

## Trabajo Fin de Grado

### Comparativa de sistemas de armas con capacidad antimisil

Autor

CAC D. Alberto Carretero Ortiz

Directores

Director académico: Prof. Dra. Dña. Silvia Vilariño Fernández

Director militar: Cap. D. Raúl García Valladolid

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2018



## Agradecimientos

Quisiera agradecer en primer lugar a todas aquellas personas que han confiado en mí a lo largo de estos últimos años, dándome fuerzas para seguir hacia adelante y conseguir mis objetivos. Entre ellas familiares y amigos.

Además ha habido alguien muy importante en la continua formación que he recibido en el CUD a lo largo de estos últimos años, y esa es la Doctora Silvia Vilariño Fernández. Gracias a su continua dedicación y la paciencia que tuvo conmigo en interminables tutorías y constantes e-mails. Desde que comenzó a darme Estadística, hace ya algo más de 5 años, hasta el día de hoy que ha continuado su labor en mi formación. Ha sido una gran guía para mí y gracias a su profesionalidad y dedicación he podido superar retos como este TFG.

No por ello me olvido de otras personas que han sido fundamentales en este trabajo. Son el Capitán don Javier Aláez Pérez y el Capitán don Raúl García Valladolid. Del Capitán Aláez surgieron los cimientos de este TFG y me ayudo a comprender la necesidad del mismo, además estuvo en permanente contacto y dándome su apoyo hasta el final del trabajo. Por otro lado el Capitán Valladolid, con el cual pase más tiempo en la unidad, tuvo una gran disposición y me sirvió de gran ayuda para la realización de este trabajo, dejando a la 2ª Batería a mí disposición, tanto en lo referente al material como al excelente personal del que disponía. Gracias a él he aprendido mucho a los quehaceres de un oficial de artillería.

A todos vosotros que me habéis ayudado. Gracias.



## Resumen

Desde el año 2010 en la denominada *Cumbre de Lisboa* la defensa antimisil ha constituido una de las principales prioridades de la Alianza Atlántica OTAN. Dicho impulso fue propuesto, principalmente, a raíz de la proliferación de misiles balísticos y la amenaza Iraní, bien es cierto que también ha influido la amenaza de Corea del Norte y que desde hace dos años está representando una seria amenaza. Aunque su desarrollo en el marco de la OTAN ha sido abanderado fundamentalmente por los EEUU, los demás países europeos han ido sumándose a este impulso. En Europa existe un cuartel general (CG) en Ramstein, donde se coordina la defensa aérea de toda Europa a nivel OTAN, dentro de este CG es donde se integran y coordinan los diferentes sistemas de armas con capacidad antimisil de otras naciones contribuyendo en la defensa colectiva Europea en este ámbito.

España es uno de los países aliados OTAN que dispone, a día de hoy, de un sistema de armas que puede ser integrado en esta estructura de la de defensa antimisil Europea. Esta aportación es llevada a cabo por el ET con su sistema antiaéreo PATRIOT. Este sistema de armas pertenece en la actualidad al GAAA III/73 sito en Marines (Valencia). En la actualidad España tiene desplegada en Turquía una batería de misiles antiaéreos PATRIOT con una capacidad antimisil real, si bien es cierto con algunas limitaciones.

Esta es la forma en la que España contribuye a uno de los compromisos que tiene en el ámbito de Defensa. Además, este compromiso representa una gran oportunidad de probar el material en zona de operaciones, desarrollarlo y mejorar las capacidades del personal en dicho contingente. Si bien es cierto de que la OTAN reconoce que en estos momentos no existe ninguna nación que represente una amenaza directa para sus miembros, reconoce que hay una proliferación de misiles balísticos con lo que conlleva a medio plazo un riesgo para la población, territorio y fuerzas desplegadas en zonas de operaciones, por todo ello, es necesario dotarse de una defensa contra misiles balísticos.

En este último sentido es necesario no solo conocer las capacidades antimisil de cada país sino de todo el conjunto de países comprometidos con este objetivo de la OTAN. En este sentido, y como ya se ha puesto de manifiesto en ejercicios conjuntos, es fundamental para un buen planeamiento conjunto conocer las características de los sistemas que aportan a este objetivo los países aliados. A día de hoy se ha detectado la carencia de estos conocimientos por lo que, atendiendo a las necesidades explicitadas por el personal que ha participado en operaciones conjuntas o ejercicios del carácter indicado en las líneas previas, se presenta la necesidad de realizar un estudio de los materiales disponibles en los aliados OTAN con la capacidad antimisil TBM.

En este trabajo se pretende avanzar en la línea de solventar la carencia indicada anteriormente, si bien no es posible resolver el problema en su totalidad si se plantean algunas medidas que permitan solventar las carencias detectadas. En concreto se plantea como principal objetivo el desarrollar una herramienta práctica que permita disponer de la información al personal que participa en los ejercicios conjuntos antes mencionados.

Mediante la utilización del método comparativo se estudiarán los sistemas de armas con capacidad anti TBM disponibles en la actualidad por los países miembros de la OTAN. Se realiza un análisis profundo de los sistemas de armas mediante distintas fuentes, tanto libres como de ámbito militar, y otras formas de obtención de la información como son las prácticas en la unidad, que permite tener información de primera mano, así como del uso de videos explicativos de los sistemas de armas, todo ello permite ampliar el conocimiento de los sistema de armas y contrastar la información con otras fuente.

Una vez obtenida la herramienta que motivo la propuesta del título del trabajo desde la unidad GAAA III/73, el cuadro comparativo con los sistemas de armas estudiados, se desarrolla una posible solución a un despliegue de defensa antiaérea. Dicha solución viene determinada por el estudio de los sistemas de armas aprovechando al máximo las capacidades que cada sistema tiene, creando así una sinergia que fortalece el perímetro de la defensa antiaérea. Si bien es cierto que existen ciertas lagunas de información sobre todo en lo referente a las capacidades de los radares, puesto que se trata de información confidencial.

Una vez realizada una posible solución al despliegue antiaéreo mediante la utilización de los sistemas de armas, se determinan unas conclusiones del trabajo, en concreto, unas conclusiones de los sistemas de armas en las cuales se determinan que todos los sistemas cumplen su misión adecuadamente y que ninguno de ellos está obsoleto, puesto que cada sistema de armas presenta unas capacidades que otros sistema no tienen. Otra gran conclusión ligada a esta es que las múltiples combinaciones de los sistemas de armas para una defensa antiaérea proporcionan una sinergia que les otorga unas capacidades defensivas muy altas y con unas garantías muy altas de que se van a cumplir las misiones encomendadas.

Para finalizar cabe resaltar que la herramienta comparativa creada y utilizada en este trabajo podría ser empleada en otro tipo de estudios incluso de diferentes ámbitos. La ventaja que proporciona esta herramienta es que permite simplificar de una forma clara y ordenada un volumen alto de información lleno de detalles y complejidades a un simple cuadro comparativo en el cuál están recogidas todas las variables determinantes para un estudio de tal envergadura.

## Abstract

Since 2010 in the so-called Lisbon Summit anti-missile defense has been one, if not the highest of priorities of the NATO Atlantic Alliance. Prioritising this was a result of the proliferation of ballistic missiles and primarily the Iranian threat but it has also been influenced by the threat of North Korea, which over the last two years has been a serious threat. Although its development in the framework of NATO has been fundamentally led by the US, European countries have joined them in this endeavour. The headquarters (HQ) in Ramstein, Germany is where the air defense of all of Europe at a NATO level is coordinated. It is at this HQ where all the anti-missile weapon systems of other nations which contribute to the collective defense of Europe are integrated and coordinated.

Spain is one of the allied NATO countries that has weapon systems that can be integrated into this European anti-missile defense structure. This contribution is carried out by the Spanish Army using the PATRIOT anti-air system. This weapon system currently belongs to GAAA III / 73 located in Marines (Valencia). At the moment, Spain has a battery of anti-air PATRIOT missiles with a real anti-missile capability deployed in Turkey, although it is true that there are some limitations.

This is how Spain is fulfilling one of many commitments in the area of defense that it has made. In addition, this provides a great opportunity to test the materiel in the area of operations, to develop it and to improve the capabilities of the personnel in that area; although it is true that NATO recognizes that at present there is no nation that poses a direct threat to its members. But NATO does admit that there is a proliferation of ballistic missiles, which means that in the medium term there is a risk to the population, territory and forces deployed in areas of operations. Therefore, it is necessary to equip itself with a defense against ballistic missile.

In this last sense, it is necessary not only to know the anti-missile capabilities of each country, but also those of all the countries committed to this NATO objective. In this sense, and as has already been shown in joint exercises, it is important for a good joint planning to know the characteristics of the systems provided by the allied countries that contribute to this objective. Nowadays, the lack of this knowledge has been detected and, in response to the needs expressed by personnel who have participated in joint operations or exercises of the nature indicated in the previous lines, there is a need to carry out a study of the materials available in NATO allies with TBM anti-missile capability.

The aim of this work is to make progress along the lines of resolving the shortcoming indicated above. Although it is not possible to resolve the problem in its entirety, some measures are proposed to remedy the shortcomings detected. Specifically, the main objective is to develop a practical tool to make information available for personnel participating in the joint exercises mentioned above.

The weapons systems with anti-TBM capabilities which are currently available to NATO member countries will be studied using the comparative method. After an in-depth analysis of the weapons systems by means of different sources, both free and military in scope, and other ways of obtaining information such as the practical experience in the unit, which allows first-hand information to be obtained, as well as the use of explanatory videos of the weapons systems. All this allows us to broaden our knowledge of the weapons systems and contrast the information with other sources.

Once the tool, the comparative table with the studied weapons systems, that motivated the proposed title of the work from the unit GAAA III/73 has been obtained, a possible solution to an air defense deployment is developed. This solution is determined by the study of weapons systems, taking full advantage of the capabilities that each system has, thus creating a synergy that strengthens the perimeter of the air defense. However, it is true that there are certain gaps in the information, particularly with regard to radar capabilities, given that this is confidential information.

Once a possible solution to the anti-aircraft deployment through the use of weapons systems has been found, conclusions are drawn from the work. In particular, conclusions from the weapons systems which determine that all systems fulfill their mission appropriately and that none of them are obsolete since each weapon system has capabilities that other systems do not have. Another major conclusion linked to this is that the multiple combinations of weapon systems for air defense provide a synergy that gives them very high defensive capabilities and with very high guarantees that the entrusted missions will be fulfilled.

Finally, it should be noted that the comparative tool created and used in this work could be used in other types of studies, even in different fields. The advantage of this tool is that it simplifies in a clear and ordered way a large, detailed and complex volume of information to a simple comparative table in which all the determining variables for such a wide study are included.

---

 Índice de contenidos

Agradecimientos .....	i
Resumen .....	iii
Abstract .....	v
1 Introducción .....	1
1.1 Motivación .....	2
1.2 Objeto.....	4
1.3 Alcance.....	5
1.4 Estructura de la memoria.....	6
2 Estado del arte .....	7
3 Metodología.....	9
3.1 Introducción a la metodología comparativa.....	10
3.2 Casos y variables. Justificación y descripción.....	11
4 Análisis y síntesis de resultados .....	14
4.1 Estudio comparativo: descripción detallada de casos de estudio.....	14
4.2 Herramientas propuestas.....	21
5 Conclusiones .....	26
6 Líneas futuras.....	27
7 Referencias .....	30
Anexo 1. Listado de siglas .....	35
Anexo 2. Glosario de términos .....	37
Anexo 3. Los misiles balísticos.....	39
Anexo 4. Breve reseña histórica sobre la defensa antimisil.....	43

Anexo 5. Entrevistas .....	47
Anexo 6. Validación de los resultados.....	51
Anexo 7. Estudio de los sistemas de artillería antiaérea del ET español .....	53
Anexo 8. Principios de defensa aérea y antiaérea .....	57
Anexo 9. Fichas resumen de los sistemas .....	59

---

### Índice de figuras

Figura 1.- Fases metodológicas del TFG .....	9
Figura 2.- Fases de la metodología comparativa .....	10
Figura 3.- PATRIOT PAC-3 configuración 2+.....	15
Figura 4.- Radar PATRIOT PAC-3 configuración 2+ .....	15
Figura 5.- Sistema de armas PATRIOT PAC-3. ....	17
Figura 6.- Sistema THAAD.....	18
Figura 7.- Sistema SAMP/T. ....	20
Figura 8.- Fases de vuelo de un misil balístico.....	40
Figura 9.- Trayectoria de un misil balístico .....	40

### Índice de ilustraciones

Ilustración 1.- Plantilla ficha características sistema de armas.....	21
Ilustración 2.- Ficha PATRIOT PAC-3 Configuración 2+ .....	60
Ilustración 3.- Ficha PATRIOT PAC-3 Configuración 3 .....	61
Ilustración 4.- Ficha THAAD.....	62
Ilustración 5.- Ficha SAMP/T con misil Aster 15.....	63
Ilustración 6.- Ficha SAMP/T con misil Aster 30.....	64

### Índice de tablas

Tabla 1.- Cuadro comparativo de los sistemas de AAA con capacidad anti TBM.....	23
Tabla 2.- Principios de defensa aérea y antiaérea .....	24
Tabla 3.- Listado de siglas .....	35
Tabla 4.- Glosario de términos.....	37



## 1 Introducción

El Ejército de Tierra español participa en múltiples ejercicios y/o misiones tanto a nivel nacional como internacional. En todas estas actividades es patente que una de las necesidades para el éxito de la misión o ejercicio es un buen planeamiento de la misma, y en particular, de los materiales que se emplearán para su desarrollo. En este sentido, con el fin de cubrir todas las necesidades, evitando al mismo tiempo duplicidades innecesarias, es fundamental el conocimiento pormenorizado, de las capacidades de todos y cada uno de los materiales disponibles, así como las compatibilidades e incompatibilidades entre los mismos.

Si este conocimiento de capacidades y compatibilidades es fundamental a nivel interno, es decir en misiones y/o ejercicios en las que solo entran en acción los materiales del Ejército Español, tiene mayor repercusión cuando la misión o ejercicio se desarrolla en un teatro de operaciones conjunto entre distintos países. En este ámbito, no solo es necesario el conocimiento de las capacidades propias sino también las de los países aliados.

El estudio de las capacidades de los materiales disponibles para cada situación puede parecer una simple recopilación de documentación, sin embargo este estudio tiene complejidad por diferentes aspectos. Por una parte, es necesario conocer cada uno de los materiales, sus capacidades, requisitos de su empleo así como compatibilidades e incompatibilidades con los demás materiales disponibles. Por otra parte, las capacidades de los materiales disponibles dentro de los ejércitos de cada país van cambiando, en función de las nuevas adquisiciones o actualizaciones que realizan de sus materiales, lo cual hace que este estudio de capacidades se deba actualizar con la adquisición de nuevos materiales o cuando se descartan materiales existentes.

El volumen de documentación que debe ser analizada para realizar correctamente este tipo de análisis impide que, el mando encargado de dicho planeamiento, pueda realizar un estudio "ad hoc" para cada misión concreta. Además, en el momento en el que el mando debe realizar un planeamiento de una misión o ejercicio tiene poco tiempo de reacción para la toma de decisiones, por ello es de gran utilidad disponer, no solo de estos estudios, sino que es fundamental el uso de herramientas que proporcionen un resumen claro y conciso de las conclusiones de estos estudios de capacidades, compatibilidades e incompatibilidades de materiales disponibles, tanto propios como de los aliados según el tipo de ejercicio. Es por ello que estas herramientas de comparación de capacidades, para que sean manejables, se deben limitar a pequeños ámbitos o situaciones.

En este trabajo fin de grado se presenta una de estas situaciones, en concreto un estudio de las características, similitudes y diferencias de los sistemas de armas con

capacidad antimisil balístico (TBM). Además, como se ha comentado anteriormente, es importante centrar el ámbito de aplicación de este estudio, que en este trabajo se refiere a las misiones o ejercicios conjuntos de los aliados OTAN.

