



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

## Evolución del sistema Mistral

Autor

CAC. Art. D. Fernando López Salguero

Directores

Director académico: Dra. Dña. M<sup>a</sup> Victoria Sebastián Guerrero

Director militar: Cap. D. Saúl Núñez Martins

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
Año 2019



## **Agradecimientos**

Quisiera expresar mi agradecimiento a todos los componentes del GAAA II/30 con base en Ceuta por la profesionalidad, disponibilidad, buen trato, compromiso y apoyo que han mostrado durante mi estancia en la Unidad. Gracias por todo lo que me habéis aportado como militar y como persona.

Agradecer también al Capitán D. Saúl Núñez Martins, que ha ejercido de mi tutor militar, por toda la ayuda e información recibida, interés por el correcto desarrollo de las prácticas externas, como todo lo concerniente a mi estancia en la Unidad, facilitando enormemente la integración en esta.

En particular quiero agradecer a la Dra. Dña. María Victoria Sebastián Guerrero por su incombustible paciencia, implicación y constante dedicación en la elaboración de este trabajo, sin su ayuda y supervisión, no hubiera sido posible la realización del mismo.

Finalmente quiero agradecer a mi familia y amigos toda la ayuda y el apoyo recibido a lo largo de mi periodo de formación académica.



## Abstract

### Evolution of the Mistral system

The Airspace control is competence of the Armed Forces, managed by the Air Force and supported by the Army. This control is performed by setting operational organizations called Anti-Aircraft Defence Units, whose objective is to disable air hostile actions. The set of weapon systems that make up the Anti-Aircraft Defense is called Anti-Aircraft Artillery. The Anti-aircraft Artillery in Spain has different weapon systems with anti-missile capabilities, against fixed-wing or rotary-wing aircrafts, among them there is the Mistral missile system.

The Mistral system, the most widely used in its field in western armies, is a surface-to-air anti-aircraft missile system that has the << All Time >> capability. Spain acquired in 1991 a total of 192 Mistral shooting posts in its first version. The second version and a subsequent update of the first as well as the implementation of the third version of the missile have been exposed too.

This Final Degree Project aims to analyze the evolution of the Mistral missile system versions from a comparative perspective between them. The technological advances that each version of the system have been adding are exposed in this work. A comparative analysis of the capabilities of each version of the system has been carried out to show the characteristics provided in terms of tactical use. In addition, an analysis of the internal factors (those that seek to increase the strengths of the Mistral system and minimize weaknesses) and external factors (threats and opportunities of the environment surrounding the Mistral system and that cannot be controlled) have been carried out. This analysis has estimated the possible changes that should be implemented in the development of the Mistral system to continue in its evolution.

A study of the aspects to be taken into account in the implementation and integration of the third version of the Mistral system in the Artillery units has been carried out. This analysis aims to show the changes that involve the use of the Mistral 3 system in the Anti-Aircraft Artillery, from an economic point of view, logistics, tactics and planning. In addition, it is exposed how the material of the Mistral system in its first version can evolve to the third version, by purchasing new material and updating the material in use.

Once made the study of the integration of the Mistral 3 system in the units, a risk analysis has been carried out to know and evaluate the possible risks in the implementation of the system for the Army. This analysis aims to minimize the impact of those risks that are a threat to the units, in order to get ahead of them as soon as possible.

Finally, a study of the possible use scenarios of the Mistral 3 system has been carried out in the future, both in the National Territory and in the Operations Zone

It can be concluded, after the analyzes carried out, that the evolution of the Mistral system has been constant, providing both technical and tactical advantages in its successive updates. All this means an improvement in the defense capabilities of the Anti-Air Artillery units of the Army. Also, the third version provides greater coverage of Air Defense both in roof and scope, a greater probability of interception of the target and a better operational efficiency. In addition, the Mistral 3 missile achieves the new tactical ability which is to combat flush flight threats.

Despite the improvements introduced, the Mistral system continues to present some deficiencies due to the continuous evolution of countermeasures technology. The risks presented by the analysis of the implementation of the system are easy to determine too.

The decision of the General Directorate of Armament and Material to consider the evolution of the Mistral system instead of buying a similar system is considered the right one at the present time. Therefore, once the Mistral 3 system is implemented, the Armed Forces units will have a very advanced Anti-Aircraft system to deal with the threats of the 21st century.

Keywords: air threat, capabilities, countermeasures, evolution, Mistral system.

## Resumen

### Evolución del Sistema Mistral

El control del espacio aéreo dentro de las Fuerzas Armadas es gestionado por el Ejército del Aire y apoyado por el Ejército de Tierra mediante las organizaciones operativas denominadas Unidades de Defensa Antiaérea, cuyo objetivo es anular la acción aérea hostil. El conjunto de los sistemas de armas que componen la Defensa Antiaérea se denomina Artillería Antiaérea. La Artillería Antiaérea en España cuenta con diferentes sistemas de armas con capacidades antimisil, contra aeronaves de ala fija o de ala rotatoria, entre los que se encuentra el sistema de misiles Mistral.

El sistema Mistral, el más utilizado de su ámbito en los ejércitos occidentales, es un sistema de misiles antiaéreo de tipo superficie-aire que cuenta con la capacidad <<Todo Tiempo>>. España adquirió en 1991 un total de 192 puestos de tiro Mistral en su primera versión. Tras una segunda versión y una actualización posterior de la primera, se está tratando la implantación de la tercera versión del citado misil.

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo analizar la evolución de las versiones del sistema de misiles Mistral desde un enfoque comparativo entre ellas. Se exponen los avances tecnológicos que ha ido incorporando cada una de las versiones del sistema. Se ha realizado un análisis comparado de las capacidades de cada versión del sistema para dar a conocer las características aportadas en cuanto a su empleo táctico. Además, se ha realizado un análisis de los factores internos (aquellos que buscan aumentar las fortalezas del sistema Mistral y minimizar las debilidades) y factores externos (amenazas y oportunidades del entorno que rodean al sistema Mistral y que no se pueden controlar). Este análisis ha estimado los posibles cambios que habría que implementar en el desarrollo del sistema Mistral para continuar con su evolución.

Por otro lado, se ha realizado un estudio de los aspectos a tener en cuenta en la implementación e integración de la tercera versión del sistema Mistral en las unidades de Artillería en el Ejército de Tierra. Este análisis tiene como objetivo dilucidar los cambios que implican en la Artillería Antiaérea el uso del sistema Mistral 3, desde el punto de vista económico, de la logística, la táctica y el planeamiento. Además, se da a conocer cómo el material del sistema Mistral en su primera versión puede evolucionar a la tercera versión, mediante la adquisición de nuevo material y las actualizaciones del material en uso.

Tras el estudio previo a la integración del sistema Mistral 3 en las unidades, se ha realizado un análisis de riesgos para conocer y evaluar los posibles riesgos se supone dicha implementación para el Ejército de Tierra. Este análisis tiene como objetivo reducir al máximo el impacto de aquellos riesgos que resultan una amenaza para las unidades, para poder anteponerse a ellos en la medida de lo posible.

Finalmente, se ha realizado un estudio de los posibles escenarios de uso del sistema Mistral 3 en el futuro, tanto en Territorio Nacional como en Zona de Operaciones.

Se puede concluir, tras los análisis realizados, que la evolución del sistema Mistral ha sido constante aportando ventajas tanto técnicas como tácticas en sus sucesivas actualizaciones. Todo ello ha repercutido en una mejora de las capacidades de defensa de las unidades de Artillería Antiaérea del Ejército de Tierra. Así, la tercera versión proporciona una mayor cobertura de Defensa Antiaérea tanto en techo como alcance, una mayor probabilidad de interceptación del objetivo y una mejor eficacia operativa del conjunto. Además, el misil Mistral 3 consigue la nueva capacidad táctica del combate de amenazas de vuelo rasante.

A pesar de las mejoras introducidas, el sistema Mistral sigue presentando algunas deficiencias debido a la continua evolución de la tecnología de las contramedidas. Los riesgos que presenta el análisis de la implementación del sistema son fácilmente evitables.

La decisión de la Dirección General de Armamento y Material de considerar la evolución del sistema Mistral en lugar de comprar un sistema similar se considera la idónea en el momento actual. Por ello, una vez implementado el sistema Mistral 3, las unidades de las FAS dispondrán un sistema antiaéreo muy avanzado para poder hacer frente a las amenazas del siglo XXI.

Palabras clave: amenaza aérea, capacidades, contramedidas, evolución, sistema Mistral.

## Índice

<b>1.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos y alcance del estudio.....	2
1.2	Ámbito de aplicación.....	2
1.3	Estructura de la memoria.....	3
1.4	Metodología.....	3
<b>2.</b>	<b>Sistema Mistral.....</b>	<b>4</b>
2.1	Generalidades del sistema Mistral.....	4
2.2	Versiones del sistema Mistral.....	5
<b>3.</b>	<b>Estudio comparativo de las versiones del sistema Mistral en diferentes ámbitos de aplicación.....</b>	<b>6</b>
3.1	Gestión de la información en el puesto de tiro.....	6
3.2	Principio de operación.....	9
3.3	Detección y guiado.....	10
3.4	Sensibilidad a las contramedidas.....	13
3.4.1	Sensibilidad a las contramedidas del sistema Mistral 1 y 2.....	13
3.4.2	Sensibilidad a las contramedidas actuales del sistema Mistral 3.....	14
<b>4.</b>	<b>Análisis de las capacidades y factores de las versiones del sistema Mistral.....</b>	<b>17</b>
4.1	Comparativa de las capacidades de las versiones del sistema Mistral.....	17
4.2	Estudio de los factores internos y externos del sistema Mistral.....	18
<b>5.</b>	<b>Visión futura del sistema Mistral 3.....</b>	<b>21</b>
5.1	Estudio de la implementación del sistema Mistral 3.....	21
5.2	Análisis de riesgos de la implementación del sistema Mistral 3.....	23
5.3	Posibles escenarios de uso del sistema Mistral 3.....	26
<b>6.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>27</b>
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>29</b>

## **Listado de anexos**

<b>Anexo A</b> Configuraciones del sistema Mistral en las Fuerzas Armadas.....	31
<b>Anexo B</b> Sistemas de misiles similares en el mercado al sistema Mistral.....	33
<b>Anexo C</b> Cámara Matis.....	37
<b>Anexo D</b> Amenazas aéreas que puede combatir el sistema Mistral.....	39
<b>Anexo E</b> Sistema ATLAS-RC.....	44

## Listado de ilustraciones

<b>Ilustración 1</b> Exterior del Acuartelamiento El Hacho, sede del GAAA II/30.....	2
<b>Ilustración 2</b> Sistema Mistral MANPADS.....	4
<b>Ilustración 3</b> Sistema Mistral ATAM.....	4
<b>Ilustración 4</b> 1ª versión del misil Mistral.....	5
<b>Ilustración 5</b> 2ª versión del misil Mistral.....	6
<b>Ilustración 6</b> 3ª versión del misil Mistral.....	6
<b>Ilustración 7</b> Elementos que integran el sistema SILAM.....	7
<b>Ilustración 8</b> Interconexiones del sistema SILAM en configuración ALAMO.....	7
<b>Ilustración 9</b> Interconexiones del nuevo sistema SILAM en configuración ALAMO.....	8
<b>Ilustración 10</b> Aletas de control del misil Mistral 3.....	9
<b>Ilustración 11</b> Principales cambios en el principio de operación del Mistral 3.....	10
<b>Ilustración 12</b> Ejes de referencia.....	11
<b>Ilustración 13</b> Domo IR refrigerado.....	11
<b>Ilustración 14</b> Bandas utilizadas por el sistema Mistral en el espectro infrarrojo.....	11
<b>Ilustración 15</b> Elección de foco de calor del sistema Mistral 3.....	12
<b>Ilustración 16</b> Lanzamiento de bengalas como contramedida.....	13
<b>Ilustración 17</b> Dispositivo InShield.....	15
<b>Ilustración 18</b> Simulación de desvío de la trayectoria de un misil infrarrojo.....	15
<b>Ilustración 19</b> Sistema Miysis.....	16

## Listado de tablas

<b>Tabla 1</b> Características técnicas del sistema Mistral.....	5
<b>Tabla 2</b> Características tácticas del sistema Mistral.....	5
<b>Tabla 3</b> Comparación de las capacidades de los sistemas InShield y Miysis.....	16
<b>Tabla 4</b> Comparativa de las capacidades de las versiones del sistema Mistral.....	17
<b>Tabla 5</b> Análisis DAFO del sistema Mistral 1.....	18
<b>Tabla 6</b> Análisis DAFO del sistema Mistral 2.....	19
<b>Tabla 7</b> Análisis DAFO del sistema Mistral 3.....	20
<b>Tabla 8</b> Clasificación de las clases de riesgo.....	24
<b>Tabla 9</b> Matriz de riesgos de la implementación del sistema Mistral 3.....	25

## Glosario de términos

<b>AAA</b>	Artillería Antiaérea
<b>ADD</b>	Agency for Defence and Development
<b>AI</b>	Interdicción Aérea
<b>AT</b>	Apuntador Tirador
<b>ATAM</b>	Air To Air Missile
<b>CAC</b>	Caballero Alférez Cadete
<b>Cap</b>	Capitán
<b>CCM</b>	Contra-Contra medidas
<b>CDO</b>	Caja De Operaciones
<b>CIS</b>	Conjunto Controlador de Interfaces SILAM
<b>COAAAS-L</b>	Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomático Ligero
<b>COAAAS-M</b>	Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomático Medio
<b>CPR</b>	Conjunto Pila Refrigerador
<b>DAA</b>	Defensa Antiaérea
<b>DAFO</b>	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
<b>DEAD</b>	Destruction of Enemy Air Defence
<b>DGAM</b>	Dirección General de Armamento y Material
<b>EA</b>	Ejército del Aire
<b>ET</b>	Ejército de Tierra
<b>FAMET</b>	Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra
<b>FDC</b>	Fire Director Center
<b>FAS</b>	Fuerzas Armadas
<b>F&amp;F</b>	Fire and Forget
<b>GAAA</b>	Grupo de Artillería Antiaérea
<b>GACA</b>	Grupo de Artillería de Campaña
<b>HAWK</b>	Homing All the Way Killer
<b>IR</b>	Infrared
<b>IRCCM</b>	Infrared Counter-Countermeasures
<b>JP</b>	Jefe de Pieza
<b>MAMPADS</b>	Man Portable Air Defence System
<b>MBDA</b>	Empresa procedente de Matra BAe Dynamics
<b>MEDEVAC</b>	Medical Evacuation
<b>MPVC</b>	Multi Purpose Combat Vehicle
<b>MSAM</b>	Medium Surface to Air Missile
<b>NASAMS</b>	Norwegian Advanced Surface to Air Missile System
<b>POT</b>	Puesto de Observación y Tiro
<b>RAMIX</b>	Regimiento de Artillería Mixto
<b>RPV</b>	Remoted Piloted Vehicle
<b>RC</b>	Remote Control

<b>SAM</b>	Surface to Air Missile
<b>SEAD</b>	Supression of Enemy Air Defence
<b>SILAM</b>	Sistema de Integración Lanzador Misil
<b>SHORAD</b>	Short Range Air Defence
<b>SVT</b>	Sistema de Visión Térmica
<b>TA</b>	Terminal Armas
<b>TI</b>	Terminal Inteligente
<b>TIPOT</b>	Terminal Inteligente para Puesto de Observación y Tiro
<b>TN</b>	Territorio Nacional
<b>TRL</b>	Technology Readiness Level
<b>UDAA</b>	Unidad de Defensa Antiaérea
<b>VAMTAC</b>	Vehículo de Alta Movilidad Táctico
<b>VSHORAD</b>	Very Short Range Air Defence
<b>ZO</b>	Zona de Operaciones

## 1. Introducción

En un mundo globalizado, en el que tienen lugar numerosos conflictos de diferente índole, la defensa de un país frente a agresiones externas constituye un área fundamental para la supervivencia de este. Esta defensa se consigue mediante un conjunto de personal y medios empleados adecuadamente, que se clasifican en diferentes áreas. El área de la Defensa Antiaérea (DAA) se presenta como una de las más importantes, siendo su objetivo principal la protección y control del espacio aéreo. Este control es potestad de las Fuerzas Armadas (FAS), que cuentan con medios aéreos y de Defensa Antiaérea para poder hacer frente a las amenazas aéreas. El espacio aéreo dentro de las FAS es gestionado por el Ejército del Aire (EA) y apoyado por el Ejército de Tierra.

