Revista de
Aeronáutica
Y ASTRONAUTICA

NÚM. 957
NOVIEMBRE 2026



La evolución del combate aéreo

Seminario Internacional del EA

DOSIER:
Ramstein Flag 26

MINISTERIO
DE DEFENSA



novedades editoriales



CATÁLOGO DE CONDECORACIONES DE CUATRO HÉROES EN EL MUSEO DE AERONÁUTICA Y ASTRONÁUTICA

Autor: Rafael Herranz Ybarra

284 páginas

Edición impresa bajo demanda: 20,00 €

Edición electrónica (PDF): 6,00 €

Tamaño: 30x24 cm

ISBN: 978-84-1083-179-7



HISTORIA DEL EQUIPO DE ESQUÍ DEL EJÉRCITO DE TIERRA

Autor: Escuela Militar de Montaña y Operaciones Especiales

176 páginas

Edición impresa: 12,00 €

Edición electrónica (PDF): Gratuito

Tamaño: 30x21 cm

NIPO: 083-26-184-5

EL REGIMIENTO «AMÉRICA» Y NAVARRA.150 AÑOS DE HISTORIA COMPARTIDA EN IMÁGENES (1876-2026)

Autor: Cuartel General del Ejército de Tierra

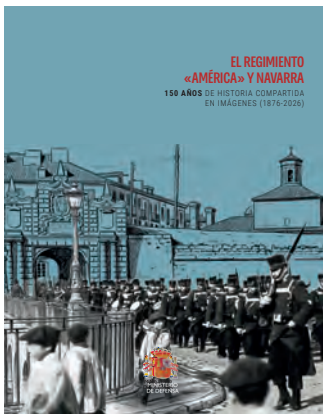
120 páginas

Edición impresa: 10,00 €

Tamaño: 25x20 cm

Edición electrónica (PDF): Gratuito

NIPO: 083-26-219-8



GUARNIZO, UN ASTILLERO DE LA CORONA

Autor: Juan M. Castanedo Galán

520 páginas

Edición impresa bajo demanda: 20,00 €

Edición electrónica (PDF): Gratuito

Tamaño: 24x21 cm

NIPO: 083-26-099-6



publicaciones.defensa.gob.es
publicaciones.venta@oc.mde.es
91 364 74 27

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE DEFENSA
SUBSECRETARÍA DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES Y PATRIMONIO CULTURAL
PUBLICACIONES DE DEFENSA

Seminario Internacional

En un escenario global caracterizado por la incertidumbre geopolítica, la aceleración tecnológica y la multidimensionalidad de los conflictos, en el que confluyen los ámbitos tradicionales de las operaciones militares con la creciente relevancia del ámbito cognitivo y, especialmente, del ciberespacio, la defensa de una nación también se construye desde el pensamiento estratégico.

Los centros de pensamiento aeroespacial representan un espacio de encuentro, reflexión y debate en el que se analizan las estrategias presentes y futuras. Su importancia es fundamental, especialmente cuando el ritmo de cambio es vertiginoso y la capacidad de anticipación resulta cada vez más decisiva.

El Ejército del Aire y del Espacio (EA) creó en 1988, en el ámbito de lo que hoy constituye el Centro de Guerra Aeroespacial (CEGA), un foro de debate, estudio e investigación centrado en el pensamiento aeroespacial, la historia militar y la estrategia aérea, así como en el análisis de los desafíos presentes y futuros del poder aeroespacial.

Bajo la presidencia de honor de S.M. el Rey, el Cuartel General del Aire acoge la XXXV edición del Seminario Internacional, dirigido por el CEGA. Del 10 al 13 de noviembre, este prestigioso foro impulsará, una vez más, la cooperación internacional y el pensamiento estratégico aeroespacial.

El XXXV Seminario Internacional, cuya temática es «El dominio operacional del ciberespacio y el poder aeroespacial», se articula en torno a tres actividades.

La primera consiste en un grupo de trabajo formado por expertos nacionales e internacionales que aborda cuestiones específicas relacionadas con la temática de esta edición. Sus conclusiones serán objeto de un análisis posterior por parte del CEGA y de las fuerzas aéreas y entidades participantes.

En esta edición, el grupo de trabajo está dirigido por la Jefatura de Servicios Técnicos y Ciberespacio y se estructura en torno a dos ejes. El primero aborda la gobernanza, la estructura organizativa y la gestión del cambio para integrar el ciberespacio y la inteligencia artificial. El segundo se centra en la cultura y el talento en el ámbito del ciberespacio.

La segunda actividad, de carácter público, se estructura en paneles temáticos integrados por expertos militares y civiles de alto nivel, con el objetivo de fomentar el debate abierto y el pensamiento crítico.

Esta edición contempla cinco paneles que analizan el ciberespacio como ámbito de operación, el combate algorítmico, los datos y las tecnologías futuras, el talento y la organización, su aplicación en los conflictos armados y los retos de gobernanza e interoperabilidad.

La tercera y última actividad consiste en una conferencia magistral, impartida en esta edición por el Mando Conjunto del Ciberespacio. Tras ella, el jefe de Estado Mayor del Ejército del Aire y del Espacio, general del aire Francisco Braco Carbó, clausurará el seminario.

Reflexionar sobre «El dominio operacional del ciberespacio y el poder aeroespacial», precisamente en el centenario de los grandes vuelos de la aviación española, invita a establecer un paralelismo histórico.

Del mismo modo que los visionarios del poder aéreo tuvieron que demostrar que la tercera dimensión transformaría la forma de hacer la guerra, hoy el desafío consiste en integrar plenamente el ciberespacio en el planeamiento y la conducción de las operaciones militares, conscientes de su influencia transversal en cualquier escenario de conflicto.

Lejos de ser un concepto abstracto o un entorno exclusivamente tecnológico, el ciberespacio constituye hoy un ámbito de operación de importancia estratégica. Su carácter transversal, la persistencia de las amenazas y las posibilidades de actuación asimétrica ofrecen a actores estatales y no estatales nuevas formas de obtener ventajas operativas, influir sobre los procesos de decisión y desarrollar acciones continuadas en la denominada «zona gris», frecuentemente por debajo del umbral del conflicto armado.

Esta realidad operativa convive con un marcado carácter dual, civil y militar. Los sistemas de mando y control, las redes y satélites de comunicaciones y los centros de datos sostienen tanto la actividad económica global como las operaciones de defensa, configurando un ecosistema de infraestructuras críticas profundamente interdependiente.

Ante semejante grado de interdependencia, la defensa nacional exige un enfoque cada vez más cooperativo. La protección de este ecosistema trasciende las capacidades y responsabilidades de las Fuerzas Armadas y requiere una estrecha colaboración entre las instituciones públicas, el ámbito militar, la industria y el sector académico.

El ciberespacio, junto con el aire y el espacio, desempeña un papel decisivo en el ejercicio del poder aeroespacial. La conducción de las operaciones aéreas y espaciales depende cada vez más de la conectividad, la disponibilidad de los datos y la protección de los sistemas de mando y control. Por ello, garantizar la libertad de acción propia y limitar la del adversario exige integrar las capacidades del ciberespacio en el planeamiento y desarrollo de las operaciones. En este contexto, las Fuerzas Armadas, la industria y el ámbito académico constituyen pilares esenciales de una defensa eficaz y coherente.

Asegurar la defensa de España depende hoy, en buena medida, de nuestra capacidad para integrar pensamiento estratégico, tecnología y cooperación en un entorno cada vez más complejo e interconectado. Esta convicción inspira la XXXV edición del Seminario Internacional del Ejército del Aire y del Espacio, con el propósito de contribuir a una mejor comprensión de los desafíos actuales y anticipar aquellos que marcarán el futuro del poder aeroespacial.



Nuestra portada: Ramstein Flag 26 (Imagen: Sgto 1.º Adrián Zapico Esteban)

REVISTA DE AERONÁUTICA Y ASTRONÁUTICA NÚMERO 957. NOVIEMBRE 2026

■ secciones

Editorial 833
Aviación Militar 836
Aviación Civil 840
Industria y Tecnología 842
Espacio 844
Panorama Internacional 846
Sucedió el 916
Noticiario 917
Internet 922
Cine, Aviación y Espacio 924
Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos (CCDC) 926
Bibliografía 928

■ artículos

CIELOS TRANSPARENTES, DEFENSAS DENSAS LO QUE UCRANIA SUGIERE SOBRE EL PODER AÉREO DEL SIGLO XXI
Por Guillem Colom Piella 848

LA EVOLUCIÓN DEL COMBATE AÉREO. DESDE EL FIN DE VIETNAM HASTA NUESTROS DÍAS
Por Javier Sánchez-Horneros Pérez 856

SEMINARIO INTERNACIONAL DEL EA 2026
Por Miguel Fernández García, capitán del EA 866

DOSIER «SOL DE MEDIANOCHE» RAMSTEIN FLAG 2026 (RAFL26) 870

«FIGHT TONIGHT» Y «FIGHT TOMORROW» EL CAMINO A RAMSTEIN FLAG 2026 Y MÁS ALLÁ
Por José Enrique Hernández Medel, coronel del EA 872

EL EJERCICIO DE COMBATE AÉREO MÁS AMBICIOSO DE LA OTAN
Por Fernando Santiago Matallana, teniente coronel del EA 876

MISSION PLANNING. DE AIRCOM A LA PISTA DE TERVO
Por Fernando Santiago Matallana, teniente coronel del EA 880

PLANEAMIENTO Y EJECUCIÓN DE RAFL-26. TRAIN AS YOU FIGHT
Por Martin Aarestrup Friis, LtCol Royal Danish Air Force y Fernando Santiago Matallana, teniente coronel del EA 882

MISSION PLANNING CELL. LA ENTIDAD CENTRAL
Por Ilkka Juuso, LtCol Finnish Air Force y Fernando Santiago Matallana, teniente coronel del EA 884

EL PODER AÉREO ALIADO EN EL TLP. DEL CAOC TJ AL FLIGHT LEAD
Por Maj Emmanouil Mystakidis, major Helenic Air Force y Fernando Santiago Matallana, teniente coronel del EA 886

EL ALA 12 EN RAFL-26. DESDE JYVÄSKYLÄ AL SOL DE MEDIANOCHE
Por Miguel Jaime Jiménez Barragán, comandante del EA 888

DISEÑO ÁGIL DE CAPACIDADES AÉREAS
Por Víctor Manuel Sobrino García, teniente coronel del EA 892

EL TALENTO QUE MARCA EL FUTURO
Por Antonio Salcedo Gómez, comandante del EA 898

UNVEX 2026
Por Gabriel Cortina 906

NYX, UNA CÁPSULA EUROPEA
Por Manuel Montes Palacio 910



LA EVOLUCIÓN DEL COMBATE AÉREO. DESDE EL FIN DE VIETNAM HASTA NUESTROS DÍAS

La proyección actual futura es el desarrollo de sistemas de sexta generación, compuestos por un binomio plataforma de combate-plataformas no tripuladas de distintas capacidades, bajo el paraguas de una Nube de Combate como gestor de la batalla aérea dentro del multidominio, capaz de proporcionar capacidades de mando y control, comunicaciones avanzadas y una conciencia situacional global común en tiempo real.

Revista de Aeronáutica y Astronáutica

Director:
Capitán: **Miguel Fernández García**
mferga@ea.mde.es

Consejo de Redacción:
Coronel: **Luis Alberto Hernández García**
Coronel: **Ignacio Moll Santa Isabel**
Teniente coronel: **Alberto Borja Calvo López**
Comandante: **Jorge Mora Raimundo**
Gabinete del JEMA
OFICOM

Redacción:
Capitán: **Miguel Fernández García**
Sargento 1.º: **Adrián Zapico Esteban**

Secretaria de Redacción:
Maite Dáneo Barthe
aeronauticaea@gmail.com

Secciones RAA
Redacción y colaboraciones institucionales y externas.
Aviación Militar: **Jesús Pinillos Prieto.**
Aviación Civil: **José A. Martínez Cabeza.**
Industria y Tecnología: **Julio Crego Lourido y Gabriel Cortina.** Espacio: **Inés San José Martín.**
Panorama Internacional: **Luis A. Hernández García.** ¿Sabías que?: **Juan M. Díaz Díez.**
Nuestro Museo: **Juan Ayuso.** Efemérides: **Juan Toledano Mancheño.** Cine, Aviación y Espacio: **Manuel González Álvarez.**
Bibliografía: **Miguel Anglés Márquez.**

Preimpresión:
Revista de Aeronáutica y Astronáutica
Impresión:
Ministerio de Defensa

Precio unitario revista	2,00 €
Precio suscripción España	18,00 €
Precio suscripción Europa	30,00 €
Precio suscripción resto del mundo	35,00 €

IVA incluido (más gastos de envío)

SERVICIO HISTÓRICO Y CULTURAL DEL EJÉRCITO DEL AIRE Y DEL ESPACIO
INSTITUTO DE HISTORIA Y CULTURA AERONÁUTICA

MINISTERIO DE DEFENSA
SUBSECRETARÍA DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

Edita:
Paseo de la Castellana 109, 28046, Madrid
NIPO 083-15-009-4 (edición impresa)
ISSN 0034-7647 (edición impresa)
NIPO 083-15-010-7 (edición en línea)
ISSN 2341-2127 (edición en línea)
Depósito legal M 5416-1960

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado
cpage.mpr.gob.es
Catálogo de Publicaciones de Defensa:
publicaciones.defensa.gob.es

Director:	91 454 5772
Redacción:	91 454 5774 / 76
Suscripciones y Administración:	91 454 5771 / 72

C/ Martín de los Heros 51, 2.ª planta
28008 - MADRID
revistadeaeronautica@ea.mde.es

NORMAS DE COLABORACIÓN

Con el fin de mantener unos criterios de calidad y uniformidad en los artículos de la revista de AERONÁUTICA Y ASTRONÁUTICA, las colaboraciones se realizarán teniendo en cuenta las siguientes instrucciones:

1. Los temas de los artículos presentados tendrán relación, preferentemente, con la actualidad del Ejército del Aire y del Espacio y sus unidades, con las Fuerzas Armadas nacionales e internacionales y la aeronáutica y astronáutica en general, además de aquellos contenidos que sean considerados de interés por el Consejo de Redacción.

2. Los trabajos deben ser originales y escritos expresamente para la revista con un estilo correcto, calidad y rigor, los cuales serán evaluados y seleccionados por el Consejo de Redacción.

3. El texto se presentará en formato WORD, justificado y letra Arial o Verdana 12. Contendrá como máximo 2000 palabras, siendo aconsejable 1500 y se incluirá al comienzo un breve resumen de unas 50 palabras, a modo de entradilla. La primera vez que se empleen siglas, acrónimos o abreviaturas se situarán entre paréntesis tras el significado completo. Al final del artículo podrá indicarse la bibliografía y trabajos consultados, si es el caso.

4. El material gráfico (fotografías, gráficos y dibujos) se entregará en formato JPG en carpeta aparte, acompañado de un archivo con el texto de los pies de fotos y el nombre del fotógrafo o de la fuente de procedencia. Será responsabilidad del autor pedir los permisos de la propiedad intelectual, si fuese necesario. Las fotografías, gráficos, dibujos y anexos que acompañen al artículo se publicarán según criterios de maquetación.

5. Además del título del artículo, deberá figurar el nombre del autor, profesión, colegio o asociación a la que pertenece y si es militar, empleo, situación administrativa y si es miembro de alguna asociación o colegio. Es aconsejable indicar dirección de correo electrónico y/o teléfono para consultas.

6. Los trabajos quedarán archivados en la redacción de la revista. Siempre que se estime conveniente realizar modificaciones, a criterio del Consejo de Redacción, se remitirá correo al autor aconsejando los cambios a efectuar con el propósito de mejorar el artículo.

7. De acuerdo con la disponibilidad de créditos anuales todo trabajo será remunerado, de forma que se reconozcan los derechos de autor.

8. Todos los trabajos publicados representan exclusivamente la opinión del autor.

9. Toda colaboración se remitirá a:

– Por correo a:
Revista de Aeronáutica y Astronáutica - Redacción
c/ Martín de Los Heros 51, 2.ª planta.
28008 - Madrid
– Por email a: aeronauticaea@gmail.com

INFORMACIÓN PARA LOS LECTORES

La *Revista de Aeronáutica y Astronáutica* está a disposición de los lectores en la página web del Ejército del Aire y de Defensa, además de la edición en papel.

1. Sencillamente escribiendo en el buscador de la red: Revista de Aeronáutica y Astronáutica.
2. En internet en la web del Ejército del Aire: www.ejercitodelaire.mde.es
   - último número de *Revista de Aeronáutica y Astronáutica* (pinchando la ventana que aparece en la página de inicio)
   - en la web del EA, en la persiana de *Cultura aeronáutica > publicaciones*, se puede acceder a todos los contenidos de todos los números publicados desde 1995.
3. En internet, en la web del Ministerio de Defensa: publicaciones.defensa.gob.es/revistas.html
4. En internet, en la web de la Biblioteca Virtual de la Defensa: bibliotecavirtual.defensa.gob.es
   Búsqueda selectiva por autores, artículos, etc.

Esta publicación se distribuye bajo licencia CC BY-NC-ND 4.0 que permite compartir el material en cualquier medio o formato con la condición de reconocer adecuadamente la procedencia «Edita: Ministerio de Defensa. Secretaría General Técnica.» No se puede modificar. No se puede utilizar con fines comerciales.



La inminente integración de armamento en los MQ-9 «Predator» del Ala 23 los dotará de la capacidad de ejecutar ataques de precisión contra objetivos de oportunidad, apoyar a fuerzas desplegadas y reforzar la disuasión en zonas de interés

ESPAÑA ARMA SUS MQ-9: UN CAMBIO DOCTRINAL QUE MARCA UNA NUEVA ETAPA

España avanza en la incorporación de armamento a los MQ-9 Predator B del Ejército del Aire y del Espacio. La decisión de dotar de capacidad ofensiva a los RPAS MALE supone un punto de inflexión doctrinal, ya que, hasta ahora, los MQ-9 del 233 Escuadrón han operado exclusivamente como plataformas ISR estratégicas, combinando sensores electroópticos, radar de apertura sintética y enlace satelital. Su contribución ha sido constante en misiones de vigilancia de amplias áreas marítimas y en la obtención de inteligencia en escenarios sensibles. Sin embargo, la próxima integración de armamento convertirá al MQ-9 en un sistema capaz de ejecutar ataques de precisión contra objetivos de oportunidad, apoyar a fuerzas desplegadas y reforzar la disuasión en zonas donde la presencia aérea española debe ser creíble. Lo más probable es que sea el misil AGM-114 Hellfire el arma seleccionada para integrar en el vehículo, en línea con los actuales operadores occidentales del Predator. Este salto no se produce de forma aislada: en 2026, la incorporación del pod SOAR añadió capacidades SIGINT, lo que permite combinar IMINT y guerra electrónica en una misma plataforma. Con la futura capacidad de ataque, el MQ-9 español se aproxima al perfil operativo de los sistemas MALE armados que ya emplean Estados Unidos, Francia, Italia o el Reino Unido. España se suma así a un grupo reducido de países que han asumido que la autonomía estratégica pasa también por disponer de RPAS con capacidad ofensiva.

MARRUECOS MODERNIZA SU FUERZA AÉREA HACIA UN SISTEMA AÉREO INTEGRADO

Marruecos está acelerando la modernización de sus Fuerzas Armadas, con especial intensidad en el ámbito aeroespacial. El proceso responde a una combinación de factores: la rivalidad estratégica con Argelia, la necesidad de mantener una capacidad de vigilancia y disuasión sobre el Sáhara Occidental y la voluntad de Rabat de consolidarse como socio militar relevante de Estados Unidos, Francia e Israel. Marruecos adquirió 25 nuevos F-16C/D Block 72 y actualmente está modernizando sus 23 F-16 existentes al estándar F-16V. El objetivo es disponer de una flota homogénea dotada de radares AESA, sistemas avanzados de guerra electrónica, enlaces de datos y armamento de precisión. La recepción de los primeros aviones está prevista a partir de 2027, y el siguiente salto podría ser el F-35. Marruecos ha mantenido contactos para adquirir el caza estadounidense de quinta generación, incluso en torno a una posible flota de 32 unidades, aunque fuentes marroquíes han advertido de que la adquisición no está cerrada ni constituye necesariamente una prioridad inmediata. La exportación del F-35 en Oriente Medio está condicionada por la doctrina estadounidense de Ventaja Militar Cualitativa (QME), que exige preservar la superioridad israelí. En este caso, Israel ha dado el visto bueno preliminar, un hecho sin precedentes en el Magreb que refleja la nueva arquitectura estratégica surgida tras los Acuerdos de Abraham. Este aval abre la puerta a la aprobación del Congreso estadounidense y convierte la operación en una posibilidad real. Otro pilar de la modernización es la expansión de los drones de combate. Marruecos ha iniciado la producción local de sistemas no tripulados en colaboración con Israel y Turquía. Por otra parte, hay que resaltar la reciente aprobación estadounidense para la



Aunque no está confirmado oficialmente, Marruecos podría haber mantenido contactos con el Gobierno de EE. UU. para la adquisición de 32 unidades del caza F-35



Argelia podría estar negociando con China la adquisición de cazas Chengdu J-10CE y aviones de alerta temprana KJ-500

venta de 600 misiles FIM-92K «Stinger», destinados a reforzar la defensa aérea de corto alcance. El arsenal marroquí ya incluye sistemas de origen israelí, chino y europeo, como Spyder, Barak MX, FD-2000B y Sky Dragon 50, que configuran una red multicapa diseñada para proteger infraestructuras críticas. Esta arquitectura permite entender mejor el concepto de que Marruecos está pasando de una «Fuerza Aérea» a un «Sistema Aéreo», en el que el objetivo ya no consiste en acumular cazas, sino en integrar aviones F-16, eventualmente F-35, helicópteros de ataque Apache, drones, radares, inteligencia, guerra electrónica, satélites, comunicaciones y defensa aérea en una arquitectura común. Rabat se presenta como un actor de estabilidad regional y utiliza la modernización de su defensa como herramienta para reforzar su papel en la lucha contra el terrorismo y en la seguridad del Mediterráneo occidental. En este modelo, Estados Unidos es el aliado más importante. No hay que olvidar que Marruecos es «Major Non-NATO Ally» desde 2004. Francia aporta compensaciones industriales y experiencia operacional, e Israel, tecnologías especialmente relevantes en defensa aérea, inteligencia y sistemas no tripulados.

ARGELIA MIRA A CHINA PARA TRANSFORMAR SU PODER AÉREO

La Fuerza Aérea argelina podría encontrarse ante una de las mayores transformaciones de su historia si se confirma el acuerdo que, según diversas fuentes especializadas, negocia con China para incorporar cazas Chengdu J-10CE y aviones de alerta temprana y control aerotransportado (AEW&C) KJ-500. Las informaciones apuntan a 40 cazas y entre cuatro y cinco KJ-500, con entregas que podrían comenzar en 2027. Ni Argel ni Pekín han confirmado oficialmente el acuerdo, por lo que los datos deben considerarse todavía provisionales. La operación resulta especialmente significativa porque la aviación argelina ha estado históricamente vinculada a Moscú. Su actual modernización incluye nuevos sistemas rusos, entre ellos los Su-35 y Su-34 y, según diversas fuentes, los Su-57E. La llegada de una segunda gran familia de sistemas de combate chinos introduciría, por tanto, una diversificación tecnológica de gran alcance. El J-10CE, versión de exportación del J-10C, es un caza polivalente de generación 4.5 equipado con radar AESA y concebido para el combate aire-aire y aire-superficie. El modelo ya opera en Pakistán, y su empleo en los enfrentamientos indo-pakistaníes de mayo de 2025, con su éxito aire-aire frente a aviones Rafale, ha incrementado el interés internacional por sus prestaciones. Pero el elemento potencialmente más importante de la operación no sería el caza, sino el KJ-500, un AWACS basado en el avión de transporte Y-9 que incorpora un radar AESA con cobertura de 360 grados y actúa como centro aerotransportado de vigilancia, mando y control. Esta combinación permitiría a Argelia avanzar hacia un sistema de combate aéreo integrado, en el que el KJ-500 proporcionaría a los J-10C una imagen táctica global, lo que les permitiría operar con mayor conocimiento de la situación y reducir sus emisiones radar. Para el equilibrio aéreo del Magreb, la cuestión es especialmente relevante, ya que Marruecos está potenciando su flota de cazas, además de incorporar sistemas israelíes de defensa aérea. Por otra parte, Argelia busca reafirmar su papel como gendarme en el Sahel, un espacio en el que compiten influencias externas –incluidas las de Rusia y otros actores regionales– y donde puede ver amenazada su propia frontera sur. El reciente despliegue de cuatro cazas Su-30MKA en Níger, acompañados por un Il-78 cisterna y un Il-76 de transporte, constituye una demostración explícita de soberanía estratégica al proyectar, por primera vez, poder aéreo más allá de sus fronteras.

COREA DEL SUR ENTRA EN LA CARRERA POR UN NUEVO CAZA

Corea del Sur aspira a consolidarse como actor relevante en la próxima generación de combate aéreo y parece decidida a no quedar atrás en la carrera global por el dominio aéreo del futuro. Seúl ha puesto en marcha un doble esfuerzo institucional para definir qué tipo de caza de sexta generación podría construir el país, que complemente a los actuales F-35 de quinta generación y sirva para reemplazar a los F-16. El Gobier-

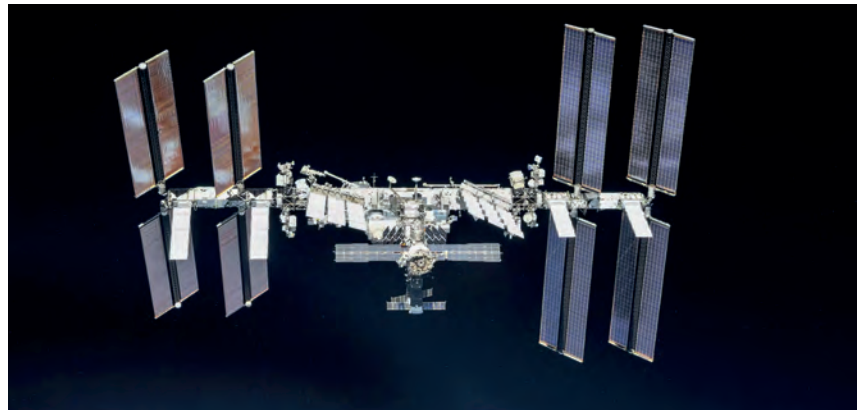


Seúl ha decidido no quedar atrás en la carrera global por el dominio aéreo del futuro y ha lanzado un estudio para considerar el desarrollo de un caza de nueva generación

no ha encargado un estudio preliminar que pretende aclarar si Corea del Sur debe desarrollar un avión propio, evolucionar el KF-21 (Boramae) hacia una versión furtiva más avanzada o incluso recurrir a la adquisición de un sistema extranjero. La industria surcoreana, liderada por KAI (Korea Aerospace Industries), está apostando fuerte por desarrollar capacidades y añade a modelos como el ya en servicio FA-50 el próximo KF-21, que pronto entrará en producción a gran escala. El país todavía carece de experiencia en áreas críticas como motores avanzados, vectorización de empuje o tecnologías de supercrucero. De ahí que el mayor desafío del proyecto sea la propulsión. Su industria trabaja en un motor estatal para el KF-21, pero sus prestaciones no alcanzan las exigencias de un caza furtivo de nueva generación. Corea quiere estar en la mesa donde se diseñará el combate aéreo del siglo XXI, y su programa de caza de sexta generación se encuentra en una fase exploratoria: ambicioso en sus objetivos, incierto en su financiación y dependiente de decisiones estratégicas que marcarán el futuro de la industria aeronáutica del país.

EE.UU. ADMITE POR PRIMERA VEZ QUE TIENE ARMAS EN ÓRBITA: UN PUNTO DE INFLEXIÓN ESTRATÉGICO

Estados Unidos ha reconocido por primera vez que dispone de armas de «control espacial» desplegadas en órbita, un anuncio que marca un hito en la militarización del espacio y redefine el equilibrio estratégico global. La confirmación llegó de la mano del secretario de la Fuerza Aérea, Troy Meink, durante la conferencia Air, Space & Cyber, celebrada en Maryland. Aunque Washington no ha revelado la naturaleza exacta del armamento, la Fuerza Espacial ha descrito estas capacidades como medios cinéticos y no cinéticos capaces de interrumpir, degradar o incluso destruir sistemas espaciales enemigos, siempre bajo la dirección operativa de los mandos de combate. Expertos apuntan a que lo más probable es que se trate de sistemas de guerra electrónica en órbita, como bloqueadores de comunicaciones o interferidores de señales, que permiten neutralizar satélites sin generar basura espacial, evitando así el riesgo de colisiones masivas en órbita. El anuncio rompe un silencio de más de seis décadas en torno al despliegue de armamento espacial por parte de EE.UU., un tema históricamente tabú desde la era de la Iniciativa de Defensa Estratégica de los años ochenta. El reconocimiento estadounidense marca un punto de inflexión doctrinal: el espacio deja de ser un dominio exclusivamente de apoyo para convertirse en un teatro operativo autónomo, donde la disuasión y la capacidad de negar el uso del entorno orbital al adversario serán elementos centrales de la estrategia militar. En un mundo donde las comunicaciones, la navegación y la vigilancia dependen de infraestructuras espaciales, la aparición de armamento en órbita abre una nueva etapa en la competencia entre potencias.



Estados Unidos reconoce disponer de armas desplegadas en el espacio, que deja de ser un dominio exclusivamente de apoyo para convertirse en un teatro operativo

BIBLIOTECA CENTRAL DEL EJÉRCITO DEL AIRE Y DEL ESPACIO







MÁS DE 19 000 TÍTULOS CON MÁS DE 25 000 EJEMPLARES

La biblioteca está encuadrada en la Red de Bibliotecas de Defensa y sus fondos están incluidos dentro del Catálogo Colectivo de dicha Red que puede consultarse en www.bibliodef.es

Acceso

Lunes a viernes de 8:00 a 13:30 h

Visitas de Grupos bajo petición previa

Acceso gratuito

Dirección y contacto

Cuartel General del Ejército del Aire y del Espacio

Puerta 155. c/ Princesa, s/n. 28008. Madrid

Tlfno. +34 915 032 456

Fax. +34 915 032 248

bcea@ea.mde.es

AIRBUS Y SU PRÓXIMO AVIÓN

Airbus y Boeing vinieron a coincidir en el pasado salón de Farnborough en cuanto a que sus próximos programas serán aviones de fuselaje estrecho (RAA n.º 956 de octubre pasado), que utilizarán las tecnologías más avanzadas sin incurrir en riesgos tecnológicos que los compliquen. Es en el apartado de la propulsión donde cabe esperar que se produzcan las novedades más relevantes, como lo anticipa el hecho de que Airbus se propone realizar en un futuro cercano un programa de ensayos para disponer de datos que le permitan tomar una decisión fundamentada.

La firma europea tiene dos objetivos principales en ese programa: uno es investigar una nueva ala realizada con materiales compuestos y otro, evaluar el sistema de propulsión más adecuado para el nuevo avión. En ambos casos, un parámetro fundamental será disponer de una capacidad de evolución que permita alumbrar, sin grandes dispendios, más adelante una familia de aviones que pueda adaptarse a la previsible evolución de la tecnología. Queda por delante tiempo para trabajar en todo ello, pues el lanzamiento del nuevo programa no tendrá lugar hasta 2030, según las previsiones actuales.

Airbus ha acordado con CFM International proceder a la experimentación en vuelo de su proyecto RISE, Revolutionary Innovation for Sustainable Engines, acrónimo bajo el que figura el conocido concepto Open Rotor. Para ello se empleará un A380, en cuya semiala izquierda se instalará un motor de ese tipo para evaluar sus actuaciones, necesidades de mantenimiento y el resto de factores críticos para la operación en condiciones de servicio real.

Por el momento no se han fijado unas fechas para la realización de tal programa de ensayos; sin embargo, se estima que la decisión de Airbus acerca del sistema de propulsión para el previsto avión deberá adoptarse en 2028, lo que viene a indicar que 2027 o los primeros meses de 2028 verían la realización del programa de ensayos en cuestión.



El X-59 durante un vuelo realizado el 10 de junio. (Imagen: NASA)

También está previsto realizar ensayos sobre la nueva ala considerada. El primer paso será volar un ala experimental de gran alargamiento a bordo de un A321neo hacia 2029, dentro del programa conocido como Wing of Tomorrow Research. Además de las consideraciones de tipo aerodinámico, en su momento será preciso tomar en consideración las interacciones entre el ala seleccionada y los motores que finalmente sean elegidos.

No directamente relacionada con el próximo avión de Airbus, pero sí importante para un futuro más lejano, es la noticia de que la Unión Europea ha concedido a Airbus, en septiembre, dentro del programa Clean Aviation, financiación para la investigación en dos conceptos incluidos en su programa ZEROe, que, como es sabido, está centrado en el empleo de pilas de combustible para la propulsión. La Unión Europea ha seleccionado un total de 19 proyectos, entre los que se repartirán 290 millones de euros; la aportación privada de las empresas seleccionadas ascenderá a 374 millones de euros.

EL LOCKHEED MARTIN X-59 ALCANZÓ LA COTA DE 25 VUELOS

Según ha dado a conocer la NASA, el avión supersónico experimental X-59 realizó el 21 de agosto su vuelo número 25, hito que ha supuesto el final de la primera fase de su programa. Ese vuelo partió del Armstrong Flight Research Center (Base Edwards) y tuvo una duración de 72 minutos, durante los que se alcanzó una velocidad máxima de Mach 1,2 a una altitud de 49 000 ft (1.064 km/h).

Este vuelo ha abierto la puerta a la fase de mediciones acústicas, que debe comenzar antes de que concluya este año. El X-59 volará sobre el corredor definido para esos ensayos en el desierto de Mojave, y su huella sónica, tanto sobre el suelo como en el aire por debajo de su nivel de vuelo, será medida y analizada detalladamente mediante diferentes medios, incluido un F-18.

Un apartado interesante de esta primera etapa de ensayos ha sido el análisis de los resultados del comportamiento de la aeronave, confrontados con las predicciones teóricas establecidas durante su diseño y validadas mediante los ensayos en túnel aerodinámico. Esta tarea se ha cumplimentado con el empleo de una herramienta informática que ha permitido confrontar en tiempo real esos resultados teóricos con los reales. Según ha indicado la NASA, se ha podido comprobar «la concordancia entre las cualidades de vuelo, el margen de estabilidad y las cargas de vuelo registradas sobre la estructura, sin inestabilidad inesperada o vibraciones excesivas».

QANTAS DESGLOSA SUS PLANES INICIALES PARA EL «PROJECT SUNRISE»

Tras los excelentes resultados obtenidos el mes de julio con los vuelos récord del primer A350-1000ULR (RAA n.º 956 de octubre), la compañía australiana Qantas ha confirmado el lanzamiento formal del «Project Sunrise» en octubre de 2027, con el comienzo de los vuelos sin escalas entre Sídney y Londres. A mediados de 2028 darán comienzo los vuelos sin escalas entre Sídney y Nueva York, en una fecha todavía no precisada; no obstante, Qantas ha anticipado que pondrá a la venta los billetes para esos vuelos en agosto del próximo año.

En la actualidad, los vuelos entre Sídney y Nueva York se están realizando con una escala intermedia en Auckland (Nueva Zelanda), empleando aviones Boeing 787-9, de modo que la supresión de esa escala vendrá a suponer una reducción de más de tres horas en el tiempo de viaje, tanto de ida como de vuelta, que pasará a ser de 18 horas.

Qantas ha adquirido doce aviones A350-1000ULR para ser dedicados específicamente al «Project Sunrise», el primero de los cuales le será entregado en abril del próximo año.