## 1.1 Motivación

El estudio y desarrollo de este trabajo se ha visto motivado por la incorporación al Ejército de Tierra español, hace relativamente pocos años, de nuevas capacidades en su Sistema de Defensa Aéreo. Además está motivado por las necesidades observadas por mandos que han participado en determinadas misiones en el marco OTAN y ejercicios conjuntos con otros países. En este apartado se describe con mayor detalle la motivación del trabajo que aquí se presenta.

Para poder cumplir con los compromisos que España había adquirido con la OTAN en 2002, ha sido necesaria la adquisición del sistema de misiles antiaéreos PATRIOT por parte del Ejército de Tierra. La primera batería PATRIOT fue comprada al Gobierno de Alemania en el año 2004. Dos nuevas baterías PATRIOT se adquieren en el año 2014, en esta ocasión con el fin de poder cumplir con los compromisos adquiridos en la cumbre de la OTAN de 2014 relativos a la operación de apoyo a Turquía u operación “Active Fence”<sup>1</sup> frente a la amenaza del Estado Islámico [1].

Tal como se adelantó previamente, con la adquisición del sistema PATRIOT España ha añadido nuevas capacidades a su Sistema de Defensa Aéreo. En particular, con este sistema, además de la capacidad de defensa contra aeronaves, se añade la capacidad de defensa contra misiles balísticos tácticos (denominada indistintamente capacidad TBM o anti TBM).

Como se ha comentado anteriormente, al incorporarse un sistema de armas con una capacidad no existente hasta el momento en el sistema de defensa aéreo español, es necesario actualizar la lista de materiales y capacidades del Ejército. Si uno se centra a nivel nacional, existe una recopilación de los materiales del Ejército de Tierra, así como sus principales características y capacidades. Un resumen de esta recopilación se puede encontrar en [2].

En el marco internacional esta adquisición ha tenido una mayor repercusión ya que ha permitido que España cumpla con los compromisos adquiridos con la OTAN, por ejemplo con el compromiso de participación en la operación de Apoyo a Turquía.

---

<sup>1</sup> La operación “Active Fence” consiste en la creación de una “burbuja” antiaérea resguardando el espacio aéreo y terrestre en las inmediaciones de Turquía con Siria.

Muestra de este compromiso ha sido el momento en que se fueron los demás países aliados pertenecientes a la misión y España se quedó sola desplegada en Turquía sin ningún aliado. Otras muestras del compromiso de España con la OTAN es su participación en la misión sobre la Defensa Integrada del Aire y Misiles (IAMD)<sup>2</sup>, la cual incluye la defensa contra misiles balísticos [3].

Para el éxito de la misión IAMD, es fundamental la interoperabilidad, la colaboración y cooperación entre las naciones participantes. En el sentido de que, en el marco de las misiones OTAN, es importante el conocimiento de los materiales propios pero también de los materiales de los países aliados.

En enero de 2015, España atiende la solicitud del comandante de la Alianza en Europa (SACEUR) y despliega una batería PATRIOT perteneciente al Regimiento de Artillería Antiaérea nº 74. De este modo se inició la primera misión en la que España despliega en el exterior un sistema de defensa con capacidad antimisil balístico. A partir de este momento varios contingentes españoles han continuado con esta misión, realizándose el último relevo hasta la fecha el 19 de enero de 2018.

A día de hoy, y teniendo en cuenta que las baterías PATRIOT del Ejército de Tierra han sido adscritas al RAAA 73 sito en Marines (Valencia), el actual contingente está integrado, en su mayoría, por personal del GAAA III/73, es por ello que el estudio que aquí se presenta se ha centrado en las necesidades detectadas por el personal de esta unidad.

En el desarrollo de las consecutivas misiones, los mandos se han encontrado con la necesidad de conocer los sistemas de armas de los ejércitos aliados para poder realizar un planeamiento más adecuado según las capacidades de dichos sistemas.

En este mismo sentido, y dentro de la misión IAMD, España ha aumentado el número de ejercicios multinacionales en el marco OTAN. Una parte fundamental de estos ejercicios se refieren a maniobras relacionadas con los sistemas de armas antiaéreos con capacidad antimisil. Tras la participación de España en algunos de estos ejercicios conjuntos, se ha puesto de manifiesto de nuevo la necesidad de un alto conocimiento en sistemas de armas antiaéreos con capacidad antimisil, no solo conocimiento del sistema PATRIOT, sino que es fundamental el conocimiento detallado de los sistemas de los aliados OTAN.

---

<sup>2</sup> La IAMD es una misión de la OTAN que consiste en la defensa y protección del territorio, las poblaciones y las fuerzas de la Alianza contra ataques y amenazas aéreas o de misiles [40].

Estas necesidades han sido también muy visibles en los ejercicios “Joint Project Optic Windmill” (JPOW)<sup>3</sup>. Los mandos del GAAA III/73 desplegados en estas maniobras se dieron cuenta de la falta de un mayor conocimiento de las capacidades de los sistemas antiaéreos con capacidad antimisil de los países participantes, lo cual dificulta las tareas de planeamiento conjunto de defensa antiaérea.

Otro ejercicio de gran interés es el “Steadfast Alliance”<sup>4</sup>, el cual se ha ido realizando desde hace un par de años. El personal del GAAA III/73 ha participado recientemente en apoyos para la realización de un nuevo ejercicio en este mismo año pero los lugares y las fechas exactas del ejercicio son de carácter confidencial. Dicho ejercicio se realizó también del 24 al 28 de abril de 2017 con el nombre de “Steadfast Armour” [4]. De nuevo el personal del GAAA III/73 que ha participado en este último ejercicio ha sugerido que les sería de gran utilidad la herramienta que pretende obtener este trabajo.

En resumen, como consecuencia de la participación en las misiones “Active Fence”, IAMD y en los ejercicios JPOW y “Steadfast Alliance”, queda manifiesta la necesidad de disponer de un estudio de las principales características de los sistemas de armas con capacidad anti TBM, entre los aliados OTAN, en particular de los países participantes a día de hoy en la misión IAMD.

## 1.2 Objeto

Como consecuencia de la motivación previamente comentada, se ha definido el objeto de este trabajo fin de grado.

Cabe destacar en este punto que este trabajo fin de grado (TFG) fue propuesto explícitamente por personal del GAAA III/73, sito en Marines (Valencia), y perteneciente al Regimiento de Artillería Antiaérea 73 (RAAA 73), que participó en estos ejercicios JPOW, y ha colaborado con los “Steadfast Alliance”, indicando la necesidad explícita y a corto plazo de los resultados de este estudio. Por ello el objeto y alcance de este

---

<sup>3</sup> El JPOW es un ejercicio desarrollado principalmente por países miembros de la OTAN donde se prueban las capacidades antiaéreas de los distintos países aliados y la colaboración entre los mismos. El resumen del ejercicio 2017 y los objetivos previstos para el año 2019 se pueden consultar en el documento [38].

<sup>4</sup> El ejercicio SteadFast Alliance [39] es ejercicio bajo mando OTAN, en el cuál se comprueban, de forma real, las capacidades de los sistemas de armas con capacidad anti TBM de los países aliados. Dichos sistemas pueden ser tanto terrestres como navales. Dicho ejercicio pretende darles un estudio de la situación Geoestratégica a nivel global en el entorno BMD.

trabajo se describirá atendiendo a las necesidades manifiestas por el personal de esta unidad.

En particular, estudiando este problema, se ha puesto de manifiesto la necesidad de disponer de una herramienta que permita agilizar el planeamiento y posterior conducción de ejercicios multinacionales en los que participe el Ejército de Tierra español, relacionados con las capacidades antimisiles balísticos dentro de un marco OTAN.

Así pues, el objetivo final que se persigue en este trabajo fin de grado reside en “desarrollar un estudio comparativo de los sistemas de armas con capacidad antimisil balístico más característicos de los aliados OTAN”. Este objetivo principal se desglosa en los siguientes dos sub-objetivos:

- Estudio comparativo de los principales sistemas de armas con capacidad antimisil balístico de los aliados OTAN.
- Creación de herramientas para el empleo en el planeamiento y conducción de ejercicios multinacionales, relacionados con la capacidad antimisil balístico, en el marco OTAN.

### 1.3 Alcance

Este trabajo surge como respuesta directa a una necesidad que ha surgido en el RAAA 73. Puesto que la propuesta se ha originado en esta unidad, para fijar el alcance se ha consultado el interés en el mismo con el personal de esta unidad y han indicado que a pesar del título propuesto inicialmente, el interés del estudio se centra en sistemas de armas con capacidad anti TBM, no en sistemas sin esta capacidad.

Por otra parte es importante destacar que detener el avance de un TBM es diferente a otros tipos de artillería antiaérea, por ello se excluyen de este estudio los sistemas sin esta capacidad. Para una mayor comprensión de cómo funcionan los TBM se puede consultar el Anexo 3.

Así este proyecto se centra en atender las demandas expresadas por el personal del RAAA 73 que participa o ha participado en la misión de apoyo a Turquía y en los ejercicios multinacionales en el marco OTAN relacionados con el planeamiento de defensa de zona con sistemas de armas antimisil con capacidad TBM.

No se extiende a otras unidades ya que el único sistema español con esta capacidad son las baterías PATRIOT, adscritas únicamente al GAAA III/73 y, por lo tanto, su personal es el que conoce de primera mano la necesidad del estudio de los sistemas de armas con capacidad antimisil balístico de los aliados OTAN. Siendo por su propia

definición un estudio que servirá de interés para las unidades del MAAA (Mando de Artillería Antiaérea).

Con este estudio los cuadros de mando van a poder tener una herramienta para crear las bases de un planeamiento de defensa antiaérea con los sistemas de defensa TBM más característicos, centrandó este estudio en los siguientes: PATRIOT con sus configuraciones más relevantes, THAAD y SAMP/T. En el apartado 3 del trabajo se justifica la elección de estos sistemas y no otros. Brevemente se puede indicar que se ha decidido estudiar estos sistemas antiaéreos por la importancia internacional que tienen, puesto que son los empleados por las potencias más desarrolladas de la OTAN. Se puede afirmar que este proyecto tiene una finalidad meramente militar y, logrará facilitar el conocimiento de los sistemas de armas aliados a los cuadros de mando del Ejército de Tierra Español.

#### 1.4 Estructura de la memoria

Para finalizar la introducción de este trabajo fin de grado se comenta la estructura de esta memoria. Además del correspondiente resumen inicial en español e inglés, el documento principal que constituye esta memoria consta de las siguientes secciones.

La introducción, en la cual nos encontramos, se centra en la contextualización del presente trabajo. Indicando expresamente el objeto, la motivación y el alcance del mismo

En el apartado 2 se analiza el estado del arte del objeto de este trabajo para desarrollar, en el apartado 3, una descripción de la metodología seguida. En este apartado dedicado a la metodología se describe de modo general la metodología comparativa, que es la que se ha seleccionado para dar respuesta a las demandas de este trabajo. Por último, en esta misma sección, se muestra la aplicación concreta de esta metodología y las técnicas que incluye al caso de interés, indicando como se han seleccionado los casos que se han estudiado, las características o capacidades de interés y la elaboración final de las herramientas que se proporcionan como ayuda para futuros planeamientos de misiones y/o ejercicios multinacionales relacionados con el planeamiento de defensa antiaérea con capacidad antimisil balístico. Estos resultados finales se presentan en el apartado 4 de la memoria.

En los últimos apartados del cuerpo del documento, se presentan las conclusiones del presente trabajo, al tiempo que se comentan alternativas y posibles líneas de actuación que pueden tener como punto de partida el estudio realizado en este trabajo y los resultados del mismo.

Finalmente se incluyen un conjunto de anexos con el objetivo de aclarar algunos puntos del presente documento que, a pesar de su propio interés, no son fundamentales en el

cuerpo de la memoria del trabajo realizado. Entre estos anexos también se incluye un glosario de siglas y otros términos que son mencionados con cierta asiduidad a lo largo del trabajo con el fin de ayudar a la comprensión del trabajo en todo momento.

## 2 Estado del arte

En este apartado se estudia el estado del arte relativo al objeto de este trabajo, enfocándolo en el problema del planeamiento de defensa antimisil y posibles soluciones a problemas similares.

En primer lugar es fundamental analizar el marco contextual de este trabajo, es decir, la relevancia de los escudos antimisil, no a nivel nacional sino en colaboración con otros países. Para comprender la importancia de estos escudos antimisiles y las colaboraciones actuales, como en el marco OTAN que nos ocupa, es necesario realizar un breve repaso a la historia de la defensa antiaérea y en especial de la defensa antimisil. Para realizar esta reseña histórica se han consultado diferentes fuentes, algunas de las cuales por la especificidad del tema se van citando a lo largo del texto, sin embargo también se han consultado fuentes más generales como por ejemplo [5].

Aunque se considera de gran importancia revisar esta reseña histórica, teniendo en cuenta las limitaciones que por normativa se establecen al cuerpo de esta memoria, se presenta como el Anexo 4. Para entender el objeto del trabajo resaltamos solamente que el programa de defensa antimisiles balísticos de la OTAN se basa en los principios de solidaridad y cooperación [6], que en el marco que nos ocupa se traduce en el desarrollo de sistemas de defensa antimisil coordinados entre varios países, bien a nivel Europeo o a nivel OTAN.

Para el éxito de estos sistemas coordinados es fundamental la interoperabilidad, la colaboración y cooperación entre los países participantes. Como es natural, el personal del ejército de cada país tiene un conocimiento directo sobre sus propios sistemas pero es necesario un alto grado de colaboración y coordinación para la actuación conjunta entre varios países.

A día de hoy, al menos en lo referente a la situación de España, existe una dificultad por la falta de conocimiento detallada de los sistemas con capacidad anti TBM de otros países aliados, motivado en parte por el hecho de que la primera vez que España participa en una misión en la que cuenta con capacidad anti TBM, es en enero de 2015 en la operación de apoyo a Turquía. En particular, personal presente en ejercicios internacionales relacionados con la defensa integral del aire y misiles (IAMD) ha comentado las dificultades en el planeamiento conjunto de la defensa antiaérea.

A nivel nacional existe un conocimiento detallado de todos los materiales del Ejército de Tierra Español, incluidos los sistemas de artillería antiaérea y las capacidades y características de cada uno. Un resumen muy breve de estas capacidades incluso es información pública [2]. Además, a nivel interno, existe un gran volumen de información clasificada, con distintos niveles de seguridad, que permite un conocimiento detallado y profundo de cada sistema.

Cuando se da el salto a nivel plurinacional, el principal problema que surge es que esta información no es pública. Este hecho dificulta el correcto planeamiento de misiones conjuntas. Aunque lo ideal sería disponer de un intercambio total de información entre los distintos países, es evidente que cada país tiene información clasificada que no compartirá con los aliados. Este hecho impide que la planificación conjunta de las misiones pueda ser perfecta, aun así sigue patente la necesidad de recoger la mayor información posible respecto a las características de los sistemas de armas con capacidad anti TBM de los aliados.

A pesar de esta dificultad inicial, existe un gran volumen de información pública que permite dar una respuesta, al menos parcial, al personal de nuestro Ejército de Tierra. El problema es que es imposible que durante una misión particular se analice tal volumen de información y, a día de hoy, se carece de un documento que resuma esta información de una forma útil y más aún, es inexistente una herramienta que recopile la información relevante de los distintos sistemas de interés y sea una guía que permita ayudar en el planeamiento de defensa antiaérea.

Si uno se fija en otras situaciones similares, tanto en el ámbito civil como en el militar, ante un problema del tipo que aquí se presenta, es decir, decidir, en función de las circunstancias del entorno, que sistema emplear entre distintas posibilidades, la teoría de la decisión permite dar respuesta a este problema. Existen múltiples soluciones posibles: revisión y resumen de documentación, creación de bases de datos, etc. Sin embargo no hay que olvidar que lo que aquí se pretende es dar una solución que permita realizar una toma de decisiones rápida y que no se base en la experiencia del mando, sino en datos objetivos. Si uno se centra en este aspecto, en múltiples ámbitos se puede observar que la herramienta que se requiere en esta situación es un cuadro comparativo, que permita sintetizar el estudio comparativo que se realice de los diferentes sistemas de armas con capacidad anti TBM.