El apoyo del ET al control del espacio aéreo se materializa mediante el establecimiento de organizaciones operativas, denominadas Unidades de Defensa Antiaérea (UDAA) [1]. Estas unidades las componen una serie de sistemas de misiles y cañones enfocados a los cometidos que la Defensa Antiaérea debe desarrollar, cubriendo diferentes alturas y alcances. Las Unidades de Defensa Antiaérea tienen como objetivo anular la acción aérea hostil. Estas unidades aportan áreas de Defensa Antiaérea para la defensa de puntos sensibles, zonas concretas, o la protección de fuerzas propias en Zona de Operaciones. Establecida una UDAA, esta se enlaza con el EA para la gestión conjunta del espacio aéreo, siendo potestad del EA la asignación de amenazas aéreas a la UDAA.

El conjunto de los sistemas de armas que componen la Defensa Antiaérea se denomina Artillería Antiaérea. España cuenta con diferentes sistemas de armas con capacidades antimisil, contra aeronaves de ala fija o de ala rotatoria. Estos sistemas se clasifican en función de su cobertura antiaérea, es decir, del alcance de intercepción del sistema de armas y de la capacidad que tienen de batir objetivos aéreos. Los sistemas de armas enfocados a media altura y medio alcance se denominan MSAM (Medium Surface to Air Missile). En este ámbito, el ET dispone de sistemas como el NASAMS (Norwegian Advanced Surface to Air Missile System) o el HAWK (Homing All the Way Killer) PIP III [2]. Entre los sistemas dedicados a baja altura y corto alcance, denominados SHORAD (Short Range Air Defence) y VSHORAD (Very Short Range Air Defence) España cuenta con el cañón GDF 35/90 007 y el sistema de misiles Mistral.

El sistema Mistral es un sistema de misiles antiaéreo de tipo superficie-aire (SAM-Surface to Air Missile) que cuenta con la capacidad <<Todo Tiempo>>, es decir, capacidad de operar de día, de noche, en condiciones de baja visibilidad y en general bajo cualquier condición climática. El sistema Mistral es el más utilizado de su ámbito en los ejércitos occidentales. España adquirió en 1991 un total de 192 puestos de tiro Mistral en su primera versión [3], con el objetivo de dotar a las unidades del ET con capacidad de defensa aérea de baja y muy baja cota.

## 1.1 Objetivos y alcance del estudio

El presente estudio tiene como objetivo analizar el desarrollo de las versiones del sistema de misiles Mistral, desde un enfoque comparativo entre estas. En este estudio, se exponen qué avances tecnológicos dispone cada actualización del sistema, con la finalidad de dar a conocer las capacidades aportadas por cada una de estas en cuanto a su empleo táctico.

Como objetivo secundario y teniendo en cuenta que el ET adoptará la nueva versión del sistema Mistral, la tercera versión [4], realizar un análisis previo a la implementación e integración de esta. Este incluye un estudio de los aspectos a tener en cuenta en la implementación de la tercera versión del sistema en las unidades de Artillería del ET y un posterior análisis de riesgos basado en este. Finalmente, se completa el trabajo aportando una visión de futuro sobre los posibles escenarios de uso del sistema Mistral.

## 1.2 Ámbito de aplicación

El estudio de la Evolución del Sistema Mistral se ha realizado en el Regimiento de Artillería Mixto número 30 (RAMIX-30) con base en Ceuta. El RAMIX-30 está compuesto por el Grupo de Artillería de Campaña I/30 (GACA I/30) y del Grupo de Artillería Antiaérea II/30 (GAAA II/30), siendo en este último donde tiene lugar el citado estudio. El GAAA II/30 lo integran las siguientes baterías: batería de cañones antiaéreos Oerlikon GDF 35/90 007, batería de misiles Mistral en su primera versión, batería de Plana que cuenta con el material necesario para ejercer el mando de las baterías como el radar RAC-3D y el FDC (Fire Director Center), y por último la batería de Servicios.



Ilustración 1. Exterior del Acuartelamiento El Hacho, sede del GAAA II/30.

Fuente: Asociación española de amigos de los castillos.

El trabajo realizado en la Unidad aporta una primera guía o antesala a la futura implementación del sistema Mistral 3 en el ET. En él se refleja la información necesaria para un primer entendimiento de las mejoras que proporciona la tercera versión del sistema y el conocimiento de los elementos y subsistemas actualizados que trae consigo esta versión, para su aplicación directa en las unidades de AAA del ET, con una visión de futuro del uso del sistema Mistral 3 tanto en Territorio Nacional (TN) como Zona de Operaciones.

### 1.3 Estructura de la memoria

El presente estudio se divide en seis apartados que abordan los aspectos necesarios para conocer la evolución del sistema Mistral. En el primer apartado se plantea al lector la información relativa a la consecución del trabajo. Se introduce y sitúa el sistema Mistral dentro del ET y se determina el ámbito de aplicación, objetivos a alcanzar y metodología aplicada en el trabajo.

El segundo apartado proporciona un primer acercamiento sobre el sistema Mistral y sus diferentes versiones, tratando aquellos aspectos básicos del mismo. En el tercer apartado se realiza un análisis comparativo de las versiones del sistema en diferentes ámbitos de aplicación, mostrando el desarrollo que han experimentado los elementos en las actualizaciones del sistema. En este apartado se explica la procedencia de las nuevas capacidades de la última versión, y para ello, se han analizado ámbitos como el de las contramedidas infrarrojas, el principio de operación o la detección y el guiado del misil.

El cuarto apartado expone una comparativa de las capacidades del sistema de armas, así como un análisis de los factores internos y externos del sistema. El quinto apartado muestra una visión futura sobre la implementación del sistema Mistral 3 en el ET y un análisis de riesgos sobre la adquisición de este sistema. Finaliza el apartado con los escenarios posibles de uso del sistema Mistral tanto en Territorio Nacional como en Zona de Operaciones.

Finalmente, el sexto apartado aporta las conclusiones extraídas del trabajo sobre la evolución del sistema Mistral desde diferentes puntos de vista. Por último, se expone la bibliografía y los anexos de la memoria.

### 1.4 Metodología

Para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo se han utilizado herramientas de gestión de la calidad como son el análisis de riesgos, con el objetivo de conocer los riesgos que suponen la implementación del sistema de armas, o el análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades). Por otro lado, los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Balística y Misiles han sido utilizados para la correcta interpretación de los datos y características de las que dispone el sistema Mistral.

El tema tratado en el trabajo ha requerido de una extensa investigación documental, siendo necesaria la revisión bibliográfica de documentos de Artillería relacionados con el uso y la táctica de los misiles antiaéreos, los propios acerca de ingeniería de calidad, de empresas como MBDA (fabricante del sistema Mistral) e Indra Sistemas (encargada de la evolución del sistema Mistral en España), además de distintos artículos, vídeos y reseñas. Todo ello enfocado a la obtención en profundidad de información acerca del sistema de armas.

## 2. Sistema Mistral

Para un mejor entendimiento de la evolución del sistema Mistral, es necesario el conocimiento previo del sistema incluyendo aquellas características que contribuyen a las capacidades tácticas del mismo. En este apartado se muestra una relación de datos y prestaciones del sistema Mistral que en su conjunto aportan una visión general de las versiones de este sistema de armas.

### 2.1 Generalidades del sistema Mistral

El sistema Mistral es un sistema de misiles antiaéreos dirigidos por infrarrojos, fabricados por la empresa multinacional europea de sistemas de misiles MBDA (anteriormente por Matra BAe Dynamics) y distribuidos desde 1988. Es un sistema de armas que dispone de un sistema de auto guiado directo pasivo con capacidad de detección de objetivos de 360 grados. Se le pueden encomendar numerosas misiones: defensa aérea de puntos sensibles, defensa aérea de zonas, defensa de cubiertas de buques y combate de helicópteros aire-aire. Todas estas misiones se efectúan con un solo sistema de misiles pero con capacidad de ser utilizado en varias configuraciones, siendo posible la embarcación del sistema sobre plataformas aéreas, marítimas y terrestres (ver Anexo A) [5].

El presente apartado está enfocado en las configuraciones que utiliza el ET del sistema Mistral, estas se denominan: MAMPADS, ALAMO y ATAM. La configuración MAMPADS (Man Portable Air Defence System), representada en la Ilustración 2, es un sistema portátil de una sola munición. La configuración ALAMO está compuesta por la configuración MAMPADS y un afuste rotatorio para poder operar sobre vehículos ligeros todo terreno. Finalmente, la configuración ATAM (Air To Air Missile) dispone de un afuste que permite utilizar varios misiles a los helicópteros de combate en la batalla aire-aire (ver Ilustración 3).



Ilustración 2. Sistema Mistral MANPADS.

Fuente: Manual MT6-337 SILAM.



Ilustración 3. Sistema Mistral ATAM.

Fuente: Libertad Digital.

Entre sus características técnicas (ver Tabla 1) destaca por una longitud de misil contenida y un peso ligero, lo que facilita las labores logísticas asociadas al sistema de armas. Dispone de una cabeza de guerra explosiva que contiene 1800 bolas de tungsteno y una carga de 2,95 kg de hexolita.

Entre sus características tácticas (ver Tabla 2) el misil tiene una velocidad máxima de 2,86 mach, superior a la de varios aviones de combate del mercado. El alcance varía en función del tipo de objetivo, así pues, el alcance eficaz contra helicópteros es de 4.000 m, mientras que en el alcance máximo del misil puede llegar a los 5.500 m.

Longitud de misil	1,99 m
Calibre	92,5 mm
Peso de misil	24,5 kg
Peso de puesto de tiro completo	47 kg
Peso de carga explosiva	2,95 kg

Tabla 1. Características técnicas del sistema Mistral.

Fuente: Elaboración propia.

Alcance mínimo	600 m
Alcance máximo	5.500 m
Velocidad máxima	2,86 mach
Puntería en elevación	-10º a 85º
Tiempo de recarga de misil	20 s

Tabla 2. Características tácticas del sistema Mistral.

Fuente: Elaboración propia.

El misil es de tipo <<F&F>> (Fire and Forget), es decir, una vez lanzado, este sigue al objetivo de manera autónoma mediante una cabeza buscadora infrarroja. Una vez esté a escasos metros del objetivo, la cabeza de guerra o carga de combate es activada por la unidad de seguro y armado, que a su vez es activada por la espoleta de proximidad láser o por la espoleta de impacto. El iniciador eléctrico de la unidad de seguro y armado activa la cadena de detonación, emitiendo una señal que se transmite al grano de la carga explosiva, proyectando las 1800 bolas de tungsteno, además del cuerpo y componentes del misil. Por otro lado, el cono de combate ha sido diseñado para optimizar la probabilidad de destrucción de blancos aéreos, especialmente aeronaves de vuelo rasante.

## 2.2 Versiones del sistema Mistral



Ilustración 4. 1ª versión del misil Mistral.

Fuente: MBDA.

La primera versión del sistema Mistral (ver Ilustración 4) entró en servicio en el Ejército de Tierra a principios de los años 90 y ya en 1998 surgió la segunda versión. Aunque esta última no se adoptó en España para las configuraciones MAMPADS y ALAMO, si se adquirió para su uso en configuración ATAM sobre helicópteros de ataque, como el Eurocopter EC665 Tigre.

La segunda versión (ver Ilustración 5) proporciona una espoleta de proximidad láser, una maniobrabilidad mejorada y una capacidad limitada de medidas IRCCM (Infrared Counter-Countermeasures), es decir, cuenta con contra-contra medidas a las acciones de las aeronaves contra la cabeza buscadora IR (Infrared) del sistema Mistral.



Ilustración 5. 2ª versión del misil Mistral.  
Fuente: MBDA.



Ilustración 6. 3ª versión del misil Mistral.  
Fuente: MBDA.

Tras el desarrollo de la segunda versión, la primera versión tuvo una actualización intermedia, llamada Mistral 1 bloque 1, que mejoraba la vida media del misil y usaba el buscador infrarrojo de la primera versión pero usando componentes de la segunda.

El sistema Mistral actual en las unidades se ha quedado obsoleto debido a la aparición de nuevas amenazas aéreas como los drones y a las nuevas contramedidas de las aeronaves. Por ello, se necesita un sustituto que siga cumpliendo con los cometidos que se le asignen.

Esto se ha traducido en el desarrollo del sistema Mistral 3 (ver ilustración 6). Ya en 2013 se presentó esta nueva versión del sistema a los ejércitos del mundo, con la premisa de mejoras como mayor alcance, techo o autonomía respecto a la primera y segunda versión del sistema Mistral.

### 3. Estudio comparativo de las versiones del sistema Mistral en diferentes ámbitos de aplicación

En el presente apartado se muestra un análisis comparativo del desarrollo de los elementos integrantes de las diferentes versiones del sistema Mistral desde distintos ámbitos de utilización. Se han estudiado aspectos diferentes como las contramedidas infrarrojas, el principio de operación o la detección y guiado del misil.

#### 3.1 Gestión de la información en el puesto de tiro

El Puesto de Observación y Tiro (POT) del sistema Mistral está integrado por el misil y los elementos necesarios para detectar, localizar, identificar y seguir al objetivo, lanzar y conducir el misil hasta el objetivo. El POT puede ser enlazado tanto con el COAAAS-L como en COAAAS-M (Centro de Operaciones de Artillería Antiaérea Semiautomático Ligero/Medio) para la obtención de datos de objetivos aéreos [6].

