

Trabajo Fin de Grado

Contribución del Sistema HAWK al concepto
A2/AD en aplicación a la ruta comercial a
través del Estrecho de Gibraltar

Autor

D. Leopoldo García López

Director/es

Director académico: Dña. María Vera Cabello

Director militar: D. David Martínez Jiménez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2021

Agradecimientos

A la Doctora Doña María Vera Cabello, por su especial ayuda y dedicación a la realización de este trabajo, y al Doctor Alberto García Martín por su colaboración con el uso de la herramienta de Carta Digital.

Un especial agradecimiento a los Capitanes Don David Martínez Jiménez y Don Rafael Priego Martínez, por su ayuda a la realización y apoyo recibido durante las prácticas. También a todo el personal del GAAA I/74, cuyo conocimiento ha sido esencial para el desarrollo de este proyecto.

A mi familia, que me ha mostrado su cariño y apoyo durante este largo viaje.

Resumen

La presente memoria se desarrolla con el objetivo de conocer los requisitos y posibilidades de integrar el sistema de misiles antiaéreo HAWK (*Homing all the Way Killer*), dentro del concepto de defensa estratégica A2/AD (*Anti-Access/Area Denial*) con el propósito de mejorar las capacidades de la estrategia defensiva. El estudio se va a llevar a cabo para el caso concreto del Estrecho de Gibraltar, con el objetivo de proteger las actividades y rutas comerciales de este enclave.

La zona geográfica objeto de estudio se ha seleccionado dada su importancia comercial, por ella pasa gran parte del comercio mundial y, es un lugar estratégico debido a la posición que ocupa. El trabajo se inicia con un estudio de estos aspectos, añadiendo los riesgos y la necesidad que tiene España de establecer una estrategia para evitar que un conflicto pueda alterar el correcto funcionamiento de la actividad económica de la zona. Para ello, tras realizar un estudio del sistema de misiles, sus componentes, funcionamiento y tácticas de empleo, se observa que el sistema HAWK, pese a su antigüedad es un sistema válido para llevar a cabo el objetivo propuesto. Como método estratégico se emplea el concepto A2/AD, el cual es expuesto, así como los tipos de conflicto y amenazas actuales que crean el marco sobre el que se centra este proyecto. El estudio bibliográfico y entrevistas realizadas a oficiales que operan el sistema, son los pilares sobre los que se apoya este conocimiento.

Al estudiar la integración de ambos, se concluye que, para un correcto cumplimiento de los objetivos marcados, se requiere un empleo del sistema y unas tácticas adaptadas, así como una adecuada combinación con los demás sistemas de armas que se emplearían para ello dentro de la estrategia defensiva. Obteniendo de tal forma la posibilidad de combatir casi todas las amenazas actuales, exceptuando unas muy concretas que debido a su reciente aparición aún resultan difíciles de combatir por cualquier sistema.

El trabajo finaliza estudiando cómo se deben combatir estas amenazas, cuál debe ser la táctica empleada y cómo se deben desplegar las unidades HAWK sobre el terreno. Así mediante el uso de la herramienta Carta Digital se obtienen dos posibles estrategias de despliegue, las cuales, tras ser sometidas a un análisis DAFO, se ordenan según importancia y se proponen posibles soluciones para paliar sus debilidades.

PALABRAS CLAVE

HAWK, A2/AD, Gibraltar, comercio, defensa.

Abstract

This report is developed with the aim of knowing the requirements and possibilities of integrating the HAWK (Homing all the Way Killer) anti-aircraft missile system, within the A2/AD (Anti-Access/Area Denial) strategic defense concept with the purpose of improving the capabilities of the defensive strategy. The study is going to be carried out for the specific case of the Strait of Gibraltar, with the object of protecting the activities and commercial routes of this enclave.

The geographical area under study has been selected because of its commercial importance, since a large part of world trade passes through it and it is a strategic place due to the position it occupies. The work begins with a study of these aspects, adding the risks and the need for Spain to establish a strategy to prevent a conflict from altering the proper functioning of economic activity in the area. For this purpose, after a study of the missile system, its components, operation and tactics of use, it is observed that the HAWK system, despite its age, is a valid system to carry out the proposed objective. As a strategic method, the A2/AD concept is used, which is exposed, as well as the types of conflict and current threats that create the framework on which this project is focused. The bibliographic study and interviews with officials who operate the system are the pillars on which this knowledge is based.

When studying the integration of both, it is concluded that, in order to achieve the objective, a correct use of the system and adapted tactics are required, as well as an adequate combination with the other weapon systems that would be used for this purpose within the defensive strategy. Thus obtaining the possibility of combating almost all current threats, except for some very specific ones which, due to their recent appearance, are still difficult to combat by any system.

The work concludes by studying how to combat these threats, what tactics should be used and how HAWK units should be deployed in the field. Thus, through the use of the Digital Chart tool, it is obtained two possible deployment strategies, which, after being subjected to a SWOT analysis, are ordered according to importance. Finally, possible solutions are proposed to alleviate their weaknesses.

KEYWORDS

HAWK, A2/AD, Gibraltar, commerce, defense

Índice de contenido

1. Introducción: la importancia del Estrecho de Gibraltar.....	16
1.1 Historia e importancia geopolítica.....	16
1.2 Importancia comercial	18
1.3 Consecuencias para España de un conflicto en la región	20
2. Objetivo y metodología.....	21
2.1 Objetivo	21
2.2 Metodología.....	21
3. Entrevistas	22
4. Sistema de misiles HAWK.....	25
4.1 Organización y funcionamiento.....	25
4.2 UDAA	29
4.3 Método de despliegue de una UDAA.....	30
5. Estado del arte del concepto A2/AD.....	35
5.1 Concepto defensivo A2/AD.....	35
5.2 Tipos de conflictos actuales	36
5.3 Tipos de amenazas aéreas.....	37
5.3.1 Amenazas convencionales	37
5.3.2 Nuevas amenazas	39
6. Aplicación del sistema HAWK al concepto A2/AD	41
6.1 Estudio del despliegue	41
6.2 Comparativa de alternativas	44
6.3 Resultados del análisis y posibles mejoras.....	47
7. Conclusiones	49
Referencias Bibliográficas.....	50
ANEXOS.....	53
Anexo I. Formato de la entrevista	53
Anexo II. Imágenes de drones de la tabla 2	54

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Situación geopolítica del Estrecho de Gibraltar. Fuente [3].....	17
Ilustración 2. Registro del tránsito de contenedores del puerto de Algeciras en 2019. Fuente [7]	19
Ilustración 3. Secuencia de un ataque con dron azerí a tropas atrincheradas. Fuente [11]	23
Ilustración 4. Imagen de un lanzador con 3 misiles. Fuente [13]	25
Ilustración 5. Imagen de un cargador. Fuente [13]	26
Ilustración 6. Imagen de una BCP. Fuente [13]	26
Ilustración 7. Imagen de un radar PAR. Fuente [13].....	27
Ilustración 8. Imagen de un radar CWAR. Fuente [13]	27
Ilustración 9. Imagen de un radar HIPIR. Fuente [13].....	28
Ilustración 10. Imagen de un grupo electrógeno. Fuente [14].....	28
Ilustración 11. Conexiones de una batería HAWK. Fuente [13].....	29
Ilustración 12. Dibujo de defensa mediante apoyo mutuo. Fuente elaboración propia	31
Ilustración 13. Dibujo de defensa mediante solape de fuegos. Fuente elaboración propia	31
Ilustración 14. Dibujo de defensa de forma aislada. Fuente elaboración propia.....	31
Ilustración 15. Representación de burbujas de varios sistemas antiaéreos. Fuente [15]	32
Ilustración 16. Dibujo de defensa mediante acción lateral. Fuente elaboración propia	33
Ilustración 17. Dibujo de defensa mediante acción frontal. Fuente elaboración propia	33
Ilustración 18. Dibujo de despliegue en defensa equilibrada. Fuente elaboración propia	33
Ilustración 19. Dibujo de despliegue mediante defensa ponderada. Fuente [12]	34
Ilustración 20. Representación de sistemas de armas combinados mediante A2/AD. Fuente [17]....	36
Ilustración 21. Imagen de un F-16 C/D Block 50/52. Fuente [21]	38
Ilustración 22. Imagen de un CH-47 Chinook. Fuente [22]	38
Ilustración 23. Representación de las partes y alcance de un misil hipersónico. Fuente [24]	40
Ilustración 24. Zonas vistas y ocultas de la alternativa 1. Fuente elaboración propia	43
Ilustración 25. Zonas vistas y ocultas de la alternativa 2. Fuente elaboración propia	44
Ilustración 26. MQ-9 REAPER. Fuente [29].....	54
Ilustración 27. SEARCHER MK III. Fuente [30]	54
Ilustración 28. PHANTOM 4 PRO V2.0. Fuente [31]	54
Ilustración 29. X8 LONG RANGE. Fuente [32]	54

Índice de tablas

Tabla 1. Población de ciudades más numerosas cerca del Estrecho en 2019. Fuente elaboración propia.....	19
Tabla 2. Precios de algunos tipos de dron actuales. Fuente [23]	39
Tabla 3. Esquema del análisis DAFO de la primera alternativa. Fuente elaboración propia	45
Tabla 4. Esquema del análisis DAFO de la segunda alternativa. Fuente elaboración propia	46

Abreviaturas, siglas y acrónimos

A2/AD	<i>Anti-Access/Area Denial</i> , Anti-Acceso/Negación de Área
AAA	Artillería Antiaérea
BCP	<i>Battery Command Post</i> , Puesto de Mando de Batería
CAS	<i>Close Air Support</i> , Apoyo Aéreo Cercano
CEGET	Centro Geográfico del Ejército de Tierra
CIO	Centro de Información y operaciones
CPL	Centro de Personal y Logística
CWAR	<i>Continuos Wave Acquisition Radar</i> , Radar de Adquisición de Ondas Continuas
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
ET	Ejército de Tierra
GAAA	Grupo de Artillería Antiaérea
GPS	<i>Global Positioning System</i> , Sistema de Posicionamiento Global
HIPIR	<i>High Power Illumination Radar</i> , Radar de Iluminación de Alta Potencia
IEEE	Instituto Español de Estudios Estratégicos
INE	Instituto Nacional de Estadística
MDE	Modelo Digital de Elevaciones
OTAN	Organización del Tratado Atlántico Norte
HAWK	<i>Homing All the Way Killer</i>
PAR	<i>Pulse Acquisition Radar</i> , Radar de Adquisición de Pulsos
RAAA	Regimiento de Artillería Antiaérea
SAM	<i>Surface to Air Missile</i> , Misil Tierra Aire
SWOT	<i>Strengths, Weakness, Opportunities and Threats</i>
TFG	Trabajo Fin de Grado
UAD	Unidad de Apoyo Directo
UDAA	Unidad de Defensa Antiaérea
URSS	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
USGS	<i>United States Geological Survey</i> , Servicio Geológico de los Estados Unidos

1. Introducción: la importancia del Estrecho de Gibraltar

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG) tiene como objetivo analizar cómo en el sistema HAWK (*Homing All the Way Killer*) puede contribuir el concepto A2/AD (*Anti-Access/Area Denial*) poniendo el foco de atención en el Estrecho de Gibraltar, para tratar de minimizar las posibles consecuencias de amenazas en la zona sobre el comercio que se lleva a cabo. En este sentido, es importante tener en cuenta, por un lado, que sobre el sistema HAWK, en abril de este mismo año, se publicó las intenciones por parte de Defensa de realizar una serie de actuaciones a corto plazo que garantizase la operatividad de este tipo de misiles hasta 2025, mientras se realiza un estudio para la modernización del mismo a medio plazo [1]. Este, como se explicará más adelante, es un sistema de misiles de tipo SAM (*Surface to Air Missile*, Misil Tierra Aire), capacitado para derribar múltiples tipos de amenazas aéreas y el cual, a la vista de las últimas publicaciones, pese a su antigüedad, es el que se seguirá utilizando por las Fuerzas Armadas españolas. Durante este trabajo se analizarán las capacidades de este sistema y su competitividad para operar en dicho entorno frente a las amenazas actuales que pudieran aparecer. Para conocer como esto se puede realizar, se describirán las tácticas de combate que se emplean actualmente, así como los elementos que componen una unidad de dicho sistema, tomando como referencia la unidad GAAA I/74 acuartelada en San Roque, Cádiz.

Por otro lado, es importante resaltar la importancia tanto geopolítica como comercial de la zona del Estrecho de Gibraltar. Por ello, el resto de la introducción va a dedicarse a estudiar la trascendencia de la zona a analizar en el trabajo, dejando para las siguientes secciones el análisis de los sistemas de armas y conceptos que se tratan. Concretamente, la segunda sección se ocupa de los objetivos y metodología sobre los que se centra este trabajo, dejando para la tercera sección las principales conclusiones extraídas de las entrevistas realizadas, con las que se pretende conocer de primera mano los aspectos más relevantes tanto del sistema HAWK como del concepto A2/AD y sus posibles sinergias. Tras ello se realiza una descripción del sistema HAWK, con el propósito de exponer en qué consiste y cómo se emplea. En el cuarto apartado se estudia el funcionamiento de la estrategia A2/AD, analizando de qué trata, los tipos de conflicto en que puede aplicarse y las amenazas actuales. En la sexta sección se propone cómo combinar el concepto estudiado con los medios HAWK, analizando los factores necesarios, requisitos de cada misión y los despliegues posibles. Por último, se encuentran las conclusiones donde se resumen las ideas desarrolladas durante la memoria.

1.1 Historia e importancia geopolítica

El Estrecho de Gibraltar es una franja de mar de 14 kilómetros que separa África y Europa, así como el Mar Mediterráneo y el océano Atlántico. Un punto de gran importancia, que para entender los hechos que en él ocurren es necesario conocer su historia. El origen del nombre del peñón que allí predomina procede de un término árabe que significa montaña de Tarik¹ y se remonta al dominio musulmán de la península ibérica que perduró durante varios siglos. Tras la conquista cristiana en 1462 pasó definitivamente a la Corona de Castilla y posteriormente a la recién creada Corona de España con la unión de los Reyes Católicos. En el año 1704 durante la Guerra de Sucesión, fue capturado por tropas inglesas y desde entonces hasta día de hoy permanece bajo su dominio [2]. La importancia de este peñón radica en que desde él se puede controlar todo lo que ocurre en el estrecho debido a sus 426 metros de altura sobre el nivel del mar. Por otro lado, el resto del territorio peninsular que le rodea pertenece a España y al otro lado se puede ver que, a excepción de Ceuta, toda la costa del estrecho se encuentra bajo control marroquí.

¹ Tarik fue el primer líder musulmán en comenzar la invasión de la península

Por tanto y como se puede ver en la Ilustración 1, se encuentran tres actores en la región geográfica objeto de estudio, los cuales son clave para entender la situación actual, y es fácil apreciar como las relaciones entre ellos y su distinta idiosincrasia tanto política, como económica y social marcan el trascurso y consecuencias de los acontecimientos que suceden.