En este trabajo se ha optado por la aplicación de esta metodología comparativa, comúnmente utilizada tanto a nivel civil como militar. Además, como se busca una herramienta de apoyo a la decisión en el planeamiento conjunto de la defensa antimisil balístico en un entorno de plurinacional con materiales proporcionados por las distintas naciones participantes, se ha avanzado un paso más en el estudio comparativo realizado desarrollando el cuadro comparativo que se presenta como resultado de este

trabajo. Este resultado se completa con unas fichas que resumen de manera concisa las principales características de cada sistema.

Como se ha indicado, la metodología comparativa y los cuadros comparativos son herramientas presentes en múltiples estudios de diferentes ámbitos, Su simplicidad conceptual hace innecesario la explicación de esta herramienta, sin embargo si hay que destacar la complejidad de sintetizar en un pequeño cuadro el estudio de sistemas de gran complejidad.

### 3 Metodología

A continuación se describe la metodología que se ha seguido para obtener los resultados que se comentarán en el apartado 4. En líneas generales, la metodología seguida es la propia de cualquier trabajo de este tipo y se recoge de modo esquemático en la Figura 1.



*Figura 1.- Fases metodológicas del TFG*

*Fuente: Elaboración propia.*

En la fase inicial se ha buscado información detallada sobre las necesidades planteadas por el personal del GAAA III/73 con el fin de presentar la solución más acorde a las mismas. Para ello se habló con personal de esta unidad, pero fundamentalmente se realizaron varias entrevistas no estructuradas al Capitán Javier Aláez Pérez (Anexo 5), mando que ha propuesto inicialmente este TFG y conocedor de primera mano de la necesidad de conocer con detalles las capacidades de los diferentes sistemas de armas.

Como resultado de este análisis inicial del problema propuesto y los objetivos que se pretendían alcanzar con la propuesta de este estudio se seleccionó la metodología que se considera más adecuada para este trabajo, siendo esta la metodología comparativa.

Además, se ha considerado que la mejor solución que se puede aportar no consiste en una mera recopilación de las características de cada sistema, que era la conclusión que inicialmente se extrajo de las entrevistas con el Cap. Aláez, sino que se puede avanzar un paso más y realizar un estudio comparativo pormenorizado de los sistemas de armas con capacidad anti TBM, plasmado en una herramienta útil para el planeamiento de los ejercicios de defensa de zona: un cuadro comparativo que sintetice el estudio realizado y un conjunto de fichas con las principales características de cada sistema.

En el siguiente subapartado se describirá muy brevemente la metodología comparativa [7] y sus fases, para posteriormente aplicarla al trabajo aquí presentado.

Una vez que se han obtenido los resultados del trabajo, a partir de la metodología comparativa, se procede a la validación de los mismos. Para esta etapa se han presentado los resultados al Capitán Javier Aláez Pérez. En este punto es necesario destacar que un correcto proceso de validación debería incluir la opinión de un mayor número de expertos pero las limitaciones temporales han impedido obtener estas valoraciones. A pesar de disponer solo de una valoración, se considera de gran importancia ya que el Cap. Aláez ha sido el impulsor de la propuesta de este trabajo a partir de su experiencia como jefe del equipo de planeamiento en diferentes ejercicios internacionales. Se puede consultar la valoración del Cap. Aláez en el Anexo 6, aunque se entenderá mejor después de presentar los resultados del trabajo.

### 3.1 Introducción a la metodología comparativa

La metodología comparativa es un tipo de metodología de gran tradición en ciertas ramas del conocimiento, en especial en las ciencias sociales. En la Figura 2 se recogen los principales pasos a seguir en cualquier estudio comparativo.

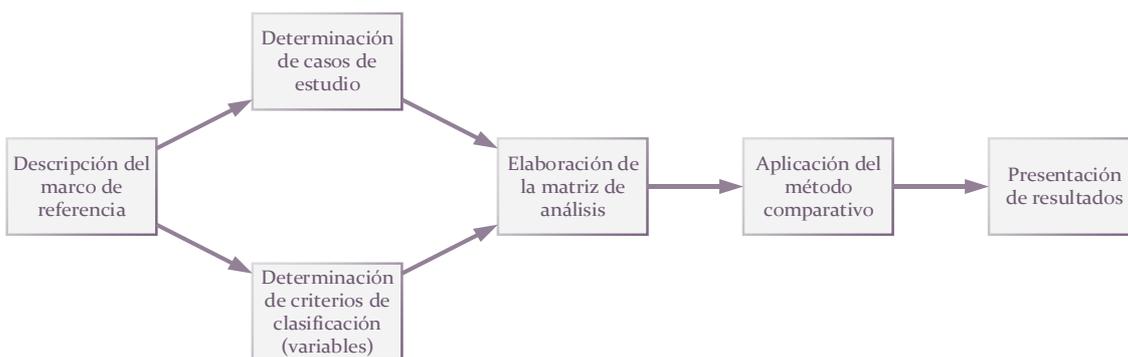


Figura 2.- Fases de la metodología comparativa  
Fuente: Elaboración propia.

El primer paso es la definición del *marco de referencia*, es decir contextualizar el estudio que se va a realizar. Una vez que se ha definido el marco de referencia es imprescindible determinar cuáles son objetos que se someterán a estudio para su posterior comparación y análisis, es decir, es necesario determinar los *casos de estudio*. Además es necesario determinar cuáles son las características de interés en este estudio, es decir, las *variables de estudio*.

En la mayor parte de los estudios comparativos el volumen de información que se maneja requiere que esta se sintetice lo máximo posible. Con el fin de representar de una forma clara y precisa toda esta información se recurre al empleo de determinadas herramientas como por ejemplo la matriz de análisis. Esta herramienta consiste en la representación de los casos y variables en una tabla o matriz donde cada caso aparece en una fila y cada variable en una columna. En las intersecciones de cada fila y columna se escribirá, del modo más conciso posible, el valor de la característica analizada en

esa columna del caso correspondiente a la fila en la que se está trabajando. En este punto cabe destacar que es el mismo tipo de representación que se considera en los análisis estadísticos, con la diferencia de que en los estudios estadísticos se buscan correlaciones entre las variables y en los estudios comparativos se buscan semejanzas o diferencias entre los distintos casos.

A partir de la matriz de análisis se procede al *análisis comparativo* propiamente dicho. Para realizar este análisis comparativo se pueden aplicar diferentes métodos en función de la finalidad del estudio, así se podría hablar de la *comparación descriptiva*, cuyo objetivo es describir las similitudes o diferencias entre los distintos casos y explicar las posibles causas de estas, pero sin búsqueda de cambio o mejora en ninguno de los casos sometidos a estudio. Por otra parte se puede considerar una *comparación normativa*, en cuyo caso se busca destacar el caso o casos con mejores características con la finalidad de desarrollar una mejora en el futuro del estado actual del objeto u objetos sometidos a estudio.

Durante el desarrollo del análisis comparativo se aplicarán diferentes técnicas siendo las siguientes las más habituales según J. Stuart Mill [8]:

- *Técnica de las similitudes*.- estudio de aquellas variables que son idénticas para todos los casos.
- *Técnica de las diferencias*.- el investigador se centra en aquellas variables que presentan valores diferentes para algún caso. Se resaltan las diferencias.
- *Análisis de variables suficientes*.- se observan variables con relación de causalidad, por lo que solo se necesita la variable causal, ya que será la que implique los diferentes valores de las variables consecuencia de la misma.

A partir de la aplicación de las técnicas anteriores se debe revisar la matriz de análisis en función del objetivo del estudio que se está realizando. Así por ejemplo, si el objetivo es establecer diferencias como en el presente estudio, se pueden eliminar aquellas variables que sean idénticas en todos los casos. La versión definitiva de la matriz de análisis, una vez eliminadas variables que no aporten información, proporciona el cuadro comparativo que sintetiza la información relevante del estudio realizado.

### 3.2 Casos y variables. Justificación y descripción

En este apartado se describe como se ha aplicado la metodología del análisis comparativo al problema concreto que aquí se presenta.

El marco del estudio son los sistemas de armas con capacidad de derribar una amenaza TBM, es decir los sistemas TBMD, operados por países de la alianza OTAN y participantes en la misión IAMD.

### Selección de casos de estudio.

El punto de partida ha sido recopilar la lista de todos los sistemas de armas. En esta lista inicial se han seleccionado solo aquellos sistemas con capacidad TBMD, es decir, defensa anti-misil balístico táctico, que es la característica que fija el marco de este estudio.

A nivel español se ha realizado un primer estudio de todos los sistemas de artillería antiaérea. Conclusión del mismo, y cuyo resumen se encuentra en el Anexo 7, se observa que el único sistema español con esta capacidad es el sistema PATRIOT.

Tras un análisis similar entre los aliados OTAN, se concluye la lista inicial de casos de estudio: PATRIOT PAC-3 Configuración 2+, PATRIOT PAC-3 Configuración 3, THAAD, SAMP/T, MEADS y ARROW. El porqué de la elección de estos sistemas es porque representan los sistemas de defensa anti TBM que disponen los aliados de la OTAN [9]. En una etapa posterior se han eliminado de la lista los sistemas MEADS y ARROW.

En lo que se refiere al MEADS, se ha descartado por varias cuestiones. En primer lugar, EEUU canceló el programa de este sistema [10]. Otra causa de descartarlo del estudio es que este sistema sigue teniendo un diseño similar al PATRIOT original por lo que el sector de exploración seguía siendo de carácter limitado, de unos 120º, y para tener un seguimiento radar de 360º estaba previsto para el año 2024 en el mejor de los casos. Por otro lado el PATRIOT podría disponer dicha capacidad de 360º de exploración y adquisición de objetivos antes del año 2022. Por todo ello resulta más interesante estudiar los diferentes sistemas PATRIOT que tienen previstas las actualizaciones hasta el año 2048 y que cubren todas las capacidades del sistema MEADS [11].

Otro de los sistemas de defensa antiaérea muy interesantes a analizar, pero que se ha descartado, es el ARROW, de nacionalidad Israelí. El cuál presenta grandes capacidades como un radar llamado "Green Pine" con capacidad de detección de hasta 500 km y tienen en proyecto desarrollar el radar "Super Green Pine" que tendría unas capacidades muy similares a las del THAAD teniendo un alcance de entre 800-900 km. El motivo por el cuál no se ha estudiado es porque ninguno de los países de la alianza dispone del sistema ARROW a día de hoy por lo que no tiene interés para un estudio cuyo marco contextual son los sistemas actuales de los países de la OTAN.

### Selección de variables de análisis.

Una vez seleccionados los casos que constituyen la parte fundamental del estudio ha sido necesario analizar las principales características de interés de cada uno de ellos.

Para determinar la lista de estas variables de estudio se han aplicado diferentes técnicas, todas ellas con el objetivo de recoger información y determinar si esta era relevante o no para el estudio. En esta determinación de variables ha sido importante respetar la doctrina existente de la artillería antiaérea [12]. Dicha doctrina se resume en los *principios de defensa aérea y de defensa antiaérea* que se explican con detalle en el Anexo 8.

A continuación se mencionan los métodos de recolección de información que se han empleado en este trabajo:

- **Análisis documental.** Aplicando dicho método se ha procedido a la búsqueda de información de los manuales y publicaciones de los distintos materiales y sistemas de armas, no por ello ha estado exento de dificultad. Además se han consultado los manuales del Ejército de Tierra relacionados con artillería antiaérea, destacando [12] y [13]. Se han consultado bases de datos de información libre, por ejemplo internet, siendo cautos a la hora de valorar la fiabilidad de las fuentes no oficiales. Una de las complejidades de este trabajo es la confidencialidad de la información y dificultad de obtención de permisos para acceder a ella.
- **Entrevistas** a personal del GAAA III/73 (ver Anexo 5). En ellas hay que destacar la intervención en expertos de la materia. Ello facilitó el estudio de los sistemas de armas y facilitó detectar las características de importancia para estos sistemas.
- **Método de observación.** Se realizaron búsquedas de videos y otro tipo de archivos para recabar información de los sistemas de armas. Una vez recopilada la información se procedió al análisis de la misma. Dicha información fue fundamental en algunos de los casos, puesto que esa información permitía adquirir un mayor conocimiento del funcionamiento de los distintos equipos que poseen los sistemas de armas.
- **Visitas sobre el terreno.** Esto fue posible gracias al hecho de realizar las prácticas externas en el GAAA III/73. De este modo se pudo probar el sistema de armas PATRIOT que dispone el ET. Dichos conocimientos se adquirieron en los diferentes ejercicios de instrucción que se realizaban en la unidad. Estas visitas permitieron enfocar mejor el trabajo.

Como resultado de toda la información recopilada y analizada se obtuvo la siguiente lista de variables de interés: país OTAN que opera el sistema de armas, tipos de amenazas que es capaz de combatir, plataforma de lanzamiento, sector de adquisición,

alcance y altitud del misil, sector de seguimiento, seguimiento de trazas, empeños que puede tener a la vez en una acción de combate, cabeza de guerra, peso del misil, tipo de guiado, fase de interceptación y velocidad de vuelo.

Una vez seleccionados los casos y variables, se construye la matriz de análisis inicial y se aplican las técnicas del análisis comparativo mencionadas anteriormente para obtener los resultados finales que se presentan en el siguiente apartado.

Cabe destacar que para elaborar el cuadro comparativo y dar una posible solución a la hora de realizar un planeamiento antiaéreo ha sido necesario apoyarse en la doctrina existente de la artillería antiaérea [12], representada por los *principios de defensa aérea* y los *principios de defensa antiaérea* (Anexo 8).

## 4 Análisis y síntesis de resultados

En este apartado se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología comparativa. En correspondencia con los objetivos iniciales se obtienen dos grandes bloques en el apartado de resultados, el estudio comparativo propiamente dicho, indicando para cada sistema de armas con capacidad anti TBM sus principales características. El segundo resultado son las herramientas que serán de interés para futuros planeamientos de misiones y/o ejercicios por parte de los mandos encargados de los mismos.

### 4.1 Estudio comparativo: descripción detallada de casos de estudio

El primer resultado del estudio realizado a la recolección de la información relevante de los sistemas de armas que constituyen los casos de estudio. A continuación se describen las principales características de cada uno de ellos.

#### PATRIOT PAC-3 Configuración 2+

El sistema de armas PATRIOT PAC-3 Configuración 2+ es uno de los sistemas que forma parte de la defensa aérea europea. El país usuario de esta versión del PATRIOT es España, después de adquirírselo al ejército alemán. El ejército alemán, al igual que otros países miembros de la OTAN, adquirió la última actualización del PATRIOT, sistema que será analizado más adelante.

Este sistema emplea el misil MIM104 C/D, fabricado por Raytheon, Lockheed Martin, Siemens y Mitsubishi, cuyas principales características son:

- Peso de 900 kg.
- Cabeza de guerra de 91 kg de explosivo.

- La velocidad en vuelo del misil es de 5 Mach.
- Alcance máximo de 70 km.
- Techo máximo de 24 km.



*Figura 3.- PATRIOT PAC-3 configuración 2+*

*Fuente: [14] y [15].*

Este sistema puede combatir las amenazas ABT, Slowmovers, TBM, y SOJ, por lo que representa un sistema polivalente. Además tiene la capacidad de ser empleado en red<sup>5</sup> característica a día de hoy esencial para el combate aéreo.

Este tipo de misil es del tipo teleguiado indirecto. Eso implica que las órdenes se realizan fuera del misil y las genera el radar, que se las transmite al misil.



*Figura 4.- Radar PATRIOT PAC-3 configuración 2+*

*Fuente.- [16]*

---

<sup>5</sup> Mediante el uso de los sistemas de telecomunicaciones los distintos elementos de los sistemas de armas comparten la información. Por ejemplo, un radar de un escalón superior puede enlazar con un radar de menor entidad y pasarse mutuamente las trazas compartiendo en tiempo real toda la información del combate aéreo.

Las principales características del radar AN/MPQ-53 son:

- Ancho de detección: 120°.
- Ancho de empuño: 90°.
- Detección de trazas a 160 km.
- Puede combatir 9 objetivos a la vez.

Respecto a la cabeza de guerra dispone de una cabeza explosiva por fragmentación que se activa por proximidad. Además cuenta con medidas de EPM para evitar las acciones de guerra electrónica enemigas.