Para optimizar el tiempo de respuesta desde la detección hasta que se lanza el misil, el puesto de tiro Mistral cuenta con el sistema SILAM (Sistema de Integración Lanzador Misil) [7].

El sistema SILAM utilizado en la 1ª y 2ª versión del sistema permite la utilización integrada del puesto de tiro, TIPOT (Terminal Inteligente del Puesto de Observación y Tiro) y del sensor infrarrojo SVT-2M (Sistema de Visión Térmica) (ver Ilustración 7).

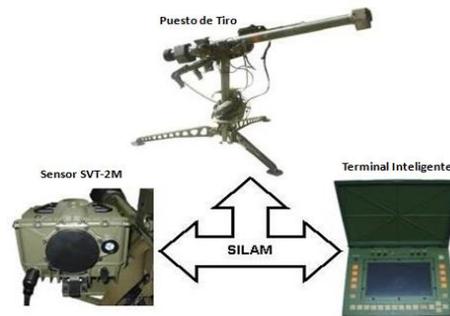


Ilustración 7. Elementos que integran el sistema SILAM.

Fuente: Indra Sistemas.

Esta versión del sistema SILAM proporciona la comunicación bidireccional por fonía<sup>1</sup> entre el Apuntador Tirador y el Jefe de Pieza (JP) siendo este último el usuario del Terminal Inteligente (TI). En la configuración ALAMO (ver Ilustración 8) recibe datos sobre las trazas a combatir y las correspondientes órdenes de empeño desde el TI mediante el COAAS Ligero/Medio, dependiendo de cómo se haya compuesto la UDAA.

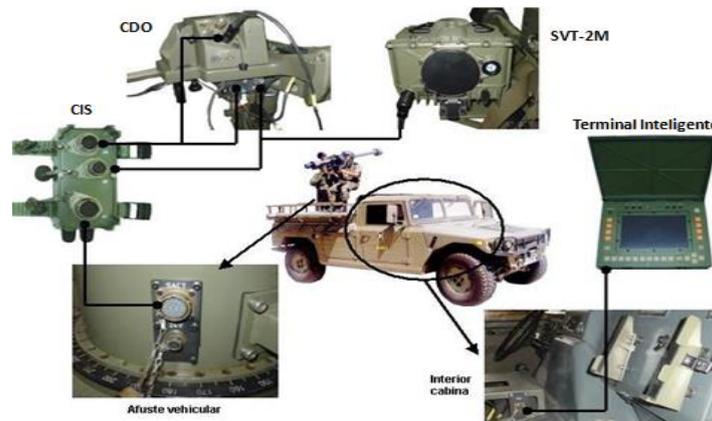


Ilustración 8. Interconexiones del sistema SILAM en configuración ALAMO.

Fuente: Indra Sistemas.

El nuevo sistema SILAM utilizado en el sistema Mistral 3 dispone de un nuevo Terminal Inteligente, que pasa a denominarse Terminal Armas (TA). El TA muestra imágenes digitales térmicas y ópticas captadas por el nuevo sensor del sistema SILAM SVT-3M al Jefe de Pieza, todo ello en una pantalla a color, frente a la interfaz monocromática utilizada en el TI. El TA se enlaza con el puesto de tiro mediante una conexión Ethernet que posibilita un mayor ancho de banda que la conexión del modelo anterior. Además, el TA se conecta con el sensor SVT-3M mediante conexión Wifi (ver Ilustración 9), mientras que el TI se conecta mediante cableado al sensor SVT-2M.

<sup>1</sup> La fonía se establece cuando se consigue enlace radio entre los tripulantes del vehículo.

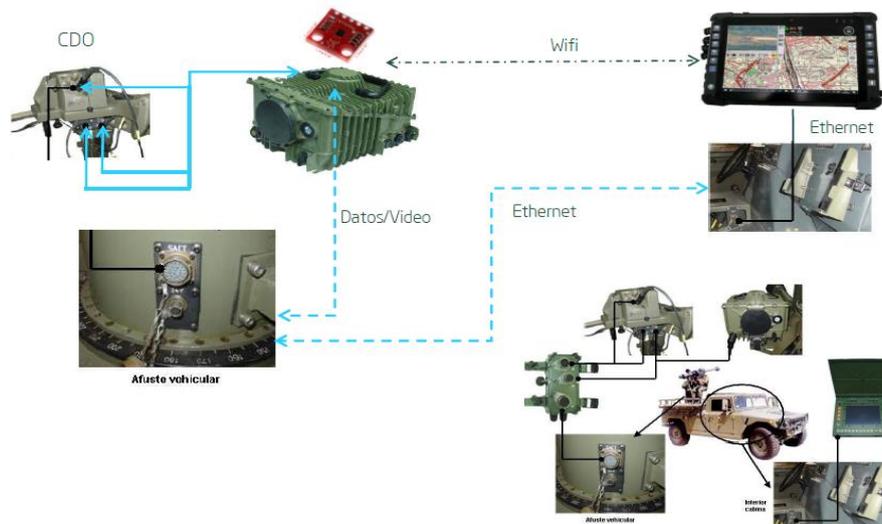


Ilustración 9. Interconexiones del nuevo sistema SILAM en configuración ALAMO.

Fuente: Indra Sistemas.

El sensor infrarrojo SVT-2M tiene capacidad de obtención de información del blanco, como la altura o velocidad del mismo. Esta información es transmitida al Apuntador Tirador (AT) en tiempo real para la posterior gestión de la amenaza aérea.

A diferencia del sensor SVT-2M que dispone de 4 detectores de tipo escáner, el sensor SVT-3M utilizado en el sistema SILAM actualizado al sistema Mistral 3 dispone de un detector focal plano (focal plane array) refrigerado de alto rendimiento [6]. Este nuevo sensor infrarrojo consigue un aumento de alcance de detección, reconocimiento e identificación de amenazas frente al modelo SVT-2M, además de una mejora en la calidad y procesado de imágenes, bajo cualquier condición climática.

Tras la comparación de los elementos pertenecientes al nuevo sistema SILAM y los propios del sistema actual, se puede concluir que, con la actualización de este sistema, el Ejército de Tierra dispondrá de una mejora en las capacidades tácticas, propiciadas por la implementación del sensor SVT-3M (mejoras en alcance de detección, reconocimiento e identificación de objetivos aéreos frente al modelo SVT-2M). Por otro lado, presenta las últimas tecnologías en visión térmica y procesado de imagen, una reducción de peso y un aumento de la autonomía de sus baterías (gracias al consumo reducido de 35 W frente a los 50 W de la versión anterior).

Además, la conexión Wifi ahorra en el número de conexiones por cable necesarias en la entrada en posición<sup>2</sup> (siendo un tiempo crítico en el combate de la Artillería Antiaérea). El Jefe de Pieza podrá desplazarse con el TA con total libertad y gestionar con una mayor eficiencia su puesto de tiro, debido a que anteriormente, este estaba empeñado en el uso del Terminal Inteligente mediante cableado desde la cabina del vehículo con la imposibilidad de ver lo que ocurre en el exterior de este.

<sup>2</sup> Acción realizada por las unidades desde su llegada al punto de despliegue hasta su puesta en funcionamiento.

### 3.2 Principio de operación

El principio de operación del misil Mistral en su 1ª y 2ª versión dispone de un misil de tipo autoguiado IR, propulsado por un motor cohete y estabilizado por un movimiento giroscópico. Dispone de una unidad giroscópica generadora de órdenes de guiado a las superficies de control y de señales de estabilización, similar al de la mayoría de los misiles y sistemas de control utilizados en la actualidad.

Su vuelo se produce gracias a cuatro aletas de control actuadas eléctricamente y cuatro aletas cóncavas de sustentación ubicadas en la parte trasera que le imprime un movimiento giroscópico. Este movimiento es interpretado por un acelerómetro y un girómetro, siendo este corregido mediante un servomotor.

El misil dispone de un motor tipo cohete con combustible sólido de una etapa (crucero) y es acelerado a la velocidad de sustentación a través de un motor de lanzamiento (booster) que se desprende una vez utilizado este. Las 4 aletas de control intervienen en cualquier maniobra, tanto en cabeceo como en guiñada o alabeo. Ambos grupos de aletas son retráctiles, y se despliegan doce segundos después de que el misil abandona el tubo de lanzamiento.

Por otra parte, el misil Mistral 3 es estabilizado en vuelo de manera cilíndrica mediante alas traseras de rotación libre (ver Ilustración 10). Ello proporciona una maniobrabilidad mejorada frente a la presentada por versiones anteriores, con capacidad de interceptación de objetivos que realicen maniobras evasivas en vuelo.



Ilustración 10. Aletas de control del misil Mistral 3.

Fuente: MBDA.

El misil Mistral en su 3ª versión introduce mejoras (ver Ilustración 11) como la implementación de tres acelerómetros y tres girómetros para una mayor maniobrabilidad. Además, está dotado de tres servomotores para cada eje de maniobra: uno para el deslizamiento, uno para la rotación y otro para el lanzamiento [5]. Por otro lado, dispone de un nuevo motor cohete que proporciona un alcance cinemático superior del 15% respecto a las versiones anteriores del sistema.

Cuenta con la capacidad de combatir misiles y aeronaves en vuelo rasante (la cual no está disponible en la primera y segunda versión del sistema). Ello se consigue mediante un proceso de guiado especial, que realiza correcciones sobre la línea de mira en el plano vertical, generando una sobreelevación del lanzador en el momento del lanzamiento.

Con ello se logra una trayectoria balística sobre el blanco, permitiendo la interceptación de amenazas que tengan una trayectoria de vuelo de hasta 2,5 m de altura, además de evitar que la espoleta láser se active con el mar, así como con vegetación o accidentes del terreno.

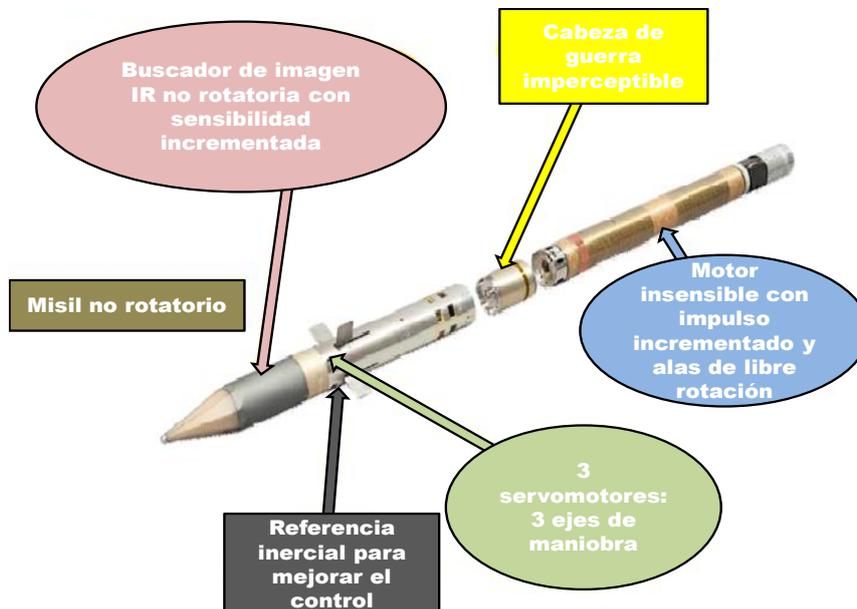


Ilustración 11. Principales cambios en el principio de operación del Mistral 3.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se puede concluir que el nuevo principio de operación del misil Mistral 3 no solo consigue un mayor alcance efectivo, sino que proporciona una nueva capacidad táctica: el combate de amenazas de vuelo rasante. Con estas capacidades, las unidades de Artillería Antiaérea que dispongan del sistema Mistral 3 podrán realizar acciones de fuego contra amenazas que efectúen maniobras evasivas aéreas más acusadas que las combatidas hasta ahora.

### 3.3 Detección y Guiado

La detección y guiado del sistema Mistral en su primera y segunda versión se realiza por un sistema óptico-mecánico y un sistema de detección y guiado. El sistema óptico-mecánico consiste en una unidad giroscópica generadora de órdenes de guiado sobre el eje de alabeo (ver Ilustración 12) a las superficies de control y de señales de estabilización.

El sistema de detección y guiado se fundamenta en el seguimiento de la señal infrarroja del blanco, utilizando el sistema óptico-mecánico de las celdas fotoconductoras del domo IR (cabeza buscadora infrarroja). Este tiene un diseño piramidal de ocho caras con un detector rotatorio tipo *cassegrain* (forma de parábola) con un espejo parabólico primario y espejos planos secundarios (ver Ilustración 13).

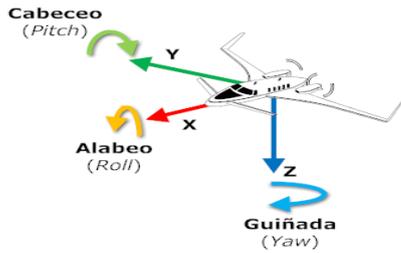


Ilustración 12. Ejes de referencia.  
Fuente: Skiras.



Ilustración 13. Domo IR refrigerado.  
Fuente: MBDA.

El domo IR está constituido por cristales fotovoltaicos de indio-antimonio y selenio, enfriados a 87 grados Kelvin mediante el Conjunto Pila Refrigerador (CPR) [5]. Una vez iniciada la refrigeración de la cabeza buscadora, se dispone de un máximo de 45 segundos hasta el lanzamiento del misil, debido a la limitación de la presurización de gas argón a 700 bares procedentes del CPR, alojado en el puesto de tiro.

La señal de salida del sistema de detección es preamplificada y tratada en un filtro pasa banda<sup>3</sup> adaptado para el ancho de pulso específico para los blancos de interés (se excluyen aquellas señales de eco procedentes de aves, vegetación, posibles interferencias de señales en el mar, etc.). La generación de los ángulos de error es realizada a través de un proceso de demodulación de los pulsos obtenidos en el detector fotoeléctrico, traduciéndose en voltajes aplicados al motor de torque de la unidad giroscópica, generando con ello las señales a las superficies de control del misil.

El sistema de detección y guiado de la tercera versión del sistema Mistral consiste, al igual que la primera y segunda versión, en guiar el misil IR al foco de calor del blanco, con la salvedad de utilizar un sistema óptico-mecánico mejorado del detector IR, constituido por un detector focal plano.