Ilustración 1. Situación geopolítica del Estrecho de Gibraltar. Fuente [3]

Para tener una mejor idea de la situación geopolítica de la región se deben tener en cuenta las reclamaciones que algunos de estos países tienen sobre dichos territorios. En el caso de Gibraltar, España tiene abiertas reclamaciones para que vuelva a pertenecer a la Corona de España. Debido a la insistencia española y pese a las negativas británicas, se realizó un referéndum en 1967 en el que la población de dicho territorio dictaminó que prefería permanecer bajo dominio inglés. Bajo dicho argumento y hasta día de hoy se niegan a ceder la soberanía del territorio. Por otro lado, se encuentra la reclamación marroquí de las provincias españolas del norte de África (Ceuta y Melilla), así como varios peñones de reducido tamaño. A ello hay que sumar las disputas del territorio marítimo entre los 3 actores. Estas solicitudes se han ido acrecentado en los últimos meses, provocando un aumento de la tensión en las relaciones diplomáticas entre España y Marruecos. Con dicha situación se enmarca el trabajo, bajo este contexto histórico que marca las relaciones y vicisitudes actuales.

La posición geográfica que ocupa el Estrecho, como puede deducirse de lo descrito anteriormente, es la principal característica que le confiere a esta zona su importancia. Los estrechos a lo largo de la historia han sido puntos clave y en ciertos casos la llave a la creación de grandes imperios. Dicha importancia no se ha visto reducida con los años, de hecho, ha seguido aumentando en gran parte fomentada por el desarrollo del comercio durante la globalización, haciendo de estas regiones un pilar de gran importancia para las economías de prácticamente todos los países del mundo. Reino Unido era consciente de ello y por tal razón insistió en conservar su conquista de Gibraltar mediante la firma del tratado de Utrecht en 1715 tras la guerra de Sucesión.

Gibraltar, a día de hoy, mantiene su importancia como uno de los estrechos más importantes y con más tránsito del mundo. Por ello, en el caso de que se diese un conflicto armado, el bloqueo de este enclave sería una notable ventaja militar para el bando que lo realizase ya que evitaría el paso entre el mar mediterráneo y el atlántico a cualquier barco enemigo. Un ejemplo para apreciar esta importancia, puede ser el caso de que España hubiera decidido alinearse con alguna de las dos grandes alianzas europeas durante la Segunda Guerra Mundial y hubiese bloqueado dicho estrecho, esto hubiera marcado un antes y un después en el conflicto. Aportando una gran ventaja a sus aliados y un grave problema a sus oponentes, ya que una

parte importante de las grandes operaciones que se llevaron a cabo durante la guerra, como las invasiones del norte de África y de Italia, habrían sido imposibles. Este ejemplo, además, hace ver que España es un aliado importante para los países de la OTAN, lo cual aporta prestigio y una cierta posición de poder en la alianza. Otro ejemplo, este real, es el que se produjo al comienzo de la Guerra Civil, cuando la mayoría de flota española actuando en defensa de la república, bloqueó el paso naval de las fuerzas rebeldes del norte de África hacia la península. Este hecho hizo que el levantamiento estuviera a punto de fracasar, si no hubiese sido por el apoyo que la Alemania e Italia fascista proporcionaron mediante la aportación de aeronaves para que las fuerzas terrestres pudieran cruzar [4]. Teniendo esto en cuenta, se puede apreciar la importancia de proteger el estrecho y su comercio, y la necesidad de continuar destinando recursos de una forma eficaz para tal causa.

Como precedente más reciente de las consecuencias de un incidente en zonas de vital importancia como esta, podemos observar el que ocurrió en marzo de 2021 cuando un carguero quedó encallado durante 6 días en el Canal de Suez, por donde transita el 12 por ciento del comercio mundial. Esto causó pérdidas que diferentes analistas privados calculan que han estado entre 6.000 y 10.000 millones de dólares, y consecuencias como la subida en un 6 por ciento del precio del crudo [5]. Teniendo esto en cuenta, en el caso de un conflicto bélico el estrecho de Gibraltar podría quedar intransitable durante un tiempo mucho mayor; lo que podría provocar pérdidas aún mayores a nivel mundial y especialmente a España. En este trabajo se planteará el método de defensa militar conocido como A2/AD, que consiste en el empleo combinado de un gran número de sistemas y armas para hacer frente a este posible problema, que será desarrollado en el cuarto apartado del mismo.

1.2 Importancia comercial

Como consecuencia de la globalización y el aumento del comercio entre los países de todo el mundo, el Estrecho de Gibraltar ha ido adquiriendo cada vez más relevancia hasta convertirse en uno de los puntos clave del comercio marítimo. Una muestra de ello es que cada año pasan más de 116.000 buques [6] por sus aguas, la mayoría transportando mercancías. Su posición geográfica y punto de paso obligado entre el Mediterráneo y el Atlántico hacen de él un punto de vital importancia para el comercio entre Asia, Europa, América y África.

La importancia de esta zona geográfica se hace más patente para algunas industrias, como la de los hidrocarburos, puesto que cerca del ochenta por ciento del gas y el petróleo que parte desde el norte de África y Oriente medio y que lleva por destino Europa, América y la costa este de África, debe pasar por dicho punto. Por tanto, cabe destacar la magnitud que tendría su hipotético cierre, o que se convirtiera en una zona de peligro para los barcos que por allí transitan, afectando al comercio mundial y a la economía de países especialmente sensibles a dichos cambios.

Centrando la atención en España, un símbolo de la importancia comercial es el puerto de Algeciras. Uno de los puertos con mayor número de tráfico de mercancías de España, siendo también uno de los más relevantes en el Mar Mediterráneo. En la Ilustración 2 puede verse un resumen de las mercancías medidas en toneladas que entraron y salieron de dicho puerto en el año 2019. Se encuentra en la bahía que lleva su nombre, a unos dieciocho kilómetros al oeste de Gibraltar. Es un enclave de vital importancia económica para el país, por lo que en caso de conflicto es necesario destinar recursos para evitar que su normal funcionamiento se viera afectado. Durante este trabajo se tendrán en cuenta estos hechos a la hora de tomar decisiones que impliquen consecuencias sobre ellos. La metodología que se plantea en los siguientes apartados mediante el concepto de defensa A2/AD, implica en ciertos casos priorizar zonas a defender, lo que requiere tener conocimiento de cuáles son las de mayor importancia.

CABOTAJE		EXTERIOR	TOTAL
MERCANCIAS EMBARCADAS			
En contenedores	32.138	151.723	183.861
En otros medios	440.319	3.882.743	4.323.062
TOTAL	472.457	4.034.466	4.506.923
MERCANCIAS DESEMBARCADAS			
En contenedores	61.214	65.513	126.727
En otros medios	238.662	4.173.673	4.412.335
TOTAL	299.876	4.239.186	4.539.061
MERCANCIAS EMBARCADAS MÁS DESEMBARCADAS			
En contenedores	93.352	217.236	310.588
En otros medios	678.980	8.056.416	8.735.396
TOTAL	772.333	8.273.652	9.045.984

Ilustración 2. Registro del tránsito de contenedores del puerto de Algeciras en 2019. Fuente [7]

Otro punto importante para el comercio es el puerto de Ceuta, por el que en 2019 pasaron un total de 772.552 toneladas según su memoria anual [8]. También se debe tener en cuenta la importancia de defender los núcleos de población, ya que resultan objetivos clave a proteger con el propósito de salvaguardar, en primer lugar, a la población de la zona, así como el correcto desarrollo de las actividades comerciales. En la Tabla 1 se muestra el número de habitantes de las principales ciudades y puertos españoles de la zona del Estrecho, por orden decreciente, según datos del INE (Instituto Nacional de Estadística). Esta tabla resultará útil para, en apartados posteriores, tener en cuenta las áreas que requieren prioridad sobre otras, siendo las de mayor prioridad las que poseen mayor población.

Provincia	Población
Algeciras	123.078
Ceuta	84.829
La Línea de la Concepción	63.630
Gibraltar	33.691
San Roque	31.218
Los Barrios	23.642
Tarifa	18.162

Tabla 1. Población de ciudades más numerosas cerca del Estrecho en 2019. Fuente elaboración propia

Para concluir este apartado, cabe señalar que garantizar la seguridad de los navíos durante su tránsito se ha vuelto un requisito indispensable para España y las naciones con control marítimo en la zona. Con dicho objetivo se afrontan problemas como el tráfico ilegal de mercancías, drogas e incluso de personas, que desde hace varias décadas suponen un gran reto para las fuerzas y cuerpos de seguridad del estado. De hecho, se estima que el ochenta por ciento del hachís que llega a Europa lo hace por la zona del Estrecho [9]. Todo ello pese al esfuerzo de las autoridades que cada año incautan más de 600 toneladas de drogas a los cárteles. A ello hay que sumar las altas tasas de desempleo en la zona, lo cual provoca que muchos jóvenes busquen en este negocio su forma de vida. La cual trae inestabilidad y requiere de una mayor atención por parte de los cuerpos de seguridad que allí operan.

La inmigración también juega un papel importante, pues cada año son miles los inmigrantes que tratan de llegar a la península a través de rutas que utilizan organizaciones ilegales en África.

Siendo en muchas ocasiones su último tramo el cruce del estrecho mediante pequeñas embarcaciones y pateras, donde ponen su vida en riesgo y además supone establecer vigilancia costera de forma permanente, sumando otra preocupación para dichos cuerpos de seguridad.

1.3 Consecuencias para España de un conflicto en la región

Tras haber analizado los puntos anteriores, las consecuencias que una guerra implicaría en el Estrecho, el cual actuaría como teatro de operaciones, son apreciables a simple vista. El hecho de que se dificulte o impida el tráfico naval y aéreo sería un grave problema, no solo por la propia existencia del conflicto, sino porque en términos económicos las consecuencias serían importantes tanto en magnitud, como en ámbito de influencia. Con respecto a este último punto, el principal afectado por ellas sería el estado español, debido a que el Estrecho es uno de los mayores puntos de entrada de comercio portuario. También supondría que la costa este y oeste de España quedarían incomunicadas dificultando de igual forma el comercio nacional marítimo.

A lo anterior deben añadirse, las consecuencias estratégicas, la incomunicación de ambas costas de España provocaría problemas para el desarrollo de operaciones militares. Desde el transporte de tropas y medios, hasta el funcionamiento de las rutas logísticas, necesarias para que dichas operaciones se lleven a cabo. También supondría que la flota española no podría atravesar el Estrecho para operar en ambas zonas, por lo que deberían adaptarse estrategias en las que se sitúe a los navíos en el Mar Mediterráneo o en el Océano Atlántico. O en su defecto dividir en dos la flota para que pueda actuar en ambas zonas, pero con una posibilidad de éxito inferior. En cualquier caso, provocaría una notable desventaja militar. Todo esto ocurriría si el control aéreo o marítimo no se encontrase del lado de España, o en su defecto se viese deteriorado lo suficiente como para que su tránsito estuviera limitado. Por supuesto también desaparecería la posibilidad de viajar, aislando las ciudades españolas del norte de África.

Como se explicará más adelante, el concepto defensivo A2/AD que se trata en este trabajo se centra en evitar que dicha situación ocurra, intentando mantener el control de los puertos y de sus costas de la nación que lo emplea. Su correcto desarrollo e implantación, es una forma efectiva de defensa que, aunque no puede garantizar ser invencible, si es uno de los más desarrollados y modernos conceptos de defensa estratégica. La OTAN se encuentra desarrollándolo desde hace varias décadas, y su estudio e implantación en lugares estratégicos de todo el mundo se ha vuelto una de las prioridades en su lista. Es por ello, que este trabajo va a adoptar este método para garantizar la seguridad, y se centrará especialmente en como integrar el sistema de misiles HAWK dentro de este.

2. Objetivo y metodología

2.1 Objetivo

En el marco de la región en la que nos encontramos; el Estrecho de Gibraltar, el propósito de este TFG es analizar cómo el sistema HAWK puede contribuir al concepto A2/AD, integrándose y aportando nuevas capacidades a la estrategia defensiva. Para la consecución del mismo, se buscarán los requisitos necesarios para ello y se analizará cómo puede actuar de la manera más adaptada al entorno y esta zona geográfica concreta. Con ello, se pretende evitar que, en caso de un conflicto en la zona, este no afecte, o al menos lo haga lo mínimo posible, al tránsito comercial, que como se ha enfatizado en los apartados anteriores resulta de gran importancia.

Para conseguir dicho objetivo, en primer lugar, se realizará un estudio del sistema de misiles y sus capacidades, así como un análisis de sus componentes y metodología de empleo, basados en el análisis de manuales, artículos y las explicaciones de la tropa, suboficiales y oficiales que lo operan cada día en el GAAA I/74 de San Roque. Por otro lado, se analizará el concepto defensivo A2/AD para conocer sus capacidades y si puede ser empleado en el caso de estudio.

2.2 Metodología

En lo que respecta a la metodología empleada para la elaboración del presente trabajo, el grueso principal del mismo va a basar su análisis y por extensión, sus propuestas y conclusiones, en la revisión bibliográfica. Concretamente, se han consultado tanto manuales, como artículos u otros documentos que se van mencionando a lo largo del estudio. Adicionalmente, se han realizado entrevistas a oficiales que conocen muy de cerca el sistema HAWK, así como el concepto defensivo que se trata en este trabajo. La entrevista es una herramienta cualitativa y, por tanto, habrá que tomarla como tal a la hora de interpretar sus resultados. A ello, debe añadirse que la muestra de personas que conocen ambos sistemas en la unidad GAAA I/74 es muy reducida. En todo caso, la experiencia de los entrevistados es un buen punto de inicio para la elaboración del estudio.

En la realización del análisis, en aras a estudiar las posibilidades que el sistema de misiles HAWK aporta para el objetivo del TFG, se presentan varias alternativas concernientes a su despliegue como se explicará en apartados posteriores. Estas opciones se han extraído gracias al empleo de la herramienta Carta Digital², la cual ha sido de ayuda para discernir entre las mejores. Se trata de un software del Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CEGET) que permite realizar múltiples tareas sobre representaciones del terreno. En esta memoria se utiliza para conocer las zonas vistas y ocultas de los radares como se explicará en profundidad en el apartado 5. Posteriormente se empleará el análisis DAFO para la toma de decisiones entre las alternativas posibles para obtener un despliegue principal y uno alternativo. El Análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) o SWOT (*Strengths, Weakness, Opportunities and Threats*), se define como “una metodología de estudio donde se analiza la situación externa e interna cuyo objetivo es determinar las características de un escenario. Consiste en sintetizar, identificar y medir, en un gráfico o tabla resumen, la valoración de las cuestiones fuertes, débiles, de las amenazas y oportunidades externas, en coherencia con la lógica de que la estrategia debe lograr un adecuado ajuste entre su capacidad interna y su posición externa” [10]. De ahí que esta herramienta sea de gran utilidad para discernir entre las alternativas planteadas.

² Software diseñado para realizar tareas sobre mapas geográficos, topográficos y geográficos entre otras funciones.