La ventaja de este sistema de armas es que tiene un gran alcance y permite combatir las trazas enemigas a mucha distancia con lo que se dispone de mucho tiempo de reacción para poder empeñar/combatir dichas trazas/aeronaves enemigas/misiles. Aunque tiene capacidad TBM, su mayor eficiencia es frente a objetivos ABT. Esto es debido a que el diseño de este sistema de armas fue concebido para combatir aeronaves y su diseño de cabeza de guerra está orientado a combatir ese tipo de amenazas.

En lo referente a la composición de la UMG (unidad mínima de generación) de este sistema de armas se puede decir que en el ejército de tierra español es de una batería que está compuesta por: puesto de mando, radar, dos plataformas de lanzamiento o lanzadores y un equipo de apoyo que tiene funciones de mantenimiento y funciones logísticas.

### PATRIOT PAC-3 Configuración 3

Es una versión mejorada de la PAC-3 configuración 2+. Esta actualización es la última de este sistema de armas por lo que el material se encuentra a pleno rendimiento. A parte de alguna actualización de hardware y software que no tienen mayor importancia en este trabajo, donde se ha mejorado es en la eficacia de los misiles, los cuales utilizan la tecnología “*Hit to Kill*”<sup>6</sup> que hacen que tengan mayor probabilidad de derribo. El misil sigue siendo teleguiado, aunque es de menor tamaño.

---

<sup>6</sup> Esta tecnología básicamente consiste en impactar con el objetivo a derribar. En vez de utilizar la cabeza de guerra convencional, lo que hace dicha cabeza de guerra es al estar próximo al objetivo detona la carga que tiene y provoca grandes fragmentaciones en forma de metralla con la finalidad de derribar el blanco/objetivo. La energía liberada que se produce con el impacto directo es mayor que la que se consigue con la proyección de metralla.

Otra novedad del sistema es que los lanzadores (M902) del PAC-3 Configuración 3 disponen de 16 misiles por plataforma de lanzamiento en vez de 4, que era la configuración de las plataformas de lanzamiento de las anteriores versiones del PATRIOT. Lo que se busca con esta configuración de 16 misiles por plataforma de lanzamiento es tener una mayor masa de fuego en el aire, es decir, al tener más misiles en vuelo la probabilidad de derribo es mayor. El misil es el MIM 104-F y las características más reseñables son las siguientes:

- El peso del misil es de 312 kg.
- Velocidad en vuelo del misil es de 5 Mach, alrededor de 6120 km/h.
- Alcance de entre 15 y 45 km.
- Techo máximo entre 10 y 15 km.

En lo referente al radar sigue siendo el mismo radar físico, pero, se le han añadido unas mejoras en el software en las cuales se ha aumentado el campo de seguimiento del objetivo el cuál ha pasado de 90° a los 120°. Esto significa que ahora el campo de exploración y el de seguimiento es el mismo, lo cual en la Configuración 2+ no era posible. Esta mejora ha contribuido a tener una mayor capacidad de combate antiaéreo, puesto que la función seguimiento es la capacidad que tiene el sistema de iluminar con el radar una traza concreta para poder combatirla. Otras características son:

- Detección de trazas a 160 km.
- Ancho de adquisición y de seguimiento: 120°.
- Puede combatir 9 objetivos a la vez.



*Figura 5.- Sistema de armas PATRIOT PAC-3.*

*Fuente.- [17]*

## THAAD

El THAAD (Terminal High Altitude Area Defense) [18] comenzó siendo un proyecto de defensa del Ejército de Tierra de los EEUU. En la actualidad pertenece a la agencia de defensa de misiles, la cual es un departamento de defensa de los EEUU y lleva el estudio y desarrollo de la defensa antimisil. El sistema es fabricado por Lockheed Martin

Space Systems aunque dispone de otros subcontratistas como Raytheon, Boeing, Aerojet, Honeywell, BAE Systems, Rocketdyne y MiltonCAT. Este sistema esta testado para empeñarse con los misiles balísticos de corto y medio alcance, aunque con menor eficacia, también puede combatir los misiles balísticos de largo alcance. Al igual que el PAC-3 Configuración 3 sus misiles utilizan la denominada tecnología “*Hit to Kill*”.

Otra de las ventajas de las que cuenta este sistema de armas es que es compatible con las comunicaciones del sistema de armas PATRIOT PAC-3 y esto ofrece un abanico de oportunidades para los países que tengan estos sistema de armas puesto que la información es más fácil de transmitir, además, permite evitar errores de duplicidad de trazas en los monitores de los puestos de mando entre otras de las ventajas

La UMG del sistema THAAD está compuesta de lanzadores, radar, unidad de fuego y un equipo de apoyo que tiene función de mantenimiento y logística.

En la actualidad los únicos operadores del sistema THAAD son EEUU y Emiratos Árabes, aunque Japón está estudiando la posibilidad de adquirir este sistema. Esto se debe a los últimos acontecimientos acaecidos en Corea del Norte relativos a su desarrollo de misiles balísticos.

Este sistema ha demostrado tener una alta probabilidad de impacto en las pruebas realizadas para la certificación de los materiales. El THAAD cuenta con una cifra record contando con un 100% de intercepciones a misiles en las pruebas iniciadas en 2005, incluso combatiendo 11 trazas a la vez y derribándolas todas.



*Figura 6.- Sistema THAAD*  
*Fuente.- [19] y [20].*

Fue desplegado por primera vez en el año 2013 en la isla de Guam para defenderse de la creciente amenaza por parte de Corea del Norte, creando así un escudo protector que permite tener mayor estabilidad en la zona.

Su misil, de nueva generación, ha proporcionado una mayor movilidad, mayor alcance y mayor precisión además de que utiliza la mencionada técnica “*Hit to Kill*”. Otra característica especial es la capacidad de derribar objetivos en la termosfera a más de 150 km de altitud. Por lo que el sistema es capaz de derribar los TBM en la fase intermedia. Las características relevantes del misil son:

- Peso: 900 kg.
- Velocidad: 8 Mach (10000 km/h).
- Alcance máximo: 200 km.
- Techo máximo: 150 km.

Dispone del radar AN/TPY-2 de banda X, producido por Raytheon, este es el radar tierra-aire móvil más grande del mundo. Sus principales características son:

- Exploración y seguimiento en 360°.
- Alcance radar entre 800 y 900 km.
- 72 empeños a la vez en una entidad batería.

### Sistema SAMP/T

El sistema de armas SAMP/T es un proyecto que aúna los esfuerzos de Francia e Italia para desarrollar una alternativa al PATRIOT y al THAAD. En la actualidad está siendo operado por Francia, Italia y Gran Bretaña.

Una ventaja del SAMP/T es que puede utilizarse desde distintas plataformas. Una de ellas sobre portaaviones y fragatas de las armadas, estando integrados los misiles, y la otra es la sobre plataforma terrestre que es a la que compete este estudio. Este sistema, tiene la capacidad antimisil balístico en la fase terminal.

Emplea los misiles Aster-15 y Aster-30 [21] y [22]. Ambos difieren en su alcance y, en consecuencia, en el tamaño y la plataforma de lanzamiento. Los dos tipos pueden lanzarse desde plataforma terrestre. Lo más relevante es que el misil dispone de una gran maniobrabilidad utilizando una tecnología llamada “PIF-PAF”<sup>7</sup> para poder aumentar la maniobrabilidad y así aumentar la probabilidad de derribo. Sus características más relevantes son:

- Peso 450 kg (Aster-30) y 310 (Aster-15).

---

<sup>7</sup>La tecnología PIF-PAF consiste en que el misil dispone de cuatro cohetes en su centro de gravedad y cuando se activan permite realizar grandes giros sin sufrir en exceso la estructura del misil. En consecuencia de ello se evitan rupturas del misil en maniobras con altos G's.

- Velocidad máxima 4,5 Mach, aproximadamente 5508 km/h.
- Alcance máximo 120 km.
- Techo máximo de 13 km con el Aster-15 y 20 km Aster-30.
- Tecnología “Hit to Kill”.

En lo referente al radar el SAMP/T puede utilizar distintos radares mediante la utilización de la comunicación Link-16 que es un sistema con arquitectura OTAN.

El radar más utilizado en plataformas terrestres es el “Thales Arabel” GM400. Este radar tiene la capacidad de guiar a 16 misiles en vuelo al mismo tiempo, haciendo uso del teleguiado indirecto.

- Exploración y seguimiento en 360°.
- Alcance radar: 300-400 km.
- Puede seguir 300 trazas distintas.
- Hasta 16 empeños a la vez.

Otro aspecto táctico relevante es que la plataforma de lanzamiento terrestre puede estar alejada hasta 25Km del vehículo Radar gracias a la comunicación vía radio.



*Figura 7.- Sistema SAMP/T.*

*Fuente.- [22], [23] y [24].*

## 4.2 Herramientas propuestas

Una vez observadas todas las características de los sistemas de armas se ha considerado que un texto como el presentado en el apartado anterior no es de gran ayuda en el momento de tomar una decisión rápida durante el desarrollo de una misión.

Con el fin de presentar esta información de forma concisa se han elaborado una serie de fichas que recogen las principales características de cada sistema y que aparecen en el Anexo 9.

<b>Sistema de armas con capacidad TBMD</b>	
Ficha de Características Básicas	
Nombre del sistema:	
Pais OTAN:	
Fabricante:	
Tipo de sistema:	LARGO ALCANCE
Empleo en red:	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO
Amenazas que combate:	<input type="checkbox"/> TBM <input type="checkbox"/> ABT <input type="checkbox"/> SOJ <input type="checkbox"/> Slowmovers
Misil:	
Peso (kg):	
Tipo de cabeza:	
Explosivo:	
Velocidad de vuelo:	
Alcance Máximo (km):	
Techo Máximo (km):	
Tipo de guiado:	
Radar:	
Ancho de detección:	
Ancho de empeño:	
Detección de trazas:	
Nº de empeños:	
Medidas EPM:	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO

*Ilustración 1.- Plantilla ficha características sistema de armas*

*Fuente: elaboración propia.*

Para elaborar estas fichas de un modo profesional y garantizando el mismo estándar, se ha empleado la herramienta de creación de formularios de Adobe. Una ventaja de elaborar esta plantilla es poder emplearla en el futuro en caso de nuevos desarrollos de

sistemas de armas con capacidad anti TBM o nuevas adquisiciones por parte de los aliados OTAN. Aquí simplemente se muestra la captura de la plantilla de estas fichas, pudiendo ver las fichas de cada misil en el Anexo 9.

La segunda herramienta que se presenta es un cuadro comparativo. Una vez expuestos los elementos relevantes en el estudio se ha elaborado una matriz de análisis o cuadro comparativo inicial.

La finalidad de este cuadro es plasmar de forma sintética todas las características diferentes de los sistemas para que se puedan consultar las capacidades de un modo rápido y visual.

La información recogida en esta tabla es el resultado de la revisión de toda la documentación y enlaces mencionados a lo largo de los resúmenes de los diferentes sistemas de armas. Además se han empleado otras fuentes como son las referencias [25], [26] y [27].

Tabla 1.- Cuadro comparativo de los sistemas de AAA con capacidad anti TBM

SISTEMA DE ARMAS	Operador OTAN	Amenazas a combatir		Plataforma de lanzamiento	Sector de adquisición (Km)		Alcance máximo del misil	Altitud	Sector de seguimiento	Seguimiento de trazas	Empeños	Fase de interceptación	Cabeza de guerra	Peso del misil
		ABT	SOJ		Desde	Hasta								
PATRIOT PAC-3 Configuración 2+	España	Sí	Sí	4 misiles	120°	160°	70 km	24 km	90°	Hasta 100	Hasta 9 objetivos	Fase final	Explosiva de fragmentación 91 Kg	900 kg
PATRIOT PAC-3 Configuración 3	EEUU Alemania Grecia Países Bajos	Sí	No	16 misiles	120°	160°	15-45 km	10-15 km	120°	Hasta 100	Hasta 9 objetivos	Fase final	Energía cinética	312 kg
THAAD	EEUU	No	No	8 misiles	360°	800°/900°	200 km	160 km	360°	Desconocido	Hasta 72 objetivos	Fase final e intermedia	Energía cinética	900 kg
SAMP/T	Francia Italia GB	Sí	Sí	8 misiles	360°	300°/400°	120 km	13-20 km	360°	Hasta 300	Hasta 16 objetivos	Fase final	Energía cinética	310-450 kg

Fuente: elaboración propia.

El cuadro comparativo que se presenta en la Tabla 1 es el resultado final del estudio, después de la aplicación de las técnicas de similitudes y diferencias. Algunas características que inicialmente se consideraron relevantes se han eliminado de este cuadro por tener un valor común para todos los sistemas estudiados. Por ejemplo, inicialmente se incluía una columna para la capacidad anti TBM o el tipo de guiado, dado que todos los sistemas estudiados tienen capacidad anti TBM y guiado indirecto, la aplicación de la técnica de las similitudes llevó a eliminar las dos columnas. Lo mismo ha ocurrido con otras características, ya que el objetivo que se buscaba era una herramienta con las información trascendental y lo más compacta posible para su mayor maniobrabilidad.

A continuación se comenta la utilidad de esta herramienta para realizar un planeamiento de defensa antiaérea atendiendo a los principios de la misma (Anexo 8). En primer lugar se observa que estos sistemas cumplen con los principios de defensa aérea y defensa antiaérea por las causas citadas en la siguiente tabla:

*Tabla 2.- Principios de defensa aérea y antiaérea*

<b>Principio</b>	<b>¿Qué motiva que se cumpla?</b>
<i>Negar la inteligencia</i>	Las técnicas de EW utilizadas en la tecnología de los radares son de difícil detección y perturbación.
<i>Alerta temprana</i>	Los radares tienen un gran alcance y además están integrados en una red de defensa aérea OTAN.
<i>Defensa en profundidad</i>	Garantizada por el alcance de sus misiles.
<i>Integración de la defensa aérea</i>	Porque están en una red de mando y control con otros ejércitos en la que se decide cual es la mejor opción de combatir las amenazas.
<i>Planeamiento centralizado y ejecución descentralizada</i>	A la hora de realizar el combate las baterías son las que deciden de forma de combatir la amenaza, desde un lanzador u otro, con un misil o dos.
<i>Principio de masa</i>	Todos ellos tienen la capacidad de tener un número elevado de misiles en vuelo para derribar amenazas.
<i>Principio de integración</i>	Todos los sistemas analizados son capaces de combatir en red.

*Fuente: elaboración propia.*

Sin embargo cada sistema de armas tiene unas ventajas frente a otros para cumplir estos principios en un planeamiento concreto por lo que en función de la misión a la que

se enfrente el mando es necesario elegir un sistema u otro, entre los disponibles, con el fin de proporcionar la mejor solución a un despliegue antiaéreo. Las diferencias son las características que se analizan desde la información de la Tabla 1.

A continuación se muestran algunas de las observaciones que se obtiene a partir del cuadro comparativo.

El sistema PATRIOT PAC-3 Configuración 2+, es el más económico de los cuatro sistemas analizados y el disparo de un misil supone un menor desembolso económico que otros. Por el contrario solo dispone de 4 misiles por lanzador por lo que es más susceptible de tener mayores costes logísticos sobre el teatro de operaciones, puesto que los misiles que se utilizan en el combate deben de ser repuestos para seguir teniendo la capacidad de combatir. Como además puede combatir los llamados SOJ, como pueden ser aviones de EW, que intentan perturbar el radar para no poder combatir amenazas, supone que es un sistema de armas que, en el hipotético caso de poder combinar con los otros 4, lo más probable es que se dejaría en la reserva ante la amenaza TBM. Este sistema sería la principal defensa contra amenazas ABT, puesto que tiene un gran alcance y puede combatir las amenazas desde muy lejos cumpliendo uno de los principios de la defensa aérea, *defensa en profundidad*. Otra gran ventaja que tiene este sistema es que cumple, por sí mismo, con el *principio de armas complementarias*, puesto que no necesita de otros sistemas de armas para cumplirlo, debido a que el PATRIOT PAC-3 Configuración 2+ es capaz de combatir múltiples amenazas de distinto tipo. El mayor inconveniente que presenta este sistema de armas es que no tiene una defensa de 360° por lo que habría que orientar los radares ante el frente más probable de amenaza.