Primer vuelo del A350F el 29 de septiembre. (Imagen: Airbus)

■ El primer A350F, el avión número de serie 700, efectuó su primer vuelo el 29 de septiembre, con una duración de 4 horas y 10 minutos. La tripulación estuvo formada por los pilotos Bernardo Sáez-Benito y Sylvain Giraud y los ingenieros Ludovic Girard, Laurent Bussiere y Jaime Angoloti.

■ El grupo Aeroflot firmó a mediados de septiembre un contrato con United Aircraft Corporation para la adquisición de 90 aviones MC-21-310 equipados con motores rusos Aviadvigatel PD-14, cuyas entregas deberán comenzar en 2029 y concluirán en 2032. Este modelo todavía no ha sido certificado por la autoridad aeronáutica de Rusia, pero, según se dio a conocer en el acto de la firma, lo será en 2027. Se trata de la ampliación de un contrato previo, suscrito en 2023, por el que Aeroflot va a recibir entre 2027 y 2028 un total de 18 aviones MC-21.

■ El proceso de certificación ETOPS, Extended-range Twin-engine Operation Performance Standards, del Boeing 777-9 se está viendo afectado por un problema de sellado en el motor GE Aerospace GE9X, ya conocido desde tiempo atrás, pero que, al parecer, aún no ha sido resuelto, según el dictamen de la FAA, Federal Aviation Administration. Al margen de esta circunstancia, Boeing insiste en que las entregas se iniciarán en 2027.

■ JetZero ha dado comienzo al proceso de actualización de los motores Pratt & Whitney PW2040, de 18150 kg de empuje, destinados al avión demostrador Jet 1, que comenzará a volar a finales del año próximo. De acuerdo con la USAF, se decidió en su momento emplear dos de esos motores, que se han adquirido a AAR, para posteriormente ponerlos en las debidas condiciones de aeronavegabilidad actuales. En paralelo, se trabaja con GE Aerospace, Rolls-Royce y Pratt & Whitney, bajo la supervisión de varias organizaciones de la USAF, para identificar el motor más adecuado para la versión comercial Z4.



TAI HA PUESTO EN VUELO EL PRIMER HÜRJET DE PRODUCCIÓN EN SERIE DESTINADO A LA FUERZA AÉREA TURCA

El consorcio Turkish Aerospace (TAI) ha puesto en vuelo por primera vez el primer Hürjet de producción en serie destinado a la Fuerza Aérea Turca. La aeronave realizó su vuelo inaugural este domingo, 30 de agosto, y permaneció en el aire durante 18 minutos.

El programa lleva en desarrollo desde 2017. El primer prototipo realizó su vuelo inaugural el 25 de abril de 2023, seguido de un segundo prototipo en noviembre de 2024. Entre ambos prototipos han acumulado alrededor de 340 vuelos de prueba y casi 260 horas de vuelo, según informes de los medios estatales turcos. Durante las pruebas, la aeronave ha realizado vuelos de demostración con el equipo acrobático Turkish Stars y en formación con el prototipo de dron furtivo Anka-3, y también ha completado vuelos de prueba transónicos y supersónicos.

Turkish Aerospace ha anunciado que planea aumentar su línea de producción a dos aeronaves por mes una vez que la fabricación en serie esté en pleno funcionamiento. Las primeras entregas a la Fuerza Aérea Turca están previstas para finales de 2026.

España ha acordado la compra de 30 aviones Hürjet, lo que supone la primera venta de aviones de entrenamiento a reacción de exportación de Turquía a un miembro de la OTAN. Se espera próximamente la firma de un contrato de suministro definitivo para aproximadamente 45 aeronaves, destinadas a reemplazar la antigua flota española de F-5, con un valor estimado de 3600 millones de dólares.

Las entregas a España están previstas para 2028, un año después de que la Fuerza Aérea Turca comience a recibir sus propios aviones de producción. El memorando de entendimiento que regula el acuerdo con España se firmó en 2025 entre Turkish Aerospace, el Ministerio de Defensa español y Airbus.

INDRA DESARROLLA DRONES TÁCTICOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN ESPAÑOLA

Indra impulsará el desarrollo y la fabricación en España de una nueva generación de drones tácticos militares en el marco del Programa Especial de Modernización del Sistema Aéreo No Tripulado de Alcance Medio (SANTAM), dentro del cual se entregarán 147 aeronaves remotamente tripuladas de Clase I (hasta 150 kg), que conforman un total de 49 sistemas, y se pondrán en marcha nuevas capacidades industriales y tecnológicas nacionales, críticas para la defensa.



Dentro del programa, que contará con la participación de una docena de empresas nacionales, además de dos universidades y centros de investigación, se evolucionarán dos plataformas complementarias de altas prestaciones. Por una parte, el Tarsis-W, un sistema de ala fija y despegue y aterrizaje convencional orientado a misiones tácticas de mayor autonomía y alcance, con capacidad para portar armamento ligero; por otro, el Tarsis-VTOL, un sistema también de ala fija y de despegue y aterrizaje vertical, diseñado para operaciones ágiles y entornos con limitaciones logísticas. Ambas plataformas presentan una envergadura de ala de unos seis metros, un peso máximo al despegue de 150 kg, un techo de vuelo de 15 000 pies o 4,57 km, una autonomía de en torno a 10 horas y un alcance del enlace de comunicaciones superior a 120 km, con capacidad para transferir el control de la aeronave y distribuir la gestión de la misión entre varias personas. Ambos sistemas, que se entregarán entre los años 2028 y 2030, compartirán una arquitectura tecnológica común y una cadena de suministro altamente nacionalizada, lo que reforzará la autonomía estratégica en un ámbito considerado crítico para la Defensa.

ACUERDO PARA LA ADQUISICIÓN, POR PARTE DE POLONIA Y ESPAÑA, DE SIETE A330 MRTT

Según el acuerdo marco aprobado, el contrato contempla la fabricación de siete unidades del A330 MRTT completamente nuevas, a diferencia de los dos ejemplares que opera actualmente el Ejército del



Aire y del Espacio español, resultado de la conversión de aviones A330 de segunda mano procedentes de la flota de Iberia, adquiridos en 2021. De los siete aparatos del nuevo contrato, tres se destinarán a España y cuatro a Polonia, según las fuentes consultadas por medios especializados en defensa. El valor total del acuerdo marco asciende a 5400 millones de euros, con una vigencia de siete años desde su formalización, y los aviones se convertirán y ensamblarán en las instalaciones de Airbus en Getafe (Madrid), el mismo centro industrial donde se producen ya los A330 MRTT del Ejército del Aire y del Espacio español.

La participación polaca se articula mediante una adenda al contrato español que recurre al instrumento europeo SAFE (Security Action for Europe), un mecanismo de 150 000 millones de euros adoptado por el Consejo de la Unión Europea para financiar, mediante préstamos a los Estados miembros, la compra conjunta de capacidades de defensa y reforzar así la base industrial europea del sector. España ya había recurrido antes a este instrumento para otros programas de rearme, y su uso en este contrato refuerza la lógica de cooperación industrial hispano-polaca en el ámbito de la defensa aérea.

El A330 MRTT es una de las plataformas de referencia de la aviación militar europea para el reabastecimiento en vuelo y el transporte estratégico, con capacidad para trasladar hasta 300 efectivos, además de combustible para otras aeronaves. España incorporó sus dos primeros ejemplares en 2025 y espera recibir un tercero en octubre de 2026, dentro de un proceso de modernización de su flota de transporte aéreo.

EL PROGRAMA DE AVIÓN DE COMBATE GCAP DESPEGA CON UN NUEVO CONTRATO DE 4600 MILLONES DE LIBRAS

Se ha adjudicado el segundo contrato internacional del Programa Global de Aviones de Combate (GCAP), el programa de desarrollo de aviones de combate de próxima generación entre Italia, Japón y el Reino Unido.

El contrato, valorado en 4600 millones de libras esterlinas, permitirá completar la fase de concepto avanzado y evaluación del programa, así como avanzar en el diseño detallado y el desarrollo conjunto. El contrato, con una duración de 18 meses, ha sido adjudicado por la Agencia GCAP, que gestiona el programa en nombre de los tres gobiernos, a Edgewing, el contratista principal trinacional y autoridad de diseño de la aeronave GCAP.

Financiado conjuntamente por las tres naciones, el contrato impulsará la siguiente fase de actividades clave de diseño e ingeniería del programa. Esta inversión a largo plazo refleja confianza, unidad y un impulso sostenido en esta asociación de defensa de gran importancia.

Este es el segundo contrato internacional conjunto adjudicado por la Agencia GCAP a Edgewing, tras un contrato inicial de 686 millones de libras esterlinas otorgado en abril de 2026.

El programa está respaldado por colaboraciones industriales trinacionales que reúnen a las principales empresas de Italia, Japón y el Reino Unido. Esto incluye, además del contratista principal Edgewing, a Electronics Evolution (G2E), que desarrolla el sistema avanzado de sensores y comunicaciones del GCAP, y al consorcio de potencia y propulsión, que trabaja para dotar a la aeronave GCAP de mayor alcance y persistencia.

El GCAP, lanzado en 2022, tiene como objetivo entregar un innovador avión de combate furtivo de próxima generación equipado con tecnologías de vanguardia, apoyando a las industrias soberanas de las naciones asociadas. Se espera que la aeronave sea entregada en 2035 y contará con las capacidades necesarias para asegurar la ventaja en los entornos operativos más exigentes.





Imagen del mes:
Atardecer en la Luna. Imagen tomada por los integrantes de la misión Artemis II. (Fuente NASA)

SIETE HORAS PARA ENCONTRAR UNA AGUJA EN EL CIELO

Hace tiempo que el espacio dejó de ser únicamente un escenario para la exploración científica. De él dependen muchas de las capacidades que permiten operar a unas Fuerzas Armadas modernas. Comunicaciones, posicionamiento, observación de la Tierra o conocimiento de lo que ocurre en órbita forman parte de una realidad que ha terminado por trasladarse a las estructuras militares.

La creación del Mando del Espacio (MESPA), en 2023, fue probablemente el paso más visible en nuestro país. La propia norma que desarrolló la organización del Ejército del Aire y del Espacio le asignó la preparación de sus unidades y la dirección, planeamiento, organización y coordinación de las funciones necesarias para la vigilancia, el control y la operación en el espacio. No se trataba de un simple cambio de denominación, sino de incorporar de manera orgánica un dominio que condiciona cada vez más las operaciones militares.

Tres años después, esa estructura comienza a verse también en el adiestramiento. A finales de septiembre, el Mando del Espacio organizó en la Base Aérea de Torrejón SIDERIX-26, el primer ejercicio específico de ámbito espacial realizado por el Ejército del Aire y del Espacio. Durante el ejercicio se pusieron a prueba los procesos de mando y control entre el cuartel general del MESPA y dos de sus unidades subordinadas: el Centro de Sistemas Aeroespaciales de Observación (CESAEROB) y el Centro de Operaciones de Vigilancia Espacial (COVE), dentro de un escenario de operaciones multidominio.

La importancia de saber qué sucede sobre nuestras cabezas va mucho más allá de localizar satélites. El COVE forma parte de la estructura



Sala MESPA

con la que el MESPA desarrolla sus cometidos de vigilancia espacial, mientras que el CESAEROB se ocupa de la operación y explotación de sistemas espaciales de observación de la Tierra. Ambas capacidades proporcionan información de interés para el planeamiento y las operaciones.

España, además, no recorre este camino de manera aislada. El pasado 25 de septiembre, quince Estados miembros de la Unión Europea acordaron crear, a través de la Agencia Europea de Defensa, un mecanismo para compartir información sobre objetos y actividades en órbita con fines militares. La propia Agencia sitúa a España, junto con Francia, Alemania e Italia, entre los países que ya disponen de un acceso significativo a una imagen reconocida de la situación espacial. La iniciativa pretende avanzar hacia una imagen común y actualizada, con una capacidad operativa inicial prevista para 2029.

Casi al mismo tiempo, la Unión Europea reforzó su Arquitectura de Respuesta a las Amenazas Espaciales, STRA. La decisión, aprobada el 28 de septiembre, amplía el concepto de amenaza y contempla no solo lo que ocurre en órbita, sino también las infraestructuras terrestres y de lanzamiento, los enlaces de radiofrecuencia, los terminales de usuario y el ámbito cibernético. En determinadas situaciones urgentes, el mecanismo prevé incluso la adopción de respuestas provisionales mientras el Consejo estudia una decisión definitiva.

Hay otro indicio que marca de una manera clara y fehaciente hacia dónde se dirige Europa. El proyecto SPACE, identificado por el Consejo como uno de los primeros Proyectos Europeos de Defensa de Interés Común. Contempla capacidades de alerta temprana para detectar lanzamientos de misiles, comunicaciones por satélite, inteligencia, vigilancia y reconocimiento, posicionamiento y sincronización, guerra de navegación y lanzamiento rápido de satélites de sustitución.

El espacio ya no constituye un elemento separado de las operaciones. Forma parte de ellas. Para el Ejército del Aire y del Espacio, el desafío pasa ahora por convertir unas estructuras relativamente recientes en capacidades cada vez más integradas con el resto de la Fuerza. SIDERIX-26 es una muestra de ese proceso. Europa avanza en la misma dirección: conocer qué ocurre en órbita, proteger los servicios de los que depende y estar preparada para responder cuando esos servicios se vean amenazados.

FUENTES:

- *Boletín Oficial del Estado (BOE) – Orden DEF/264/2023, de 16 de marzo, por la que se desarrolla la organización del Ejército del Aire y del Espacio.*
- *European Defence Agency (EDA) – Military awareness in space: EDA to develop access to data for EU countries, 29 de septiembre de 2026.*
- *Unión Europea – EUR-Lex y Consejo de la UE, septiembre de 2026.*
- *Web del Ejército del Aire y del Espacio.*



Cuartel general de la Agencia Espacial Europea (ESA) en París

Señales del futuro: ¿Hacia un nuevo marco institucional internacional?

Luis A. Hernández García
Coronel del Ejército del Aire y del Espacio



Los análisis políticos y estratégicos sobre la situación internacional no dejan de advertir de que nos encontramos inmersos en un momento histórico de reconfiguración del orden global, en el que muchas de las normas que regían hasta el momento las relaciones entre actores son soslayadas, tergiversadas o, sencillamente, vulneradas. Asimismo, instituciones de naturaleza política sólidamente asentadas e incuestionables durante décadas (CSNU, OTAN, UE…) coexisten con otras formas de organización que, aun de influencia futura en muchos casos todavía por demostrar, surgen o se reinventan para afrontar las cambiantes circunstancias del entorno, ganando poco a poco cierta relevancia, al menos en parte del tablero internacional.

Se trata, entre otras, de los diferentes grupos político-económicos (G-7, G-20), o iniciativas aglutinadoras del llamado «Sur Global» (BRICS+, OCS), que van poco a poco adquiriendo notoriedad. Junto a ellas, otras tantas orientadas a objetivos, intereses o situaciones geopolíticas más específicas (Quad, Board of Peace, Pacto de la Meca); y las que pudieran estar por venir.

Al respecto de estas nuevas opciones, parece oportuno resaltar tres eventos recientes que, si bien no han acaparado las principales portadas en los medios, merecen una mínima cuota de atención, pues las organizaciones que las protagonizan, como otras de las citadas, son susceptibles de comenzar a jugar un papel cada vez más visible, dados sus patrocinadores, miembros y objetivos, en un entorno de seguridad de aceleración, cambio e intensidad muchas veces inciertos.

ORGANIZACIÓN DE COOPERACIÓN DE SHANGHAI (OCS)

La cumbre anual de la OCS[1], que celebraba su 25º aniversario, tuvo lugar en Biskek (Kirguistán), del 31 de agosto al 1 de septiembre, reuniendo, entre otros, a los máximos mandatarios de China, India, Irán, Pakistán o Rusia. La cita alumbró una profusa declaración final y la firma de casi una treintena de acuerdos adicionales sobre cuestiones relacionadas con la seguridad, la tecnología, la sociedad o la economía.

En la «Declaración de Biskek», la

OCS se hace eco de los cambios de calado a los que asistimos en el panorama internacional, reclamando la reforma de la gobernanza global, para la que rechaza cualquier tipo de injerencia o medida coercitiva unilateral. Al tiempo, el texto reivindica la naturaleza de la organización que, reafirma, no es una alianza político-militar, ni dirige su actuación contra terceros, sean Estados u organizaciones internacionales. No obstante lo anterior, la declaración refleja avances en la cooperación en seguridad y defensa, especialmente en lo relativo a las nuevas amenazas (creación de un Centro Universal Contra Desafíos y Amenazas a la Seguridad), la lucha antiterrorista, el crimen organizado o el desarrollo de la coordinación y la confianza militar mutua. El posicionamiento más claro del documento en cuanto a los conflictos en curso quizá sea su condena a los ataques militares sobre Irán, reclamando una solución política y diplomática. Apunta además que la solución de la cuestión palestina es un aspecto fundamental para garantizar la estabilidad en Oriente Medio.

BRICS+ 2

La decimoctava cumbre anual de los BRICS[2] tuvo lugar en Nueva Delhi, los días 12 y 13 de septiembre, y demostró la vocación de la organización de evolucionar decididamente de foro económico de países emergentes a plataforma política reivindicadora de cambios en el sistema de gobernanza global. Todo lo anterior, buscando posturas de consenso básicas con respecto a aquellos asuntos en los que los intereses nacionales de los miembros divergen (p.e.: conflictos en Ucrania e Irán).

Los resultados de la cita se plasmaron en una declaración final de 140 puntos que tocan una amplia y diversa panoplia de asuntos relacionados con la gobernanza, la seguridad, la economía, la cultura y la sociedad. Algunos aspectos relevantes incluyen la atención prestada en el texto a la situación en África, con especial foco en un Sudán en conflicto y necesitado de una urgente e ingente ayuda humanitaria, haciendo un llamamiento a una «solución africana a los problemas africanos». En materia tecnológica, son bastantes las menciones del documento a la inteligencia artificial como oportunidad para el crecimiento económico y el desarrollo en múltiples ámbitos, en cohabitación con la necesidad de aumento y beneficios de la ciberseguridad, la conectividad, la digitalización o la otra gran tecnología disruptiva del momento, la computación cuántica.

En el apartado dedicado al terrorismo, destaca la condena explícita al «ataque terrorista en Jammu y Cachemira el 22 de abril de 2025, durante el cual murieron 26 personas y muchas más resultaron heridas», cuya inclusión en el texto algunos analistas califican de un importante éxito diplomático para India.

BOARD OF PEACE

La Junta de Paz (Board of Peace)[3] vuelve a ser actualidad un año después de que el presidente estadounidense Trump lanzara la idea para su creación en el marco de su plan de 20 puntos para terminar con el conflicto en Gaza, a finales de septiembre de 2025. En este tiempo, la iniciativa ha pasado de ser una propuesta política a una organización respaldada por el Consejo de Seguridad de NNUU (resolución 2803, de 17 de noviembre 2025), que la reconoció como administración de transición, autorizando la formación de una fuerza internacional de estabilización (ISF) para Gaza. En enero de 2026, la iniciativa presentó formalmente su carta fundacional y al mes siguiente celebró su reunión inaugural en Washington.

Tras un tiempo fuera del foco mediático, sin que realmente se pueda afirmar que haya comenzado a ejecutar sobre el terreno las tareas para las que fue alumbrada, este 23 de septiembre, coincidiendo con la celebración de la Asamblea General de NNUU, la organización acaba de presentar un proyecto inicial de reconstrucción que asciende a 2450 millones de dólares para el desarrollo de 66 proyectos de reconstrucción. El monto, si bien muy alejado de las cantidades necesarias totales estimadas (71 500 millones de dólares[4]) para completar esta ambiciosa empresa a nivel regional, sí supondría una esperanzadora noticia de cara a su arranque, una vez que las partes acepten las condiciones del plan y se materialicen los supuestos de seguridad y compromiso financiero necesarios.

La principal pregunta que podría surgir a la vista de la proliferación, actividad y diversificación de las áreas de interés de las nuevas asociaciones es: ¿nos encontramos ante una mera evolución lógica del sistema institucional?; se trata de ¿coexistencia?, ¿alternativa?, ¿sustitución? Todo dependerá en buena medida de la utilidad real de las nuevas organizaciones en contraste con las estructuras existentes, las cuales deberán seguir demostrando la suya propia; así como del sentido y profundidad de los resultados tangibles que se alcancen en cada caso. ■

NOTAS

[1] La OCS cuenta con diez miembros oficiales: Bielorrusia, India, Irán, Kazajistán, China, Kirguistán, Pakistán, Rusia, Tayikistán y Uzbekistán, a los que se suman otros estados en calidad de observadores (2) y socios de diálogo (15).

[2] El grupo de los BRICS+ lo integran once miembros: Arabia Saudí, Brasil, China, Egipto, Etiopía, EAU, India, Indonesia, Irán, Rusia y Sudáfrica, y varios (11) asociados.

[3] El Board of Peace integra a 28 miembros: Albania, Arabia Saudí, Argentina, Armenia, Azerbaiyán, Baréin, Bielorrusia, Bulgaria, Camboya, Catar, Egipto, El Salvador, EAU, EEUU, Hungría, Indonesia, Israel, Jordania, Kazajistán, Kosovo, Kuwait, Marruecos, Mongolia, Pakistán, Paraguay, Turquía, Uzbekistán y Vietnam.

[4] World Bank. 2026, Economic Update on the West Bank and Gaza, May 2026. Washington, DC. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO

Cielos transparentes, defensas densas

Lo que Ucrania sugiere sobre el poder aéreo del siglo XXI

Guillem Colom Piella
Doctor en Seguridad Internacional



A-50 Mainstay

UCRANIA COMO LABORATORIO INCÓMODO

La guerra de Ucrania es, ante todo, una guerra terrestre, pero su desarrollo no se entiende sin el papel del poder aéreo y, sobre todo, de las defensas antiaéreas. A diferencia de las campañas occidentales desde 1991, ninguna de las partes ha logrado la superioridad aérea: el cielo ucraniano se ha convertido en un espacio contestado, donde los sistemas integrados de defensa aérea (IADS), la dispersión de fuerzas, el apoyo aliado de inteligencia y el empleo intensivo de armamento de precisión, han limitado severamente la libertad de acción de la aviación.

Esta realidad se inscribe en lo que la literatura denomina «régimen de precisión maduro»[1]: un entorno en el que proliferan sensores de largo alcance, redes de mando y control en red y municiones guiadas capaces de batir objetivos con creciente exactitud desde distancias cada vez mayores. Lo que en los años noventa era una ventaja casi exclusiva de Estados Unidos se ha ido trasladando a otras potencias, a actores regionales e incluso a países medios [2].

En este contexto, ya no es solo una de las partes la que dispone de sistemas avanzados de inteligencia, observación y reconocimiento (ISR), enlaces de datos y armamento inteligente, sino ambas. Ucrania sería, en este sentido, el primer gran conflicto europeo en el que se enfrentan dos «complejos de reconocimiento-ataque» [3] parcialmente simétricos, con implicaciones profundas para el empleo del poder aéreo.

Con todas las cautelas del caso –se trata de un conflicto eminentemente terrestre, librado entre dos actores con herencia soviética y en el que uno de ellos cuenta con un fuerte apoyo occidental–, la experiencia ucraniana ofrece, no obstante, indicios valiosos sobre el futuro del poder aéreo. En las páginas siguientes se examinan estas dinámicas para, a partir de ellas, extraer algunas implicaciones doctrinales para el futuro del poder aéreo aliado.

LA CENTRALIDAD DE LA DEFENSA ANTIAÉREA

Una primera observación evidente es que la supremacía aérea ya no puede darse por descontada frente a un IADS potente, resiliente, móvil y bien gestionado. Rusia intentó, en cierta manera, repetir el guion occidental: una gran ofensiva inicial de misiles y aviación para desorganizar la defensa aérea ucraniana y obtener condiciones de dominio del aire. Pese a infligir daños importantes en las primeras 48-72 horas, no logró destruir el núcleo móvil de los sistemas S-300 y Buk ucranianos, que sobrevivieron gracias a la dispersión, la ocultación y una gestión prudente de sus emisiones radar. Con el paso de los meses, Ucrania reforzó este núcleo con sistemas occidentales como NASAMS, IRIS-T, Patriot o SAMP/T, articulando una defensa antiaérea en capas capaz de proteger nodos críticos y negar la profundidad del territorio al adversario [4]. El resultado ha sido un espacio aéreo de negación mutua: la aviación rusa rara vez penetra en profundidad sobre los cielos ucranianos, y la aviación ucraniana solo asume incursiones muy selectivas sobre territorio ocupado.

Tal y como ya anticipaba la popularización del concepto de antiacceso/denegación de área (A2/AD), todo ello apunta a un cambio de paradigma. El modelo de los noventa –entrar primero, obtener la superioridad aérea en pocos días y explotar esa ventaja mediante campañas de interdicción y apoyo aéreo cercano (CAS) sostenidas– puede no repetirse frente a IADS avanzados y resilientes. En este nuevo contexto, la defensa antiaérea deja de ser un problema por resolver en los primeros días para convertirse en una variable estructural del combate aéreo a lo largo de toda la campaña, condicionando de forma permanente el empleo del poder aéreo propio y ajeno.

SEAD/DEAD COMO CAMPAÑA PROLONGADA

La manera en que Rusia concibió y ejecutó su campaña de supresión y destrucción de defensas antiaéreas (SEAD/DEAD) ilustra bien los límites de entender esta misión como un esfuerzo intenso pero breve. En las primeras jornadas de la invasión, la aviación rusa combinó salvas de misiles de crucero y balísticos, ataques de aviación táctica y guerra electrónica contra radares, aeródromos y baterías conocidas. Sin embargo, una vez fracasó el plan original de la «Operación Militar Especial», el esfuerzo SEAD perdió prioridad en favor del apoyo inmediato a las fuerzas terrestres.

Esta forma de operar dejó margen para que Ucrania recombinase sus recursos: sistemas móviles que habían permanecido apagados, dispersos o parcialmente dañados reaparecieron en nuevos emplazamientos, integrados en un mando más descentralizado y apoyados por la inteligencia aliada. La lección aquí parece clara: frente a una IADS móvil, resiliente y regenerable no basta con una primera oleada masiva; hace falta un planteamiento de campaña sostenido y sistemático que combine ISR persistente, targeting dinámico, reataques continuos, guerra electrónica y ciberataques contra la red de mando, los sensores y los apoyos logísticos del adversario [5].

En un régimen de precisión maduro, esta campaña SEAD/DEAD adquiere además una dimensión claramente multidominio. Misiles de largo alcance lanzados desde tierra y mar, drones, ar-



S-400 en la plaza Roja de Moscú

mamento antirradiación, señuelos, guerra electrónica y ciberoperaciones pasan a integrarse en una misma arquitectura de fuegos. Para el poder aéreo, el reto ya no es solo contar con plataformas capaces de penetrar puntualmente, sino mantener un esfuerzo coordinado capaz de degradar de forma continua la capacidad del enemigo para ver, decidir y combatir bajo la protección de su defensa antiaérea.

COMPLEJOS DE RECONOCIMIENTO-ATAQUE Y LA «TIERRA DE NADIE» AÉREA

Una forma útil de interpretar la guerra aérea en Ucrania es verla como el choque entre dos complejos de reconocimiento-ataque incompletos pero funcionales. Por un lado, Rusia combina sensores estratégicos (satélites, radares de largo alcance, aeronaves A-50), redes de mando y control y una densa constelación de sistemas SAM y misiles de largo alcance. Por otro, Ucrania agrupa su propio IADS heredado de la Unión Soviética con un ISR nacional, inteligencia aliada y una aviación de combate mixta (con aviones soviéticos junto con F-16 occidentales) que opera de forma cautelosa pero persistente. Ambos bandos intentan cerrar su ciclo de observar-orientar-decidir-actuar (OODA) antes que el adversario para atacar aeródromos, baterías SAM, puestos de mando y control o concentraciones de fuerzas.

El resultado es la aparición de una auténtica «tierra de nadie» en el dominio aéreo [6]: una franja sobre el frente y su retaguardia inmediata donde la combinación de MANPADS, SHORAD, artillería antiaérea, SAM de medio alcance y misiles aire-aire BVR hace extremadamente arriesgado el vuelo de aeronaves tripuladas. Ninguna de las partes puede mantener patrullas aéreas de combate (CAP) profundas ni CAS clásico en esa banda; quien lo intenta sufre pérdidas rápidas. La aviación se ve empujada hacia arriba (altitudes me-



dias y altas para lanzar munición *stand-off*) o hacia atrás (espacio aéreo propio protegido por la IADS propia), mientras el grueso del fuego sobre el campo de batalla lo proporcionan artillería, cohetes y drones de cada vez mayor alcance.

Desde el punto de vista doctrinal, esta «tierra de nadie» aérea equivale a una zona de negación mutua vertical: un volumen de espacio tridimensional donde la letalidad de los complejos de reconocimiento-ataque de ambos bandos impide el uso continuado del aire por parte de plataformas de alto valor. Es un fenómeno coherente con la lógica del régimen de precisión maduro: a medida que proliferan sensores y municiones guiadas, se estrecha el margen de maniobra seguro para fuerzas que operan cerca del frente, obligando a dispersar, endurecer y ocultar tanto medios terrestres como aéreos [7].

Para las fuerzas aéreas aliadas, esta dinámica sugiere que el objetivo ya no será «poseer» el cielo de forma permanente, sino abrir y explotar ventanas temporales de control del aire en sectores concretos, degradando de forma localizada el complejo de reconocimiento-ataque adversario (sensores, C^2, SAM, logística) lo suficiente como para permitir operaciones puntuales de apoyo, interdicción o ataque de profundidad. Implica también adaptar la estructura de fuerzas a un entorno donde una parte importante del efecto en el campo de batalla se generará desde fuera de esa zona prohibida –mediante misiles de largo alcance, bombas planeadoras, artillería de precisión y sistemas no tripulados– más que mediante CAS persistente sobre la línea de contacto.

LA PRECISIÓN Y SU PARADOJA

La guerra también obliga a matizar las expectativas depositadas en el armamento de precisión como herramienta casi autosuficiente de coerción. Las campañas rusas de misiles de crucero y



B-21 Raider



F-22 Raptor

balísticos contra infraestructuras energéticas y logísticas ucranianas han infligido daños enormes, pero no han quebrado ni la cohesión política ni la voluntad de combatir de Kiev.

Ello encaja con la denominada «paradoja de la precisión»: la capacidad de batir con eficacia objetivos enemigos incrementa la eficiencia táctica, pero no garantiza efectos operacionales o estratégicos decisivos e incluso puede alimentar guerras de desgaste si el adversario se dispersa, se adapta y mantiene su voluntad de combatir[8].

Además, la experiencia ucraniana ilustra las tensiones industriales y logísticas de la guerra en un régimen de precisión maduro. Tanto Rusia como Ucrania –y sus apoyos externos– se han enfrentado a límites muy concretos en la disponibilidad de misiles de crucero, bombas guiadas e interceptores, así como en su capacidad para reponerlos al ritmo de consumo del frente.

En paralelo, el empleo de medios más baratos y abundantes (artillería de tubo y cohete, drones o municiones con kits de guiado) ha demostrado que el volumen de fuegos sigue importando tanto como su precisión.

La verdadera cuestión, por tanto, no es «precisión sí o no», sino cómo combinar precisión, volumen y sostenibilidad en campañas largas frente a adversarios adaptativos: qué objetivos justifican municiones de gran valor, dónde basta con sistemas más económicos, cómo dimensionar la base in-

Mock-up del FCAS



dustrial y los stocks para sostener un alto ritmo de consumo y qué papel debe desempeñar el poder aéreo en este equilibrio entre eficiencia y volumen de fuego.

VER, DECIDIR Y BATIR AL ENEMIGO ANTES

De todo lo expuesto se desprende una conclusión lógica: lo que está en juego es la competición por ver antes, decidir antes y batir antes en un entorno multidominio saturado de sensores y fuegos de precisión. En este sentido, Andrew Krepinevich ha señalado que las fuerzas que abren brecha en los ciclos de innovación militar –tanto continuos como disruptivos– tienden a explotar cuatro vectores fundamentales: velocidad, alcance, exploración (*scouting*) y precisión [9]. Aplicado al poder aéreo actual, ello implica que la ventaja reside en comprimir y proteger el propio ciclo OODA al tiempo que se retrasa, desorganiza o degrada el del adversario.

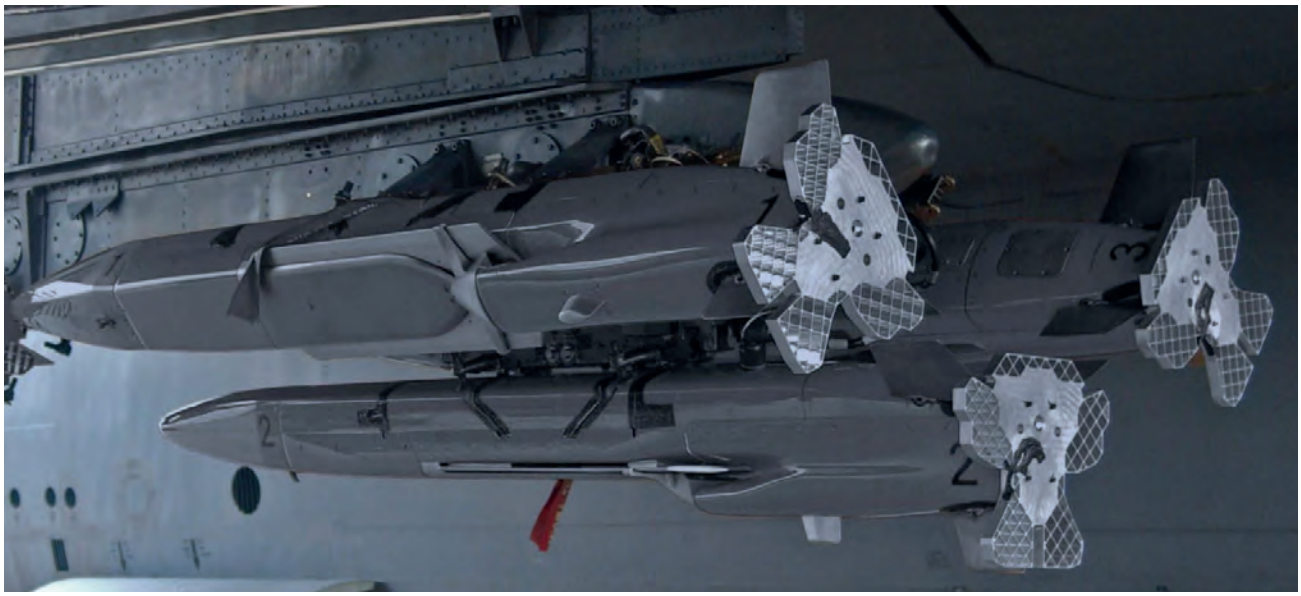
El pensamiento militar estadounidense sintetiza esta lógica bajo el concepto de guerra centrada en la decisión (*decision-centric warfare*) y en la transición de la cadena de muerte (*kill chain*) lineal a la red letal (*kill web*) distribuida [10]. El primero remite a la secuencia clásica *find–fix–track–target–engage–assess* (F2T2EA), articulada en torno a cadenas relativamente rígidas de sensores, decisores y vectores; mientras que el segundo aspira a sustituirlas por redes distribuidas de efectos, en las que múltiples sensores, nodos de mando y efectores se combinan de forma flexible para cerrar antes el ciclo OODA en todos los dominios[11]. En paralelo, propuestas como la guerra mosaico (*mosaic warfare*) o las operaciones multidominio (*multidomain operations*) persiguen precisamente dispersar los nodos, multiplicar las rutas posibles entre sensores y fuegos y aprovechar la inteligencia artificial y la automatización para acelerar la toma de decisiones sin renunciar al control humano ni a la conducción política de las operaciones [12].

En suma, la guerra de Ucrania perfila un modelo de combate aéreo en el que la competición central no se da tanto entre plataformas aisladas como entre complejos de reconocimiento-ataque que integran sensores, C^2 y fuegos de precisión en todos los dominios. Sobre esta base, es posible extraer algunas implicaciones doctrinales para fuerzas aéreas como las aliadas, que operarán previsiblemente en entornos cada vez más contestados.

