

Trabajo Fin de Grado

DISPOSITIVOS HMD (HELMET MOUNTED DISPLAY) EN LA
FORMACIÓN DE LOS PILOTOS DE HELICÓPTERO DEL EJÉRCITO DE
TIERRA.

Autor

Arturo Fresneda Cruz

Director/es

Alejandro Mosteo

Comandante José Manuel Tarodo González

Teniente Coronel Alberto Padilla Fraile

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022

Agradecimientos

Quiero agradecer a todo el profesorado del Centro Universitario de la Defensa sus enseñanzas y su labor docente ejercida durante estos cinco años que he permanecido en el centro. Agradecer el esfuerzo y paciencia que han tenido para ayudarme a entender ciertas materias que, por su naturaleza técnica, resultan complicadas de entender y de superar dentro de una ingeniería como ésta. Por otro lado, agradecer el trabajo ejercido por mi tutor civil para asesorarme en la realización de esta memoria, así como a mis dos tutores militares por guiarme dentro de este campo tan específico y desconocido para mí, pero a la vez tan importante para mi futuro militar. También quiero dar las gracias a mi tía Beatriz Cruz Moreno por darme ese empujón necesario para empezar a estructurar y diseñar este trabajo. Finalmente, agradecer a mis padres por todo el apoyo moral que he recibido y por hacerme creer que soy capaz de superar todos los retos que me proponga por muy difícil que sea la situación. A todos vosotros, muchas gracias.

RESUMEN

El programa de modernización de los helicópteros dentro del Ejército de Tierra ha permitido la incorporación de dispositivos de realidad aumentada que consiguen potenciar las capacidades de coordinación y manejo de la información aeronáutica y, por lo tanto, mejorar la operatividad dentro del Teatro de Operaciones.

En la actualidad, gran parte de la flota cuenta ya con dichos dispositivos, a excepción de los helicópteros de maniobra más antiguos y los helicópteros de enseñanza.

Si bien se prevé que el empleo de estos sistemas complejos supondrá una notable ventaja en un futuro próximo, la realidad es que se está generando una diferencia de capacidades entre los pilotos más experimentados en los modelos de helicóptero tradicionales y los nuevos pilotos formados en los sistemas modernos.

Con el fin de eliminar tal laguna y mantener la interoperabilidad de todos los pilotos, se pretende adaptar el programa de formación inicial de los pilotos para familiarizarlos con el empleo de la realidad aumentada y facilitar su adaptación una vez sean destinados a las unidades.

Muchos de los ejércitos del mundo ya cuentan con estos sistemas en sus escuelas de formación. Por lo tanto, cabría pensar que la solución reside exclusivamente en el helicóptero de enseñanza EC-135 con el que cuenta actualmente el Ejército de Tierra español.

Sin embargo, esta necesidad de adaptar la formación de los pilotos a las nuevas tecnologías contrasta con las necesidades de enseñanza básicas de vuelo, limitando el entrenamiento de la pericia y otras capacidades de los nuevos pilotos.

Es por eso que el objetivo de estudio es conocer las ventajas e inconvenientes de introducir estos dispositivos en la escuela de enseñanza para favorecer la transformación posterior a los helicópteros modernos de forma más rápida y efectiva. Para ello, es necesario conocer las ventajas y desventajas técnicas y operativas de los sistemas de realidad aumentada, así como contrastar dicha información con la experiencia de aquellos pilotos que han pasado por ambos modelos de formación.

A raíz de la información obtenida, se ha determinado que es necesaria una adaptación progresiva del plan de enseñanza de los pilotos al uso de los dispositivos HMD, comenzando su implementación en fases tácticas y de vuelo nocturno y aprovechando la posibilidad de ser instalados estos sistemas en el simulador para ayudar al alumno a familiarizarse con la realidad aumentada en las primeras fases del curso.

Palabras Clave

Realidad aumentada, operatividad, enseñanza, laguna, EC-135.

Abstract

The helicopter modernization program within the Army has allowed the incorporation of augmented reality devices in order to enhance the coordination and the aeronautical information management capabilities and, therefore, improve their operability in a Theater of Operations.

Nowadays, a considerable part of the fleet already has such systems, with the exception of the old utility helicopters and trainer helicopters.

Although it is estimated that the use of these complex systems will represent a substantial advantage in the near future, the truth is that a difference in capabilities is being generated between the more experienced pilots in traditional helicopter models and the new pilots trained in modern systems.

In order to eliminate this gap and maintain the interoperability of all pilots and facilitate their adaptation once they are assigned to the units, the pilots initial training program will be adapted to familiarize them with the use of augmented reality.

Some of the armies around the world already have these systems in place in their training schools. Therefore, one might think that the solution lies exclusively in the EC-135 trainer helicopter that the Spanish Army currently has.

However, the need to adapt the pilot training to the new technologies may jeopardize other objectives of the basic flight training, such as manipulative and cognitive skills.

That is why the reason why the porpoise of the study is to analyze the advantages and disadvantages of introducing these kinds of devices in the training school in order to clear the way to a quicker and effectively subsequent adaptation to a modern helicopters quicker and effectively. To do this, it is necessary to know the technical and operational advantages and disadvantages of augmented reality systems, as well as to contrast the information with the experience of those pilots who have received training with and without this kind os systems.

As a result of this, it has been determined that a progressive adaptation of the training plan for pilots to the use of HMD devices is necessary, beginning its implementation in tactical and night flight phases and taking advantage of the possibility of being installed these systems in the simulator to help the students become familiar with augmented reality in the early stages of the course.

KEYWORDS

Augmented reality, operability, teaching, gap, EC-135.



ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

RESUMEN	IV
Palabras Clave	IV
Abstract	V
KEYWORDS.....	V
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Ámbito	1
1.2 Objetivos	2
2. METODOLOGÍA	2
2.1 Método cualitativo	2
2.2 Método cuantitativo.....	3
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	3
3.1 Historia.....	3
3.2 Tecnología actual.....	6
4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE CUALIDADES BÁSICAS	8
4.1 Conciencia situacional	8
4.1.1. Percepción del entorno.....	9
4.1.2. Control de la aeronave.....	9
4.1.3. División de la atención.....	11
4.2 Acciones Elementales	11
4.2.1. Información	12
4.2.2. Fuegos.....	13
4.3 Coordinación	14
4.3.1. Comunicación en cabina	14
4.3.2. Coordinación con otros helicópteros	16
4.4 Vuelo nocturno.....	17
5. ANÁLISIS CUANTITATIVO	19
6. CONCLUSIONES.....	26



7. BIBLIOGRAFÍA.....	28
ANEXOS.....	30



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dispositivo HMD TopOwl HA-28. Fuente: Diapositivas de instrucción del BHELA I.....	1
Figura 2. "Sistema integrado de apuntado y disparo de arma montado sobre casco", Albert Pratt. Fuente: Hua Li, 2013.	3
Figura 3. Fotografía del dispositivo 'Human Mounted Display', Universidad de Harvard. Fuente: New Tech, 2021.	5
Figura 4. Fotografía del casco Honeywell para el helicóptero AH-64 Apache. Fuente: Avionic Handbook.....	6
Figura 5. Fotografía del casco original Wide-Eye. Fuente: Melzer,2001.....	6
Figura 6. Realidad aumentada incorporada en un helicóptero de tráfico en Estados Unidos. Fuente: Google Imágenes.....	9
Figura 7. Panel de información de parámetros del casco TopOwl. Fuente: Diapositivas empleo GVN TopOwl, BHELMMA III.	10
Figura 8. Imagen de parámetros del visor TopOwl en vuelo (izquierda) e imagen del panel de parámetros de vuelo (derecha). Fuente: Fotogramas vídeo publicitario Thales Industries.	11
Figura 9. Imagen con medio de visión nocturna. Fuente: Google Imágenes.....	13
Figura 10. Imagen con medio de visión térmica. Fuente: Google Imágenes.....	13
Figura 11. Fotogramas de la grabación del helicóptero Apache en Irak, 1991. Minutos 7 y 11. Fuente: Youtube.....	16
Figura 12. Esquema de visión de las gafas GVN para vuelo nocturno. Fuente: Diapositivas GVN TopOwl, BHELMMA III.	18
Figura 13. Visión nocturna incorporada al casco HMSD durante vuelo en simulador de NH-90. Fuente: Diapositivas de instrucción, BHELMMA III.....	19
Figura 14. Casco TopOwl con sistema GVN Thales instalado. Fuente: Diapositivas de instrucción, BHELA I.	19
Figura 15. Unidades de destino de población encuestada. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 16. Escala perteneciente de la población encuestada. Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 17. Calificaciones de la población encuestada. Fuente: Elaboración propia.	21
Figura 18. Puntuaciones de la idoneidad del HMD en las cualidades de vuelo. Fuente: Elaboración propia.	23
Figura 19. Puntuaciones HMD en fases del curso de vuelo. Fuente: Elaboración propia.	24
Figura 20. Puntuaciones HMD en las afirmaciones propuestas. Fuente: Elaboración propia.	24
Figura 21. Modelo de división de la atención de Kahneman. Fuente: Universitat Oberta de Catalunya.....	38
Figura 22. Ejemplo de visor de casco TopOwl para disparo de HELLFIRE. Fuente: Manual TopOwl Airbus Helicopters, 2017.....	38
Figura 23. Ejemplo de visor de casco TopOwl para disparo de SPIKE. Fuente: Manual TopOwl Airbus Helicopters, 2017.	38
Figura 24. Plantilla de encuesta realizada sobre dispositivos HMD. Fuente: Elaboración propia.	38



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales helicópteros con dispositivo HMD. Fuente: Elaboración propia.....	31
Tabla 2. Principales dispositivos Helmet Mounted Display. Fuente: Elaboración propia.	33
Tabla 3. Simbología de pilotaje y disparo en el HMSD del Tigre. Fuente: Manual técnico Helicóptero Tigre.	34
Tabla 4. Simbología de pilotaje en el helicóptero NH-90. Fuente: Manual técnico Helicóptero NH-90.	37



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACAVIET	Academia de Aviación del Ejército de Tierra
AVIET	Aviación del Ejército de Tierra
BHELA	Batallón de Helicópteros De Ataque
BHELMA	Batallón de Helicópteros de Maniobra
CRM	Crew Resource Management
EMIEO	Enseñanza Militar para el Ingreso en la Escala de Oficiales
EMIES	Enseñanza Militar para el Ingreso en la Escala de Suboficiales
FOV	Campo de Visión
GVN	Gafas de Visión Nocturna
HAD	Helicóptero de Ataque y Destrucción
HMD	Helmet Mounted Display
HMS	Helmet Mounted Sight
HUD	Head Up Display
IHADSS	Integrated Helmet and Display Sighting System
IMU	Inercial Measure Unit
JHMCS	Joint Helmet Mounted Cueing System
LCD	Liquid Crystal Display
LCOS	Liquid Crystal on Silicon
OACI	Organización de la Aviación Civil Internacional
PIP	Picture-in-picture
TFG	Trabajo de Fin de Grado
VTAS	Visual Target Adquisition System



1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente apartado se exponen el ámbito de aplicación de los dispositivos de realidad aumentada que son objeto de estudio, así como los objetivos que se han propuesto en esta memoria.

1.1 Ámbito

Los avances de la tecnología y de los sistemas de información en el mundo moderno en el que vivimos suponen una ventaja fundamental para la adquisición y distribución de información y para la coordinación más eficaz entre distintos sistemas o entidades.

Los dispositivos de realidad aumentada permiten procesar la información que reciben de una máquina o del exterior y transmitirla gráficamente a un visor frontal, como unas gafas, un casco, o cualquier otro tipo de dispositivo de visión, permitiendo que veamos dicha información con nuestros propios ojos a la vez que podemos observar todo aquello que nos rodea.

En el mundo aeronáutico, estos sistemas, denominados HMD (*Helmet Mounted Display*), logran mejorar considerablemente las capacidades de los pilotos y de la tripulación al poder proporcionar información de vuelo e imágenes en la pantalla de sus propios cascos sin necesidad de que la tripulación tenga que retirar la visión exterior de la cabina y pueda concentrarse en la ejecución del vuelo. Igualmente, estos dispositivos pueden además integrarse y trabajar junto con otros sistemas de la aeronave para facilitar su empleo y potenciar sus capacidades. Todo ello facilita una mayor agilidad y coordinación en la ejecución de las labores de cada uno de los miembros de la tripulación de una aeronave.

Es por ello por lo que en la actualidad gran parte de los ejércitos del mundo están implementando estos dispositivos de realidad aumentada a sus cascos de vuelo, con el fin de obtener una ventaja estratégica en su aviación. Helicópteros modernos destinados a la adquisición de objetivos y fuegos, como el AH-64 “Apache” americano o el EC665 “Tigre”, empleado por varios países europeos, ya disponen de sistemas muy avanzados y complejos de realidad aumentada, así como otros helicópteros destinados al transporte de material o personal.

Dentro del Ejército de Tierra español, gran parte de la flota de helicópteros ha sido actualizada y cuenta actualmente con estos dispositivos. Entre ellos, se podría destacar el helicóptero de ataque HA-28 “Tigre” (**Figura 1**) y el helicóptero de maniobras NH-90 “Caimán”, los helicópteros más modernos de los que dispone el Ejército español (Pau, 2021).

También los helicópteros de transporte CH-47 “Chinook” están inmersos en una nueva modernización para dar el salto entre el año 2021 y 2022 al modelo Foxtrot, que contará entre otras mejoras con la implantación de esta tecnología en sus cabinas (Carrasco, 2020).

Si tenemos en cuenta que los helicópteros de maniobra y transporte HU-21 “Superpuma” y HT-27 “Cougar” pudiesen tener su vida operativa limitada a un futuro muy próximo (inicialmente iban a ser sustituidos por la flota de NH-90 en 2020), quedaría por destacar un único helicóptero dentro de la flota del ET que no tendría instalado un dispositivo HMD.

El helicóptero de enseñanza EC-135, también denominado HE-26, es el empleado en la Academia de Aviación del Ejército de Tierra para la formación de los futuros pilotos. Si bien el programa de instrucción de los aspirantes a pilotos de AVIET es amplio y riguroso, no contempla la formación en estos sistemas HMD empleados en el resto de helicópteros de la flota, generando una laguna entre los conocimientos de vuelo adquiridos a lo largo del curso y la realidad que se encontrarán cuando egresen a las distintas unidades de aviación.



Figura 1. Dispositivo HMD TopOwl HA-28.
Fuente: Diapositivas de instrucción del BHELA I.



Es por ello por lo que cabría pensar en la posibilidad de implementar los dispositivos HMD en los helicópteros de enseñanza de la ACAVIET con el fin de garantizar una preparación completa de los futuros pilotos e integrarse de la manera más ágil posible a las unidades de helicópteros del Ejército de Tierra, así como incrementar de este modo la seguridad de las futuras operaciones militares (Ministerio de Defensa, 2015).

1.2 Objetivos

Por todo lo anterior, el objetivo principal del TFG es estudiar los posibles beneficios y desventajas que podrían ofrecer los dispositivos HMD durante la formación de escuela incorporado al helicóptero HE-26, actualmente en dotación en ACAVIET.

Para ello, se han comparado las ventajas y desventajas de estos dispositivos en las distintas fases de vuelo que se imparten a lo largo del curso frente a las capacidades actuales de vuelo real y simulado sin los dispositivos HMD.

Para ello, ha sido necesario:

Determinar el estado del arte de estos dispositivos, así como los países que emplean esta tecnología en sus modelos de helicóptero.

Conocer los principios técnicos de la realidad aumentada y analizar el impacto que estos generan sobre cada una de las capacidades operativas que constituyen la cualidad del piloto.

Comparar dichas capacidades frente al método tradicional de vuelo sin dispositivos de realidad aumentada.

Por último, la presente memoria no pretende abordar ningún aspecto económico, ni de viabilidad técnica de instalación, ni de mantenimiento, ni de ciclo de vida operativo, sino que su propósito es establecer una base fundamentada y rígida que pueda ser empleada como partida para un futuro estudio de implementación y de mercado.