El PATRIOT PAC-3 Configuración 3 tiene las capacidades del PAC-3 Configuración 2+ mejoradas pero no tiene la capacidad de combatir SOJ por lo cual en principio no cumpliría la misma misión que el anterior sistema de armas. Sin embargo, puesto que tiene más misiles por lanzador que el resto cumpliendo mejor que otros sistemas el *principio de masa*. Así, a este misil se le daría el cometido de estar como segunda opción ante el combate TBM. Cuenta con la misma debilidad que el otro sistema PATRIOT, es decir, no tiene una defensa de 360°.

El THAAD será el mejor sistema de armas contra la amenaza TBM por su éxito de derribos del 100% en las pruebas realizadas. Su principal inconveniente es su elevado coste. Aun así sería la primera elección de sistema contra la amenaza TBM por su mayor alcance (permite combatir amenazas en la fase intermedia) permitiendo disponer de tiempo de reacción en caso de fallo en el objetivo, siendo así el sistema que mejor cumple el *principio de defensa en profundidad*, tanto por su radar como por la capacidad de sus misiles. En el hipotético caso de fallo en objetivo, una solución sería que se lanzara de nuevo con el THAAD o con el PATRIOT PAC-3 Configuración 3. Probablemente la mejor capacidad de este sistema es que cuenta con un gran radar de

360° de exploración que le permite detectar el misil en la fase ascendente por lo que podemos seguir la traza desde esta fase hasta combatir la amenaza. Otra ventaja que presenta el THAAD es que permite el enlace en red y puede pasar los datos de las trazas localizadas por el radar y pasarlas a los sistemas de armas PATRIOT teniendo esta la información con antelación para poder combatir las amenazas de una forma más efectiva. Además es el sistema que más amenazas puede combatir a la vez, hasta 72 amenazas si dispone de los suficientes lanzadores, en este caso sería el que mejor cumple el *principio de masa*. Pero este sistema no tiene la capacidad de enfrentarse a amenazas convencionales por ello es de vital importancia que el sistema trabaje bajo el amparo de la defensa del PATRIOT PAC-3 Configuración 2+, el SAMP/T u otros sistemas de defensa aérea como el NASAMS.

El SAMP/T representa un sistema muy polivalente y con grandes capacidades contra TBM, por ello un posible uso que se le podría dar es cubrir los huecos en la retaguardia que dejan los sistemas de armas PATRIOT, puesto que puede combatir todo tipo de amenazas y además puede utilizarse de una manera muy efectiva contra la amenaza TBM. Es el sistema que mejor cumple con el *principio de armas complementarias*. Por ello el SAMP/T podría siempre actuar como reserva para poder combatir todo tipo de amenaza en el frente, y de principal en la retaguardia contra las amenazas convencionales puesto que es el único que puede combatir todo tipo de amenazas 360°. Por las características de los misiles se pondría siempre como sistema de armas de reserva para la amenaza TBM cuando el THAAD estuviera inoperativo u operativo condicional por el motivo que fuera.

Este solo es una de las posibles soluciones que podrían adoptarse estudiando las capacidades que presentan los sistemas de armas comparados pero al tener tantas capacidades representa un abanico de posibilidades para los cuadros de mando de la OTAN. Hay que destacar que todos ellos podrían actuar para la defensa TBM por si solos si un sistema de armas no estuviera o simplemente estuviera inoperativo por el motivo que fuera, pero atendiendo a los principios de la defensa antiaérea habría que optimizar las capacidades que cada sistema ofrece.

## 5 Conclusiones

Una vez analizados los diferentes sistemas de armas y viendo los resultados de los mismos podemos llegar a diferentes conclusiones, siendo las más relevantes las siguientes:

En primer lugar ningún sistema de armas considerado está obsoleto. Cada sistema de armas presenta unas capacidades que otros no tienen y también presentan algunas carencias que otros de ellos no tienen. Un buen ejemplo de ello es el sistema antiaéreo PATRIOT PAC-3 Configuración 2 +, a priori es el menos efectivo en la exclusiva

capacidad TBM, pero también es un sistema de armas muy polivalente puesto que puede combatir de manera muy efectiva otro tipo de amenazas como aeronaves u objetivos aéreos que producen perturbaciones electromagnéticas, estando estos a una gran distancia.

En segundo lugar, la combinación de los sistemas de armas estudiados representa una defensa real y completa ante las posibles amenazas conocidas en la actualidad. Además dichos sistemas de armas elegidos en el estudio siguen con continuas actualizaciones para afrontar de una forma más efectiva las posibles amenazas futuras.

En tercer y último lugar es muy importante para la estrategia de defensa de cada país el propio desarrollo de los sistemas de armas puesto que les permiten tener una autonomía tecnológica y no se les puede restringir el uso de ciertos sistemas armamentísticos como ocurre en la actualidad. No solo es importante por la autonomía tecnológica y estratégica del uso del armamento sino que aun existiendo similitudes en los diferentes sistemas de armas siempre hay muchas diferencias interesantes entre los productos finales y presentan nuevos campos de desarrollo que no habían pensado las empresas desarrolladoras de los mismos. Un ejemplo de ello es el sistema SAMP/T y el PATRIOT PAC-3 Configuración 3, ambos sistemas operan prácticamente de la misma manera, salvo algunas salvedades, por ello un sistema podría suplantar al otro pero estaría quitando la oportunidad en este caso de que Francia e Italia desarrollen la industria de defensa.

## 6 Líneas futuras

La defensa antiaérea ha ido evolucionando en muchas direcciones a lo largo de los años, primero fueron las municiones mejoradas, las direcciones de tiro y luego al desarrollo de los misiles, cada vez más veloces, con mayor capacidad de giro y lo más importante cada vez más precisos. Pero todo apunta que en un futuro próximo las próximas armas de defensa antiaérea serán del tipo armas de energía dirigida, o bien mediante laser o bien mediante fotones de luz. De hecho en la actualidad existen prototipos de dichas tecnologías embarcadas en buques de guerra de la marina estadounidense y representan a medio-largo plazo unos buenos sustitutos de las armas actuales o al menos buenas armas complementarias que permiten combinar y aprovechar las capacidades del conjunto de sistemas de armas.

También existe otro proyecto a corto-medio plazo que son los conocidos Railgun<sup>8</sup>. Estos cañones tienen un futuro prometedor puesto que son capaces de abatir objetivos aéreos como terrestres o navales y representan un coste relativamente menor por disparo, aunque tienen inconvenientes técnicos y económicos como es el tamaño físico de la planta de energía para poder mandarla al cañón o el elevado coste de desarrollo y compra del mismo.

Entonces como conclusión podemos sacar que el campo armamentístico va a seguir evolucionando a grandes pasos y que los nuevos sistemas de armas van a trabajar en conjunto, en vez de sustituir las armas convencionales, puesto que tienen mayores ventajas trabajando en conjunto. Haciendo un símil intentando aclarar este punto es como cuando en los barcos se puso un motor de vapor pero seguían teniendo velas por si acaso o cuando se inventó el motor de gasoil, los barcos seguían teniendo un motor auxiliar de vapor por si fallaba esa última tecnología hasta que definitivamente se acabó por remplazar totalmente la máquina de vapor. Aunque en el armamento probablemente nunca se va a dejar de utilizar armamento convencional porque representa algunas ventajas que las armas más modernas no pueden ni podrán tener nunca. Un buen ejemplo sería una munición cohete o un proyectil, el cohete es susceptible de interferencias de EW y podría ser posible inutilizarlo pero un proyectil simplemente avanza por su gran energía cinética imprimida en el momento del disparo y no puede ser alterado su rumbo de una manera sencilla.

Por ello el desarrollo armamentístico va a seguir su senda pero sin perjuicio de eliminar los sistemas de armas convencionales. Tanto es así que en las principales prioridades del MAAA aparece que el PATRIOT PAC-3 Configuración 2+ se actualice al PATRIOT PAC-3 Configuración 3+ y no aparece como prioridad que se desarrollen sistemas de armas de energía dirigida o similar.

Una de las posibles líneas futuras que deja paso este trabajo podría ser el estudio comparativo para la adquisición de un sistema de armas, de medio-largo alcance con capacidad anti TBM. Aprovechando el hueco de las capacidades que deja el sistema HAWK, que está obsoleto y cerca de estar retirado, se podría estudiar la adquisición de un material con similares capacidades además con la particularidad de tener capacidad TBM. Una posible solución sería realizar un desarrollo similar al que Raytheon está desarrollando para Polonia con el sistema PATRIOT [28]. Esto es, un misil con capacidad TBM de bajo coste, por lo que es muy probable que tenga poco alcance pero

---

<sup>8</sup> Railgun. Es un cañón que utiliza la energía electromagnética para impulsar los proyectiles. Dichos proyectiles no son como los proyectiles clásicos sino que están desarrollados para tener buena interacción a la energía electromagnética, para poder aprovechar la aceleración electromagnética, y para soportar mayores velocidades supersónicas.

que además conserve la capacidad de combatir las amenazas convencionales. La ventaja que tendría España es que ya dispone del sistema PATRIOT por lo que el coste de las actualizaciones sería mucho menores que en el caso de Polonia que debería de comprar el sistema PATRIOT al completo.

Otra aplicación futura de este trabajo es el hecho de que esta herramienta comparativa junto con su metodología se podría emplear para otros estudios, por ejemplo hacer un análisis de los sistemas de artillería antiaérea que tiene España o para comparar posibles sistemas de armas que sean candidatos para ser adquiridos por las FAS. En cualquier caso puede ser útil esta herramienta y podría en un futuro completarse con otras herramientas para otro tipo de estudio que no tenga nada que ver con el ámbito de defensa.

## 7 Referencias

- [1] Ministerio de Defensa. "Misiones de España en el exterior. Misión de apoyo a Turquía".  
[http://www.defensa.gob.es/misiones/en\\_exterior/actuales/listado/ayudaturquia.html](http://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/actuales/listado/ayudaturquia.html). [Último acceso: 02/2018].
- [2] Ministerio de Defensa. "Materiales del Ejército de Tierra".  
<http://www.ejercito.mde.es/materiales/index.html>. [Último acceso: 10/2017].
- [3] NATO. "Ballistic Missile Defence".  
[https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_49635.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_49635.htm). [Último acceso: 02/2018].
- [4] NATO. "NATO Ballistic Defence exercise Steadfast Armour concludes".  
<https://www.airn.nato.int/archive/2017/nato-ballistic-defence-exercise-steadfast-armour-concludes>. [Último acceso: 02/2018].
- [5] J. B. Hueso. "La contribución del ET a la Defensa Antimisil". *Documentos Marco del Instituto Español de Estudios Avanzados*, vol. 12/2002, nº 12/2002, 2012.
- [6] Revista Española de Defensa. "Rota, pieza clave de la defensa antimisiles". *Revista Española de Defensa*, nº 289, pp. 6-13, 2012.
- [7] J. Cañs. Metodología del análisis comparativo, vol. 21, Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas, 1997.
- [8] J. S. Mill. A System of Logic, Ratiocinative and Inductive: Being a Connected View of the Principles of Evidence and the Methods of Scientific Investigation, Harper & Brothers, 1846.
- [9] Joint Air Power Competence Center. "Joint Project Optic Windmill".  
<https://www.japcc.org/joint-project-optic-windmill/>. [Último acceso: 10/2017].
- [10] Raytheon. "PATRIOT vs MEADs Development Project".  
[https://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/ids/documents/content/rtn\\_332206.pdf](https://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/ids/documents/content/rtn_332206.pdf). [Último acceso: 02/2018].
- [11] Raytheon. "Patriot by the numbers".  
<https://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/public/documents/content/patriot-by-the-numbers-pdf.pdf>. [Último acceso: 03/2018].
- [12] Publicación Militar del Ejército de Tierra. "Publicación doctrinal Empleo de la Artillería Antiaérea. Tomo I y II. (PDA-300)". 2016.
- [13] Publicación Militar del Ejército de Tierra (PMET). "Publicación doctrinal PD3-311. Defensa Antiaérea". 2015.

- [14] Caballero2105. *Desfile Fuerzas Armadas 2010. Albún fotográfico*.
- [15] Army Technology. "Patriot Missile Long-Range Air-Defence System".  
<http://www.army-technology.com/projects/patriot/>. [Último acceso: 03/2018].
- [16] Ministerio de Defensa. "Misiones de España en el exterior: Apoyo a Turquía".  
[http://www.defensa.gob.es/misiones/en\\_exterior/actuales/listado/ayudaturquia.html](http://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/actuales/listado/ayudaturquia.html). [Último acceso: 02/2018].
- [17] PATROIT PAC-3. *Album fotográfico*.  
<https://www.flickr.com/photos/133169573@N03/26673827185/in/album-72157665305842094/>.
- [18] Nonothai. "THAAD Missile Defense". 2015. [fas.org/radartutorial.eu/army-technology.com/mda.mil/lockheedmartin.comps](http://fas.org/radartutorial.eu/army-technology.com/mda.mil/lockheedmartin.comps). [Último acceso: 03/2018].
- [19] Wikipedia. "Terminal High Altitude Area Defense".  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Terminal\\_High\\_Altitude\\_Area\\_Defense](https://en.wikipedia.org/wiki/Terminal_High_Altitude_Area_Defense).
- [20] Army Technology. "THAAD Theatre High Altitude Area Defense – Missile System". <http://www.army-technology.com/projects/thaad/>. [Último acceso: 12/2017].
- [21] MBDA Missile Systems. "Aster 15 & 30 Datasheet". <http://www.mbda-systems.com/product/aster-15-30/>. [Último acceso: 02/2018].
- [22] MBDA Missile Systems. "Aster 30-SAMP/T". <http://www.mbda-systems.com/product/aster-30-sampt/>. [Último acceso: 02/2018].
- [23] Esercito Italiano. "Artiglieria Controaerei (SAMP/T)".  
<http://www.esercito.difesa.it/equipaggiamenti/Artiglieria/Artiglieria-Controaerei/Pagine/SAMP-T.aspx>. [Último acceso: 02/2018].
- [24] Strategic Bureau of Information on Defense Systems. "The future Polish air defense system". <http://www.strategic-bureau.com/en/le-futur-systeme-de-defense-antiaerien-polonais/>. [Último acceso: 02/2018].
- [25] Deagel.com. "Defensive Weapons: Patriot PAC-3".  
[http://www.deagel.com/Defensive-Weapons/Patriot-PAC-3\\_a001152003.aspx](http://www.deagel.com/Defensive-Weapons/Patriot-PAC-3_a001152003.aspx). [Último acceso: 03/2018].
- [26] C. Biggers. "UAE THAAD Site Reaches Milestone".  
<https://www.bellingcat.com/news/mena/2017/01/30/uae-thaad-site-reaches-milestone/>. [Último acceso: 03/2018].

- [27] N. Matters. "PAAMS- Principal Anti Air Missile System". web.archive.org, 09 Marzo 2018. <https://web.archive.org/web/20121229123235/http://navy-matters.beedall.com/paams.htm>. [Último acceso: 03/2018].
- [28] Raytheon. "Raytheon to offer Poland low-cost Patriot interceptor". <https://www.raytheon.com/news/feature/skyceptor>. [Último acceso: 02/2018].
- [29] «Acronym Finder». <https://www.acronymfinder.com>. [Último acceso: 02/2018].
- [30] «All Acronyms». <https://www.allacronyms.com>. [Último acceso: 02/2018].
- [31] Ministerio de Defensa. "Glosario de siglas del Ministerio de Defensa de España". [http://www.defensa.gob.es/defensa\\_yo/glosario/](http://www.defensa.gob.es/defensa_yo/glosario/). [Último acceso: 02/2018].
- [32] Federation of American Scientists. "Ballistic Missile Basics". <http://www.fas.org/nuke/intro/missile/basics.htm>. [Último acceso: 10/2017].
- [33] Federation of American Scientists. "Ballistic Missiles". <https://fas.org/nuke/intro/missile/index.html>. [Último acceso: 03/2018].
- [34] NATO. "Active Engagement, Modern Defence. Strategic Concept for the Defence and Security of the members of the NATO". 2010.
- [35] Ejército de Tierra. "Informe de situación. Preparado, dispuesto y operativo". 2018.
- [36] Bureau of Arms Control. United States Department of State. "Treaty Between the United States of America and the Union of Soviet Socialist Republics on the Limitation of Anti-Ballistic Missile Systems". 1972.
- [37] Gobierno de España. "Estrategia Española de Seguridad. Una responsabilidad de todos". 2011.
- [38] Competence Center. Surface Based Air and Missile Defence. "Joint Project Optic Windmill 2017". [https://www.ccsbamd.org/competence-centre/wp-content/uploads/2017/10/305\\_JPOW-17-19.pdf](https://www.ccsbamd.org/competence-centre/wp-content/uploads/2017/10/305_JPOW-17-19.pdf). [Último acceso: 10/2017].
- [39] NATO. "HQ AIRCOM exhibits Allied missile defence capabilities". <https://www.ac.nato.int/archive/2016/hq-aircom-exhibits-allied-missile-defence-capabilities->. [Último acceso: 03/2018].
- [40] NATO. "NATO Integrated Air and Missile Defence". [https://www.nato.int/cps/ua/natohq/topics\\_8206.htm](https://www.nato.int/cps/ua/natohq/topics_8206.htm). [Último acceso: 02/2018].