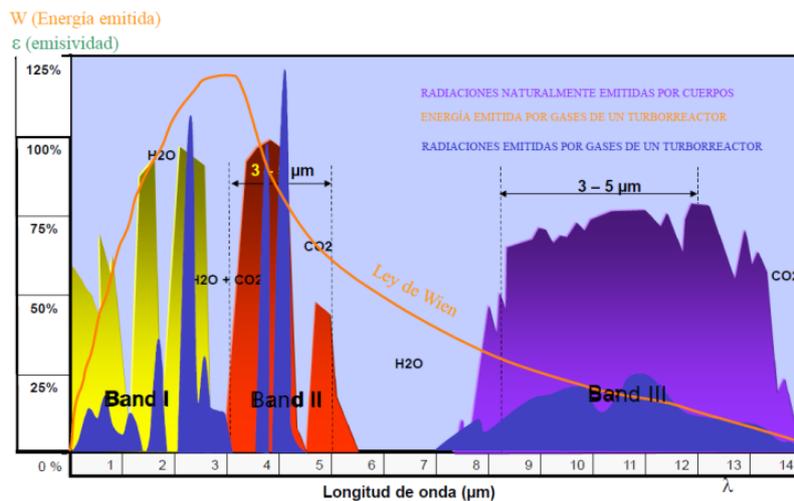


Ilustración 14. Bandas utilizadas por el sistema Mistral en el espectro infrarrojo.  
Fuente: MBDA.

<sup>3</sup> Filtro electrónico que permite el paso de un determinado rango de frecuencias de una señal, atenuando el resto.

Existe una diferencia fundamental entre los detectores infrarrojos de la primera y segunda respecto a la tercera versión. Mientras que el sensor de la primera y segunda versión utiliza la banda 3 ( $8 \mu\text{m} < \lambda < 12 \mu\text{m}$ ) del espectro infrarrojo, la tercera versión utiliza la banda 2 del espectro infrarrojo, utilizando una longitud de onda comprendida entre  $3,7 \mu\text{m} < \lambda < 4,8 \mu\text{m}$  [8].

El cambio de banda significa un gran avance en el campo de las contramedidas. Los sensores radar de las aeronaves actuales están adaptados a recibir señales infrarrojas de la tercera banda por lo que el sistema Mistral 1 y 2 son vulnerables a las contramedidas infrarrojas. Por otro lado, al utilizar la Banda 2 del espectro infrarrojo, el sistema Mistral 3 disfruta de ventajas a la hora de la detección y guiado del sistema. Tiene un mayor alcance en la adquisición de objetivos aéreos, dispone de la capacidad de derribar RPV's (Remoted Piloted Vehicle) y una mejor propagación de señales infrarrojas por la atmósfera en dicha banda.

Por otro lado, emite una baja radiación de infrarrojos lo que hace poco probable la intercepción por parte del radar enemigo. El nuevo sistema Mistral 3 y su cámara SVT-3M tienen la capacidad respecto a la cámara SVT-2M de poder elegir entre los focos de calor detectados por el domo infrarrojo, en la fase de detección y guiado hacia el objetivo (ver Ilustración 15).

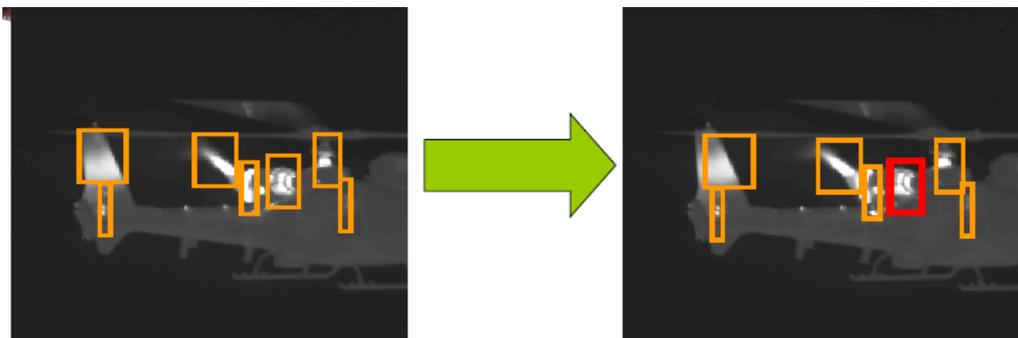


Ilustración 15. Elección de foco de calor del sistema Mistral 3.

Fuente: MBDA.

La elección del foco de calor a la hora de hacer impacto en la aeronave aporta la posibilidad de elegir qué efectos se pueden causar en la aeronave con el uso de la espoleta de impacto directo. Por ejemplo, en el caso de los helicópteros las zonas más interesantes para hacer impacto son el rotor de cola y la tobera de escape.

Se ha realizado un análisis de mercado de los sistemas de misiles similares al sistema Mistral, en el que se han examinado capacidades como velocidad, techo o la elección de focos de calor, entre otras (ver Anexo B). Teniendo en cuenta las capacidades presentadas por estos sistemas de armas y que no se ha encontrado la capacidad de elección de focos de calor, se concluye que en la actualidad el sistema Mistral 3 es el único misil de baja y muy baja cota que posee esta capacidad.

### 3.4 Sensibilidad a las contramedidas

Como se ha expuesto anteriormente, el misil Mistral es de tipo autoguiado pasivo infrarrojo. En el momento previo al lanzamiento, fija una firma infrarroja emitida por el objetivo en movimiento y la cabeza buscadora sigue a esta de manera autónoma hasta realizar impacto. Para evitarlo, las aeronaves pueden embarcar dispositivos con el fin de protegerse frente a estos sistemas de armas, denominados contramedidas. Estos dispositivos están diseñados para prevenir que una munición guiada por infrarrojo sea capaz de asignar y destruir a su objetivo.

Existen dos tipos de contramedidas: softkill (alteran la señal electromagnética, acústica u otra del objetivo, impidiendo la localización y rastreo de este) y hardkill (contraatacan físicamente a la amenaza entrante, alterando su ojiva o destruyéndola) [9].

#### 3.4.1 Sensibilidad a las contramedidas del sistema Mistral 1 y 2

La contramedida más extendida de tipo softkill basa su funcionamiento en el lanzamiento de bengalas (ver Ilustración 16). En un primer momento, la cabeza buscadora adquiere el foco de calor del objetivo instantes previos al disparo del misil. Tras el lanzamiento de la bengala, el misil Mistral 1 puede llegar a la confusión y adquirir el foco de calor de la bengala, debido a que este es más intenso momentáneamente que el foco de calor inicial.



Ilustración 16. Lanzamiento de bengalas como contramedida.

Fuente: Lockheed Martin.

El sistema Mistral 1 carece de capacidad de reaccionar frente a las bengalas, y en general, a cualquier contramedida. Pese a ello, es su característica de autoguiado pasivo la que proporciona una alta probabilidad de interceptación del objetivo. Los misiles autoguiados pasivos no necesitan iluminar<sup>4</sup> al blanco para poder dirigirlos hacia el mismo. Esto significa que la aeronave no tiene constancia de que está siendo adquirida como objetivo por la cabeza buscadora, a no ser que disponga de sistemas para tal fin. Por otro lado, los misiles autoguiados activos iluminan a sus objetivos mediante un dispositivo de transmisión y recepción en la parte frontal del misil, lo que propicia que la aeronave al detectar señales radio tenga constancia que la están iluminando.

---

<sup>4</sup> Radiar a objetivos aéreos con radares propios o ajenos al sistema de armas.

Tras los avances en el campo de las contramedidas, era necesaria la actualización del sistema Mistral 1 para una mayor insensibilidad a estas. Ya en la segunda versión del sistema se introducen capacidades de contra-contramedidas infrarrojas (IRCCM) [5].

Las capacidades IRCCM del sistema Mistral 2 son muy limitadas en su proceso de detección y guiado, existiendo numerosas contramedidas que afectan a su funcionamiento. Las bombas Arco Iris<sup>5</sup>, los dispositivos electrónicos infrarrojos de tipo hardkill y las aeronaves con capacidad PEM son algunos ejemplos. Estos dispositivos electrónicos interfieren de manera activa en la trayectoria del misil durante el vuelo, evitando la interceptación de este al objetivo.

El sistema Mistral 2 tiene capacidad muy limitada de insensibilidad frente a estos dispositivos electrónicos hardkill. Dispone de capacidades IRCCM de manera individual en el uso de las contramedidas, es decir, si la aeronave solo emite señales láser para la interferencia de su trayectoria, el misil dispone de cierta capacidad contra estas señales, si se usan de manera combinada las señales láser y las bengalas, el sistema Mistral 2 es vulnerable en el 100% de los casos.

### 3.4.2 Sensibilidad a las contramedidas actuales del sistema Mistral 3

En la actualidad, existen dispositivos electrónicos muy avanzados con capacidad IRCCM y con la posibilidad de ser embarcados en cualquier tipo de aeronave, con el fin de disponer de protección frente a amenazas del tipo misiles infrarrojos. El uso de este tipo de misiles, tales como el sistema Mistral, es uno de los principales aspectos de causar baja a las aeronaves en Zona de Operaciones.

Estos dispositivos basan su funcionamiento en la emisión de un haz láser de gran potencia, en diferentes bandas del espectro infrarrojo, con el fin de saturar la cabeza buscadora infrarroja e interferir en su trayectoria, alejándola de la propia aeronave. En el uso de contramedidas combinadas, el sistema Mistral 3 consigue un porcentaje de efectividad mayor que la versión anterior. Para ello, el sistema realiza imágenes del objetivo tanto ópticas como infrarrojas durante el vuelo del misil, fijando una fuente de calor y manteniéndola hasta hacer impacto. Finalmente, el sistema Mistral 3 sigue siendo vulnerable a las potentes emisiones láser de los dispositivos IRCCM.

Dado que las FAS no disponen de estos dispositivos electrónicos de defensa IRCCM, se ha realizado un estudio de mercado sobre los dispositivos IRCCM que afectan al misil Mistral 3, teniendo en cuenta aquellos sistemas que podrían ser adoptados por las Fuerzas Armadas en un futuro próximo. Pese a las capacidades extra de otras contramedidas como son las bombas Arco Iris y las aeronaves con capacidad PEM, son estos dispositivos con capacidad IRCCM los concebidos particularmente para interferir en la trayectoria del misil Mistral, por tanto, son estos dispositivos el objeto del siguiente estudio.

---

<sup>5</sup> Bombas que emiten un Pulso Electromagnético (PEM) con capacidad de vulnerar el funcionamiento de dispositivos electrónicos.

Dentro de la fabricación nacional de dispositivos de contramedidas infrarrojas, solo se encuentra el sistema InShield (ver Ilustración 17), desarrollado por Indra [10]. Indra presenta un sistema capaz de detectar en fracciones de segundo el lanzamiento de proyectiles tierra-tierra y tierra-aire infrarrojos. Es un pequeño dispositivo electrónico capaz de ser embarcado en cualquier aeronave y que emplea un láser para la defensa frente a sistemas de misiles de guía infrarroja. El láser emitido por el dispositivo tiene gran potencia y capacidad para interferir en la trayectoria de estos misiles con gran efectividad (ver Ilustración 18).



Ilustración 17. Dispositivo InShield.

Fuente: Indra Sistemas.



Ilustración 18. Simulación de desvío de la trayectoria de un misil infrarrojo.

Fuente: Indra Sistemas.

La Dirección General de Armamento y Material (DGAM) del Ministerio de Defensa ha contribuido a financiar el desarrollo del sistema, con el objetivo de impulsar las tecnologías de doble uso<sup>6</sup> y la industria nacional. El sistema de Indra se integró en un helicóptero CH47 Chinook de las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra (FAMET) para realizar pruebas operativas de su funcionamiento.

Tras superar las pruebas operativas de la OTAN, el sistema de Indra pasó a estar calificado en el nivel 8 de madurez tecnológica (Technology Readiness Level 8 o TRL 8). Este es el grado de desarrollo más elevado antes de entrar en servicio en una aeronave (nivel TRL 9).

Por otro lado, la empresa italiana de armamento a nivel global Leonardo ha lanzado al mercado un sistema de similares características al anterior, el sistema Miysis (ver Ilustración 19) [11]. Este presenta el mismo funcionamiento del sistema anterior, emitiendo un haz láser de alta potencia, en diferentes bandas del espectro infrarrojo, para la saturación de la cabeza buscadora infrarroja del misil.

Al igual que el sistema InShield, el sistema Miysis ha sido calificado por la OTAN en el ejercicio OTAN Trial EMBOW XIV de 2014. El sistema Miysis ofrece cobertura esférica completa con un sólo sistema embarcado. Con su diseño de arquitectura abierta modular, Miysis también permite la integración con los sistemas de Defensa Antiaérea de aproximación de misiles, lo cual es una capacidad interesante en la defensa de fuerzas propias que no dispongan de sistemas de armas de AAA para su propia defensa.

---

<sup>6</sup> Tecnologías de aplicación militar y civil.



Ilustración 19. Sistema Miysis.

Fuente: Leonardo.

A continuación, se ha realizado una tabla comparativa entre los dos sistemas anteriormente expuestos con el fin de aportar una visión general de ambos y determinar cuál de ellos es el más adecuado para las FAS. La tabla 3 presenta la caracterización de los sistemas mediante el uso de colores: amarillo (característica similar entre ambos sistemas), rojo (característica deficiente frente al otro dispositivo) y verde (característica beneficiosa frente al otro dispositivo).

	<b>Sistema InShield</b>	<b>Sistema Miysis</b>
Empresa fabricante	Indra Sistemas (España)	Leonardo (Italia)
Modo de funcionamiento	Autónomo (detecta el vuelo del misil infrarrojo)	Autónomo (detecta el vuelo del misil infrarrojo)
Capacidad de combate frente a misiles de tipo	Tierra-Tierra / Tierra-aire	Tierra-Tierra / Tierra-Aire Aire-Aire
Capacidad de embarcación en plataformas aéreas	Cualquier aeronave (aviones y helicópteros de todo tipo)	Cualquier aeronave (aviones y helicópteros de todo tipo)
Capacidad de integración en un sistema de Defensa Antiaérea	No disponible la capacidad de integración	Capacidad de integración sistemas de Defensa Antiaérea
Capacidad de protección a la aeronave	Cobertura esférica alcanzada con tres sistemas embarcados	Cobertura esférica con un solo sistema embarcado

Tabla 3. Comparación de las capacidades de los sistemas InShield y Miysis.

Fuente: Elaboración propia.

Tras la comparativa se evidencia que, pese a que ambos sistemas buscan la misma finalidad, el sistema Miysis se presenta como una solución más eficaz que el desarrollado por Indra. En términos de sus características principales, ambos aportan las mismas capacidades de protección a las aeronaves contra los misiles infrarrojos, con ciertos matices a favor del sistema Miysis como su capacidad de integración (que posibilita el uso del sistema en una Unidad de Defensa Antiaérea) o el mejor desempeño en cobertura (dispone un único sistema embarcado en una aeronave). Considerando las inversiones anteriores por la DGAM en el sistema InShield de Indra, es consecuente pensar que la opción elegida para la adquisición de sistemas con capacidad IRCCM será la presentada por la empresa española.

#### 4. Análisis de las capacidades y factores de las versiones del sistema Mistral

Una vez realizado el análisis comparativo entre las versiones del sistema y comprendido el fin de los elementos y subsistemas de las diferentes versiones, se ha realizado una comparativa de las capacidades tácticas que estos elementos proporcionan. En este apartado se expone un análisis de las capacidades de las diferentes versiones, así como un estudio de los factores internos y externos del sistema Mistral a lo largo de sus diferentes actualizaciones.