3. Entrevistas

Como punto de partida para la elaboración del trabajo se ha optado por la realización de entrevistas al personal destinado en la unidad GAAA I/74 de San Roque. El propósito es conocer de primera mano las ventajas, desventajas, problemas y posibilidades futuras, directamente de aquellos que lo conocen a fondo de cara a obtener resultados fiables. Para ello, se optó por realizar entrevistas solo a aquellos que estuviesen familiarizados con los tres bloques de preguntas en los que consistía el cuestionario. Con ello, y dado que la estrategia de defensa A2/AD no es un concepto con el que están familiarizados quienes se encuentran entre los primeros empleos de oficial, (la estrategia a este nivel está desarrollada principalmente por Generales y oficiales de alto rango), finalmente solo se realizaron entrevistas a dos Capitanes de artillería destinados en la unidad. Concretamente, se trata del Capitán D. Rafael Priego Martínez y el Capitán D. David Martínez Jiménez, quienes poseen un amplio conocimiento sobre el tema como se detallará más adelante.

En lo que respecta al guion seguido en las entrevistas, se desarrolló en tres bloques (las preguntas concretas pueden verse en el Anexo I). El primer bloque, trata sobre el sistema HAWK, concretamente, se valora la experiencia trabajando con él, sus problemas y posibilidades que ofrece tanto presentes como futuras. El segundo bloque habla sobre el concepto A2/AD, haciendo referencia a su importancia actual, su desarrollo futuro y cómo puede emplearse en la zona en la que se centra el trabajo. El último bloque se centra en cómo integrar el sistema HAWK dentro del A2/AD de cara a conseguir el objetivo propuesto en el TFG. Se busca conocer si realmente es posible alcanzarlos, o en su defecto hay que emplear métodos alternativos.

De las respuestas a las preguntas del primer bloque, podemos extraer las siguientes ideas. Uno, ambos poseen una larga carrera militar en artillería antiaérea con muchos años de experiencia y participación en varias misiones internacionales. Por tanto, pese a lo reducido de la muestra, sus valoraciones será un buen punto de partida para el análisis. Dos, focalizando la atención en lo que al sistema HAWK respecta, ambos coinciden en que dicho sistema de misiles es capaz de cubrir las necesidades actuales y puede ser empleado de forma óptima. Tres, pese a lo anterior, ambos apuntan a que el sistema arrastra varios problemas, principalmente el de los casi sesenta años que lleva en servicio, que pese a todas las actualizaciones y modernizaciones que se le han ido añadiendo con los años está comenzando a quedarse obsoleto frente a los sistemas actuales. Cuarto, a la antigüedad del sistema le añaden otros dos problemas, como son la carga logística y de mantenimiento que requiere. Como se explicará más adelante en la organización de un grupo HAWK, este cuenta con cuatro radares por batería, lo que supone que a la hora de ser transportados debe emplearse un camión para cada uno. Además, cada uno necesita de suministro eléctrico para ser empleado, por lo que se requiere un número grande de grupos electrógenos³ y mayor cantidad de combustible para ser convertida en energía para los sistemas. Así como operarios para cada aparato con especializados en su funcionamiento. El Capitán Priego proponía como posible mejora durante su entrevista, adquirir sistemas de radar más modernos que sean capaces de sustituir los 4 radares actuales en uno solo, lo cual reduciría la carga logística y el gasto en gran medida. En lo que respecta a los inconvenientes de mantenimiento, debido al gran número de años en servicio los problemas en los aparatos son muy comunes, por lo que gran parte de ellos se suele encontrar en los talleres de reparación. De hecho, tras sus años de servicio en las unidades, cuentan que se instruye a los operarios para que el tiempo que los aparatos se encuentren sin ser usados sea el mínimo posible. Ya que ello acarrea un gran número de fallos cuando posteriormente son puestos en funcionamiento. Al ser

³ Máquina encargada de dar suministro eléctrico a los sistemas mediante un motor de combustión interna.

desplegados, necesitan de artilleros⁴ especializados en tareas de mantenimiento para que solucionen los pequeños problemas que van apareciendo. De hecho, como se mencionará en el tercer apartado de este trabajo, dentro de la organización de una batería⁵ HAWK, una de las dos secciones⁶ que la componen se encarga exclusivamente de las tareas de reparación a pie de campo.

Del segundo bloque, concerniente al concepto A2/AD podemos extraer las siguientes ideas. Uno, se trata de renombrar algo que ya existía desde mucho antes, como es el hecho de evitar que una fuerza enemiga llegue hasta territorios donde presenta una amenaza. Algo que ciertamente lleva ocurriendo desde hace siglos, la diferencia es que se trata de una forma algo más compleja y sofisticada de emplear los elementos de defensa. Elementos que además se han ido modernizando con los años y apareciendo otros nuevos, lo que presenta un reto a la hora de diseñar una forma óptima de empleo. En los últimos años ha aparecido un nuevo sistema de armas de ataque que, aunque ya existía desde hace tiempo, se ha desarrollado en gran medida. Se trata de los drones, nuevas armas con un gran espectro de capacidades que amenazan las estrategias actuales de defensa. Para dar ejemplo de ello, el Capitán Priego hablaba de la segunda guerra de Nagorno Karabaj acaecida en 2020, donde Azerbaiyán hizo empleo de nuevas técnicas con drones, como se cita en el estudio; “Guerra de drones en el Cáucaso Sur: lecciones aprendidas de Nagorno Karabaj” del IEEE (Instituto Español de Estudios Estratégicos) [11], “el empleo generalizado por parte de Azerbaiyán de una gran variedad de sistemas aéreos no tripulados, tanto en misiones de reconocimiento como de ataque, ha sido clave en la victoria final de esta república. La capacidad de integración de estos sistemas en el seno de sus Fuerzas Armadas, la adaptación doctrinal, así como una correcta aplicación estratégica, han sido a su vez esenciales para esta consecución.” Esta doctrina se puede comprobar en la Ilustración 3, donde se aprecia la secuencia de como un dron azerí localiza mediante su cámara una posición terrestre de tropas armenias y tras ello la bombardea. Esta posición es parecida a la que el sistema HAWK realiza sobre el terreno, por lo que se puede apreciar su vulnerabilidad frente a este tipo de sistemas.

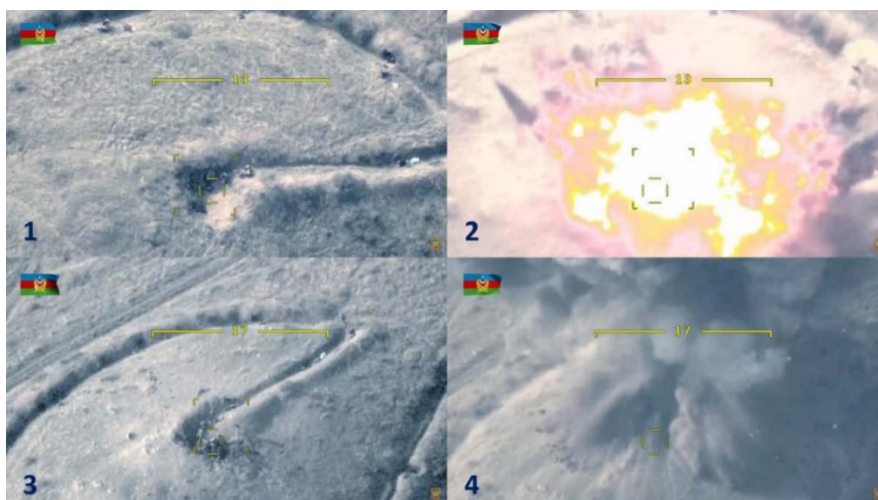


Ilustración 3. Secuencia de un ataque con dron azerí a tropas atrincheradas. Fuente [11]

Este nuevo sistema de armas es el mayor reto al que se enfrentan las estrategias militares actuales, presenta una amenaza difícil de combatir con los medios actuales y puede resultar clave, tal y como se mencionaba en el anterior artículo, para obtener la victoria en un conflicto armado. Por tanto, como conclusión se extrae que el A2/AD es una gran opción para ser llevado

⁴ Soldado perteneciente al arma de Artillería del Ejército de Tierra

⁵ Elemento de organización del arma de artillería en la que se integran varias decenas de artilleros

⁶ Unidad militar subordinada a una batería

a cabo, pero requiere estar actualizado frente a los nuevos desarrollos, y ser rediseñado para adaptarse a ellos en todo momento. Cumpliéndose esos requisitos y junto al correcto empleo de los sistemas, se pueden obtener los resultados deseados para cumplir la misión de la que trata este trabajo.

Lo concerniente al objetivo de este trabajo se aborda en el tercer bloque de la entrevista, y ambos entrevistados estaban de acuerdo en que es factible de ser llevado a cabo pese a los problemas que anteriormente se mencionan. La protección de las rutas comerciales en el estrecho es una tarea difícil, pero factible con los medios actuales. Recalcaban que la clave sería integrar debidamente nuestro sistema de armas con los demás que también colaborarían en la tarea, consiguiendo complementar sus ventajas. Ya que la correcta integración de todos los sistemas que actúen en el teatro de operaciones es un requisito indispensable dentro de la estrategia A2/AD. Para ello además el HAWK debe emplearse de manera que haga uso de sus oportunidades consiguiendo el mejor rendimiento posible.

En definitiva, pese a que solo se han podido realizar entrevistas a dos Capitanes, su amplia experiencia en artillería aérea deja patente que la integración del sistema HAWK al concepto A2/AD es factible, pero para su correcta puesta en funcionamiento, se debe tener en cuenta las limitaciones del primero (antigüedad, carga logística y mantenimiento), mientras que el segundo tiene que estar preparado para enfrentarse a los últimos desarrollos tecnológicos, como son los drones.

4. Sistema de misiles HAWK

4.1 Organización y funcionamiento

El sistema de armas del que trata este trabajo se denomina HAWK debido a sus siglas en inglés *Homing All the Way Killer*. Emplea misiles tipo MIM-237, diseñados para ser lanzados desde tierra y alcanzar únicamente objetivos aéreos, por lo que se clasifica como tipo SAM, (*Surface to Air Missile*). Estos se definen como de tipo teleguiado, directo, semiactivo. Esta clasificación hace referencia a la forma en que se guía el misil. Concretamente, que sea teleguiado indica que recibe las órdenes para dirigirse al objetivo desde un elemento externo, en este caso el radar HIPIR, éste ilumina el blanco con una señal electromagnética la cual rebota en la aeronave y es captada de vuelta, averiguando su posición y velocidad. Además, es de tipo directo lo cual significa que se desplaza para llegar por la ruta más corta hacia el blanco. Finalmente, es semiactivo ya que hace referencia a que recibe las indicaciones para realizar correcciones en vuelo. Pueden derribar objetivos a una distancia de hasta 40 kilómetros y un techo máximo de 18 kilómetros [12], consiguiendo velocidades de hasta 800m/s (Mach 2,4). La unidad mínima de empleo de este sistema es la batería de armas, dentro de ésta, cada una posee seis lanzadores con capacidad de hasta tres misiles cada uno a la vez (véase Ilustración 4), lo que le permite disparar hasta 18 misiles antes de tener que reponerlos. En este apartado, se explicará con más detalle de qué se compone una de estas baterías con el objetivo de conocer el sistema que se trata en el trabajo.

La organización de una batería de armas se divide en dos secciones. En primer lugar, se encuentra una dedicada únicamente a labores de mantenimiento a pie de campo. Esto se debe a que se trata de un sistema con muchos años de servicio y los fallos son comunes cuando es operado. La segunda es la sección de fuego, encargada de realizar todas las funciones relacionadas con la preparación del disparo y el disparo en sí. A continuación, se describirán los elementos que se encuentran en ella, se acompañarán con imágenes y una breve descripción para que el lector pueda hacerse una idea del sistema y conocer las capacidades de cada uno de ellos. Esto servirá para en apartados posteriores entender ciertos criterios relacionados con los requisitos de despliegue y las posibilidades que ofrecen estos sistemas.

- ❑ Lanzadores modelo LNZ con capacidad para 3 misiles. Se organizan en torno a dos pelotones con tres lanzadores cada uno (véase Ilustración 4).



Ilustración 4. Imagen de un lanzador con 3 misiles. Fuente [13]

- ❑ Cargador, se trata de un vehículo a cadenas encargado de colocar los misiles en el lanzador (véase Ilustración 5).



Ilustración 5. Imagen de un cargador. Fuente [13]

- ❑ BCP (*Battery Command Post*, Puesto de Mando de Batería), se trata del puesto de mando de la batería en donde se encuentra un *shelter* que cuenta con el equipo necesario, los ordenadores y elementos para realizar las labores de mando y control de la batería (véase Ilustración 6). En él se encuentra el Teniente jefe de la Sección de fuego junto a sus operadores auxiliares. Posee capacidad para dirigir el combate en tiempo real⁷ y se encuentra enlazada con todos los radares y lanzadores de la batería.



Ilustración 6. Imagen de una BCP. Fuente [13]

- ❑ Radar PAR (*Pulse Acquisition Radar*, Radar de Adquisición de Pulsos), hace uso de la tecnología de adquisición de pulsos para detectar objetivos a media y alta altitud en sus 360 grados. Puede funcionar en todo tipo de clima, y cuenta con tecnología para proporcionar detección sensible de objetos en zonas con gran ruido⁸. Su alcance es de

⁷ En el combate aéreo se define como batalla en tiempo real a los eventos que ocurren entre el presente y la media hora futura como máximo.

⁸ Se trata de cualquier tipo de energía electromagnética que se presenta dentro de la banda de frecuencias que utiliza la señal que se quiere transmitir o recibir.

hasta 110 kilómetros (véase Ilustración 7).



Ilustración 7. Imagen de un radar PAR. Fuente [13]

- ❑ Radar CWAR (*Continuous Wave Acquisition Radar*, Radar de Adquisición de Ondas Continuas), este radar está especializado en detectar blancos a cota⁹ media y baja. Al igual que el PAR puede trabajar en sus 360 grados. Posee un alcance de hasta 80 kilómetros (véase Ilustración 8).



Ilustración 8. Imagen de un radar CWAR. Fuente [13]

- ❑ Radares HIPIR (*High Power Illumination Radar*, Radar de Iluminación de Alta Potencia), se encarga de adquirir y rastrear los blancos en acimut¹⁰, elevación y alcance. Cuenta con una cámara de aumentos capaz de seguir objetivos de forma visual. Sirve como unidad de interfaz para proporcionar los ángulos de lanzamiento para los procesadores situados en la BCP. Puede detectar objetivos en alcances similares al CWAR (véase Ilustración 9).

⁹ La cota hace referencia a la altitud de la aeronave

¹⁰ Se refiere a un ángulo en orientación sobre la superficie terrestre.



Ilustración 9. Imagen de un radar HIPIR. Fuente [13]

- ❑ Grupo electrógeno, proporciona corriente eléctrica a los aparatos mediante la quema de gasoil en un motor de combustión interna (véase Ilustración 10).