IMPLICACIONES ¿DOCTRINALES?

A partir de la experiencia ucraniana, y siempre teniendo en cuenta sus especificidades, es posible destacar varias implicaciones potenciales para el futuro del poder aéreo.





Los misiles ADM-MALD, lanzados desde aviones de combate, imitan las firmas de radar de aviones o misiles de crucero para engañar a las defensas aéreas enemigas

Primero, ante la difusión de IADS avanzados entre potencias de segundo y tercer nivel, la superioridad aérea tenderá a ser local y temporal más que general y sostenida. Las fuerzas aéreas deberán adiestrarse para operar de forma prolongada en un cielo contestado, asumiendo que la «tierra de nadie» aérea sobre el frente limitará el CAS clásico y la presencia continuada de plataformas de alto valor en proximidad a la línea de contacto.

Segundo, la neutralización de un IADS móvil y regenerable exige ISR persistente, volumen suficiente de munición específica, el empleo sistemático de guerra electrónica y cibernética, y una arquitectura C^2 capaz de explotar en minutos las vulnerabilidades fugaces del adversario. Entender el SEAD/DEAD como una fase inicial condena al poder aéreo ofensivo a operar de forma permanente bajo la amenaza de las defensas enemigas.

Tercero, ver antes, ocultarse mejor, saturar la imagen del contrario y degradar sus redes de sensores y C^2 será tan o más importante que las prestaciones individuales de cazas y bombarderos. Ucrania muestra que una red ISR eficaz –combinando medios propios y apoyo aliado– puede compensar, al menos parcialmente, la inferioridad cuantitativa o cualitativa en plataformas tripuladas.

Cuarto, las armas guiadas son imprescindibles para operar en profundidad sin exponer en exceso a las plataformas, pero no resuelven por sí solas guerras de alta intensidad. La «paradoja de la precisión» recuerda que la eficiencia táctica puede traducirse en estancamiento estratégico si no se acompaña de maniobra, presión en otros dominios, selección realista de objetivos y, sobre todo, una base industrial capaz de sostener tasas elevadas de consumo durante largos periodos.

En conjunto, la guerra de Ucrania no invalida el poder aéreo como instrumento decisivo, pero sí obliga a repensar las condiciones de su empleo. El cielo deja de ser un dominio que se conquista de una vez para convertirse en un espacio sometido a una competición continua entre complejos de reconocimiento-ataque. En ese entorno, las fuerzas que integren mejor sus sensores, plataformas, defensas y fuegos, que protejan sus redes y consigan sostener el esfuerzo en el tiempo, serán las que tengan más opciones de imponerse. Esta es, en última instancia, la principal lección que el poder aéreo aliado puede extraer de Ucrania.

Para las fuerzas aéreas occidentales, la cuestión clave no es únicamente qué plataformas incorporar, sino cómo integrarlas en arquitecturas de información y ataque distribuidas, cómo cooperar con otros dominios para abrir y explotar ventanas de control aéreo, y cómo sostener ese esfuerzo pese al desgaste humano, material y político.

Ucrania es, en este sentido, un aviso. Sugiere que las guerras futuras pueden ser largas, desgastantes y disputadas, y que el poder aéreo seguirá siendo decisivo, pero en formas menos espectaculares y más interdependientes que las vistas desde el fin de la Guerra Fría. No se trata de renunciar al dominio aéreo, sino en adaptarse a un entorno en el que la negación mutua, la

difusión de la precisión y la vulnerabilidad de las redes convierten cada misión en un movimiento más dentro de una partida mayor, librada simultáneamente en todos los dominios. ■

NOTAS

[1]Este concepto alude a la convergencia entre sensores avanzados, redes de mando y control en red y armamento inteligente como núcleo de la Revolución en los Asuntos Militares (RMA) que, desde la década de 1990, prometía transformar la conducción de la guerra. Este régimen se caracteriza por la competición entre «complejos de reconocimiento-ataque» capaces de localizar y batir objetivos a gran distancia y con alta precisión (Barry Watts (2011): *The Maturing Revolution in Military Affairs*. Washington DC: CSBA).

[2]Mahnken, Thomas (2011): «Weapons: The Growth & Spread of the Precision-Strike Regime». *Daedalus*, 140 (3): 45-57.

[3]Los llamados complejos de reconocimiento-ataque tienen su origen en la reflexión soviética de los años ochenta sobre los *Razvedyvatel'no-Udarnyy Kompleks*: sistemas de sistemas que integran sensores, redes de mando y control y armas de precisión para atacar en profundidad objetivos operacionales y estratégicos casi en tiempo real. El concepto A2/AD no es más que una etiqueta parcial de esta misma lógica de reconocimiento-ataque y, en cierto modo, una adaptación imperfecta que enfatiza la dimensión defensiva del problema y oscurece su raíz en la competición entre complejos de precisión en red (Watts, Barry (2013): *The evolution of precision strike*. Washington DC: CSBA).

[4]Stoll, Hunter et al. (2024, 22 de febrero). «Air Defense Shapes Warfighting in Ukraine». *Realclear Defense*, en: https://www.realcleardefense.com/articles/2024/02/22/air_defense_shapes_warfighting_in_ukraine_1013615.html

[5]Henriksen, Dag y Bronk, Justin (eds.). *The Air War in Ukraine – The First Year of Conflict*. Londres: Routledge.

[6]No obstante, es en el dominio terrestre donde este «campo de batalla transparente» se manifiesta con mayor crudeza: un frente en el que la proliferación de sensores terrestres, aéreos, espaciales y cibernéticos dificulta enormemente la ocultación y concentración de fuerzas y convierte prácticamente cualquier movimiento relevante en un blanco potencial de fuegos de precisión en muy poco tiempo (Frías, Carlos (2024): «Rusia, Ucrania y el campo de batalla "transparente"», *Boletín del Instituto Español de Estudios Estratégicos*, 33, pp. 806-818).

[7]Maurer, John (2023): «The future of precision-strike warfare: strategic dynamics of mature military revolutions». *Naval War College Review*, 76 (2), pp. 13-38.

[8]Fox, Amos (2024): «Precision Paradox and Myths of Precision Strike in Modern Armed Conflict», *RUSI Journal,* 169 (1–2), pp. 62-74.

[9]Krepinevick, Andrew (2023): *The Origins of Victory: How Disruptive Military Innovation Determines the Fates of Great Powers*. New Haven: Yale University Press.

[10]Clark, Brian et al. (2019): *Mosaic Warfare: exploiting artificial intelligence and autonomous systems to implement decision-centric operations*. Washington DC: CSBA.

[11]Piénsese, por ejemplo, en los A-50 Mainstay rusos. La pérdida de estas plataformas escasas, costosas y difíciles de reemplazar ha tenido un impacto desproporcionado en la capacidad de vigilancia y coordinación aérea de Moscú, confirmando la vulnerabilidad de los grandes nodos de ISR y C^2 frente a defensas de largo alcance. Esta experiencia refuerza la conveniencia de evolucionar hacia arquitecturas de sensores y de mando más distribuidas, redundantes y resilientes.

[12]Pulido, Guillermo (2021): *Guerra multidominio y mosaico. El nuevo pensamiento militar estadounidense*. Madrid: Catarata.



F-18 del Ala 12. (Imagen Antonio J. Jiménez Santana)

La evolución del combate aéreo: Desde el fin de Vietnam hasta nuestros días

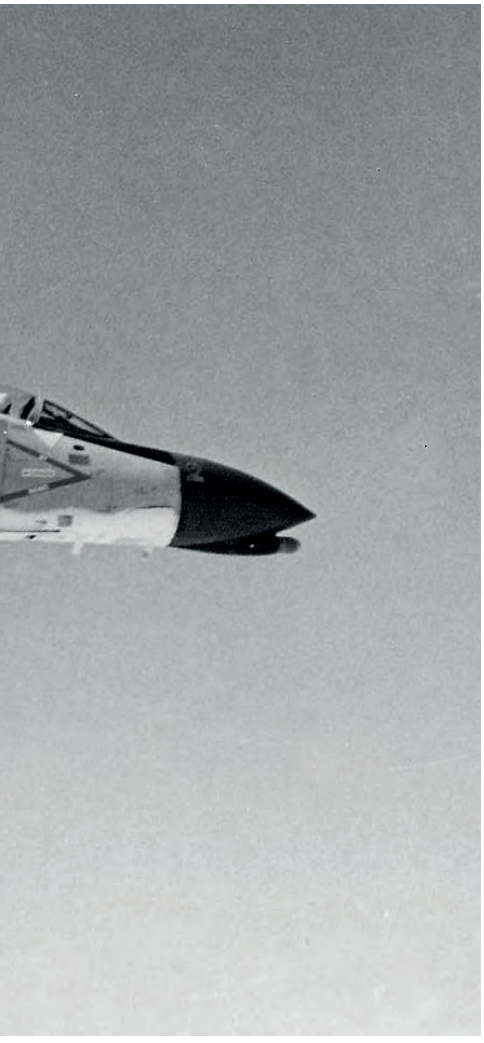
Javier Sánchez-Horneros Pérez
Analista de sistemas e ingeniero en el Programa FCAS-NGWS

La segunda y última parte de esta serie de artículos, ambos extractos del futuro libro «El Arte del Combate Aéreo. De los Orígenes a la Guerra Moderna: Tecnología y Maniobras», de este mismo autor, en proceso de publicación, explora el desarrollo de esta apasionante disciplina, continuando desde Linebacker hasta nuestros días.



F-4B Phantom disparando un Sparrow. (Imagen: US Navy)

El breve paréntesis entre Rolling Thunder y las campañas Linebacker representó una mejora considerable tanto en la evolución de las plataformas como en la tecnología misilística. Se recuperaron además los conceptos del combate aéreo tradicional mediante la creación de escuelas como la United States Navy Fighter Weapons School (conocida como Top Gun), lo que mejoró enormemente los resultados, especialmente en el binomio Sidewinder-BFMs/ACMs. El resultado fue que, entre las campañas de Vietnam Linebacker I y II, la guerra de Yom Kippur y el conflicto indo-pakistaní de 1971 —en los que hay que considerar que los diversos bandos fueron entrenados según tácticas norteamericanas y rusas—, más del 40 % de las bajas fueron logradas por misiles de guiado infrarrojo. En número de derribos, este porcentaje representó aproximadamente 250 bajas. No obstante, las estadísticas de los misiles BVR prácticamente se mantuvieron intactas.





F-4J Showtime 100 en configuración aire-aire. (Imagen: US Navy)

Al inicio de las campañas Linebacker, las circunstancias habían cambiado enormemente: entraron en servicio versiones evolucionadas del Phantom y de sus sistemas, así como nuevas variantes de los misiles de combate empleados.

Por otra parte, y siguiendo el enfoque del informe Red Baron por parte de la USAF y, en algunos casos, compartido por la US Navy, sistemas como el IFF (Identification Friend or Foe) o los electroópticos, como el TISEO AN/ASX-1 (Target Identification Electro-Optical), comenzaron a alcanzar la madurez. Estos últimos ayudaban a la tarea de identificación visual de objetivos de gran tamaño a distancias previstas de entre 50 y 80 millas náuticas (NM). Aunque en la práctica eran menores, la semilla estaba plantada.

Otro sistema, de gran relevancia y cuyos principios técnicos siguen clasificados a día de hoy, fue el AN/APX-80 y 81 «Combat Tree», que proporcionaba una capacidad muy adelantada a su tiempo: permitir la identificación del enemigo y, a su vez, no alertarle de la presencia propia mediante técnicas avanzadas de interrogación pregunta-respuesta, similares conceptualmente a lo que hoy en día esperaríamos de un sistema del siglo XXI. Estas capacidades se combinarían con la aparición del AWACS y su enlace con el concepto C2 (Command & Control) en la detección temprana y vectorización de elementos según las necesidades y la configuración de los activos en vuelo.

Tras los enfrentamientos contra, especialmente, los MiG-19 soviéticos y ante la tendencia de la superpotencia soviética a favorecer desarrollos que pronto entrarían en servicio y en los que primaba una alta capacidad de maniobrabilidad, quedó patente una necesidad clave: contar con nuevos desarrollos



Ejemplo tijeras horizontales vistas en planta. (Imagen: autor)

basados en, al menos, dos premisas fundamentales que deberían conducir al *state of the art* en materia de plataformas de combate: continuar la tendencia estadounidense hacia la excelencia en el desarrollo y en las capacidades electrónicas ofensivas y defensivas y, muy especialmente, contar además con unas prestaciones excepcionales.

JOHN BOYD Y LA FIGHTER MAFIA. EL CICLO OODA

Este último punto había sido fuertemente impulsado por un grupo de oficiales de la USAF y analistas de



Ciclo OODA con comentarios adicionales. (Imagen: autor)

defensa durante los años sesenta, que observaron con ciertas reservas cómo, durante los años cincuenta, se abandonaban las premisas más básicas de un caza tradicional: la maniobrabilidad y la capacidad de desarrollar el combate en forma de ACMs y BFMs (Air Combat Maneuvers y Basic Fighter Maneuvers, respectivamente). Uno de los principales impulsores fue el coronel John Boyd, quien, junto con el matemático Thomas P. Christie, desarrolló el concepto Energía-Manejabilidad tras la evaluación de las prestaciones de los aviones de combate estadounidenses y soviéticos durante las guerras de Corea y Vietnam.

De forma paralela, Boyd ideó el ciclo OODA (Observe, Orient, Decide, Act), plenamente vigente en la actualidad. El concepto es simple: obtener la máxima cantidad de información del entorno mediante los sensores disponibles, maximizando la «situational awareness», y adoptar la toma de decisiones correspondiente.



EF-18M del Ala 12. (Imagen: autor)



F-14 Tomcat disparando un AIM-54 Phoenix. (Imagen: US Navy)

HACIA LOS AÑOS NOVENTA. LA NUEVA GENERACIÓN

El resultado, de forma resumida, fue el desarrollo de una nueva generación de plataformas de combate: el F-14 Tomcat, el F-15 Eagle y, muy especialmente, el F-16 Fighting Falcon y el F/A-18 Hornet, estos dos últimos considerados dentro del grupo de los mejores *dogfighters* de la historia y cuyo impacto en capacidades derivó, con sus particularidades y mejoras correspondientes según la tecnología y las necesidades, en nuevas iteraciones recientes como el Eurofighter o el F-22 Raptor. Algunos de estos desarrollos, como el F/A-18, se sirvieron de los avances en materia de computación, siendo uno de los primeros aviones de combate diseñados por ordenador.

Los avances experimentados a comienzos de los años setenta en la capacidad de cálculo y la invención del microprocesador permitieron dotar a los nuevos diseños de sistemas de control de vuelo avanzados. Combinados, entre otros factores, con aplicaciones prácticas en materia de mecánica de fluidos, cálculo estructural y desarrollo de nuevos materiales, posibilitaron integrar soluciones como los LEX (Leading Edge Extensions), expandiendo la envolvente y las prestaciones de vuelo hasta los niveles conocidos actualmente.

En materia sensora y armamentística, la introducción definitiva de la electrónica en estado sólido trajo consigo la integración de los radares Doppler y la capacidad *look down, shoot down*. Entre otros avances, se redujeron los efectos de clutter generados por el terreno y se incrementó enormemente el alcance de detección y seguimiento efectivo. Además, se abrieron nuevos horizontes

en materia de modos de radar, como el TWS (Track While Scan), que permitió inicialmente el seguimiento efectivo de varios objetivos y, a continuación, su ataque. Uno de los primeros radares en incorporar este modo fue el AN/AWG-9 del F-14 Tomcat, que emplearía el AIM-54 Phoenix, primer misil aire-aire con capacidad ARH (Active Radar Homing). El resto de nuevas plataformas tendría que esperar hasta los inicios de la década de 1990 para poder sacar partido de esta capacidad, con la entrada en servicio del AIM-120 AMRAAM (Advanced Medium Range Air-to-Air Missile), dependiendo hasta esa fecha de versiones mejoradas del Sparrow, cuya última iteración efectiva, la «P», comenzó a producirse en 1987.

El Sidewinder, tras varias iteraciones –incluida la versión Charly, guiada por radar–, evolucionó hasta la versión Lima de 1977, la primera con capacidad todo aspecto gracias a la mencionada electrónica en estado sólido y a un nuevo buscador basado en antimoniuro de indio. Su evolución inmediata, la Mike, fue quizá la más famosa y extendida de todas. Los efectos de estos nuevos sistemas se tradujeron en un aumento de las capacidades ofensivas y defensivas; entre otras, el concepto NCTR (Non-Cooperative Target Recognition) exigió el desarrollo de nuevas tácticas, lo que trajo consigo, eso sí, una formación continua en materia de BFM y ACMs, sin relegarlas a un segundo plano.

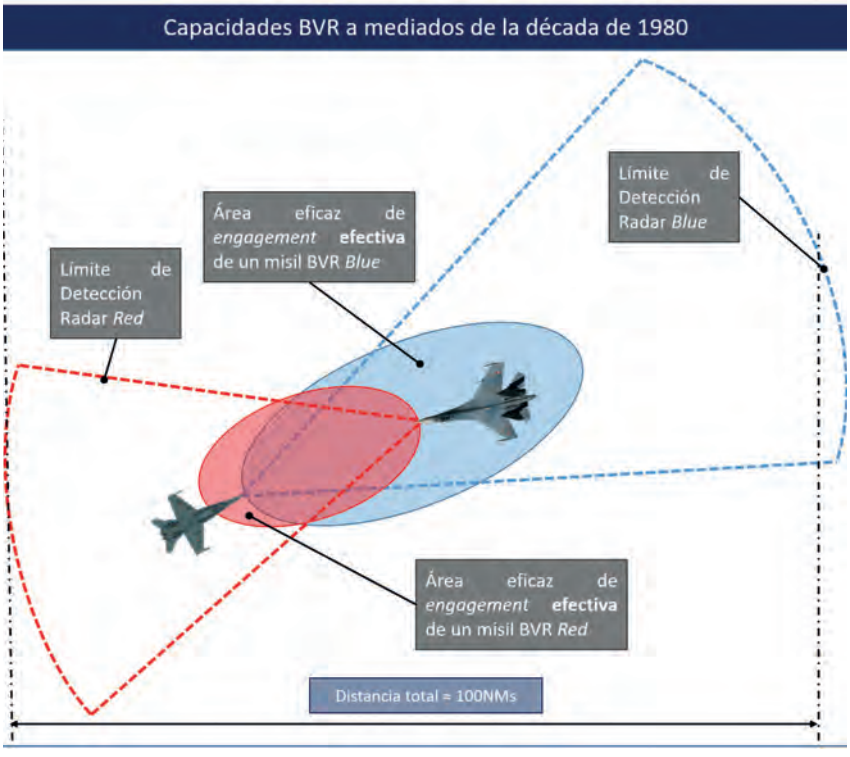
Por parte del bloque soviético, a finales de la década de 1970 se inició un «cambio de rumbo» respecto al concepto de «cantidad sobre calidad», comenzando desarrollos enfocados en cubrir el tradicional gap tecnológico existente respecto a las plataformas estadounidenses.

Este cambio desembocó principalmente en la creación de plataformas como el MiG-29 y la familia Flanker. Además, se incrementaron las capacidades BVR con el desarrollo del R-27 Álamo y su entrada en servicio en 1983. De este se desarrollaron diversas variantes, incluidas algunas con buscador IR. Su efectividad a lo largo de los años ha sido muy similar a la del Sparrow. Asimismo, durante los años setenta comenzó un mayor impulso en el desarrollo de sistemas antiaéreos que habían hecho estragos en Vietnam, cuya consecuencia con el tiempo fue el desarrollo del concepto IADS (Integrated Air Defence System), con el SA-5 Gammon a la cabeza. Paradójicamente, la respuesta sería, con el tiempo, la creación del F-117A, que trajo consigo el concepto de baja observabilidad (*stealth*), de impacto crucial en el desarrollo actual de las plataformas de combate.

Siguiendo la estela de los cursos de especialización fomentados por Top Gun y el inicio de los Red Flag, se identificó una nueva necesidad: el entrenamiento y la ejecución de operaciones aéreas conjuntas por parte de los aliados de la OTAN, tanto de defensa aérea como de misio-



MiG-29. (Imagen VVS)



Capacidades BVR promedio a mediados de la década de 1980. (Imagen: autor)



nes de ataque, así como la formación de líderes capaces de ejecutarlas y de enfrentarse a los desafíos de unas defensas antiaéreas cada vez más capaces. Esta formación, denominada TLP (Tactical Leadership Programme), originalmente un seminario de dos semanas y posteriormente un curso de cuatro, incluyendo fase de vuelo e impartido en la actualidad en la Base Aérea de Albacete, sería el germen de las operaciones aéreas conjuntas, las llamadas misiones COMAO (Composite Air Operations), que tomarían impulso en la coalición de la Guerra del Golfo y, especialmente, en las guerras de los Balcanes de la década de 1990.

LOS EFECTOS DE ESCUDO Y TORMENTA DEL DESIERTO

Aunque durante la década de 1980 transcurrieron diversos conflictos, como Malvinas o la guerra Irán-Irak, el colapso de la Unión Soviética

Acciones en Enfrentamientos Aéreos y Resultados en Tormenta del Desierto	
Acción	Descripción
Detección e Identificación	En veintisiete (27) de treinta y tres (33) enfrentamientos contra aviones de ala fija (82%), el AWACS proporcionó información e identificación de targets antes que los cazas americanos pudieran detectarlos.
	Como promedio, los AWACS detectaron e identificaron aviones enemigos cuando se encontraban a más de 70NM de los cazas americanos.
	En cuatro enfrentamientos en donde tuvo lugar combate ACM, los pilotos americanos detectaron inicialmente al enemigo en el radar a 5 millas o superior.
Air Combat Maneuvering (ACM)	En sólo cuatro de los trece avistamientos los cazas americanos desarrollaron maniobras ACM para posicionarse en posición de tiro.
	Sólo el 15% de un total de 38% de enfrentamientos en visual evolucionaron a ACMs.
Enfrentamientos BVR	Dieciséis (16) de treinta y tres (33) combates entre aviones de ala fija tuvieron lugar en condiciones BVR (48%).
	De promedio, los pilotos americanos detectaron al adversario con sus propios radares a 42NMs y lanzaron misiles a 10NMs.
	Los pilotos americanos dispararon veintiocho (28) AIM-7. Veintidós alcanzaron el objetivo o sus restos (79%).
Velocidad	En ningún momento, los aviones americanos excedieron los 652 nudos (Mach 1.03 a 12.000 pies), incluso al enfrentarse contra objetivos que se desplazaban a velocidades de 700 nudos o superiores.

Enfrentamientos aéreos y resultados en Tormenta del Desierto (Imagen-tabla tutor)

Conclusiones Operación Tormenta del Desierto



De Estados Unidos y sus Aliados	De los adversarios y no aliados
• Concepto de proyección de Poder Aéreo centrado en capacidades ofensivas/defensivas de fighters de última generación. • Validación conceptos de doctrina y guerra aérea (combate BVR). • Dominio de la batalla aérea más allá del alcance visual (BVR) para contrarrestar la ventaja en cuantía enemiga. • Análisis y determinación de capacidades clave de los activos disponibles. Programas de modernización conforme a estos y a las necesidades futuras identificadas. • Necesidad mantenimiento de cadena logística de forma continua y de disponibilidad de bases aéreas cercanas y seguras al teatro de operaciones. • Desarrollo de: o Capacidades de baja observabilidad. o Tecnología armamentística basada en misiles Aire-Aire BVR) y munición Aire-Suelo guiada de precisión. o Capacidad tecnológica. • Necesidad de un elemento coordinador en tiempo real entre los diferentes servicios (preludio del concepto "Nube de Combate").	• Supremacía estadounidense en los dominios aéreos, marítimo, y terrestre. Conclusión: acometimiento de Operaciones asociadas catalogadas entre problemáticas y no posibles. • Inversión del concepto de doctrina y guerra aérea tradicional oriental hasta la fecha: se necesita más calidad en los sistemas y tecnología asociada de estos, no basta con la cantidad. • Consecuencia del punto anterior: incremento en capacidades tecnológicas y en la inversión en defensa para mayor capacitación. • Consecuencia conjunta: necesidad de desarrollo de conceptos y sistemas para: o Denegación capacidades aéreas avanzadas del adversario. o Contrarrestar tecnología de baja observabilidad. o Contrarrestar misiles aéreos BVR de nueva generación. o Contrarrestar los efectos de las municiones guiadas de precisión. o Aumentar capacidad de supervivencia y efectividad de los activos propios, acercándose a la filosofía de desarrollo occidentales.

Conclusiones Tormenta del Desierto. (Imagen: USAF. Comentarios y desarrollos del autor)

a finales de los años ochenta y la Guerra del Golfo, que inauguró la década de 1990, trajeron consigo un cambio de paradigma: la configuración asimétrica que ha llegado hasta prácticamente nuestros días y la efectividad de la tecnología de baja observabilidad en la eliminación de los centros de mando y control iraquíes, lo que permitió el desarrollo de las operaciones.

El éxito de sendas operaciones radicó tanto en las capacidades de las nuevas plataformas como en el entrenamiento continuo de las tripulaciones, la coordinación y el incremento de la conciencia situacional provocado por el conjunto de estaciones C2, sensores, armamento mejorado, así como por las redes y capacidades de comunicación a través de sistemas datalink. El resultado fue que, durante las operaciones aéreas, se destruyeron un total de 33 aviones iraquíes de ala fija, sufriéndose una única pérdida: un F/A-18 a manos de un MiG-25. La gran mayoría de los enfrentamientos se llevaron a cabo en el entorno BVR. El empleo efectivo de los AWACS, que habían entrado en servicio tras la Guerra de Vietnam, fue esencial, vectorizando a los pilotos de la coalición cuando estos se encontraban a 70 NM de los aviones iraquíes, detectando a estos últimos a distancias aproximadas de 42 NM por medios propios. El combate en condiciones visuales, pese a producirse, fue mínimo (en torno al 15% de las ocasiones), empleándose maniobras ACM fundamentalmente.

La operación Tormenta del Desierto (1991) y el estado asimétrico posterior dejaron una serie de conclusiones tanto para Estados Unidos y sus aliados como para sus adversarios, especialmente China, que se resumen en el recuadro «Conclusiones Operación Tormenta del Desierto» que acompaña al texto.



F-18 del Ala 15 repostando en vuelo durante una operación en los Balcanes. (Imagen: EA)

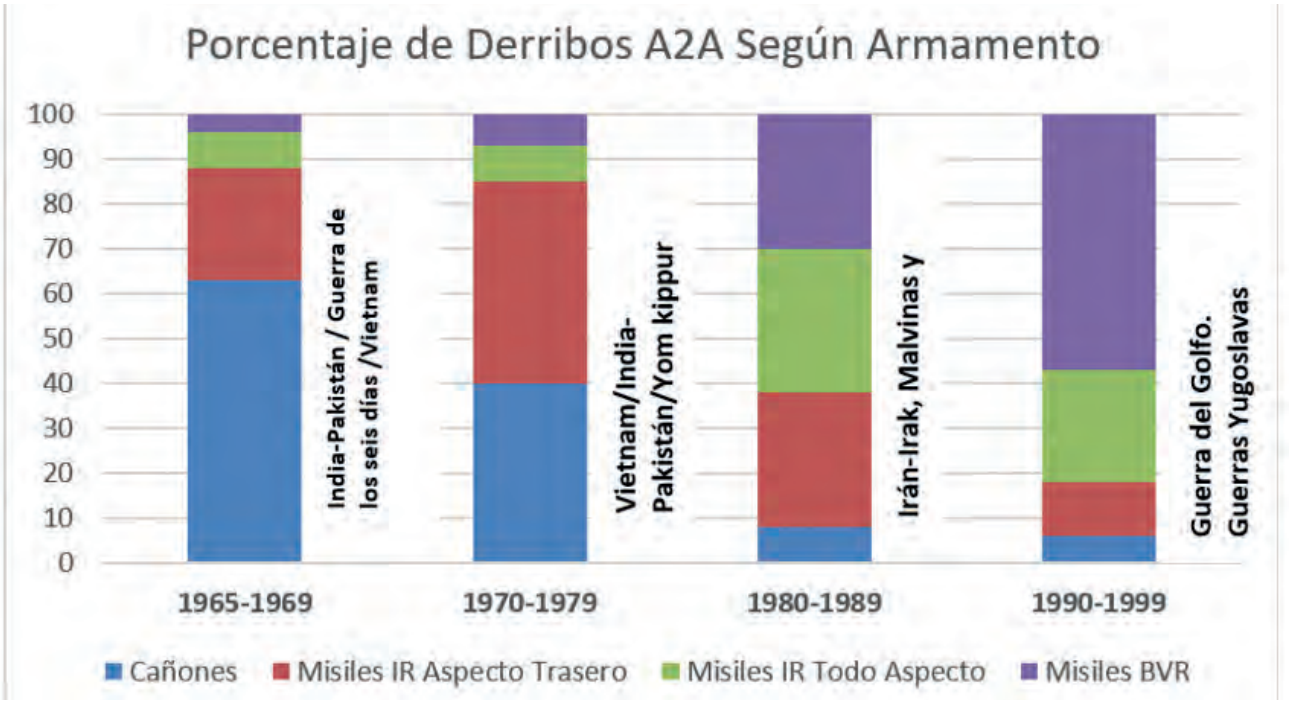
Estas conclusiones se verían potenciadas durante las diferentes operaciones llevadas a cabo en Yugoslavia entre 1991 y 2001, especialmente en «Deny Flight» y «Allied Force». Se añadirían, entre otros aspectos, el empleo creciente de elementos no tripulados y la importancia del concepto *stealth*, empleado hasta la fecha en operaciones aire-suelo, hasta la entrada en servicio del F-22A Raptor y, más recientemente, del F-35 Lightning II. Por parte de los potenciales adversarios, sus conclusiones conllevaron el desarrollo, en las últimas décadas, del concepto A2AD (Anti-Access/Area Denial).

El continuo desarrollo de las capacidades de los misiles ha propiciado la extensión del combate BVR (Beyond Visual Range), dejando paulatinamente atrás el empleo del cañón e, incluso, de misiles IR (Infrared), pese a la introducción de nuevos tipos como el AIM-9X Sidewinder o el IRIS-T.

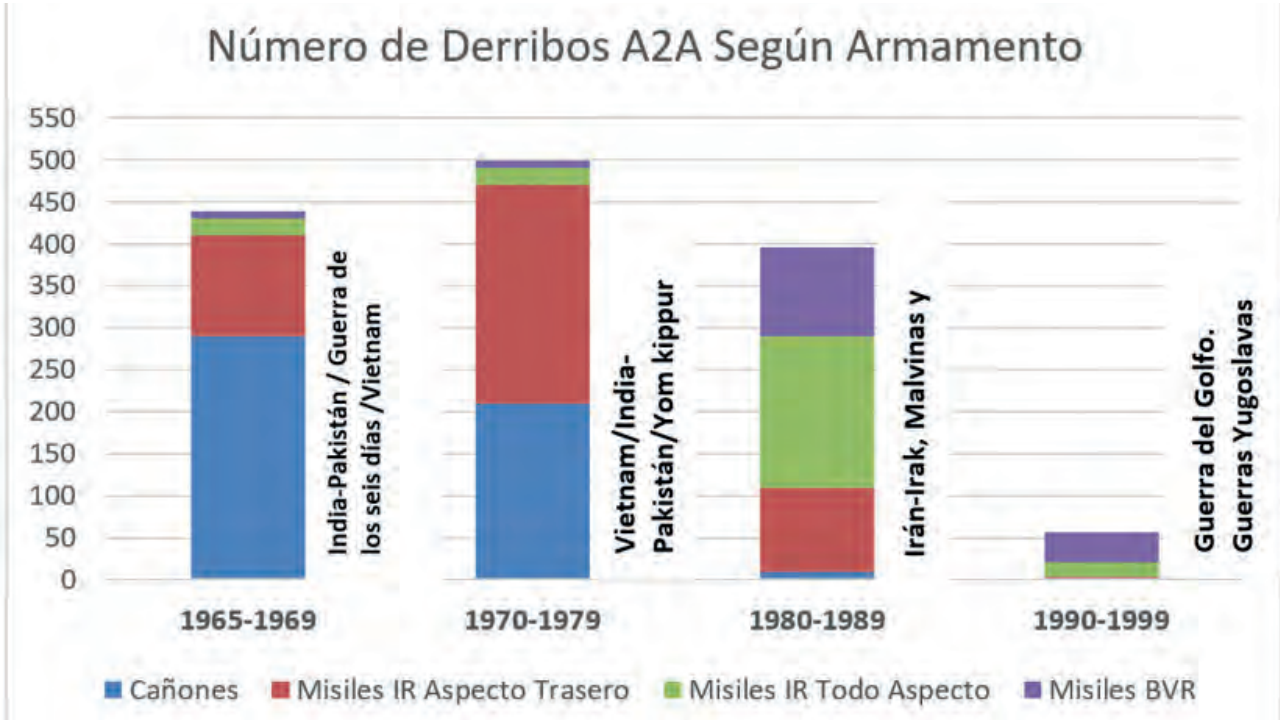
HACIA EL NUEVO SIGLO

Pese a la cantidad y diversidad de conflictos y operaciones militares desarrollados en estos primeros años del siglo XXI, los enfrentamientos aire-aire han sido prácticamente inexistentes, con algún incidente aislado, como el acontecido en noviembre de 2015, cuando F-16 turcos derribaron un Su-24 ruso, o en 2017, cuando un F/A-18 Super Hornet de la US Navy derribó un Su-22 sirio. En todos los casos se emplearon misiles AMRAAM.

A comienzos de la década de 2020, en el contexto de la Guerra de Ucrania, durante los primeros días se desarrollaron combates aéreos entre los contendientes, principalmente



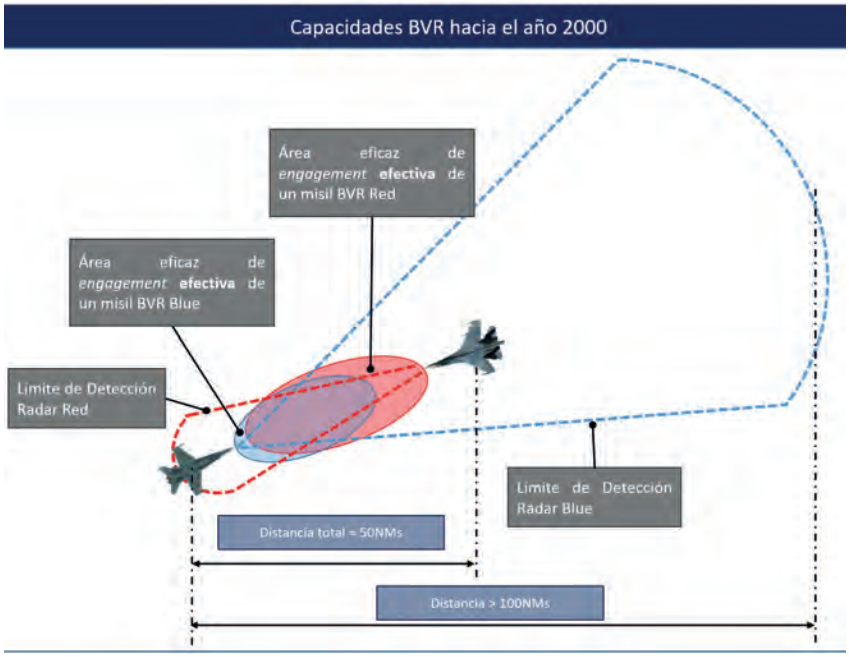
Porcentaje de derribos A2A según armamento. (Imagen: autor)



Derribos A2A según armamento. (Imagen: autor)

en Kyiv, con victorias aéreas reclamadas por Rusia en el entorno BVR gracias a sus mejores capacidades, obteniendo en algún caso derribos a distancias de hasta 95 NM. Esto les permitió lograr un número significativo de derribos de MiG-29, Su-24, Su-25 y Su-27 ucranianos. La Fuerza Aérea ucraniana no se quedó atrás, modificando las tácticas empleadas, volando a baja cota y acometiendo en forma de *pop-up* contra los cazas rusos, con cierto éxito. Aun así, la superioridad rusa fue evidente, aunque no logró materializar la superioridad aérea deseada debido a la proliferación de MANPADS (Man-Portable Air Defense Systems) y GBAD (Ground-Based Air Defenses).