##### 4.1 Comparativa de las capacidades de las versiones del sistema Mistral

Para una mejor comprensión de las capacidades existentes entre las versiones del sistema, se ha realizado una tabla comparativa entre estas, que muestra las características de cada versión del sistema. La información expuesta en la Tabla 4 se presenta de igual manera que la Tabla 3 mostrada en el apartado anterior, con la salvedad de que el color naranja denota mejora respecto a la versión anterior.

	Mistral 1ª versión	Mistral 2ª versión	Mistral 3ª versión
Longitud del misil	1,86 m	1,86	1,88 m
Calibre del misil	92,5 m	92,5 m	92,5 m
Ciclo de vida del misil	12 años	12 años	20 años
Aceleración máxima lateral del objetivo	4 G	7 G	9 G
Aceleración máxima lateral del misil	16 G	30 G	32 G
Velocidad máxima	810 m/s	850 m/s	930 m/s
Máximo alcance de interceptación	5 km	5,7 km	6,5 km
Techo de uso del sistema	3 km	3 km	5 km
Capacidad de Contra-Contra medidas (CCM)	No dispone de capacidad CCM	Capacidad CCM muy limitada	Gran capacidad CCM lanzadas de manera combinada
Capacidad de combate frente a drones o RPV's	No	No	Si

Tabla 4. Comparativa de las capacidades de las versiones del sistema Mistral.

Fuente: Elaboración propia.

Tanto la longitud del misil como el calibre de este se han mantenido en cotas iguales o similares en las tres versiones existentes. Es un dato que presenta una mayor importancia logística, pero es en la evolución de las características tácticas donde se evidencian las capacidades aportadas por la última versión del sistema de armas. La evolución, tanto de la aceleración máxima lateral que experimente el objetivo como de la aceleración lateral máxima del misil, ha sido notable.

La introducción de un nuevo sistema de estabilización no giratorio mediante aletas giratorias y la acción de tres servomotores (uno en cada eje) se traduce en una mayor capacidad de maniobrabilidad del misil en vuelo (pasando de 4 a 9 G).

Esta mejora en la maniobrabilidad del misil permite la interceptación de objetivos con mayores aceleraciones laterales, que van desde 16 a 32 G. Por otro lado, la introducción de actualizaciones en el motor cohete ha evidenciado una constante mejoría tanto en la velocidad del misil como su alcance de interceptación de objetivos, así como en su techo máximo de uso. En el apartado de las contra-contra medidas presentes en el sistema Mistral se evidencia una gran evolución, pasando desde la incapacidad de hacer frente a las contra medidas aéreas hasta la implementación de capacidades para hacer frente a la combinación del uso de las contra medidas infrarrojas.

Para concluir, el sistema Mistral 3 dispone de nuevas capacidades tácticas para hacer frente a amenazas aéreas de todo tipo (ver Anexo D), tanto de aeronaves de ala fija, ala rotatoria y el combate de vehículos pilotados remotamente (RPV's), como drones o misiles subsónicos. Esta última capacidad de combate es una novedad en el ET, ya que esta estaba ausente en la primera y segunda versión del sistema Mistral.

#### 4.2 Estudio de los factores internos y externos de las versiones del sistema Mistral

Para poder hacer un estudio de los factores internos y externos de las versiones del sistema se ha realizado un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) [12] de cada una de las versiones. Los factores internos son aquellos que buscan aumentar las fortalezas del sistema Mistral y minimizar las debilidades, los factores externos son aquellos acontecimientos (amenazas y oportunidades) del entorno que rodean al sistema Mistral y que no se pueden controlar. Este análisis es una herramienta muy útil para estimar los posibles cambios que habría que implementar en el desarrollo del sistema Mistral para continuar con la evolución de este sistema.

##### Análisis DAFO del sistema Mistral 1

Factores internos	Factores externos
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Escasa maniobrabilidad Escaso alcance Escaso techo No dispone de contra contra medidas	Aeronave disponga de contra medidas Gran altura de vuelo de los objetivos Alta velocidad de vuelo de los objetivos
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Efectivo contra aeronaves en vuelo estático	Aeronave no disponga de contra medidas Baja altura de vuelo de los objetivos Baja velocidad de vuelo de los objetivos

Tabla 5. Análisis DAFO del sistema Mistral 1.

Fuente: Elaboración propia.

**Debilidades:** La primera versión del sistema contaba con características muy limitadas en cuanto a sus capacidades de combate frente a aeronaves de ala fija, disponiendo estas de gran maniobrabilidad, velocidad, techo, etc. Queda motivada la necesidad de mejora en estos apartados.

**Amenazas:** En relación con las debilidades, puede darse la situación que el sistema se enfrente a objetivos aéreos con gran capacidad de maniobrabilidad, pudiendo efectuar maniobras evasivas una vez la aeronave detecte el misil en vuelo.

**Fortalezas:** El sistema sí es muy eficaz contra las aeronaves de ala rotatoria, siendo estos objetivos, con menos capacidad de maniobrabilidad y velocidad, los más vulnerables frente al sistema Mistral.

**Oportunidades:** Dado el procedimiento de vuelo efectuado por las aeronaves en el ataque a tierra busca una altura de vuelo lo más baja posible, por lo que estas están expuestas a la posibilidad de ser combatidas por el sistema Mistral.

Del análisis DAFO del sistema Mistral 1 se evidencia la necesidad de mejora en el ámbito de la maniobrabilidad y capacidades tácticas del sistema, debido a que tiene capacidades muy limitadas en la interceptación de objetivos, siendo realmente efectivo contra objetivos de ala rotatoria. Por otro lado, el uso de contramedidas es una debilidad que en sus inicios no era importante (el sistema surgió a finales de la década de los 80 y las contramedidas a mediados de la década de los 90), pero que si lo es actualmente debido a la evolución de estas.

#### Análisis DAFO del sistema Mistral 2

Factores internos	Factores externos
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Capacidad muy limitada IRCCM Escaso alcance Escaso techo	Aeronaves que usen contramedidas avanzadas IRCCM Objetivo use sistemas de PEM y bombas Arco Iris
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Maniobrabilidad mejorada Mayor velocidad del misil Interceptación de aeronaves más veloces	La aeronave no use contramedidas, o de manera individualizada Aeronave se encuentre dentro del techo y alcance máximos

Tabla 6. Análisis DAFO del sistema Mistral 2.

Fuente: Elaboración propia.

**Debilidades:** La 2ª versión del sistema introdujo capacidades IRCCM, pero estas se mostraban muy limitadas debido a la evolución en las contramedidas utilizadas por las amenazas aéreas. Por otro lado, seguía evidenciando una cadencia en alcance y techo máximo de uso.

**Amenazas:** Se podría dar la situación de uso de contramedidas de alta tecnología, tanto embarcadas por las aeronaves como los sistemas PEM o IRCCM, como del lanzamiento de bombas Arco iris, incapacitando a los dispositivos del sistema Mistral.

**Fortalezas:** El sistema introdujo actualizaciones que desembocaron en la mejora de la maniobrabilidad y velocidad del misil. Esto significó una mayor capacidad de hacer frente a amenazas, que el sistema Mistral 1 no disponía.

**Oportunidades:** Se puede producir un combate aéreo en el que las aeronaves no usen contramedidas o aquellas de manera individualizada que sean vulnerables a las capacidades IRCCM de este sistema de armas, pudiendo combatir las eficazmente.

Tras el análisis de la segunda versión del sistema, se muestra que, aunque se introdujeron contramedidas IRCCM en el misil, esta tecnología no fue capaz de alcanzar la paridad tecnológica frente a las contramedidas aéreas. Pese a ello, la implementación de las contra-contramedidas fue un gran avance para la época (1998), siendo un referente en el mercado de misiles infrarrojos de baja y muy baja cota. Por otro lado, su alcance y techo se han mantenido, mejorando en el apartado de maniobrabilidad en vuelo, lo que significó la posibilidad de la lucha frente a aeronaves más sofisticadas.

#### Análisis DAFO del sistema Mistral 3

Factores internos	Factores externos
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Capacidades IRCCM	Uso de bombas Arco Iris Uso de Aeronaves con capacidad PEM
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
Mejora en maniobrabilidad Mayor alcance de interceptación Mayor autonomía de baterías Mayor vida útil de misil Proyectiles más resistentes Mejora en la capacidad de combate de aeronaves que utilicen contramedidas avanzadas de manera combinada.	Lucha frente a aeronaves que presenten contramedidas obsoletas.

Tabla 7. Análisis DAFO del sistema Mistral 3.

Fuente: Elaboración propia.

**Debilidades:** La tercera versión del sistema cuenta con importantes actualizaciones en el ámbito de las contramedidas. Al igual que el Mistral 2, el sistema Mistral 3 todavía es vulnerable a las acciones de contramedidas de misiles infrarrojos debido a la alta capacidad de interferir en la trayectoria del misil por estos dispositivos de contramedidas.

**Amenazas:** El sistema Mistral 3 ha introducido una mejora en la evolución de las contramedidas, con capacidad de insensibilidad a las contramedidas usadas de manera combinada, pero podría enfrentarse a las situaciones en las que se usen bombas Arco Iris y dispositivos con capacidad PEM, siendo en estos casos vulnerable.

**Fortalezas:** Tras la introducción de nuevos elementos como tres servomotores, un nuevo detector focal plano, entre otros, se aumentan las capacidades tácticas en numerosos apartados, dotando al sistema de una mayor eficacia.

**Oportunidades:** Es posible que el sistema Mistral 3 tenga que hacer frente a aeronaves que no dispongan de contramedidas actualizadas, pudiendo ser combatidas con una alta probabilidad de éxito.

Así, se observa que el Sistema Mistral 3 presenta un mayor alcance, techo, maniobrabilidad, y en general, una mejora en casi todos los ámbitos de las capacidades tácticas. Lo más destacable es la continua evolución en el apartado de las contramedidas aéreas, así como el apartado logístico, con una mejoría en el ciclo de vida del misil.

Del análisis realizado a las diferentes versiones del sistema Mistral mediante esta herramienta de calidad se desprende que se ha producido una constante mejora de sus capacidades, pero sigue presentando algunas deficiencias debido a la continua evolución de la tecnología de las contramedidas. Teniendo en cuenta las capacidades de la primera y última versión, se ha experimentado una gran mejora en la interceptación de aeronaves más eficaces, gracias al aumento de velocidad y aceleración lateral. Por otro lado, si bien es cierto que tecnológicamente ha avanzado en el campo de las contra-contramedidas, todavía presenta una baja probabilidad de interceptación de aeronaves con capacidad de contramedidas combinadas, lo que sería un aspecto para mejorar en futuras actualizaciones del sistema.

## 5. Visión futura del sistema Mistral 3

### 5.1 Estudio de la implementación del sistema Mistral 3

La implementación del sistema Mistral 3 en el Ejército de Tierra se puede analizar desde diferentes puntos de vista:

- Desde el punto de vista logístico del material, el sistema Mistral 3 tiene compatibilidades con las unidades de fuego en configuración MAMPADS, ATLAS y ALAMO existentes en el Ejército de Tierra. Para la plena integración y funcionamiento del sistema Mistral 3 se requiere de una nueva cámara térmica de última generación SVT-3M que proporcione una sensibilidad adecuada. Una vez suministradas las nuevas cámaras SVT-3- Mistral, sería necesario también el nuevo visor de casco con visión a color, con una pantalla OLED de mayor resolución y menor consumo. Se dispondrá también de una nueva batería de mayor capacidad y menor consumo, Conjunto Maneta y Conjunto Tapa Inferior [6].

La cámara SVT-3M mantiene las mismas interfaces que las del modelo anterior. La carcasa exterior del modelo SVT-2M puede adaptarse también al nuevo modelo. Todos los menús y procedimientos de operación son totalmente compatibles con el modelo anterior SVT-2M, por lo que no requiere instrucción específica del Apuntador Tirador. Los sistemas SVT-3M Mistral se instalarán en el puesto de tiro sin realizar modificaciones a la electrónica de predicción del lanzador, desmontaje del visor de puntería diurno o alteraciones mecánicas [6].

Una vez adquiridas las cámaras de tercera generación del sistema Mistral, la instalación de estas se realizaría mediante el kit de instalación compuesto por piezas que ya posee el ET. Además, la cámara puede desmontarse con rapidez mediante un amarre rápido que conserva sus sensores a salvo durante el transporte. Pese a que la DGAM ya ha decidido la actualización del sistema de armas y la adquisición del nuevo sensor SVT-3M, en el mercado existen otras cámaras similares a esta, diseñadas particularmente para el sistema Mistral (ver Anexo C).

Por otro lado, el resto del material de dotación del sistema Mistral no experimenta grandes cambios. El presurizador de gas argón de la primera y segunda generación del misil es compatible con la tercera, así como el alojamiento de esta en el puesto de tiro. Pese a que no es necesario, es recomendable actualizar el simulador de puesto de tiro para la instrucción acorde a la tercera versión del sistema y la compra de una nueva caja de test para el misil para la comprobación de su estado.

- Desde el punto de vista económico, la implementación del sistema Mistral 3 no necesitaría de la adquisición del sistema de armas al completo, sino de aquellos elementos que han sido actualizados. Aunque se requiere de una gran inversión económica en la actualización del sistema Mistral en uso, esta es menor que la homónima en la compra de un sistema de armas completo que se asemeje al sistema Mistral 3, debido a los costes económicos derivados de la adquisición de un sistema de armas (instrucción del personal, mantenimiento específico, fabricación externa, etc.)

- Desde el punto de vista de la táctica y planeamiento de la DAA, debido a que la tercera versión del sistema Mistral aporta nuevas capacidades de alcance de interceptación o la posibilidad de batir objetivos aéreos de tipo RPV's, entre otras, es necesaria la revisión de esta. El objetivo del planeamiento de la táctica de la AAA es conseguir el empleo más adecuado de los sistemas de armas de AAA. Los principios operativos más importantes son: de masa, de armas complementarias y de movilidad.

- El principio de masa se basa en la concentración de capacidad de combate antiaéreo. Este principio busca en un tiempo reducido la concentración de un número adecuado de misiles sobre la amenaza aérea. También se consigue el mismo objetivo con el aumento de la probabilidad de derribo del sistema de armas con la consecuente reducción de proyectiles o misiles necesarios. El sistema Mistral alcanza cotas de probabilidad de derribo del 97%, superior a la versión anterior que alcanza una probabilidad de derribo del 96% [5].
- El principio de armas complementarias implica la combinación de diferentes sensores (radares, infrarrojos, TV, etc.) y sistemas de armas de diferentes capacidades, de forma que la suma del conjunto posibilita la capacidad de combate en cualquier rango de alcance.

Son varios los parámetros de las capacidades operativas que definen un mayor o menor grado de complementariedad, parámetros de volumen de acción como alcance, altura mínima y máxima. El sistema Mistral 3 mejora en todos ellos, permitiendo aumentar la distancia entre puestos de tiro.