2. METODOLOGÍA

El siguiente apartado expone los diferentes métodos de estudio que han sido empleados para alcanzar los distintos objetivos de análisis previamente establecidos en el apartado anterior.

2.1 Método cualitativo

Para poder alcanzar los objetivos establecidos previamente se ha realizado un análisis comparativo basado en la revisión bibliográfica sobre el uso de los distintos tipos de dispositivos de realidad aumentada en el mundo aeronáutico.

Para ello, en primer lugar, se realizó un estudio del estado del arte de la tecnología de los sistemas de realidad aumentada y su aplicación al mundo aeronáutico y, dentro de este, en el ámbito militar.¹

Del mismo modo, y mediante una revisión bibliográfica de algunos de los manuales de uso de HMD dentro del Ejército de Tierra, en concreto de los cascos HMS TopOwl integrados en los helicópteros Tigre y NH-90, se han determinado aquellas cualidades de vuelo que pueden ser potenciadas mediante el empleo de estos dispositivos, así como algunas de las ventajas que ofrece en ciertas fases del vuelo frente al vuelo tradicional o con otros dispositivos, como el vuelo nocturno con gafas de visión GVN.

¹ Véase **Anexo A** sobre “*Principales helicópteros que disponen de dispositivos HMD y ejércitos en los que está incorporados*”.



2.2 Método cuantitativo

Conocidos los factores a comparar, se ha profundizado en la posibilidad de incluir estos dispositivos en el plan de formación de los pilotos mediante el diseño de una encuesta para conocer la opinión subjetiva de algunos de los pilotos destinados en las unidades de helicópteros que emplean los sistemas de realidad aumentada.

El propósito de dicha encuesta es establecer una comparación cuantitativa basada en la experiencia de las distintas capacidades del piloto en el vuelo con HMD y sin dispositivo, así como las ventajas y desventajas que podría tener su uso en cada una de las fases de vuelo que componen el programa de instrucción académico de los pilotos alumno en la ACAVIET.

3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

En el siguiente apartado se sitúa a los dispositivos de realidad aumentada dentro de un marco teórico, explorando su evolución a lo largo de la historia y finalizando con su estado del arte actual.

3.1 Historia

Aunque el concepto de realidad aumentada data de finales del siglo XX, hay varios registros que indican que esta tecnología comenzó a desarrollarse mucho antes.

De hecho, el primer registro documental que se tiene sobre estos dispositivos se sitúa casi un siglo antes, durante la Primera Guerra Mundial entre 1915 y 1917, por Albert Bacon Pratt.

Este primer dispositivo, patentado con el título de “Arma”, se trata de la primera mira montada en el casco del soldado, y que dispone de una simple cruz empleada para apuntar, y una pequeña pistola incorporada en el casco que podía dispararse mediante un mecanismo de cable encastado que se empujaba haciendo uso de la lengua. El esquema del citado prototipo viene reflejado en la imagen siguiente (*Figura 2*).

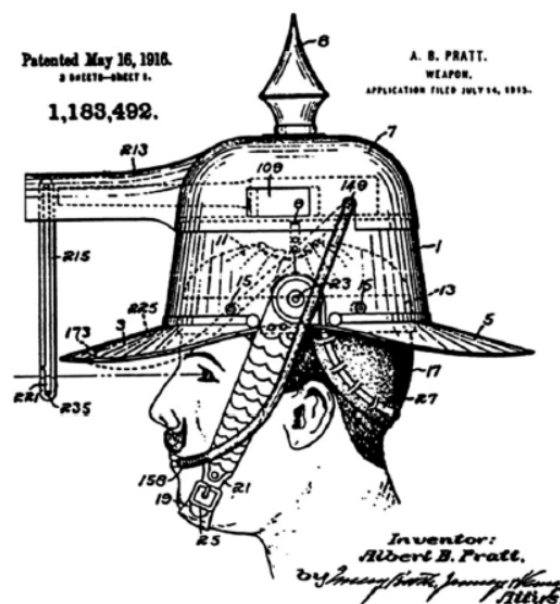


Figura 2. "Sistema integrado de apuntado y disparo de arma montado sobre casco", Albert Pratt. *Fuente:* Hua Li, 2013.

Si bien este diseño de casco está muy lejos de los diseños modernos de cascos de que se dispone en la actualidad, bien es cierto que su propósito era abordar muchos de los problemas que



enfrentan los HMD actuales y que, de un modo algo rústico, parecía funcionar. Además, puede observarse como tanto este primer diseño como los actuales, presentan alguno paralelismos algo interesantes:

- El casco incluía varios tamaños para acomodar a una gran población de soldados.
- Se requería de un material rígido y con una plataforma sólida.
- La patente sugería que se agregara una correa de cuero gruesa alrededor del interior del casco (muy similar al rollo que bordea los cascos modernos) para mejorar la estabilidad del usuario.
- Para evitar un sobrecalentamiento, se recomendaba que los pernos permitiesen que el aire fluyera a través del casco.
- La pistola incorporada al casco permitía que el soldado al girar instintivamente la cabeza hacia una dirección pudiese en un rango de tiempo mínimo disparar en esa dirección. Sin embargo, no hay evidencias documentales de que esto último fuese probado, aunque los efectos que esto ejercía sobre la torsión del cuello podrían resultar interesantes para estudios posteriores.

Las posibilidades potenciales de aplicación de este dispositivo causaron fascinación entre la mayoría de estrategias militares, y durante los siguientes cuarenta años se llevó a cabo activamente por todo el mundo la investigación, desarrollo, aplicación e introducción a la flota de aeronaves de los distintos ejércitos del mundo de muchos cascos que incorporaban la tecnología Helmet-Mounted (Hua Li, 2013).

Sin embargo, en este punto hay que distinguir entre la tecnología HMS (*Helmet Mounted Sight*) de la época, y la tecnología HMD (*Helmet Mounted Display*) de la época moderna.

El sistema de mira montada, o HMS, consta de un simple símbolo, como una cruz o un círculo, que permitiría al usuario apuntar un arma. Por otro lado, los sistemas de pantalla incorporada, o HMD, no sólo proporcionan la simbología del avistamiento, sino también otra información externa como la altitud, la velocidad del aire o el rumbo de la brújula (generalmente descrita como información que aparece referenciada en la pantalla del dispositivo y que no varía cuando el piloto gira la cabeza). También estos últimos pueden contener información georreferenciada o terrestre, es decir, información clave de imágenes que se muestran y que hacen referencia a su ubicación exacta en el mundo real, como waypoints o pistas de aterrizaje, y que permiten al piloto tener información siempre frente a él para permitirle estar más abierto mientras vuela.

Mientras que el primer dispositivo de mira montada HMS fue desarrollada en Sudáfrica para ayudar en la orientación de misiles de búsqueda de calor en el avión de combate Mirage F1AZ, no fue hasta principios de los 60 cuando comenzó a desarrollarse la realidad aumentada, factor imprescindible para la creación de los dispositivos HMD.

Este concepto surgiría en 1966 en la Universidad de Harvard, cuando el profesor de Ingeniería Eléctrica, Ivan Sutherland, ideó un dispositivo que proporcionaba información ocular al usuario, a la vez que facilitaba la libertad de movimiento de la cabeza (**Figura 3**).



Conocido como *Human Mounted Display*, podría considerarse este como el primer prototipo del moderno dispositivo HMD, si bien no se parecía a las lentes o visores empleados en la actualidad, sino que se trataba de una maquinaria inmensamente grande que colgaba del techo del laboratorio y sobre el cual se colocaba el usuario.



Figura 3. Fotografía del dispositivo 'Human Mounted Display', Universidad de Harvard. Fuente: New Tech, 2021.

Al mismo tiempo, el investigador L.B. Rosenberg, quien trabajaba para la fuerza aérea de los Estados Unidos, inventó un dispositivo de realidad aumentada similar, que indicaba a los usuarios los procedimientos a realizar para una serie de tareas que se les presentaban, es decir, un dispositivo muy parecido a una guía virtual (New Tech, 2021).

A partir de ese momento, en la década de los 70 surgieron los primeros cascos con sistemas incorporados de realidad aumentada, desarrollados por la Armada estadounidense en 1973, que introdujo un sistema electro-óptico de seguimiento de la cabeza en los aviones a reacción de ala fija Phantom F-4J y F-4N, y que iba acoplado con el radar y los misiles AIM-9H Sidewinder¹². Varios cientos de F-4 Phantom fueron presentados con este moderno sistema en 1973 y 1979.

El dispositivo incluía además un Sistema de Adquisición de Objetivos Visuales (VTAS), desarrollados por Honeywell Corporation, y que proporcionaba imágenes de orientación de anillos y puntos centrales simples en el visor del casco de vuelo.

El VTAS se considera la primera generación de HMD y ofrecía un rendimiento sencillo al poder mostrar únicamente el acimut de las señales externas que detectaba. Además, el campo de visión (FOV) era de solo 3 a 6 grados. A pesar de ello, el sistema fue muy popular por su efectividad en la focalización de misiles fuera de la vista.

Además, se empezó a introducir también en las aeronaves de ala rotatoria, con el helicóptero artillado AH-1S Cobra, que incluía una ametralladora con torreta que se orientaba solidariamente con la cabeza del piloto a través de un varillaje mecánico unido al casco. El piloto apuntaba el arma superponiendo una pequeña retícula montada en el casco sobre el objetivo.

Sin embargo, el programa fue finalmente abandonado a finales de los setenta porque las capacidades de esta tecnología estaba limitada y no podía hacer frente a la tecnología de misiles de la época.

No fue hasta 1985 cuando la idea del HMD fue reinstaurada tras fotografiarse un caza MIG-29 soviético en Finlandia mostrando una simple mira montada en el casco para apuntar fuera del eje del misil AA-11 Archer.

Tras esta revelación, el ejército israelí inició un programa HMD para apuntar fuera del eje del misil Python 4 en 1993-1994.

Paralelamente, dos estudios sobre los dispositivos HMD, el Vista Sabre 15 y Vista Sabre II 16,



demonstraron las claras ventajas de un piloto equipado con un HMD para apuntar misiles sobre otro piloto usando tan solo su visor HUD.

Alentados por estos estudios y tras pruebas experimentales, el ejército de los Estados Unidos inició su propio programa de objetivos de misiles fuera de la vista, resultando en el Casco Conjunto con Sistema de Señalización Montado (JHMCS), construido por Vision Systems International para los aviones F/A-18 de la Armada y para los F-15 y F-22 de la Fuerza Aérea y versiones nacionales e internacionales del F-16 a principios del siglo XXI.

Este sistema JHMCS proporcionaba a los pilotos simbología de objetivos fuera del eje para el Misil AIM-9X, e información del estado de la aeronave, proporcionándoles una mejor conciencia situacional del espacio aéreo que rodeaba la aeronave (Melzer, 2017).

En cuanto a helicópteros, en la década de 1980 el Ejército estadounidense adoptó el Sistema Integrado de Casco y Avistamiento (IHADSS) para su AH-64 Apache (**Figura 4**). Esta pantalla monocular montada en el casco, similar a la de su cañonero Cobre, daba al piloto la habilidad de apuntar armas conectadas a sistemas esclavistas en la cabeza. Adicionalmente, este nuevo modelo permitía mostrar 'headtrackers', imágenes de los controles de vuelo, para vuelos nocturnos.

Head tracker sensors
See-through combiner
Collimating optics
CRT
Helmet mount



Figura 4. Fotografía del casco Honeywell para el helicóptero AH-64 Apache. Fuente: Avionic Handbook.



Figura 5. Fotografía del casco original Wide-Eye. Fuente: Melzer, 2001.

El empleo de un HMD como interfaz clave para la aeronave demostró ser tan efectivo que en 1991, Estados Unidos otorgó a la empresa Kaiser Electronics (actualmente Rockwell Collins) un contrato para el programa de desarrollo de su nuevo helicóptero RAH-66 Comanche, que concluyó con el Sistema de Observación de Pantalla Integrada del Casco Binocular (HIDSS) Wide-Eye (**Figura 5**). Este conjunto de pantallas utilizaba miniaturas monocromo y se instalaban hacia afuera para ampliar el campo de visión horizontal, proporcionando una visión binocular total de 40° vertical por 60° horizontal con 20° de superposición central (Melzer, 2001).

3.2 Tecnología actual

En la actualidad, la tecnología HMD crece exponencialmente y son muchos los usos que tiene. Aunque conceptualmente el esquema de uno de estos dispositivos parece simple, su implementación en aeronaves es bastante compleja. Las diversas empresas destinadas a la construcción e instalación de estos cascos basan y mejoran constantemente sus diseños en torno a una serie de variables principales:

- Precisión: la posición del casco debe calibrarse y ajustarse de forma segura a la cabeza



del piloto. El ojo del usuario debe permanecer alineado con la retícula de la visera (LOS), por lo tanto, los HMD actuales no pueden detectar hacia dónde mira el ojo, pero pueden colocar una señal entre el ojo y el objetivo. La tecnología actual busca reducir ese error angular entre la línea de visión y la señal derivada.

- Tiempo de respuesta: retraso entre el movimiento del casco y la señal.
- Campo de visión: rango angular en el que la vista puede producir una medición precisa.
- Peso y equilibrio: principalmente para HMD de aviones de combate, donde se realizan maniobras de alta “g”.
- Compatibilidad con la cabina de vuelo y la seguridad: buscando que los datos proporcionados por el casco sean lo más acordes posibles a los instrumentos analógicos.
- Características ópticas: calibración, nitidez, colimación (es decir, enfoque distante para mejorar la legibilidad de las imágenes), dominio del ojo y rivalidad binocular.
- Durabilidad y coste.
- Ajustar e interconectar la cabeza del aviador con la aeronave: la anatomía facial hace que el ajuste del casco sea crucial en la capacidad del aviador para interactuar con los distintos sistemas de la aeronave. Del mismo modo, la desalineación o el desplazamiento del casco pueden causar una imagen inexacta.

Además, el gran avance tecnológico permite mejorar de manera considerable las características técnicas de los dispositivos más modernos, así como las prestaciones que ofrece. La ciencia de los HMD va encaminada actualmente a mejorar la precisión en el procesamiento y seguimiento del movimiento de la cabeza (Moffitt, 1997).

En este aspecto, algunos diseños de HMD pueden detectar la orientación (elevación, azimut y balanceo) y, en algunos casos, la posición (x,y,z) de la cabeza del piloto en relación con la estructura del avión con suficiente precisión incluso bajo alta “g”, vibración o durante rápidos movimientos de la cabeza.

En la tecnología actual de HMD se utilizan los siguientes métodos básicos (James, 2015)²:

a. Óptico

Los sistemas ópticos emplean emisores de infrarrojos y detectores de infrarrojos que se instalan, respectivamente, en el casco o cabina de vuelo, o viceversa, para medir la posición de la cabeza del piloto. Las principales limitaciones son los campos de visión restringidos y la sensibilidad a la luz solar u otras fuentes de calor.

Sistemas como el AA-11 Archer utilizan esta tecnología, así como el HMD Cobra empleado en el Eurofighter Typhoon.

b. Electromagnética

Los diseños de detección electromagnética utilizan bobinas instaladas en el casco colocadas en un campo alterno, generado en la cabina de vuelo, para producir voltajes eléctricos alternos basados en el movimiento del casco en múltiples ejes. Esta técnica requiere un mapeo magnético preciso de la cubierta de vuelo para tener en cuenta los materiales ferrosos y conductores en el asiento, los umbrales de la cubierta de vuelo y el dosel para reducir los errores angulares en la medición.

c. Sónica

Los diseños de detección acústica utilizan sensores ultrasónicos para monitorear la posición de la cabeza del piloto mientras son actualizados por software de computadora en múltiples ejes. Las frecuencias operativas típicas están en el rango de 50 a 100 kHz y se pueden hacer para transportar información de sonido de audio directamente a los oídos del piloto mediante la modulación de

² Véase **Anexo B** sobre “Cascos HMD y tecnología aplicada”.



subportadora de las señales de detección ultrasónica.

d. Óptica inercial híbrida

Los sistemas híbridos de seguimiento inercial emplean una unidad de medición inercial (IMU) sensible y un sensor óptico para proporcionar referencia a la aeronave. Las IMU basadas en sistemas electro-mecánicos se benefician de altas tasas de actualización, como 1000 Hz, pero sufren precesión y desviación con el tiempo, por lo que no se pueden utilizar solas.