# ANEXOS

---



## Anexo 1. Listado de siglas

Con la finalidad de que el lector pueda seguir sin dificultad este trabajo, independientemente del uso de siglas a lo largo del mismo, se ha creado este anexo donde se recogen las siglas empleadas a lo largo del trabajo y su significado. Para la elaboración de este anexo se han seguido como principales referencias [29], [30] y [31].

En la mayoría de los acrónimos este procede del significado en inglés del mismo, por ello se ha incluido en esos casos el significado tanto en español como en inglés.

*Tabla 3.- Listado de siglas*

<b>Siglas</b>	<b>Significado</b>
<b>ABT</b>	Amenaza Aérea (Air Breathing Threat).
<b>AAA</b>	Artillería Anti Aérea (Anti-aircraft artillery).
<b>ADP</b>	Plan de defensa aérea (Air Defense Plan).
<b>AMRAAM</b>	Misil Avanzado aire-aire de medio alcance (Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile).
<b>BMD</b>	Ballistic Missile Defence.
<b>BMDR</b>	Ballistic Missile Defence Review.
<b>CG</b>	Cuartel General.
<b>COAAAS</b>	Centro de Operaciones de artillería antiaérea (Air Defense Artillery Operations Centre).
<b>COAAAS-L</b>	Centro de Operaciones de artillería antiaérea Ligero (COAAAS Light).
<b>COAAAS-M</b>	Centro de Operaciones de artillería antiaérea Medio (COAAAS Medium).
<b>COMAO</b>	Operaciones aéreas combinadas (Composite/Combined Air Operations).
<b>EEUU</b>	Estados Unidos.
<b>EPAA</b>	European Phased Adaptative Approach for Missile Defence.
<b>EPM</b>	Medidas de protección frente guerra electrónica (Electronic Protective Measures).
<b>EW</b>	Guerra electrónica (Electronic Warfare).
<b>FAS</b>	Fuerzas armadas.
<b>GAAA</b>	Grupo de artillería antiaérea.
<b>GPALS</b>	Global Protection Against Limited Strikes.

<b>IAMD</b>	Defensa integral del aire y misiles (Integrated Air and Missile Defense).
<b>ICBM</b>	Misil balístico intercontinental (Intercontinental Ballistic Missile).
<b>IRBM</b>	Misil balístico de alcance intermedio (Intermediate-Range Ballistic Missile).
<b>JPOW</b>	Joint Project Optic Windmill.
<b>LRCS</b>	Objetivos de pequeña sección radar.
<b>MAAA</b>	Mando de artillería antiaérea.
<b>MRBM</b>	Misil balístico de alcance medio (Medium-Range Ballistic Missile).
<b>NASAMS</b>	Sistema de Misiles Superficie-Aire Avanzado Noruego (Norwegian Advanced Surface to Air Missile System).
<b>NLOS</b>	Sin línea de visión directa. (Non Line Of Sight).
<b>OTAN</b>	Organización del Tratado del Atlántico Norte.
<b>PATRIOT</b>	Phased Array Tracking Radar Intercept On Target.
<b>RCS</b>	Sección radar equivalente (Radar Cross-Section).
<b>SACEUR</b>	Comandante supremo aliado en Europa (Supreme Allied Commander, Europe).
<b>SDI</b>	Iniciativa de defensa estratégica (Strategic Defense Initiative).
<b>SHORAD</b>	Corto alcance (Short Range Air Defence).
<b>SRBM</b>	Misil balístico de corto alcance (Short-Range Ballistic Missile).
<b>TBM</b>	Misil balístico táctico (Tactical Ballistic Missile).
<b>TBMD</b>	Defensa anti misil balístico táctico.
<b>THAAD</b>	Terminal de defensa de gran altitud (Terminal High Altitude Area Defense).
<b>TI</b>	Terminal inteligente.
<b>TFG</b>	Trabajo Fin de Grado.
<b>TMD</b>	Defensa de amenaza misil (Threat Missile Defense).
<b>TOJ</b>	Track on Jam.
<b>TVM</b>	Seguimiento a través del misil (Track Via Missile).
<b>UMG</b>	Unidad mínima de generación.

## Anexo 2. Glosario de términos

Algunos de los términos empleados a lo largo del trabajo son demasiado técnicos o poco conocidos fuera del ámbito de la artillería. Con el fin de aclarar estos conceptos al lector se ha incluido este breve glosario de términos.

*Tabla 4.- Glosario de términos.*

<b>Término</b>	<b>Descripción</b>
<b>ABT</b>	Amenaza convencional. Aviones de ala fija, helicópteros y UAV's (Air Breafing Threat).
<b>Active Fence</b>	Misión de la OTAN en la que participa España desde el año 2014. El mandato de España consiste en proteger a la población turca de posibles ataques con misiles balísticos lanzados desde Siria.
<b>CHAFF</b>	Contramedidas electrónicas que consisten en lanzar pequeñas barras de metal que actúan como dipolos para poder distorsionar la firma electromagnética.
<b>COMAO</b>	Operaciones aéreas interrelacionadas, limitadas en tiempo y espacio, en las que las aeronaves de diferente tipo y rol son puestas bajo el mando de un solo jefe para alcanzar el objetivo común.
<b>Hit to kill</b>	Esta tecnología básicamente consiste en impactar con el objetivo a derribar. En vez de utilizar la cabeza de guerra convencional, lo que hace dicha cabeza de guerra es al estar próximo al objetivo detona la carga que tiene y provoca grandes fragmentaciones en forma de metralla con la finalidad de derribar el blanco/objetivo. La energía liberada que se produce con el impacto directo es mayor que la que se consigue con la proyección de metralla.
<b>Fire &amp; Forget</b>	Dispara y olvida. Hace referencia a sistemas de armas misil que una vez lanzados no se pueden actuar sobre ellos si no que es el propio misil el que realiza todas las operaciones para derribar el objetivo.
<b>ICBM</b>	Misil balístico intercontinental dicho misil sigue una trayectoria balística y tiene un alcance de más de 5500 km.
<b>IRBM</b>	Misil balístico de alcance intermedio (entre 3000 y 5500 km).
<b>JPOW</b>	Ejercicio a nivel OTAN donde se prueban las capacidades antiaéreas de los distintos países aliados y la colaboración entre los mismos.

<b>MRBM</b>	Misil balístico de medio alcance (entre 1000 y 3000 km).
<b>NASAMS</b>	Sistema de artillería antiaérea con la capacidad de defensa a media altura, combatiendo en red y con la posibilidad de fuego sin visión directa.
<b>PATRIOT</b>	Sistema de misiles tierra-aire de largo alcance. Es un sistema móvil de Defensa Aérea que emplea misiles guiados que destruyen múltiples objetivos bajo ambientes de contramedidas electrónicas. Tiene la capacidad de contrarrestar misiles balísticos tácticos, de crucero, objetivos de pequeña sección radar y aviones de última generación.
<b>PIF-PAF</b>	La tecnología PIF-PAF consiste en que el misil dispone de cuatro cohetes en su centro de gravedad y cuando se activan permite realizar grandes giros sin sufrir en exceso la estructura del misil. En consecuencia de ello se evitan rupturas del misil en maniobras con altos G's.
<b>SRBM</b>	Misil balístico de corto alcance, es decir hasta 1000 km de alcance.
<b>Slowmover</b>	Aeronaves con muy baja velocidad y difícil detección como drones, parapentes, etc.
<b>Teleguiado indirecto</b>	Las órdenes que recibe el misil se emiten desde el exterior, en un puesto terrestre.

### Anexo 3. Los misiles balísticos

El trabajo que aquí se presenta estudia determinados sistemas de armas con capacidad antimisil, en concreto con capacidad de defensa anti TBM o defensa ante misiles balísticos tácticos. Para poder comprender mejor estos sistemas se considera importante revisar algunas características de los denominados misiles balísticos.

En primer lugar es importante definir lo que se entiende por misil balístico [32]. Estos misiles se caracterizan por el hecho de que en una primera etapa se mueven por efecto de una fuerza, la fuerza propulsora debida al combustible, pero a partir de este momento, ante la ausencia de alas o estabilizadores, siguen una trayectoria balística, es decir una trayectoria que depende de la gravedad y la resistencia aerodinámica.

Una de las grandes desventajas de los misiles balísticos frente a los misiles de crucero es su peor precisión, la cual se compensa en ocasiones incluyendo en su cabeza guerra armas de destrucción masiva. Sin embargo tienen grandes ventajas entre las que destacan su rapidez, por lo que son difíciles de detectar, y principalmente su alcance. De hecho estos misiles se clasifican en función de su alcance.

Existen diferentes clasificaciones en función del país, siguiendo la clasificación OTAN [32] se puede hablar de 4 clases:

- Misiles de corto alcance o SRBM, que son aquellos que tienen un alcance de hasta 1000 km.
- Misiles de medio alcance o MRBM, cuyo alcance está entre 1000 y 3000 km.
- Misiles de alcance intermedio o IRBM, en este caso su alcance está entre 3000 y 5500 km.
- Misiles intercontinentales o ICBM, cuyo alcance es superior a 5500 km.

Siguiendo esta clasificación los misiles TBM (misiles tácticos o de teatro) que nos ocupan en este trabajo se corresponden con los misiles de corto y medio alcance, mientras que los IRBM e ICBM se denominan globalmente como misiles estratégicos, los cuales no se tratan directamente en este trabajo pero sí podrían aplicarse los criterios de planeamiento de defensa si se interceptan en su fase terminal.

Para una mayor comprensión de cómo funcionan los misiles balísticos, tanto los TBM como los misiles balísticos estratégicos se puede desglosar su trayectoria en 3 fases o etapas [5], representadas en la Figura 8:

- *Fase de aceleración o boost.* Esta es la fase inicial de la trayectoria del misil balístico, su fase de ascenso. En esta fase la detección del misil balístico es muy complicada por la distancia y velocidad del misil en la misma.

- *Fase intermedia o midcourse.* La segunda fase ocurre fuera de la atmósfera. En ella el proyectil continúa ascendiendo, sin propulsión, hasta su punto más alto y baja, acelerándose de nuevo, por lo que es la fase más lenta del misil balístico.
- *Fase terminal o descent phase.* La tercera y última fase es la fase terminal en la que el proyectil se dirige al objetivo. Esta fase se caracteriza por la gran velocidad y el elevado ángulo de caída. La mayor dificultad de esta fase es lo rápido que ocurre puesto que los misiles balísticos pueden pasar en poco más de dos minutos de estar en el punto más alto de la trayectoria balística al suelo.



Figura 8.- Fases de vuelo de un misil balístico

Fuente: [5]

Como se ha comentado anteriormente, los misiles balísticos tienen una velocidad muy elevada, lo que implica pocos minutos en el aire. Así por ejemplo puede estar entre 5 y 15 minutos en el aire, a una altura entre 100 y 1000 km y una velocidad final de hasta 4-5 km/seg. La Figura 9 muestra un resumen de las trayectorias de los misiles balísticos, relacionando cada tipo con su alcance y altitud de trayectoria.

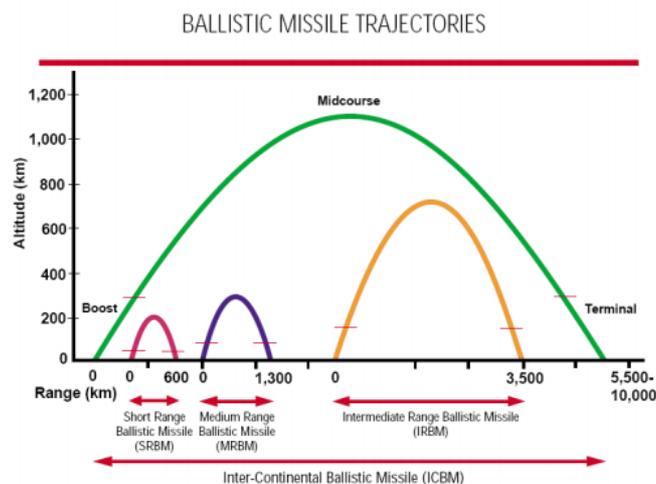


Figura 9.- Trayectoria de un misil balístico

Fuente: [5]

Todas estas características implican la dificultad de detectar y derribar este tipo de amenazas, siendo a día de hoy una de las amenazas que presenta mayor dificultad para la defensa. El lector interesado en más información sobre misiles balísticos puede consultar [5] y [33].



## Anexo 4. Breve reseña histórica sobre la defensa antimisil

El programa de la defensa antimisiles balísticos de la OTAN se basa, entre otros principios, en la colaboración entre países. En este sentido tienen importancia las misiones o ejercicios conjuntos, en particular también los relativos al programa de defensa antimisil balístico de la Alianza. Sin embargo para entender la situación actual es necesario realizar una revisión histórica de la defensa ante misiles balísticos.

Los contenidos de este anexo son el resultado de la consulta de diferentes fuentes que se irán citando a lo largo del texto, así como otras más generales como son [5], [6], [34] o [35], siendo este último la última referencia publicada sobre la situación de España en la defensa antimisil en el marco OTAN.

La defensa antimisil comenzó a tener especial importancia en la guerra fría, donde sucedió el mayor impulso de creación y desarrollo de los misiles balísticos. Fue en los años sesenta cuando Estados Unidos (EEUU) comenzó a desarrollar sistemas de defensa antimisil de esta índole: proyectos como el *Nike-X*, el *Sentinel* o el *Salvanguard* se desarrollaron hasta que se vieron truncados sus planes por motivo del Tratado sobre Misiles Antibalísticos (Tratado ABM [36]). Este tratado fue impulsado para limitar la capacidad disuasoria de una nación y así tratar de evitar un holocausto nuclear. Con él se prohibió el desarrollo de los sistemas de defensa antimisil entre los EEUU y la Unión Soviética, aunque no se limitaba el desarrollo de los sistemas de misiles balísticos.

El concepto actual de defensa estratégica nació de la “Strategic Defense Initiative” (SDI). Más comúnmente conocida por la “*Guerra de las Galaxias*”. Esta iniciativa fue concebida por la administración del presidente de los EEUU Ronald Reagan y, llevada a cabo en 1983 para hacer frente a los misiles balísticos intercontinentales (ICBMs) soviéticos.

Más tarde, con la desaparición de la URSS en 1991 y la caída del muro de Berlín, la amenaza pasó de ser del tipo ataque masivo con ICBMs a unos posibles ataques asilados con ICBMs. Esta posible amenaza estaba motivada por la fragmentación de la URSS, en donde posibles facciones de las Fuerzas Armadas podrían no estar conformes con los acontecimientos acaecidos. Otra posible causa sería un posible descontrol de los arsenales soviéticos, donde incluso los nuevos países pertenecientes a la antigua unión soviética obtuvieran dichos arsenales. Más grave sería la causa motivada por el paso de este tipo de armamento al mercado negro. Estas suposiciones se vieron confirmadas con la primera Guerra del Golfo donde las tropas iraquíes lanzaron misiles de origen soviético. Todo ello motiva la creación de la “Global Protection Against Limited Strikes” (GPALS).