- El principio de movilidad hace referencia tanto a la movilidad estratégica como a la táctica. La tercera versión del sistema aporta la misma movilidad estratégica que las versiones anteriores. En cuanto a la movilidad táctica, el sistema Mistral 3 permite ocupar en cada momento mejores asentamientos de puestos de tiro con independencia de las dificultades del terreno y adaptar el despliegue a los cambios de cometidos y de objetivo a defender.

## 5.2 Análisis de riesgos de la implementación del sistema Mistral 3

Una vez realizado un estudio de implementación desde diferentes puntos de vista del sistema Mistral 3, es necesario conocer y evaluar los posibles riesgos que suponen dicha implementación del sistema en las unidades, con el objetivo de reducir al máximo el impacto de aquellos acontecimientos negativos (los riesgos) que se acontecen, para poder anteponerse a ellos en la medida de lo posible. Por ello, se ha realizado un análisis de riesgos.

Los riesgos tienen su origen en la incertidumbre que está presente en todo proyecto. Un riesgo se define como un evento incierto que, si se produce, tiene un efecto positivo o negativo sobre un proceso. El impacto de estos riesgos guarda relación con la probabilidad de ocurrencia, la frecuencia de aparición y el cuándo se produce dicho riesgo.

Los riesgos se clasifican en previsibles e imprevisibles. En los riesgos imprevisibles, solo se puede intentar aumentar el impacto positivo o disminuir el negativo en lo posible. Por otro lado, los previsibles se pueden analizar de forma cualitativa para tratar de reducir su impacto negativo o aumentar el positivo [13]. Por ello, con vistas al escenario futuro de la implementación del sistema Mistral 3, se ha realizado un análisis de riesgos teniendo en cuenta únicamente los negativos y previsibles.

Para ello se han recopilado en una lista los riesgos y a cada uno se le ha asignado un valor impacto entre B (Bajo), M (Medio) y A (Alto). Por otro lado, se les ha asignado un valor de probabilidad de ocurrencia entre 1 (probabilidad baja), 2 (probabilidad media) o 3 (probabilidad alta).

Tras esta adopción de términos, se consigue la clase de riesgo, obtenida a partir de la combinación de ambos valores (ver Tabla 8).

Probabilidad	3	3B	3M	3A
	2	2B	2M	2A
	1	1B	1M	1A
		Bajo	Medio	Alto
		Impacto		

Tabla 8. Clasificación de las clases de riesgo.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecida la clase de riesgo, se ha realizado una matriz de riesgos (ver Tabla 9) que refleja cada riesgo junto a su causa, efecto y la medida adoptada para su prevención. A continuación se explican las causas de los riesgos estudiados.

- La conexión Wifi establecida entre el Terminal Armas y el sensor térmico SVT-3M es susceptible tanto de interferencias debido al entorno (grandes núcleos de población, saturación de la red Wifi, etc.), así como de la interceptación de dicha señal por el enemigo. Por ello es necesario el estudio del punto de despliegue del puesto de tiro con el fin de alcanzar las cotas más altas de seguridad y prestaciones de la conexión Wifi.

- El posible retraso en la recepción del material por parte del fabricante se podría producir debido a los cambiantes factores externos. Las partidas económicas para la compra de este material podrían sufrir retrasos, los proveedores de materias primas y productos de la empresa fabricante del sistema pueden experimentar retrasos o quiebren, entre otros aspectos. Todo ello puede llegar a alargar el proceso de compra más de lo necesario desembocando en una pérdida de capacidad operativa.

- Son comunes las situaciones de pérdida de la conexión del puesto de tiro con el COAAAS. Esto puede ser debido a varios factores, pero principalmente se da la situación de fallos en la configuración del material. Se produce fallos entre las conexiones del puesto de tiro y el FDC, por lo que es necesaria la instrucción con el nuevo material en conjunto con el actual para resolver posibles problemas de conexión.

- El proceso de mantenimiento del nuevo material es un aspecto crítico para el ET. Es necesario el correcto mantenimiento del sistema para la maximización del ciclo de vida de este. Para ello, se deben prevenir riesgos en este proceso pudiéndose establecer cursos de formación específica relativa al nuevo material para especialistas<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Personal de las FAS especializado en labores técnicas (informáticos, mecánicos, electrónicos, etc.)

Número de riesgo	Descripción del riesgo	Causas del riesgo	Impacto (B, M, A)	Probabilidad (1,2,3)	Clase de riesgo	Efectos del riesgo en el proceso de implementación del sistema Mistral 3	Medidas a adoptar para la prevención del riesgo	Clase de riesgo tras la adopción de las medidas
1	Pobre conexión Wifi establecida entre el TA y el sensor térmico SVT-3M	Interferencias del entorno, saturación de datos de la red Wifi	A	2	2A	Incapacidad del Jefe de Puesto de Tiro de establecer conexión con el sensor SVT-3M	Colocar el puesto de tiro lejos de grandes masas me población y en zonas libres de interferencias	1A
2	Lentitud en la recepción del material por parte del fabricante	Incumplimiento del contrato de adquisición del material referente a plazos de entrega	A	1	1A	Pérdida de capacidad operativa temporal	Establecimiento procedimientos de control para la recepción del material	1B
3	Constante pérdida de conexión del puesto de tiro con el COAAS	Conexión mediante cable Ethernet denota fallos	A	1	1A	Incapacidad de recibir datos de objetivo, como velocidad, posición, etc	Comprobación de antenas y cableado de ambos sistemas	1M
4	Lentitud o fallos en el proceso de mantenimiento del nuevo material	Personal especialista sin conocimiento del mantenimiento específico del nuevo material	A	2	2A	Incapacidad de uso del material adquirido	Cursos de especialización para el mantenimiento del material	1A
5	Reducción de vida útil del material adquirido	Fallo en la fabricación del material	A	1	1A	Menor periodo de tiempo para su uso	Comprobación del estado del material periódicamente	1M
6	Fallo de integración con otros sistemas aliados	Diferencias en el hardware / software del sistema de integración	A	3	3A	Incapacidad de realizar ejercicios interoperables con otras nacionalidades	Realización de actualizaciones del software para una posterior comprobación del funcionamiento e integración del sistema con ejércitos de países aliados	1A

Tabla 9. Matriz de riesgos de la implementación del sistema Mistral 3.

Fuente: Elaboración propia.

- Previa a la aceptación y dotación del nuevo material adquirido, es necesaria la comprobación de los datos relativos a certificaciones de calidad. Estas certificaciones evidencian que el material ha sido desarrollado y fabricado bajo todos los estándares de calidad que exige el material perteneciente a las FAS. Para ello es conveniente el establecimiento de equipos especializados para tal fin.
- Los constantes ejercicios militares entre países aliados son un gran campo de pruebas para alcanzar un alto grado de interoperabilidad entre las nacionalidades pertenecientes a la OTAN. Para ello es necesario que el material perteneciente a estos países pueda trabajar entre sí, consecuentemente es necesario la constante actualización del sistema Mistral para la integración en este tipo de ejercicios.

### 5.3 Posibles escenarios de uso del sistema Mistral 3

El teatro de operaciones futuro al que las unidades tendrán que hacer frente es algo incierto. Teniendo en cuenta las amenazas actuales como son las aeronaves de ala fija, ala rotatoria y todas aquellas amenazas pilotadas remotamente (ver Anexo D), se pueden predecir las líneas futuras de la evolución de las amenazas, considerando que las tendencias en las operaciones marcarán el camino a seguir en el combate de la AAA y los avances tecnológicos necesarios de los sistemas de armas para conseguir una evolución de la DAA. La industria española participa en este desarrollo tecnológico tanto a nivel nacional como internacional, con la fabricación de dispositivos por empresas con como Indra (dispositivo InShield) o MBDA España, la cual está desarrollando el sistema ATLAS RC (ver Anexo E) con el que pretende aportar una solución tecnológica para el ET en respuesta a las nuevas amenazas.

Primeramente, para conocer en qué escenarios se usaría el sistema de armas Mistral, es necesario realizar un análisis de las operaciones tanto en Territorio Nacional como en el exterior donde la AAA podría desplegar. Este análisis aporta una visión de conjunto para componer una UDAA acorde a las operaciones teniendo en cuenta tanto los sistemas de armas necesarios como el personal adecuado a las mismas, con el objetivo de cumplir los cometidos asignados de manera optimizada.

Las Unidades de Defensa Antiaérea en misiones en el exterior pueden participar en operaciones de apoyo a la paz, para la protección de puntos del terreno clave, infraestructuras y vías de comunicación. En caso de que la evolución de las operaciones no fuera favorable, la disuasión que proporciona la DAA reduce la posibilidad de que las amenazas aéreas realicen ataques. El establecimiento de medios de sistemas de armas en lugares visibles influye en la percepción de la seguridad de la población civil, que representa el objetivo de las operaciones actuales y futuras en las que el objetivo es ganarse la aprobación de la población civil.

La actuación más habitual de la AAA en apoyo a autoridades civiles en Territorio Nacional consiste en proteger objetivos críticos como centros de telecomunicaciones, edificios, y contra ataques de elementos terroristas.

Además, es previsible la proliferación de micro y mini RPV's y su fácil obtención y empleo por estas organizaciones, por lo que debe empeñarse el adecuado sistema de armas para combatirlos. También el uso de plataformas no convencionales para la realización de atentados desde el aire mediante configuraciones de RPV's en lugares públicos o en actos de especial relevancia son una amenaza que se debe considerar.

En este aspecto, las unidades ya tienen experiencia en la defensa de actos de especial relevancia, como el despliegue de la UDAA que contaba con el sistema Mistral para la Exposición Internacional de Zaragoza 2008. En tales ocasiones se despliega una UDAA enfocada a contrarrestar amenazas terroristas.

Finalmente, el futuro campo de batalla se caracterizará por el gran abanico de operaciones, donde en cada una será una combinación de vicisitudes y condiciones particulares que se determinará tanto por el riesgo de ataques aéreos como de ataques electromagnéticos para inutilizar el material.

## **6 Conclusiones**

Tras el trabajo realizado se evidencia que la evolución del sistema Mistral ha sido constante, aportando numerosas ventajas en las sucesivas actualizaciones tanto técnicas como tácticas, repercutiendo en una mejora de las capacidades de las unidades de Artillería Antiaérea del Ejército de Tierra.

Una vez expuesto el estudio comparativo entre las versiones del sistema, se concluye que la 3ª proporciona una mayor cobertura de Defensa Antiaérea tanto en techo como alcance, una mayor probabilidad de interceptación del objetivo, así como una mejor eficacia operativa del conjunto. Esto significa una mayor cobertura de terreno manteniendo el mismo número de puestos de tiro que con la versión anterior. Además, tras la búsqueda de la capacidad de elección de foco de calor de los misiles similares al sistema Mistral, se concluye que en la actualidad el sistema Mistral 3 es el único misil de baja y muy baja cota que posee esta capacidad.

Por otra parte, el misil Mistral 3 consigue la nueva capacidad táctica del combate de amenazas de vuelo rasante. Las unidades que dispongan del sistema Mistral 3 podrán realizar acciones de fuego contra amenazas que efectúen maniobras a una menor cota que las combatidas con la 1ª versión del sistema.

Gracias a la introducción del nuevo Sistema Integrador Lanzador Misil el Jefe Pieza podrá desplazarse con el Terminal Armas con total libertad y gestionar con una mayor eficiencia su puesto de tiro. El Apuntador Tirador no necesitará instrucción específica del sensor infrarrojo para su uso, debido a que este mantiene las interfaces del sensor anterior.

Del análisis de los factores internos y externos realizado a las diferentes versiones del sistema se desprende que se ha producido una constante mejora de sus capacidades, pero sigue presentando algunas deficiencias debido a la continua evolución de la tecnología de las contramedidas.

Teniendo en cuenta las capacidades de la primera y última versión, se ha experimentado una gran mejora en la interceptación de aeronaves más eficaces, gracias al aumento de velocidad y aceleración lateral.

Del estudio realizado de la implementación del sistema Mistral 3 en el Ejército de Tierra se desprende que, para la actualización del sistema en dotación de las unidades a la última versión del sistema, solo sería necesario la compra de material que requiere para actualización de este. Se ahorraría el gasto necesario en instrucción de personal y en el aprendizaje necesario en el uso de la nueva cámara infrarroja SVT-3M, además de contar con mejores capacidades de la mano del nuevo material.

El análisis de riesgos basado en el estudio de la implementación del sistema nos aporta existen algunos riesgos en el proceso de adquisición y puesta en funcionamiento del sistema.

Sin embargo, estos riesgos son fácilmente evitables, tomando las medidas que han sido deducidas del análisis de riesgos, como establecimiento de procesos de control para la recepción del material, cursos de especialización para el correcto mantenimiento del nuevo material o la realización de constantes actualizaciones de software para la integración entre nuestros sistemas y los propios de los países aliados.

Finalmente, la Dirección General de Armamento y Material ha tomado la decisión correcta en evolucionar el sistema Mistral en lugar de comprar un sistema similar, debido a la gran integración del nuevo sistema, la capacidad de utilizar el material de versiones anteriores, la capacidad única en el mercado de elección de focos de calor, así como la capacidad de insensibilidad a las contramedidas. Por ello, una vez implementado el sistema Mistral 3, las unidades de las FAS dispondrán un sistema antiaéreo muy avanzado para poder hacer frente a las amenazas del siglo XXI.