Desde entonces, una gran parte de las operaciones se ejecuta empleando sistemas no tripulados con diferentes capacidades, desarrollando principalmente misiones de ataque a suelo de diversa intensidad, según las cargas útiles posibles en este tipo de sistemas. El empleo de estos medios frente a plataformas tripuladas se ha visto favorecido por la alta densidad y letalidad de los sistemas GBAD de ambos bandos, en contraste con el bajo coste relativo de los drones en términos económicos y nulo en términos de riesgo para el personal propio.



Capacidades BVR hacia el año 2000. (Imagen: autor)

ENTONCES… ¿CUÁL ES LA POSIBLE EVOLUCIÓN DEL COMBATE AÉREO?

La proyección futura apunta al desarrollo de sistemas de sexta generación, compuestos por un binomio plataforma de combate-plataformas no tripuladas de distintas capacidades, bajo el paraguas de una «nube de combate» como gestora de la batalla aérea dentro del entorno multidominio, capaz de proporcionar capacidades de mando y control, comunicaciones avanzadas y una conciencia situacional global común en tiempo real.

En cuanto al combate aéreo propiamente dicho, existen dos corrientes de pensamiento. La primera, fundamentada en la actual superioridad tecnológica de Occidente, sostiene que el combate aéreo cercano ha dejado de tener sentido como tal, dado el incremento del alcance de los misiles aire-aire de cualquier tipo y su alta fiabilidad. A ello contribuiría la potencial introducción de la mencionada nube de combate, que tentativamente tendría como uno de sus atributos la capacidad de proporcionar datos de guiado al armamento vía datalink avanzado, limitando la exposición de las plataformas de lanzamiento. La segunda corriente es más tradicional y se basa en el cambio paulatino del actual estado asimétrico; sería cuestión de tiempo que, especialmente China, se equipare en capacidades, negando la ventaja tecnológica occidental y retornando a un estado de relativa paridad que vuelva a hacer necesario el combate aéreo en su concepción más tradicional, aunque adaptado a las capacidades de plataformas y armamento del siglo XXI. El auge en el empleo de plataformas no tripuladas de bajo coste y diversas capacidades, tanto de sensorización como de comunicaciones e integración de armamento aire-aire, así como el desarrollo de la inteligencia artificial, no hace sino complicar aún más una ecuación con un resultado, objetivamente, incierto. ■



Sistema FCAS. (Imagen de prensa Airbus GmbH)

Seminario Internacional del EA 2026:

El ciberespacio entra en la batalla aérea

Miguel Fernández García
Capitán del Ejército del Aire y del Espacio

Hace no mucho tiempo, en el que resultaba relativamente sencillo separar los escenarios de una operación militar, los aviones combatían en el aire, las unidades terrestres lo hacían sobre el terreno y los buques en el mar. Se podían apoyar en diferentes misiones unos u otros, hacer misiones combinadas. Incluso cuando apareció el espacio como una dimensión imprescindible para las operaciones, todavía era posible imaginar cada uno de esos ámbitos con fronteras más o menos reconocibles. Esa separación cada vez es mucho más difícil de diferenciar.



Un avión de combate moderno depende de redes de comunicaciones, enlaces de datos, sistemas de navegación, sensores y ordenadores que procesan una enorme cantidad de información. Lo mismo sucede con un centro de mando y control, un sistema de defensa aérea o buena parte de las capacidades espaciales. Todos necesitan intercambiar datos constantemente. Y cuanto mayor es esa dependencia digital, mayor es también la importancia del ciberespacio.

Ya no se trata únicamente de proteger ordenadores o redes frente a un ataque. El problema va más allá. El ciberespacio forma parte de la propia operación e influye en algo tan esencial como la capacidad de decidir y actuar.

Ese será el punto de partida del XXXV Seminario Internacional del Ejército del Aire y del Espacio, que se celebrará del 10 al 13 de noviembre de 2026 en las instalaciones del Cuartel General del Ejército del Aire y del Espacio, en Madrid. Bajo el título «El Dominio Operacional del



Ciberespacio y el Poder Aeroespacial», la nueva edición del seminario pondrá sobre la mesa una cuestión que afecta directamente a la manera en que se conciben las operaciones presentes y futuras.

El punto de partida no es nuevo. En julio de 2016, durante la Cumbre de Varsovia, la OTAN reconoció el ciberespacio como dominio operacional. Han pasado diez años desde entonces y, en ese tiempo, la transformación ha sido enorme. La planificación y conducción de las operaciones militares incorporan cada vez más capacidades digitales, inteligencia artificial y un volumen creciente de información. Al mismo tiempo, la separación tradicional entre los distintos dominios se ha ido difuminando hasta desembocar en un concepto que aparece cada vez con mayor frecuencia: las operaciones multidominio.

Para el Ejército del Aire y del Espacio esta evolución tiene una importancia especial. La extraordinaria digitalización de los sistemas de armas, de los medios espaciales y de los sistemas de mando y control está llevando a un auténtico punto de inflexión. Aire, espacio y ciberespacio ya no pueden contemplarse como planos separados, sino como ámbitos que se cruzan constantemente.

MUCHO MÁS QUE CIBERSEGURIDAD

Uno de los primeros asuntos que abordará el seminario será también uno de los que mejor muestran cuánto ha cambiado el concepto de ciberespacio. El primero de los cinco paneles previstos analizará la transición desde el reconocimiento del ciberespacio como dominio operacional hacia lo que la directiva denomina combate algorítmico.

El concepto puede parecer lejano, pero afecta a algo muy concreto: la velocidad a la que se obtiene información, se interpreta lo que está sucediendo y se toma una decisión.

En una operación aérea, unos segundos pueden importar mucho. La incorporación de nuevas capacidades digitales y, especialmente, de la inteligencia artificial, abre la posibilidad de procesar cantidades de información que una persona difícilmente podría manejar por sí sola. Esto puede acelerar el ciclo de decisión y modificar la manera de planear, decidir y ejecutar las operaciones. La cuestión que se abre entonces es hasta dónde puede llegar esa transformación y cómo integrarla dentro de la acción de mando.

Por eso el seminario no limitará el debate a la tecnología. Hablar de inteligencia artificial obliga también a hablar de las personas que tendrán que utilizarla y, en última instancia, tomar decisiones apoyándose en ella.

El segundo panel intentará descomponer el ciberespacio en sus elementos fundamentales: datos, software, inteligencia artificial, conectividad y ciberdefensa. La computación y el almacenamiento en la nube, la capacidad de cálculo, la conectividad entre sistemas o la ciberseguridad global forman parte de un ecosistema cada vez más complejo y, al mismo tiempo, más necesario para operar.

En este debate está prevista la participación de representantes del Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones,



Telefónica y una experta internacional. La composición prevista para el conjunto del seminario refleja precisamente una de sus características: junto a responsables militares habrá representantes del mundo empresarial y especialistas externos. Buena parte de las tecnologías que están cambiando las operaciones militares avanzan también fuera de las Fuerzas Armadas. Entender esa evolución obliga a mirar más allá del ámbito estrictamente militar.

LAS PERSONAS SIGUEN ESTANDO EN EL CENTRO

Entre algoritmos, datos, inteligencia artificial y redes existe, sin embargo, un elemento que no desaparece: la persona.

El tercer panel estará dedicado al reto de la cultura, la organización y el talento, y parte de una afirmación especialmente significativa recogida en la propia directiva: el factor decisivo para la transformación y para incorporar nuevas tecnologías disruptivas e inteligencia artificial en las Fuerzas Armadas sigue siendo eminentemente humano.

Adquirir una nueva tecnología es solo una parte del problema. Después hay que integrarla. Hay que formar a quienes van a utilizarla, adaptar procedimientos y, en ocasiones, cambiar maneras de trabajar asentadas durante años. Ahí aparecen las inercias, las dudas y también una resistencia al cambio que no es exclusiva de las organizaciones militares.

La cuestión será cómo gestionar esa transformación y, sobre todo, cómo preparar a las personas para desenvolverse en un entorno donde la tecnología cambia cada vez más deprisa. En este panel está prevista la participación de representantes del Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, Gartner y BBVA. La presencia de organizaciones tan diferentes ofrece una pista sobre el enfoque. La transformación digital no afecta únicamente a las Fuerzas Armadas. Grandes organizaciones civiles llevan años enfrentándose al mismo problema: incorporar nuevas herramientas sin perder de vista que son las personas quienes finalmente tienen que convertirlas en resultados.

DEL ORDENADOR AL CAMPO DE BATALLA

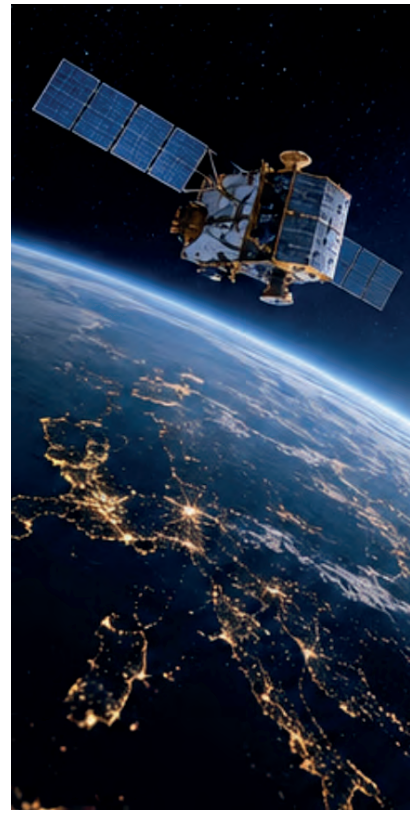
Hay otro salto que el seminario quiere abordar: dejar de pensar en el ciberespacio como un asunto exclusivamente tecnológico.

El cuarto panel estará dedicado directamente al ciberespacio en el conflicto armado. Aquí el debate cambia de naturaleza. Ya no se trata solamente de redes, datos o capacidad de procesamiento, sino de doctrina, agilidad, resiliencia, aseguramiento de la misión, ética y derecho internacional. Es quizá uno de los mejores ejemplos de la madurez que ha alcanzado este dominio durante la última década. Si el ciberespacio forma parte de las operaciones, las cuestiones que plantea dejan de ser únicamente técnicas. Hay que pensar cómo se integra en el planeamiento y qué efectos puede generar sobre una operación. También cómo mantener la capacidad de cumplir una misión cuando las redes o los sistemas de los que depende una fuerza están siendo atacados.

El panel estará moderado por el Estado Mayor del Ejército del Aire y del Espacio y contará, según la planificación recogida en la directiva, con participación del Mando Conjunto del Ciberespacio, el NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence y el NATO Cyberspace Operations Centre.

El último panel ampliará todavía más la mirada. Bajo el título «Transformación, gobernanza e interoperabilidad», reunirá a representantes de países aliados y estará moderado por el Mando de Operaciones.

Hay una dificultad añadida. No basta con transformar una fuerza aérea de manera aislada. Las operaciones actuales se desarrollan junto a otros ejércitos, otros países y organizaciones internacionales. Los sis-





temas tienen que poder entenderse, intercambiar información y trabajar juntos. La interoperabilidad, que lleva décadas siendo esencial en las operaciones aéreas, adquiere una nueva dimensión cuando una parte creciente de esa integración depende de redes y sistemas digitales.

CUATRO DÍAS PARA MIRAR HACIA DELANTE

Han pasado diez años desde que la OTAN reconoció formalmente el ciberespacio como dominio operacional. En términos tecnológicos, una década es mucho tiempo. La inteligencia artificial, la computación en la nube, el crecimiento de la capacidad de procesamiento y la conectividad permanente han cambiado profundamente desde aquella Cumbre de Varsovia. En consecuencia, también lo ha hecho la manera de combatir.

El seminario llega en un momento especialmente oportuno para preguntarse qué viene después.

El objetivo no es imaginar un futuro lejano dominado por máquinas autónomas ni de convertir la inteligencia artificial en respuesta para cualquier problema. Las cuestiones que se plantearán son bastante más cercanas: cómo utilizar mejor la información, cómo acelerar el proceso de decisión, cómo proteger los sistemas de los que depende una operación, cómo incorporar nuevas tecnologías sin perder de vista a las personas y cómo conseguir que todo ello funcione cuando diferentes ejércitos y países tienen que combatir juntos.

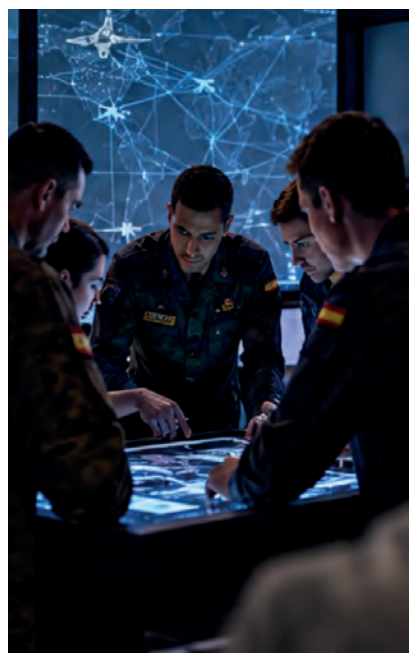
La pregunta que recorrerá el seminario es bastante sencilla de formular, aunque mucho más difícil de responder: ¿cómo ejercer el poder aeroespacial cuando una parte cada vez mayor de lo que sucede en el aire y en el espacio depende también de lo que ocurre en el ciberespacio?

Durante cuatro días, el XXXV Seminario Internacional del Ejército del Aire y del Espacio tratará de acercarse a esa respuesta. La primera conclusión está ya en el propio planteamiento elegido para esta edición: aire, espacio y ciberespacio han dejado de ser tres escenarios que puedan analizarse por separado. Entender cómo se relacionan entre ellos será una de las claves para comprender las operaciones de los próximos años. ■

FUENTES

– DIRECTIVA 40/26 del Jefe de Estado Mayor del EA

– Acciones a desarrollar relacionadas con el XXXV Seminario Internacional del Ejército del Aire y del Espacio.



dosier

«Sol de medianoche»

Ramstein Flag 2026 (RAFL-26)



RAMSTEIN FLAG 2026 ha concluido. Diez días de ejercicio, 16 naciones y más de 200 aeronaves. El ejercicio de combate aéreo LIVEX más ambicioso que la OTAN haya realizado jamás.

Este dosier —«Sol de Medianoche», en homenaje al fenómeno ártico que iluminó nuestras operaciones aéreas desde los 70° de latitud norte hasta la costa española del Mediterráneo— reúne por primera vez los análisis de los protagonistas en todos los niveles de la cadena de mando. Desde la perspectiva operacional del Allied Air Command (AIRCOM) hasta la experiencia táctica del piloto del Ala 12 que operó desde la carretera de Tervo.

RAFL-26 no ha sido simplemente el ejercicio más grande de la serie FLAG. Ha sido cualitativamente diferente: dispersión real desde más de 20 bases en 12 países, mando y control (C2) distribuido, carreteras finlandesas convertidas en pistas de combate y un nuevo proceso de planeamiento validado por primera vez a escala real con representantes de 16 fuerzas aéreas. Eso es «Train as You Fight» en su sentido más literal.

En definitiva, RAFL-26 ha sido el laboratorio donde se han puesto en práctica muchas de las lecciones identificadas en los últimos años a raíz del conflicto entre Rusia y Ucrania.

Los siete artículos de este dosier construyen una narración coherente de arriba abajo: el camino de adaptación al marco de la guerra aérea moderna (artículo 1); el marco general del ejercicio aéreo RAFL-26 en cifras e hitos (artículo 2); la cadena de planeamiento desde AIRCOM hasta la misión aérea (artículo 3); la perspectiva de AIRCOM desde el CAOC Bodø, en el norte (artículo 4); el nuevo concepto de Célula de Planeamiento de Misión Aérea (artículo 5); la ejecución desde el TLP y su nexo con el CAOC Torrejón, en el sur (artículo 6); y la experiencia del Ala 12 desde el nivel táctico aéreo (artículo 7).

Pueden leerse de forma independiente, pero su valor real reside en el conjunto: una imagen completa de cómo 16 naciones aliadas ejecutaron el ejercicio aéreo más complejo de su historia reciente.

Equipo de AIRCOM para el ejercicio RAMSTEIN FLAG 2026
Coronel del Ejército del Aire y del Espacio José Enrique Hernández Medel
Teniente coronel del Ejército del Aire y del Espacio Fernando Santiago Matallana
Lieutenant Colonel Royal Danish Air Force Martin Aarestrup Friis
Lieutenant Colonel Finnish Air Force Ilkka Juuso
Major Hellenic Air Force Emmanouil Mystakidis



Imagen: David García Vázquez

«Fight tonight» y «fight tomorrow»

El camino a Ramstein Flag 2026 y más allá

José Enrique Hernández Medel
Coronel del Ejército del Aire y del Espacio
Director del Ejercicio Ramstein Flag 2026
Fotografías: David García Vázquez
Teniente del Ejército del Aire y del Espacio

La victoria sonríe a quienes se anticipan a los cambios en el carácter de la guerra, no a quienes esperan a que esos cambios se produzcan para adaptarse a ellos.
Giulio Douhet



Si hay una pregunta que resume el propósito de RAMSTEIN FLAG 2026, es esta: ¿estamos listos para combatir mañana? Su respuesta no está en las cifras del ejercicio –por extraordinarias que sean–, sino en el proceso de dos años que hizo posible la pregunta misma.

DEL CONFLICTO DE UCRANIA AL BINOMIO DOCTRINAL

Ese proceso arranca en febrero de 2022, cuando el conflicto entre Rusia y Ucrania comenzó a generar en AIRCOM la convicción, cada vez más firme, de que nos enfrentábamos a una guerra moderna, a pocos kilómetros de las principales capitales europeas, en la que se empleaban tácticas, armamento y conceptos operacionales que la Alianza debía estudiar, comprender e incorporar. Aprender de ella dejó de ser opcional.





De ese análisis continuo surgió el binomio que ha vertebrado dos años de trabajo en AIRCOM: «fight tonight» y «fight tomorrow». ¿Cómo se combatía y cómo había que transformarse para combatir? Del rigor en la respuesta a la primera pregunta dependería la calidad de la respuesta a la segunda.

LA CONSTRUCCIÓN DEL «FIGHT TOMORROW»

A principios de 2024 comenzaron a materializarse las primeras respuestas al «fight tonight». Nació una nueva arquitectura de Mando y Control para el JFAC[1], basada en el control distribuido y la ejecución descentralizada. La amenaza de los misiles de crucero y los drones exigía que los CAOC[2] operasen de forma integrada desde sus propias ubicaciones, incrementando la resiliencia del sistema C2 mediante la dispersión. Ese concepto se probó por primera vez en el ejercicio sintético (CAX/CPX[3]) Steadfast Duel 2024 (STDU24), en octubre de ese año.



Por su parte, el primer Ramstein Flag –RAFL24, que adoptó el ejercicio nacional griego INIOCHOS– significó la aspiración de AIRCOM de contar con su propio ejercicio LIVEX, con todas las unidades concentradas en Andravida. Ambos ejercicios seguían firmemente anclados en el concepto «fight tonight».

El año 2025 supuso el salto cualitativo. Las palabras más oídas en AIRCOM eran «test» y «experimentación». Ramstein Ambition 25 (RAAM25) –ejercicio interno de AIRCOM que se ejecutó en marzo– trabajó por primera vez con dos CAOC simultáneos y consolidó dos pilares doctrinales esenciales: el concepto de JOA[4], con asignación de áreas específicas a cada CAOC, y el requisito «end2end», que consiste en llevar el ejercicio sintético hasta los escalones más bajos –unidades de vuelo y CRC[5]–, de forma que los productos elaborados en el JFAC fueran validados por unidades reales, las que volarían las misiones, y no por la simulación y el modelado de las amenazas. El «fight tomorrow» comenzaba a tomar forma.

Sin embargo, surgió una cuestión doctrinal de suma importancia: al coexistir dos CAOC, ¿implicaba esto que debían concurrir dos ATO[6], puesto que habría dos procesos de producción al mismo tiempo? La respuesta no se haría esperar. Solo debería haber uno: un Lead CAOC.

El Ramstein Flag 25 –RAFL25, bajo el mismo concepto del año anterior– se ejecutó esta vez sobre el ejercicio Frisian Flag, en los Países Bajos, y ofreció una lección inesperada: la saturación de Leeuwarden obligó a dispersar unidades a otros países. Lo que nació como una limitación logística se consolidó como doctrina: ningún ejercicio LIVEX de AIRCOM volvería a concentrar todos sus aviones en una sola rampa. En esta edición surgió, además, la primera versión de la Mission Planning Cell (MPC), inicialmente centrada en exclusiva en las unidades de F-35, pero que se ampliaría después a las unidades que cuentan en su inventario con armamento *stand-off*.

El Steadfast Duel 25 (STDU25), en octubre, completó el ciclo: participación en formato ALL-IN, con SACEUR (comandante supremo aliado en Europa) a la cabeza, junto a los tres Joint Force Commands (JFC Brunssum, JFC Nápoles y JFC Norfolk) y los mandos componentes; régimen 24/7 y consolidación del CFACC[7] como figura operacional central. Los tres CAOC operaron en sus respectivas JOA, incluido por primera vez el CAOC Bodø. El nuevo concepto de C2 mostraba ya una madurez real y una excelente aproximación al concepto «fight tomorrow».

RAFL-26. EL «FIGHT TOMORROW» PUESTO A PRUEBA

Sobre ese recorrido de dos años se diseñó RAFL-26. Desde la Conferencia de Desarrollo del Concepto (CDC)[8] de febrero de 2025, el ejercicio respondió a tres requisitos del «fight tomorrow»: múltiples JOA, dispersión real e integración del CFACC en la cadena del ejercicio.

El ofrecimiento de los países nórdicos –Noruega, Suecia, Finlandia y Dinamarca– para la JOA Norte, y de España para la JOA Sur, junto con el despliegue en más de veinte bases distribuidas en doce países, cubría los dos primeros requisitos. El tercero fue el más novedoso: al ser RAFL-26 un ejercicio propio de AIRCOM –no nacional–, la responsabilidad de producción del ATO recayó por primera vez sobre los CAOC; en este caso, el CAOC Bodø y el CAOC Torrejón.

Esto era completamente nuevo, ya que los anteriores Flags estaban dirigidos y controlados por los centros de

operaciones aéreas nacionales. Pero, además, iniciar la cadena de Mando y Control en los CAOC supondría dejar de lado toda la parte superior del C2 del CFACC. Evitarlo supuso un reto que no se había afrontado antes, ya que normalmente existe una separación entre los ejercicios tipo CAX/CPX, en los que se practica toda la cadena de mando del CFACC, y los LIVEX, centrados solo en las tripulaciones aéreas.

Siguiendo el concepto «end2end», se activó parte del C2 del CFACC, por la que AIRCOM representaba al equipo del Master Air Operations Plan (MAOP), elaborando y transmitiendo las directrices e intenciones del comandante a los CAOC, para que estos, a su vez, produjeran y ejecutaran el ATO en sus respectivas JOA. El «end2end» había cobrado por primera vez pleno sentido, con lo que se cumplía también el tercer requisito.

La dispersión ha sido el gran reto: con aviones y tripulaciones repartidos por multitud de países, el planeamiento táctico no podía resolverse de la manera habitual. La solución fue la MPC: en ambos CAOC se desplegó personal especializado de las unidades participantes que, junto con el equipo de producción del ATO, ejecutó simultáneamente el planeamiento táctico. Los ciclos se redujeron en 12 horas –tiempo suficiente para distribuir el plan y conducir los *briefings* en cada base dispersa–. Así es como se combatirá mañana: el «fight tomorrow» ha pasado la prueba.

El planeamiento del Ramstein Flag 2028 ya ha comenzado. El ejercicio pasa a ser bienal. Múltiples JOA, CFACC integrado, Mission Planning Cell, «end2end»: lo que en RAFL-26 fue objeto de prueba es, en el horizonte de RAFL-28, el punto de partida. «Fight tonight» nos dice cómo combatíamos; «fight tomorrow» nos dice cómo tenemos que combatir. ■

NOTAS

[1]JFAC: Joint Force Air Component.
[2]CAOC: Combined Air Operations Centre. En la actualidad hay tres CAOCs de la OTAN: Torrejón (España), Uedem (Alemania) y Bodø (Noruega).
[3]CAX/CPX: Computer Assisted Exercise / Command Post Exercise. Ejercicio de Mando y Control asistido por ordenador y basado en simulación.
[4]JOA: Joint Operations Area.
[5]CRC: Control and Reporting Centre.
[6]ATO: Air Tasking Order. Orden de misión para las tripulaciones.
[7]CFACC: Combined Forces Air Component Command.
[8]CDC: Concept Development Conference.



dosier

El ejercicio de combate aéreo más ambicioso de la OTAN

Fernando Santiago Matallana
Teniente coronel del Ejército del Aire y del Espacio
AIRCOM Operations Centre
Fotografías: David García Vázquez
Teniente del Ejército del Aire y del Espacio

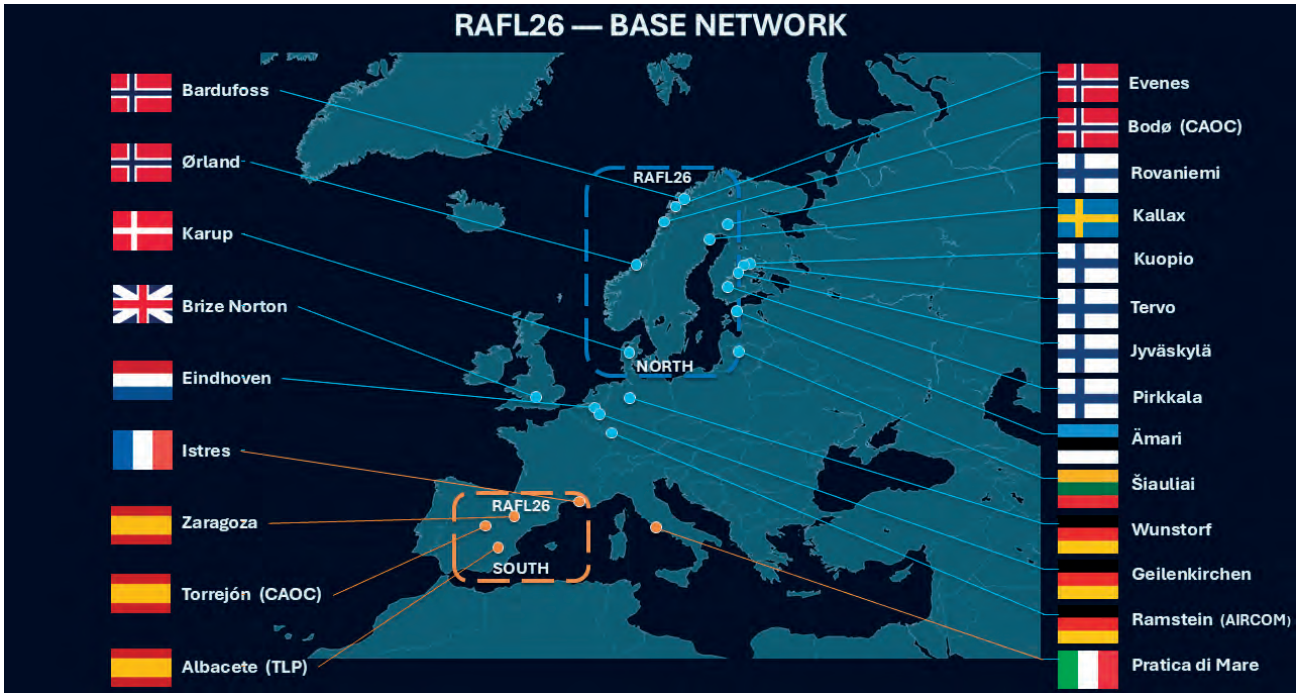
Ramstein Flag 2026 representa la tercera y más ambiciosa edición de la serie FLAG de la OTAN. Se ejecutó entre el 8 y el 19 de junio de 2026 bajo el mando pleno de AIRCOM, con el CAOC Bodø (BD) como Lead CAOC por primera vez en la JOA Norte y el CAOC Torrejón (TJ) en la JOA Sur, con conexión con el TLP de Albacete.

El ejercicio desplegó más de 200 aeronaves de 16 naciones[1], junto con las plataformas propias de la OTAN (AWACS y RQ-4), en más de 20 bases distribuidas en 12 países. Se alcanzaron aproximadamente 200 salidas diarias en dos JOA simultáneas: la JOA Norte y la JOA Sur, mientras que en la JOA Centro se ejecutó de manera sintética.

La comparación con sus predecesores es contundente. RAFL24 operó desde Andravida (Grecia) y RAFL25, desde Leeuwarden (Países Bajos). RED FLAG, la referencia histórica desde 1975, opera desde Nellis AFB (Nevada). Sin embargo, algo muy significativo es que, en todos los casos, la dispersión geográfica ha sido una limitación logística aceptada. RAFL-26 la convirtió en el principio rector del diseño del ejercicio: «Train as You Fight».

EL CONCEPTO «TRAIN AS YOU FIGHT» COMO DECISIÓN DOCTRINAL

La guerra en Ucrania ha demostrado que las bases fijas son objetivos de primer orden. RAFL-26 respondió dise-



RAFL26 Overview. (Imagen: elaboración propia)

ñando el ejercicio sobre un amplio conjunto de bases, con un C2 disperso y dos Células de Planeamiento de Misión (MPC) que pudieran funcionar de forma remota. No fue una opción de conveniencia, sino la respuesta operacional correcta a la amenaza actual.

El objetivo de este diseño no es otro que aumentar la disponibilidad operativa de los aliados, asegurar nuestra supervivencia y entrenar nuestra resiliencia, bajo el paradigma de un concepto basado en la dispersión, la desplegabilidad y el dinamismo[2].

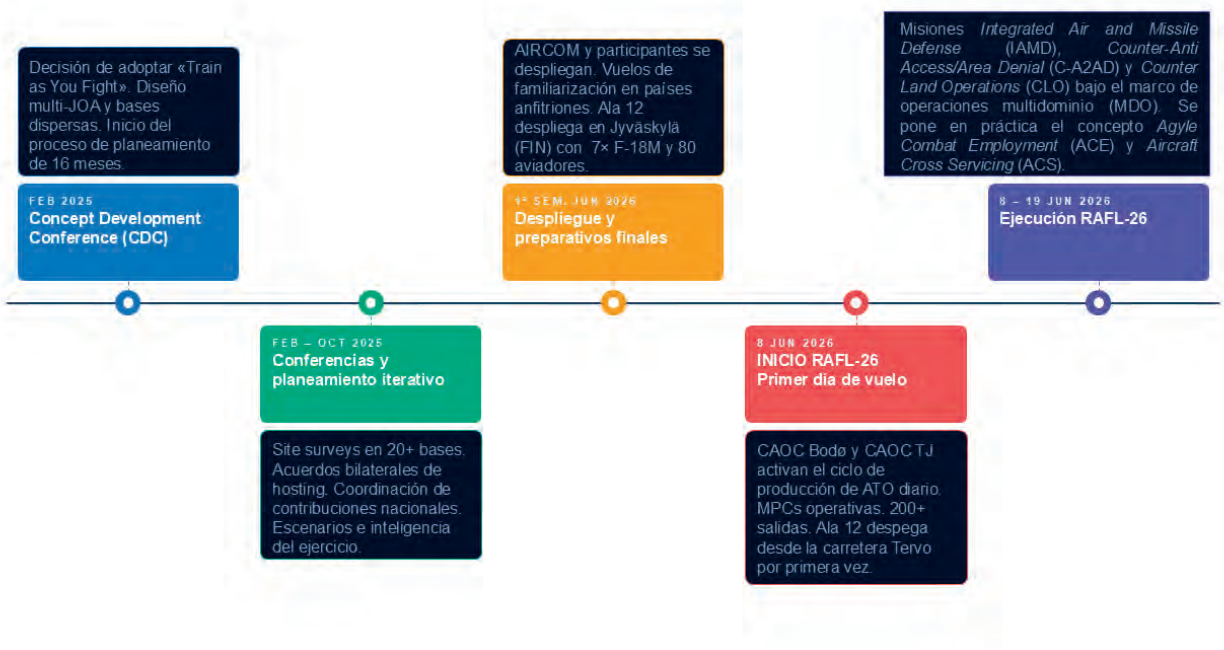


El planeamiento de RAFL-26 comenzó 16 meses antes de su ejecución, con la Conferencia de Desarrollo del Concepto (CDC), celebrada en febrero de 2025.

PRIMERAS VECES HISTÓRICAS EN LA SERIE FLAG

RAFL-26 acumuló un número extraordinario de hitos inéditos:

- CAOC: Bodø asume el rol de Lead CAOC, consolidando el triángulo de Mando y Control de los tres CAOC de la OTAN (Bodø-Torrejón-Uedem).
- Operaciones: ejecución de operaciones LIVEX sobre territorio sueco y finlandés por primera vez en la serie FLAG.
- AWACS: el E-3A aterriza operacionalmente en Suecia.
- RQ-4D Phoenix: opera desde Noruega por primera vez.
- Integración: integración real de emisores que simulan sistemas SAM bajo el paraguas de IAMD[3].
- 200+: más de 200 aeronaves volando simultáneamente en dos JOAs geográficamente separadas.



Hitos del planeamiento y cronograma de ejecución de RAFL26 (Imagen: elaboración propia)

EL SOL DE MEDIANOCHE – MIDNIGHT SUN – COMO METÁFORA OPERACIONAL

El Círculo Polar Ártico –al norte del cual el sol no se pone durante semanas cerca del solsticio– enmarcó físicamente el ejercicio RAFL-26. Los vuelos alcanzaron latitudes superiores a 70° N, donde la declinación magnética supera los 20°, frente al 1° de la península ibérica. Esa diferencia –entre el norte de la brújula y el norte del mapa– es también la diferencia entre las tácticas del ayer y las exigencias del mañana. RAFL-26 calibró la brújula doctrinal de la Alianza.

• F-18 españoles del Ala 12: operación desde una carretera (Tervo, Finlandia) como hito del concepto ACE.

Además, desde la perspectiva de AIRCOM, RAFL-26 ha conseguido tres hitos de importancia estructural para la Alianza:

• Validación: validación del proceso de actualización del Manual AIRCOM 080-006, Mission Planning (V2), con dieciséis fuerzas aéreas planeando y ejecutando operaciones aéreas complejas mediante un proceso común, comprensible y efectivo.

• Demostración: demostración de los conceptos «Train as You Fight» y «Fight Tomorrow» con 20 bases en 12 países, un C2 disperso y un poder aéreo inconmensurable.

• Consolidación: consolidación de la arquitectura C2 que la Alianza aplicaría en un escenario del artículo 5.

CONTRIBUCIONES DE NACIONES Y ENTIDADES OTAN

Uno de los elementos más complejos del planeamiento y la ejecución fue la coordinación de todas las contribuciones de las naciones para abarcar un espectro completo de capacidades.

