IRIS-T-SL

El pilotaje del misil se realiza mediante un control de vuelo a través de actuadores que accionan las aletas de cola y el control de orientación de gases de la tobera del motor cohete que permite giros con

aceleraciones superiores a 10 g. Asimismo, las dos fases del motor permiten cambios de rumbo muy bruscos después del lanzamiento, mejorando su eficacia contra blancos que se muevan a gran velocidad.

A diferencia de otros misiles de su zona de acción como el Stinger o Mistral, el misil IRIS-T-SL tiene un peso ocho veces superior, rondando los 90 kg, lo que lo hace más pesado y la necesidad de disponer de una infraestructura más exigente en este sentido.

Principales características del misil IRIS-T-SL:

- Detector infrarrojo matricial de 128x128 elementos.
- Maniobrabilidad muy alta.
- Velocidad máxima de 3 mach.
- Espoleta de proximidad.
- Carga de Guerra prefragmentada de dos capas.
- Probabilidad de derribo superior al 95 %
- Alcance aproximado de 25 Km.

4.3 Stinger FIM-92 RMP Bloque II

El sistema STINGER es un misil portátil superficie-aire de guía infrarroja, desarrollado en los años 70 por parte de la empresa estadounidense Raytheon y que ha sido actualizado varias veces desde el inicial FIM-92 (1978) al FIM-92G (2001) presentado en la figura 17. Se trata de un sistema probado en múltiples acciones de combate con más de 50.000 misiles producidos en las diferentes versiones desde la del Stinger básico al FIM-92 RMP (Reprogrammable Microprocessor) Bloque I con detector de infrarrojo y ultravioleta evolucionado, mayor alcance y mantenimiento integrado; estando en servicio en más de 20 países.



Fig. 17.- Lanzamiento misil Stinger FIM-92 G

Aunque originalmente diseñado para ser lanzado sobre el hombro (ver figura 17) puede ser adaptado para su instalación a diferentes plataformas tanto terrestres (vehículos de alta movilidad) como navales o aéreas (helicópteros). La última versión del misil (Stinger FIM-92 RMP Bloque II) se basa en una matriz detectora pasiva avanzada en la banda del infrarrojo (igual a la que monta el misil aire-aire AIM 9X de 128x128 elementos FPA (Focal Plane Array) de antimonio de indio) junto a un sistema de adquisición del blanco optimizado junto a un mejor proceso de la señal con algoritmos que aseguran una alta efectividad contra todas las contramedidas conocidas. Su configuración básica comprende: lanzador

con misil, sistema de fijación, IFF y una unidad de alimentación eléctrica y enfriamiento por argón (ver figura 18).



Fig. 18.- Composición misil StingerFIM-92 G

El misil dispone de un motor propulsor que comienza su combustión una vez que un eyector lo ha lanzado fuera del tubo para proteger al apuntador-tirador del encendido del mismo. La detección del blanco se realiza mediante dos detectores, uno sensible al infrarrojo ($3,5$ a $5\ \mu\text{m}$) y otro sensible al espectro ultravioleta ($0,3$ a $0,4\ \mu\text{m}$), junto al procesador de señal con una lógica que permite reconocer las contramedidas realizadas por el blanco y proceder a su filtrado y eliminación.

El pilotaje, con una trayectoria de navegación proporcional, lo realiza a través de las dos superficies móviles delanteras de las cuatro con las que cuenta. En la última fase de la trayectoria ($< 1\ \text{s}$) dispone una guía adaptativa al blanco para modificar dicha trayectoria y buscar la parte central del blanco. Su cabeza de guerra es de $3\ \text{Kg}$ con una carga explosiva de $1\ \text{Kg}$ y un encapsulado de aleación de titanio prefragmentado. El misil es capaz de realizar maniobras de seguimiento sobre blancos evasivos con maniobrabilidad de $8\ \text{g}$.

El equipo puede ser interconectado a un sistema de mando y control que pueda transmitirle información sobre alerta y detección del blanco así como diversas órdenes de control sobre el arma. Por otro lado, dispone de un tubo intensificador de imagen (tipo F4844) de 3ª generación para el combate nocturno con un alcance de detección de $7000\ \text{m}$ y de identificación de unos $5000\ \text{m}$.