Los HMD más antiguos suelen emplear un tubo de rayos catódicos compacto integrado en el casco y ópticas adecuadas para mostrar la simbología en la visera o retícula del piloto, enfocada en el infinito.

Los HMD modernos han prescindido del tubo de rayos catódicos en favor de micro pantallas como cristal líquido sobre silicio (LCOS) o pantalla de cristal líquido (LCD) junto con un iluminador LED para generar la imagen mostrada. Los HMD avanzados también pueden proyectar imágenes de parámetros de la aeronave o de navegación. Una mejora reciente es la capacidad de mostrar símbolos de color y vídeo.

Dispositivos como el Thales Visionix Scorpion HMCS y el HMD HMIT utilizan un rastreador híbrido inercial basado en óptica.

4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE CUALIDADES BÁSICAS

Llegados a este punto, es necesario realizar un estudio comparativo de aquellos factores que se han considerado básicos para la realización eficaz y con seguridad del vuelo y que, integrado con la cumplimentación de la misión, pueda requerir de acciones de información o fuego. Entre los distintos factores del vuelo y con la información aportada en base a su experiencia por el grupo de pilotos profesores de la Academia de Aviación del Ejército de Tierra, se han determinados como importantes para la formación y desarrollo de los nuevos alumnos pilotos los siguientes: **Conciencia situacional, coordinación, acciones elementales y vuelo nocturno.**

Cada una de estas capacidades pueden tener una gran repercusión en otros factores relevantes como puedan ser la orientación en el terreno, la fatiga del piloto, la precisión de los sistemas de armas, etc., así como en el éxito de la misión y la capacidad de supervivencia de la aeronave y la tripulación de vuelo.

Para ello, y en base a diversos archivos y manuales de uso de dispositivos de realidad aumentada, pueden establecerse una serie de ventajas e inconvenientes del uso de los HMD frente al vuelo tradicional visual sin el empleo de dichos dispositivos.

4.1 Conciencia situacional

Según la ingeniero de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, Mica Endsley, se define la conciencia situacional del piloto como *“la percepción sensorial y posterior procesamiento cognitivo de los elementos que suceden en el vuelo, dentro de un marco espacio-temporal y la proyección de sus estado hacia el futuro”* (Endsley, 1995). Esto quiere decir que la conciencia situacional del piloto subyace en la atención que ejerce sobre los distintos estímulos que recibe del exterior y del interior del helicóptero, y que le permite ubicarse y comprender cuál es la situación.

Resulta por tanto evidente la necesidad de potenciar esta cualidad, ya que una pérdida de conciencia situacional puede suponer que el piloto se desoriente y deje de prestar atención a cierta información de vital importancia para el vuelo, pudiendo ocasionar en el peor de los casos el fracaso de la misión o un accidente.

La conciencia situacional podría dividirse en tres pilares: **percepción del entorno, control de la aeronave y división de la atención.**



4.1.1. Percepción del entorno

Desde el despegue hasta el aterrizaje, el piloto está constantemente recibiendo estímulos procedentes del exterior de la aeronave: obstáculos, aves, viento, nubes, otros helicópteros o aeronaves en las cercanías, etc.

Un factor fundamental para la percepción de todos estos estímulos es que el piloto pueda observar el entorno con la mayor amplitud posible, de forma que disponga de tiempo para decidir y actuar sobre la aeronave ante cualquier situación de conflicto y así evitar posibles incidentes o accidentes.

El ojo humano tiene un campo visual de aproximadamente 130° en sentido vertical y 150° en el eje horizontal por cada ojo, pudiendo llegar a abarcar prácticamente los 180° con la superposición de ambos.

Si se compara esto con la visibilidad de un casco con dispositivo de realidad aumentada, el campo de visión que ofrecen los HMD es relativamente similar, a excepción de las restricciones visuales que produce la propia estructura del casco, así como las limitaciones de movimiento de la cabeza debido al acoplamiento del casco, en muchos modelos mediante cables, a la cabina del helicóptero.

Por otra parte, la visión con dispositivos HMD presenta una ventaja importante frente a la visión ocular. Al estar conectados a la aeronave, estos dispositivos pueden a su vez interconectarse con otros sistemas de visión que allá instalados, como cámaras o sensores, potenciando considerablemente las opciones de visibilidad en cualquier dirección y rango, así como posibilidad de aumento y reducción de zoom (**Figura 6**).



Figura 6. Realidad aumentada incorporada en un helicóptero de tráfico en Estados Unidos. Fuente: Google Imágenes.

Asimismo, el empleo de HMD permite el control del espacio exterior e interior de forma simultánea, tal y como se expondrá más adelante, facilitando la capacidad de atención del piloto en el entorno y mejorando así su capacidad de respuesta.

4.1.2. Control de la aeronave

Otro de los grandes pilares del vuelo es el control de los parámetros de la aeronave, así como de las diferentes señales relativas a su estado físico, mecánico o electrónico.

Las aeronaves tradicionales cuentan con numerosos instrumentos y dispositivos que muestran los distintos datos correspondientes a los parámetros de vuelo, como la velocidad, rumbo, elevación



sobre el terreno, grados de desviación del aparato respecto a los tres ejes (cabeceo, alabeo, guiñada), variación dinámica de la velocidad y la altura en el tiempo, etc.

También cuentan con diferentes sensores que permiten obtener, y posteriormente mostrar en pantallas en la cabina, datos relacionados con el estado de los motores, de las transmisiones o de los depósitos de combustible de la aeronave, como nivel, presión o temperatura, así como informar de posibles emergencias debido a estos parámetros mediante señales luminosas o acústicas.

Todo ello permite al piloto conocer en todo momento cuál es el estado de la aeronave y cuáles son las características del vuelo en un momento determinado.

- Comparación.

Si se compara el vuelo tradicional con el vuelo con HMD podría destacarse una ventaja notable para el segundo caso.

Como puede observarse, el control simultáneo de todos los instrumentos de vuelo puede resultar en un trabajo arduo por parte del piloto, que tiene que estar constantemente moviendo la vista hacia las distintas localizaciones de los paneles e instrumentos para controlar los datos e información de vuelo. Todo ello es un factor que puede ocasionar momentáneamente pérdidas en la conciencia situacional del piloto.

La principal característica de los HMD en este aspecto reside en que el propio casco, conectado a la cabina y, por lo tanto, a los diferentes instrumentos de vuelo, permite mostrar, de un modo simplificado, gran parte de esta información en el propio visor, o HUD, tal y como puede observarse en la siguiente imagen, perteneciente a la pantalla de información que se muestra en el visor del casco HMS TopOwl, empleado en los helicópteros NH-90 (**Figura 7**).

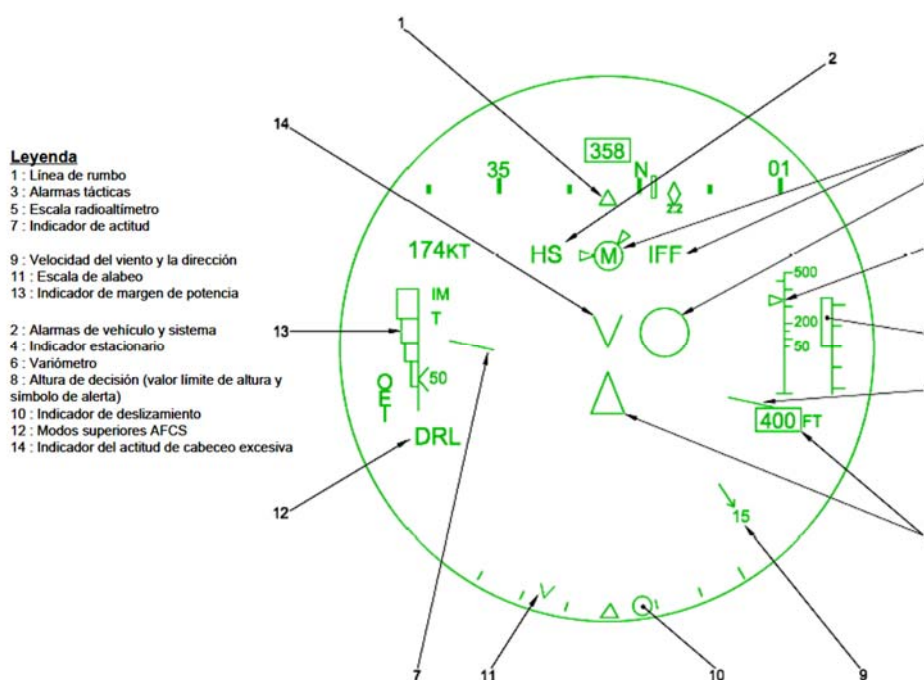


Figura 7. Panel de información de parámetros del casco TopOwl. Fuente: Diapositivas empleo GVN TopOwl, BHELMMA III.

Aunque no toda, el HUD muestra la información más relevante del vuelo, así como algunas de las emergencias más importantes en caso de que ocurran, que aparecerían intermitentemente en la pantalla, facilitando y agilizando su consulta, y haciendo más cómodo el vuelo del piloto al reducir el número de instrumentos que tendría que mirar.³

³ Véase **Anexo C** sobre “Tipo de simbología en los visores del casco HMS para Tigre y NH-90”.



4.1.3. División de la atención

El último pilar de la conciencia situacional, fruto de una combinación de los dos anteriores, sería la división de la atención del piloto, esto es, la capacidad para procesar distintos estímulos de manera simultánea.

Si a la percepción del entorno se le añade el control de los parámetros de la aeronave, así como otras posibles tareas de comunicación por radio, navegación, comunicación en cabina, etc., la carga de trabajo que tiene que soportar el piloto puede resultar excesiva, pudiendo repercutir negativamente en su conciencia situacional y, por lo tanto, en su rendimiento de vuelo.⁴

La principal ventaja de los dispositivos HMD, tal y como puede extraerse de los apartados anteriores, reside en la capacidad de proporcionar información de vuelo en el visor del casco de forma que el piloto pueda consultar la información sin necesidad de apartar la visión del exterior. De este modo se consigue que el piloto pueda volar manteniendo su atención de manera simultánea en los estímulos del exterior y en los parámetros de vuelo, lo cual resulta en una reducción considerable de la carga de trabajo, traduciéndose en un vuelo más cómodo y seguro, y en una mayor probabilidad de éxito de la misión.

En la imagen de la derecha, se puede observar una de las pantallas de información de vuelo que se encuentra instalada en el panel de instrumentos de la mayoría de helicópteros. Los dispositivos HMD permiten transferir gran parte de esa información al casco de vuelo, siendo capaz el piloto de observar dicha información a la vez que mantiene la mirada fuera, sin necesidad de alejar la atención del exterior en ningún momento del vuelo. Esto es lo que puede observarse en la imagen de la izquierda (**Figura 8**).

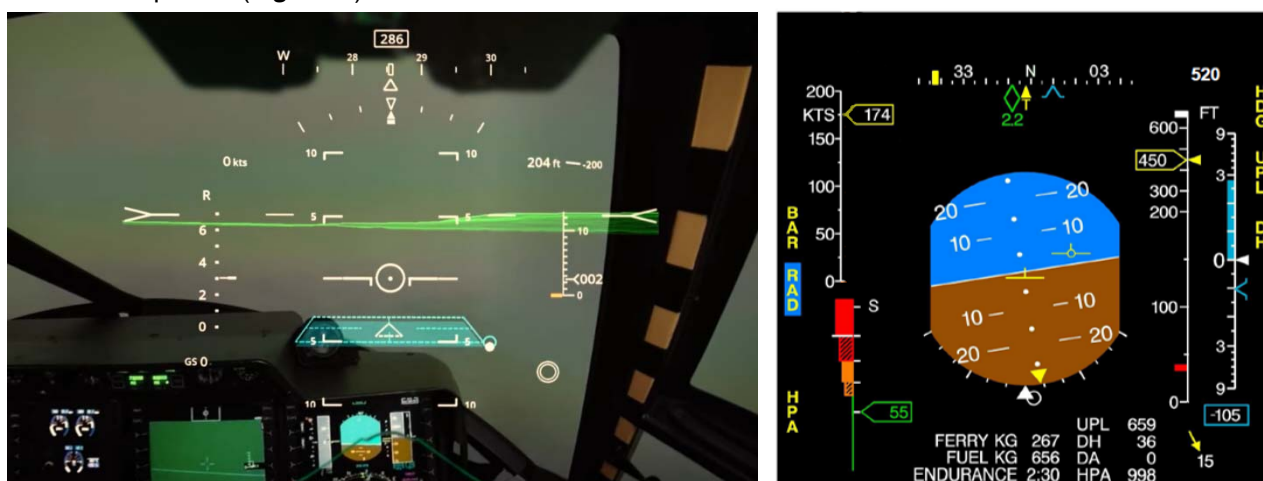


Figura 8. Imagen de parámetros del visor TopOwl en vuelo (izquierda) e imagen del panel de parámetros de vuelo (derecha). *Fuente:* Fotogramas vídeo publicitario Thales Industries.

4.2 Acciones Elementales

El Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra define las Acciones Elementales de los Helicópteros como “*un conjunto de maniobras básicas y técnicas elementales para desarrollar cualquier misión, y que consistirá en acciones de **desplazamiento, información, y fuego***” (Ejército de Tierra, 2000). Por lo tanto, la eficacia en el empleo de dichas acciones constituye un factor que adquiere máxima importancia para el éxito de la misión.

En lo que respecta a dispositivos HMD, un análisis histórico de las acciones de helicópteros en zona de operaciones muestra que su empleo ha supuesto una gran ventaja táctica dada su gran utilidad para la adquisición de información y objetivos, con lo cual las capacidades de éstos adquieren especial importancia en este campo con respecto a los métodos tradicionales de

⁴ Véase **Anexo D** sobre “Atención dividida”.



observación y realización de fuego. Tales procedimientos vienen reflejados en el Manual de Doctrina OR4-702 del Ejército de Tierra sobre el empleo de unidades de helicópteros de ataque. (Ejército de Tierra, 2008).

4.2.1. Información

La información se obtiene básicamente de la observación. Lo que se persigue mediante la observación es mirar sin ser visto, localizar al enemigo e informar al mando.

Estas acciones se realizan a vanguardia o en acciones en profundidad donde las probabilidades de ser visto o de contacto con el enemigo son muy elevadas. Adquiere por lo tanto máxima importancia la seguridad táctica, es decir, reducir al mínimo posible la exposición al enemigo a la vez que se ejecuta la misión.

Los métodos tradicionales de adquisición de información consisten en observaciones estáticas o dinámicas.

La observación estática se realiza desde posiciones de observación establecidas previamente con el helicóptero en vuelo estacionario. La acción se realiza mediante ascensos y descensos, saliendo de una posición a cubierto para observar al enemigo, y posteriormente regresando a la posición de a cubierto o abandonando la zona.

Generalmente los puestos de observación se encuentran a una distancia de entre dos y seis kilómetros del enemigo, cubiertos con alguna masa protectora a vanguardia y en ocasiones a retaguardia, y permitiendo la observación del enemigo de flanco o de revés, reduciendo así su localización.

En el caso de la observación dinámica, esta se realiza en movimiento, siguiendo un itinerario y una trayectoria, para la observación de tramos o áreas que, por la naturaleza del terreno o situación táctica, no pueden ser observados desde un puesto de observación estático.