Los países participantes contribuyeron a la generación del poder aéreo mediante cazas de cuarta y quinta generación (F-16, F-18, Rafale, Mirage 2000, EF-2000, Gripen, Tornado y F-35A en las variantes de EE.UU., DNK, NOR e ITA); aeronaves cisterna (A-330 MRTT, KC-135, KC-130J, A400M y KC-2 Voyager); medios ISR HALE (RQ-4D Phoenix); medios aéreos de alerta temprana (E-3A AWACS, E-7T, E-3F y G-550); medios de transporte intrateatro (C-130J); helicópteros (NH-90) para misiones de personnel recovery; y sistemas SAM para el adiestramiento SEAD[4]. Se construyó, de esta forma, el paquete multinacional más completo y exigente de la historia de un ejercicio aéreo. ■

NOTAS

[1]NOR, CZE, SWE, FRA, BEL, DNK, ITA, TUR, DEU, USA, FIN, ESP, POR, POL, GRC y ROU.
[2]Disperse assets, Deploy to FOB and Dynamic Basing.
[3]IAMD: Integrated Air and Missile Defense.
[4]SEAD: Suppression of Enemy Air Defense.





Mission Planning

De AIRCOM a la pista de Tervo

Fernando Santiago Matallana
Teniente coronel del Ejército del Aire y del Espacio
AIRCOM Operations Centre
Fotografías: David García Vázquez
Teniente del Ejército del Aire y del Espacio

El planeamiento de misiones del componente aéreo aliado constituye la columna vertebral operacional que transforma las directivas e instrucciones[1] del JFAC en salidas ejecutables. La arquitectura doctrinal que sustenta dicho planeamiento se articula a través del AIRCOM Manual 080-006, documento que AIRCOM está actualizando para consolidarlo como estándar específico del componente aéreo aliado, referenciado en el AJP 3.3 Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations, entre otros muchos.

La celebración de Ramstein Flag 2026 ha constituido el banco de pruebas más exigente hasta la fecha para este marco doctrinal. El análisis de las convergencias y divergencias con doctrinas de sello estadounidense, como la ALSSA IPF 3-3, ha dado como fruto nuevos enfoques y desarrollos de puntos fuertes como el CAOC Offensive Chief (OC), la definición de la Mission Planning Cell (MPC) y el refinamiento de la guía de planeamiento del concepto COMAO (Composite Air Operation).

El planeamiento de misiones aéreas en el contexto conjunto aliado responde a una lógica de pirámide doctrinal: las directivas estratégicas emanadas de SACEUR se traducen, entre otros documentos, en una Directiva de Operaciones Aéreas (AOD), que el JFAC convierte en el documento operacional central: el Air Tasking Order (ATO). Cada salida incluida en el ATO es el resultado de un proceso meticuloso de planeamiento que integra inteligencia, análisis de amenazas, asignación de recursos, coordinación del espacio aéreo y sincronización de todos los elementos necesarios para el éxito de la misión.

El ATO es el producto central del ciclo de planeamiento aéreo. Su ciclo estándar de 72 horas se articula mediante equipos definidos, productos específicos y ventanas temporales que garantizan la sincronización de todos los actores.

[1] AIRCOM Directive for Air Activities (2027- 2029), Air Operations Directive 2026, Baseline Special Instructions 26-01, entre otras.





LA CADENA DE PLANEAMIENTO EN RAFL-26

El proceso de planeamiento en RAFL-26 comenzaba desde el equipo de AIRCOM. Antes de que el Mission Commander (MC) convocara a sus Team Leads, el equipo de AIRCOM había construido el andamiaje operacional completo.

El equipo EXCON (Exercise Control) establecía los escenarios y la disposición de las amenazas. A continuación, el equipo encargado del MAOP difundía, 48 horas antes de la ejecución, el producto del Air Operations Meeting (AOM), que actuaba como trigger formal del inicio simultáneo del planeamiento en la MPC y del trabajo del equipo de producción del ATO en el CAOC.

En resumen, los planes de AIRCOM proporcionaban la base para el planeamiento táctico de las misiones, lo que permitía que los elementos subordinados de planeamiento se concentraran en el refinamiento y la conclusión del detalle táctico.

EXCON. GENERADOR DE REALIDADES

EXCON es la entidad de AIRCOM que diseña y gestiona el escenario táctico del ejercicio. Sus productos –amenazas, orden de batalla (ORBAT) de OPFOR, injects dinámicos, Air Coordination Order (ACO) y Beddown, entre otros– constituyen el *input* primario de toda la cadena de planeamiento. Sin el escenario de EXCON, no habría nada sobre lo que planear.

En el RAFL-26, el equipo EXCON del CAOC Bodø se convertía, a su vez, en el equipo MAOP, que cada mañana dirigía y elaboraba el AOM, en el que se exponían las misiones de entrenamiento del tipo Integrated Air and Missile Defense (IAMD), Counter-Anti Access/Area Denial (C-A2AD), Counter Land Operations (CLO), Deep Precision Strike, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR), Airborne Early Warning (AEW), Air Transport (TAT), Combat Search and Rescue (CSAR) y Air-to-Air Refueling (AAR), incluyendo y sincronizando efectos multidominio (MDO), Electronic Warfare (EW) y long-range Joint Fires.

EL EQUIPO MAOP Y EL AOM. LA BASE DEL PLANEAMIENTO

El equipo MAOP de AIRCOM aglutinaba en un solo producto las coordinaciones, la dirección, los efectos y las guías necesarios para hacer efectivo un esquema de maniobra (SoM) para cada misión. El *allocation* y el *apportionment* de las fuerzas, el *targeting*, las contribuciones conjuntas, los riesgos, los *caveats* y las restricciones, así como las instrucciones para la correcta interpretación y aplicación de las reglas de enfrentamiento (ROE) y el marco temporal del ATO, entre otros aspectos, eran los productos que se aprobaban durante el AOM.

Esta era la base del planeamiento: una amalgama de elementos que se transferían cada mañana desde las instalaciones del CAOC Bodø a los destinatarios que esperaban para comenzar a trabajar. Significaba más que una guía. Formalizaba el traspaso del nivel operacional de AIRCOM al nivel táctico de los CAOC. Sin él, ni la MPC podía comenzar ni el equipo de producción del ATO tenía fundamento. Con él, ambos podían trabajar de manera concurrente y en paralelo. ■



Cadena de transferencia del ATO. (Imagen: elaboración propia)

dosier

Planeamiento y ejecución de RAFL26

Train as You Fight

Martin Aarestrup Friis
Lieutenant Colonel Royal Danish Air Force
AIRCOM A35
Fernando Santiago Matallana
Teniente coronel del Ejército del Aire y del Espacio
AIRCOM Operations Centre

Ramstein Flag 2026 ha sido el mayor ejercicio de vuelo LIVEX de la historia de la OTAN. Su planeamiento se extendió durante 16 meses con una premisa clara: frente al modelo de base única de Red Flag y de las ediciones anteriores de RAFL, se adoptó un enfoque de «Train as You Fight».

Este enfoque significaba combatir desde un número de bases aéreas diferentes y aplicar un mando centralizado, un control distribuido y una ejecución descentralizada.

«Train as You Fight» nos permite operar desde bases dispersas –con logística distribuida, planeamiento descentralizado, comunicaciones seguras y C2 resiliente–, garantizando un componente aéreo que puede operar ininterrumpidamente.

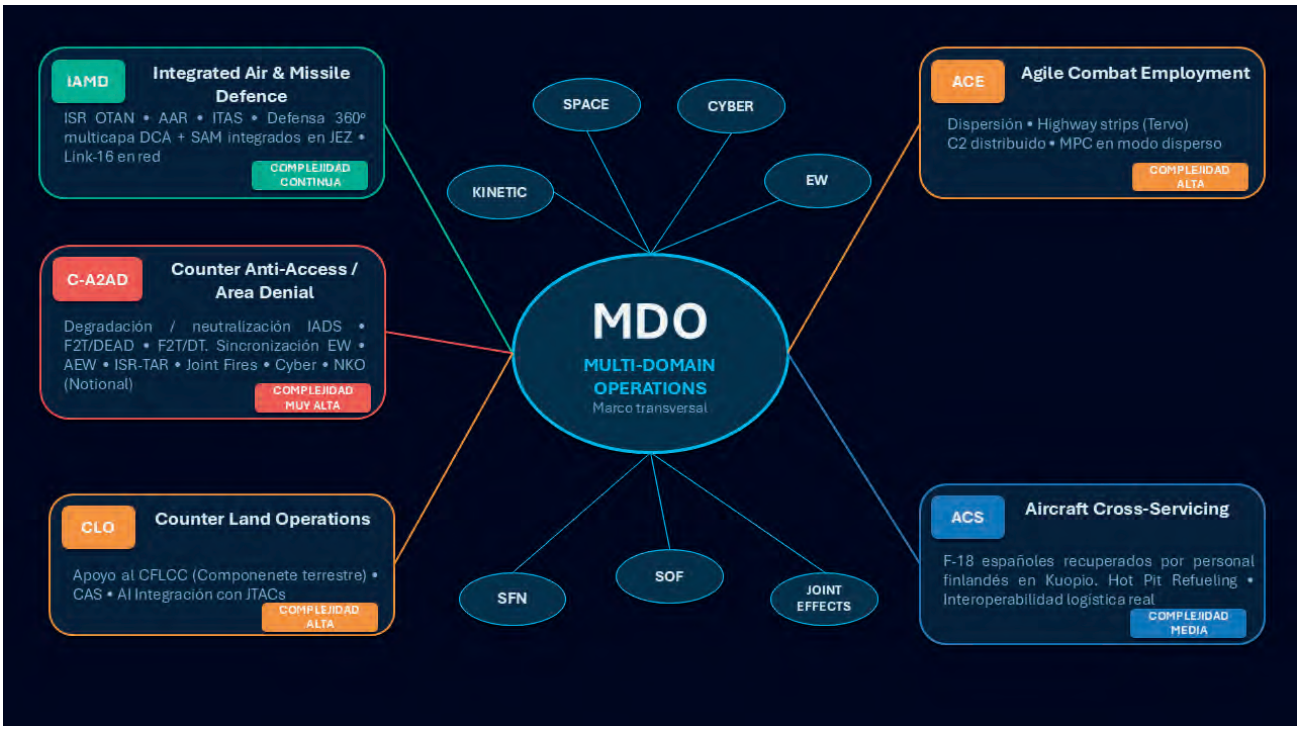


Arquitectura del RAFL26 (Imagen: elaboración propia)

ARQUITECTURA DEL EJERCICIO. TRES ESCENARIOS SIMULTÁNEOS

El concepto FLAG26 incluyó tres escenarios simultáneos: un RAFL Sur de escala media desde Albacete, en las instalaciones del TLP; un RAFL Centro sintético/virtual desde el Reino Unido; y un RAFL Norte a gran escala sobre Noruega, Suecia, Finlandia y Dinamarca. Se trató de un espectro multi-JOA simultáneo, coordinado a través de dos CAOC (Bodø para el Norte y Torrejón para el Sur) en sus funciones de producción y ejecución del ATO.

Esto no es logística, sino doctrina que demuestra que AIRCOM puede ejercer el mando y control del componente aéreo en dos teatros separados al mismo tiempo, gracias a su estructura C2 resiliente y efectiva.



Misiones de entrenamiento de RAFL26 Norte. (Imagen: elaboración propia)

LAS MISIONES ENTRENADAS Y PUNTOS FUERTES EN EL NORTE

El objetivo del ejercicio en el Norte fue, principalmente, entrenar la planificación y ejecución de tres conjuntos de misiones: Integrated Air and Missile Defense (IAMD), Counter-Anti Access/Area Denial (C-A2AD) y Counter Land Operations (CLO), todo ello a gran escala y frente a amenazas realistas, empleando un enfoque de operaciones multidominio (MDO) que inevitablemente nos hizo poner en práctica conceptos como el Agile Combat Employment (ACE) y el Aircraft Cross-Servicing (ACS).

El entrenamiento IAMD abarcó todas las aeronaves con capacidad de defensa aérea y las unidades de misiles tierra-aire –incluidos los activos terrestres y marítimos– para la defensa frente a todo tipo de amenazas.

La misión C-A2AD, por su parte, al tratarse de una operación multidominio (MDO) compleja, supuso un desafío tanto en su planificación como en su ejecución y se basó en un concepto detallado integrado en el conjunto de planes de la OTAN. Si bien los aspectos tácticos de una operación C-A2AD se practican con regularidad, es únicamente en el entorno virtual y, concretamente, en un ejercicio como el RAFL-26 donde todos los participantes pueden perfeccionar los procesos de planificación y ejecución.

Por último, las misiones CLO, fundamentalmente diseñadas para entrenar el apoyo aéreo cercano (CAS), contaron también con medios AEW, AAR e ISR que proyectaban las capacidades de los elementos ofensivos.

Sin embargo, lo anterior no habría sido posible sin un espacio aéreo adecuado, por lo que el Airspace Control Order (ACO) resultó ser un elemento esencial, producto del AOM, en el que se coordinaba qué porción del espacio aéreo correspondía a cada unidad. Adicionalmente, el ACO reflejaba las coordinaciones previas realizadas con las autoridades civiles de tráfico aéreo, de forma que se garantizase la seguridad durante el desarrollo de todas las actividades militares.

Para llevar todo esto a cabo, fue necesario apuntalar un elemento fundamental: la comunicación, principalmente a través de un sistema CIS[1] robusto y clasificado, que sustentaba las operaciones mediante aplicaciones diseñadas para la planificación y ejecución de las misiones. El ejercicio RAFL-26 empleó precisamente estos sistemas, aplicaciones y plataformas web en una red clasificada que conectaba las ubicaciones de todos los participantes. ■

[1]CIS: Computer and Information System.

dosier

Mission Planning Cell

La entidad central

Ilkka Juuso
Lieutenant Colonel Finnish Air Force
AIRCOM A3
Fernando Santiago Matallana
Teniente coronel del Ejército del Aire y del Espacio
AIRCOM Operations Centre
Fotografías: David García Vázquez
Teniente del Ejército del Aire y del Espacio

Hacía tiempo que el Manual AIRCOM 080-006 no se actualizaba de manera drástica, mientras que nuestro entorno operativo –A2AD de alta densidad, drones OWA[1], plataformas de cuarta y quinta generación en operaciones simultáneas y efectos multidominio (MDO)– había cambiado radicalmente.

Por ello, la versión 2 (V2) del manual ha sido tan necesaria. RAFL-26 ha actuado como banco de pruebas para probar metodológicamente el proceso de las «4Ts» del 080-006 original y el marco norteamericano ALSSA IPF 3-3, adoptado de facto por las fuerzas F-35, e introducir nuevos elementos que contribuyan a la equidad en el planeamiento. La V2 resuelve esta necesidad situando la MPC en el centro de todo, como «The Core Entity».

EL MANUAL AIRCOM 080-006 V2. INNOVACIONES CLAVE

- El Offensive Chief (OC) en el CAOC como nexo formal entre el AOM y la Mission Planning Cell (MPC). Permite que la MPC comience antes y trabaje en paralelo con el equipo de producción del ATO.
- La MPC como entidad formal, con roles definidos, cronogramas ajustables, checklists estructuradas, células especializadas y modos de operación concretos.



Poder aéreo unido bajo RAFL26. (Imagen: elaboración propia)

[1]OWA: One Way Attack.

EL SIGNIFICADO DE OFFENSIVE CHIEF

El OC no existe para mandar sobre la MPC, sino para que esta pueda desarrollar su trabajo antes y mejor. Si la MPC es el núcleo del planeamiento, el OC es el sistema nervioso que conecta ese núcleo con el nivel operacional. Sin OC, la MPC funciona, pero podría llegar tarde. Con OC, trabaja antes, mejor nutrida y con menor carga. Eso es exactamente lo que RAFL-26 validó.

• Orientación a efectos MDO. La MPC planea no solo en el dominio aéreo, sino que integra efectos de otros dominios cuando son relevantes y necesarios.

La innovación organizativa más significativa del suplemento V2 al Manual 080-006 es el desarrollo de las tareas del Offensive Chief (OC) dentro del CAOC. Este es el nexo que lo hace todo posible. El OC transfiere la misión a la MPC y actúa como enlace entre AIRCOM, el CAOC y las unidades tácticas, lo que permite que el planeamiento táctico y la producción del ATO sean actividades concurrentes en lugar de secuenciales. El resultado es que la MPC dispone de más tiempo para el análisis y la elaboración de sus productos (D-1).

La MPC, por su parte, es la entidad que lidera el planeamiento táctico de las misiones. No es un individuo ni un briefing. Es una célula integrada por expertos tácticos (SMEs) que transforma el plan de AIRCOM en un plan ejecutable. El suplemento V2 del 080-006 la formaliza con roles definidos (Mission Commander, Team Leads, Sub-Team Leads), cronogramas ajustables, checklists estructuradas, células funcionales especializadas (Threat/Intel, SEAD/EW, Comms/IFF, Route/Weapons, AAR, SAR, DCA, MDO) y tres modos de operación (centralizado, disperso y remoto). ■

LA VALIDACIÓN EN RAFL

El proceso V2 fue comprendido fácilmente por todas las naciones y entidades participantes en RAFL-26, y el planeamiento se realizó de manera efectiva y segura. Dieciséis fuerzas aéreas distintas trabajaron desde el mismo marco de referencia sin fricción doctrinal significativa. En términos de interoperabilidad táctica, ese es el resultado más valioso del ejercicio.



dosier

El poder aéreo aliado en el TLP

Del CAOC TJ al Flight Lead

Emmanouil Mystakidis
Major Hellenic Air Force
AIRCOM A7
Fernando Santiago Matallana
Teniente coronel del Ejército del Aire y del Espacio
AIRCOM Operations Centre
Fotografías: David García Vázquez
Teniente del Ejército del Aire y del Espacio



Desde los fiordos del Ártico hasta la costa del Mediterráneo, la Base Aérea de Albacete, bajo la coordinación, el mando y el control del CAOC Torrejón, fue el lugar principal de las actividades aéreas en la JOA Sur, para lo que contó con la inestimable colaboración del Tactical Leadership Programme (TLP).

El TLP es la institución de referencia para el adiestramiento en planeamiento y ejecución de misiones aéreas de alta complejidad, y su infraestructura –simuladores, salas de planeamiento y espacio aéreo segregado– y su personal especializado lo hacen ideal para entrenar este tipo de misiones.

Una característica que cabe destacar del ejercicio en el Sur fue que, por primera vez en un LIVEX de esta escala y gracias al desarrollo de escenarios tácticos por parte del TLP, el planeamiento, la coordinación y el ritmo de batalla del CAOC TJ y de la MPC se generó un Air Tasking Order (ATO) ejecutable tácticamente bajo esta nueva estructura de C2.

Este enlace directo entre el nivel operacional y los jefes de formación tácticos (*flight leads*) situó cada misión en el centro de atención de la cadena de mando y control de la OTAN.

El RAFL-26 Sur registró más de 170 salidas. Además, la integración de los elementos sintéticos LVC (Live-Virtual-Constructive) del TLP aportó un gran valor táctico al escenario, con pilotos de Eurofighter volando virtualmente cada día, lo que contribuyó a aumentar la complejidad y el realismo de las misiones.

MISIONES ENTRENADAS EN EL SUR BAJO UNA ARQUITECTURA PARTICULAR

El objetivo del ejercicio en el Sur fue, principalmente, entrenar la planificación y ejecución de tres tipos de misiones (OCA –Offensive Counter-Air–, DCA –Defensive Counter-Air– y CLO –Counter Land Operations–) en entornos de gran amenaza del tipo A2AD (Anti-Access/Area Denial), con una arquitectura IADS compleja como elemento común de los escenarios.

Una característica esencial en la ejecución de las actividades en la JOA Sur fue la integración del modelo LVC



Detalle del entrenamiento multicapa en la JOA Sur durante el RAFL26. (Imagen: elaboración propia)

en las fases de vuelo real. Esta arquitectura de entrenamiento permitió combinar aeronaves reales con trazas procedentes de simuladores operados por pilotos experimentados en un único espacio táctico compartido, con el objetivo de aumentar la complejidad.

PRINCIPALES ACTORES

El componente de combate de la JOA Sur integró plataformas de cuatro naciones aliadas (ESP, GRC, ITA y FRA), combinando cazas de cuarta generación (F-16, Tornado, Eurofighter y F-18) con capacidad de repostaje estratégico aportada por cisternas que operaban desde sus bases nacionales.

La operación del A-330 MRTT francés y del KC-767A italiano desde sus bases de origen constituyó una aplicación del concepto de proyección de fuerza de largo alcance (Long-Range Force Projection) y fue una decisión de diseño del ejercicio orientada a validar la capacidad de los aviones cisterna de la OTAN para apoyar operaciones en el flanco sur desde sus ubicaciones habituales.

Mención especial merecen los F-18 españoles del Ala 15, que ejecutaron misiones de forma dinámica desde la Base Aérea de Zaragoza, complementando las operaciones de Albacete y ampliando la cobertura geográfica de la JOA Sur. Esta distribución entre dos bases de operación en territorio español constituyó también un elemento de diseño del ejercicio orientado a validar la dispersión de activos dentro de la misma JOA. ■



dosier

El Ala 12 en RAFL26

Desde Jyväskylä al «Sol de Medianoche»

Miguel Jaime Jiménez Barragán
Comandante del Ejército del Aire y del Espacio
Ala 12
Fotografías: David García Vázquez
Teniente del Ejército del Aire y del Espacio

Si no te gusta el cambio, la irrelevancia te gustará aún menos.
– General Eric K. Shinseki,
Chief of Staff of the U.S. Army (1999-2003)

El Ala 12 participó desde la Base Aérea de Jyväskylä, integrándose con el resto de las fuerzas aliadas para adiestrarse en escenarios realistas orientados a reforzar la capacidad de defensa y disuasión de la OTAN. Mientras que otros ejercicios se desarrollaban desde la visión tradicional de concentración de fuerzas, el RAFL-26 ha tenido un enfoque distinto: la dispersión.

LA CARRETERA 551. CUANDO EL ASFALTO SE CONVIERTE EN PISTA

La carretera regional 551 atraviesa, a lo largo de 80 kilómetros, la región de los lagos (Lakeland), en la zona central de Finlandia. Los bosques de coníferas y abedules dibujan un laberinto entre las numerosas masas de agua que forman la mayor región lacustre de Europa.



En un día cualquiera, los vehículos recorren esta vía con normalidad entre Kuopio y Ahveninen.

Sin embargo, durante el RAFL-26 tuvo lugar una escena atípica. Poco después de que la carretera abandone el pueblo de Tervo, los vehículos deben detenerse ante la señal que advierte de las operaciones militares en curso. Un caza español F-18 despega de la carretera 551 mientras otro enciende sus posquemadores y comienza la carrera de despegue.

JYVÄSKYLÄ. EL DESPLIEGUE DEL ALA 12

Uno de los despliegues clave tuvo lugar en la Base Aérea de Tikkakoski, en Jyväskylä, donde se encuentra la Academia de la Fuerza Aérea Finlandesa (FINAF). Desde esta base operaron siete cazas F-18M del Ala 12 y 80 aviadores, junto con aviones F-16 y M-346 polacos. El espacio aéreo de la JOA Norte comprende una amplia zona que se extiende hasta el Ártico y sobrevuela Dinamarca, Noruega, Suecia y Finlandia, con el CAOC Bodø como elemento de mando y control, coordinando las operaciones con más de 150 salidas de vuelo diarias.

DATOS DE LA CARRETERA TERVO (PISTA 551)

La carretera 551, adaptada como pista de operación, se ensancha hasta alcanzar apenas 20 metros a lo largo de algo más de dos kilómetros de longitud, lo que la hace al menos tres veces más estrecha que una pista estándar. El asfalto está reforzado para soportar las tomas y los despegues de cazas F-18 de más de 16 toneladas. Se despliega una torre móvil con sistema visual de ayuda al aterrizaje (VASI), capacidad de reabastecimiento y mantenimiento, y un cable de emergencia que permite frenar el avión mediante el gancho trasero del F-18 en caso de fallo hidráulico. Las aeronaves contactan con «Tervo Radar» para recibir autorización para sobrevolar la carretera.

AGILE COMBAT EMPLOYMENT Y AIRCRAFT CROSS-SERVICING

El ejercicio puso a prueba el concepto de Agile Combat Employment (ACE), que busca la supervivencia y la continuidad de las operaciones mediante la dispersión desde las bases principales hacia diferentes ubicaciones. La participación de España demostró que la Alianza es capaz de dispersar el poder aéreo en el flanco norte de forma sostenida.



Durante el ejercicio, aviones F-18 españoles aterrizaron en la base aérea de Kuopio-Rissala para ser recuperados, repostados y preparados para volar por personal finlandés. Personal español con amplia experiencia se desplazó previamente por vía terrestre para compartir y observar procedimientos, como el Hot Pit Refueling, o repostaje de los aviones con los motores en marcha. El hito de que los aviones aterricen en una base aérea distinta de la de su unidad de origen y sean capaces de despegar poco después, listos para una nueva misión, constituye el máximo exponente del Aircraft Cross-Servicing (ACS).

FINLANDIA Y LA «DEFENSA TOTAL»

Finlandia ingresó en la OTAN en abril de 2023. La visión de la seguridad del país sigue siendo ciertamente existencial, y toda la sociedad se encuentra implicada y contribuye a la defensa a través del concepto finés de «Defensa Total», manteniendo el servicio militar obligatorio. Antes de su entrada en la OTAN, Finlandia se pre-

KUOPIO-RISSALA: INSTALACIONES UNDERGROUND

En Kuopio, la FINAF dispone de numerosas instalaciones subterráneas, excavadas en la roca e invisibles desde el aire, lo que pone de manifiesto su optimización para la protección y la supervivencia. Esta capacidad, literalmente invisible al adversario, es lo que en un conflicto real marcaría la diferencia entre un componente aéreo operativo y uno neutralizado en tierra.



paraba para defenderse sola, si fuera necesario, frente a un adversario muy superior en número.

La dispersión y la utilización de carreteras y autovías como pistas de despegue y aterrizaje son elementos capitales para preservar su capacidad de operación.

LOS RETOS DEL ÁRTICO

La planificación de las misiones desde ubicaciones dispersas presentó retos muy significativos. La necesidad de conectarse mediante videoconferencia segura difiere mucho de las comunicaciones habituales y representa un desafío en un mundo cambiante.

La novedad no hace más que señalar que la única constante en el tiempo será el cambio y que no adaptarse a él conduce a la irrelevancia. Las exigencias del combate continúan evolucionando, y las tácticas que respondieron a los desafíos del ayer pueden no ser suficientes para afrontar los de mañana. Con ese espíritu –el espíritu del sol de medianoche que nunca se rinde–, el Ala 12 voló, operó y aprendió en RAFL-26. ■





Diseño ágil de capacidades aéreas

La Ingeniería de Misión como acelerador de la superioridad aérea del futuro

Víctor Manuel Sobrino García
Teniente coronel
del Ejército del Aire y del Espacio
Agencia Europea de Defensa

Este artículo plantea la Ingeniería de Misión como un cambio de paradigma que sitúa la misión y sus métricas de éxito en el centro del proceso, permitiendo identificar, estructurar y asignar las funcionalidades que habilitan al conjunto de forma coherente en los sistemas. Este enfoque facilita la integración ágil de tecnologías, el diseño de arquitecturas basadas en sistemas de sistemas, como el FCAS, y la evolución constante y coste-eficiente de las capacidades, evitando el denominado «espejismo tecnológico».

COMPRAR PARA LAS AMENAZAS DE AYER

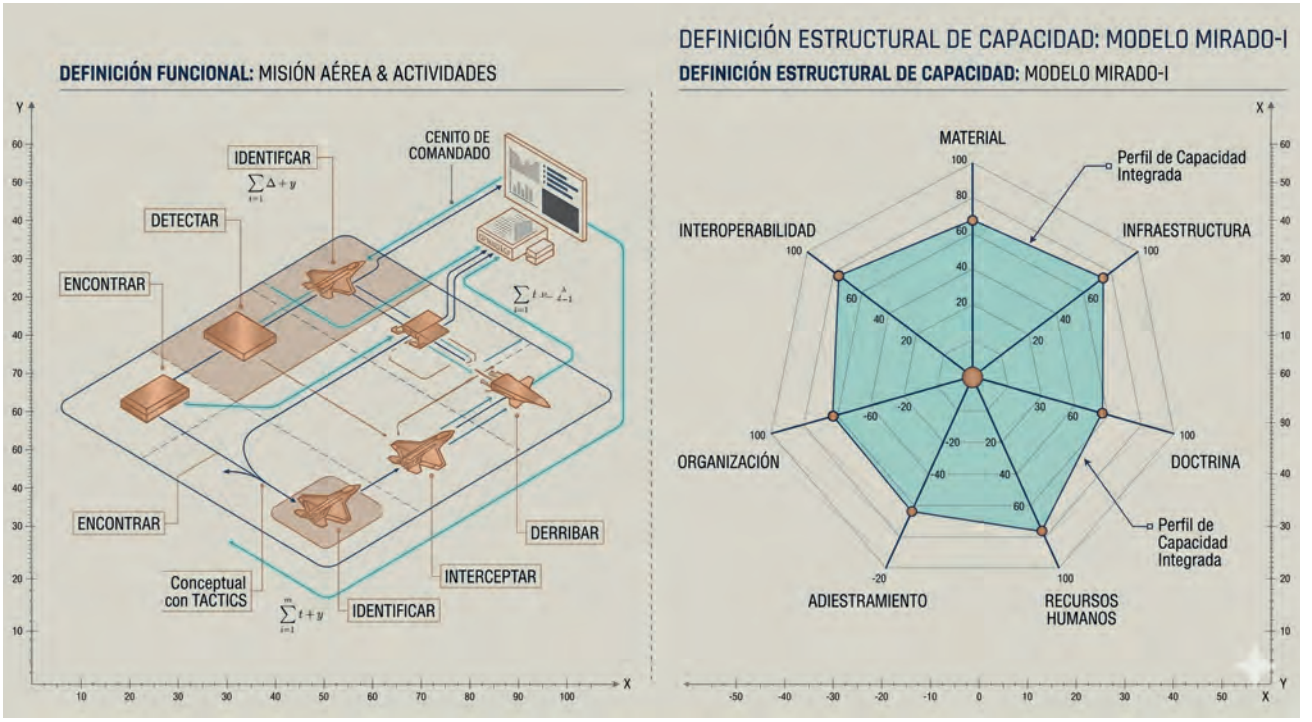
En defensa, pocas ideas son tan persistentes y, a su vez, tan engañosas como la de creer que la tecnología, por sí sola, garantiza la superioridad. La historia demuestra lo contrario. La ventaja no reside en disponer de la tecnología más avanzada, sino en emplear la tecnología adecuada para resolver un problema concreto en un contexto operacional determinado.

Si bien es cierto que los conflictos de alta intensidad han sido tradicionalmente motores de innovación, no menos cierto es que, junto a sus éxitos (cazas, drones, inteligencia artificial, guerra electrónica), conviven fracasos menos visibles, pero igualmente instructivos. Sistemas tecnológicamente brillantes que, por haber sido concebidos al margen de la realidad operativa, no lograron producir los efectos esperados. El problema no es nuevo: una combinación de una mala definición de la necesidad, una dependencia excesiva de la plataforma y ciclos de adquisición demasiado largos ha dado lugar, de forma recurrente, a soluciones que llegan tarde o simplemente no responden a lo que se esperaba de ellas.

Esta situación llega a su extremo cuando no es la necesidad la que conduce a la solución, sino la existencia previa de una solución tecnológica –que es necesario comercializar– la que condiciona la definición de la necesidad. Esto es lo que hemos denominado «espejismo tecnológico». Sus consecuencias son

Palabras clave
Ingeniería de Misión, capacidades, FCAS, sistemas de sistemas, adquisición, combate aéreo, multidominio.





Capacidad Funcional vs Estructural

sistemas complejos, costosos, difíciles de adaptar y, en ocasiones, irrelevantes en el momento de su entrada en servicio.

A este espejismo se suma la limitación estructural derivada de la rigidez de los ciclos de adquisición. En un entorno donde la tecnología puede evolucionar en meses, seguir adquiriendo mediante procesos que se extienden durante décadas supone aceptar, implícitamente, que los sistemas estarán desfasados antes de desplegarse.

El contexto europeo actual ilustra bien esta situación. La respuesta a la guerra de Ucrania ha dado lugar a iniciativas como las Priority Capability Areas (PCA) o los «Flagships», promovidas por la Comisión Europea para la adquisición acelerada de soluciones preexistentes o adaptadas a la realidad actual. Por lo tanto, el incremento de la financiación, en este caso, no garantiza por sí mismo la obtención de mejores capacidades, sino únicamente la adquisición de nuevos sistemas. Sin un marco que conecte la necesidad con la solución, el riesgo de adquirir sistemas incapaces de cumplir la misión aumenta exponencialmente.

El problema, en esencia, es conceptual y metodológico.

VOLVER A LA MISIÓN

Se impone, por lo tanto, un cambio de perspectiva que ponga el foco en la diferencia entre capacidad y sistema. Un concepto básico, pero que se ha difuminado con el tiempo.

Una capacidad no es un caza, un radar ni un misil. Es la posibilidad de generar un efecto en el campo de batalla. La defensa aérea, el transporte táctico o el guiado terminal de armamento son capacidades; los sistemas son solo una de las formas de materializarlas.

Esta distinción, aparentemente sencilla, tiene implicaciones profundas. Obliga a analizar la capacidad desde dos dimensiones complementarias:

Por un lado, la funcional –dominio del problema–, donde se define qué actividades deben realizarse para generar efectos en el campo de batalla –lo que aporta una capacidad en la operación–; y, por otro, la estructural –dominio de la solución–, donde se definen los componentes de una capacidad (MIRADO-I).

Confundir ambas –u obviar alguna de ellas– conduce a diseñar soluciones condicionadas por la tecnología disponible –o de moda–, en lugar de por la necesidad real.

La Ingeniería de Misión surge para evitar esa deriva. Se basa en una idea simple: antes de pensar en los sistemas, es necesario comprender qué debe ocurrir –qué actividades son necesarias– para que una misión tenga éxito. Es una metodología «agnóstica de la solución».

El punto de partida es, entonces, el escenario operacional, la operación y las misiones que la componen, así como los criterios que determinan el éxito. A partir de ahí, mediante el análisis operacional u otras herramientas, se identifican las acciones necesarias, que se organizan en secuencias coherentes –hilos de misión

o Mission Threads– que describen cómo se generan los efectos deseados desde un punto de vista metodológico (procedimental).

Este enfoque permite analizar la misión sin depender de ningún sistema concreto, lo que impulsa soluciones coste-eficientes. Las acciones se expresan en términos funcionales de distintos niveles –detectar, coordinar, decidir, emitir– y no en términos tecnológicos, evitando así las limitaciones asociadas a un sistema concreto y rompiendo la dependencia de la plataforma, mientras se abre el espacio a múltiples y diversas formas de resolver un mismo problema.

Esta diferencia es especialmente relevante en entornos *all domain*. Mientras que los enfoques tradicionales se limitan a conectar sistemas –proporcionando interoperabilidad en el multidominio–, la Ingeniería de Misión permite repartir funciones entre distintos elementos con independencia de su dominio tradicional, creando arquitecturas dinámicas en las que la ejecución de la misión no depende de un único componente, desplazándonos así hacia el paradigma de la integración –todos los dominios–.