Ilustración 10. Imagen de un grupo electrógeno. Fuente [14]

Estos aparatos y sus operarios que se encuentran en la sección de fuego, junto con la sección de mantenimiento conforman una batería de armas HAWK. Como se expone en la Ilustración 11, todos los radares se encuentran enlazados con la BCP. La cual recibe los datos en tiempo real para poder dar una imagen del combate actualizada en todo momento. Los lanzadores también se encuentran conectados, por lo que el disparo se puede realizar desde ella. Cada aparato tiene dos modos de funcionamiento, automático y manual. En el primero, el funcionamiento de todos ellos se realiza desde la BCP, asumiendo el jefe de la sección de fuego y sus auxiliares todas las funciones. En el segundo modo, a la BCP continúan llegando todos los datos, pero el manejo de los aparatos es realizado por sus propios operarios. El empleo de estos métodos es elegido adaptándose a las circunstancias del combate.

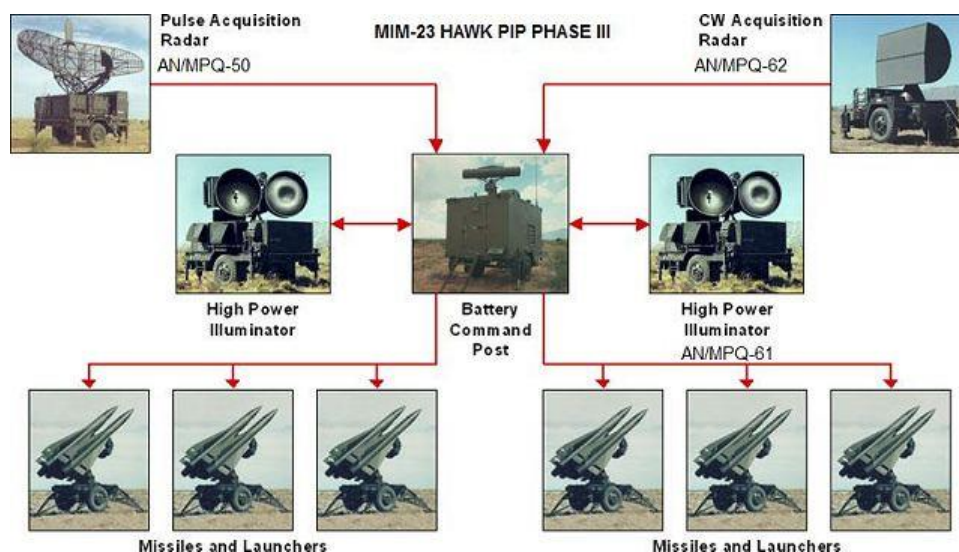


Ilustración 11. Conexiones de una batería HAWK. Fuente [13]

Para la realización de este trabajo se ha estudiado la organización del Grupo GAAA I/74 que se encuentra en el Acuartelamiento Cortijo Buenavista en San Roque, sirviendo desde 1968. La orgánica del grupo se estructura en torno a 6 baterías, donde se distinguen 3 baterías de armas como la recientemente descrita, una batería de UAD (Unidad de Apoyo Directo), una batería de plana¹¹ y la batería de servicios. Estas tres últimas se encargan de labores apoyo, servicio y mando para el correcto funcionamiento de las baterías de armas. El despliegue de estas baterías se realiza de acuerdo a unas agrupaciones conocidas como UDAA, que se estudiarán en el siguiente apartado.

4.2 UDAA

Cuando se habla de una UDAA (Unidad de Defensa Antiaérea), esta se describe como la entidad fundamental en la que puede emplearse un sistema de defensa antiaéreo. Estas unidades suelen estar estructuradas en base a la orgánica de unidades de AAA (Artillería Antiaérea), a las que se les suman o restan capacidades acordes a las necesidades de la misión que realizan. Una UDAA no puede tener organización menor, que la mínima unidad de empleo, que en el caso del HAWK sería una batería de armas. Aunque ello no quita que si se requiere se pudiese constituir una UDAA de entidad superior.

Por norma general una UDAA se divide en los tres núcleos siguientes:

- A. Núcleo de mando y control:** desde donde se planea, organizan y coordinan las acciones a realizar. En él se encuentra el puesto de mando. Aplicada al caso que el trabajo abarca, en él se encuentra la batería de plana con elementos como el CIO¹² y el CPL¹³.
- B. Núcleo de fuego:** son las entidades encargadas de realizar las acciones necesarias para el disparo y el propio disparo. Son los elementos que realizan las acciones reales

¹¹ En orgánica militar se define como unidad de plana, aquella en la que se encuentra el jefe de la unidad y sus auxiliares, para realizar múltiples tareas de supervisión y facilitar su correcto funcionamiento.

¹² Centro de Información y Operaciones. Se encuentra en la batería de plana y lleva a cabo tareas de coordinación y mando.

¹³ Centro de Personal y Logística. Se encuentra en la batería de plana y lleva a cabo tareas relacionadas con el personal y coordinación entre baterías.

de combate y en él se encuentran las baterías de armas.

- C. **Núcleo de apoyo logístico:** tiene como función cubrir las necesidades para el correcto funcionamiento de la misión. Estaría formado por la batería de servicios y la batería de UAD.

Como conclusión de este apartado se puede extraer que dentro del GAAA I/74 se encuentran hasta 3 UDAAAs disponibles de nivel batería. A estas se le pueden sumar o restar algunos elementos, pero en general su organización no debería distar mucho de la de una batería de armas. Están preparadas para ser desplegadas de forma independiente y realizar sus funciones de combate. Para decidir la forma de despliegue sobre el terreno de estas unidades se tienen en cuenta una serie de conceptos conocidos como criterios de despliegue. Por otro lado, los demás núcleos deberán desplegarse adaptándose al terreno y circunstancias, de forma que mejor puedan realizar sus funciones de mando y apoyo a las UDAAAs.

4.3 Método de despliegue de una UDAA

Como en cualquier ámbito militar, a la hora de tomar decisiones se siguen una serie de pautas para asegurar que el resultado sea el mejor posible. En lo que se refiere a despliegues de artillería antiaérea se analiza lo que se define como **criterios de despliegue**. Lo primero que se requiere es analizar qué se quiere defender, tras ello las amenazas que se pretenden enfrentar, los medios disponibles y, por último, se emplea este método para esclarecer cómo posicionar las UDAAAs. Para ello, los criterios se dividen en cuatro apartados, dentro de los cuales hay que tomar decisiones que afectarán al resultado final. Se debe tener en cuenta que una UDAA tiene además la necesidad de ser situada en un punto en el que sus radares puedan emitir sin encontrar obstáculos entre ellos y la zona a vigilar, como pueden ser montañas o arboledas que limiten su eficacia, por lo que zonas en lo alto de picos o montañas resultan atractivas para ello. Teniendo esto en cuenta y aplicando los criterios, puede ser desplegada en cualquier zona que cumpla estos requisitos, sin necesidad de ser una zona con instalaciones para ello. En caso de conflicto no se requieren permisos burocráticos más allá de la autorización a través de la cadena de mando correspondiente. Sin embargo, sí resulta adecuado que la zona de despliegue posea caminos practicables preferiblemente de fácil acceso, para facilitar la llegada de los aparatos y las rutas logísticas. Este puede ir variando si la situación lo requiere, por lo que su ubicación no tiene por qué ser la misma durante todo el conflicto.

El primer apartado se centra en el apoyo que se dan entre sí, es decir cómo se combinan las burbujas de protección que ofrecen. Lo pueden hacer de tres formas:

- **Apoyo mutuo:** La posición de una UDAA se encuentra dentro de la burbuja de otra (véase Ilustración 12). Es la alternativa mediante la cual se pueden proporcionar una mayor capacidad defensiva entre las unidades desplegadas. Es por ello que suele ser el método más empleado.

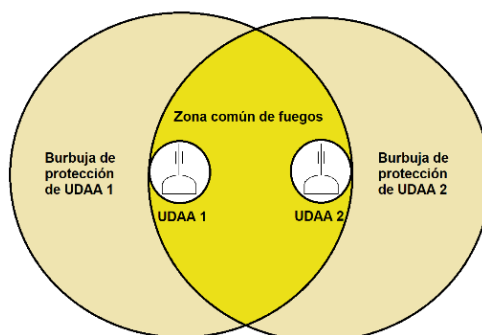


Ilustración 12. Dibujo de defensa mediante apoyo mutuo. Fuente elaboración propia

- **Solape de fuegos:** Parte de la burbuja se encuentra dentro de la otra, de manera que hay regiones que estarían cubiertas por ambas (véase Ilustración 13). Este método aporta la ventaja de poder cubrir una mayor superficie, pero en detrimento de la seguridad mutua entre UDAA.

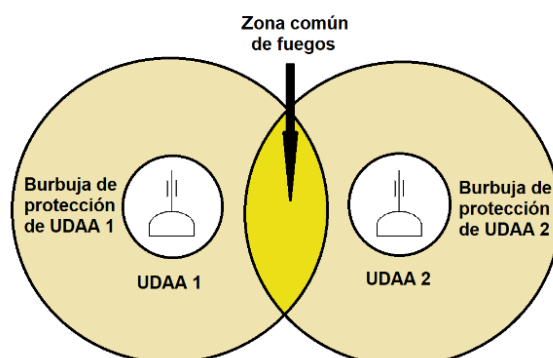


Ilustración 13. Dibujo de defensa mediante solape de fuegos. Fuente elaboración propia

- **De forma aislada:** las burbujas se encuentran separadas y no se tocan entre sí (véase Ilustración 14). Suele emplearse en situaciones muy concretas donde no se requiere que las unidades se apoyen entre ellas.

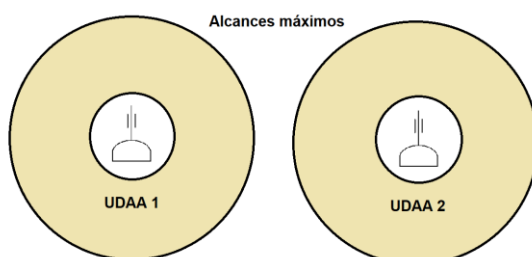


Ilustración 14. Dibujo de defensa de forma aislada. Fuente elaboración propia

Cuando se despliega un contingente en un teatro de operaciones o cuando se pretende realizar la defensa de una determinada región, se sitúan múltiples sistemas de defensa antiaérea

para dar protección a la fuerza desplegada. Estos sistemas se complementan cubriendo las necesidades que cada uno posee, y en muchas ocasiones se produce una combinación de las tres opciones anteriores. En la ilustración 15 se aprecian estas alternativas, además se puede ver cómo los de mayor alcance envuelven a los demás, y los de menor alcance se emplean para proteger zonas muy concretas. Por ello, para alcanzar un despliegue como el de la ilustración, se deberán emplear diferentes sistemas antiaéreos más allá del sistema HAWK, siendo como apuntan en [15], especialmente relevante cuando el adversario también utiliza el concepto A2/AD.

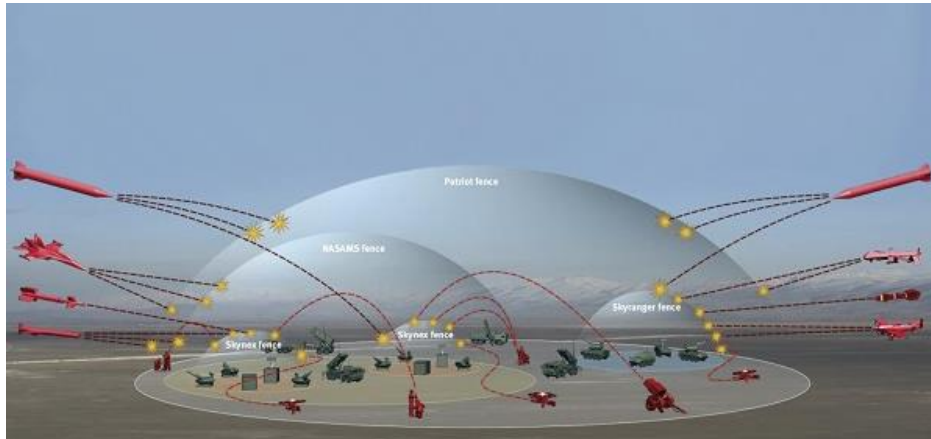


Ilustración 15. Representación de burbujas de varios sistemas antiaéreos. Fuente [15]

El segundo apartado trata de la forma de emplear los sistemas haciendo uso del espacio disponible. Se distinguen dos opciones a estudiar:

- **Acción lejana:** en esta opción, el derribo de la aeronave se realizaría a grandes distancias, en muchos casos la de mayor alcance posible. Se centra en conseguir que la amenaza se aproxime lo mínimo posible a la zona a defender.
- **Acción en profundidad:** consiste en situar los medios defensivos a lo largo del recorrido que seguiría la amenaza, de manera que se someta a un volumen de fuego creciente conforme se aproxima. Un ejemplo de este método se encuentra dentro del concepto A2/AD, que se emplea para combinar todas las unidades antiaéreas disponibles.

En el siguiente punto se estudia cómo se pretende atacar la nave enemiga, distinguiéndose dos formas:

- **Acción lateral:** en este caso las UDAA se sitúan lateralmente a la dirección por la que se espera que aparezca el enemigo, por tanto, la trayectoria del misil sería perpendicular a la del blanco, alcanzándolo probablemente por uno de sus laterales (véase Ilustración 16). Se suele emplear si se busca un impacto en dichas condiciones o si se prefiere que la amenaza se encuentre a una distancia menor en el momento de ser derribada.

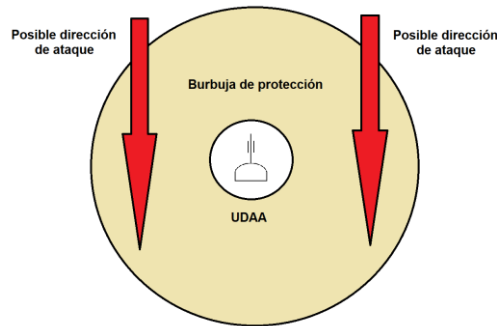


Ilustración 16. Dibujo de defensa mediante acción lateral. Fuente elaboración propia

- **Acción frontal:** consiste en situar la posición defensiva dentro de la trayectoria de ataque probable enemiga, en este caso las trayectorias del misil y del blanco tendrían similar dirección y sentidos opuestos (véase Ilustración 17). Normalmente se usa cuando se quiere conseguir que la amenaza se aproxime lo mínimo posible y suele ser usada cuando se emplea la acción lejana.

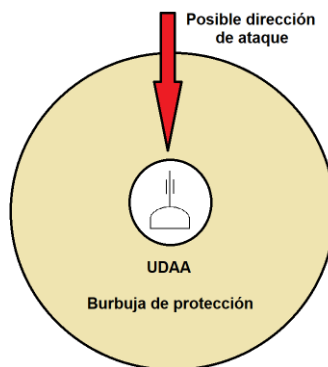


Ilustración 17. Dibujo de defensa mediante acción frontal. Fuente elaboración propia

El último apartado a analizar, trata sobre el despliegue de las unidades en el terreno. Se analizan las posibles vías de aproximación del enemigo y se adapta el despliegue para conseguir la defensa óptima. Una vez estudiados los puntos anteriores y teniendo en cuenta las circunstancias se decide entre:

- **Defensa equilibrada:** es aquella en la que se adapta un despliegue con el objetivo de defender una posición en los 360 grados (véase Ilustración 18). Es decir, que independientemente de por dónde llegue la amenaza hay medios defensivos para hacerle frente.