Hay dos técnicas distintas de observación dinámica, aunque generalmente se reduce a pasadas rápidas por encima de la zona a reconocer. La distancia de observación suele ser muy cerca del enemigo al coincidir con la zona a observar, pudiendo ser de hasta un máximo de 4 kilómetros, y permite la observación tanto de flanco como de la retaguardia.

- Comparación.

Aunque los métodos tradicionales presentan numerosas ventajas y son eficaces para el cumplimiento de la misión, son varias también las desventajas que presentan.

Para la observación estática, la baja exposición del helicóptero a la vista del enemigo y la alta precisión en la recopilación de información contrastan con la lentitud en su ejecución al requerir de tiempo para establecer puestos de observación adecuados, que además pueden no resultar satisfactorios dadas las características del terreno en que se opere.

Del mismo modo, la observación dinámica permite una recopilación rápida de la información en cortos periodos tiempo. Sin embargo, la acción puede requerir exponer más el helicóptero e incluso eliminar al concreto la discreción al pasar por encima del objetivo, aun con los sistemas de armas más modernos, lo cual rompe con el factor sorpresa sobre el enemigo y requerirá, en consecuencia, de una mayor agilidad y capacidad de evasión. Además, la precisión de la información que se obtiene suele ser por lo general menor que en el caso de las observaciones estáticas.

A todo esto, debe añadirse que ambas opciones presentan el inconveniente de que, al tratarse de un método de observación ocular, las limitaciones de visibilidad vienen marcadas por nuestros propios ojos. Además, se opera desde distancias muy cercanas al suelo, pudiendo producirse fallos en el enlace radio y de forma que el helicóptero pueda quedar vulnerable ante el fuego enemigo. Por lo tanto, puede deducirse que ambos métodos presentan características opuestas y cuyas carencias no pueden suplirse mediante otros métodos alternativos.



En el caso de los dispositivos HMD, los modelos más modernos disponen de sistemas de visión muy sofisticados que permiten la adquisición de información desde grandes distancias y con medios de visibilidad nocturna (**Figura 9**) o térmica (**Figura 10**), lo cual permite una exposición mínima o nula ante la posibilidad de ser descubierto por el enemigo y, por lo tanto, alejar al helicóptero de posibles impactos por fuego enemigo.



Figura 9. Imagen con medio de visión nocturna. *Fuente:* Google Imágenes.

El sistema Strix HAD incorporado en el casco de vuelo del helicóptero Tigre dispone de una cámara termográfica, una cámara de televisión y un designador láser que le permiten efectuar misiones de observación y adquisición de objetivos en ambiente tanto diurno como nocturno, y con independencia de las condiciones meteorológicas, así como una función PIP (Picture-in-Picture) que permite introducir en el sensor del piloto de manera directa imágenes para facilitar el reconocimiento e identificación (Pons, 2019).



Figura 10. Imagen con medio de visión térmica. *Fuente:* Google Imágenes.

4.2.2. Fuegos

La acción de fuegos consiste en una combinación de maniobras de movimiento y aproximación al enemigo, adquisición del enemigo y acción de fuego para neutralizar o destruir. Estas acciones se realizan de manera rápida y agresiva, y generalmente se ejecutan de forma coordinada con otros helicópteros.

El método tradicional de adquisición y fuego sobre el enemigo se define como una acción de combate a la espera, con un reconocimiento previo del terreno y estableciendo una zona de reunión y una zona de puesto de tiro para la realización del fuego.

La adquisición de objetivos se basa en la designación de posiciones relativas y de referencias, generalmente en terrenos despejados y libres de obstáculos y que permitan realizar fuego desde una distancia de 2 a 4 kilómetros.

- Comparación.

El empleo de los dispositivos HMD modernos resulta de gran utilidad para la adquisición y



seguimiento de objetivos dado que integra la imagen del objetivo con los datos originados por los diversos sistemas de detección y adquisición, así como los sensores externos del helicóptero.

De este modo, el piloto puede conocer en todo momento la posición exacta del objetivo y su información de distancia y dirección, así como otra información externa relativa a obstáculos o viento, que permiten mejorar la precisión en el disparo.⁵

Del mismo modo, las distintas cámaras interconectadas al casco le permiten efectuar disparo sobre objetivos que se encuentren fuera del campo visual normal del tirador, ampliando las posibilidades en la designación del puesto de tiro y permitiendo un seguimiento 360 grados.

Los aviones de combate Gripen presentan misiles IRIS-T con solución HMD integrada, la cual permite al piloto atacar desde distancias elevadas a cualquier objetivo en cualquier dirección, incluido detrás de él. Sistemas incorporados como el buscador de infrarrojos permiten además un mejora en el rango de adquisición y en la discriminación de objetivos, haciendo un uso óptimo de la conciencia situacional a la vez que se realiza la acción de fuego sobre el objetivo.

El piloto Jonas Jakobson describe las ventajas de emplear estos sistemas de este modo: *“Como piloto, entendí esta gran capacidad desde la primera prueba que realicé de la solución simulada de la integración entre el HMD y el IRIS-T, el objetivo estaba realizando maniobras evasivas dentro de un volumen de interés definido. [...] Logré orbitar tranquilamente alrededor, mirando por encima de mi hombro hasta encontrar el momento preciso para lanzar el misil; esa sensación fue surrealista.”* (Defensa.com, 2021)⁶

Por otra parte, el sistema de seguimiento de cabeza del casco TopOwl permite al piloto un mayor control de su arma, pudiendo incluso realizar un apuntado moviendo únicamente su cabeza hacia la posición del objetivo. Además, los distintos botones del control del cíclico permiten al tirador marcar posiciones en la propia imagen mostrada en el visor y enviar dicha información al sistema de armas para la realización automática del disparo con un rango de precisión muy elevado (BHELA I, Sección de Instrucción, 2020).

4.3 Coordinación

Un factor fundamental es la capacidad de transmitir información a otros miembros de la tripulación o a otros helicópteros, así como su correcta recepción e interpretación, para la consecución eficaz de una acción conjunta.

La ventaja táctica reside, por lo tanto, en ser capaz de integrar todas las acciones expuestas con anterioridad con la de otros helicópteros y ejecutarlas de manera coordinada, en un tiempo y espacio determinado, con el fin de potenciar sus efectos y aumentar la probabilidad de éxito de la misión.

Cabe destacar que la coordinación incluye varios niveles, que alcanzan desde la coordinación con otras unidades y helicópteros a la coordinación interna con los propios miembros de la tripulación y la coordinación de información en cabina. Resulta por lo tanto interesante analizar las capacidades que presentan los dispositivos HMD para la comunicación e intercambio de información con la tripulación de la aeronave, así como con otras aeronaves o unidades de tierra.

4.3.1. Comunicación en cabina

El estudio de numerosos accidentes en la aviación concluyó que la principal causa de que la tripulación fuese incapaz de responder de forma adecuada a las situaciones de riesgo se debía a una comunicación inadecuada entre los miembros de la tripulación y otras partes, llevando a una pérdida de la conciencia situacional, fallos en el trabajo en equipo en la aeronave y, en última instancia, a la toma de decisiones erróneas que derivaban en incidentes graves o accidentes

⁵ Véase **Anexo E** sobre “Ejemplos de adquisición de objetivo en visor de casco TopOwl para helicóptero Tigre”.

⁶ Entrevista disponible en la revista electrónica Defensa.com, disponible a través del enlace web de la bibliografía.



mortales.

El empleo de simuladores de vuelo como método experimental para estudiar todas estas causas permitió introducir una nueva teoría de capacitación y gestión de la cabina de vuelo. Esta serie de técnicas, adoptadas en la actualidad por todas las entidades aeronáuticas del mundo, se conoce como CRM (Society, 1999).

El **Crew Resource Management** (CRM) se define como el 'uso eficaz de todos los recursos disponibles para que el personal de la tripulación de vuelo garantice una operación segura y eficiente, reduciendo los errores, evitando el estrés y aumentando la eficiencia' (Foundation, 2021).⁷

En otras palabras, la gestión en cabina se refiere a la aplicación de unas habilidades cognitivas e interpersonales necesarias para poder gestionar el vuelo y todos los recursos disponibles (equipos, procedimiento y personal a bordo) de una forma segura y mejorando así la eficiencia de las operaciones de vuelo.

En la aviación, las habilidades de comunicación y gestión del personal de vuelo adquieren vital importancia para garantizar la seguridad del vuelo. De hecho, la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI), que regula toda la normativa aeronáutica a nivel mundial, establece en su Anexo 6⁸ sobre "Operaciones de aeronaves" que 'todo programa de instrucción deberá incluir la formación en conocimientos y habilidades relacionados con la actuación humana y gestión de personal en cabina' (OACI, 2016).

Resulta por lo tanto evidente la importancia de la comunicación interpersonal para la realización del vuelo, que adquiere aún mayor importancia en la aviación militar a la hora de ejecutar una misión táctica bajo una situación de riesgo que genere gran cantidad de estrés adicional.

El gran problema de la comunicación que se realiza en la cabina reside en que, muchas veces, esta se muestra sesgada, fuera de la realidad objetiva, o es parcial e incompleta, reduciendo la calidad de la evaluación y toma de decisiones del comandante de aeronave, lo que puede implicar desvíos en la navegación, adquisición o identificación errónea de objetivos o itinerarios, posibles accidentes o, en conjunto, el fracaso de la misión.

Es por ello que toda información que se transmita a la cabina de vuelo, tripulación, pasajeros, etc., especialmente en situaciones de riesgo o donde la precisión de la ejecución sea esencial para el éxito de la misión, se adecue a las bases de la comunicación de ser concisa, precisa y objetiva, sin dar lugar a malentendidos o sesgos por parte del receptor.

El empleo de los dispositivos HMD presenta la ventaja de ofrecer la capacidad de transmitir imágenes o datos procedentes de la pantalla del casco de unos de los miembros de la tripulación al resto de acompañantes, de modo que la información que se envíe sea lo más completa y objetiva posible, facilitando de ese modo una mejor evaluación por parte del piloto, tirador o comandante de aeronave para elegir la acción óptima.

Según el manual de vuelo que ofrece la empresa Airbus Helicopters del casco 93H-HMSD, utilizado entre otros por los pilotos de NH-90, cualquier miembro de la tripulación puede configurar la información de vuelo y simbología en los distintos paneles de la caja de paneles de control central, o en los diferentes interruptores del mando colectivo, para mayor comodidad del piloto y copiloto. Esta información es procesada por una Unidad HMSD Electrónica, que proyectará dicha información en las pantallas FLIR de ambos pilotos (Airbus, 2015).

Del mismo modo para los helicópteros de ataque, el sistema de observación integrado Strix, situado sobre el techo del helicóptero Tigre e interconectado sobre el visor de casco Thales TopOwl, permite al comandante de aeronave compartir las imágenes y vídeos que registra con su piloto, de forma que todo lo que ve en su visor de vuelo puede ser enviado y mostrarse en el visor de vuelo del piloto (Airbus, 2017).

El empleo de esta tecnología permite que ambos tripulantes dispongan de mayor interrelación en lo que respecta al pilotaje del helicóptero y a la identificación de blancos y control del armamento

⁷ Traducción extraída de la Fundación de Seguridad de Vuelo, disponible a través del enlace web de la bibliografía.

⁸ Parte 1, Capítulo 9, párrafo 9.3.1



de fuego. Además, los diferentes controles de captación y envío de datos entre ambos miembros se encuentran incorporados a los controles de vuelo, facilitando el empleo de estos a la vez que se mantiene la atención en la manipulación del aparato.

4.3.2. Coordinación con otros helicópteros

Si la información de vuelo puede presentar dificultades para transmitirse a los propios miembros de una misma aeronave, esto se cuantifica a la hora de transmitir información a otras aeronaves o unidades dentro de una operación militar.

Unos mismos datos pueden interpretarse de forma distinta entre helicópteros situados en diferentes ubicaciones, lo que potencia la posibilidad de sesgo de la información enviada. Ejemplo de esto fue el incidente ocurrido durante la Operación “Tormenta del Desierto” en Irak en 1991, cuando el intercambio de información entre helicópteros AH-64 Apache llevó a una serie de malinterpretaciones que ocasionaron bajas en el Ejército americano por fuego aliado.

El 17 de febrero de ese año, antes del inicio de la guerra terrestre la operación citada previamente, un Sargento y un Brigada murieron por fuego amigo realizado desde un helicóptero Apache, y otros seis resultaron heridos en el incidente, siendo parte de las 35 bajas por acción aliada durante la Guerra del Golfo Pérsico.

En un vídeo de larga duración desclasificado que muestra la grabación real en la cabina del helicóptero Apache, aproximadamente a la una de la mañana (hora del Golfo Pérsico), puede observarse cómo un vehículo de combate Bradley estadounidense y un transporte blindado de personal M133 son destruidos por dos misiles Hellfire disparados desde el helicóptero comandado por el teniente coronel Ralph Hayles⁹ (*Figura 11*).

El incidente ocurrió después de que las fuerzas terrestres estadounidenses, que estaban desplegadas a lo largo de una línea este-oeste a 5 kilómetros al norte de la frontera entre Arabia Saudita e Irak, informaran de varios avistamientos enemigos al norte de sus posiciones. En respuesta, los comandantes de tierra habían solicitado el reconocimiento Apache de la zona. Posteriormente, un equipo de tres helicópteros Apache encontraron dos vehículos, que parecían ser los descritos por las fuerzas terrestres. Sin embargo, estos vehículos resultaron ser un Bradley y un M133 pertenecientes al propio ejército americano.

En un posterior estudio del incidente que tuvo lugar, se descubrió que los helicópteros Apache aparentemente se habían desplazado durante su vuelo estacionario hacia la izquierda, debido a un error lateral de forma que estaban observando hacia un lugar que hizo que los pilotos creyeran que estaban mirando el territorio enemigo.



Figura 11. Fotogramas de la grabación del helicóptero Apache en Irak, 1991. Minutos 7 y 11. *Fuente:* Youtube.

⁹ El acceso al vídeo se encuentra en el siguiente enlace web:
<https://www.youtube.com/watch?v=iesQorDCtFQ&t=949s>.



Como resultado de esta investigación, se llegó a la conclusión de que esa desviación en el desplazamiento horizontal había llevado a los helicópteros a transmitir información errónea de sus posiciones, que en concatenación con la información errónea de la zona a observar dio lugar a este terrible accidente.

Tras los hechos, se dio la necesidad de incluir, entre los sistemas de adquisición de objetivos, sistemas HMD que proporcionasen a la tripulación información adicional de corrección de parámetros para evitar que en el futuro pudiese ocurrir esta situación de nuevo.

Sistemas de corrección de desviación incorporados a los dispositivos HMD permiten transmitir la información de manera correcta entre las diferentes aeronaves, asegurando que las órdenes enviadas son correctas y que los factores que afectan han sido corregidos para asegurar la precisión en la ejecución.

Así mismo, sistemas de realidad aumentada, como el Ares, creado inicialmente como Cajón de Arena Virtual para la instrucción de personal militar en la Academia Militar Americana de West Point, presentan desarrollos en evolución para ofrecer herramientas de interconexión con la finalidad de proporcionar apoyo tecnológico a la ejecución de temas tácticos (Monje, 2019).

Esta es una gran ventaja de la que disponen los dispositivos HMD incorporados, no sólo para aumentar las probabilidades de éxito, sino para reducir el factor humano en la comunicación y toma de decisiones y proporcionar una mejor coordinación entre las distintas unidades y una mayor seguridad, evitando futuros accidentes como el descrito.

4.4 Vuelo nocturno

Las nociones teóricas relativas a la visión en condiciones de vuelo nocturno son de gran importancia para el aviador. La visión nocturna en condiciones de luminosidad reducida depende del funcionamiento de unos fotorreceptores, localizados en las áreas periféricas de la retina, conocidos como “bastones”.