Las iniciativas de defensa antiaérea continuaron con la administración del presidente Clinton, que impulsó la defensa contra misiles balísticos “Theatre Missile Defense”

(TMD). En este momento no solo se centran los esfuerzos en desarrollar capacidades de defensa contra amenazas existentes sino que se plantea también el desarrollo de capacidades de defensa frente a posibles amenazas futuras.

Al igual que ocurrió en otros ámbitos, los acontecimientos del 11-S suponen un cambio en las medidas de defensa antimisil. Después del grave suceso del 11-S, el presidente Bush decidió romper el Tratado ABM, principalmente para hacer frente a las posibles amenazas terroristas o de países inestables. De este modo se buscó crear una defensa antimisil global. Lo que fue comúnmente llamado el “Escudo Antimisiles”. Nace así el concepto de defensa antimisiles balísticos (BMD)

En septiembre de 2009, con el presidente Obama, se ha desarrollado una revisión de la política de escudo antimisiles. En este momento se buscaría un nuevo enfoque a la defensa antimisil en Europa mediante la “European Phased Adaptive Approach for Missile Defence” (EPAA) y finalmente con la publicación en febrero de 2010 de la “Ballistic Missile Defence Review” (BMDR).

Una importante característica del proyecto PAA es que contempla iniciativas para Europa pero también en el Noroeste Asiático y Oriente Medio, estableciendo diferentes fases que todavía continúan a día de hoy.

La BMDR se caracteriza por tener un enfoque de la defensa antimisil más realista, flexible y asumible económicamente por los países aliados. Se estudian las posibles amenazas futuras y las organiza por amenazas contra el territorio nacional, amenazas regionales contra sus fuerzas desplegadas y aliados. La clave de esto es que los aliados contribuyan localmente en sus áreas de responsabilidad.

Si uno se centra en la defensa antimisil ya en el marco OTAN, lo primero que destaca es, como se ha comentado anteriormente que sigue la iniciativa estadounidense, en concreto se puede hablar de las lecciones aprendidas en la Guerra del Golfo como un punto de partida de los intereses a nivel OTAN de la defensa antimisil.

A partir de ese momento se plantean diferentes iniciativas en las cumbres de la OTAN de Praga (2002), Riga (2006), Bucarest (2008) o Estrasburgo (2009). Sin embargo el verdadero impulso se acordó en la Cumbre de Lisboa (2010), en la cual se reconoce la proliferación de misiles balísticos [34] que representan una amenaza a la defensa colectiva. En esta cumbre se decide la creación de un sistema antimisil que integre y coordine las capacidades de sensores e interceptores de las naciones. Se empieza hablar en este momento de la necesidad de un Centro de Operaciones Aéreas Combinadas, o del “*Air Command and Control System*”.

La posición española se concreta en el año 2011 con la publicación [37], en la que se reconoce la proliferación de armas de destrucción máxima y de sus sistemas de

lanzamiento, al tiempo que asume la necesidad de una capacidad de defensa colectiva ante esta amenaza, considerando adecuada la participación de España en el programa de defensa antimisil de la OTAN.

Centrándonos en la situación relativa a España, con motivo de la crisis en Siria y a petición de Turquía, en la Cumbre de la OTAN celebrada en Gales en septiembre de 2014 se decide aumentar la capacidad de defensa aérea desplegando unidades PATRIOT con capacidad antimisil integradas en el NATO *Integrated Air and Missiles Defense System*. Previo a la celebración de esta cumbre, en agosto de 2014, el comandante supremo de la Alianza (SACEUR) solicita a España su participación en esta misión. En diciembre de 2014, la primera batería PATRIOT española inicia su despliegue en Turquía. Desde este momento y tras sucesivas autorizaciones del Consejo de Ministros, se continúa formando parte de esta misión hasta día de hoy.



## Anexo 5. Entrevistas

Este anexo hace referencia a las entrevistas que se han realizado a lo largo del trabajo. Muchas de estas entrevistas han sido conversaciones no estructuradas pero si es importante resaltar algunos datos de ellas, en especial de las entrevistas realizadas al Cap. Javier Aláez Pérez. El Capitán Raúl García Valladolid y el Brigada Daniel López Lahoz por el especial interés que ha tenido la información aportada por las mismas para este trabajo.

### Entrevistas con el Capitán Don Javier Aláez Pérez

Las continuas entrevistas con el Capitán Aláez sirvieron para poder determinar y ambientar la motivación del estudio comparativo así como determinar el alcance del mismo. El Capitán Aláez fue el propulsor del título del TFG debido a las continuas necesidades de conocer los materiales de los aliados.

### Entrevistas con el Capitán Don Raúl García Valladolid

Al igual que el Capitán Aláez, el Capitán Valladolid ha proporcionado información sobre el sistema PATRIOT durante las entrevistas casi diarias durante el desarrollo de las prácticas externas en unidades. El trabajo con el Capitán Valladolid ha ido más lejos puesto que ha estado supervisando el trabajo realizado.

Además de las entrevistas no estructuradas sobre el contenido del trabajo y la tutorización del mismo, por su experiencia en ejercicios de planeamiento conjunto se planteó una entrevista estructurada de la cuál al final de este anexo se incluye la transcripción de la misma.

### Entrevistas con el Brigada Daniel López Lahoz

Gracias al Brigada Lahoz solucione algunas de las dudas que tenía respecto el cañón 35/90 y sus características y capacidades.

**Entrevista con el Capitán Don Raúl García Valladolid (transcripción)**

**¿El mantenimiento del SSAA PATRIOT es costoso económicamente? ¿Y trabajo fuerza-hombre?**

Como la gran mayoría de los SSAA necesitan al principio una gran inversión pero a continuación el mantenimiento no es costoso ya que una gran cantidad de elementos de mantenimientos son proporcionados por nuestro ejército y aquellos que hasta el día de hoy son nuevos en nuestro ejército se están estandarizando para normalizarlos en un futuro inmediato, con su posterior minimización de coste. Sobre el trabajo fuerza-hombre, es muy barato.

**¿SSAA PATRIOT ha sido ventajoso dentro del ET?**

No ha sido ventajoso, ha sido muy ventajoso dentro del ET. Hay varios aspectos a tratar en esta pregunta. Primeramente ha sido muy positivo a nivel del Mando de Artillería Antiaérea moralmente, estructuralmente y económicamente. En segundo lugar, si subimos de nivel, el ET ha incrementado con una sola unidad nueva, una presencia a nivel nacional e internacional importantísima en el ámbito de las misiones internacionales dentro de las FAS.

**¿Es necesario potenciar la DAA dentro del ET, en concreto la TBM? ¿Con nuevas actualizaciones? ¿Con más cantidad? ¿Con otros sistemas de armas?**

Desde mi humilde punto de vista, NO. Sí que es interesante la continuidad en inversión con nuevas actualizaciones, tanto a nivel interno (nacional), como a nivel externo (internacional) ya que si nuestra versión se queda atrás no podremos trabajar con el resto de nuestros países aliados, y eso es muy importante para seguir en la punta de lanza. Lo que te he contestado en la primera pregunta, de momento no necesitamos más cantidad, tenemos un grupo al completo y con eso se puede trabajar infinitamente a corto y medio plazo. Mi opinión es invertir en otros SSAA pero destinados a otras misiones.

**¿Cómo de importante es el principio de movilidad de la DAA con los sistemas TBM?**

Más bien escaso por sus características propias y su principal misión a cometer.

**Dentro del principio de la DAA, la integración ¿es necesario seguir mejorando para una gestión de la integración de la batalla aérea?**

Actualmente este principio está muy desarrollado y se trabaja muy integrados.

Los países aliados tienen muy presente el uso de simuladores al haber descendido las COA (Colaboraciones aéreas).

**¿Es recomendable adquirir simuladores?**

Es muy conveniente para la instrucción diaria y además agilizado en gran medida los diferentes escenarios y las correspondientes incidencias que se pueden inyectar a las tripulaciones para obtener un altísimo nivel de adiestramiento de la tripulación

**Según su criterio ¿qué elemento es esencial en un sistema de armas?**

Atendiendo a las necesidades tácticas del combate una de las cosas esenciales es la unidad mínima de generación. Puesto que no es lo mismo disponer de 4 elementos para realizar las acciones de combate que tener 10, puesto que el coste logístico es mayor y la operatividad del material dependería en mayor grado, del número de elementos del sistema de armas.

**¿Para combatir las amenazas TBM es más interesante tener sistemas de armas de corto, medio o largo alcance?**

Desde un punto de vista táctico y aplicando el “principio de combate lejano” es mejor combatir a mayor distancia para poder tener mayor seguridad y más margen para reaccionar si no se ha podido eliminar la amenaza con el primer misil. Por lo que la tendencia son misiles de medio y largo alcance. Aunque aquí tiene mayor importancia hablar de las fases del misil balístico. Los misiles actuales son capaces de derribar en las fases intermedia y de caída del misil balístico. Aun así es esencial tener radares de gran capacidad para hacer un seguimiento desde inicios de su trayectoria.

**¿Cómo de importante es el despliegue de las unidades?**

Esto va en relación a la entidad mínima, tiene cierta importancia pero no es muy relevante. Tiene mayor importancia si la UMG necesita de muchos elementos puesto que supone un mayor coste y al tener un despliegue con muchos elementos, la operatividad queda más comprometida por el número de elementos que componen la unidad.

**En lo referente a los modos de guiado del misil ¿cuál es el más adecuado? ¿Qué ventajas tiene algunos sobre otros?**

Pues no es que exista un sistema de guiado del misil mejor que otro si no que cada uno cumple su misión de forma distinta, pudiendo combatir de una forma mejor o peor según la amenaza. Un ejemplo sería un misil como el NASAMS que tiene su propio guiado en la segunda fase de interceptación del objetivo y esto es debido a que el propio misil

recibe mejor resolución que el eco que recibe producido por el radar propio del sistema de armas. Aunque es más fácil de perturbar al misil en ciertos momentos con unos CHAFF lanzados desde una aeronave enemiga.

**En referente a la importancia del sistema de armas ¿qué tiene mayor importancia: El peso, alcance, o velocidad del misil?**

El peso no es tan relevante aunque influye en la forma y diseño del misil. Aunque podemos deducir en términos generales que si disponemos de un misil menos pesado una misma plataforma podrá disponer de más misiles, con lo que estaríamos de nuevo reforzando *el principio de masa* de la defensa antiaérea. El alcance es lo más importante y la velocidad también lo es sobre todo si es un sistema de armas que combate la amenaza en la fase final del misil balístico. Pero de nuevo el misil es importante pero todavía más lo es el radar para poderle pasar los datos al misil de una forma muy precisa.

**Si hablamos del tipo de enlace en el sistema de armas ¿cuál es el más adecuado? Y de qué forma afecta a nivel táctico.**

Cada tipo de enlace tiene sus ventajas e inconvenientes pero en términos generales las comunicaciones vía fibra óptica permiten mucho volumen de información y no pueden ser ni detectadas ni perturbadas por el enemigo. Pero tienen el inconveniente de que son sensibles a roturas y pueden dejar inoperativos algún lanzador, aunque siempre se puede mediante vía radio. Otra de las desventajas es que se tarda más en realizar un cambio de asentamiento.

**¿Cuáles son las ventajas de los modos de fuego del sistema de armas PATRIOT?**

SHOOT-LOOK- SHOOT: se lanza un único misil, pulsando y si es necesario se lanza otro, pulsando de nuevo (tantos como sea necesario), es un modo económico del lanzamiento de misiles para poder mantener el combate aéreo durante un largo periodo de tiempo.

RIPPLE: se lanzan dos misiles desde el mismo lanzador ya que este SSAA en esta situación aumenta su probabilidad de derribo (dos misiles PATRIOT) hasta llegar a aproximarnos a un 100%.

SALVO: es igual que el caso anterior pero tiene una ventaja, los misiles saldrán de dos lanzadores distintos con lo cual es menos probable que nos quedemos con un lanzador sin misiles que nos cubría una parte concreta y puede ser necesario en el futuro además del impacto logístico que tiene.

## Anexo 6. Validación de los resultados

En este anexo se incluye la valoración que ha hecho el Cap. Javier Aláez Pérez sobre el estudio comparativo realizado y principalmente sobre el cuadro comparativo propuesto. Es evidente que el proceso de validación de los resultados planteados debería constar de someter el resultado a la opinión de un número, lo más elevado posible, de expertos en el tema. Este tema queda pendiente como trabajo futuro ya que las limitaciones temporales impiden realizar de modo óptimo el proceso de validación. Con todo ello se ha considerado de gran interés la opinión del Cap. Aláez por ser el impulsor del estudio de este tema, de hecho es la persona encargada de la propuesta de este TFG desde la unidad GAAA III/73, a la cual él pertenecía, en base a su experiencia como jefe de equipo de planeamiento en diferentes ejercicios internacionales. El hecho de que el Cap. Aláez Pérez valore positivamente el resultado del trabajo se considera de gran importancia por su experiencia en la problemática planteada. A continuación se transcribe su opinión sobre los resultados obtenidos.

### “COMENTARIOS AL TRABAJO por el Cap. Javier Aláez Pérez

Al ser impulsor de este trabajo me gustaría resaltar varios aspectos que considero importantes tanto de su objeto, como de su desarrollo y conclusiones.

Los antecedentes y la contextualización dan a entender el entorno geopolítico en el que se sitúa la capacidad antimisil y dan por ende sentido a la necesidad del objeto: Realizar una comparativa de sistemas y servir de herramienta de planeamiento.

Como jefe de equipo de planeamiento en varios ejercicios internacionales como JPOW o Stead Fast Alliance sentía como una necesidad básica desde el punto de vista de integración donde el conocimiento de capacidades mutuas es imperativo, así como a la hora del planeamiento conjunto los datos técnicos para realizar una propuesta de despliegue que cumpla con la misión encomendada.

El desarrollo se ha basado en un estudio comparativo con información procedente de fuentes abiertas, documentación con distintos niveles de clasificación, entrevistas a personal especializado y asistencia sobre el terreno, lo que da desde mi punto de vista es respaldo de método que da soporte a sus argumentos.

Finalmente las conclusiones y la tabla comparativa, que es realmente el producto que interesa cumplen con el objeto de trabajo. “



## Anexo 7. Estudio de los sistemas de artillería antiaérea del ET español

El inicio del trabajo consistió en analizar los sistemas de defensa antiaérea del ET para justificar el quedarse únicamente en este trabajo con el PATRIOT. A continuación se describen las principales características recogidas en este estudio inicial.

### Cañón AAA 35/90 GDF-007

Este sistema de armas es del tipo SHORAD. El sistema de armas está compuesto por una dirección de tiro SKYDOR, un puesto de mando y uno o dos cañones 35/90 pudiendo incrementar los cañones hasta 3 por Sección. Este sistema de armas es muy adecuado para slowmovers, helicópteros y drones debido a su corto alcance y elevada cadencia. Aunque tiene capacidad de derribar aviones de combate pero con menor probabilidad de impacto. Todo ello combinado con su munición AHEAD (munición sin cabeza).

El funcionamiento de esta munición consiste en que la dirección de tiro, al saber la distancia del objetivo, pasa los datos al puesto de tiro 35/90 y programa la munición para cuando esté a 3 metros del objetivo esta munición se abra y se disperse sus bolas de acero, como si de un cartucho de escopeta se tratase.

Las características principales de este sistema son las siguientes:

- Alcance de adquisición de objetivos hasta a 20 km.
- Empeño efectivo de los objetivos 4 km (baja y muy baja cota).

Debido a las capacidades radar del SKYDOR puede hacer el seguimiento a un objetivo mientras está explorando buscando otros objetivos.

Desde el puesto de mando puede seleccionarse si es necesario empeñar uno dos o tres cañones para hacer fuego sobre el objetivo.

Otra de las capacidades más interesantes para este sistema es que tiene una pequeña capacidad antimisil con muy poca probabilidad de derribo y que sobretodo sirve para autodefensa del propio sistema de armas. Por lo que no se le pueden asignar misiones de defensa anti TBM.

### Sistema de misil antiaéreo avanzado NASAMS

El Sistema de armas NASAMS es un sistema del tipo tierra-aire. En su conjunto está formado por un radar, un puesto de mando FDC y dos lanzadores. Esta es la estructura típica de una Batería.