Ilustración 18. Dibujo de despliegue en defensa equilibrada. Fuente elaboración propia

- **Defensa ponderada:** este tipo de defensa centra su atención en una dirección concreta (véase Ilustración 19), centrando sus medios y consiguiendo una mayor capacidad defensiva en el sector elegido. Tiene la ventaja de ser más fuerte en dicha dirección, pero estar desprotegida si la amenaza viene por otra distinta.

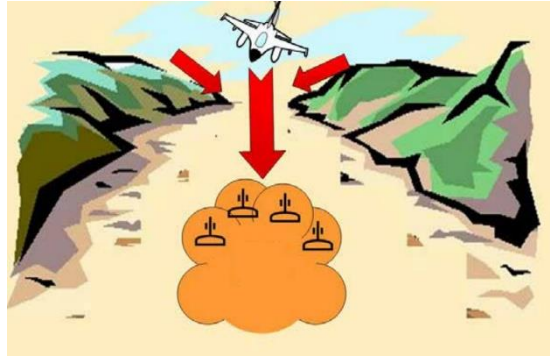


Ilustración 19. Dibujo de despliegue mediante defensa ponderada. Fuente [12]

En apartados posteriores se requerirá la toma de decisiones de despliegue de las baterías, para ello se empleará esta metodología. Para realizar la tarea propuesta en este trabajo se decide establecer, además, una serie de requisitos necesarios para el cumplimiento del objetivo. A la hora de establecer los criterios de despliegue, también se deben tener en cuenta aspectos adicionales [12] que se encuentran adaptados a cada situación. Estos aspectos quedan a criterio de quien se encuentra realizando el análisis y abarcan requisitos explícitos e implícitos necesarios para la misión encomendada. De tal manera, para este trabajo se proponen los siguientes cometidos:

- Los misiles deben estar colocados de manera que su alcance pueda proteger el tráfico comercial la **mayor distancia** posible en su paso por el estrecho.
- En la medida de lo posible, sus **alcances** deberán encontrarse **superpuestos** de manera que puedan protegerse entre sí.
- La **orografía** del terreno debe ser **apta** para el despliegue adoptado.
- Resultará de interés para la defensa, puntos clave para el comercio como el **puerto de Algeciras y Ceuta**, así como los principales **núcleos de población**.
- El sistema HAWK **deberá integrarse** con los demás sistemas de defensa para complementar sus necesidades.

5. Estado del arte del concepto A2/AD

5.1 Concepto defensivo A2/AD

Desde mucho tiempo atrás, parte del éxito que se esconde en la victoria durante un conflicto bélico, reside en el hecho de dificultar o imposibilitar la libertad de movimientos y acciones del adversario. Desde la construcción de castillos y murallas, hasta el moderno empleo de líneas defensivas o campos de minas. El concepto A2/AD se basa en esta idea, pero a una escala mucho mayor, abarcando despliegues de grandes unidades en teatros de operaciones y la movilidad inherente a ellos. Concretamente, trata de impedir dichas acciones mediante sistemas que actúan tanto por tierra, como por mar y aire. Pese a que tuvo su origen en la doctrina soviética de la guerra fría durante los años ochenta, dicho concepto recibió especial importancia tras la tercera crisis del Estrecho de Taiwán, en la cual China amenazó con invadir la isla y Estados Unidos llevó hasta la zona tres grupos de portaviones, consiguiendo una supremacía total tanto aérea como naval sobre su adversario [16]. Este suceso provocó dentro del alto mando chino y de las demás potencias, la idea de que impedir o dificultar la posibilidad de despliegues como este podrían ser claves en el desarrollo de un conflicto, lo cual derivó en el desarrollo del A2/AD.

Parte del análisis realizado para este trabajo se centra en el estudio de Cuadernos de Pensamiento Naval [16], realizados por la escuela de guerra naval de la armada española. En ellos se describe cómo este concepto se divide en dos partes, la primera es el concepto que trata de las capacidades anti-acceso (A2). Se basa en evitar o en su defecto retrasar el acceso de las fuerzas hacia un teatro de operaciones empleando para ello los medios necesarios. En el caso de que esto no fuera posible se busca conseguir que lo hagan a una distancia mucho mayor de la que desearían, limitando sus capacidades y en la medida de lo posible impedirlos. La segunda parte trata de las capacidades de denegación de área (AD). En el caso que no haya sido posible impedir al enemigo el acceso a una zona, éstas se centran en evitar que pueda llevar a cabo acciones en ella. Un ejemplo es el caso de que el enemigo disponga de medios aéreos para su empleo en operaciones de tipo CAS¹⁴ (*Close Air Support*), en las que apoyaría el combate de las unidades terrestres. El AD consiste en que no pudieran ser empleados debido por ejemplo a nuestra supremacía aérea o medios antiaéreos que resultarían letales por parte de quien emplea el A2/AD.

Es importante decir que este sistema de defensa implica el uso de una gran cantidad de medios, tanto terrestres como aéreos y marítimos. Los sistemas que se utilizan dentro de cada ejército cuentan con una serie de ventajas y desventajas, están especializados en combatir ciertas amenazas, pero son vulnerables frente a otras. La clave del éxito se centra en complementarlos de manera que sean lo menos vulnerables posible. Un ejemplo claro de como lo hacen ocurre en la artillería de campaña, que resulta muy efectiva contra unidades terrestres enemigas pero vulnerables frente a ataques aéreos. Para compensarlo se utilizan unidades de artillería antiaérea que tienen capacidades opuestas. Y así ambas quedan protegidas frente a ambas amenazas. Esto llevado a la práctica a un nivel mucho mayor y más complejo es lo que supone la creación del concepto que se trata. Esta simbiosis resulta muy beneficiosa si se realiza de forma óptima, dentro de la AAA se busca en la medida de lo posible el apoyo mutuo entre todas las unidades, o en su defecto el solape de fuegos. Para ello se intenta introducir las burbujas de protección con las que se protegen a sí mismas y a otros elementos civiles o militares, dentro de otras mayores que a su vez las protejan como se puede comprobar en la

¹⁴ Consiste en un ataque realizado por una aeronave sobre objetivos hostiles que se encuentran próximos a fuerzas propias. Requiere una gran coordinación entre fuerzas terrestres y aéreas.

Ilustración 20, donde se muestra un modelo simplificado del A2/AD.

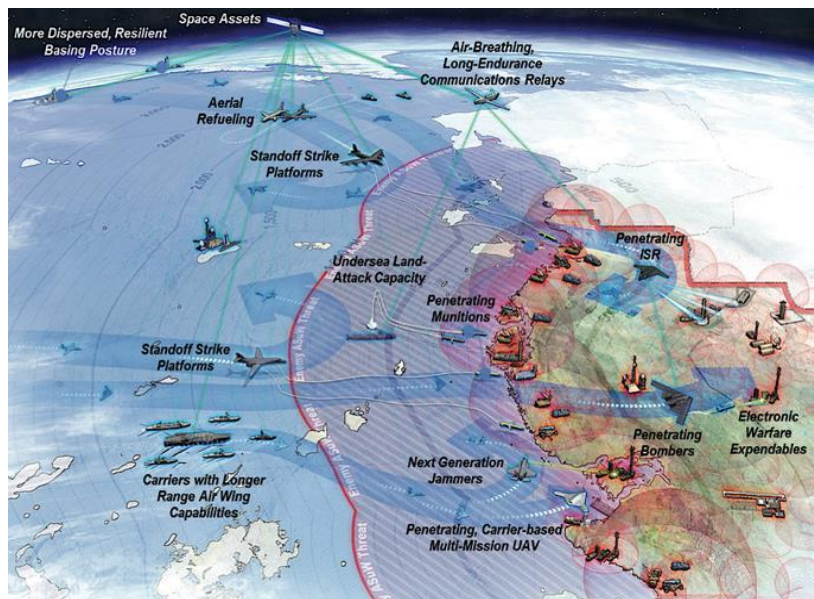


Ilustración 20. Representación de sistemas de armas combinados mediante A2/AD. Fuente [17]

Cabe decir que esta idea no es algo nuevo que haya surgido en las últimas décadas. Como decía el Capitán Priego en su entrevista, es un concepto que lleva funcionando desde que existe más de un elemento de combate en un campo de batalla. La diferencia es que en éste se estudia un número muy grande de elementos, con muchos de ellos habiendo sido desarrollados hace relativamente poco, y otros que, aunque llevan existiendo desde hace mucho más tiempo, han sido desarrollados hasta poseer capacidades que hacen replantearse la forma de ser empleados. A día de hoy es el concepto más moderno que se estudia para ser aplicado en los teatros de operaciones, y que se espera que en el futuro continúe desarrollándose. Por ello se propone en este trabajo como el método de empleo generalizado para las unidades que defenderían el Estrecho en caso de necesidad.

5.2 Tipos de conflictos actuales

Cada medio que se emplea dentro de este concepto estratégico se usa de una determinada manera dependiendo del tipo de conflicto en el que se encuentra y las amenazas a las que debe enfrentarse. Por ello es importante conocer los tipos de conflicto actuales y si estos afectan de una determinada manera al modo de empleo del sistema HAWK.

Los riesgos a los que se enfrenta el correcto desarrollo del comercio son variados y requieren un profundo estudio. El desarrollo de un conflicto armado traería desastrosas consecuencias, es por ello que los países interesados en evitarlo, como España, deben destinar medios para impedir esas indeseadas consecuencias. Las alianzas internacionales son una gran herramienta para evitar, mediante disuasión, que dos naciones se enfrenten, debido a que muchas más se implicarían en el conflicto haciéndolo internacional, como ocurría en la primera mitad del siglo XX. Durante esa época predominó un tipo de conflicto que enfrentaba a dos naciones con fuerzas parecidas, lo que se define como un conflicto simétrico. Sin embargo, tras la Segunda Guerra Mundial y con la aparición de la guerra fría, los dos grandes bloques que gobernaban el mundo; el occidental unificado en la OTAN y el soviético en la URSS, querían evitar un conflicto directo. Por lo que su lucha se realizaba de forma un tanto encubierta en países generalmente del tercer mundo, donde ambos grupos directa o indirectamente apoyaban a uno de los bandos que combatía en el país. Dando lugar a un tipo de conflicto que llevaba existiendo desde hacía mucho tiempo, pero ahora de una forma mucho más organizada y efectiva,

hablamos del conflicto asimétrico.

Por tanto, vemos que en líneas generales se pueden distinguir dos tipos de enfrentamientos. El primero es el combate de tipo **simétrico**, es decir, el enfrentamiento se produce entre dos ejércitos de parecido tamaño y medios. Lo que podríamos describir como un combate equilibrado entre dos o más naciones con parecida organización militar y estratégica. El segundo tipo es el combate **asimétrico** que se define, por la Doctrina de empleo de las fuerzas terrestres, como el que “se produce entre varios contendientes de capacidades militares normalmente distintas y con diferencias básicas en su modelo estratégico” [18]. Usualmente se trata de una fuerza de menor tamaño que centra su esfuerzo en desgastar a su oponente y evitar el combate directo, ya que es consciente de que sufre una gran desventaja. Busca bajar la moral y los recursos mediante tácticas de lo que se conoce como guerra de guerrillas [19]. Además, desde hace unas décadas se estudia un nuevo tipo de conflicto como combinación de los dos anteriores, hablamos de la **guerra híbrida**. Se trata de un tercer tipo de conflicto en el que se emplean fuerzas regulares asociadas al combate simétrico y fuerzas irregulares familiarizadas con el asimétrico, de manera conjunta y coordinada. De forma que emplean métodos difíciles de combatir que suponen otro reto a los estrategas militares actuales.

EL sistema HAWK que se trata en este trabajo tiene como capacidad la de derribar aeronaves que se encuentren dentro de su alcance efectivo. Puede emplearse para todo tipo de conflicto, por lo que cubriría las necesidades defensivas en todos los escenarios posibles. Es por ello que asumiremos todos estos posibles escenarios como uno único, ya que desde el nivel de empleo del HAWK no hay apenas diferencia. Pero es importante conocer que en ciertos detalles su actuación variaría. Como en el caso de tener que derribar aeronaves en combate asimétrico, lo cual requeriría tener confirmación mediante varias fuentes (observadores, radares u otros elementos) que puedan asegurar completamente que se trata de un medio enemigo. En este tipo de conflicto el adversario no suele disponer de dichos medios, pero ello no impide que por algún motivo los haya conseguido y los emplee. Es decir, si se localiza una aeronave supuestamente enemiga pese a que se supone que no poseen esos medios, hay que estar muy seguro de que sea del adversario para derribarla. En la mayoría de los casos, para no cometer el error de derribar un avión aliado o de un país neutral que se encuentre en la zona. Mientras que, en el simétrico, debido a que se cuenta con que el enemigo posee numerosos medios aéreos, no se requiere una confirmación de tantas fuentes. Aunque ello dependerá también de las circunstancias y situación del combate, así como del tipo de aeronave al que se enfrente. En general, en el combate simétrico existen dos tipos de medios aéreos que son empleados de forma convencional, los cuales cuentan con unas capacidades diferenciadas que se analizarán en el siguiente apartado.

5.3 Tipos de amenazas aéreas

5.3.1 Amenazas convencionales

Este tipo de amenazas recibe su nombre del hecho de que son las que más se han usado en casi todos los escenarios bélicos que involucraban medios aéreos. Dentro del mundo de la aeronáutica militar se distinguen principalmente dos variedades de aeronaves, las de **ala fija** y las de **ala rotatoria**. Como sus nombres indican, las primeras hacen referencia a aquellas cuyas alas permanecen ancladas y no sufren movimientos más allá de los de pequeños alerones como en el caso del F-16 de la Ilustración 21. El caza, el bombardero, el planeador o los aviones de transporte son ejemplos de esta clase de aviación. Todos ellos son vulnerables frente al sistema HAWK. Exceptuando ciertas maniobras y contramedidas¹⁵ muy concretas que pudieran realizar,

¹⁵ Herramientas que posee una aeronave y que se realizan para evitar sufrir daños por parte de otro sistema.

en la gran mayoría de casos no es posible evitar el impacto del misil una vez este es disparado. Gracias a su gran velocidad (800m/s) es capaz de realizar impactos mediante acciones laterales y frontales como se menciona en el Apartado 4.3. Haciendo que independientemente de la dirección por la que provenga este tipo de amenaza, una vez entra en su burbuja de acción, sea un sistema muy válido para evitar que esta pueda llevar a cabo sus operaciones.



Ilustración 21. Imagen de un F-16 C/D Block 50/52. Fuente [21]

Los de ala rotatorio se refieren a helicópteros y modelos derivados como el CH-47 "Chinook". Como se observa en la Ilustración 22, pueden tener varias hélices de diversos tamaños. Normalmente poseen al menos dos, ya que si solo tuvieran una el vehículo sufriría un efecto de giro inverso al de sus hélices debido a la tendencia de todos los cuerpos a permanecer en estado de reposo. Los misiles HAWK tienen capacidad para neutralizar este tipo de amenaza de igual forma que las de ala fija. De hecho, son más efectivos, ya que estos medios tienen velocidades inferiores a los de ala fija y cuentan con unas contramedidas más limitadas frente a ataques de misil.