Técnicas efectivas para el pilotaje nocturno, particularmente en el vuelo militar, aconsejan a los pilotos formas de mirar diferentes puntos o zonas basadas en la fisiología. Entre ellas, dirigir la mirada hacia algo de forma lateralizada (de reojo) permiten optimizar la percepción visual, la cual se ve afectada por la inoperatividad del área central de retina en condiciones de baja iluminación. Así mismo, para visualizar puntos lejanos luminosos es recomendable no dejar la mirada fija, sino hacer pequeños barridos.

Sin embargo, la adaptación sensorial de la retina a la oscuridad es un proceso lento, que puede durar entre 30 y 45 minutos. A esto puede añadirse los deslumbramientos por exposiciones, durante períodos de tiempo suficientes, a fuertes luminancias, dificultando la capacidad de adaptación al vuelo nocturno, que además generará fatiga visual en el piloto.

Es por ello que los métodos empleados para el vuelo en arco nocturno se caracterizan por el empleo, entre otros, de gafas de visión nocturna (GVN).

Estos dispositivos poseen sensores de luz que recogen la luz residual de los distintos focos o fuentes de luminosidad, e incrementan sus efectos para ofrecer al piloto una mayor capacidad de visión. Aunque con un campo visual muy reducido (en torno a 40°), permiten al piloto observar el terreno en mejores condiciones que las que tendría utilizando sus propios ojos.

El esquema de visión de las GVN presentan dos zonas diferenciadas (**Figura 12**):

En primer lugar, la zona de acoplamiento de ambas lentes ofrece una visión binocular, similar a la zona de visión acoplada por ambos ojos, que permiten la visualización de mayor calidad y nitidez, así como una representación tridimensional del terreno que observamos, conocida como estereopsis.



Las zonas laterales de la lente presentan una visión monocular, accesibles por los bastones de cada una de las retinas, que proporcionan una representación bidimensional del terreno que observamos.

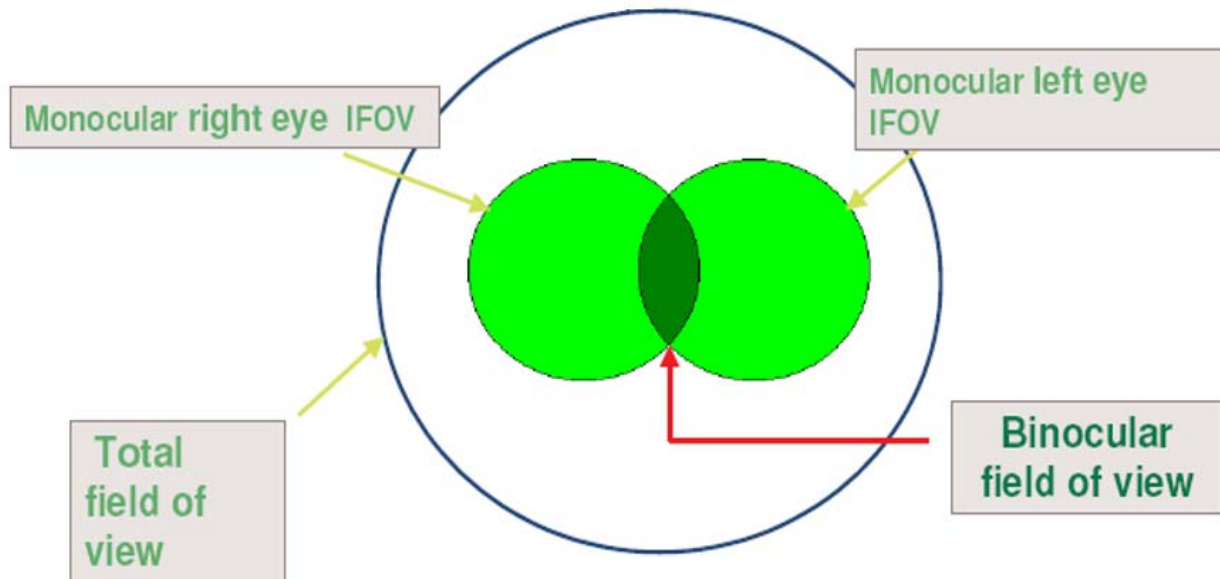


Figura 12. Esquema de visión de las gafas GVN para vuelo nocturno. *Fuente:* Diapositivas GVN TopOwl, BHELMA III.

La visión binocular proporciona el sentido de la estereopsis en distancias cortas hasta una distancia aproximada de 200 metros. A mayores distancias de observación, como en el caso de la percepción del entorno por parte del piloto, la percepción de la distancia y el relieve debe basarse en referencias monoculares (Rodríguez, 1998).

Sin embargo, uno de los grandes problemas que presenta el empleo de gafas de visión nocturna es la pérdida de referencias sobre el terreno, que puede reducirse a tres factores fundamentales (BHELA I, Sección de Instrucción, 2020):

- Pérdida de referencia del tamaño.

Encuestas realizadas a pilotos muestran que en el momento del aterrizaje, el piloto percibe cambios en el tamaño y la forma de la pista, que se le presenta con una forma de trapezoide. Esto se debe a la perspectiva geométrica, ya que las líneas tienden a aproximarse en el horizonte, el cual se pierde en el vuelo con gafas de visión nocturna, provocando una variación en su forma conforme avanza la aproximación.

- Pérdida de referencia de distancia.

En la aeronáutica, la referencia de distancias se fundamenta en el ángulo de observación de la retina y en la inferencia de la distancia a la cual se encuentra el observador según las variaciones del tamaño aparente del obstáculo. En vuelo, la comparación de movimientos entre dos cuerpos permite obtener información de la distancia que los separa.

- Pérdida de referencia de velocidad.

El movimiento de los objetos en la periferia de los campos visuales proporciona la información de velocidad angular relativa.

- Comparación.

Los sistemas más modernos de realidad aumentada permiten integrar esta tecnología de visión nocturna al propio casco de vuelo, siendo también compatible su uso en su correspondiente simulador (**Figura 13**). De este modo, se obtiene la ventaja de poder fusionar otros sensores como el FLIR de pilotaje al visor del casco, permitiendo una mayor comodidad en su uso, si bien al proyectar la imagen se pierde algo de calidad.



Figura 13. Visión nocturna incorporada al casco HMSD durante vuelo en simulador de NH-90. Fuente: Diapositivas de instrucción, BHELMA III.

En cuanto a sus capacidades, el rango de visión que ofrecen los dispositivos HMD es muy similar al de las gafas tradicionales, si bien es cierto que no limita el campo visual de los ojos, pudiendo ver lateralmente sin ninguna restricción adicional.

A esto se le añade la tecnología de información integrada en el HUD del visor, que permite disponer de la información de vuelo en pantalla a la vez que se muestra la imagen del exterior. Esta ventaja adquiere mayor importancia en el vuelo nocturno en comparación con las GVN, que suponen apartar la mirada por debajo de las gafas para observar el panel de instrumentos de controlar los parámetros de vuelo. Por lo tanto, facilita la división de la atención en esta clase de vuelos que, por su condición, generan mayor fatiga en el piloto.

Dispositivos como el GVN TopOwl Thales del helicóptero tigre permiten reemplazar los prismas de visión diurnas instalados en el casco por intensificadores de luz, que permiten proyectar en el visor la imagen y simbología generado por ellos (**Figura 14**).



Figura 14. Casco TopOwl con sistema GVN Thales instalado. Fuente: Diapositivas de instrucción, BHELA I.

Además, las distintas opciones que ofrece el módulo del HMD le posibilitan configurar el sistema de visión nocturna y adecuarlo al terreno, como seleccionar el ojo director del piloto para optimizar el enfoque del sistema¹⁰ (ThalesGroup, 2021).

5. ANÁLISIS CUANTITATIVO

Como se indicó en la metodología del trabajo, una vez conocidas las cualidades de vuelo se ha realizado una encuesta cuyo objetivo ha sido conocer la opinión de personal cualificado y experimentado sobre los aspectos tratados en el apartado anterior.

Para la realización de la encuesta se ha escogido un grupo de población reducido basado en las siguientes cualidades y características:

- Pilotos destinados en unidades de helicópteros que emplean dispositivos HMD (BHELA I (Almagro) y BHELMA III (Agoncillo)).

¹⁰ Información disponible en la página web oficial de ThalesGroup (ThalesGroup, 2021).



- Pilotos con más de 1000 horas de experiencia de vuelo con dispositivos HMD.
- Pilotos con más de 5 años de servicio en unidades de helicópteros que emplean dispositivos HMD.
- Pilotos instructores de helicópteros que emplean dispositivos HMD.
- Profesorado de la Academia de Aviación del Ejército de Tierra, conocedor del Plan Básico de Instrucción de los aspirantes a piloto.

En el diseño de la encuesta, además de solicitarles información relacionada con su carrera profesional aeronáutica, que incluía horas de vuelo, tiempo de destino en la unidad, calificación de vuelo y experiencia en el uso de dispositivos HMD, se ha pedido que puntuasen en un rango desde el 1 hasta el 5 (siendo el 1 el grado de mayor disconformidad y 5 el grado de mayor conformidad) su opinión acerca de las diferentes hipotéticas ventajas del empleo de los dispositivos HMD sobre algunos de los factores de vuelo.

Además, se ha pedido una puntuación, con el mismo rango y valores que el anterior, sobre la idoneidad de implementar los dispositivos HMD en cada una de las fases del vuelo que vienen reflejadas en la Norma IT 20/14 de “Capacitación del Personal de Helicópteros” y en la Guía Docente del Programa de Instrucción de Vuelo de los alumnos de EMIEO y EMIES (Ministerio de Defensa, 2014).

Por último, se ha pedido una puntuación, igualmente con el mismo rango y valores que los anteriores, sobre la conformidad con una serie de afirmaciones relacionadas con las capacidades que ofrece el empleo de los dispositivos HMD, así como una pregunta directa relacionada con el objetivo principal de este trabajo.

La plantilla de la encuesta realizada ha sido diseñada mediante la aplicación de encuestas de Google, y puede consultarse la estructura de la misma en el Anexo F de esta memoria¹¹.

A continuación, se muestran los resultados de cada uno de los apartados de la encuesta, expresándose los resultados de porcentaje en forma de gráficas y los resultados de puntuación mediante un valor numérico que corresponde a la media de las puntuaciones, así como su desviación típica:

- **Número de población encuestada:** 41
- **Unidades de destino de la población encuestada:** Véase Figura 15.

UNIDADES DE DESTINO

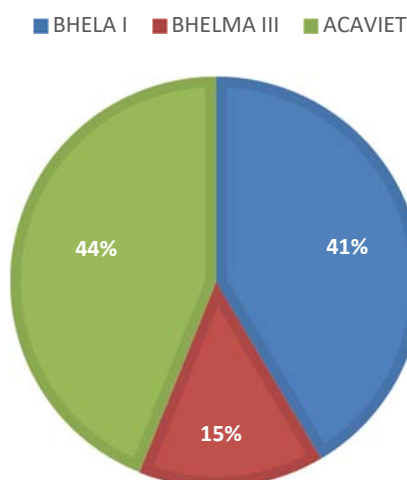


Figura 15. Unidades de destino de población encuestada. *Fuente:* Elaboración propia.

- **Escala profesional de la población encuestada:** Véase Figura 16.

¹¹ Véase **Anexo F** sobre “Plantilla de encuesta realizada sobre dispositivos HMD”.



ESCALA

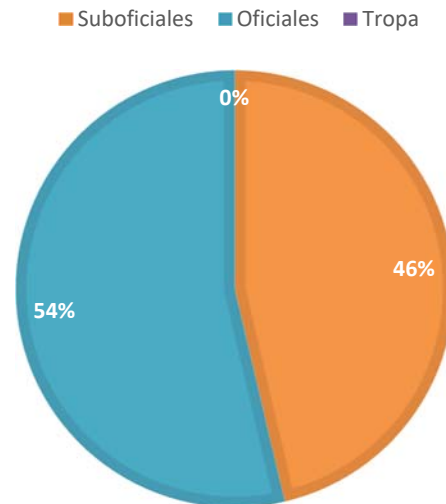


Figura 16. Escala perteneciente de la población encuestada. *Fuente:* Elaboración propia.

- **Media de años de la población encuestada en Unidades de helicópteros:** 16 años.

La desviación típica es de 10 años, con lo que la población presenta un rango de años destinados en las unidades citadas muy amplio. El sujeto con mayor número de años pilotando helicópteros cuenta con 40 años de servicio en estas unidades.

- **Media de horas de vuelo de la población encuestada:** 1388 horas.

Además, nueve de las personas encuestadas cuentan con más de 3000 horas de vuelo acumuladas, de las cuales cuatro tienen además más de 5000 horas de experiencia de vuelo.

- **Calificaciones aeronáuticas de la población encuestada:** Véase Figura 17.

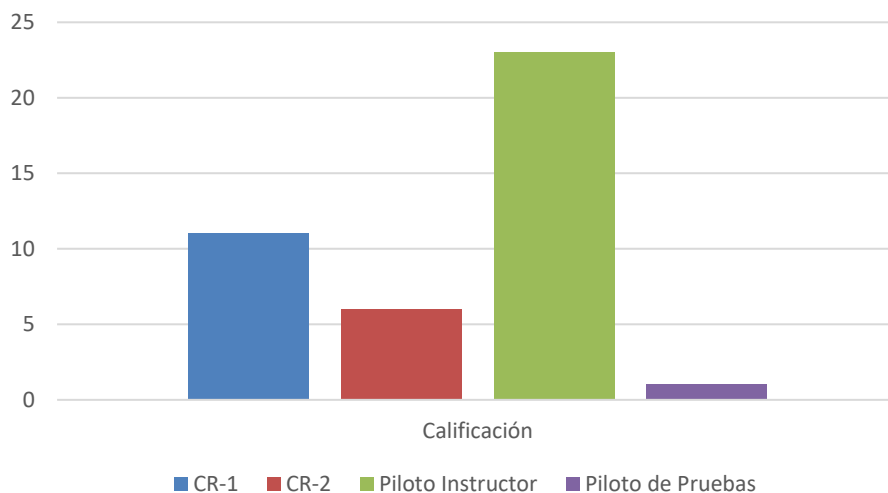


Figura 17. Calificaciones de la población encuestada. *Fuente:* Elaboración propia.

Como puede observarse, la mayoría de la población es piloto instructor, tanto en el uso de los sistemas de realidad aumentada como en el plan de formación básico de vuelo. Además, la población cuenta con un piloto de pruebas procedente del Batallón de Helicópteros de Ataque.

- El 63,4% de la población ha empleado dispositivos de realidad aumentada a lo largo de su carrera profesional.

A dicho porcentaje de la población se le realizó una serie de preguntas relacionadas con su experiencia en formación en el empleo de dichos dispositivos. Como resultado a estas preguntas:

- El 63,3% considera que el empleo de estos dispositivos no supone una carga extra de



esfuerzo en la realización de los vuelos.

- **Media de horas extra necesarias para aprender a utilizar los dispositivos HMD:** 20 horas.

La desviación típica es de 27 horas. Parte de la población considera que formarse en HMD requiere de un mayor tiempo adicional debido a su complejidad y sobre todo a la dificultad de adaptarlo al vuelo visual. Por otra parte, otro grupo considera que la aptitud para manejar estos dispositivos se alcanza de forma plena en el propio módulo de formación, y no requiere de horas adicionales.

- El 100% coincide en que adaptar los dispositivos HMD al vuelo en simulador resulta eficaz y no presenta mayores problemas de programación ni de contraste con el vuelo real.