Principales características del misil Stinger FIM-92 RMP Bloque II:

- Detector basado en la comparación de los espectros ultravioleta e infrarrojo con matriz detectora de 128×128 elementos.
- Maniobrabilidad de $8\ \text{g}$
- Trayectoria de navegación proporcional
- Velocidad máxima de $2,2\ \text{mach}$
- Espoleta de proximidad por Laser
- Carga de Guerra con encapsulado de aleación de titanio prefragmentado de $3\ \text{kg}$
- Probabilidad de derribo superior al $90\ \%$
- Alcance aproximado de $8\ \text{Km}$
- Altura de $3500\ \text{m}$

5 Conclusiones

En el presente estudio se ha recorrido la evolución de la amenaza futura en el campo de batalla y sobre el que el futuro sistema de defensa antiaérea a muy baja altura tendrá responsabilidad. Asimismo, se ha acotado e identificado al helicóptero y a las plataformas aéreas no tripuladas en sus diversas configuraciones como los enemigos a batir. A continuación, se pasará a discutir cual debería ser la mejor opción para la sustitución del sistemas de armas basado en el misil Mistral 1.

En el marco de la industria occidental los misiles que cumplen las expectativas y requisitos operativos que se han tratado y detallado en el trabajo son el Mistral 3, el Stinger FIM-92 RMP Bloque II y el IRIS-T-SL. Cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas que, a continuación, se compararán para justificar la propuesta. Para ello, se estudiará el impacto respectivo en las áreas de logística, preparación, personal e interoperatividad e interoperabilidad, de acuerdo con las características técnicas detalladas en el trabajo.

5.1 Logística

No cabe duda que el mantenimiento y sostenimiento del sistema elegido será, en un marco de restricción económica como el actual, un factor determinante. En este momento, se dispone de una infraestructura ya establecida para el Mistral puesto que el escalonamiento del mantenimiento así como la cadena de abastecimiento de repuestos se realiza, sin ningún tipo de intermediación, entre la Unidad de empleo (Batería Mistral) y el Centro de Mantenimiento de referencia que es el Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Antiaéreos, Costa y Misiles (PCMASACOM) . En la Batería Mistral se ejecutan las tareas de mantenimiento de operador y mantenimiento orgánico (llamadas de 1º y 2º escalón), todas ellas de rápida actuación y resolución, mientras que en el PCMASACOM se llevan a cabo las tareas de mayor complejidad del mantenimiento de apoyo general y las relaciones con el fabricante.

Asimismo, los cambios a introducir tanto en los equipos como en el herramental para la evolución de Mistral I a III es mínima, sirviendo el actual como base para el futuro. Por otro lado, todo el material auxiliar sobre el que el sistema va montado (vehículo de alta movilidad - VAMTAC) tampoco necesita ninguna modificación. Sólo la cámara térmica debería adaptarse al nuevo alcance así como al espectro infrarrojo del misil y en los equipos de mando y control habría que actualizar su software. El resto de componentes que conforman la unidad de empleo como son el Centro de Operaciones Antiaéreas Semiautomático Ligero (COAAAS-L), el radar de vigilancia RAVEN y los medios de comunicación no necesitan ningún tipo de actualización.

Sin embargo, la adquisición de cualquiera de los otros dos sistemas significaría la adquisición implícita de todo el material de mantenimiento que se necesitase y con una más que posible nueva arquitectura de escalonamiento del mantenimiento, especialmente en el caso del IRIS-T-SL por su mayor complejidad. Además, en el caso del IRIS-T-SL también debe tenerse en cuenta que si bien el misil sí está ampliamente probado en su versión aérea el conjunto del sistema superficie-aire acaba de entrar en producción.

De todo lo anterior, y con tiempos de vida similares, se deduce que el menor impacto en la huella logística lo produciría la adquisición del Mistral 3.

5.2 Preparación

El área de la preparación es fundamental para el éxito del cumplimiento de una misión por parte de las unidades a través de los medios con los que actúan. En estos momentos, en el Ejército de Tierra la preparación descansa en los pilares de ejercicios (en sus diferentes formatos de: fuego, simple o doble

acción con aeronaves, instrucción y adiestramiento sobre el material, etc.) y de simulación. Los ejercicios, en el actual marco económico, se han restringido a los necesarios para alcanzar un grado de preparación suficiente, siendo sustituidos en parte por la instrucción en simulador.