Ilustración 22. Imagen de un CH-47 Chinook. Fuente [22]

En general, el sistema HAWK es una buena opción para proporcionar defensa aérea contra medios convencionales. Posee una efectividad de impacto muy alta una vez se ha detectado el objetivo y se dispara el misil contra él. Es por ello que pese a sus largos años de servicio (casi sesenta), sigue en dotación en el ejército de Tierra y se pretende que siga así durante varios años más a la vista de los últimos pasos dados por Defensa para la actualización del mismo. Sin embargo, en las últimas décadas han ido surgiendo nuevas armas, capaces de desafiar los sistemas actuales que requieren ser analizadas en un apartado diferente.

5.3.2 Nuevas amenazas

En los últimos años han ido surgiendo nuevos diseños de armas o se ha perfeccionado el diseño de otros que llevaban existiendo desde hacía tiempo. Un ejemplo de esto son los **drones** de pequeño tamaño que, o bien resultan difíciles de detectar por sus radares, o presentan una superficie tan pequeña que la dificultad de ser impactados por misiles o munición convencional aumenta considerablemente. Este nuevo tipo de amenaza presenta todo un reto para los sistemas de defensa actuales, de hecho, hoy en día son la mayor amenaza a la que se enfrentan las estrategias actuales. Además, el peligro de que sean empleados aumenta debido al hecho de que este tipo de aeronaves son relativamente baratas. No hace falta tener una gran industria bélica para ser fabricadas, ni realizar grandes inversiones como sería el caso de querer construir una flota aérea convencional. Pueden ser de tipo ala fija o rotatoria dependiendo de su diseño, ya que existe una gran variedad, por ello merecen ser estudiados aparte debido a las especiales características que poseen.

Hay que tener en cuenta el factor económico que aparece a la hora de evaluar una amenaza. De acuerdo con el estudio “El sistema de defensa aérea no-cinético, clave para la defensa antidrón [23]” del IEEE, el coste estimado de un misil HAWK se encuentra en torno a los 250.000 dólares. Por tanto, emplearlo para derribar un F-16 C/D Block 50/52 como el de la Ilustración 21, el cual tiene un precio aproximado de 18,8 millones de dólares, resulta muy beneficioso desde un punto de vista económico, en el sentido de que el coste de la defensa en proporción a los riesgos evitados es pequeño. Pero muchos de los nuevos drones tienen precios muy inferiores. Pese a que la amenaza que presentan también es inferior a la que plantearía el F-16, como se puede ver en la Tabla 2 perteneciente al mismo estudio, en algunos casos el precio del misil que se dispara es muy superior al del objetivo. En general, la potencia de combate¹⁶ de un dron suele ser muy inferior al de un caza de combate moderno, pero si se emplease el presupuesto de una de estas aeronaves en adquirir sistemas de drones, la capacidad de producir daños al adversario resulta muy superior. Aunque esto dependerá de la situación y circunstancias del combate. Por supuesto cabe decir que el coste de no derribar ese dron puede conllevar mayores gastos económicos y pérdidas tanto materiales como humanas, pero la gran diferencia de precios provoca que se deba considerar el factor económico, el cual es importante a tener en cuenta de cara a cualquier tipo de conflicto, especialmente a largo plazo. Frente a esta amenaza se deben desarrollar medios capaces de hacerle frente, sin que la diferencia de costes sea tan notable. En el Anexo II se encuentran imágenes correspondientes a los drones que se mencionan.

DRON	PRECIO ESTIMADO (dólares)
MQ-9 REAPER	< 20 millones
SEARCHER MK III	5,3 millones
PHANTOM 4 PRO V2.0	1.499
X8 LONG RANGE	1.999

Tabla 2. Precios de algunos tipos de dron actuales. Fuente [23]

Otra nueva amenaza que se ha ido desarrollando en los últimos años es la de los **misiles hipersónicos**. Un vehículo hipersónico se define como aquel que tiene una velocidad superior a la del sonido, lo que significa Mach 5 o superior, pero menor a Mach 25. En la Ilustración 25 se muestra los alcances en distancia y tiempo que dan una idea de las capacidades de este sistema.

¹⁶ Capacidad de un sistema para causar daños al adversario y cumplir la misión que se le encomienda.

Este desarrollo ha estado encabezado principalmente por Rusia, China y Estados Unidos, que ven en esta arma una nueva amenaza en potencia, ya que actualmente no existen formas de contrarrestarla. Además, cabe la posibilidad de implantar cabezas nucleares en estos misiles, haciendo de ellas armas de alto valor estratégico.



Ilustración 23. Representación de las partes y alcance de un misil hipersónico. Fuente [24]

Según el estudio “Armas hipersónicas: el sistema armamentístico de la nueva era” del IEEE [25], hoy en día hay dos formas de hacer frente a estos nuevos sistemas armamentísticos. El primer método consiste en desarrollar armas de similares capacidades, manteniendo el ritmo de una carrera armamentística que sirva como disuasión hacia el adversario en el ámbito convencional y nuclear, conocida como disuasión por castigo. La segunda forma de hacerles frente es la disuasión por negación, esta se centra en desarrollar sistemas de defensa hipersónicos capaces de contrarrestar a los sistemas ofensivos. Esto daría lugar a una carrera armamentística entre potencias nucleares. Resulta preocupante para la estabilidad geopolítica mundial el hecho de que Rusia y China se encuentren ya en un estado muy avanzado en el desarrollo de estas armas, por lo que es posible que dicha carrera ya se encuentre en proceso. España tampoco goza de sistemas de defensa frente a estas amenazas, por lo que no cuenta con una estrategia de defensa adecuada contra estos medios.

Este apartado se plantea para el conocimiento de las vulnerabilidades con las que cuenta la estrategia defensiva propuesta. Cabe decir que actualmente no existe ningún método probado capaz de superar este problema. El actual sistema de defensa A2/AD que se presenta para cumplir los objetivos del proyecto, resulta vulnerable principalmente frente a estas dos amenazas surgidas en las últimas décadas. El sistema HAWK no tiene capacidad para derribar misiles en vuelo, así como tampoco la de derribar muchos de los drones actuales, especialmente los de menor tamaño. Dependiendo del tamaño y características podría hacer frente a algunos de ellos, pero no resulta una opción atractiva para que sea considerado como el único sistema empleado frente a estas amenazas. Por ello, dentro de la estrategia de defensa, para la intervención de misiles enemigos se emplearía el sistema PATRIOT que sí posee esa capacidad. Se trata de otro sistema de misiles antiaéreos con similares características y capacidades que el HAWK, pero con capacidad antimisil. Sin embargo, este tampoco puede competir contra velocidades hipersónicas ni contra drones. Estas vulnerabilidades se encuentran presentes en todos los sistemas de defensa actuales, por lo que resulta conveniente el estudio de nuevas armas y métodos de empleo para paliar esta situación, así como adaptar los medios actuales al empleo de técnicas necesarias para contrarrestar esta vulnerabilidad.

6. Aplicación del sistema HAWK al concepto A2/AD

6.1 Estudio del despliegue

En este apartado se estudiará la forma óptima de despliegue de las tres UDAAs que podría desplegar un grupo HAWK, con el propósito de cumplir los objetivos propuestos. Para ello se emplearán los cuatro criterios de despliegue descritos en el Apartado 3.3. En el primer punto la decisión consiste en analizar cuál es la mejor combinación de las burbujas de protección para que se apoyen entre ellas. De dicho punto se extrae que, para la situación y medios empleados, el apoyo mutuo conforma la mejor opción. Esto es debido a que, vista la reducida superficie del Estrecho que abarca la región comprendida entre Ceuta, Gibraltar, Barbate y Tánger aproximadamente, las UDAAs podrían situarse dentro del alcance de las burbujas de las demás debido a su radio efectivo de 40 kilómetros, o en su defecto en posiciones muy próximas y aun así cubrir una gran cantidad de terreno. Es necesario que la zona mencionada quede cubierta, pero cuanto más espacio se abarque mejor será. Además, esta opción representa la más segura a la hora de defenderse ante ataques enemigos por la protección que se ofrecen entre ellas. De no ser posible el apoyo mutuo entre ellas, se pretende que al menos se realice el solape de fuegos que por otro lado ofrece una mayor superficie protegida, pero que hace más vulnerables a los sistemas HAWK desplegados. Por las razones descritas anteriormente se descarta emplearlas de manera aislada, ya que, aunque sería la forma de cubrir más terreno, si una de las posiciones cae, se abriría una brecha en el sistema defensivo que el enemigo podría emplear en su beneficio, haciendo que fracase en gran medida la estrategia defensiva.

En cuanto al segundo punto, la acción lejana representa la mejor opción debido a los 40 kilómetros de alcance para derribar aeronaves del sistema. Haciendo que las amenazas se aproximen lo mínimo posible a la región. La acción en profundidad podría emplearse por otros sistemas antiaéreos involucrados en la defensa A2/AD, pero para el HAWK no resulta la alternativa más indicada.

En este tercer apartado se estudia la dirección desde donde la nave sería alcanzada. Como se explicaba en el Apartado 4.1, la gran velocidad del misil MIM-237 cuando es disparado (800m/s), hace que sea prácticamente imposible escapar de él cuando se aproxima a la aeronave. Esto conlleva que la dirección desde la que ambos colisionan resulte irrelevante de cara a eliminar la amenaza y, por tanto, se puede plantear el despliegue para que realice tanto acciones frontales como laterales. Esta idea resulta válida para todo tipo de amenazas convencionales.

Para el último punto se tiene en cuenta que se trabaja en un entorno de defensa A2/AD, donde un gran número de sistemas están implicados en la protección del territorio y los medios. No existe un número definido de sistemas para llevar a cabo esta tarea, ya que depende de un gran número de factores, como la geografía, la amenaza presente, meteorología... etc. En este trabajo se tiene en cuenta que se emplearían los medios con los que cuentan las fuerzas armadas españolas, pero para no alargar demasiado este trabajo, directamente se cuenta con que al norte del Estrecho existen sistemas que nos protegen, (el sistema HAWK se encontraría dentro de una burbuja de mayor tamaño), como serían por ejemplo las UDAAs del PATRIOT con sus 70 kilómetros de alcance, asumiendo que la dirección al norte del Estrecho se encontraría protegida. Por esta razón se pretende realizar una ponderada orientada hacia el sur, destinando los recursos a eliminar las amenazas que de ahí puedan provenir. Esta defensa también incluye las direcciones sureste y suroeste.

También se pretenden cumplir los objetivos adicionales propuestos al final del punto 4.3, y

además cabe señalar, que la posición de las UDAAs se debe realizar en zonas desde donde la visibilidad sea la mayor posible. Esto se debe a que los radares que se emplean (PAR, CWAR e HIPIR), tienen mayor probabilidad de detectar medios desconocidos si tienen visibilidad directa con ellos, por lo que las zonas de mayor altura son la opción más indicada. Para hallar estas zonas se emplea la herramienta de Carta Digital. Este software es una aplicación del Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CEGET) y permite realizar múltiples tareas como la importación de modelos digitales de terreno, cálculo de pendientes, Generación de vistas en 3D, Navegación con GPS y Cálculo de zonas vistas y ocultas entre otras [26]. Esta última función será la que emplearemos para situar los radares en la posición que posean mayor visibilidad y, por tanto, ello determinará la posición concreta de las UDAAs. Todo ello también en función de la forma en que se pretende situar las burbujas, que como se exponía en el primer párrafo del apartado, se busca el apoyo mutuo y en su defecto solape de fuegos.

El Modelo Digital de Elevaciones (MDE) que se emplea fue obtenido del servicio de descargas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) [27]. En concreto se descargó el sector correspondiente a la zona de estudio y sus alrededores en cuatro ficheros con formato GeoTIFF¹⁷, abarcando un cuadrado cuyas esquinas son aproximadamente las ciudades de Estepona, Chiclana de la Frontera, Tetuán y Arcila (estas dos últimas pertenecientes a Marruecos). Este producto se identifica con una capa ráster matricial¹⁸ que ofrece la información de la altura sobre el nivel del mar en cada píxel, representando cada uno una superficie real de 25 metros [28]. Para que esta capa fuera utilizable con la herramienta “Visibilidad” de Carta Digital, previamente fue necesario convertir el formato ráster civil GeoTIFF al formato militar. Tras esto, se unieron los cuatro ficheros con los que se abarcaban el Estrecho de Gibraltar en uno sólo. Los parámetros introducidos para calcular la visibilidad están calculados para un observador situado a 4 metros que sería la altura media de la antena de los radares, para visar objetivos a una distancia de hasta 80 kilómetros que sería el alcance del radar CWAR, (el de menor alcance), situados a una altitud desde 20 metros sobre el nivel del mar. Están introducidos para que la visibilidad sea calculada en el caso de amenazas volando muy bajo, tácticas que emplean los pilotos para que su detección sea más complicada por los radares. Cabe decir que conforme aumentase la altitud de la aeronave, la posibilidad de ser detectada es mayor siempre que esta no supere el techo de alcance de los radares, lo cual es improbable ya que este es de 18 kilómetros. Por tanto, el análisis está realizado para comprobar la visibilidad en el peor de los casos posible.

El siguiente paso fue emplear herramientas que ofrece el programa para filtrar las zonas de mayor altitud. Una vez conocidas estas áreas se comprobó una por una la visibilidad que ofrecen, así como si es factible desplegar una UDAa en esa zona en función de la vegetación, ya que por ejemplo no puede situarse en un bosque muy denso porque los radares tendrían problemas para detectar objetivos. También se tiene en cuenta que existan vías de aproximación disponibles para llegar a dicha zona, para facilitar el despliegue y la cadena logística necesaria para el correcto funcionamiento. La protección de las principales zonas de población suponía un requisito indispensable, estas debían ser cubiertas con visibilidad apta incluso en el peor escenario (descrito anteriormente). Por último, se seleccionó las regiones más válidas, descartando entre las zonas que se encontraban muy próximas entre sí, optando por seleccionar la más óptima en cuanto a criterios de visibilidad y los anteriormente mencionados. Todo ello además teniendo en cuenta que se quieren cumplir los criterios de despliegue, así como aquellos necesarios para cumplir el objetivo de este trabajo.

¹⁷ Se trata de un estándar de metadatos con carácter de dominio público que ofrece la posibilidad de que archivos de imagen sean encajados como información georreferenciada.

¹⁸ Este formato funciona dividiendo el área con la que se trabaja en pequeñas celdas que cubren todo el espacio. Esto da la posibilidad de obtener valores rápidamente de un punto concreto.