Llegados a este punto de la encuesta, hay una serie de conclusiones que pueden extraerse relativas a la capacidad de formación y adaptación a los sistemas de realidad aumentada:

- Una importante parte de la población que ha empleado los dispositivos HMD a lo largo de su carrera aeronáutica considera que adaptarse a estos nuevos medios no es excluyente de la formación básica que obtienen los pilotos en cuanto a capacidades de vuelo se refiere.
- En base al anterior apartado, los pilotos de helicópteros tradicionales pueden instruirse en dichos dispositivos sin perjuicio de deterioro de sus capacidades como pilotos y en un tiempo no muy prolongado, pudiendo estar operativos en las nuevas unidades en aproximadamente un mes, si bien este último hecho presenta ciertas discrepancias entre los distintos pilotos que ya han sido transformados a estos modelos más modernos.
- La implantación de dispositivos HMD en las fases de formación inicial podrían reducir al mínimo ese intervalo de inoperatividad de los pilotos durante el tiempo en que están realizando el curso de transformación sin que ese esfuerzo adicional suponga un decrecimiento en el rendimiento del alumno, por lo que no se consideraría un impedimento para la superación con éxito del curso.
- La posibilidad de adaptar los dispositivos HMD al vuelo en simulador supone una ventaja considerable en cuanto que se permite mantener las capacidades de formación de este tipo de vuelo de forma permanente e independientemente de la situación meteorológica, así como ajustar el vuelo según las necesidades docentes de la fase de formación en la que se encuentre el piloto. Esto supone una mayor ventaja en las primeras fases de instrucción de familiarización con el HUD.
- Por otra parte, esta posibilidad de instruirse en el simulador liberaría horas de vuelo y mantenimiento de los helicópteros que se traduce en mayor número de horas disponibles para el vuelo de perfeccionamiento de los pilotos ya transformados. La experiencia de los pilotos encuestados muestra que la formación en dispositivos de realidad aumentada por medio del simulador no sólo resulta efectiva sino, además, conveniente.

A continuación, se muestran los resultados de la encuesta relacionados con los apartados de puntuación sobre la idoneidad de los dispositivos HMD en las distintas cualidades del vuelo y en las distintas etapas de formación del curso básico de vuelo, y en las afirmaciones propuestas:

- **Puntuación del HMD para el 'Control de parámetros de vuelo':** 4,34.
Desviación típica de 0,9.
- **Puntuación del HMD para la 'Pericia a los mandos':** 3,24.
Desviación típica de 0,9.
- **Puntuación del HMD para la 'Conciencia situacional':** 3,92.
Desviación típica de 1,1.
- **Puntuación del HMD para la 'Identificación de factores externos':** 3,75.
Desviación típica de 1,32.
- **Puntuación del HMD para la 'Coordinación en cabina':** 3,53.



Desviación típica de 1,08.

- **Puntuación del HMD para la ‘Coordinación con otras unidades aéreas o terrestres’:** 3,61.

Desviación típica de 0,96.

- **Puntuación del HMD para la ‘Identificación y adquisición de objetivos’:** 4,32.

Desviación típica de 1,13.

La siguiente gráfica muestra el resumen de las puntuaciones obtenidas en las distintas cualidades de vuelo (**Figura 18**):



Figura 18. Puntuaciones de la idoneidad del HMD en las cualidades de vuelo. *Fuente:* Elaboración propia.

- **Puntuación del HMD para la fase de ‘Adaptación’:** 3,12.
Desviación típica de 1,3.
- **Puntuación del HMD para la fase de ‘Maniobras avanzadas’:** 3,41.
Desviación típica de 1,41.
- **Puntuación del HMD para la fase de ‘Vuelo táctico’:** 3,82.
Desviación típica de 1,37.
- **Puntuación del HMD para la fase de ‘Temas tácticos’:** 3,82.
Desviación típica de 1,24.
- **Puntuación del HMD para la fase de ‘Vuelo instrumental’:** 3,2.
Desviación típica de 1,27.
- **Puntuación del HMD para la fase de ‘Vuelo nocturno’:** 4,12.
Desviación típica de 1,25.

La siguiente gráfica muestra el resumen de las puntuaciones obtenidas en las distintas fases de formación (**Figura 19**):



Puntuaciones

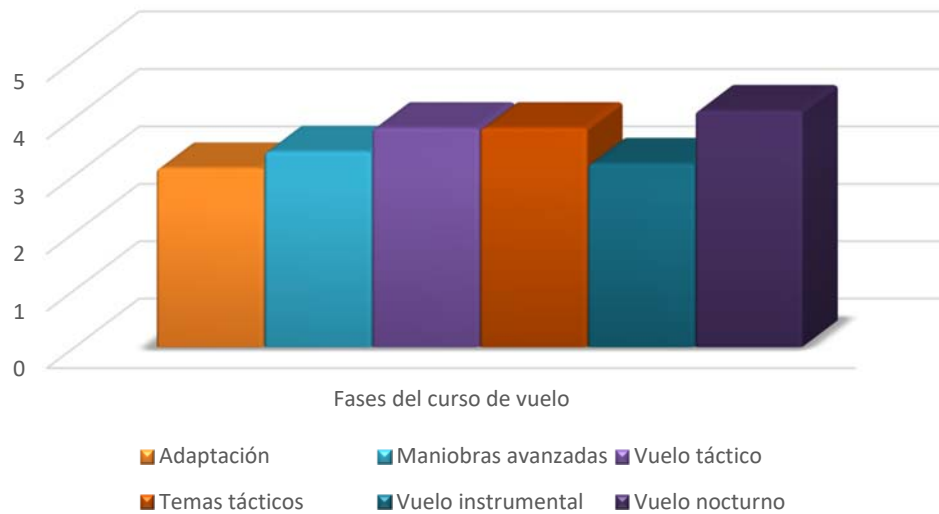


Figura 19. Puntuaciones HMD en fases del curso de vuelo. *Fuente:* Elaboración propia.

- **Puntuación en la afirmación 1:** 4,05.
Desviación típica de 1,1.
- **Puntuación en la afirmación 2:** 3,66.
Desviación típica de 1,3.
- **Puntuación en la afirmación 3:** 3,15.
Desviación típica de 1,39.
- **Puntuación en la afirmación 4:** 2,85.
Desviación típica de 1,2.

La siguiente gráfica muestra el resumen de las puntuaciones obtenidas en las distintas afirmaciones (**Figura 20**):

Puntuaciones

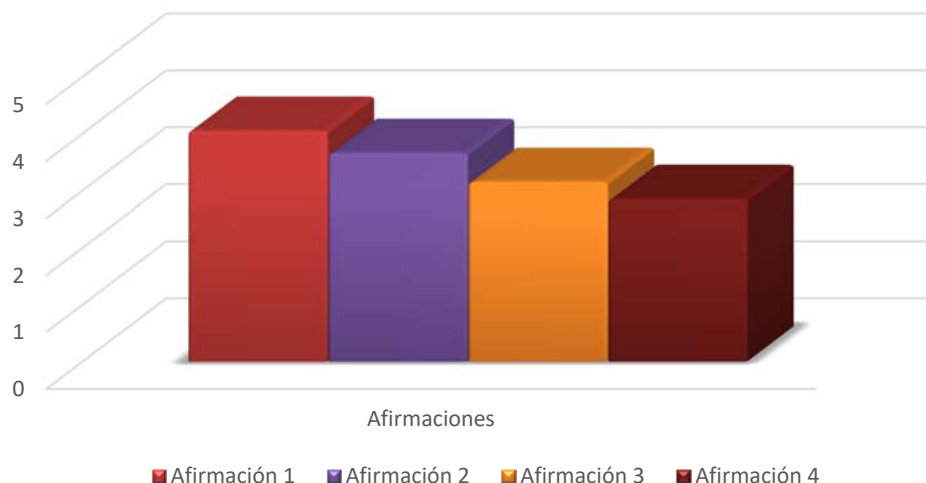


Figura 20. Puntuaciones HMD en las afirmaciones propuestas. *Fuente:* Elaboración propia.

- Por último, el 58,5% de la población encuestada está a favor de implementar los dispositivos HMD en la formación de los pilotos alumnos destinados en la Academia de



Aviación del Ejército de Tierra.

En base a las puntuaciones obtenidas en el cuestionario y a la información que de dichos valores se extraen, las conclusiones que se podrían resumir de la encuesta planteada son las siguientes:

- Aunque la tendencia hacia la implantación de los dispositivos HMD en la formación de los pilotos es ligeramente positiva, la encuesta muestra mucha diferencia y polaridad de opiniones, lo que dificulta establecer una decisión firme sobre el tema propuesto.
- El empleo de los dispositivos HMD permite potenciar significativamente la capacidad de control de los parámetros del helicóptero en vuelo debido a la posibilidad de mantener la conciencia situacional sobre el entorno que rodea al helicóptero a la vez que se visualiza la información de vuelo en el visor del casco, tal y como se había predicho en el análisis previo. Sin embargo, el desarrollo de esta conciencia situacional podría requerir de un mayor esfuerzo debido a la dificultad de adaptación inicial al sistema, pudiendo reducir el rendimiento en el desarrollo de otras aptitudes de vuelo. Esto podría resultar un inconveniente en las primeras fases del curso, que podría retrasar el normal avance del resto del programa de formación.
- Si bien esta mejora en la conciencia situacional se traduce en una mayor concentración de esfuerzos en los controles de vuelo, la experiencia muestra que el desarrollo de la pericia de los mandos del helicóptero apenas se ve afectado por el empleo de dichos dispositivos.
- La coordinación y gestión de recursos entre los miembros de la tripulación se ve ligeramente favorecida por el empleo de dispositivos HMD dada su capacidad de transmitir información de un visor a otro. Esto resulta de gran ayuda en helicópteros como el HA-28 de ataque debido a su configuración en tándem, al permitir la transmisión de órdenes sin necesidad de contacto visual entre piloto y copiloto. Sin embargo, en el resto de helicópteros esta ventaja no resultaría tan notable. Es por tanto que esta pequeña mejora en la capacidad CRM de la aeronave, aunque beneficiosa, no resulta decisoria para la implantación de los HMD en helicópteros de escuela.
- De modo similar a lo expuesto en el apartado anterior, el empleo de los HMD para potenciar la coordinación con otras unidades resultaría útil en unidades operativas, no tanto en helicópteros de escuela, por lo que tampoco se debe considerar este factor como decisivo en el final empleo de los dispositivos HMD en la formación docente.
- Se ha determinado la capacidad de identificación y adquisición como uno de los factores más favorecidos por el empleo de estos sistemas de realidad aumentada, siendo una gran ventaja en las fases más tácticas del curso de helicópteros.
- La formación en el empleo de los HMD resulta, según los resultados obtenidos, más conveniente en las fases tácticas del curso, debido a la capacidad que ofrece de coordinación y comunicación entre alumno y profesor dentro del helicóptero y entre los distintos alumnos que participan en temas tácticos. Además, hay un gran acuerdo en que la mayor ventaja en el empleo de los dispositivos HMD residiría en el vuelo nocturno. En relación con lo expuesto en el análisis cualitativo de este apartado, el vuelo con estos sistemas reduciría considerablemente la división de esfuerzos del alumno dentro de la cabina y disminuiría la fatiga consiguiente de tal esfuerzo, permitiendo al alumno concentrarse más en el vuelo. Se puede considerar, por lo tanto, que el empleo de los dispositivos HMD en la fase de vuelo nocturno es una gran ventaja que permitiría mejorar notablemente el rendimiento del alumnado en dicha fase.
- La opinión general en el empleo de estos dispositivos es que favorece positivamente todas las aptitudes técnicas y aspectos tácticos del vuelo en beneficio del piloto. Si bien esta mejora del rendimiento no es equitativa entre las distintas capacidades de vuelo, puede considerarse en cualquier caso su uso como una ventaja para la formación de los pilotos del Ejército de Tierra.
- A pesar de la existente laguna entre los pilotos noveles que egresan de la academia de formación y las necesidades operativas de los helicópteros modernos, no se ha considerado este hecho como un factor determinante en la decisión de implantación de los HMD en la



escuela de helicópteros. Según la experiencia, las jornadas de transformación a dichos sistemas resultan suficientes para garantizar la adaptación del piloto, y no parece ser un gran inconveniente la llegada a las unidades sin esa base tecnológica. Es por tanto que el balance entre el esfuerzo extra de aprendizaje en el curso de formación y el tiempo adicional invertido en su posterior adaptación en las unidades resulta más favorecedor hacia esta segunda consideración.

- En base también a esta última afirmación, el empleo de los dispositivos HMD podría no ser estrictamente necesario para garantizar la formación plena del piloto y egresar a las unidades adquiriendo las capacidades operativas con éxito.
- A pesar de los dos últimos apartados, el balance final es que la implantación de los dispositivos HMD en la academia de formación resultaría una ventaja para la instrucción del alumno y, por tanto, conveniente para satisfacer las necesidades operativas que requieren todas las unidades de aviación.

6. CONCLUSIONES

El presente estudio tenía como objetivo conocer las ventajas e inconvenientes que supone incorporar los dispositivos Helmet Mounted Display al vuelo de formación de los pilotos en la Academia de Aviación del Ejército de Tierra.

Tras un análisis técnico de sus capacidades y una comparación tanto objetiva como basada en la opinión personal de aquellos pilotos más experimentados, se ha realizado de forma satisfactoria dicho estudio y se han determinado las principales capacidades que dichos dispositivos ofrecen a la educación básica del piloto alumno.

En primer lugar, se determinó el estado del arte de la tecnología de realidad aumentada aplicada a la aeronáutica general, concluyendo que dicha tecnología se encuentra en constante crecimiento y cada vez cuenta con más elementos que permiten explotar con mayor éxito las capacidades de las aeronaves, siendo esta una de las principales ventajas de uso en helicópteros.

En segundo lugar, un análisis de las cualidades de vuelo en las que se deben formar los pilotos de helicópteros del Ejército de Tierra permitió comparar el impacto que los dispositivos HMD tendrían con respecto al vuelo visual sin el empleo de estos sistemas, concluyendo que esta tecnología supone una ventaja en la mayoría de las citadas capacidades, especialmente en la división de esfuerzos dentro de cabina para el control del helicóptero, de la información de vuelo y de la información exterior, en la adquisición de objetivos y transmisión de esa información a otros miembros de la tripulación o unidades externas, y en el control de los parámetros de vuelo bajo condiciones de vuelo en ambiente nocturno.

Por último, el estudio subjetivo de las ventajas de los HMD mediante la encuesta diseñada hacia unidades de helicópteros que emplean actualmente esta tecnología, así como al profesorado de la escuela de enseñanza básica, muestra que, si bien la incorporación de estos dispositivos al plan de formación inicial de los pilotos resultaría en su mayoría favorecedora, sobre todo en fases de instrucción táctica y nocturna, todavía no se ha consolidado una opinión positiva hacia su futura implantación, siendo un importante sector del profesorado todavía reticente a que dicha propuesta sea llevada a cabo.

De este modo pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- La tecnología HMD tiende a ser una herramienta esencial en un futuro muy próximo, y es por tanto necesario su conocimiento para poder adaptarse y emplear con eficacia los nuevos modelos de helicópteros que ya cuentan con estos sistemas en su configuración.
- Las mejoras que ofrecen estos sistemas supondrán una considerable ventaja operativa que permitirá explotar con éxito las capacidades de los helicópteros en Zona de Operaciones, siendo por lo tanto necesaria la **formación en estos sistemas con la antelación suficiente** para asegurar la operatividad del piloto en cuanto llegue a la Unidad.



- Se considera imprescindible la **implantación de estos dispositivos en el simulador de vuelo** como herramienta para poder adquirir las bases de conocimiento por parte del alumnado en aspectos procedimentales y de empleo previamente a su utilización en vuelo real.
- La adaptación del plan de formación básica en su totalidad al empleo de los dispositivos HMD podría no resultar conveniente al ser su uso innecesario en ciertas fases del curso, pudiendo incluso ser una desventaja para el cumplimiento de ciertos requisitos y reducir el rendimiento del piloto.
- Ante esta situación, se recomienda **prescindir de su empleo en los primeros vuelos de adaptación** hasta que el alumno se familiarice con el helicóptero y desarrolle lo suficiente su pericia a los mandos y su capacidad de conciencia situacional. Asimismo, en esta fase resultaría interesante el empleo del simulador como herramienta de toma de contacto del alumno con los dispositivos de realidad aumentada.
- Una vez adquiridos los requisitos de control del helicóptero en la fase inicial, podría resultar conveniente incluir jornadas de vuelo real empleando los dispositivos HMD para consolidar una base que permita facilitar esa adaptación del piloto a dicha tecnología.
- Se considera conveniente la **adaptación de la fase de formación táctica** al empleo de los dispositivos HMD con el fin de garantizar una formación lo más real y coherente posible con lo que se encontrarán los pilotos en las unidades operativas.
- Se considera conveniente incluir jornadas de vuelo en simulador y real empleando los dispositivos HMD durante la **fase de vuelo nocturno** con el fin de mejorar las capacidades del alumno en situaciones de vuelo visual con escasa luminosidad.