Actualmente, se dispone de misiles de instrucción Mistral 1 para la instrucción de los sirvientes del puesto de tiro así como de misiles de entrenamiento Mistral 1 para practicar todas las acciones previas al lanzamiento por parte del apuntador-tirador. Asimismo, todas las baterías disponen de un simulador portátil (mediante PC portátil) para el entrenamiento de los apuntadores-tiradores con plataformas aéreas simuladas. Además, a nivel nacional, hay dos centros de simulación (en el GAAA II/71 y la Academia de Artillería) para la evaluación de los distintos equipos en las que se deben pasar una serie de ejercicios para obtener la aptitud necesaria para su empleo en acciones de combate.

En el caso de los misiles IRIS-T-SL y Stinger FIM-92 RMP Bloque II habría que realizar una adquisición de todo el material de simulación mientras que para el Mistral 3 sólo sería necesaria una modificación de software para adecuarlo al nuevo alcance. Por tanto, desde el punto de vista de la preparación el Mistral 3 ofrece una transición económica e inmediata.

5.3 Personal

Hoy en día, todas las Fuerzas Armadas occidentales tienden a reducir el tamaño de las mismas buscando sistemas que necesiten el menor número de sirvientes y automatizando el empleo del material al máximo, incluido el proceso de decisión de dicho empleo para lo cual es condición necesaria que los escalones intermedios entre el centro de decisión y la ejecución del disparo se minimicen e incluso desaparezcan.

En general, estos requisitos se cumplen en todos los sistemas no teniendo que prácticamente cambiar las plantillas de las unidades de empleo (baterías) en los casos del sistema Mistral como Stinger ya que ambos necesitan un Jefe de Pieza/Puesto de Tiro, un apuntador Tirador, un conductor de vehículo de alta movilidad y un proveedor. Sin embargo, la complejidad y dimensión del IRIS-T-SL haría que su plantilla estuviese más cerca del actual sistema NASAMS en servicio en España con el misil AMRAAM, ya que habría que disponer de un camión y sirvientes necesarios para hacer recargas en el mismo, hay que recordar que el peso de su recarga es ocho veces superior, con un empleo más centralizado que los anteriores mediante un único centro director de fuegos (FDC, Fire Director Centre) por unidad de empleo (batería). Asimismo, el diseño de la unidad de apoyo logístico, PCMASACOM (Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Antiaéreos, Costa y Misiles), debería modificarse ya que habría que implementar nuevos talleres, con el consiguiente aumento de personal militar de la rama técnica.

5.4 Interoperatividad e interoperabilidad

La arquitectura actual de integración de la defensa antiaérea en el Sistema de Defensa Aérea nacional se realiza a través de los Centros de Operaciones Antiaéreas en los que uno de los corresponsales son las unidades Mistral. Si hubiese un nuevo material, llevaría añadido el rediseño de los mismos para darles conectividad y que pudieran ser empleados con control positivo en el combate antiaéreo, lo que llevaría añadido un coste adicional así como un tiempo añadido; ya que normalmente los protocolos de transmisión de información (LINK) son diferentes dependiendo de la empresa fabricante.

En cuanto a la interoperatividad con los ejércitos aliados, cualquiera de los sistemas se encuentra en la composición de los mismos y, por tanto, sus procedimientos tácticos y técnicos están estandarizados en las doctrinas de empleo de las unidades conjunto-combinadas. Ello significa que su

integración en cualquier operación llevada a cabo en el marco de organizaciones a las que las Fuerzas Armadas pertenecen no supondría ningún hándicap.

5.5 Propuesta

Para realizar la propuesta me he basado en una matriz comparativa de los tres sistemas en referencia a varios factores de carácter técnico, logístico y operativo, como se puede apreciar en la siguiente tabla (ver tabla 1). La valoración ha oscilado entre 3 si cumple todos los requisitos en el respectivo factor a comparar y 1 cuando el cumplimiento es el más bajo.

TABLA COMPARATIVA	MISTRAL 3	IRIS-T	STINGER 92 RMP Bloque II
Cabeza de guerra	2	3	2
Tecnología del detector	3	3	3
Alcance	2	3	2
Maniobrabilidad	2	2	1
Huella logística	3	1	2
Plantilla de personal	3	1	3
Interoperabilidad	3	1	3
Preparación	3	1	2
Coste económico	3	1	2
TOTAL	24	16	20

Tabla 1.- Comparativa de los tres Sistemas de Armas objeto de estudio

Atendiendo a los distintos factores de discusión que anteriormente se han plasmado parece claro que en un marco económico de contención, con una tendencia clara de disminución del tamaño de las Fuerzas Armadas pero con un aumento de su eficacia y una integración tanto en el sistema nacional de defensa aérea como en las organizaciones internacionales en las que se pueda participar; el misil que ofrece una transición económica más rápida, con una menor huella logística y sin reducción o afectación del nivel de preparación del Ejército es el Mistral 3.