Los resultados del estudio fueron dos alternativas que representan las mejores opciones para el despliegue defensivo. En ambas se abarca una gran extensión de terreno y se satisfacen las necesidades propuestas. En la primera opción se propone situar una UDAA al este de San Roque, otra al noroeste de Tarifa y la tercera al este de Ceuta. En la segunda alternativa las posiciones estarían al noroeste de Tarifa, Trafalgar y Punta Carnero. En las ilustraciones 24 y 25 se pueden ver la visibilidad de ambos despliegues respectivamente y las coordenadas de cada posición. En rojo aparecen las zonas ocultas, en verde la superficie desde la cual tendrían visión directa con las condiciones descritas. Presentan las mejores opciones válidas para la protección de las rutas marítimas y aéreas, los puertos y poblaciones cercanas a la costa, todos puntos clave para el correcto funcionamiento del comercio. El siguiente paso es decidir cuál de las dos es la mejor opción y debe ser empleada como principal, para ello deben ser enfrentadas y comprobado sus puntos fuertes y débiles. Estos despliegues se emplearían en caso de amenaza real en la zona, serían permanentes mientras esta durase, aunque sujetos a los cambios que las impredecibles circunstancias del combate puedan producir. Deberían realizarse a la mayor brevedad posible para evitar darle la oportunidad al adversario de actuar antes de tener en marcha el sistema defensivo. En esta situación, el empleo de las bases militares de la zona como áreas para el posicionamiento de las UDAA no resulta una opción atractiva debido a su localización, pero ello no descarta que en otras circunstancias puedan emplearse. Para ello sería necesario que la cadena de mando correspondiente autorizase dicho despliegue.

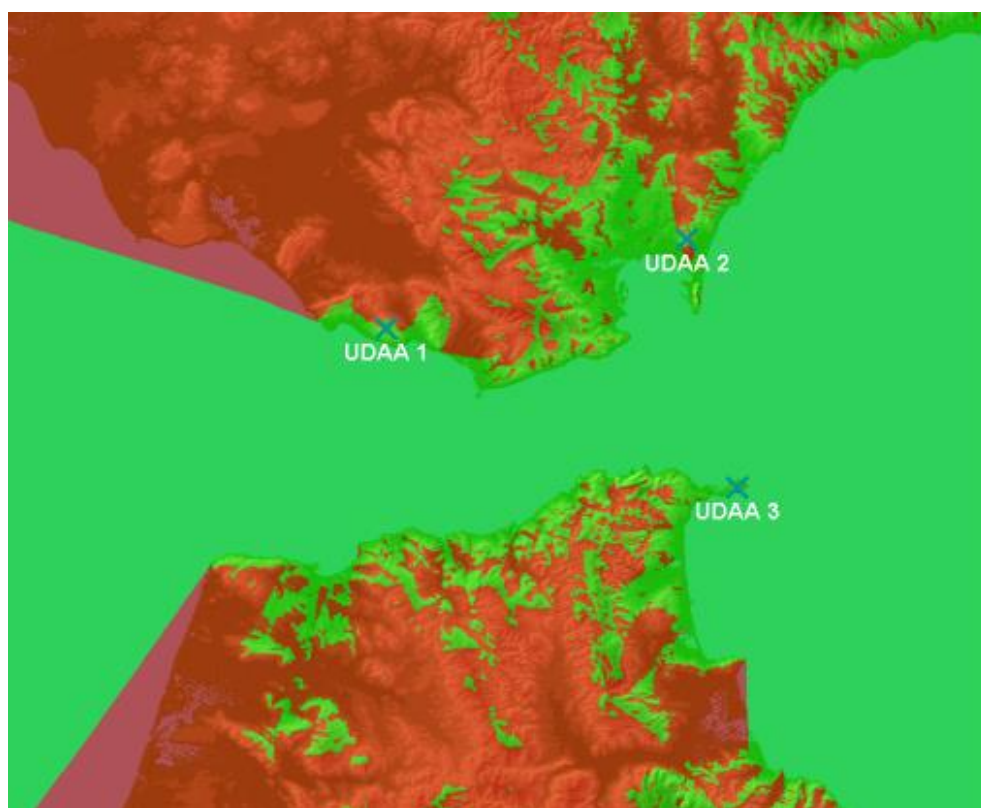


Ilustración 24. Zonas vistas y ocultas de la alternativa 1. Fuente elaboración propia

Coordenadas UTM30N-ETRS89:

UDAA 1: X: 254930.57, Y: 3996645.19

UDAA 2: X: 287644.70, Y: 4008225.50

UDAA 3: X: 293219.80, Y: 3971870.30

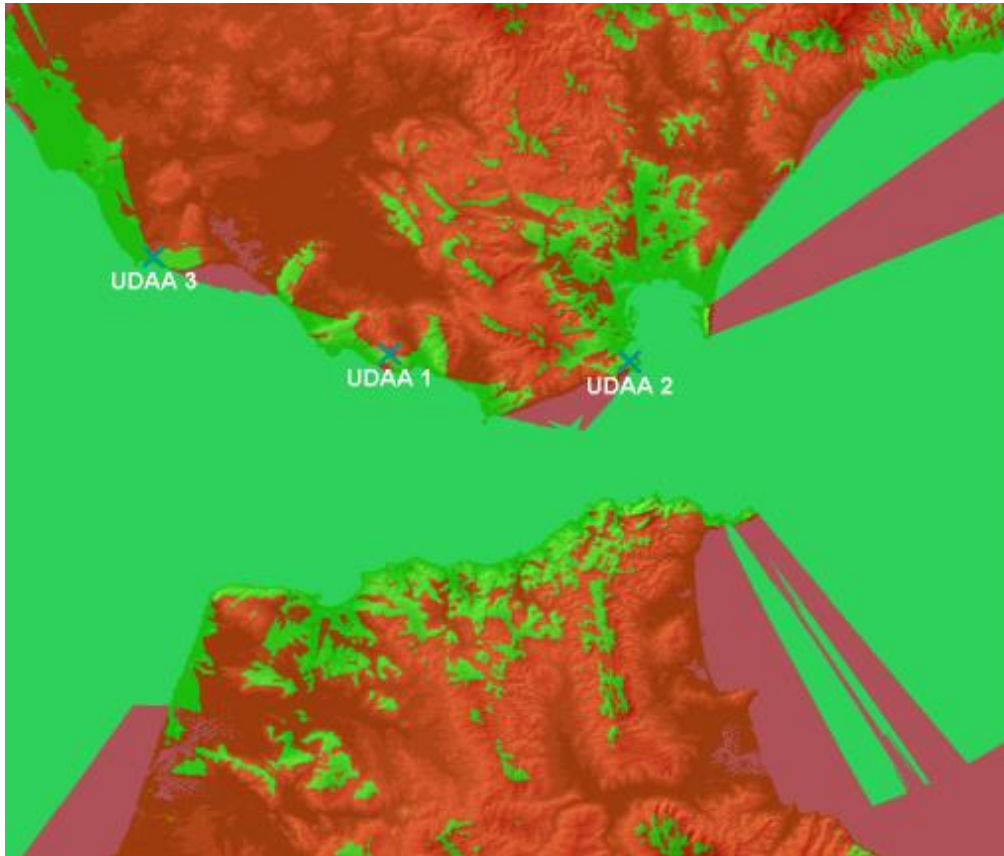


Ilustración 25. Zonas vistas y ocultas de la alternativa 2. Fuente elaboración propia

Coordenadas UTM30N-ETRS89:

UDAA 1: X: 252230.57, Y: 3992345.19
 UDAA 2: X: 283550.88, Y: 3991100.32
 UDAA 3: X: 223660.44, Y: 4005460.70

6.2 Comparativa de alternativas

Como se expone en el apartado anterior, existen dos combinaciones de puntos geográficos que permiten un despliegue acorde a los criterios establecidos. Ya que como se puede comprobar en las ilustraciones 24 y 25, queda cubierto gran parte del estrecho en el peor escenario posible, se protegen las provincias de mayor población, los criterios de despliegue que se buscan se consiguen excepto por ciertos matices que se analizarán a continuación, así como los requisitos adicionales descritos en anteriores apartados. Pero en el caso de que se requiera adoptar un despliegue, se debe elegir un único, manteniendo el otro como opción alternativa en caso de que por algún motivo el despliegue en la primera opción no se pudiera llevar a cabo. Ambos presentan unas características y ventajas distintas, por tanto, para facilitar la elección entre ellos se empleará la herramienta del análisis DAFO, definida en el Apartado 2.2. En ella se estudian por un lado los factores internos y por otro los externos que pueden actuar de manera positiva o negativa al cumplimiento del objetivo.

Tras analizar estos factores tomando como base el estudio de visibilidad que se encuentra en los Anexos III y IV, se ha realizado un análisis DAFO para cada alternativa. Del estudio de la primera se obtienen las ideas representadas en la Tabla 3, con las siguientes conclusiones:

1. Se aprecian principalmente dos debilidades internas en la propuesta realizada. La primera debilidad son los problemas logísticos que aparecen al encontrarse una de las UDAA's al otro lado del Estrecho, puesto que el enemigo podría cortar las rutas logísticas. Ello conlleva que la alimentación, repuestos, movimientos de personal y otras tareas

requieran mayor esfuerzo que el necesario en la otra opción. Por otro lado, las baterías que se encuentran en las UDAA 1 y 3 no se integran una dentro de la burbuja de la otra, por lo que pese a que se realiza un gran solape de fuegos no hay apoyo mutuo entre ellas. Por lo que, pese a no poder ser descartada, ofrece una desventaja.

- La mayor superficie, tanto de océano como de costa cubierta supone una gran fortaleza, seguida del solape anteriormente mencionado y el apoyo mutuo que sí se realiza entre las dos restantes posiciones. Por lo que, pese a que no hay una protección ideal, se acepta como válida, ya que como se mencionó anteriormente se busca el apoyo y en su defecto el solape. Otro punto positivo es la protección de todas las zonas importantes mencionadas en apartados anteriores, y la alerta temprana que se produce al tener una UDAA en Ceuta, la cual puede avisar con gran antelación a las unidades que se encuentran en la península, de cualquier amenaza que provenga en su dirección.





	Aspectos negativos	Aspectos positivos
Origen interno	 <p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dificultades logísticas -No hay apoyo mutuo entre UDAA 1 y 3 	 <p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mayor superficie cubierta -Apoyo mutuo y solape de fuegos entre UDAA 1 y 3 -Protección de zonas importantes -Posibilidad de alerta temprana de amenazas desde UDAA 3
Origen externo	 <p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Posible pérdida de UDAA 3 en el caso de ataque sobre Ceuta -Uso de drones o misiles hipersónicos -Averías de los medios durante el despliegue 	 <p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Empleos de medios aéreos convencionales enemigos -Desconocimiento de las posiciones por parte del adversario

Tabla 3. Esquema del análisis DAFO de la primera alternativa. Fuente elaboración propia

- En cuanto a las amenazas planteadas, debe tenerse en cuenta que al estar una UDAA en Ceuta, presenta más vulnerabilidad en caso de conflicto, ya que dispondrían de menos medios para protegerla pudiendo quedar dañada o inutilizada. Esto es debido a que, al no encontrarse en la península, no podrá recibir refuerzos y reemplazos de manera tan rápida. El uso de las nuevas amenazas expuestas en el Apartado 5.3.2, supone otro peligro para este despliegue, seguido de la aparición de averías (muy comunes como se explica en el Apartado 4.1), que pueden dificultar gravemente el correcto funcionamiento por la falta de medios en la zona.

- Las oportunidades conforman el último apartado, en el que en caso de empleo de medios convencionales (ala fija y ala rotatoria) por parte del enemigo, el sistema HAWK tendría una gran probabilidad de derribo. La cual aumenta también con el desconocimiento del adversario de las posiciones de las UDAAs.

Por otro lado, del análisis de la segunda opción representado en la Tabla 4 y que procede del despliegue que se encuentra en el Anexo III, se extraen los siguientes resultados:

- Se presenta como debilidad las largas franjas de mar que no se encontrarían cubiertas con las condiciones establecidas, así como el menor tiempo de reacción para eliminar amenazas que provengan desde el sur. Haciendo que Ceuta y sus zonas claves sean más vulnerables frente a una amenaza que sea capaz de aprovechar estas condiciones. Ello no quiere decir que su defensa sea ineficaz, pero si resulta más débil que la opción anterior.
- Como fortalezas, se encuentran el apoyo mutuo entre las tres UDAAs, que proporciona mayor capacidad defensiva entre ellas. Al igual que en la opción anterior se protegen las zonas de mayor necesidad, sin embargo, la carga logística es mucho menor al encontrarse todas las posiciones en la costa peninsular.




	Aspectos negativos	Aspectos positivos
Origen interno	 <p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Largas franjas de mar no cubiertas -Menor tiempo de reacción 	 <p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Apoyo mutuo entre UDAAs -Protección de zonas importantes -Facilidad logística
Origen externo	 <p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Vulnerabilidad frente a amenaza de vuelo bajo a gran velocidad en la franja más corta del Estrecho -Uso de drones o misiles hipersónicos 	 <p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Empleo de medios aéreos convencionales enemigos -Desconocimiento de las posiciones por parte del adversario

Tabla 4. Esquema del análisis DAFO de la segunda alternativa. Fuente elaboración propia

- En el estudio de amenazas perteneciente al origen de factores externos, también se encuentra la vulnerabilidad contra medios dron o de misiles hipersónicos. Además, existe una gran amenaza que proviene de la franja de mar no cubierta a la izquierda de la UDAA

donde una aeronave volando a muy baja cota y a gran velocidad, podría atravesar la estrecha franja en verde que se representa en la alternativa 2 del Anexo III, sin que se produzca un disparo por parte del sistema debido al poco tiempo disponible para ello. Esta supone una gran vulnerabilidad que puede poner en riesgo el cumplimiento de los objetivos planteados.

4. Las oportunidades son similares a la opción anterior. De igual forma el uso de medios convencionales no debería suponer ningún problema para el sistema defensivo. Y se cuenta con que las posiciones de las UDAAs permanecen desconocidas por el enemigo y por tanto supone una gran oportunidad a la hora de realizar la defensa.

6.3 Resultados del análisis y posibles mejoras

Como se desprende del análisis realizado en la sección anterior, tenemos dos alternativas con factores internos y externos similares en algunos aspectos, pero muy diferentes en otros. En la segunda alternativa se pueden ver algunas ventajas como la facilidad logística para mantener las posiciones o el mayor apoyo entre las UDAAs desplegadas. Sin embargo, posee la gran desventaja de tener una menor superficie cubierta hasta el punto de hallarse largas franjas no cubiertas. Así, en caso de conocimiento por parte del adversario, podrían ser usadas para atacar por sorpresa, dificultando gravemente la tarea de proteger el Estrecho. La región no cubierta a la izquierda de la UDAA 2, en dicha opción, resulta especialmente vulnerable, ya que una aeronave podría llegar hasta la península atravesando por ella a gran velocidad. Por tanto, teniendo en cuenta que las ganancias en seguridad son más importantes que las dificultades logísticas que pueda presentar una alternativa defensiva y valorando las demás ventajas, se considera la primera alternativa como la mejor opción. Por ello, se ha decidido tomar esta como la mejor opción de despliegue en un entorno de defensa A2/AD, teniendo la segunda como alternativa en caso de que no se pudiera llevar a cabo.