Por último, que esta memoria pueda servir como base para posibles líneas futuras de trabajo partiendo de los conocimientos técnicos aquí mencionados, así como de la información obtenida de la encuesta, que permita profundizar más en las ventajas que esta tecnología podría ofrecer a la formación de los alumnos pilotos para su futuro en las unidades de helicópteros.

Un estudio de mercado para la implementación de los HMD en la ACAVIET resultaría conveniente una vez establecidos los criterios que definan la decisión de incorporar esta tecnología a la escuela de formación.

Aunque su empleo no resulta aún esencial para la formación básica del piloto, el constante avance de la tecnología de realidad aumentada y del empleo táctico de los helicópteros en las operaciones actuales hará de los HMD una herramienta esencial en un futuro cada vez menos lejano, y que estará presente de forma más probable en todos los modelos de helicópteros con los que contará nuestro Ejército.

Por lo tanto, es imprescindible comenzar a establecer un plan de acción para adaptar estos sistemas a la formación básica del piloto con el fin de prepararlo para ejercer con la máxima eficacia sus funciones en esta nueva era aeronáutica que cada vez se encuentra más cerca de ser una realidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Airbus, H., 2015. *93H- Helmet Mounted Sight and Display*. s.l.:s.n.
- Airbus, H., 2017. *Tigre WDIP HADE, descripción*. s.l.:s.n.
- BHELA I, Sección de Instrucción, 2020. *Diapositivas GCN TopOwl Thales*. s.l.:s.n.
- BHELA I, Sección de Instrucción, 2020. *Diapositivas Generalidades HMS*. s.l.:s.n.
- Carrasco, B., 2020. Una nueva vida para el helicóptero 'Chinook' del Ejército de Tierra. *La Razón*, 13 10.
- Defensa.com, 2021. *defensa.com*. [En línea]
Available at: <https://www.defensa.com/industria/como-conciencia-situacional-mejorada-gripen-saca-mejor-misil-t>
[Último acceso: 10 Octubre 2021].
- Ejército de Tierra, 2000. *Vuelo táctico de helicópteros. Acciones Elementales*. MI5-002 ed. s.l.:Mando de Adiestramiento y Doctrina.
- Ejército de Tierra, 2008. *Empleo de Unidades de Helicópteros de Ataque*. OR4-702 ed. s.l.:Mando de Adiestramiento y Doctrina.
- Endsley, M., 1995. Situational Awareness and Safety. En: 34 ed. s.l.:Safety Science, pp. 189-204.
- Foundation, F. S., 2021. *skybrary.aero*. [En línea]
Available at: <https://skybrary.aero/articles/crew-resource-management-crm>
[Último acceso: 10 Octubre 2021].
- García Sevilla, J., 1997. *Psicología de la Atención*. Madrid: Síntesis Psicológica.
- Hua Li, e. a., 2013. *Review and analysis of avionic helmet-mounted display*. Changchung: SPIE.
- James, D., 2015. *El casco que lo cambió todo*. s.l.:Strategy Page.
- Laura Villarroig Claramonte, M. M. D., 2018. *La atención: Principales rasgos, tipos y estudio*. Psicología básica, Capítulo 3 ed. Castellón de la Plana: Universitat Jaume I.
- Melzer, J., 2017. *A history of Helmet Mounted Displays at Rockwell Collins*. s.l.:ResearchGate.
- Melzer, J. E., 2001. *The Avionics Handbook, Capítulo 5*. s.l.:CRC Press.
- Ministerio de Defensa, 2014. *Instrucción Técnica 20/14. "Capacitación y empleo del personal del Ejército de Tierra con titulación aeronáutica de helicópteros"*. s.l.:s.n.
- Ministerio de Defensa, 2015. *Plan Director de Helicópteros*. s.l.:s.n.
- Moffitt, M. y., 1997. *Pantallas montadas en la cabeza: Diseño para el usuario*. s.l.:McGraw Hill.
- Monje, C. E. G., 2019. *Informe respuesta sobre el cajón de arena de realidad aumentada ARES*, s.l.: Ministerio de Defensa.
- New Tech, C., 2021. *nctech.com*. [En línea]
Available at: <https://nctech.com.mx/blog/academia/historia-de-la-realidad-aumentada/>
[Último acceso: 6 Octubre 2021].
- OACI, 2016. Operación de Aeronaves. En: *Tripulación de vuelo del avión*. s.l.:s.n., pp. 121-126.
- Pau, A. R., 2021. NHIndustries elige el casco TopOwl para los pilotos de los NH-90 de las Fuerzas Especiales. *Defensa.com*.
- Pons, J., 2019. Nueva optrónica Strix NG para el helicóptero de combate Tigre. *FlyNews*.
- Rodríguez, J. L., 1998. *Visión y Vuelo*. s.l.:s.n.
- Salanova, M., 2012. *Carga mental de trabajo*. Desarrollo de Recursos Humanos y Salud Ocupacional ed. s.l.:Síntesis.
- Society, R. A., 1999. *Crew Resource Management*. Londres: s.n.

ThalesGroup, 2021. *thalesgroup.com*. [En línea]

Available at: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/aerospace/flight-deck-avionics-equipment-functions/helmet-mounted-display/TopOwl>

[Último acceso: 20 Septiembre 2021].

Yerkes RM, D. J., 1908. *La relación de la fuerza de estímulo a la rapidez de la formación de hábitos*. 459-482 ed. s.l.:Journal of Comparative Neurology y Psicología 18.

ANEXOS

Anexo A. Principales helicópteros que disponen de dispositivos HMD y ejércitos en los que está incorporados

Tabla 1. Principales helicópteros con dispositivo HMD. Fuente: Elaboración propia.

Modelo	Primer vuelo	Velocidad máxima operativa (km/h)	Alcance (km)	MTOW (kg)	Usuarios
Boeing AH-64 Apache	1975	293	480	9.500	EEUU (AH-64D Longbow)
					Egipto (AH-64D)
					Reino Unido (WAH-64)
					Israel (AH-64D Longbow)
					Países Bajos (AH-64D)
					Marruecos (AH-64D)
Eurocopter EC665 Tigre	1991	315	1300	6.600	Alemania (Tigre UHT)
					Australia (Tigre ARH)
					España (HA-28)
					Francia (HAD)
Boeing CH-47 Chinook (Sólo versiones Foxtrot)	1961	315	741	22.680	EEUU (CH-47F)
					España (HT-17)
					Australia (CH-47F)
					Italia (ICH-47F)
					Corea del Sur (CH-47F)
					Japón (CH-47JA)
					Reino Unido (HC-3)

Denel AH-2 Rooivalk	1990	309	700	8.750	Sudáfrica
Bell AH-1Z Viper	2000	296	685	8.390	EEUU
					Pakistán
					República Checa
NH Industries NH-90	1995	300	982	10.600	Alemania / España / Australia / Bélgica / Finlandia / Francia / Grecia / Italia / Noruega / Portugal / Suecia
Augusta Westland AW129	1983	278	510	4.600	Italia (A129)
					Turquía (T129 ATAK)
KAI LAH	2019	243	857	4.920	Corea del Sur
Light Combat Helicopter HAL	2010	268	700	5.800	India
Bell UH-1Y Venom	2001	304	241	8.390	EEUU
					República Checa

Anexo B. Cascos HMD y tecnología aplicada

Tabla 2. Principales dispositivos Helmet Mounted Display. *Fuente:* Elaboración propia.

Nombre	País de diseño	Primer año de uso	Tecnología	Aeronaves que la emplean
Honeywell M142	Estados Unidos	1985	Sistema integrado de casco y visor de pantalla (IHADSS)	AH-64, A129 Mangusta
ZSh-5	Rusia	1977	Combinación Shchel-3UM HMD / Archer	MiG-29, Su-27, misil R-73
Elbit Systems DASH III	Israel	1986	Casco de visualización y vista de detección óptica	F-15, F-16, MiG-21, HAL Tejas
Vision Systems International	Estados Unidos	2003	Sistema de señalización conjunto montado en el casco (JHMCS)	F / A-18A, F-16 Block 40/50
Thales Scorpion	España	2008	Orientación integrada montada en casco (HMIT)	A-10, F-16
Aselsan AVCI	Turquía	En desarrollo	HMIT	T-129 (en desarrollo)
TopOwl-F	Francia	1997	Topsight HMD (vista superior) y TopNight (noche superior)	Mirage-2000-5, Mk2, Mig-29K
Striker II	Alemania	2003	Simbología montado en casco (HMSS)	Eurofighter Typhoon
BAE Systems	Estados Unidos	2014	Sistema de visualización montado en el casco (HMDS)	F-35 Joint Strike Fighter
Jedeye	Estados Unidos	En desarrollo	Mejora de los sistemas de Elbit Systems	AH-64D Apache

Anexo C. Tipo de simbología en los visores del casco HMS para Tigre y NH-90

HELICÓPTERO TIGRE

Tabla 3. Simbología de pilotaje y disparo en el HMSD del Tigre. *Fuente:* Manual técnico Helicóptero Tigre.

HMS Símbolos	Seleccionar nivel					
	Pilotaje completo + Disparo	Pilotaje seleccionado + Disparo	Disparo	Pilotaje completo Sin disparo	Pilotaje seleccionado Sin disparo	Ninguna
Rumbo	X	X	-	X	X	-
Escala de alabeo	X	-	-	X	-	-
Nivel de bola	X	-	-	X	-	-
Velocidad indicada (IAS)	X	X	-	X	X	-
Altura radar	X	X	-	X	X	-
Alarma de altura de decisión (DH)	X	X	X	X	X	X
Alarma táctica	X	X	X	X	X	X
Margen de potencia	X	X	-	X	X	-
Viento	X	X	X	X	X	-

Variómetro	X	X	-	X	X	-
Tipos de alarma	X	X	X	X	X	X
Indicador estacionario	X	-	-	X	-	-
Modos superiores AFCS	X	X	X	X	X	-
Indicador de actitud	X	-	-	X	-	-
Escala de cabeceo excesiva	X	X	-	X	X	-
No disponibilidad de arma	X	X	X	-	-	-
Retículo del cañón	X	X	X	-	-	-
Retículo de misil Mistral	X	X	X	-	-	-
Escala de distancia Misil/AGM	X	X	X	-	-	-
Retículo AGM	X	X	X	-	-	-
Tope de lanzamiento de azimut de HELLFIRE	X	X	X	-	-	-
Soportes IFF	X	X	X	X	X	-
Retículo de los cohetes	X	X	X	-	-	-
Rango	X	X	X	-	-	-

Seguridad de disparo	X	X	X	-	-	-
Estado de la munición	X	X	X	-	-	-
Director de vuelo de piloto	X	X	X	X	X	X
Director de vuelo de tirador	X	X	X	-	-	-
Punto de puntería del RMS para el piloto	X	X	X	X	X	-
Punto de puntería del RMS para el tirador	-	-	-	X	-	-

HELICÓPTERO NH-90

Tabla 4. Simbología de pilotaje en el helicóptero NH-90. *Fuente:* Manual técnico Helicóptero NH-90.

HMS Símbolos	Seleccionar nivel		
	Normal	Declutter 1	Declutter 2
Nivel de cabeceo	X	X	-
Lectura digital de nivel de cabeceo	X	X	X
Cabeceo seleccionado	X	X	-
Rumbo a siguiente waypoint	X	X	-
Altitud barométrica	X	-	-
Altura radar	X	X	X
Variómetro	X	-	-
Línea de horizonte	X	X	-
Horizonte de referencia	-	-	X
Desviación del morro de guiñada	X	-	-
Indicador de alabeo	X	-	-

Deslizamiento lateral	X	-	-
Velocidad indicada (IAS)	X	X	X
Ground Speed	X	X	X
Indicador FLI	X	X	X
Viento	X	X	-
Rumbo	X	X	-
Indicador estacionario	X	X	-
LOS de otros HMS/D	X	-	-
Centro del visor	X	X	-
Avisos de clase A y clase B	X	X	X
Avisos de IFF	X	X	X
Avisos de radar/ láser/ misiles	X	X	X
Variación de nivel IR	X	X	X

Anexo D. Atención dividida

Hay varias definiciones acerca de lo que es la atención, dada la complejidad de los procesos, mecanismos o acciones que la componen.

Para estudiosos como Kahneman, la atención es un proceso de focalización y selección de aquella información más relevante y una selección de aquellos más importantes, siendo dicha selección de manera voluntaria por el propio sujeto, o involuntaria por un acontecimiento cualquiera, quedando el resto de estímulos más difusos por no pertenecer al núcleo central del proceso.

Este esfuerzo mental, puede enfocarse en una única actividad o bien dispersarse entre distintas actividades. Sin embargo, al no disponer de recursos de atención ilimitados, la calidad de ejecución de una tarea determinada se verá afectada, por un lado, por la cantidad de recursos de atención de que se disponga en ese determinado momento, y por otro, por las demandas de atención que la actividad requiera.

De este modo, si la tarea que se realiza exige más esfuerzo de la atención de los recursos que hay disponibles, no será posible alcanzarla con éxito, o el resultado final no será satisfactorio. De la misma manera, si los recursos de atención de los que se dispone son suficientes, se tendrá la capacidad de realizar varias tareas de forma simultánea si la suma de sus esfuerzos no supera el número total de recursos en juego. Por el contrario a esto último, una suma de esfuerzos superior al número de recursos disponibles provocará una pérdida de rendimiento en alguna de estas tareas. (Salanova, 2012)

En la imagen siguiente puede observarse un esquema del modelo propuesto por Kahneman (**Figura 21**):

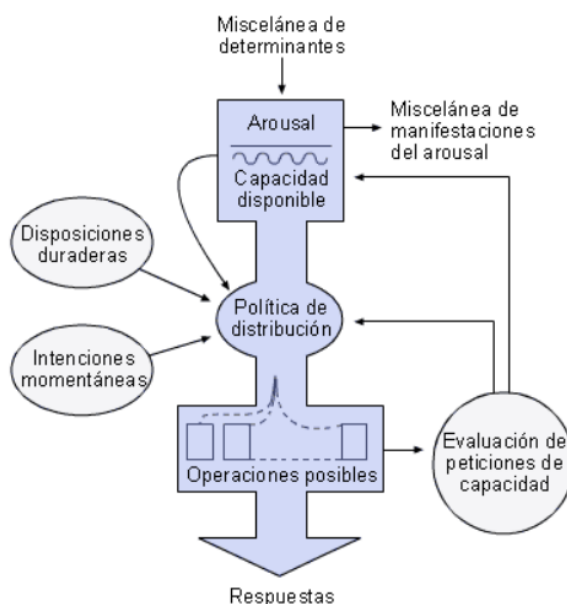


Figura 21. Modelo de división de la atención de Kahneman. *Fuente:* Universitat Oberta de Catalunya.

Es importante conocer el término de **arousal**, que hace referencia al nivel de activación del sujeto, y que está directamente relacionado con la cantidad de recursos que puede disponer. Un incremento de este nivel de arousal implica un incremento de la capacidad de atención disponible.