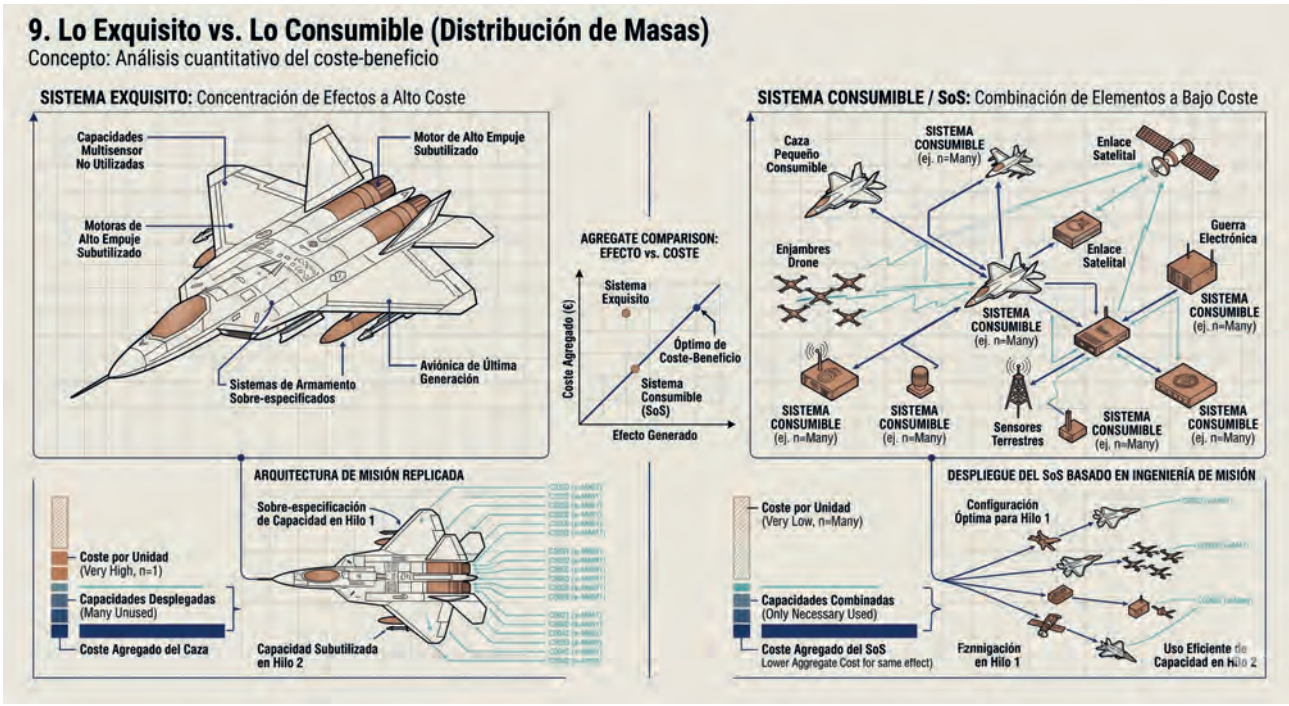
Esto se traduce en una mayor flexibilidad, una mayor resiliencia y una capacidad real de adaptación ante cambios en el entorno o en el comportamiento del adversario, a la vez que se proporciona al comandante de la fuerza una amplia combinación de alternativas para resolver un mismo problema.

DE LA FUNCIÓN A LA ARQUITECTURA

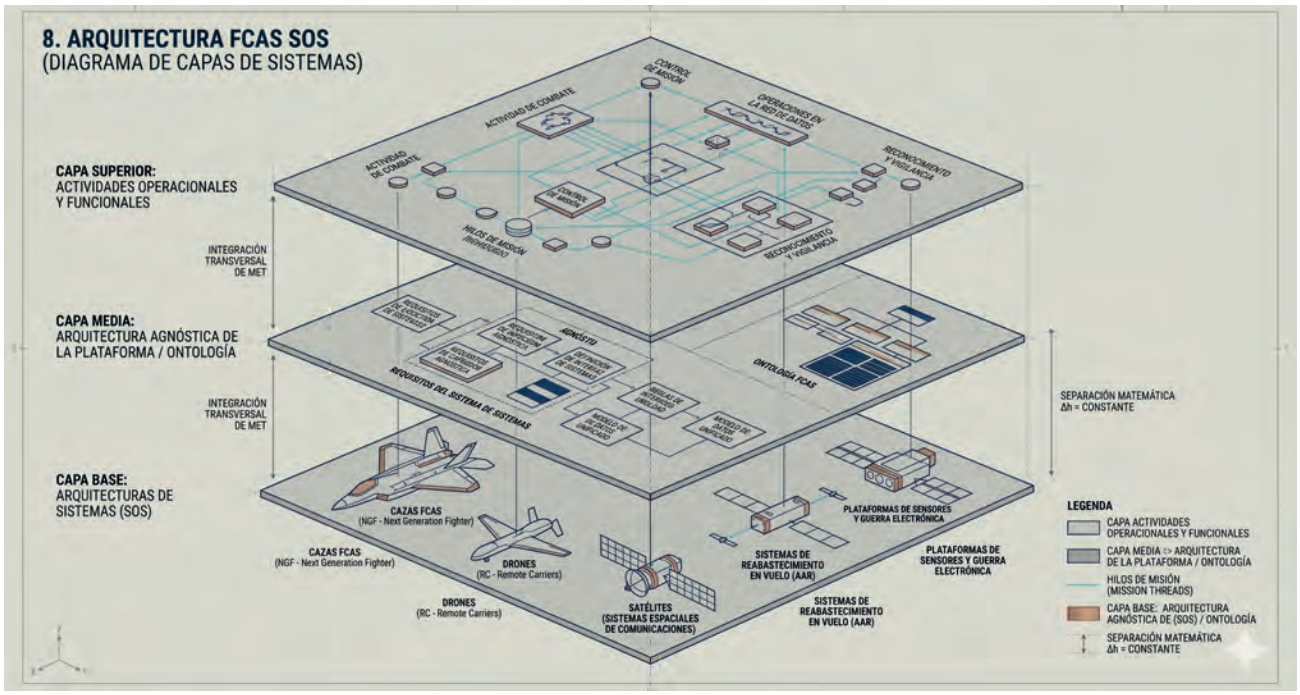
Una vez identificadas las funciones necesarias para cumplir la misión, el siguiente paso es asignarlas a los elementos conceptuales que se distribuyen en el campo de batalla. Aquí es donde aparecen los conceptos –de solución– asociados a futuros sistemas, pero ya no como punto de partida, sino como consecuencia de un análisis previo. Estos sistemas conceptuales son «cazas», «armamento» o «combatientes», pero no elementos concretos de inventario o catálogo. De este modo, se evita, de nuevo, esclavizar «lo que hay que hacer» a «lo que se puede hacer».

La complejidad del combate moderno hace inviable concentrar todas las funciones en un único sistema. La solución pasa por distribuirlas en un conjunto de sistemas que, al interactuar, generan una capacidad superior y presentan un problema táctico al enemigo. Este es el concepto del sistema de sistemas. Así, el conjunto de todos los sistemas y relaciones que lo componen físicamente constituye su arquitectura, que no es más que la realización –la generación real– de la ontología que describe los componentes conceptuales de una misión.

La Ingeniería de Misión permite diseñar estas arquitecturas con criterio. Al conocer qué funciones son necesarias y cómo se relacionan entre sí –la ontología–, es posible decidir qué combinación de sistemas ofrece el mejor equilibrio entre eficacia, coste, resiliencia y sostenibilidad –criterio de coste-eficacia–.



Consumible



Arquitectura FCAS

El caso del Future Combat Air System (FCAS) era ilustrativo. Definirlo como un «caza de nueva generación» era, en sí mismo, una simplificación que puede perjudicar su desarrollo. El FCAS no era una plataforma, sino una arquitectura de combate que debía integrar múltiples capacidades (y sus funcionalidades), distribuidas entre diferentes sistemas componentes, para operar en entornos complejos y altamente disputados. Estos sistemas componentes son todos aquellos que colaboran para proporcionar las funcionalidades necesarias para el combate en el EA.

Plantear el FCAS desde la función –y no desde la plataforma– permitía abordar uno de los dilemas clave del combate futuro, como es el equilibrio entre sistemas altamente capaces y sistemas más simples, abundantes y prescindibles. La decisión no es tecnológica, sino operativa. Depende de qué funciones deben cumplirse, en qué condiciones y con qué nivel de riesgo aceptable.

En este contexto, la Ingeniería de Misión ofrece la ventaja de posponer las decisiones estructurales hasta que se comprenda realmente qué es necesario hacer para cumplir con éxito la misión. Esto facilita no solo el diseño inicial, sino también la evolución de la arquitectura a lo largo del tiempo, permitiendo adquirir progresivamente sistemas y soluciones para mantener el grado deseado de cumplimiento de la funcionalidad (y, por lo tanto, de la capacidad), sin depender del desarrollo y modernización de sistemas caros y complejos como solución preferente al problema operacional.

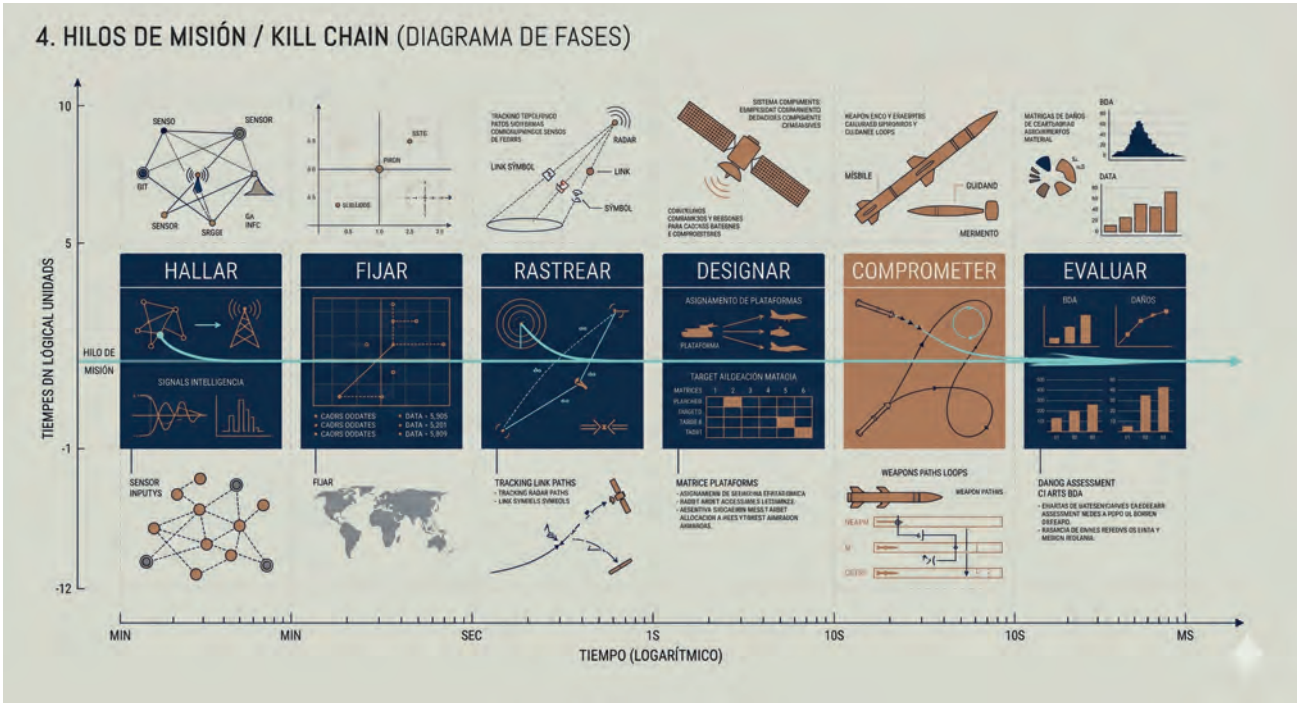
Además, este enfoque permite analizar de manera continua la brecha entre la situación actual y la deseada. Las capacidades dejan de ser bloques cerrados y pasan a entenderse como conjuntos de funciones que pueden reforzarse, adaptarse o sustituirse progresivamente.

VELOCIDAD DE RELEVANCIA

Uno de los aspectos más transformadores de la Ingeniería de Misión es su impacto en los tiempos.

Frente a ciclos tradicionales que pueden extenderse durante más de una década, este enfoque permite identificar problemas funcionales concretos y abordarlos de manera específica, garantizando la coherencia de la capacidad. Cuando una parte de la misión deja de poder ejecutarse –por ejemplo, debido a la degradación del entorno electromagnético–, no es necesario rediseñar todo el sistema. Basta con actuar sobre la función afectada, lo que abre la puerta a ciclos de adaptación más cortos, en los que la incorporación de nuevas soluciones –tecnológicas, doctrinales o procedimentales– puede realizarse en plazos significativamente menores.

En un entorno como el actual, donde el dinamismo y la velocidad del cambio demandan que las soluciones lleguen a la velocidad de relevancia, es decir, cuando se requieren, la capacidad de adaptación que proporciona la Ingeniería de Misión no es un lujo, sino una condición necesaria para mantener la relevancia operativa.

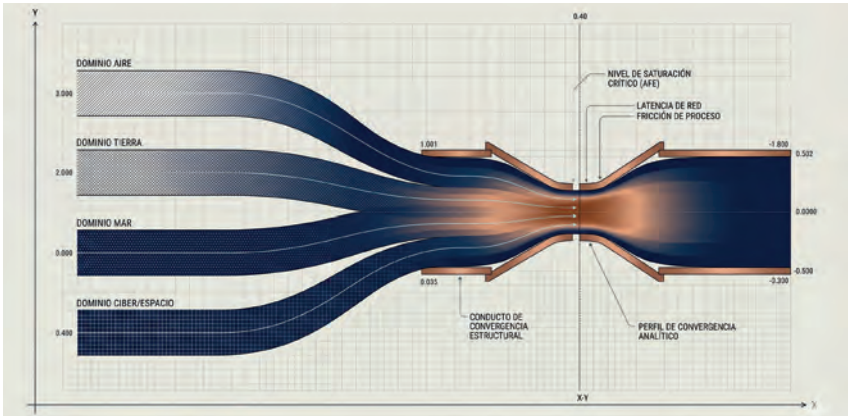


Hilo de Misión

MÁS ALLÁ DE LA TECNOLOGÍA: EL VERDADERO CAMBIO

La adopción de la Ingeniería de Misión no depende tanto de las herramientas como de la mentalidad.

En primer lugar, requiere reconocer que el problema es, ante todo, operativo. Esta metodología debe estar liderada por quienes comprenden la misión, el entorno y el empleo real de la fuerza. Pese a que «Ingeniería de Misión» contiene el término «ingeniería», esta deberá emplearse de manera subordinada –metodológica– a la visión operativa. Se deberá utilizar el rigor y las herramientas que esta proporciona, pero no sustituir el conocimiento operativo. Dejar el liderazgo de esta materia en manos de personal o empresas que carecen del conocimiento operativo y metodológico suficiente desvirtúa el resultado, ya que este se someterá a la tecnología y no a la necesidad, volviendo, por lo tanto, a aquello que se pretende evitar.



Cuello de botella

En segundo lugar, exige aceptar que la toma de decisiones debe basarse en análisis estructurados y métricas relevantes, no únicamente en intuiciones o inercias organizativas.

También implica evitar el riesgo de convertir la metodología en una nueva capa de burocracia. El valor de la Ingeniería de Misión reside precisamente en lo contrario: en su capacidad para acelerar la toma de decisiones y adaptarse a la realidad cambiante.

Por último, es fundamental diferenciar la Ingeniería de Misión de la Ingeniería de Sistemas. La primera define qué es necesario para tener éxito –caracterizar el problema–; la segunda desarrolla cómo materializarlo –convertirlo en soluciones–. Confundir ambas conduce, de nuevo, al predominio de la solución sobre la necesidad. De la ingeniería sobre la misión.

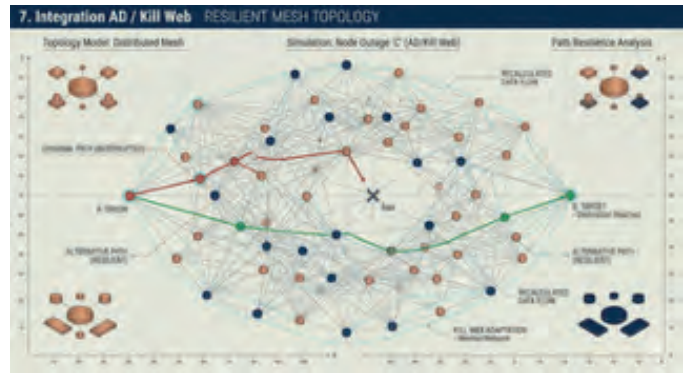
UNA OPORTUNIDAD PARA LA INDUSTRIA

Este cambio de enfoque tiene implicaciones directas en la relación entre Defensa e Industria.

El modelo tradicional –especificaciones técnicas cerradas– limita la capacidad de innovación. La industria responde a lo que se le pide, pero difícilmente puede aportar soluciones disruptivas si el problema ya está predefinido en términos tecnológicos o si se le delega la definición del problema, ya que no dispone del conocimiento suficiente para hacerlo.

La Ingeniería de Misión invierte este proceso. En lugar de especificar soluciones, define necesidades funcionales. Esto obliga a la industria a pensar en términos de capacidades y efectos, y no de productos, lo que abre el espacio de diseño a propuestas más creativas y potencialmente más eficaces.

Mediante la aplicación de esta metodología, en manos del personal adecuado, la industria deja de ser proveedora y pasa a convertirse en un socio tecnológico. Un socio que no solo fabrica, sino que también contribuye a resolver problemas operativos reales.



Kill Web

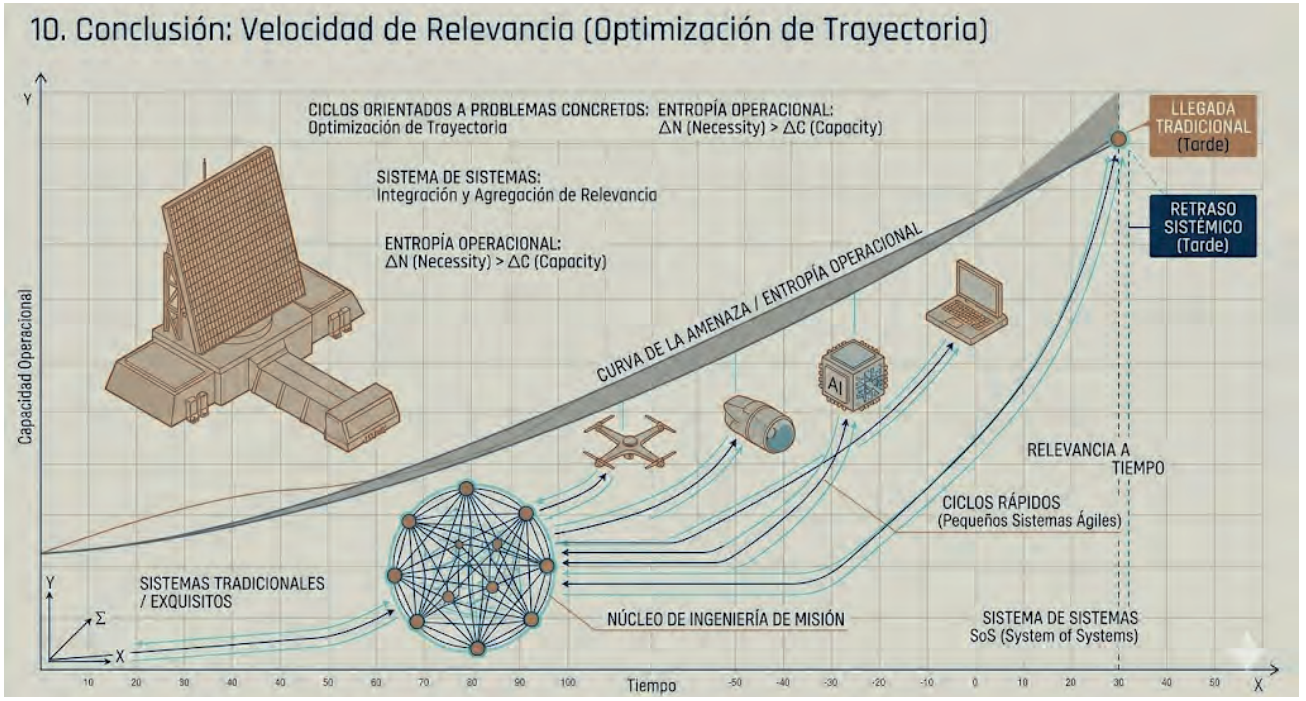
CONCLUSIÓN

La superioridad aérea del futuro no dependerá únicamente de contar con sistemas avanzados, sino también de la capacidad de comprender la misión y de adaptar los medios a sus exigencias reales.

La Ingeniería de Misión ofrece un marco para ello. Permite conectar de forma coherente objetivos, funciones y sistemas, reducir los tiempos de adaptación y evitar la dependencia de soluciones rígidas y costosas.

Más que una metodología, es un cambio de paradigma que sitúa la misión en el centro, devolviendo el protagonismo al operador y permitiendo integrar la tecnología donde realmente aporta valor.

En un entorno donde la velocidad de cambio es constante, esa capacidad de adaptación puede marcar la diferencia entre mantener la superioridad y perderla. ■



Velocidad Relevancia

El talento que marca el futuro:

los alumnos de las especialidades de Defensa y Control Aeroespacial y Ciberespacio, brillando año tras año en los principales desafíos tecnológicos europeos

Antonio Salcedo Gómez
Comandante del Ejército del Aire y del Espacio
Secretario de Estudios de la EMACOT

En los últimos años, el talento y la creatividad de los alféreces alumnos de la Academia General del Aire y del Espacio de las especialidades de Defensa y Control Aeroespacial y Ciberespacio, que realizan la fase de su formación de último año en la Escuela de Técnicas de Mando, Control y Telecomunicaciones (EMACOT) antes de egresar como tenientes, han demostrado su capacidad una y otra vez en los principales certámenes de innovación tecnológica, ciberdefensa y desarrollo digital del ámbito nacional y europeo. Desde la Ciberliga 2023 y hasta cuatro ediciones consecutivas de diversos eventos Hackathon, celebradas en 2024, 2025 (mayo y octubre) y 2026, nuestros equipos han demostrado que la excelencia formativa se traduce en resultados tangibles ante los retos más exigentes.

En cada edición, nuestros participantes no solo han alcanzado posiciones de liderazgo, sino que también han mostrado un compromiso ejemplar con la innovación, el trabajo en equipo y la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos durante todo su periodo de formación. Estos logros colectivos consolidan una tendencia clara: la formación impartida en los centros docentes militares del Ejército del Aire y del Espacio no solo prepara a los alumnos para el futuro, sino que los convierte en protagonistas activos de su transformación.

DIFERENTES EVENTOS, UN MISMO OBJETIVO: DESCUBRIR Y POTENCIAR EL TALENTO

En el ámbito de la formación tecnológica y de la defensa existen distintos formatos diseñados para poner a prueba la capacidad y el talento de los participantes frente a retos complejos y cambiantes. Más allá de los exámenes tradicionales, estas competiciones recrean escenarios reales, obligan a integrar conocimientos de distintas áreas y exigen tomar decisiones bajo presión, trabajando en equipo y con un alto nivel de exigencia técnica y ética. Son, en la práctica, laboratorios de innovación aplicada donde personal del ámbito universitario, de la industria, de empresas de cada sector y, en este caso concreto,



8th Cassini Hackathon 2024



Equipo EUROLYNX

de la defensa pueden demostrar no solo lo que saben, sino, sobre todo, lo que son capaces de hacer con ese conocimiento.

Entre los eventos más significativos para este fin, y en los que nuestro alumnado ha destacado especialmente en los últimos años, se encuentra la denominada «Ciberliga» de ciberdefensa de la Guardia Civil. Esta competición reúne a equipos de universidades, Fuerzas Armadas y otros organismos para enfrentarse a escenarios de ciberseguridad avanzados, en los que deben detectar, analizar y neutralizar amenazas en el dominio ciberespacial en tiempo limitado, defendiendo infraestructuras críticas simuladas frente a ataques en el dominio ciberespacial cada vez más sofisticados. Participar en esta Ciberliga supone medirse con algunos de los mejores equipos del país, trabajar codo con codo con otros actores del ciberespacio y poner a prueba técnicas y procedimientos que después serán esenciales en el desempeño profesional en el ámbito de la ciberdefensa.

Otro de los formatos clave es el «Hackathon», término que combina las palabras «hacker» y «marathon» y que describe una intensa «maratón» de innovación en la que equipos multidisciplinares disponen de unas pocas horas o días para idear, diseñar y prototipar soluciones tecnológicas a problemas concretos. En el ámbito de la defensa, el espacio y el ciberespacio, estos Hackathon están impulsados y organizados por empresas privadas, agencias y organismos públicos, universidades, etc., que buscan el talento mediante el planteamiento de desafíos ligados al desarrollo de las capacidades de defensa y espaciales, al empleo de sistemas de toma de decisiones, a la lucha contra amenazas específicas o a la aplicación de la inteligencia artificial a diferentes situaciones, entre otros. Se trata, por tanto, de una auténtica «Champions» de la innovación en defensa, una competición de primer nivel que permite llevar al límite las capacidades de los equipos participantes para transformar ideas en prototipos funcionales, presentar sus propuestas ante jurados de alto nivel y comprobar que su talento puede traducirse en soluciones concretas para la seguridad y la defensa del futuro.

LA V NATIONAL CYBER LEAGUE 2023: EL INICIO DE UNA ÉPOCA DE DEMOSTRACIÓN DE TALENTO

La participación de cinco alféreces alumnos en la V National Cyber League de la Guardia Civil de 2023



EUDIS Defence Hackathon 2026



Equipo participante en la Ciberliga de la Guardia Civil durante su desafío

marcó el arranque de una nueva etapa para la EMACOT, en la que la ciberdefensa comenzó a convertirse en una de sus señas de identidad. Pertenecientes a la 75.ª promoción de oficiales del Ejército del Aire y del Espacio, una de las primeras promociones de la recién creada especialidad de Ciberespacio (CBE), estos alumnos aceptaron el reto de medirse con algunos de los principales equipos del panorama nacional e internacional, en una final en la que compitieron 18 equipos procedentes de 13 países distintos, formados en su mayoría por profesionales consolidados del sector (servicio secreto de EE.UU., Carabinieri, Mando Conjunto del Ciberespacio, NCA, etc.).

Su tercer puesto en el podio evidenció un nivel de preparación sobresaliente y una notable capacidad para coordinarse, analizar incidentes y responder con solvencia ante multitud de retos que simulaban

Hablar con los alféreces alumnos y tenientes que han participado en Hackathones y Ciberligas deja una sensación clara: detrás de los proyectos tecnológicos, los prototipos y las competiciones hay mucho más que código, drones o ciberdefensa. Hay nervios, dudas, presión, cansancio… y también una enorme capacidad de adaptación. Todos coinciden en algo parecido: estas experiencias terminan enseñando cosas que difícilmente se aprenden en un aula.



Carlos Díaz

Carlos Díaz Fernández lo explica desde una trayectoria especialmente singular. Antes de llegar a la Academia General del Aire había pasado por distintas etapas dentro de las Fuerzas Armadas: fue soldado, después sargento y estuvo destinado en unidades como el Ala 14, el MACOM o el GRUEMA. Además, es graduado en Derecho y en Administración y Dirección de Empresas. Todo ese recorrido le llevó finalmente a la especialidad de Defensa y Control Aeroespacial.

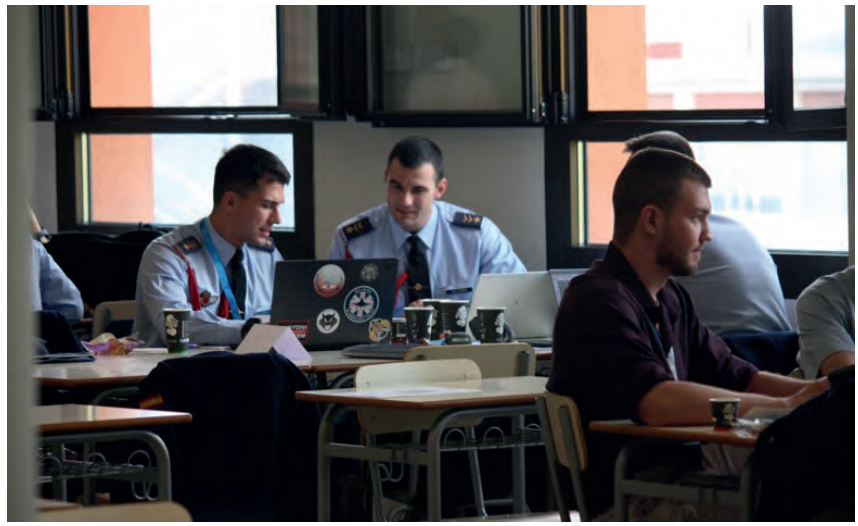
Cuando recuerda el Hackathon en el que participó, reconoce que el equipo llegó con mucha ilusión, aunque también con bastantes dudas. Sabían cómo funcionaban estos eventos porque otros compañeros habían participado antes, pero una cosa es escucharlo y otra vivirlo. Al principio no tenían demasiado claro si realmente iban a ser capaces de aportar algo frente a equipos con muchísima más experiencia.

El reto estaba relacionado con el conflicto entre Ucrania y Rusia y planteaba soluciones tecnológicas vinculadas al empleo de drones en el frente. Dentro de ese escenario decidieron centrarse en un sistema de alerta temprana e identificación de UAV. La idea terminó convirtiéndose en un prototipo funcional basado en fusión de sensores capaz de detectar drones comerciales.

Pero el camino no fue tan limpio ni tan ordenado como muchas veces parece desde fuera. Carlos recuerda especialmente el impacto que les produjo ver el nivel del resto de participantes. Había equipos empresariales y universitarios con proyectos muy avanzados y perfectamente estructurados. A eso se sumaba el tiempo, que siempre jugaba en contra. Todo iba rápido y la presión era constante.

Aun así, consiguieron organizarse bien. Repartieron tareas, aprovecharon el tiempo al máximo y fueron adaptándose sobre la marcha. Hubo incluso un momento delicado en el que llegaron a pensar que su idea inicial no era suficientemente buena. Se plantearon empezar otra completamente distinta, aunque enseguida entendieron que no podían permitirse per-

situaciones reales de alta presión. Aquella cita de noviembre de 2023 supuso, en definitiva, el punto de inflexión que confirmó el potencial de la nueva especialidad de Ciberespacio y reforzó la importancia de la formación práctica y competitiva en la preparación de nuestros futuros oficiales.



EUDIS Defence Hackathon 2026

LIDERAZGO E INNOVACIÓN EN LOS PRINCIPALES HACKATHON DE DEFENSA EN EUROPA

Desde la primera participación de nuestros alféreces alumnos en el ámbito de los Hackathon, estos se han situado de forma constante en la élite de los grandes desafíos tecnológicos vinculados al espacio y a la defensa. En noviembre de 2024, cuatro alféreces alumnos de la 76.ª promoción de la AGA, acompañados por un profesor de la EMACOT, se midieron en el prestigioso Cassini Hackathon contra equipos procedentes de toda España, alzándose con el primer premio gracias a un proyecto (NumantIA) de respuesta ante catástrofes basado en inteligencia geoespacial, concebido para priorizar de manera eficaz las intervenciones de emergencia tras desastres de gran magnitud. Pocas semanas después, ese mismo proyecto confirmó su solidez en la final internacional del 8th CASSINI Hackathon, donde nuestros alumnos volvieron a destacar y conquistaron un

der tiempo empezando desde cero. En lugar de abandonar, decidieron reorientar el proyecto y seguir adelante. Viéndolo ahora, Carlos cree que esa fue una de las lecciones más importantes del evento: aprender a confiar en el proceso incluso cuando las cosas empiezan a torcerse.

También recuerda perfectamente la sensación de compararse con equipos de universidades, empresas e incluso participantes de otros países y Fuerzas Armadas. Al principio pensaron que tenían muy pocas opciones. Muchos llegaban con ideas mucho más maduras y ellos prácticamente partían desde cero. Sin embargo, aquella sensación inicial terminó convirtiéndose en motivación. Querían demostrar, sobre todo a sí mismos, que también podían competir.

De todas las enseñanzas que se llevó del Hackathon, hay una que repite varias veces: aprender a confiar más en uno mismo y en el equipo. Porque en este tipo de competiciones, explica, no todo depende de los recursos o de la experiencia previa. La actitud, la capacidad de adaptación y la forma de reaccionar cuando aparecen problemas terminan marcando una diferencia enorme.

Pensando ya en su futuro como teniente, tiene claro que esta experiencia le ayudará a gestionar mejor situaciones difíciles, a trabajar bajo presión y a reaccionar con más seguridad cuando haya que tomar decisiones rápidas. Y, sobre todo, le confirmó algo que para él representa muy bien el espíritu militar: ningún proyecto sale adelante solo. El compañerismo y el trabajo en equipo fueron fundamentales desde el principio hasta el final.

Además, reconoce que este tipo de experiencias cambian la manera de entender el papel de un oficial dentro del Ejército del Aire y del Espacio. Cree que en los próximos años será imprescindible tener una preparación técnica sólida para poder comprender los sistemas con los que se trabaja y tomar decisiones con mayor autonomía, dependiendo menos de soluciones externas o de la industria.



Carlos Díaz con el equipo ADAS.3, vencedores EUDIS Defence Hackathon 2026

Cuando habla de cómo imagina la defensa del futuro, lo hace pensando en una transformación tecnológica que ya está ocurriendo. Ciberdefensa, sistemas no tripulados, nuevas amenazas híbridas… todo está cambiando muy deprisa. Y precisamente por eso considera que las Fuerzas Armadas tendrán que ser cada vez más flexibles y adaptarse constantemente a entornos tecnológicos que evolucionan a una velocidad enorme.

Por eso, cuando algún alférez alumno duda sobre si presentarse o no a una Ciberliga o un Hackathon, su respuesta es bastante directa: las dudas son normales, todos las tienen. Pero merece la pena intentarlo. Recomienda acudir con alguna idea previa, aunque sea sencilla, confiar en el equipo y no dejarse impresionar demasiado por la competencia. Porque, al final, cualquier proyecto puede terminar estando al mismo nivel que otros mucho más desarrollados.

Si tuviera que resumir lo que significaron para él estas competiciones, lo haría de forma sencilla: una experiencia inolvidable que le enseñó a afrontar las adversidades con más confianza, decisión y capacidad de adaptación.

meritorio tercer puesto frente a los ganadores de otros países europeos, recibiendo no solo reconocimiento y apoyo para seguir desarrollando su solución, sino demostrando además un ejemplar sentido del servicio al donar íntegramente sus premios a las víctimas de la DANA de Valencia a través de Cáritas Castrense.

Meses más tarde, en mayo de 2025, el listón se mantuvo alto con la participación en el EUDIS Defence Hackathon 2025, esta vez con el foco puesto en la innovación tecnológica aplicada directamente al frente ucraniano: dos equipos de esa misma 76.ª promoción compitieron en retos de conciencia situacional, protección al combatiente y apoyo médico avanzado, logrando uno de ellos el tercer puesto con el proyecto DURAN, una propuesta de estandarización de la información médica del combatiente para mejorar la atención sanitaria en primera línea.

Ya en octubre de 2025, y una vez incorporada la siguiente promoción a la EMACOT con el inicio del nuevo curso académico, los alféreces alumnos de las especialidades de Defensa y Control Aeroespacial (DCE) y de Ciberespacio (CBE) dieron un paso decisivo en esta línea de éxitos al obtener un histórico doble primer puesto en el EUDIS Defence Hackathon Spain, con un equipo vencedor por cada especialidad y con dos proyectos claramente diferenciados: EuroLynx, centrado en el empleo del dominio espacial, y ADAS.3, orientado a la lucha contra sistemas no tripulados. En un entorno altamente competitivo, en el que también participaron equipos procedentes de universidades, de la industria de defensa y de otras fuerzas armadas europeas, estos resultados situaron a la EMACOT en la vanguardia de la innovación tecnológica aplicada a la seguridad.

El proyecto EuroLynx proponía una solución basada en inteligencia artificial para optimizar el uso de capacidades espaciales en la obtención y explotación de información relevante para la toma de decisiones en el contexto del conflicto ucraniano y, además de ser ganador nacional, adquirió un meritorio cuarto puesto europeo, mientras que ADAS.3 se centraba en la detección, seguimiento y clasificación de drones, integrando distintas fuentes de datos para mejorar la conciencia situacional en el campo de batalla. Esta combinación de visión operativa, solidez técnica y capacidad para transformar conceptos en prototipos funcionales confirmó que nuestros alféreces alumnos no solo están al nivel de los mejores, sino que contribuyen activamente a imaginar y construir las capacidades de defensa que Europa necesitará en los próximos años.