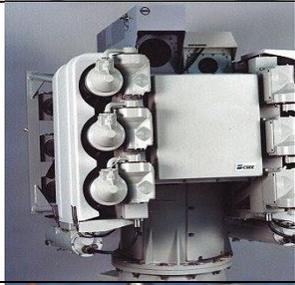
## Bibliografía

- [1] Ministerio de Defensa, PD4-300 Empleo de Artillería Antiaérea (Tomo I), 2016.
- [2] Ministerio de Defensa, PD4-300 Empleo de Artillería Antiaérea (Tomo II), 2016.
- [3] M. González, «El País» 14 Diciembre 1991. [En línea]. Available: [https://elpais.com/diario/1991/12/14/espana/692665225\\_850215.html](https://elpais.com/diario/1991/12/14/espana/692665225_850215.html). [Último acceso: 28 Octubre 2019].
- [4] «Fly News» 3 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://fly-news.es/defensa-industria/mbda-planea-disenar-fabricar-misiles-completos-espana/>. [Último acceso: 28 Octubre 2019].
- [5] MBDA, *Mistral 3 presentation to Spain*, Le Plessis-Robinson, 2014.
- [6] Indra Sistemas, «Puesto de tiro Mistral III» Alcobendas, 2018.
- [7] Ministerio de Defensa, MT6-337 SILAM Manual de empleo y mantenimiento primer y segundo escalón.
- [8] N. Boisier. [En línea]. Available: <https://revistamarina.cl/revistas/1999/5/novion.pdf>. [Último acceso: 28 octubre 2019].
- [9] «Educalingo» [En línea]. Available: <https://educalingo.com/es/dic-es/contramedida>. [Último acceso: 28 Octubre 2019].
- [10] Indra Sistemas, 5 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://www.indracompany.com/es/noticia/inshield-dircm-desarrollado-indra-proteger-aeronaves-frente-ataques-misiles-guia-infrarroja>. [Último acceso: 28 Octubre 2019].
- [11] Leonardo, «Leonardo company» 2017. [En línea]. Available: [https://www.leonardocompany.com/documents/20142/3149378/Copia\\_di\\_Miy sis\\_DIRCM\\_LQ\\_mm08221\\_.pdf?t=1538987441887](https://www.leonardocompany.com/documents/20142/3149378/Copia_di_Miy sis_DIRCM_LQ_mm08221_.pdf?t=1538987441887). [Último acceso: 28 Octubre 2019].
- [12] Redacción de emprendedores, 30 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.emprendedores.es/gestion/a30069/como-hacer-un-dafo2/>. [Último acceso: 28 Octubre 2019].
- [13] Centro Universitario de la Defensa, «Oficina de Proyectos:Gestión de riesgos» 2018.
- [14] Saab, [En línea]. Available: [https://saab.com/land/weapon-systems/ground-based-air-defence-missile-systems/rbs\\_70\\_ng/](https://saab.com/land/weapon-systems/ground-based-air-defence-missile-systems/rbs_70_ng/). [Último acceso: 03 11 2019].
- [15] Global Security, [En línea]. Available: <https://www.globalsecurity.org/military/world/europe/rbs70.htm>. [Último acceso: 3/11/2019].
- [16] Naver, [En línea]. Available: [https://cafe.naver.com/wlsrkq78.cafe?iframe\\_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=23](https://cafe.naver.com/wlsrkq78.cafe?iframe_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=23). [Último acceso: 3/11/2019].
- [17] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles, [En línea]. Available: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-43.html>. [Último acceso: 3/11/2019].

- [18] Indra Sistemas, «CT MISTRAL III ACTUALIZACIÓN CÁMARA TÉRMICA SVT-2M PARA MISTRAL III» Aranjuez.
- [19] D. Corral, «Cazas de quinta generación» Motorpress Ibérica, Madrid, 2010 .
- [20] SputnikNews, [En línea]. Available:  
<https://mundo.sputniknews.com/industriamilitar/201612141065551089-mejores-helicopteros-militares/>. [Último acceso: 3 11 2019].
- [21] B. Carrasco. [En línea]. Available:  
<https://www.infodefensa.com/es/2017/06/23/noticia-presenta-prototipo-sistema-atlas-espana.html>. [Último acceso: 3 11 2019].

**Anexo A. Configuraciones del sistema Mistral en las Fuerzas Armadas**

Configuración	Ejército Usuario/ Ámbito de uso	Características	Número de misiles	Ilustración
MAMPADS	Ejército de Tierra / Terrestre	Sistema portátil de una sola munición con capacidad de transporte a pie y lanzamiento manual	1 misil	
ALAMO	Ejército de Tierra / Terrestre	Permite operar con el MANPADS desde vehículos ligeros todo terreno con lanzamiento manual	1 misil	
ATLAS	Las FAS no cuenta con esta configuración / Terrestre	Montaje gemelo ligero que puede operar desde tierra o desde vehículo ligero todo terreno de lanzamiento manual	2 misil	
ATLAS-RC	Las FAS no cuentan con esta configuración / Terrestre	Montaje gemelo ligero sobre vehículo todo terreno operado por control remoto y de lanzamiento automático	2 misil	
ALBI	Las FAS no cuentan con esta configuración / Terrestre	Lanzador gemelo ligero montado sobre vehículo acorazado ligero con lanzamiento manual	1 misil	
SIMBAD	La Armada / Marítimo	Lanzador gemelo ligero giratorio operado desde la cubierta de buques con lanzamiento manual del misil	2 misil	

SIMBAD-RC	Las FAS no cuentan con esta configuración / Marítimo	Lanzador gemelo ligero giratorio controlado por control remoto con lanzador automático de dos misiles	2 misil	
SADRAL	Las FAS no cuentan con esta configuración / Marítimo	Sistema con capacidad multiobjetivo a bordo de buques con 6 misiles listos para el disparo	3x3 misil	
ATAM	Ejército de Tierra / Aéreo	Afuste adaptado para helicóptero operado desde la cabina con lanzamiento automático de misil	2x2 misil	

## Anexo B. Sistemas de misiles similares en el mercado al sistema Mistral

### B.1 Misil RBS-70

El RBS-70 (Robotsystem 70) es un misil superficie-aire (Surface to Air Missile, SAM) de configuración MAMPADS (ver Ilustración B-1) [14], de similares características técnicas y tácticas que el sistema Mistral y diseñado para el combate <<Todo Tiempo>> (ver ilustración 18). Al igual que el sistema Mistral, el RBS-70 puede ser integrado en una UDAA o ser utilizado en modo autónomo, pero es el uso integrado de los sistemas de artillería antiaérea el más beneficioso para la Defensa Aérea. El RBS-70 es un sistema portátil con guiado infrarrojo de corto alcance. Dicho receptor infrarrojo emite señales láser desde la cola del misil, lo que proporciona gran resistencia a las contramedidas infrarrojas, mientras que el sistema Mistral tiene el domo infrarrojo buscador de blancos en la parte anterior del misil, que si es susceptible de contramedidas infrarrojas. Los gases de combustión del misil RBS-70 son expulsados en la sección media del misil, mientras que el sistema Mistral los expulsa en la cola.



Ilustración B-1. Sistema RBS-70.  
Fuente: [www.infodefensa.com](http://www.infodefensa.com).

El RBS-70 fue concebido para la Defensa Antiaérea sueca, con el objetivo de desarrollar un sistema de Defensa Antiaérea de baja y muy baja cota nacional de bajo coste, fácil de usar y de gran eficacia, teniendo en cuenta que las necesidades del nuevo sistema antiaéreo debían de aportar movilidad y bajo coste de mantenimiento a las unidades antiaéreas. El modo de operación del RBS-70 se basa en la recepción de instrucciones sobre la posición de la aeronave mediante el Terminal de Control de Combate procedentes de emisiones radio. Cuando el objetivo aéreo ha sido adquirido por el operador, este desactiva el seguro y activa el láser principal, iluminando al objetivo con señales láser con códigos IFF. Si la identificación IFF tiene resultado positivo, imposibilita el disparo, si la identificación IFF no da resultado, dispara el misil y este sigue el láser ajustando su posición constantemente para quedarse dentro del rayo. Esto hace que el operador necesite tener un objetivo muy estable. Si el misil es dirigido en un radio de 30 m dentro del objetivo, tiene una eficacia del 95 %.

Longitud misil	1,32 m
Peso del explosivo	1,1 kg
Peso de puesto de tiro	87 kg
Alcance máximo	5-6 km
Techo máximo	3 km
Velocidad máxima	1,6 Mach (V. MK 0/1) 2 Mach (V. Boldie)

Tabla B-1. Características del misil RBS-70.

Fuente: Elaboración propia.

El RBS 70 ha sido constantemente actualizado y mejorado, la primera versión (Mk 0) tenían poco alcance y una capacidad destructora limitada pero estas carencias fueron mejoradas en versiones posteriores. Las versiones Mk 1 y Mk2 tienen un alcance de 5.000-6.000 m y un techo de 3.000 m [15]. En 2003 se introdujo la versión del sistema Bolide. El misil Bolide es una versión mejorada del RBS 70 Mk 2 con una velocidad de Mach 2 contra el Mach 1.6 de los Mk 0 y 1, un alcance de hasta 8 kilómetros y un techo de 5.000 m. El Bolide tiene también una nueva ojiva de carga hueca con una cubierta de fragmentado, lo que ofrece más eficacia contra una gama más amplia de objetivos, y la nueva electrónica reprogramable le da la posibilidad de interceptar misiles de crucero y RPV's.

## B.2 Misil KP-SAM Shin-Gung

KP-SAM Shin - Gung es un misil surcoreano lanzable desde el hombro de tipo SAM desarrollado por la empresa LIG Nex1, empresa diseñadora y fabricante del misil para la Agencia para la Defensa y Desarrollo surcoreana (ADD, Agency for Defence and Development), pero es conocido comercialmente en el mundo como el Chiron [16]. El misil fue creado con el objetivo de la protección de tropas terrestres del país, el cual empezó su desarrollo 1995. A finales de 2005, el KP-SAM Shin- Gung entró en servicio con el Ejército de la República de Corea, después de haber estado en desarrollo aproximadamente 8 años.

El misil integra sistema IFF, capacidades nocturnas y <<Todo Tiempo>>, un buscador infrarrojo /ultravioleta de dos colores para ayudar a negar las contramedidas infrarrojas (IRCM) y una ojiva con espoleta de proximidad de similar funcionamiento a la correspondiente del sistema Mistral.



Ilustración B-2. Puesto de tiro del KP-SAM Shin-Gung.

Fuente: Agencia de adquisiciones de armamento de Corea del Sur.

Durante el desarrollo alcanzó eficacias de un 90% abatiendo blancos. El sistema fue sometido a pruebas en las que el misil Shin-Gung ha derribado blancos volando bajo. En dichas pruebas el misil Shin-Gung hizo impacto en un objetivo de bajo vuelo de hasta 3.5 kilómetros con una velocidad de 697.5 m/s (más de 2,36 mach) y un rango de distancia de 7 km. Tras las pruebas y de acuerdo con afirmaciones de la Agency for Defense Development, el misil es superior al FIM-92 Stinger norteamericano o al Mistral francés en probabilidad de derribo, precio o portabilidad.

Longitud de misil	1,7 m
Peso de misil	14 kg
Peso de puesto de tiro	19,5 kg
Alcance máximo	7 km
Techo máximo	3,5 km
Velocidad máxima	2,1 Match

Tabla B-2. Características del misil KP-SAM Shin – Gung.

Fuente: Elaboración propia.

### B.3 9K34 Strela-3

El 9K34 Strela-3 (designación OTAN SA-14 Gremlin) es un misil antiaéreo portátil ruso de corto alcance de un solo operador, desarrollado en la Unión Soviética por KBM debido a las bajas prestaciones de su predecesor, el 9K32 Strela-2 [17]. Entró en servicio en el Ejército Rojo en enero de 1974. Desde entonces el misil ha estado en servicio en el Ejército Rojo y posteriormente en las fuerzas armadas rusas.

Pese a que este ya tiene sucesor, el misil 9K38-Igla, la versión Strela-3 ha sido un gran éxito, siendo exportado a más de 30 países. También cuenta con la versión naval del sistema que recibe la designación OTAN SA-N-8.



Ilustración B-3. 9K34 Strela-3.

Fuente: Army Recognition.



Ilustración B-4. 9K38-Igla.

Fuente: Defense Update.

El misil 9K34 Strela-3, basado en el Strela-2, introdujo cambios como la implementación de una nueva cabeza buscadora infrarroja. Dicho buscador funciona en frecuencia FM que realiza varios rastreos en el espectro infrarrojo. Esto le proporciona al sistema menos vulnerabilidad frente a interferencias infrarrojas, señuelos y bengalas que las antiguas cabezas buscadoras en el espectro infrarrojo AM, los cuales eran fácilmente mediante el uso de bengalas e interferencias sencillas. Otro de los cambios significativos fue la introducción de un sistema de refrigeración del buscador por nitrógeno presurizado y que iba unido al tubo lanzador, muy similar al sistema refrigerador del sistema Mistral, que utiliza gas argón.

La función del refrigerante es expandir el sulfuro de plomo (PbS) presente en el sensor infrarrojo y por consiguiente mejorar la capacidad de detección infrarroja para las longitudes de onda largas. Esta mejora permite adquirir objetivos que tengan menor rastro infrarrojo a distancias mayores. Además, el buscador tiene una mayor velocidad de seguimiento permitiendo que el misil realizar más y más veloces cambios de rumbo mientras se aproxima al objetivo. La parte negativa de las mejoras introducidas fue un incremento del peso total del misil que provocaría un descenso de las prestaciones cinemáticas en comparación con el original Strela-2.

Longitud misil	1,47 m
Peso de misil	10,3 kg
Peso sistema completo	16 kg
Alcance máximo	4,1 km
Techo máximo	2,3 km
Velocidad máxima	1,08 Mach

Tabla B-3. Características del misil 9K34 Strela-3.

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo C. Cámara Mistral Matis

Los elementos que forman la parte del paisaje, y particularmente todos los objetivos potenciales, emiten calor que se traduce en radiación infrarroja. Así, para la adquisición de objetivos es necesario un sensor térmico que los adquiera en cualquier situación climática. Para conseguirlo MBDA ha desarrollado en particular para el sistema Mistral, la cámara Matis. La cámara Matis dispone de un sensor infrarrojo para la adquisición de objetivos en <<Todo Tiempo>>. Con este sensor la cámara puede detectar, reconocer y después identificar una fuente de radiación infrarroja. La firma infrarroja de cada objeto se puede definir, particularmente en la banda de la longitud de onda de 3 a 5  $\mu\text{m}$  [18].

En el puesto de tiro, se puede adquirir objetivos tanto en modo óptico utilizando el visor propio del puesto de tiro (ver Ilustración 1) o usando la cámara Mistral Matis para la detección de objetivos <<Todo Tiempo>> (ver Ilustración 2) usando radiación infrarroja.



Ilustración C-1. Cámara Mistral Matis.

Fuente: MBDA.



Ilustración C-2. Sistema óptico de adquisición.

Fuente: MBDA.

La cámara dispone de identificación IFF (Identification Friend and Foe). Es un sistema de identificación criptográfica que interroga e identifica aeronaves. La cámara emite unos códigos criptados a la aeronave y en función de cómo la aeronave responde a estos códigos se identifican las aeronaves amigas, enemigas o desconocidas. Para la identificación se sigue una serie de criterios basados en los modos de identificación de aeronaves:

- Modo 1: Modo militar con un código de dos cifras, 32 códigos posibles. Se utiliza en control de tráfico aéreo militar, para determinar el tipo de aeronave y el tipo de misión.
- Modo 2: Modo militar con un código de cuatro cifras, 4096 códigos posibles. Se utiliza para identificar cada aeronave en particular, transmitiendo en "número de cola".

- Modo 3/A: Modo civil/militar de control de tráfico aéreo estándar. Se usa internacionalmente con un código de cuatro cifras, 4096 códigos posibles. Este código es asignado por el aeropuerto de partida de la aeronave.
- Modo 4: Modo militar cifrado. Las interrogaciones son más complejas que la simple transmisión de pulsos equidistantes. La trama transmitida consta de una primera parte de pulsos de sincronización, seguido de un código cifrado.
- Modo 5: Preparado.

La cámara Matis dispone de un alcance de detección aumentado respecto a la versión MP2 de 12 a 15 km, mientras que el sensor térmico SVT-3M tiene un alcance de 10 km (ver Tabla C-1).