6 Bibliografía

- (1) PDC-01. Doctrina para la acción conjunta de las Fuerzas Armadas (2009).
- (2) PD1-001. Empleo de las Fuerzas Terrestres (2011).
- (3) OR3-002. Orientaciones. Mando Componente Terrestre (2007).
- (4) PD2-002. Funciones de Combate (2013).
- (5) DO2-011. Defensa Aérea para las Fuerzas Terrestres (2007).
- (6) PD4-501. La Guerra Electrónica en los nuevos conflictos (2011).
- (7) PDX-XXX. Borrador Defensa Antiaérea (2014).
- (8) FM 34-25-7, Crewmember tasks, Task 1413, Perform actions in contact (2007).
- (9) El nivel operacional, Mando de Adiestramiento y Doctrina del ET, junio 2002.
- (10) Visión 2025 del Jefe del Estado Mayor del Ejército. General de Ejército D. Fulgencio Coll Bucher.
- (11) El poder aéreo: rápido, flexible y rentable. Conferencia de Jefes de Estado Mayor del Aire Europeos (1997).
- (12) The UK joint vision. Joint Doctrine and Concepts Centre (2001).
- (13) Land forces in contact with reality. A new doctrinal approach. Army Command for Doctrine and Higher Education (2001).
- (14) Mando de adiestramiento y doctrina. ACART-VA-005. Infrarrojos. (Agosto de 2009).
- (15) López, Alberto. "El campo de batalla futuro": http://www.portierramaryaire.com/arts/futuro_5.php
- (16) Mora Pardo, Álvaro. "Unmanned Combat Air Vehicle": <http://www.militar.org.ua/militar/aviacion/avion-Unmanned-Combat-Air-Vehicle.html>
- (17) MBDA Systems. "Storm Shadow": <http://www.mbda-systems.com/products/air-dominance/storm-shadow-scalp30/>
- (18) Presentación MBDA.
- (19) Arias Fernández, José Julio. "La amenaza aérea actual y tendencias de futuro", Revista Ejercito, nº 735, Junio de 2002.
- (20) Novion Boisier, Juan E. (2000). "Análisis del misil Mistral infrarrojo como sistema antiaéreo": <http://www.revistamarina.cl/revistas/1999/5/novion.pdf>
- (21) Diehl BGT Defense (2010). "IRIS-T Infra-Red Imaging Systems": <http://www.diehl-bgt-defence.de/index.php?id=561&L=1>
- (22) Sener Aerospacial:
<http://www.sener-aerospace.com/AEROESPACIAL/Generic/defensa-actuacion-iris-T>
- (23) Ministerio de Defensa: <http://www.defensa.gob.es/Galerias/politica/armamento-material/ficheros/DGM-Misil-Iris-T.pdf>
- (24) Diehl Group: http://www.diehl.com/en/nc/diehl-group/press/iris-t-the-worlds-highest-performance-short-range-air-to-air-guided-missile/190.html?tx_ttnews%5BsViewport%5D=1

(25) Tactical Technologies Inc: [http://tti-ecm.com/uploads/resources_technical/expendable%20countermeasure%20effectiveness%20against%20imaging%20infrared%20guided%20threats%20\(ewci%202012\).pdf](http://tti-ecm.com/uploads/resources_technical/expendable%20countermeasure%20effectiveness%20against%20imaging%20infrared%20guided%20threats%20(ewci%202012).pdf)

(26) The Office of the Director, Operational Test & Evaluation - Office of the Secretary of Defense: <http://www.dote.osd.mil/pub/reports/FY1999/pdf/99stinger.pdf>

(27) Air Power Australia: <http://www.ausairpower.net/TE-Sidewinder-94.html>

(28) José Manuel Muñoz Fuentes, Guiado IR en misiles SRAAM. Boletín de Observación Tecnológica en Defensa n.º 41 (2013)