Una sensación muy parecida transmite Rocío Palacios Guerrero, aunque desde una experiencia completamente distinta. Actualmente destinada en el Grupo Central de Mando y Control como controladora de interceptación, reconoce que cuando ingresó en el Ejército del Aire y del Espacio todavía no tenía claro a qué quería dedicarse exactamente. Con el tiempo descubrió el ámbito del control de interceptación y encontró en él una especialidad poco conocida, pero absolutamente clave dentro de la defensa aérea española.

Cuando recuerda el inicio del Hackathon en el que participó, habla sobre todo de incertidumbre. Había muchísima información, varios retos abiertos y demasiadas posibilidades sobre la mesa. Durante las primeras horas costó encontrar una dirección clara para el proyecto y decidir hacia dónde enfocar realmente el trabajo.

Curiosamente, una de las partes de las que se siente más orgullosa no tiene tanto que ver con el aspecto técnico como con algo mucho más personal: la presentación final en inglés. Sus compañeros confiaron en ella para defender el proyecto delante del jurado, los mentores y el resto de participantes. Y aunque admite que es bastante introvertida y que hablar en público nunca le ha resultado fácil, decidió asumir el reto.

Prepararse aquella presentación terminó siendo también una forma de superar inseguridades. De hecho, reconoce que la experiencia le ayudó a ganar confianza en sí misma y a sentirse más segura en situaciones de presión.

Más allá de la parte técnica, Rocío insiste mucho en algo que considera fundamental: la gestión del tiempo y la coordinación dentro del equipo. En un Hackathon, explica, no funciona eso de repartir tareas individualmente y juntarlas al final. Todo depende de todo. Si una parte falla o se retrasa, afecta al resto. Por eso la comunicación constante se vuelve imprescindible.

También le llamó la atención comprobar cómo muchos conocimientos aprendidos durante la formación en la AGA y la



Rocío Palacios

EMACOT cobraban sentido real al aplicarlos fuera del entorno académico. En su caso utilizaron conceptos relacionados con métodos cuantitativos, economía, dirección de operaciones, logística e incluso inglés técnico, especialmente útil durante la presentación final del proyecto.

Cuando habla de los valores militares que vio reflejados durante la competición menciona enseguida el trabajo en equipo, pero también la disciplina, el compromiso y el afán de superación. Recuerda ver a muchos estudiantes dedicando un fin de semana entero a desarrollar proyectos comple-



Rocío Palacios en el 8th Cassini Hackathon 2024

jos, prácticamente sin descanso y renunciando a su tiempo libre únicamente por aprender y mejorar.

Además, considera que la formación militar aporta una ventaja importante en este tipo de escenarios: la capacidad de trabajar bajo presión, priorizar lo importante y adaptarse rápido cuando las circunstancias cambian.

Pensando en las futuras promociones, cree que sería interesante acercar más la formación académica a este tipo de dinámicas. No limitar los trabajos grupales a recopilar información o hacer presentaciones, sino plantear retos reales donde los alumnos tengan que buscar soluciones concretas utilizando lo aprendido.

Entre todos los recuerdos que guarda del Hackathon, hay uno especialmente significativo. Durante el evento mantuvieron una conversación con el jefe de bomberos de la Comunidad de Madrid sobre la dificultad de tomar decisiones rápidas en situaciones de emergencia. Aquella charla, aparentemente informal, terminó ayudando al equipo a encontrar el enfoque definitivo de su proyecto.

La visión de Carlos Fernández Valladares tiene muchos puntos en común, aunque su entorno es distinto. Graduado en informática, con un máster en investigación en ciberseguridad y experiencia previa en empresas privadas y en el Instituto Nacional de Ciberseguridad, encontró en la especialidad de Ciberespacio el lugar donde realmente podía aportar todo ese conocimiento.



Carlos Valladares

En su caso, recuerda especialmente la presión inicial de la Ciberliga. Había muchos retos técnicos abiertos, un marcador que cambiaba constantemente y la sensación de estar compitiendo contra perfiles con muchísima experiencia. Además, eran prácticamente el único equipo formado por alumnos, algo que imponía todavía más.

Aun así, el grupo terminó funcionando de forma muy natural. Todos se conocían bien, sabían cuáles eran las fortalezas de cada uno y eso permitió organizarse sin necesidad de grandes jerarquías. Cada integrante asumió un rol técnico y la coordinación fue surgiendo casi sola.

Conseguir buenos resultados frente a equipos tan potentes supuso un impulso enorme para su confianza profesional. Le permitió comprobar que, incluso siendo todavía alumno, podía competir a muy buen nivel.

Pero quizá lo más importante que se llevó de aquella experiencia fue una perspectiva diferente. Entendió que incluso los rivales podían convertirse en personas de las que aprender. Salir de la zona de confort, enfrentarse a situaciones difíciles y trabajar con presión constante terminó reforzando también su resiliencia y su manera de entender el trabajo en equipo.

Por eso defiende una formación mucho más práctica y cercana a este tipo de retos reales. De hecho, cree que participar en competiciones como Ciberligas o Hackathones debería formar parte casi obligatoria del proceso formativo. No solo por el aprendizaje técnico, sino porque obligan a los alumnos a descubrir sus fortalezas, detectar sus carencias y enfrentarse a situaciones completamente distintas a las del entorno académico habitual.

Mirando atrás, reconoce que hoy haría algunas cosas de otra manera. Sobre todo, planificaría mejor determinados pasos y evitaría actuar de forma improvisada cuando realmente no era necesario. Porque una de las cosas que aprendió es que, incluso trabajando contrarreloj, parar unos segundos para pensar bien el siguiente movimiento suele ahorrar mucho más tiempo del que parece.

Y cuando piensa en su generación de alféreces alumnos, tiene bastante claro qué le gustaría transmitir: que es una generación preparada, acostumbrada a seguir formándose constantemente, con ganas de innovar y de aportar soluciones reales dentro de las Fuerzas Armadas. Una generación que entiende la tecnología no solo como una herramienta, sino como una parte esencial de la defensa del futuro. ■



Carlos Valladares en la Ciberliga de la Guardia Civil

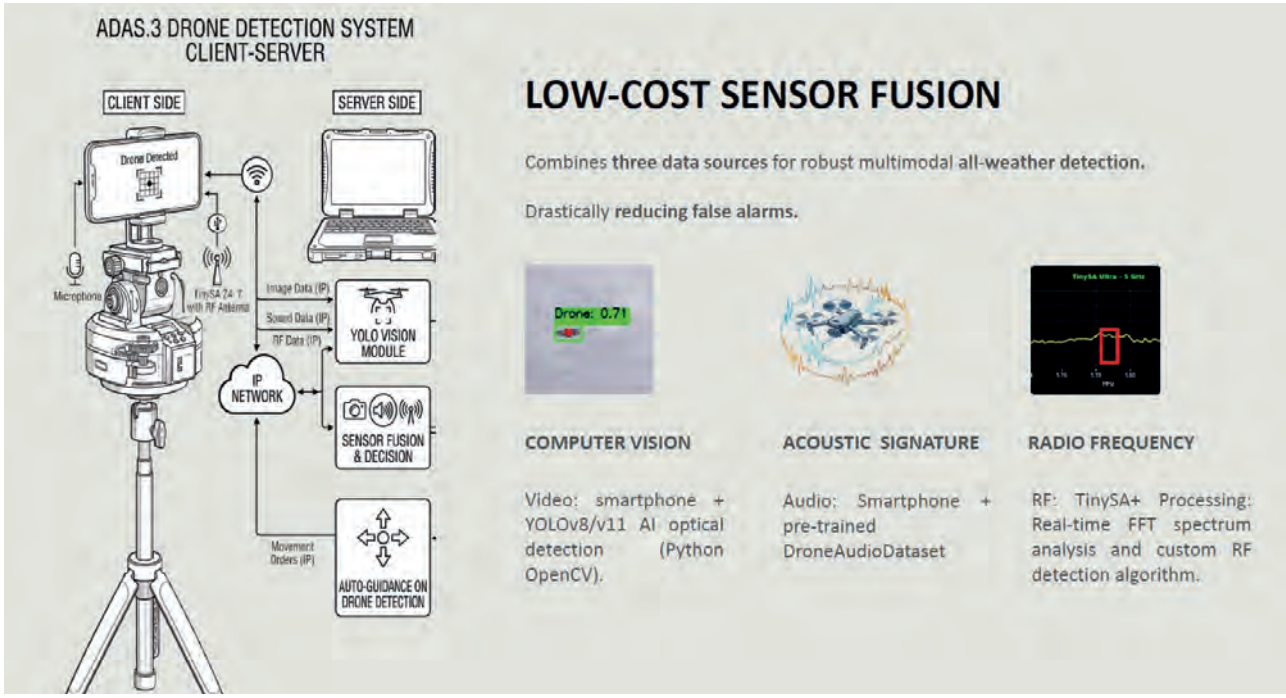


Proyecto ADAS3_1

EL EUDIS DEFENCE HACKATHON DE 2026, ESPEJO FINAL DE LA FORMACIÓN Y VALORES DEL EA

Finalmente, la edición española del EUDIS Defence Hackathon «Eudis Defence 2026», celebrada en el acuartelamiento del Mando de Operaciones Especiales del Ejército de Tierra, ha supuesto la confirmación más reciente y contundente de la solidez del modelo formativo y de los valores que inspiran a los futuros oficiales del Ejército del Aire y del Espacio. En esta ocasión, el foco de los retos se situó en la protección frente a sistemas no tripulados, la mejora de las capacidades de detección avanzada y el empleo de la inteligencia artificial para reforzar la toma de decisiones en entornos operativos complejos.

El equipo formado por cuatro alféreces alumnos de la especialidad de Defensa y Control Aeroespacial, el mismo que compartió el primer premio en el EUDIS Defence Hackathon de 2025, se impuso a representantes de otros ámbitos académicos, industriales y militares gracias a un proyecto innovador frente a la amenaza de sistemas no tripulados. Su solución, denominada ADAS.3, integra de forma coherente distintos sistemas de alerta temprana frente a drones (Counter-UAS, por sus siglas en inglés) con el empleo de inteligencia artificial, ofreciendo una capacidad real, escalable y de bajo coste para mejorar la protección del espacio aéreo y la conciencia situacional de las fuerzas desplegadas, en línea con las prioridades de la defensa europea y con las necesidades del combate moderno. Este proyecto ha llamado



Proyecto ADAS3_2



EUDIS Defence Hackathon 2026

especialmente la atención de las unidades y mandos responsables de la defensa contra drones del Ejército del Aire y del Espacio, que se encuentran actualmente analizando su viabilidad de adquisición y puesta en práctica en escenarios de combate reales, dado su demostrado potencial.

Más allá del resultado, la participación de todos estos alumnos, acompañados y guiados por el claustro de la EMACOT y por mentores del ecosistema de innovación en defensa, ha puesto de manifiesto la madurez técnica, la ética profesional y la orientación al servicio que caracterizan a la formación del Ejército del Aire y del Espacio: trabajar codo con codo con expertos, ajustar sus propuestas a necesidades operativas reales, defenderlas ante jurados de alto nivel y asumir que la tecnología solo cobra pleno sentido cuando contribuye de manera directa a la seguridad de Europa y cuando detrás de ella existe un equipo cohesionado, con valores y orientado a cumplir la misión. En este nuevo éxito se condensa el espíritu de toda una generación de alféreces alumnos que, desde la Ciberliga hasta los Hackathon internacionales, han demostrado que están preparados para liderar los desafíos tecnológicos del presente y para construir, con su talento y su compromiso, la defensa del futuro. ■



Equipo ADAS.3 vencedores del EUDIS Defence Hackathon 2026

UNVEX,
el mayor evento de la industria de Defensa dedicado a sistemas autónomos e inteligentes

Gabriel Cortina
Consultor y analista de industria aeroespacial y de defensa

UNVEX (Unmanned Vehicles Exhibition) es el mayor evento celebrado en España dedicado a sistemas autónomos e inteligentes, en el que se reúnen la industria, las Fuerzas Armadas y los principales actores del sector. Destacaron los sistemas merodeadores y las soluciones autónomas multidominio, con demostraciones en vivo y pruebas operativas en condiciones reales de vuelo y maniobra.



El jefe de Estado Mayor del Ejército del Aire y del Espacio, general del Aire Francisco Braco, señaló que es necesario un sistema coordinado basado en la integración de todos los operadores (Imagen: Infodefensa).

El aeropuerto de San Javier (Murcia), junto a la Academia General del Aire y del Espacio, ha sido el escenario de la décima edición de UNVEX, una ubicación que permite realizar demostraciones en vivo y pruebas operativas de sistemas no tripulados en condiciones reales de vuelo y maniobra. Compañías fabricantes y suministradoras, usuarios, centros de investigación y autoridades del ámbito de la seguridad y la defensa han compartido programa junto al Ejército del Aire y del Espacio. En las jornadas técnicas se ha abordado la evolución de las tecnologías autónomas y sus aplicaciones en defensa y seguridad. Destacaron los sistemas merodeadores y las soluciones autónomas multidominio. También hubo gran interés en la protección de infraestructuras críticas, las tecnologías duales y las misiones de salvamento y emergencia.



Integración de un UAV en el sistema de mando y control Talos (Imagen: GMV)

LA DIGITALIZACIÓN DEL CAMPO DE BATALLA

«Vamos hacia un mundo con unos ejércitos muy distintos, donde será muy difícil moverse». Esta afirmación, formulada en la conferencia inaugural, puede ser el resumen de la revolución que están protagonizando los sistemas no tripulados en el nuevo campo de batalla. La irrupción del campo de batalla transparente, impulsada por la adopción masiva de sistemas no tripulados por los ejércitos, lo está cambiando todo. El cambio ha llegado con fuerza de la mano de los drones, como se demuestra en los conflictos de Ucrania y del estrecho de Ormuz.

El jefe de Estado Mayor del Ejército del Aire y del Espacio (JEMA), general del Aire Francisco Braco, señaló que los sistemas no tripulados están en el teatro de operaciones, pero el operador está en tierra, por lo que la versatilidad y el menor coste de los drones los convierten en herramientas determinantes del poder aéreo. Además, no se puede hablar de drones sin hacerlo de los sistemas antidrones, para los que es necesario un sistema coordinado basado en la integración de todos los operadores. El reto para la industria es poder ofrecer una gestión simultánea de varios tipos de sensores, como radares, sistemas electroópticos, localizadores de frecuencias de radio, inhibidores y lanzadores de redes, así como ser capaz de eliminar la amenaza mediante la activación de misiles, armas láser o drones de impacto. También participó el general de división Miguel Ángel Orduña, jefe de la División de Planes del Ejército del Aire y del Espacio.

CAPACIDADES MULTIDOMINIO Y NUEVOS ENTORNOS OPERATIVOS

La evolución de los entornos operativos exige integrar capacidades que permitan compartir información en tiempo real, coordinar plataformas, sensores y sistemas no tripulados y apoyar la toma de decisiones en todos los niveles del mando. En este contexto, se mostraron tecnologías en ámbitos como el mando y control, la inteligencia, la navegación resiliente para plataformas terrestres y sistemas no tripulados, la digitalización de plataformas y el apoyo al combatiente, contribuyendo a una fuerza más conectada, interoperable y preparada para afrontar los desafíos del dominio terrestre.

En C4ISR destacó GMV con soluciones interoperables, modulares y escalables, como Talos, un sistema de mando y control que integra ar-



La principal necesidad es proteger fuerzas desplegadas, como es el caso de las bases aéreas (Imagen: EM&E Group)

tillería, sensores y plataformas no tripuladas a través del sistema IRIS, facilitando los fuegos en red en tiempo real. El «ISNAV» incorpora tecnologías antispoofing, compatibles con el servicio Galileo PRS, que proporcionan una navegación robusta en entornos con disponibilidad GNSS degradada.

MISILES Y PROPUESTA MODULAR Y MULTICAPA

Durante UNVEX se presentaron numerosas soluciones vinculadas al ecosistema UAV, entre ellas el programa Eurodrone, junto con sistemas de defensa aérea. Indra presentó su misil de crucero de bajo coste Squall, diseñado para golpear objetivos estratégicos a más de 300 kilómetros. El nuevo sistema está pensado para ataques en profundidad en masa y misiones de saturación destinadas a desbordar las defensas adversarias.

Destacaron el Mistral y la familia de misiles de quinta generación Akeron de MBDA, concebida para actuar con precisión tanto a corto como a largo alcance. La innovación tecnológica se centra en la óptica, el enlace de datos bidireccional, la fusión de datos y el procesamiento de imágenes basado en principios de inteligencia artificial. Esto permite operar contra objetivos situados más allá de la línea de visión y actualizar su designación durante el vuelo. Como propuesta modular y multicapa para hacer frente a drones de distinta clase, se presentó Sky Warden. Su interés reside en una arquitectura que integra sen-



Los nuevos misiles buscan operar contra objetivos situados más allá de la línea de visión y actualizar su designación durante el vuelo (Imagen: MBDA).



Interceptor multiamenaza especialmente diseñado para misiones C-UAS (Imagen: Destinus)

sores, inteligencia artificial aplicada a la detección y clasificación de amenazas, y una amplia variedad de efectores, desde inhibidores o lanzadores de redes hasta misiles y el arma láser Hela-P.

SISTEMAS MERODEADORES E INTERCEPTORES

También cabe resaltar los sistemas merodeadores diseñados para proporcionar capacidades avanzadas de vigilancia, reconocimiento, inteligencia e intervención en diferentes escenarios operativos y frente a distintos tipos de amenazas. La compañía Arquimea mostró el Q-Slam con todas sus variantes, con alcances que van desde los tres hasta los 300 kilómetros. La novedad tecnológica ha sido la incorporación de mejoras orientadas a incrementar la autonomía y el alcance, así como a reforzar sus capacidades operativas. En la actualidad, ha fabricado más de 3000 unidades. En cuanto a motores, la compañía Xicoy anunció un acuerdo para fabricar motores turbojet de diferentes tamaños, desde formatos compactos hasta configuraciones de gran empuje. Por su parte, Armmo mostró una evolución del interceptor Bandit X, con una velocidad de 420 km/h y un kilo de carga.

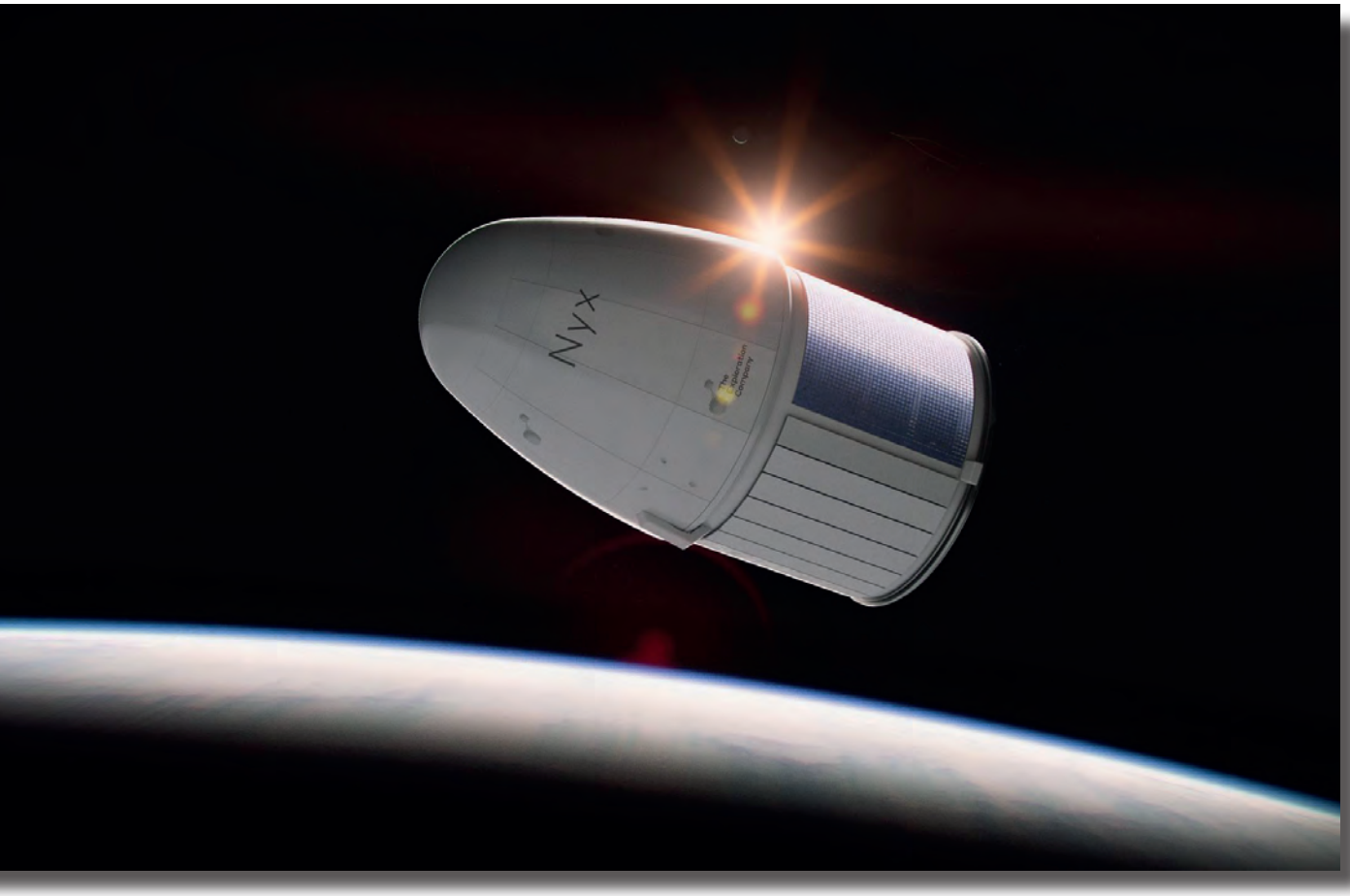
Destinus, que cuenta con una fábrica en España, presentó el Hornet BL2, un interceptor multiamenaza especialmente diseñado para misiones C-UAS, lanzado desde tierra e integrable en sistemas de defensa aérea más amplios. Su arquitectura de navegación, basada en múltiples fuentes, y un guiado terminal autónomo mediante sensores EO/IR le permiten realizar interceptaciones precisas. Su principal acierto es que responde a uno de los principales retos de los conflictos actuales: la asimetría de costes entre amenazas de bajo coste y sistemas de defensa tradicionales. Como novedad, se exhibió el Kryla, una solución disuasoria de largo alcance.

Por último, entre los sistemas interceptores multicapa para neutralizar amenazas de enjambres de drones se encontraba el Tábano (Arquimea). Se trata de una novedad que combina diferentes capacidades para detectar, identificar y neutralizar drones, proporcionando una burbuja de protección móvil para unidades, infraestructuras y activos estratégicos. Como se explicó en las demostraciones, el enfoque multicapa posibilita el empleo coordinado de sensores, sistemas de mando y control y medios de interceptación. La principal necesidad es proteger fuerzas desplegadas, infraestructuras y activos estratégicos, como es el caso de las bases aéreas. Para este tipo de vigilancia, EM&E Group mostró el Aunav Link, que tiene capacidad para neutralizar blancos y cuya novedad es que todo puede ser controlado por un solo operador, tanto el robot como la estación de armas, ya que la torre se opera desde la propia unidad de control del robot. ■

Nyx, una cápsula europea

Manuel Montes Palacio

Tras años de letargo, Europa acelera ahora el desarrollo de sistemas espaciales reutilizables: cápsulas capaces de transportar carga a la órbita terrestre, abastecer estaciones espaciales e incluso realizar misiones hacia la Luna, con retorno seguro a la Tierra. Las iniciativas en marcha son diversas –incluida una propuesta española–, pero la que parece más próxima a entrar en servicio es la cápsula Nyx, desarrollada por la empresa franco-alemana TEC (The Exploration Company).



La compañía TEC fue fundada en julio de 2021 por Hélène Huby y un grupo de ingenieros procedentes de la industria aeroespacial europea, como Airbus y ArianeGroup, con amplia experiencia en sistemas de transporte orbital, como el viejo ATV o el módulo de servicio de la nave Orion. Su objetivo sería desarrollar una cápsula reutilizable para transportar diversos tipos de carga al espacio y de vuelta a la Tierra, sin renunciar a implementar en el futuro una versión tripulada. Para ello, el vehículo sería diseñado con un aspecto muy parecido a la Dragon estadounidense, y pensado para viajes en solitario y acoplamientos con complejos orbitales, incluyendo la Estación Espacial Internacional.

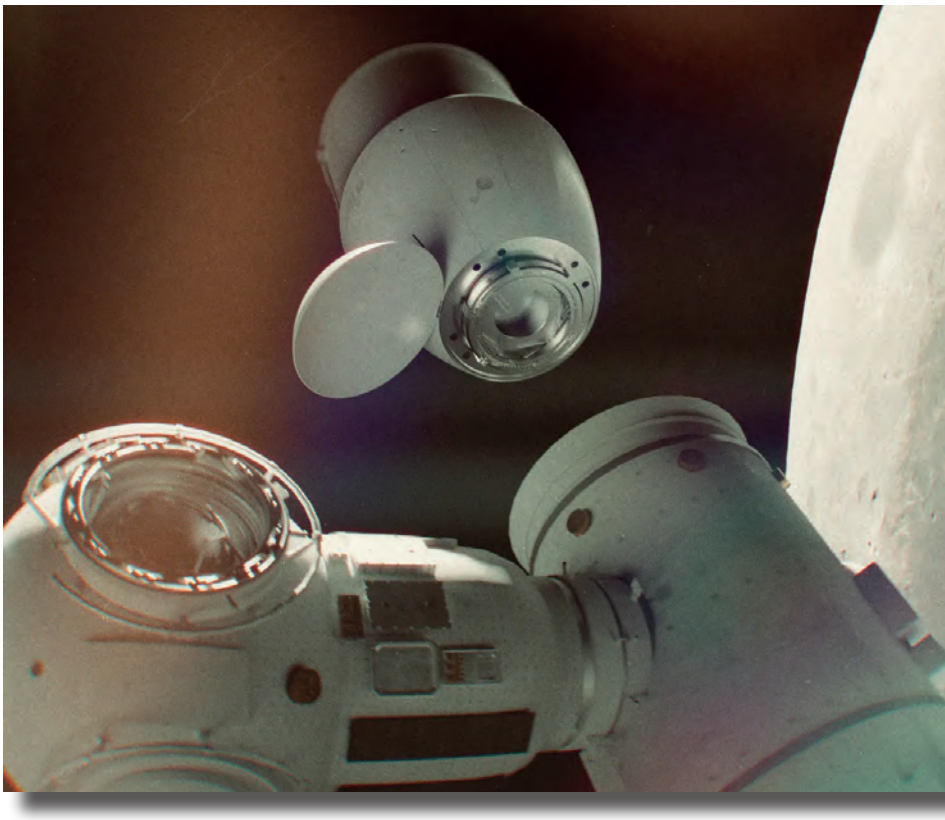
Tras una primera ronda de financiación y el respaldo de diversas instituciones, entre ellas la Agencia Espacial Europea, TEC anunció en fe-

brero de 2023 el inicio del desarrollo de su cápsula Nyx. El sistema estará formado por una nave cónica de cuatro metros de diámetro acoplada a un módulo de servicio cilíndrico, alcanzando una longitud total de unos siete metros. Con una masa aproximada de ocho toneladas, podrá transportar hasta cuatro toneladas de carga al espacio y devolver a la Tierra unas tres toneladas. Uno de sus objetivos clave es reducir los costes entre un 25 y un 50% respecto a otras naves recuperables, además de permitir estancias prolongadas en órbita gracias a su capacidad de reabastecimiento.

Su rango de masa permitirá su lanzamiento mediante diversos cohetes ya operativos. Una vez en órbita, la nave presurizada podrá maniobrar con los motores de su módulo de servicio, acoplarse a otros vehículos y regresar de forma controlada a la Tierra. Este tipo de cápsulas comerciales será especialmente demandado en los próximos años, con la llegada de estaciones espaciales privadas como las de Axiom o Vast, compañías con las que TEC firmó acuerdos de servicios preliminares en 2023 y 2024. No obstante, estos compromisos dependerán del éxito del desarrollo tecnológico del programa.

En este contexto, la empresa trabaja en varios sistemas de propulsión: los motores Mistral para maniobras orbitales; los Huracán/Breeze, destinados a misiones lunares y alimentados por biometano y oxígeno líquidos; y los Typhoon, motores reutilizables de alto empuje cuyo desarrollo comenzó en enero de 2024.

La versión básica de la cápsula, denominada Nyx Earth, estará destinada a misiones en órbita baja. Equipada con un sistema de acoplamiento, podrá operar con distintas estaciones espaciales, manteniendo la citada capacidad objetivo de transportar hasta cuatro toneladas de carga y devolver tres toneladas de materiales o resultados científicos.









TEC también contempla una variante para misiones lunares, la Nyx Cislunar, capaz de transportar cinco toneladas de carga y retornar con dos toneladas. A ello se suma la Nyx Moon, una versión especializada diseñada para aterrizar en la superficie lunar con experimentos y suministros.

Todas estas versiones compartirán una arquitectura modular, adaptada a cada tipo de misión. En particular, la Nyx Earth ha sido diseñada para ser reutilizada hasta cinco veces. Su permanencia en órbita –inicialmente de hasta seis meses– podrá ampliarse mediante repostaje, empleando peróxido de alto rendimiento para alimentar los motores DS250 suministrados por Agile Space. En misiones lunares, en cambio, utilizará un sistema criogénico basado en metano y oxígeno líquidos.

Si las misiones orbitales se desarrollan con éxito y dentro de los márgenes de seguridad previstos,

TEC podría abordar el diseño de una versión tripulada con capacidad para entre cuatro y cinco astronautas, cuyo debut podría producirse en aproximadamente una década.

VUELOS EXPERIMENTALES

Las tecnologías implicadas –especialmente en vehículos reutilizables– conllevan fases de alto riesgo, como la reentrada atmosférica. Por ello, TEC diseñó un programa de ensayos basado en demostradores a pequeña escala, desarrollados y probados entre 2024 y 2025.

La primera misión de este programa, denominada Nyx Bikini, tenía como objetivo evaluar el comportamiento de la cápsula, su perfil de descenso, la resistencia al rozamiento atmosférico y los procedimientos de recuperación. Se trataba de un vehículo cónico muy sencillo, de unos 40 kg de masa y aproximadamente 60 cm de diámetro, equipado con instrumentación para recopilar datos que permitieran validar los modelos aerodinámicos y térmicos. Con el apoyo de la Agencia Espacial Europea, la misión pretendía demostrar una reentrada balística, un paso esencial para cualquier sistema reutilizable.



El plan contemplaba su lanzamiento a bordo del primer vuelo del cohete Ariane 6. Tras alcanzar la órbita, la cápsula permanecería unida a la etapa superior hasta que esta iniciara su maniobra de desorbitado, momento en el que sería liberada para efectuar su propia reentrada, tras haber viajado a velocidades cercanas a los 29 000 km/h. Mientras la etapa se destruiría durante el descenso, la Nyx Bikini debía soportar temperaturas de hasta 2100 °C gracias a su escudo térmico.

Concebida como un demostrador de bajo coste, la cápsula fue construida en apenas nueve meses, con una inversión aproximada de dos millones de euros. Para reducir plazos y gastos, parte de su aviónica procedía de drones comerciales, por lo que no estaba optimizada para soportar largos periodos de radiación espacial. No obstante, al limitarse la misión a menos de tres horas en órbita, se consideró un compromiso asumible.

En línea con su simplicidad, la Nyx Bikini prescindía de sistemas de propulsión para el control de actitud, sustituyéndolos por tres pequeños alerones que garantizaban la correcta orientación del escudo térmico durante el descenso. Tras desacelerar en la atmósfera, la cápsula debía amerizar en el océano Pacífico y transmitir su posición mediante un teléfono satelital comercial para facilitar su recuperación.

La misión se inició el 9 de julio de 2024 con el lanzamiento del primer Ariane 62 desde Kourou, en la Guayana Francesa. El cohete cumplió con éxito su inserción orbital y la liberación de cargas secundarias. Sin embargo, al intentar el reencendido del motor de la etapa superior –una maniobra clave tanto para la mitigación de basura espacial como para situar la cápsula en la trayectoria de reentrada–, el sistema falló. Como consecuencia, el conjunto quedó varado en órbita y la Nyx Bikini, que además transportaba cenizas de 166 personas y semillas de cannabis a bordo, no pudo separarse ni completar su demostración de reentrada controlada.



La segunda misión, denominada Nyx Mission Possible, representó un avance significativo. Aunque aún por debajo del tamaño de la versión operativa, el vehículo alcanzaba ya los 2,5 metros de diámetro y una masa de 1600 kg. Esta mayor capacidad permitió integrar no solo sistemas de verificación técnica, sino también una carga útil relevante: 25 experimentos con un peso total de unos 300 kg, proporcionados por las agencias espaciales europea, alemana y francesa.

La cápsula fue lanzada a bordo de un cohete Falcon 9 de SpaceX, como parte de la misión Transporter-14, junto a múltiples satélites comerciales. En esta ocasión, el objetivo era demostrar un perfil de misión completo: separación del lanzador, control de actitud mediante propulsión, maniobra de frenado y reentrada, comunicaciones, protección térmica, despliegue de paracaídas y, finalmente, amerizaje y recuperación.

El despegue tuvo lugar el 23 de junio de 2025 desde la base californiana de Vandenberg, con destino a una órbita heliosincrónica. La etapa superior del Falcon 9 realizó varios encendidos para desplegar sus distintas cargas en diferentes altitudes. Finalmente, unas tres horas después del lanzamiento, ejecutó un último encendido de desorbitado destinado a su destrucción. Tras esta maniobra, la cápsula Mission Possible fue liberada en trayectoria suborbital, a unos 550 kilómetros de altitud.

La nave se orientó correctamente e inició la reentrada conforme a lo previsto, soportando tanto el intenso rozamiento atmosférico como la fase inicial de frenado. Durante el descenso, las comunicaciones se interrumpieron brevemente debido al fenómeno de ionización, para restablecerse poco después. Sin embargo, a unos 26 kilómetros de altitud, poco antes de la apertura de los paracaídas, el contacto se perdió de forma definitiva. La cápsula se dio



por perdida en el océano, junto con los experimentos transportados, que no pudieron ser recuperados.

El vehículo de Mission Possible fue desarrollado entre julio de 2022 y junio de 2025, y se convirtió, al menos sobre el papel, en la primera cápsula espacial recuperable privada construida en Europa. La misión tuvo un coste aproximado de 30 millones de euros y asumió ciertos riesgos deliberados, como la ausencia de pruebas previas del sistema de paracaídas, el uso de sistemas no redundantes o una campaña limitada de ensayos de propulsión.

Aunque no se descarta que TEC repita el experimento para demostrar una recuperación completa, sus ingenieros ya centran sus esfuerzos en la cápsula operativa definitiva, la Nyx Earth, cuyo primer vuelo de prueba –denominado Mission Odyssey– está previsto para 2028.

EL FUTURO DE LA NYX

En efecto, la compañía TEC se encuentra actualmente en plena fase de desarrollo y ensayos de su futura cápsula Nyx Earth. Concebida para prestar servicio a la Estación Espacial Internacional y otros complejos orbitales, el vehículo ya ha superado los controles y revisiones de seguridad necesarios para esta misión. En octubre de 2025 se llevó a cabo, además, una campaña de pruebas en túnel de viento destinada a validar su comportamiento en los regímenes subsónico e hipersónico. Paralelamente, se han ensayado los sistemas de protección externa frente a micrometeoritos y fragmentos de basura espacial, y en diciembre se formalizaron contratos para la fabricación de los mecanismos de acoplamiento con estaciones orbitales.