Sin embargo, esto no siempre será así. De hecho, existe un nivel óptimo de arousal a partir del cual un incremento más allá de ese nivel de la activación del sujeto no sólo no mejorará el rendimiento en la realización de la actividad sino que, en cambio, lo empeorará. Esta teoría del rendimiento se conoce como la Ley de Yerkes-Dodson. (Yerkes RM, 1908)

Otros modelos, como el establecido por Broadbent en 1958, propone que la información llega al organismo y es procesada inconscientemente y sin límites hasta llegar un sistema perceptual, el cual es el encargado de recibir la información y procesarla de forma serial y durante un determinado periodo de tiempo. Esto implica la necesidad de establecer un sistema de filtrado para procesar una determinada información dentro de un orden de prioridad establecido por el mecanismo.

Para este autor, y basándose en la técnica de la escucha dicótica, donde comprobó que

los participantes no podían recordar aquellas partes del mensaje consideradas irrelevantes para la función, determinó que debía de existir algún mecanismo de selección de aquella información y estímulos relevantes para la ejecución de una tarea. Asimismo, determinó que la selección atencional se produce en fases tempranas del procesamiento de información, de modo que solo era procesado el significado simbólico de la información, siendo procesado, una vez realizado el mecanismo de filtro, el nivel semántico de ésta. (García Sevilla, 1997)

Por último, los modelos de automaticidad parten del supuesto de que el procesamiento de la información puede ocurrir de forma controlada o de forma involuntaria, distinguiéndose así entre procesos controlados y procesos automáticos, que poseen una serie de rasgos que los diferencian:

- Atención: proceso que requiere un consumo de esfuerzo y que resulta nulo en los procesos automáticos.
- Control: procesos que pueden ser sometidos a la intencionalidad del sujeto, y que resulta nulo en los procesos automáticos.
- Procesamiento: realizado de forma paralela en los procesos automáticos, y de forma serial en procesos controlados.
- Nivel de ejecución: los procesos automáticos únicamente pueden llevarse a cabo sobre tareas simples o reiteradas en el tiempo.
- Práctica: la reiteración puede convertir procesos controlados en automáticos.
- Modificación: más difíciles de producirse en procesos automáticos que en controlados.
- Memoria: los procesos automáticos se encuentran en la memoria a largo plazo, mientras que los procesos controlados forman parte de la memoria activa.
- Conciencia: Los procesos controlados son conscientes que demandan atención, mientras que los automáticos se realizan de manera inconsciente.

Sin embargo, se ha observado que un mismo proceso puede ser considerado automático o controlado en función de las características analizadas, concluyéndose que los procesos son mixtos y operan conjuntamente entre sí, y que aquellos procesos considerados automáticos fueron en un principio controlados. (Laura Villarroig Claramonte, 2018)

Anexo E. Ejemplos de adquisición de objetivo en visor de casco TopOwl para helicóptero Tigre

EJEMPLO 1 (Figura 22)

- Casco en modo de selección **Disparo** con submodo HELLFIRE/HMS acoplado.
- El número de misiles que quedan es de 4 misiles en el depósito izquierdo y 3 misiles en el depósito derecho.
- Modo de lanzamiento LOBL fuera de los topes.
- Objetivo a 3400 metros.
- Seguro de disparo inactivo.
- El rumbo del helicóptero es de 357°.
- El HMS se alinea hacia arriba con el eje a 357°.
- El RMS apunta hacia arriba y a la izquierda.
- Siguiente punto de navegación a 352° y a 2,2 NM.
- Potencia del 55%, velocidad estable a 174 kts, radar altímetro con indicación de 450 ft, sector de viento 11 horas para 15 kts. e inclinación de 15°.

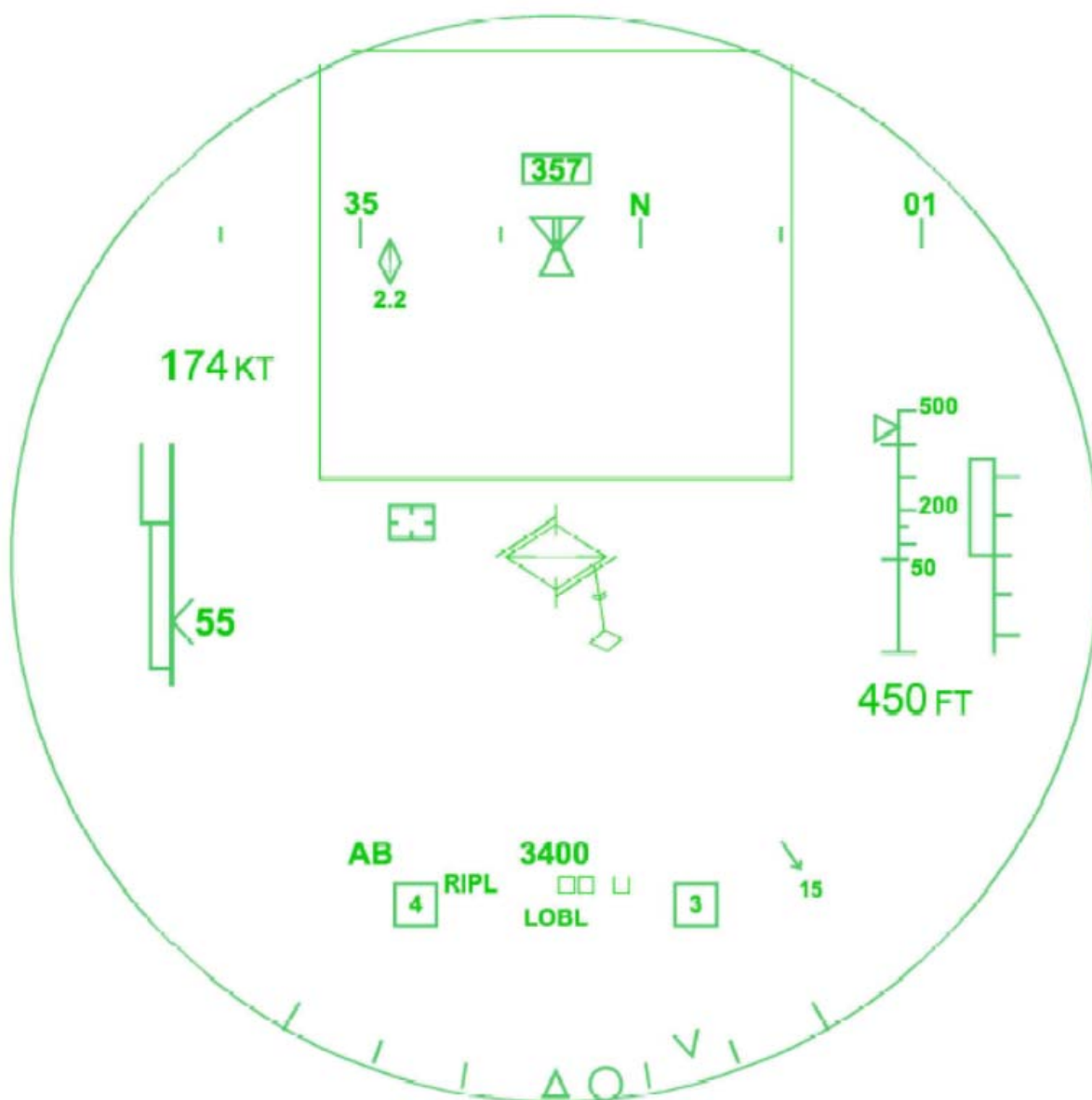


Figura 22. Ejemplo de visor de casco TopOwl para disparo de HELLFIRE. Fuente: Manual TopOwl Airbus Helicopters, 2017.

EJEMPLO 2 (Figura 23)

- Casco en modo de selección **Disparo** con submodo SPIKE acoplado.
- Objetivo a 4500 metros.
- Seguro de disparo inactivo.
- Rumbo del helicóptero de 358°.
- El HMS se alinea hacia arriba con el eje a 358°.
- Siguiendo punto de navegación a 354° y a 2,2 NM.
- Potencia del 50%, radar altímetro con indicación de 400 ft, sector de viento 11 horas para 15 kts. e inclinación de 15°.

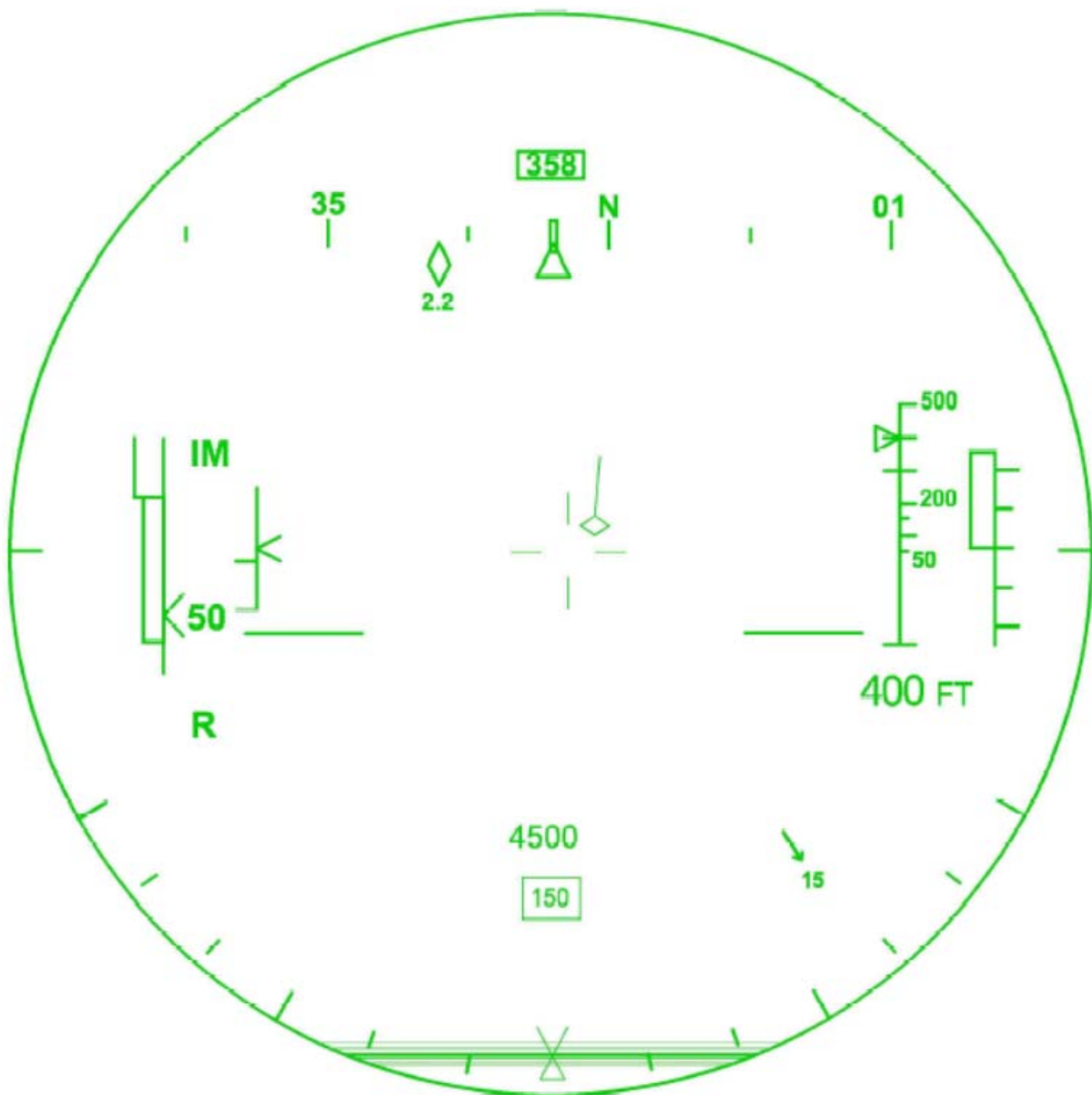


Figura 23. Ejemplo de visor de casco TopOwl para disparo de SPIKE. Fuente: Manual TopOwl Airbus Helicopters, 2017.

Anexo F. *Plantilla de encuesta realizada sobre dispositivos HMD*



Implantación de dispositivos HMD en helicópteros de enseñanza

*Obligatorio

Datos básicos

Edad *

Tu respuesta _____

Unidad a la que pertenece *

☐ BHELA I (Almagro)

☐ BHELMA III (Agoncillo)

☐ ACAVIET (Colmenar Viejo)

☐ Otro: _____

Escala *

☐ Oficiales

☐ Suboficiales

☐ Tropa

Antigüedad *

Tu respuesta _____

Relacionados con el piloto

Datos relacionados con su carrera aeronáutica

Tiempo de experiencia en vuelo (en años) *

Tu respuesta

Horas de vuelo *

Tu respuesta

Años de servicio en su unidad actual *

Tu respuesta

Calificación *

- ☐ CR-1
- ☐ CR-2
- ☐ Piloto instructor
- ☐ Piloto de pruebas

¿Ha empleado algún dispositivo HMD para el vuelo durante su vida aeronáutica? *

- ☐ Sí
- ☐ No

Responda a las siguientes preguntas si su respuesta anterior fue 'SI'

¿Considera usted que el empleo de estos dispositivos supone una carga extra de esfuerzo en la realización del vuelo?

- ☐ Sí
- ☐ No

¿Cuántas horas extra considera usted que serían necesarias para aprender a emplear estos dispositivos?

Tu respuesta

¿Considera usted que es eficaz adaptar estos dispositivos al vuelo en simulador?

- ☐ Sí
- ☐ No

Empleo del dispositivo HMD

Indique cómo de ventajoso considera que sería el empleo de los dispositivos HMD respecto a los sistemas tradicionales en los siguientes factores. (1: Muy desventajoso; 2: Desventajoso; 3: No afecta; 4: Ventajoso; 5: Muy ventajoso) *

	1	2	3	4	5
Control de parámetros de vuelo	☐	☐	☐	☐	☐
Pericia a los mandos	☐	☐	☐	☐	☐
Conciencia situacional	☐	☐	☐	☐	☐
Identificación de factores externos	☐	☐	☐	☐	☐
Coordinación en cabina	☐	☐	☐	☐	☐
Coordinación con otras unidades aéreas o terrestres	☐	☐	☐	☐	☐
Identificación y adquisición de objetivos	☐	☐	☐	☐	☐

Indique cómo de ventajoso considera que sería el empleo de los dispositivos HMD respecto a los sistemas tradicionales para las siguientes fases del programa de instrucción básico. (1: Muy desventajoso; 2: Desventajoso; 3: No afecta; 4: Ventajoso; 5: Muy ventajoso) *

	1	2	3	4	5
Adaptación (Maniobras básicas, procedimientos, control del helicóptero...)	☐	☐	☐	☐	☐
Maniobras avanzadas (Reconocimientos, tomas fuera de campo, tomas en ladera...)	☐	☐	☐	☐	☐
Vuelo táctico (Navegación, reconocimientos...)	☐	☐	☐	☐	☐
Temas tácticos	☐	☐	☐	☐	☐
Vuelo instrumental	☐	☐	☐	☐	☐
Vuelo nocturno y vuelo GVN	☐	☐	☐	☐	☐

Indique su grado de conformidad con las siguientes afirmaciones (1: Muy en desacuerdo; 2: En desacuerdo; 3: No afecta; 4: De acuerdo; 5: Muy de acuerdo) *

	1	2	3	4	5
El empleo de dispositivos HMD en vuelo potencia las capacidades operativas del mismo.	☐	☐	☐	☐	☐
Los dispositivos HMD suponen una ventaja para la formación táctica del piloto.	☐	☐	☐	☐	☐
La enseñanza en dichos dispositivos permitirá reducir la laguna que existe entre la formación del piloto y su integración en las futuras unidades.	☐	☐	☐	☐	☐
El empleo de dispositivos HMD es requisito fundamental para la formación del piloto.	☐	☐	☐	☐	☐

¿Considera que deberían implementarse los dispositivos HMD para la formación de pilotos en la ACAVIET? *

☐ Sí

☐ No

Figura 24. Plantilla de encuesta realizada sobre dispositivos HMD. Fuente: Elaboración propia.