A continuación, y para concluir el apartado, se aportarán ideas que permitan optimizar el despliegue elegido y reducir sus debilidades y amenazas. Las dificultades logísticas presentan el primero de estos problemas, protagonizadas por la UDAA 3 que se encuentra al este de Ceuta. Estos problemas surgen de la posibilidad de que, en caso de conflicto, el enemigo consiga impedir el tránsito aéreo y marítimo entre Ceuta y la península. Este aislamiento puede solventarse mediante la creación de grandes reservas de material, (el que se estime necesario para llevar a cabo la misión encomendada durante el mayor tiempo posible), con la construcción de almacenes que permitan abastecer la unidad durante largos periodos, así como la posesión de una cantidad de personal adaptada para reemplazar las pérdidas durante el conflicto. Actualmente la base de Ceuta cuenta con almacenes capaces de albergar grandes cantidades de material militar, así como alimentos y equipo médico. Por lo que un correcto empleo de estos podría solventar este cometido.

El segundo problema trata de la inexistencia de apoyo mutuo entre las UDAAs 2 y 3, lo cual es difícilmente solucionable sin modificar el despliegue y los problemas que ello conlleva, pero puede ser paliado mediante el posicionamiento de medios de alcance superior en la región, como el sistema PATRIOT descrito anteriormente. Actualmente el único regimiento en España que dispone de este sistema es el RAAA 81 acuartelado en Marines, (Valencia). Tiene un empleo muy similar al del grupo HAWK pero con mayores capacidades como se ha ido describiendo anteriormente. Cuenta con la desventaja de requerir mayor tiempo en ser desplegado en la zona del estrecho debido a su localización actual. Si se emplease, ambas posiciones quedarían cubiertas por una burbuja de mayor tamaño que ofrecería ese apoyo mutuo que entre ellas no son capaces de darse, cubriendo la carencia defensiva. De hecho, con esta solución, incluso es posible introducir a la primera UDAA en esta burbuja de mayor tamaño añadiendo protección

extra al despliegue. En realidad, esta opción ya queda contemplada en el despliegue que describe el concepto A2/AD, pero pese a que en este trabajo el análisis anteriormente realizado es únicamente del sistema HAWK, no profundiza en los demás medios.

En cuanto a las amenazas, la posible pérdida de la región de Ceuta por una invasión terrestre enemiga es un problema que podría poner en jaque a la estrategia de defensa. El aumento de la protección en dicha zona mediante la fortificación y despliegue de adecuados medios terrestres para ello puede evitar, o en su defecto retrasar que ocurra. Adicionalmente se puede instruir y preparar al personal de las demás UDAAs para poder realizar sus funciones de defensa del Estrecho teniendo en cuenta que es posible dicha pérdida.

El empleo de misiles hipersónicos por parte del enemigo es un problema que hoy en día resultaría crítico y pondría en jaque la estrategia de defensa. Como se explicaba anteriormente esto se debe a que se trata de una amenaza recientemente desarrollada y actualmente no hay un método efectivo para hacerle frente. De igual manera, el uso de drones supone un problema similar. El desarrollo y fabricación de sistemas de defensa capaces de intervenir estas armas es la mejor alternativa posible.

Por último, las averías de los aparatos presentan otro inconveniente. Son habituales y aunque suelen ser solventadas por los equipos de reparación (pertenecientes a la Sección de mantenimiento), si se producen en un momento crítico puede resultar más complicado. Un adecuado mantenimiento preventivo, basado en la constante comprobación de los circuitos y partes que los componen, reemplazamiento de aquellas partes más antiguas por otras más modernas, y supervisión constante de aquellas que dan más errores, son ejemplos de soluciones que pueden reducir la posibilidad de que este problema se presente.

7. Conclusiones

El presente TFG tiene como objetivo estudiar cómo el sistema HAWK puede contribuir al concepto A2/AD para defender la zona del Estrecho de Gibraltar. La zona de aplicación no solo es relevante para España, sino también para otros países, el correcto funcionamiento de las rutas comerciales que allí se encuentran, resulta imprescindible para su economía. Por ello es necesario desarrollar planes de defensa que lleven a cabo esa misión. Esa tarea solo puede llevarse a cabo con unos medios y una estrategia adaptados al entorno y las amenazas que puedan aparecer. La estrategia de defensa A2/AD que se plantea resulta una opción muy atractiva debido a ser una de las más novedosas y mejor adaptadas a las tácticas y tecnología actuales, no sin ello tener sus puntos débiles como se explica durante el trabajo. Dentro de esta estrategia, el trabajo se centra en la aportación del sistema HAWK, actualmente en dotación en el ET. Así, tras analizar sus vulnerabilidades, posibilidades que ofrece, tácticas de combate y métodos de despliegue, se estudia su correcta integración en estos sistemas. Con ello, se pretende que sus vulnerabilidades se reduzcan y se aumenten sus fortalezas, consiguiendo un gran sistema combinado que pueda trabajar de forma conjunta.

Una vez analizado el sistema HAWK, se estudia cuál es la mejor forma de integrar este sistema dentro del despliegue defensivo. Para ello se realizó un estudio de los tipos de conflicto (simétrico, asimétrico y guerra híbrida) y de las amenazas existentes (convencionales y nuevas), y como es capaz de hacerles frente en caso de que esto fuera posible. En algunos casos no lo era, como en el caso de los misiles hipersónicos, de muy reciente aparición, y para ello se requería que dichas amenazas sean combatidas con otros tipos de sistemas.

Así teniendo en cuenta toda esta contextualización, y mediante el uso de la herramienta de Carta Digital, se determinaron diferentes alternativas de despliegue óptimas de las UDAAs de acuerdo con los objetivos propuestos y las necesidades que el sistema requiere. Al destacar dos alternativas como viables, mediante el empleo de un sistema de análisis DAFO, se resaltan los factores positivos y negativos de cada una de ellas, llegando a la conclusión de que aquella que ubica dos UDAAs en la península y otra en Ceuta, es mejor que la opción en la que todas las UDAAs están en la península. Esto se debe a que, pese a que ambas opciones tienen beneficios y carencias, en esta primera opción, las ganancias en seguridad son muy importantes y se hace una pequeña propuesta con soluciones a los problemas, principalmente logísticos, que suponen ubicar una UDAA en Ceuta. Señalar que el segundo despliegue óptimo analizado no se descarta, sino que se propone como segunda opción, en caso de que la primera, por algún motivo o por la evolución tomada por un posible conflicto, no fuera posible.

Referencias Bibliográficas

- [1] Carrasco, B., 2021. El Ejército español actualiza su misil Hawk y estudia extender su vida hasta 2030. *Infodefensa*, 8 4. Disponible en: [El Ejército español actualiza su misil Hawk y estudia extender su vida hasta 2030 \(infodefensa.com\)](https://www.infodefensa.com) [Último acceso: 19/11/2021].
- [2] Instituto de Historia y Cultura Naval. Pérdida de Gibraltar. En: *Historia de la Armada*. p. 65. Disponible en: https://armada.defensa.gob.es/html/historiaarmada/tomo6/tomo_06_03.pdf [Último acceso: 19/11/2021].
- [3] Gil, A., 2021. El mapa de la geopolítica del estrecho de Gibraltar. *El orden mundial*, 22 2. Disponible en: [El mapa de la geopolítica del estrecho de Gibraltar - Mapas de El Orden Mundial - EOM](#) [Último acceso: 19/11/2021].
- [4] Eduard R. 2020. La toma del poder por el General Franco, p. 6. Disponible en: <https://ific.uv.es/~edros/franco.pdf> [Último acceso: 19/11/2021].
- [5] Pagnucco, F. M., 2021. Bloqueo del Canal de Suez: Costos al Comercio Internacional. *El Estado de las Negociaciones Comerciales Internacionales*, 18.
- [6] Martínez Jiménez, D. & Domingo Jarillo, C., 2020. Presente y future de la artillería de. *REVISTA DEL EJÉRCITO DE TIERRA ESPAÑOL*, Número 956. Disponible en: [revista-ejercito-extra-noviembre.pdf \(defensa.gob.es\)](https://www.defensa.gob.es/revista-ejercito-extra-noviembre.pdf) [Último acceso: 19/11/2021].
- [7] Ayuntamiento de Algeciras, 2020. *Memoria anual de la bahía de Algeciras 2019*, Algeciras. Disponible en: <https://www.apba.es/uploads/files/docs/Memorias-anuales/Memoria-Anual-2019.pdf> [Último acceso: 19/11/2021].
- [8] Autoridad Portuaria de Ceuta, 2020. *Memoria anual del puerto de Ceuta 2019*, Ceuta.
- [9] Cobo, I. F., 2014. *La amenaza híbrida: yihadismo y crimen organizado en el Sahel*, s.l.: IEEE. Disponible en: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_analisis/2014/DIEEEA57-2014_AmenazaHibridaSAHEL_IFC.pdf [Último acceso: 19/11/2021].
- [10] Foschiatti, A. M., & Alberto, J. A. (2012). El uso de matrices DAFO como herramientas de gestión y análisis geográfico. *Geografía digital*, 9(18), 1-11.
- [11] Delgado, J. A. M. (2021). Guerra de drones en el Cáucaso Sur: lecciones aprendidas de Nagorno Karabaj. *bie3: Boletín IEEE*, (21), 559-579.
- [12] (MADOC), 2016. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2016. En: *Empleo de la Artillería Antiaérea*.
- [13] 2020. HAWK MIM-23 low to medium altitude ground-to-air missile system. *armyrecognition*. Disponible en: https://www.armyrecognition.com/united_states_american_missile_system_vehicle_uk/hawk_mim23_low_medium_altitude_ground_to_air_missile_technical_data_sheet_specifications_picture_s.51.html [Último acceso: 19/11/2021].
- [14] 2020. HAWK MIM-23 low to medium altitude ground-to-air missile system. *Grupel*. Disponible en: <https://grupel.eu/es/grupel-es/generadores-grupel-son-la-opcion-preferida-en-aplicaciones-militares/> [Último acceso: 19/11/2021].

- [15] Ministerio de Defensa, 2019. *La defensa antiaérea del futuro*. Disponible en: https://ejercito.defensa.gob.es/reportajes/2019/76_defensa_antiaerea_futuro.html [Último acceso: 19/11/2021].
- [16] Díaz, J. L., 2018. La Amenaza «A2-AD» vs. el Concepto Air-Sea Battle. En: *Cuadernos de pensamiento naval*. s.l.:Ministerio de Defensa, p. 5. DJI, 2021. *El vuelo del drone*.
- [17] Joshi, S., 2019. Demystifying the anti-access/area denial (A2/Ad) threat. *Medium*. Disponible en: [DEMYSTIFYING THE ANTI-ACCESS/AREA DENIAL \(A2/AD\) THREAT | by Sameer Joshi | Medium](https://www.medium.com/@sameerjoshi/2019-11-19-demystifying-the-anti-access-area-denial-a2-ad-threat) [Último acceso: 19/11/2021].
- [18] MADOC, 2017. *Doctrina de empleo de las fuerzas terrestres D 01- 001*.
- [19] Fernández-Montesinos, F. A., 2018. *Repensando la guerra asimétrica*, s.l.: IEEE. Fuentes, A. J. M., s.f. *Apoyo geográfico a operaciones*, s.l.: Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CGET). Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_analisis/2018/DIEEEA11-2018_Guerra_Asimetrica_FAFM.pdf [Último acceso: 19/11/2021].
- [20] Trula, E. M., 2018. *Magnet*. Disponible en: <https://magnet.xataka.com/un-mundo-fascinante/israel-ha-puesto-en-circulacion-el-f-35-el-carisimo-caza-invisible-que-muchos-quieren-ver-fracasar> [Último acceso: 19/11/2021].
- [21] *Cybermodeler Online*. Disponible en: <https://www.cybermodeler.com/aircraft/f-16/viperversions.shtml> [Último acceso: 19/11/2021].
- [22] Pons, J., 2018. *FlyNews*. Disponible en: <https://fly-news.es/aviacion-comercial/helicoptero/la-transformacion-los-17-chinook-espera-la-luz-verde-del-consejo-ministros/> [Último acceso: 19/11/2021].
- [23] Delgado, J. A. M., 2018. *El sistema de defensa aérea no-cinético, clave para la*. IEEE. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_marco/2018/DIEEEM21_2018JAMADE-antidron.pdf [Último acceso: 19/11/2021].
- [24] Fernández, A., 2021. *La Razón*. Disponible en: <https://www.larazon.es/internacional/20211023/huful67uubfa7bt5quu2l6qx3u.html> [Último acceso: 19/11/2021].
- [25] Ghoshal, D., 2018. *Armas hipersónicas: el sistema armamentístico de la nueva era*. IEEE. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2018/DIEEEE098-2018_DEBGOS_Hypersonics.pdf [Último acceso: 19/11/2021].
- [26] Fuentes, A. J. M., s.f. *Apoyo geográfico a operaciones*. Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CGET).
- [27] Department, U. S. G., 2021. *U.S. Geological Survey*. Disponible en: <https://earthexplorer.usgs.gov/> [Último acceso: 19/11/2021].
- [28] Department, U. G., 2021. *U.S. Geological Survey*. Disponible en: https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects [Último

acceso: 19/11/2021].

[29] *Meta-Defensa*, 2021. Disponible en: <https://www.meta-defense.fr/es/2020/03/17/La-Fuerza-A%C3%A9rea-se-prepara-para-reemplazar-el-MQ-9-Reaper-con-una-familia-de-drones-de-nueva-generaci%C3%B3n/> [Último acceso: 19/11/2021].

[30] Disponible en: <https://www.iai.co.il/p/searcher-mk-iii> [Último acceso: 19/11/2021].

[31] Disponible en: <https://elvuelodeldrone.com/drones-profesionales/drones-dji/drone-dji-phantom-4-pro-v2-0/> [Último acceso: 19/11/2021].

[32] 2021. *Epay*. Disponible en: <https://www.paybanks.ga/products.aspx?cname=x8+long+range+cargo+drone&cid=7&xi=4&xc=25&pr=84.99> [Último acceso: 19/11/2021].

ANEXOS

Anexo I. Formato de la entrevista

Bloque 1: Sistema de misiles HAWK

1. ¿Qué experiencia posee usted con el sistema?
2. Qué mejoras y posibilidades futuras considera oportunas
3. Qué opinión general tiene usted del sistema

Bloque 2: Concepto A2/AD

4. ¿Qué Importancia actual cree que posee?
5. Desarrollo y expectativas futuras que considere
6. ¿Qué aplicación puede tener en el Estrecho de Gibraltar?

Bloque 3: Integración del HAWK en A2/AD

7. Cómo sería posible lograrlo
8. ¿Con qué beneficios cuenta?
9. Qué opciones alternativas existen

Anexo II. Imágenes de drones de la tabla 2



Ilustración 26. MQ-9 REAPER. Fuente [29]

MQ-9 REAPER



Ilustración 27. SEARCHER MK III. Fuente [30]

SEARCHER MK III



Ilustración 28. PHANTOM 4 PRO V2.0. Fuente [31]

PHANTOM 4 PRO V2.0



Ilustración 29. X8 LONG RANGE. Fuente [32]

X8 LONG RANGE