Las características más relevantes son las siguientes:

- Alcance: 25 Km (Alcance Medio).
- Techo: Hasta 10 Km (de Media a Muy Baja Altura).
- Múltiples Objetivos: 12 Objetivos simultáneos/Bía.
- Radar de Vigilancia con gran capacidad EPM.
- Sistema Todo tiempo.
- Misil Guía Activa (Fire & Forget). NLOS.
- Empleo en red.

Este sistema dispone del misil AMRAAM que es utilizado en los aviones de combate del ejército del aire. Las ventajas de este misil es que es del tipo “dispara y olvida” por lo que no hay que hacer un seguimiento al objetivo con el radar, de esta manera el radar puede centrarse en otros objetivos. La mayor desventaja que presenta este misil es que es más vulnerable a las contramedidas electrónicas como pueden ser los CHAFF. Sin embargo entre sus características no se encuentra la capacidad de defensa anti TBM. El misil tiene capacidad de derribar misiles de crucero.

### Mistral

El Mistral es utilizado normalmente como arma antiaérea de acompañamiento a las unidades de maniobra. Gracias a sus características de ligereza y sencillez del sistema de armas dota a este de muchas capacidades de la que otros sistemas antiaéreos no disponen como son por ejemplo la movilidad. El Mistral es de tipo baja y muy baja cota.

El Mistral está compuesto por un puesto de tiro con una unidad de detección térmica, un terminal inteligente (TI) y el misil en sí. El funcionamiento de este misil es del tipo “dispara y olvida”, por lo que una vez lanzado no se le pueden dar órdenes a este, de navegación proporcional y busca los objetivos por su firma infrarroja por lo que es un sistema pasivo y no puede ser detectado por las aeronaves enemigas hasta que no es lanzado. Pero es posible que una vez lanzado tampoco sea detectado, puesto que al no emitir señal alguna las aeronaves enemigas necesitan de medios activos para detectar el misil. Esos medios son radares y software para interpretar que ese objeto que se mueve hacia la aeronave es un misil. Las capacidades de este sistema de armas son las siguientes:

- Alcance máximo: 5,2 km.
- Techo Máximo: 4 km.
- Mínima distancia de empleo: 600 m.
- Sistema todo tiempo.

No tiene capacidad de detectar enemigos, por lo que necesita de un COAAAS-L que tiene un radar y mandar esta información a los TI que disponen cada puesto de tiro para tener una idea del estado del combate aéreo. Aunque el sistema de armas no necesita de ningún apoyo para funcionar en sí, pero se merma las capacidades tácticas si no disponen de este apoyo.

Las mayores ventajas de este sistema de armas son que debido a sus capacidades de movilidad y sencillez puede estar en funcionamiento en unos dos minutos aproximadamente y la mayor ventaja de todas es que es prácticamente indetectable hasta que no está en vuelo. Pero a pesar de que es un arma muy eficaz contra aeronaves tanto de ala fija como de ala rotatoria las principales desventajas son el corto alcance que tiene y la poca antelación para hacer un empeño cuando no tiene el apoyo del COAAS-L que es el que le manda la información de la situación táctica al TI.

Como se ha comentado anteriormente este sistema actúa a baja o muy baja cota por lo que no tiene la característica de estudio de este trabajo que es la capacidad anti TBM.

### HAWK

El sistema de armas HAWK está clasificado como un sistema de armas de media-alta cota. Dicho sistema normalmente actúa como una batería estando formada esta por los siguientes elementos. Un radar pulsado para alta cota, un radar de onda continua para baja y muy baja cota, dos radares de seguimiento, 6 lanzadores y un puesto de mando. Las características principales del sistema de armas HAWK son las siguientes:

- Alcance 40 km.
- Cota máxima: 18 km.
- Numero de empeños máximos: 2.
- Sistema todo tiempo.
- Empleo en red.

Las mayores ventajas de este sistema de armas es que tiene buen alcance y techo máximo. Pero tiene varios puntos débiles y el más relevante es el de que solo pueda realizar un empeño por radar de adquisición. Es decir en condiciones normales 2 empeños máximos por Batería que es la entidad mínima a utilizar dicho sistema de armas. Tales características significan que en caso de encontrarnos un COMAO tendríamos serias dificultades.

## PATRIOT

El sistema Patriot si dispone de la capacidad de defensa ante misiles de tipo TBM, por ello formará parte del estudio de este trabajo y sus características se incluyen en el cuerpo de la memoria. Se han eliminado de este estudio para evitar repeticiones en el mismo.

### Conclusiones del estudio de los sistemas de artillería antiaérea del ejército español

Después de ver los medios de artillería antiaérea de los que dispone el Ejército de Tierra podemos ver que el único que dispone de la capacidad de derribar misiles balísticos, la denominada capacidad TBM, es el sistema de armas PATRIOT. Es por ello que será el único sistema de artillería antiaérea de los materiales del ejército español que se incluirá en el estudio comparativo al que se refiere este trabajo.

## Anexo 8. Principios de defensa aérea y antiaérea

En la determinación de las variables sujetas a estudio ha sido fundamental respetar la doctrina existente de la artillería antiaérea [12]. Dicha doctrina se resume en los *principios de defensa aérea y de defensa antiaérea* que se explican con detalle en este anexo.

### Principios de defensa aérea:

- **Control de la situación aérea:** Con el control de la situación aérea se pretende asegurar el empleo eficaz del espacio aéreo por parte de las fuerzas propias, al tiempo que se le impide al enemigo.
- **Negar la inteligencia:** Consiste en impedir o dificultar al enemigo el acceso a la inteligencia operacional o táctica mediante acciones incluidas en la guerra de mando y control.
- **Alerta temprana:** Consiste en proporcionar la información sobre la actividad aérea enemiga en tiempo oportuno y apoyar así la decisión en cada nivel de mando. Se consigue mediante la obtención, proceso y difusión de dicha información.
- **Defensa en profundidad:** Consiste en someter a la amenaza a un desgaste progresivo para impedir que alcance sus objetivos.
- **Integración de la defensa aérea:** Las operaciones de defensa aérea se integran en el conjunto de las operaciones a través del correspondiente plan de defensa aérea (ADP). Esta integración permitirá coordinar las operaciones de defensa aérea con el resto de las operaciones, terrestres, aéreas o navales.
- **Planeamiento centralizado y ejecución descentralizada:** El principio de planeamiento centralizado y ejecución descentralizada asegura el mayor grado de libertad en el empleo de los diferentes sistemas de armas al tiempo que reduce el fratricidio, optimiza el consumo de recursos y favorece el ejercicio de la iniciativa.

### Principios de defensa antiaérea:

- **Principio de masa:** El principio de masa se cumple al concentrar en un espacio de terreno reducido los sistemas de armas de AAA que sean capaces de combatir distinto tipo de amenazas aéreas que lleven a evitar los ataques aéreos.
- **Principio de armas complementarias:** Supone la combinación de distintos sistemas de armas de forma que se complementen unos a otros y obligue al enemigo a disponer de medios contra todas ellas, de tal manera que se les dificulte el ataque.
- **Principio de movilidad:** Se puede diferenciar entre movilidad estratégica u operacional y táctica.

- **Movilidad estratégica:** Las unidades de AAA deben tener capacidad para ser desplazadas a aquellas zonas de interés para las FAS
- **Movilidad táctica:** Hace referencia a la capacidad de los sistemas de armas de AAA para moverse físicamente por el terreno para poder cumplir las distintas misiones que se les encomiende. Para ello deben poder superar diversos obstáculos a la vez que actúan en entornos, siempre manteniendo sus plenas capacidades.
- **Principio de integración:** Son aquellas actividades, medios y procedimientos que tienen como objetivo la coordinación tanto vertical como horizontal de las operaciones. Esto supone unidad de doctrina, esfuerzo y medios técnicos. Esta coordinación lleva a aumentar la eficiencia del esfuerzo realizado.

## Anexo 9. Fichas resumen de los sistemas

Como herramienta adicional al cuadro comparativo se han elaborado unas fichas resumen sobre los sistemas de armas con capacidad anti TBM que se han analizado en este trabajo.

El objetivo de crear estas fichas es proporcionar una herramienta complementaria que permita acceder de un modo más rápido a información importante asociada a cada sistema de armas. Es importante resaltar que el cuadro comparativo muestra diferencias entre los sistemas de armas, el objetivo de esta nueva herramienta es proporcionar una información más completa de cada sistema que el mando pueda consultar de forma rápida en el momento de toma de decisiones sin tener que recurrir al estudio comparativo completo.

Para elaborar estas fichas se ha diseñado una plantilla con ayuda de la herramienta de formularios de adobe. En la Ilustración 1 aparece una captura de pantalla de este documento.

La idea de emplear una plantilla es por dos motivos: en primer lugar permite disponer de la información de un modo organizado y que resulta fácil de consultar y comparar entre los distintos sistemas de armas de artillería antiaérea. En segundo lugar permite, en un futuro, completar el estudio realizado tras la adquisición de nuevos sistemas de armas con capacidad de defensa TBMD por parte de países aliados OTAN sin más que generar la ficha correspondiente a partir de este formulario base.

A continuación se muestran las fichas realizadas con ayuda de este formulario para cada uno de los sistemas de armas considerados en este trabajo. Se propone que para el uso de estas fichas se impriman en formato A5, que es el formato en el que se han elaborado, por la manejabilidad de este tamaño de documento en el momento de toma de decisiones.

<b>Sistema de armas con capacidad TBMD</b>									
Ficha de Características Básicas									
Nombre del sistema:	<b>PATRIOT PAC-3 CONFIGURACIÓN 2+</b>								
Pais OTAN:	ESPAÑA								
Fabricante:	Raytheon, Lockheed Martin, Siemens, Mitsubishi								
Tipo de sistema:	LARGO ALCANCE								
Empleo en red:	<input checked="" type="radio"/> SÍ <input type="radio"/> NO								
Amenazas que combate:	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">TBM</td> <td style="text-align: center;">ABT</td> <td style="text-align: center;">SOJ</td> <td style="text-align: center;">Slowmovers</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	TBM	ABT	SOJ	Slowmovers	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
TBM	ABT	SOJ	Slowmovers						
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
Misión: MIM 104 C/D									
Peso (kg):	900								
Tipo de cabeza:	CABEZA EXPLOSIVA POR FRAGMENTACIÓN								
Explosivo:	91								
Velocidad de vuelo:	5 Mach (6120 km/h)								
Alcance Máximo (km):	70								
Techo Máximo (km):	24								
Tipo de guiado:	TELEGUIADO INDIRECTO								
Radar: AN/MPQ-53									
Ancho de detección:	120°								
Ancho de empeño:	90°								
Detección de trazas:	160 km								
Nº de empeños:	9 objetivos								
Medidas EPM:	<input checked="" type="radio"/> SÍ <input type="radio"/> NO								

Ilustración 2.- Ficha PATRIOT PAC-3 Configuración 2+

Fuente: elaboración propia.

<b>Sistema de armas con capacidad TBMD</b>									
Ficha de Características Básicas									
Nombre del sistema:	<b>PATRIOT PAC-3 CONFIGURACIÓN 3</b>								
Pais OTAN:	EEUU, ALEMANIA, GRECIA, PAÍSES BAJOS								
Fabricante:	Raytheon, Lockheed Martin, Siemens, Mitsubishi								
Tipo de sistema:	LARGO ALCANCE								
Empleo en red:	<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO								
Amenazas que combate:	<table border="0"> <tr> <td>TBM</td> <td>ABT</td> <td>SOJ</td> <td>Slowmovers</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	TBM	ABT	SOJ	Slowmovers	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
TBM	ABT	SOJ	Slowmovers						
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
Misil: MIM 104 F									
Peso (kg):	312								
Tipo de cabeza:	POR ENERGÍA CINÉTICA								
Explosivo:	SIN EXPLOSIVO								
Velocidad de vuelo:	5 Mach (6120 km/h)								
Alcance Máximo (km):	45								
Techo Máximo (km):	15								
Tipo de guiado:	TELEGUIADO INDIRECTO								
Radar: AN/MPQ-53									
Ancho de detección:	120°								
Ancho de empuño:	120°								
Detección de trazas:	160 km								
Nº de empuños:	9 objetivos								
Medidas EPM:	<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO								

Ilustración 3.- Ficha PATRIOT PAC-3 Configuración 3

Fuente: elaboración propia.

<b>Sistema de armas con capacidad TBMD</b>	
Ficha de Características Básicas	
Nombre del sistema:	<b>THAAD</b>
Pais OTAN:	EEUU
Fabricante:	Raytheon, Lockheed Martin
Tipo de sistema:	LARGO ALCANCE
Empleo en red:	<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO
Amenazas que combate:	TBM <input checked="" type="checkbox"/> ABT <input type="checkbox"/> SOJ <input type="checkbox"/> Slowmovers <input type="checkbox"/>
<b>Misil: THAAD MISSILE</b>	
Peso (kg):	900
Tipo de cabeza:	POR ENERGÍA CINÉTICA
Explosivo:	SIN EXPLOSIVO
Velocidad de vuelo:	8 Mach (10000 km/h)
Alcance Máximo (km):	200
Techo Máximo (km):	150
Tipo de guiado:	TELEGUIADO INDIRECTO
<b>Radar: AN/TPY-2</b>	
Ancho de detección:	360°
Ancho de empeño:	360°
Detección de trazas:	800-900 km
Nº de empeños:	72 objetivos
Medidas EPM:	<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO

Ilustración 4.- Ficha THAAD

Fuente: elaboración propia.

<b>Sistema de armas con capacidad TBMD</b>									
Ficha de Características Básicas									
Nombre del sistema:	SAMP/T con misil Aster 15								
Pais OTAN:	Francia, Italia y Gran Bretaña								
Fabricante:	MBDA								
Tipo de sistema:	LARGO ALCANCE								
Empleo en red:	<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO								
Amenazas que combate:	<table border="0"> <tr> <td>TBM</td> <td>ABT</td> <td>SOJ</td> <td>Slowmovers</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	TBM	ABT	SOJ	Slowmovers	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
TBM	ABT	SOJ	Slowmovers						
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
Misil: Aster 15									
Peso (kg):	310								
Tipo de cabeza:	POR ENERGÍA CINÉTICA								
Explosivo:	SIN EXPLOSIVO								
Velocidad de vuelo:	3 Mach (3672 km/h)								
Alcance Máximo (km):	120								
Techo Máximo (km):	13								
Tipo de guiado:	TELEGUIADO INDIRECTO								
Radar: "Thales Arabel" GM400									
Ancho de detección:	360°								
Ancho de empeño:	360°								
Detección de trazas:	300-400 km								
Nº de empeños:	16 objetivos								
Medidas EPM:	<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO								

Ilustración 5.- Ficha SAMP/T con misil Aster 15

Fuente: elaboración propia.

<b>Sistema de armas con capacidad TBMD</b>									
Ficha de Características Básicas									
Nombre del sistema:	SAMP/T con misil Aster 30								
Pais OTAN:	Francia, Italia y Gran Bretaña								
Fabricante:	MBDA								
Tipo de sistema:	LARGO ALCANCE								
Empleo en red:	<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO								
Amenazas que combate:	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">TBM</td> <td style="text-align: center;">ABT</td> <td style="text-align: center;">SOJ</td> <td style="text-align: center;">Slowmovers</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	TBM	ABT	SOJ	Slowmovers	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
TBM	ABT	SOJ	Slowmovers						
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
Misil: Aster 30									
Peso (kg):	450								
Tipo de cabeza:	POR ENERGÍA CINÉTICA								
Explosivo:	SIN EXPLOSIVO								
Velocidad de vuelo:	4.5 Mach (5608 km/h)								
Alcance Máximo (km):	120								
Techo Máximo (km):	20								
Tipo de guiado:	TELEGUIADO INDIRECTO								
Radar: "Thales Arabel" GM400									
Ancho de detección:	360°								
Ancho de empeño:	360°								
Detección de trazas:	300-400 km								
Nº de empeños:	16 objetivos								
Medidas EPM:	<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO								

Ilustración 6.- Ficha SAMP/T con misil Aster 30

Fuente: elaboración propia.