	Matis MP3	SVT-3M
Banda infrarroja	3-5 $\mu$	3-5 $\mu$
Alcance de detección	12-15 km	10 km
Salida de video	Digital	Analógico/Digital
Baterías	Doble, con capacidad de carga en estado de operación (en funcionamiento)	Doble, con capacidad de carga en estado de operación ( en funcionamiento)

Tabla C-1. Comparativa de las características de los sensores Matis MP3 y SVT-3M.

Fuente: Elaboración propia.

Son pocas las modificaciones necesarias en el puesto de tiro MAMPADS para la integración de la cámara Mistral Matis MP3. La empuñadura para el control del puesto necesita de la introducción de botones para el control de la cámara en tiempo real. También es necesaria la actualización del casco para albergar el sistema auditivo de la cámara. El modelo anterior ha sido descatalogado y sustituido por un nuevo modelo el cual puede ser utilizado junto con los cascos tácticos MARTE IV / PASGT de dotación en las FAS.

Finalmente, la decisión por parte de la DGAM de adoptar el sensor SVT-3M ha sido la correcta. Pese a que el sensor el sensor SVT-3M dispone de un menor alcance que la cámara Matis ( francamente no es necesario un mayor alcance, debido a que el alcance de interceptación es limitado y a que hay otros sistemas radar integrados en la UDAA se encargan del alcance de detección de objetivos), tiene la capacidad de salida de video analógica y digital, lo que supone total integración con el material actual y podrá aportar el funcionamiento continuado de los sistemas durante el periodo de tiempo necesario hasta la llegada de todo el nuevo material.

## **Anexo D. Amenazas aéreas que puede combatir el sistema Mistral**

La evolución en la aviación militar ha ido de la mano de la evolución de la defensa antiaérea. Por un lado, la aviación aportaba nuevas capacidades como el lanzamiento de bengalas, de contramedidas láser, técnicas de baja observabilidad o técnicas "stealth" y mayor capacidad de evasión en situación de riesgo de ser interceptadas por medios de defensa antiaérea, así como nuevas tecnologías que incluyen medidas de detección de medios de Artillería Antiaérea. Por otro, los medios de Defensa Antiaérea, mayormente sistemas de misiles, han experimentado un aumento de probabilidad de intercepción contra aeronaves al introducir sistemas que mejoran la maniobrabilidad, la velocidad de los misiles y la capacidad en adquisición de objetivos.

Las amenazas aéreas del siglo XXI son variadas dependiendo del conflicto subyacente. Es por ello que resulta interesante conocer, de manera actualizada, las amenazas que puede hacer frente el sistema Mistral 3. Por lo tanto, se ha realizado un estudio recopilatorio actualizado de las amenazas que combate este sistema, en un posible escenario de operaciones actual o futuro, en el que las fuerzas regulares se reducirán drásticamente y el enfrentamiento lo llevarán a cabo aeronaves no tripuladas.

### **D.1 Amenaza de ala fija**

Las amenazas de ala fija, generalmente aviones, pueden emplearse en 4 misiones principales: como portador de armas para realizar ataques a tierra, como portador de sensores para la obtención de información, como plataformas de guerra electrónica y como plataforma de apoyo, excluyendo las misiones de transporte táctico y logístico. Siendo los ataques a tierra los que normalmente tendrán que hacer frente la Artillería Antiaérea, es necesario conocer que los aviones de combate realizan una gran variedad de operaciones, tanto ofensivas como defensivas, como interdicción aérea (AI), ataque estratégico, supresión/destrucción de defensas aéreas y antiaéreas (SEAD/DEAD) y apoyo aéreo próximo.

En todo tipo de operaciones, la altura del objetivo aéreo es un factor decisivo para la observación, la adquisición y el ataque del sistema de armas. En el caso que las aeronaves sepan que en el objetivo abundan medios SHORAD las misiones se planearán con cotas medias o altas. Sin embargo, cuando no se tenga constancia de la presencia de medios SHORAD, los aviones utilizarán siempre que sea posible la menor cota posible para ocultarse en el terreno de la detección de los radares terrestres.

Los aviones de ataque a tierra comunes a este tipo de operaciones tienen unas capacidades que les permite penetraciones a baja y muy baja altura (30 a 100 metros) siguiendo los contornos del terreno. La velocidad de penetración para la baja y muy baja cota se aproxima a 1 mach, pero se acota a distancias limitadas dependiendo del terreno y sólo lo cumplen las aeronaves de cuarta y quinta generación y superiores como el Eurofighter, Sukhoi Su-57 o el Lockheed Martin F-35 (ver Tabla D-1) [19]. La capacidad de combate del MISTRAL 3 respecto a la generación anterior ha mejorado debido al aumento de velocidad, maniobrabilidad y alcance del misil.

Pero sigue siendo un sistema de armas limitado contra este tipo de objetivos debido a las capacidades de estos como la maniobrabilidad o técnicas IRCCM.

Nombre	Velocidad máxima	Techo de vuelo	Radio de acción	Armamento	Ilustración
Eurofighter 4ª generación	2 mach	19.812 m	2.900 km a velocidad de crucero (1,46 mach)	13 puntos de anclaje + 1 cañón de 27mm	
Sukhoi Su-57 5ª generación	2,45 mach	20.000 m	5.500 km a velocidad de crucero (1,48 mach)	10 puntos de anclaje + 1 cañón de 30 mm	
Lockheed Martin F-35 5ª generación	1,61 mach	18.288 m	2.200 km a velocidad de crucero (1,2 mach)	14 puntos de anclaje + 1 cañón de 25 mm	

Tabla D-1. Aeronaves de ala fija de 4ª y 5ª generación.

Fuente: Elaboración propia.

## D.2 Amenazas de ala rotatoria

Las amenazas de ala rotatoria, generalmente helicópteros, se pueden emplear en dos misiones fundamentalmente: ataque y maniobra. En misión de ataque los helicópteros disponen de diversos sistemas de armas y sensores, y algunos disponen de cierta protección frente a los sistemas de armas antiaéreos. En misión de maniobra son capaces de realizar misiones de reconocimiento, transporte, apoyo logístico, MEDEVAC (Medical Evacuation), etc.

En misión de ataque los helicópteros emplean su armamento ligero para la lucha contra columnas de vehículos en movimiento o como escolta de otros helicópteros. Al igual que los aviones, los helicópteros tienden al combate nocturno o en condiciones meteorológicas adversas con una altura de vuelo muy baja, aprovechando el enmascaramiento que ofrece el terreno lo que hace difícil la adquisición y combate de este tipo de aeronaves por los sistemas de DAA. El aumento de autonomía, capacidad de supervivencia y combate, y su flexibilidad en el empleo hacen que los helicópteros sean una amenaza aérea real muy importante. En el futuro se impulsará el desarrollo de dichas aeronaves y por ende tendrán mayor importancia en el campo de batalla debido a sus múltiples capacidades, como bloquear fuerzas o tomar zonas claves.

Por otro lado, los helicópteros de ataque en servicio en la mayoría de los países como por ejemplo es el caso de España, Rusia y China (ver tabla 2) [20] son vulnerables a los sistemas de misiles con guía infrarroja como el sistema Mistral. Hasta hace poco,

los helicópteros lanzaban bengalas para perturbar la cabeza buscadora infrarroja, pero tras los nuevos avances en insensibilidad a las contra-contra medidas, como el cambio de banda utilizado del espectro infrarrojo, las bengalas ya no son una técnica de protección de este tipo de aeronaves frente a la amenaza infrarroja.

Designación	Velocidad máxima	Techo de vuelo	Radio de acción	Armamento	Ilustración
Eurocopter EC665 Tigre (España)	315 km/h / 230 km/h velocidad de crucero	4.000 m	1.300 km / 800 km en orden de combate	4 puntos de anclaje + 1 cañón de 30 mm	
Mil Mi 28 (Rusia)	320 km/h / 300 km/h velocidad de crucero	5.700 m	435 km / 200 km en orden de combate	4 puntos de anclaje + 1 cañón de 30 mm	
CAIC WZ - 10 (China)	300 km/h / 270 km/h velocidad de crucero	6.400 m	800 km / 620 km en orden de combate	4 puntos de anclaje + 1 cañón de 20 ó 30 mm	

Tabla D-2. Aeronaves de ala rotatoria operadas por distintos países.

Fuente: Elaboración propia.

### D.3 Amenazas no tripuladas y pilotadas remotamente

Las amenazas no tripuladas y pilotadas remotamente comprenden las aeronaves pilotadas remotamente y municiones (guiadas o no) con características similares como su modo de empleo, forma de ataque, etc. Estas amenazas se pueden clasificar dentro del grupo de plataformas aerodinámicas o balísticas.

Dentro del grupo de plataformas aerodinámicas se encuentran misiles aerodinámicos, misiles crucero y los RPV's aerodinámicos. Todos tienen en común que son plataformas no tripuladas con un vuelo en trayectoria no balística y sostenida, de acuerdo con una ruta y perfil de vuelo predeterminado o no. Son de bajo coste, y muy difíciles de detectar, seguir e identificar su trayectoria, su punto de lanzamiento y su zona de objetivos.

Los RPV's pueden operar por control remoto o de forma autónoma (con una ruta programada) y son capaces de llevar a cabo misiones de reconocimiento, vigilancia y obtención de información, así como de combate.

Además, están adquiriendo una gran importancia en el espacio de batalla por el emplear tecnología de fácil obtención y fabricación. Los RPV's se dividen en clases. Esta clasificación responde a las características de cada clase en relación con su alcance, peso, altura de vuelo, etc. España opera con diferentes RPV's pertenecientes a diferentes clases (ver Tabla D-3). Generalmente tiene una autonomía de vuelo desde 6 horas y alcances de 10 km en misiones tácticas, a una autonomía de 24 horas y techo de hasta 10.000 km de alcance en misiones estratégicas y operacionales, dependiendo de la clase perteneciente del RPV's.

Nombre	Clase	Envergadura y peso	Altura y tiempo de vuelo	Radio de acción	Ilustración
RQ-11B Raven	Clase I Categ. Mini	1,37 m / 3 kg	305 m / 6 h	10 km	
Fulmar	Clase I Categ. Small	3 m / 20 kg	2,3 km / 9 h	80 km	
IAI Searcher Mk II	Clase II	5,85 m / 426 kg	6,1 km / 18h	350 km	

Tabla D-3. RPV's utilizados por el Ejército de Tierra.

Fuente: Elaboración propia.

Los misiles crucero son misiles autoguiados, preprogramados en su trayectoria, que en su trayectoria viaja a velocidades entre 1 y 3 mach con varias alturas de vuelo predeterminadas entre 30 y 3.000 metros, con alcances desde 30 hasta 30.000 km. Por sus características se les considera RPV's fungibles. Existen 4 grandes tipos: subsónicos de baja tecnología, subsónicos de alta tecnología, supersónicos y misiles antibuque. Los misiles subsónicos de baja tecnología son diseñados para ataques a tierra, pero sin capacidad de adaptarse en su vuelo a los contornos del terreno, a diferencia de los de alta tecnología que tienen capacidad de vuelo a baja altitud (20 metros) adaptándose al terreno y con mayor precisión. Los misiles supersónicos todavía están en desarrollo, pero aportan gran velocidad conjugado con una alta capacidad de destrucción. Por otro lado, los misiles antibuque son misiles modificados para ataques a tierra con corto alcance y baja altura.

Los misiles aerodinámicos son similares a los misiles crucero, pero son más pequeños con una menor cabeza de guerra, no poseen ingenios aerodinámicos por lo que no pueden mantener una trayectoria sostenida y tienen menor alcance. Pero estas armas son altamente versátiles y con gran precisión. Son difíciles de detectar, de adquirir y de interceptar por los sistemas de armas.

En el grupo de plataformas balísticas, se encuentran los misiles balísticos lanzados desde aeronaves o buques, siguiendo una trayectoria aproximadamente balística en las capas superiores de la atmósfera.

Para el combate de los misiles balísticos se requieren sistemas de armas avanzados y con capacidad antimisil, como es el misil PATRIOT PAC-2, en dotación en el Ejército de Tierra.

## Anexo E. Sistema ATLAS-RC

La empresa MBDA España ha presentado como un nuevo afuste para el lanzamiento de misiles superficie-aire de corto alcance Mistral denominado ATLAS-RC [21]. A diferencia de los lanzadores en servicio en el Ministerio de Defensa, el ATLAS-RC es operado remotamente ya que en la torre solo se encuentran dos misiles y un sistema de localización de objetivos basado en una cámara infrarroja de última generación. El afuste es operado desde el interior del vehículo manteniendo protegido al Jefe de Pieza, que solo necesita abandonar la cabina para remunicionar el lanzador con otros cuatro misiles ubicados en compartimentos desmontables a los lados del compartimento de carga. La consola de operación, denominada Terminal Armas puede ser desmontada y operar así el lanzador desde una distancia de hasta cincuenta metros gracias a la conexión Wifi con el sistema.

El ATLAS-RC ha sido desarrollado por MBDA España teniendo en mente el próximo programa de renovación de los sistemas Mistral en servicio tanto en el Ejército del Aire, Ejército de Tierra y Armada, programa que tiene como objetivo la adquisición de la última versión del misil, el Mistral 3. Este misil ha incrementado su alcance hasta los 10 km. Incluye un sistema de control mejorado que le hace más maniobrable, emplea una nueva espoleta de mayor letalidad y es más resistente a las contramedidas. Su sistema de guiado infrarrojo puede adquirir objetivos de pequeño tamaño lo que lo hace idóneo para derribar RPV's.



Ilustración E-1. ATLAS-RC.

Fuente: MBDA España.

MBDA ha elegido la base del Vehículo de Alta Movilidad Táctica (VAMTAC) ST5 del fabricante gallego URO (ver Ilustración E-1), debido a que es la plataforma en servicio del Ministerio de Defensa para que la firma logística del nuevo material sea mínima. Puede ser empleado tanto de día como de noche, en condiciones meteorológicas adversas (sistema todo tiempo).

También ofrece movilidad táctica y estratégica elevada al poder ser transportado por aviones como C-130 Hérculos o el más moderno A400M ATLAS del Ejército del Aire. Además, el módulo lanzador puede desmontarse rápidamente del vehículo para ser instalado en otro, operar independientemente gracias a su suministro eléctrico integrado o incluso podría ser estibado en un buque dando protección cercana.

El ATLAS-RC presenta como ventajas frente a otros lanzadores el ATLAS la protección de la tripulación o frente al MPVC (Multi Purpose Combat Vehicle). Su diseño es más compacto y ligero al prescindir de los otros dos misiles de empleo inmediato y de la ametralladora de 12.70 mm. Si se observa con detenimiento, el lanzador al que se le adosan los dos misiles es el mismo empleado tanto en el citado MPVC como en los helicópteros de combate Tigre en el sistema ATAM cuando hacen uso del sistema Mistral.