Las pruebas prácticas también han avanzado de forma significativa. En enero de 2026 se realizaron una veintena de amerizajes con un modelo de la cápsula, y al mes siguiente TEC recibió el primer módulo presurizado junto con el escudo térmico destinado al vuelo inaugural. En marzo se llevaron a cabo ensayos con una maqueta presurizada, confirmando que los principales elementos del sistema estarán listos para la primera misión, programada como se ha dicho para 2028.

Con la vista puesta en ese objetivo, la empresa ya trabaja en la siguiente evolución del vehículo, la Nyx Cislunar. Esta versión será similar a la destinada a la órbita baja, aunque con mayor capacidad de carga y adaptada a misiones más allá de la órbita terrestre. De forma paralela, se desarrolla un sistema capaz de realizar alunizajes: la Nyx Moon, que empleará motores Breeze, sometidos a ensayos estáticos, entre otros, en julio de 2025. En este contexto, TEC colabora con la Agencia Espacial Europea en diversas iniciativas orientadas a la creación de pequeños asentamientos lunares abastecidos por este tipo de naves.

Asimismo, la compañía francoalemana estudia proyectos complementarios basados en las tecnologías desarrolladas para la familia Nyx. Entre ellos destaca la nave Oura, concebida para acoplarse a satélites en órbita con el fin de realizar tareas de mantenimiento, reparación o repostaje, prolongando así su vida operativa. Aunque aún en una fase inicial, estas iniciativas cuentan también con el respaldo de la Agencia Espacial Europea.

Si el calendario se cumple, Europa podría disponer en apenas unos años de su primera cápsula comercial reutilizable operativa, abriendo así un nuevo ámbito de actividad para la industria espacial del continente. ■

12 de noviembre de 1993 (hace 33 años)

creación del Centro de Informática de Gestión (CIGES)

El 12 de noviembre de 1993 se crea el Centro de Informática de Gestión (CIGES) del Ejército del Aire y del Espacio, sustituyendo y asumiendo las funciones del desaparecido Centro de Proceso de Datos situado en Cuatro Vientos, y ubicándose en las instalaciones del Cuartel General. Su misión consiste en satisfacer las necesidades de CIS (Communication and Information Systems, Sistemas de Información y Telecomunicaciones, en español) de las UCO del EA.

Deben buscarse sus orígenes en la creación, en 1965, del Servicio de Mecanización del Ministerio del Aire que, en 1978, se convertiría en el Escuadrón de Procesos de Datos y la Escuela de Informática, transformándose en el Centro de Procesos de Datos que se localizó en el entonces Aeródromo Militar de Cuatro Vientos. Entre los años 2019 y 2020 apoyó el despliegue y la puesta en servicio de la Red Operativa Desplegable, Acreditable y Segura (RODAS) en destacamentos en el exterior, y en el año 2015 se convirtió en la única unidad del Ministerio de Defensa que contaba con la certificación PECAL/AQAP (Publicación Española de la Calidad/Allied Quality Assurance Publications -OTAN-).

23 de noviembre de 1946 (hace 80 años)

creación del Grupo de Experimentación en Vuelo del EA



El Grupo de Experimentación del Ejército del Aire y del Espacio (solo «Ejército del Aire» en la fecha de su creación) nació el 23 de noviembre de 1946, dependiendo del Estado Mayor del Aire, afecto a la Sección de Experimentación en Vuelo del INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) y con sede en la Base Aérea de Torrejón. Se trataba de una nueva denominación (con asignación de nueva misión y nuevos cometidos) de la antigua Unidad de Experimentación que anteriormente funcionara en el Aeródromo Militar de Cuatro Vientos.

Desde ese momento, pilotos, ingenieros y técnicos de diferentes especialidades se preocupaban de realizar las pruebas en vuelo anteriores a la entrega al Ejército del Aire y del Espacio de nuevos aviones y de probar aquellas modificaciones que se realizaran en los aviones de la flota.

Esta unidad fue cambiando de nombre a Grupo 44, 406 Escuadrón de Fuerzas Aéreas, Grupo 44 de Fuerzas Aéreas, Ala 54 y, finalmente, desde el 15 de marzo de 1991, Centro Logístico de Armamento y Experimentación del Ejército del Aire y del Espacio (CLAEX).

Ejército del Aire y del Espacio
El EADA demuestra su capacidad de despliegue con dos lanzamientos masivos

El Escuadrón de Apoyo al Despliegue Aéreo (EADA) ejecutó este mes de septiembre dos lanzamientos masivos, englobados dentro del Plan de Lanzamientos de Instrucción y Cargas (PLIC), el programa anual de la Jefatura de Movilidad Aérea (JMOVA) para validar la respuesta operativa de sus unidades.

Estos lanzamientos específicos han tomado como zona de lanzamiento (Drop Zone) el municipio de Cucalón, escenario principal para cohesionar las capacidades tácticas del EADA con las tripulaciones del Ala 31 y sus aeronaves T.23 (A400M).

El desarrollo del PLIC tiene como objetivo primordial el entrenamiento avanzado de todos los vectores de la aeromovilidad militar. De igual forma, la realización de este tipo de lanzamientos masivos permite activar a las diferentes secciones encargadas de su preparación. Las maniobras desarrolladas en este entorno turolense reafirman el cumplimiento de los estándares fijados en



el Plan de Adiestramiento Básico anual de la unidad. Además, el EADA se convierte en la primera unidad del Ejército del Aire y del Espacio en lanzar hasta a 59 paracaidistas en apertura automática en una sola rotación desde un T.23.

Ejército del Aire y del Espacio
Asociación de Amigos del Museo del Aire



Desde hace más de 28 años, la Asociación de Amigos del Museo del Aire (AAMA) tiene como cometido principal el apoyo al Museo de Aeronáutica y Astronáutica. En la actualidad unos 100 voluntarios, de los casi 600 asociados, están comprometidos en restaurar los fondos museísticos (aviones, motores etc.), ejercer la labor de guías del Museo y divulgar la historia aeronáutica a través de conferencias, visitas de interés cultural, reuniones formativas… todo ello con el único objetivo de difundir la cultura aeroespacial y por extensión la labor del Ejército del Aire y del Espacio en su día a día.

Esta asociación cubre, en cierta medida, la falta de personal en plantilla del Museo, el cual requiere un mantenimiento elevado para que sus piezas estén visibles de forma adecuada para el visitante y además contar con personas que en el ocaso de su carrera todavía tienen fuerzas y ganas para explicar cada una de las piezas museísticas a un público entusiasta.

La Asociación está formada principalmente por profesionales de la Aviación o admiradores de ella, que colaboran como guías del Museo, restauradores del Centro de Restauración y Mantenimiento (CRM), investigadores, divulgadores… y con cualquier cosa relacionada con la que se pueda dar a conocer el mundo maravilloso de la Aeronáutica.

En la actividad mensual de conferencias, significar que el pasado día 26 de octubre se impartió una muy interesante sobre Pedro Vives Vich y su pueblo de adopción Azuqueca de Henares, con un lleno absoluto en la sala de conferencias del Hangar 1 del Museo.

Por otro lado, hay que destacar que cada dos años la AAMA celebra una gala para reconocer al personal relacionado con la asociación, que de alguna forma han destacado en la divulgación de la cultura aeroespacial y, por tanto, en apoyo a la labor del Museo. La gala 2026, que se celebrará el 20 de noviembre en el Colegio Menor Nta. Sra. de Loreto, premia también a los ganadores de los concursos de fotografía, imagen audiovisual aeronáutica generada por IA, literatura creativa y maquetismo.

Ejército del Aire y del Espacio

Los Premios Ejército del Aire y del Espacio rinden homenaje al centenario de los Grandes Vuelos



Los Premios Ejército del Aire y del Espacio reconocen el talento y la divulgación de la cultura aeroespacial. La Revista de Aeronáutica y Astronáutica felicita a todos los galardonados y agradece especialmente la contribución de sus colaboradores a la calidad y el prestigio de la publicación.

El hangar principal del Ala 48, en la Base Aérea de Cuatro Vientos, acogió el 23 de septiembre la entrega de los XLVII Premios Ejército del Aire y del Espacio. La ceremonia, presidida por la ministra de Defensa, Margarita Robles y acompañada por el jefe de Estado Mayor del Ejército del Aire y del Espacio, general del aire Francisco Braco Carbó, reunió a cerca de 600 asistentes.

Bajo el lema «Un siglo de grandes vuelos, un futuro sin límites», esta edición rindió homenaje a las gestas del Plus Ultra, la Escuadrilla Elcano y la Patrulla Atlántida, cuyo legado sirvió de hilo conductor de la velada.

Los galardones reconocieron trabajos y trayectorias en Pintura, Aula Escolar Aeroespacial, Modelismo Aeroespacial, Investigación Aeroespacial Universitaria, Imagen Aeroespacial, Creación Literaria, Promoción de la Cultura Aeroespacial, artículos de la Revista de Aeronáutica y Astronáutica y Deporte.

Desde estas páginas queremos trasladar nuestra más sincera enhorabuena a todos los galardonados y, de manera especial, a los autores premiados por sus artículos publicados en nuestra revista.

En Divulgación, el primer premio correspondió al coronel del EA Jorge Juan Fernández Moreno, por artículo «Choque indo-pakistaní: ¿Quo vadis, poder aéreo?», y el accésit a José Alberto Marín Delgado, por «La nueva época dorada del cañón en la defensa aérea».

En Ingeniería, fueron reconocidos el coronel ingeniero del EA Juan Cuesta Martín, con el primer premio por «Combustibles sostenibles de aviación y su implantación en el EA», y Rafael Molano Talavera, con el accésit por «La modernización del SVICA: el gran reto logístico del CLOTRA».

En Valores, el primer premio recayó en el teniente (reserva) del EA Úrsulo Guerrero Madrigal, por «El último vuelo», mientras que el comandante del EA Miguel González Molina obtuvo el accésit por «La historia del sargento Jhonander Ojeda».

Estos reconocimientos son también una oportunidad para agradecer la dedicación de quienes comparten su conocimiento, experiencia e inquietudes a través de la Revista de Aeronáutica y Astronáutica del Ejército del Aire y del Espacio. El rigor de sus trabajos, la diversidad de sus perspectivas y el cuidado de sus textos contribuyen a mantener la calidad de nuestros contenidos y a consolidar el prestigio de la publicación. Detrás de cada artículo hay un esfuerzo de investigación, reflexión y escritura que enriquece la revista y aporta valor a sus lectores.

Queremos extender este agradecimiento a todos nuestros colaboradores y animar a quienes deseen sumarse a estas páginas. La revista está abierta a nuevas aportaciones que acerquen conocimientos, experiencias y análisis de interés para la comunidad aeronáutica y espacial. Quienes quieran contribuir con artículos rigurosos y de calidad encontrarán en nuestro equipo una acogida cercana y el deseo de seguir construyendo, juntos, una publicación al servicio del conocimiento y la cultura aeroespacial.

Ejército del Aire y del Espacio

Exposición sobre Emilio Herrera en el Museo de la Organización de Aviación Civil Internacional, en Montreal



El 6 de octubre tuvo lugar la presentación en el Museo de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), en Montreal, de la exposición «Emilio Herrera. Del cielo al espacio», dedicada a una de las figuras españolas más destacadas de la historia de la aeronáutica y la investigación aeroespacial.

La muestra recupera la figura del ingeniero militar y aviador Emilio Herrera Linares y, de manera especial, su proyecto de escafandra estratonáutica, concebido en la década de 1930 para permitir vuelos a gran altitud. Un trabajo extraordinariamente avanzado para su tiempo que hoy permite acercarse a la capacidad científica y técnica de un pionero cuya trayectoria estuvo estrechamente vinculada a la aeronáutica militar española.

En este proyecto ha tenido un papel destacado el Servicio Histórico y Cultural del Ejército del Aire y del Espacio (SHYCEA), custodio de una parte esencial del legado de Herrera. Su archivo histórico conserva y está trabajando en la digitalización de su fondo personal, donado por sus descendientes y formado por documentación de gran valor, para conocer tanto su trayectoria como el desarrollo de sus investigaciones.

El desarrollo y dirección del proyecto lo realiza la Fundación ENAIRE, con la colaboración de otras entidades del sector aeronáutico y aeroespacial, como el Ejército del Aire y del Espacio, personas expertas en Emilio Herrera, como los historiadores Emilio Atienza y Carlos Lázaro.

Con motivo de la presentación, el teniente general Carlos Pérez Martínez, jefe del MALOG, y el general de división Juan Francisco Sanz Díaz, jefe del SHYCEA, se desplazaron hasta Montreal, participando en los actos celebrados en la sede de la OACI. Su presencia puso también de relieve el trabajo que desarrolla el Servicio Histórico y Cultural en la conservación, investigación y difusión del patrimonio aeronáutico español.

La llegada de esta exposición a un organismo internacional como la OACI supone, en definitiva, una nueva oportunidad para proyectar fuera de nuestras fronteras la figura de Emilio Herrera y dar a conocer una parte fundamental de la historia aeronáutica española.

Ejército del Aire y del Espacio

Visita a las instalaciones de Pilatus en Suiza

El general jefe del Mando de Apoyo Logístico (GJMALOG) y el general director de Sostenimiento y Apoyo Logístico Operativo (GDSO) realizaron una visita de trabajo a las instalaciones de Pilatus Aircraft en Stans (Suiza). El objetivo es reforzar y ampliar los sólidos lazos de cooperación que unen al Ejército del Aire y del Espacio con la compañía suiza, fruto de la implantación del sistema PC-21/E.27 en la Academia General del Aire (AGA) y del Espacio y en el Centro Logístico de Armamento y Experimentación (CLAEX).

La visita se organizó en dos ámbitos principales. Por un lado, para conocer las capacidades de los modelos PC-12 y PC-24, planteados como posibles candidatos a asumir misiones como el transporte logístico, fotografía aérea y la calibración, además del reentrenamiento de tripulaciones. La versatilidad operativa de ambas aeronaves, su idoneidad para operar desde pistas de reducido tamaño y su elevado grado de disponibilidad las posicionan como alternativas de interés para cubrir futuros requerimientos operativos. Por otro, los representantes de Pilatus dieron a conocer sus capacidades de mantenimiento, recorriendo el hangar dedicado a inspecciones y visitando sus talleres auxiliares de motores, hélices y asientos eyectables.

La visita sirvió para consolidar los estrechos lazos de colaboración ya existentes entre el Ejército del Aire y del Espacio y Pilatus, asentados en la elevada fiabilidad y competencia demostradas por la empresa suiza, y que abren la puerta a futuras cooperaciones.

Ejército del Aire y del Espacio

El Ejército del Aire y del Espacio tiñe de rojo y amarillo el cielo de Madrid en la Fiesta Nacional









Los Reyes, acompañados por la princesa de Asturias y la infanta Sofía, presidieron una jornada marcada por la precisión de la PAPEA, la espectacularidad del desfile aéreo y la multitudinaria respuesta ciudadana.

Madrid celebró el pasado 12 de octubre el Día de la Fiesta Nacional con un desfile en el que el Ejército del Aire y del Espacio tuvo un destacado protagonismo. Sus Majestades los Reyes, acompañados por Su Alteza Real la princesa de Asturias, doña Leonor, y la infanta doña Sofía, presidieron los actos. Don Felipe vistió en esta ocasión el uniforme de gala del Ejército del Aire y del Espacio, en una jornada que reunió a la Familia Real y a las principales autoridades del Estado.

Uno de los momentos más esperados llegó con la intervención de la Patrulla Acrobática de Paracaidismo del Ejército del Aire y del Espacio (PAPEA). El sargento primero Pablo García Matanza, como saltador guía, ejecutó un salto de gran precisión, demostrando la preparación y el dominio técnico que caracterizan a los integrantes de la unidad. Junto a él, el cabo primero José Antonio Lago Rubio tuvo el honor de portar la bandera de España durante el descenso. Ambos completaron una actuación que dio paso al solemne izado de la enseña nacional.

El homenaje a quienes dieron su vida por España constituyó otro de los instantes de mayor emoción. El Rey y la princesa de Asturias participaron en la ofrenda de la corona de flores, ante la mirada de la reina doña Letizia y la infanta doña Sofía, en un acto de recuerdo y reconocimiento a su entrega y sacrificio.

El protagonismo se trasladó después al cielo de Madrid. Las sucesivas formaciones ofrecieron un impresionante desfile aéreo, con la participación de aviones de combate, transporte, vigilancia y rescate, además de helicópteros. El paso de las aeronaves permitió acercar al público la diversidad de medios y misiones de las Fuerzas Armadas y mostró la coordinación que exige una operación aérea de estas características.

El cierre del desfile aéreo dejó una de las imágenes más destacadas de la jornada: cuatro Eurofighter del Ala 14 surcaron el cielo de Madrid desplegando los colores de la bandera de España. La formación estrenó en la Fiesta Nacional un sistema de generación de humo de colores desarrollado específicamente para este modelo de avión de combate. Una innovación que la Revista Española de Defensa había presentado como la primera incorporación de un sistema de estas características a una aeronave de este tipo, y que permitió trasladar al Eurofighter la emblemática estela roja y amarilla. Su paso puso un espectacular broche final a la participación aérea sobre la capital.

La multitudinaria participación ciudadana completó una jornada de celebración y encuentro. El público congregado a lo largo del recorrido acompañó el paso de las unidades con muestras de afecto y reconocimiento, reflejando la cercanía entre la sociedad y sus Fuerzas Armadas. Una Fiesta Nacional que dejó en las calles el respaldo de los ciudadanos y, sobre Madrid, la imagen de una bandera trazada en el cielo.

¿Sabías que…?

• APROBADAS LAS NORMAS DE SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN QUE CONTENGA DATOS DE CARÁCTER PERSONAL EN EL MINISTERIO DE DEFENSA. Instrucción 37/2026, de la Secretaria de Estado de Defensa. BOD n.º 174, de 7 de septiembre de 2026.

Entre los cambios que se producen con la entrada en vigor de estas normas destaca la aparición de una nueva figura, el Delegado de Protección de Datos en el ámbito del Ministerio de Defensa, con funciones de asesoramiento y supervisión sobre esta materia, así como el nacimiento de un nuevo principio de «responsabilidad proactiva» estableciendo la necesidad de que el Responsable de Tratamiento aplique medidas técnicas y organizativas apropiadas, así como llevar a cabo un control de la cadena de subcontratación de los encargados, con el fin de garantizar y poder demostrar que el tratamiento es conforme al Reglamento, entre otras novedades.

• MODIFICADA LA RESOLUCIÓN POR LA QUE SE DETERMINAN LAS OPERACIONES MILITARES Y CAMPAÑAS EN EL EXTERIOR ACREEDORAS DE LA CONCESIÓN DE LA MEDALLA DE CAMPAÑA. Resolución 261/13128/26, de 4 de septiembre de 2026, del Jefe de Estado Mayor de la Defensa. BOD n.º 178, de 11 de septiembre de 2026.

Se actualiza el Anexo I de la anterior Resolución con las operaciones militares y campañas en el exterior que son acreedoras de la concesión de la medalla de campaña, detallando el nombre identificativo para cada una de ellas, así como el área geográfica que se definirá como zona de operaciones a efectos de su concesión.

• CONVENIO ENTRE EL MINISTERIO DE DEFENSA Y LA CONFERENCIA DE CENTROS UNIVERSITARIOS DE INGENIERÍAS AGROALIMENTARIAS Y FORESTALES DE LAS UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS, PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES CONJUNTAS EN ZONA DE OPERACIONES. Resolución 420/38382/2026, de 8 de septiembre, de la Secretaría General Técnica. BOE n.º 230, de 17 de septiembre de 2026.

El objeto del convenio entre el Ministerio de Defensa, a través del Mando de Operaciones del Estado Mayor de la Defensa, y los Centros Universitarios de Ingenierías Agroalimentarias y Forestales de las Universidades Españolas es el desarrollo de actividades académicas y de investigación, innovación, desarrollo y asesoría, propias de la formación en las ingenierías agroalimentarias y forestal en zonas de operaciones donde operen las Fuerzas Armadas Españolas, para fomentar el conocimiento mutuo, conciliando la actividad y el interés universitario y el cumplimiento de la misión de las Fuerzas Armadas.

• APROBADA LA PROPUESTA DEFINITIVA DE RESOLUCIÓN DE SUBVENCIONES PARA ENTIDADES RELACIONADAS CON EL EJÉRCITO DEL AIRE Y DEL ESPACIO. Orden 762/14271/26, de 30 de agosto de 2026. BOD n.º 193, de 2 de octubre de 2026.

El resultado de la Resolución ha sido:

N.º 1: Patronato de Huérfanos Nuestra Señora de Loreto ..... 46 122,24€
N.º 2: Real Hermandad de Veteranos de las Fuerzas Armadas y de la Guardia Civil ..... 18 954,09€
N.º 3: Cáritas Castrense ..... 33 133,67€

•EL PASADO MES DE SEPTIEMBRE SE PUBLICÓ EL DESCUBRIMIENTO, EN LA LUNA, DEL CRATER DE FORMACIÓN RECIENTE MÁS GRANDE JAMÁS ENCONTRADO EN EL SISTEMA SOLAR. SE ESTIMA QUE LOS IMPACTOS DE ESTA MAGNITUD SE PRODUCEN EN NUESTRO SATÉLITE UNA VEZ CADA 100 O INCLUSO 130 AÑOS.

Se calcula que la Luna recibe millones de impactos de meteoroides al año. La mayoría son indetectables, pero se estima que anualmente se forman unos 140 nuevos cráteres de un tamaño de alrededor de 9 metros de diámetro, que ya son observables con los instrumentos de los que se dispone, y se producen por impacto de rocas de un tamaño algo mayor que el de una lavadora doméstica.

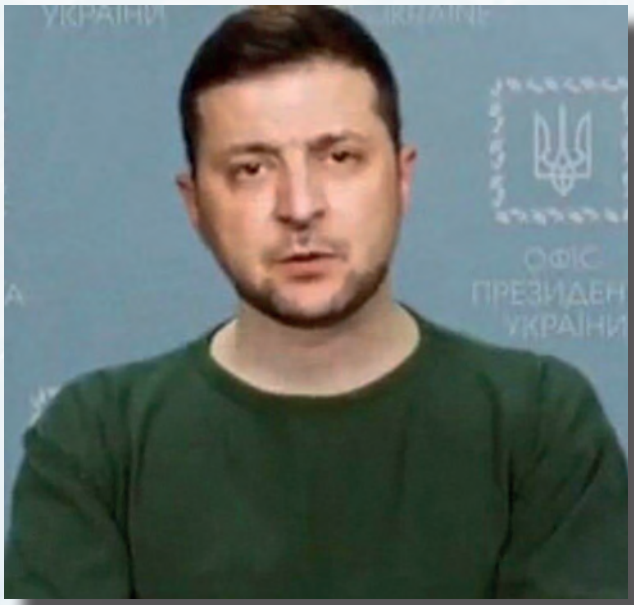
Pero la formación del cráter publicada en septiembre en la revista "Science Advances" es un fenómeno extraordinario. Se formó entre el 11 de abril y el 22 de mayo de 2024 por el impacto de una roca del tamaño de un edificio de entre tres y seis plantas, que produjo un cráter de unos 220 metros de ancho, equivalentes a la longitud de dos campos de fútbol, y 43 metros de profundidad, la altura de un edificio de 14 pisos.

Se le ha denominado oficialmente Cráter McGetchin, en honor al pionero de la ciencia lunar de la era Apolo, Tom McGetchin. Y fue descubierto por Rober Wagner, un especialista en procesamiento de imágenes que trabaja con datos de la misión Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) de la NASA, mientras los estudiaba y comprobaba la calidad de los mismos. El área afectada por el impacto es mucho mayor que la del cráter visible, por lo que el suceso aportará información muy valiosa para comprender este tipo de impactos y la evolución de la supeficie lunar ante la futura presencia humana en nuestro satélite.

La sonda LRO orbita la Luna cartografiando y estudiando su superficie, su composición superficial, así como su temperatura y entorno de radiación. Lleva haciéndolo más de 17 años, en los que el equipo de la misión ha identificado más de 1000 cráteres de impacto y 100 000 cambios en la superficie producidos por impactos de distintos objetos o por los escombros que éstos produjeron.

Ni de los ojos te puedes fiar

Miguel Fernández García
Capitán del Ejército del Aire y del Espacio



La inteligencia artificial es una herramienta muy potente diseñada con el objetivo de facilitar el trabajo, y en general, el día a día de las personas. Sin embargo, también ha abierto la puerta a una nueva forma de desinformación capaz de poner palabras en boca de cualquier persona, fabricar imágenes de acontecimientos que nunca sucedieron y convertir una grabación falsa en un problema de seguridad. En el ámbito militar, donde una información equivocada puede tener consecuencias importantes, distinguir lo verdadero de lo manipulado se ha convertido en una necesidad imprescindible.

El 16 de marzo de 2022, apenas tres semanas después del comienzo de la invasión rusa de Ucrania, comenzó a circular por Internet un vídeo sorprendente. En él aparecía el presidente ucraniano, Volodímir Zelenski, pronunciando un discurso en el que reconocía la derrota de su país y pedía a sus soldados que depusieran las armas. La grabación llegó a difundirse a través de páginas y redes sociales, mientras un ataque informático permitió introducir mensajes falsos en los contenidos informativos de la cadena ucraniana Ukraine 24.

Como rápidamente se comprobó, nada de aquello era cierto, Zelenski nunca había pronunciado ese discurso. Alguien había utilizado técnicas de manipulación digital para fabricar una intervención que jamás existió.

En este caso y en ese momento, la falsificación resultó ser bastante deficiente. La cabeza parecía desproporcionada respecto al cuerpo, los movimientos resultaban poco naturales y la voz no terminaba de encajar. El engaño fue descubierto rápidamente y el propio presidente ucraniano publicó una grabación desmintiéndolo.

Pero ese episodio dejó una advertencia inquietante: si era posible fabricar un vídeo de un jefe de Estado anunciando una rendición inexistente, ¿qué podría conseguirse con herramientas más perfeccionadas?

UNA TECNOLOGÍA QUE APRENDE A ENGAÑARNOS

Los *deepfakes*, término formado a partir de las palabras inglesas *deep learning y fake*, son contenidos audiovisuales falsificados mediante técnicas de inteligencia artificial. Pueden consistir en sustituir el rostro de una persona por otro, reproducir artificialmente su voz o generar imágenes y secuencias completas de acontecimientos que nunca tuvieron lugar.

La idea de manipular fotografías y grabaciones no es nueva. Durante décadas se han retocado imágenes, alterado documentos y realizado montajes cinematográficos. La diferencia está en las posibilidades que ofrece actualmente la inteligencia artificial generativa.

Los sistemas modernos pueden producir rostros, voces y escenas de apariencia realista. Lo que antes exigía conocimientos especializados y numerosas horas de trabajo puede realizarse ahora mediante herramientas mucho más accesibles para cualquier persona o Estado, no es necesario tener ni grandes conocimientos ni grandes recursos.

Y no siempre hace falta fabricar una escena completa. En ocasiones basta con modificar unas palabras de una intervención auténtica, alterar una expresión facial o crear un fragmento de audio atribuido a una persona conocida.

Europol ya advirtió en 2022, en su informe *Facing Reality? Law Enforcement and the Challenge of Deepfakes*, de los problemas que estas tecnologías planteaban para la investigación criminal,

la manipulación de pruebas y la confianza en la información digital. El organismo europeo señalaba también la necesidad de desarrollar herramientas de detección y prevención.

UN NUEVO PROBLEMA PARA LA SEGURIDAD Y LA DEFENSA

En el ámbito militar, las posibilidades de utilización de estas falsificaciones van mucho más allá de la difusión de noticias falsas.

Imaginemos que durante una operación aparece una grabación en la que un mando militar anuncia la retirada de sus fuerzas. O que circulan imágenes de una base aérea supuestamente destruida, acompañadas de mensajes que aseguran que se han producido numerosas bajas. Incluso podría difundirse una conversación atribuida a dos responsables militares en la que aparentemente revelan información sensible.

Son situaciones hipotéticas, pero permiten comprender el alcance del problema.

Una falsificación de este tipo podría utilizarse para sembrar confusión, desacreditar a un responsable militar, perjudicar la moral de una unidad o tratar de influir en la percepción pública de una operación.

La OTAN reconoce expresamente esta amenaza. En octubre de 2024 publicó su enfoque para hacer frente a las amenazas informativas, un documento en el que advertía de que los avances en inteligencia artificial y *deepfakes* pueden aumentar la confusión, modificar percepciones y debilitar la confianza pública en las comunicaciones. Conviene recordar, sin embargo, que los *deepfakes* no sustituyen a las técnicas tradicionales de desinformación. Una fotografía auténtica presentada como si perteneciera a otro conflicto, una noticia sacada de contexto o un vídeo antiguo difundido como reciente pueden resultar igualmente engañosos.

CUANDO UNA IMAGEN DEJA DE SER UNA PRUEBA

Durante mucho tiempo hemos concedido a las fotografías y los vídeos una credibilidad especial. Podíamos desconfiar de un testimonio o de una noticia, pero una grabación parecía ofrecer una prueba mucho más sólida de lo sucedido.



Para los servicios de inteligencia, cuya actividad incluye el análisis de información procedente de numerosas fuentes, la aparición de contenidos sintéticos introduce una dificultadadicional. Una imagen aparentemente convincente no demuestra necesariamente que el acontecimiento representado haya ocurrido.

Pensemos en una fotografía que muestra varios aviones de combate desplegados en un aeródromo. Si la imagen es falsa, cualquier conclusión obtenida exclusivamente de ella podría ser errónea. Y si es auténtica, todavía quedaría por comprobar cuándo y dónde fue tomada.

La cuestión no consiste únicamente en detectar manipulaciones digitales. También es necesario verificar el origen de la información, contrastarla con otras fuentes y valorar su coherencia con los datos disponibles.

Precisamente por eso, el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología estadounidense (NIST) mantiene iniciativas de investigación y evaluación de herramientas forenses destinadas a identificar imágenes y vídeos manipulados. Su programa *Open Media Forensics Challenge* trabaja en la detección de contenidos falsificados y en el análisis de su procedencia digital.

LA CONFIANZA, EL VERDADERO OBJETIVO

Quizás el mayor peligro de los *deepfakes* no sea que consigamos creer una mentira concreta, sino que terminemos desconfiando de cualquier imagen, voz o grabación que llegue hasta nosotros.

Si todo puede falsificarse, también puede cuestionarse todo. Y en ese escenario, la incertidumbre se convierte en una herramienta especialmente útil para quienes pretenden manipular la información.

La solución no pasa por dejar de creer en lo que vemos, sino por aprender a comprobarlo. La formación, el pensamiento crítico, la verificación de fuentes y las herramientas tecnológicas deben complementarse.

Para las Fuerzas Armadas, acostumbradas a trabajar con información cuya fiabilidad resulta esencial, este desafío tiene una dimensión particular. La tecnología seguirá avanzando y las falsificaciones serán cada vez más difíciles de reconocer únicamente a simple vista. ■

Cine, aviación y espacio

Manuel González Álvarez

Historiador



imdb.com

Escuadrón Mosquito (Mosquito Squadron)

Año: 1969 ·Dirección: Boris Sagal ·Guion: Joyce Perry, Donald S. Stanford ·Música: Frank Cordell ·Fotografía: Bernard Knowless ·Productora: Metro-Goldwyn-Mayer ·Actores: David McCallum, Suzanne Neve, Charles Gray, David Buck ·Duración: 86 minutos ·País: Reino Unido

Escuadrón Mosquito (Mosquito Squadron) es una película bélica británica estrenada en 1969. Si bien la productora es Metro-Goldwyn-Mayer, estamos ante un título bastante pobre, que podría ser fácilmente encuadrado en lo que se conoce como serie B. De hecho, tanto su director como los actores protagonistas eran habituales de series y películas de televisión de la época. Aunque es difícil saberlo, la película puede que esté inspirada en la Operación Jericó, título que se le dio posteriormente a un ataque británico sobre la cárcel de Amiens.

El argumento del filme parece sólido en un inicio, ya que nos presenta la amenaza alemana para Inglaterra mediante el uso de las bombas volantes V-1 y V-2, así como la necesidad británica de neutralizar su desarrollo ulterior. Como es habitual en este tipo de largometrajes, también se incluye una trágica historia de amor cruzado entre una mujer y dos pilotos. No obstante, la película empieza rápidamente a fluir hacia el delirio, con la creación y utilización por parte de los británicos de unas bombas esféricas que ruedan y botan como pelotas para atacar la instalación alemana que está desarrollando el V-3 y el V-4, ambos totalmente ficticios. Si bien las tomas desde el aire y de vuelo de los De Havilland Mosquito son más que sugerentes, la decepción es mayúscula cuando comprobamos que la mayoría de esas imágenes están extraídas de otra película, Escuadrón 633.



El capitán Percy Pickard y su navegante, el teniente John Broadley, posan delante de su Mosquito. Ambos fueron derribados por un caza alemán pilotado por el as Wilhelm Mayer y enterrados en Amiens. (Imagen: The People's Mosquito, organización benéfica)

RAMROD 564: MISTERIOSO BOMBARDEO DE PRECISIÓN A BAJA COTA

La denominada Ramrod 564 fue llevada a cabo en febrero de 1944 sobre la prisión de Amiens por la Fuerza Aérea británica en colaboración con la Resistencia francesa. Aunque la motivación de la operación aún permanece en la más absoluta incógnita, hay teorías que sugieren que fue realizada debido a que dentro de la prisión, entre los presos comunes, había también personal aliado con información relevante sobre el posterior Desembarco de Normandía. Medios británicos de la época mantuvieron que la operación fue llevada a cabo para liberar a miembros de la Resistencia francesa que se encontraban a punto de ser ejecutados, información cuya veracidad se desconoce.

Lo que sí se sabe es que en la prisión había en torno a 800 reclusos, y que esta fue preparada en colaboración con la Resistencia francesa. En tierra, la Resistencia francesa recibió armamento lanzado en paracaídas y solicitudes de información sobre la prisión por parte de los británicos. A través de sus agentes, realizaron un reconocimiento de la prisión, advirtieron a los presos de que iba a realizarse una operación de fuga y montaron todo un sistema de huida en la zona, escondiendo medios de transporte y preparando pisos francos. La idea era que los aviones británicos rompiesen los muros de la prisión y un nutrido grupo de combatientes de la Resistencia ayudase a los prisioneros a escapar.



Carga de una bomba de 500 libras MC en el ala del Mosquito FB Mark VI, MM403 SB-V, del Escuadrón 464 de la RAAF antes de la operación en el aeródromo de Hunsdon, Hertfordshire. (Imagen: The People's Mosquito, organización benéfica)

En el lado británico, la idea era bombardear los muros del perímetro de la prisión y, después, los extremos de los edificios donde se alojaba a los presos. El mando británico contaba con matar a algunos prisioneros durante este ataque, pero esperaba que la mayoría pudiese huir. En caso de no poder destruir los muros y propiciar la fuga, un escuadrón de bombarderos destruiría por completo la prisión. Antes del ataque, se realizó un reconocimiento fotográfico aéreo y se construyeron maquetas.

El ataque fue grabado en su totalidad por la cámara instalada en uno de los Mosquito. El mal tiempo en Inglaterra condicionó la operación, obligando a un escuadrón de bombarderos a prescindir de escolta, a varias aeronaves a regresar debido a problemas técnicos y a que se produjeran fallos de coordinación entre las oleadas de bombardeos. El ataque en sí se considera uno de los más exitosos y notables a nivel técnico, ya que supuso un nivel de precisión a muy baja altitud realmente sorprendente. Las bombas se lanzaron desde una altitud de entre 15 y 30 metros, según el objetivo, rompiendo parte de los muros. En torno a un tercio de los prisioneros lograron escapar ayudados por la Resistencia francesa, mientras que alrededor de 100 perecieron durante el bombardeo. Las fuerzas británicas perdieron dos bombarderos De Havilland Mosquito y dos cazas Hawker Typhoon, mientras que los alemanes sufrieron en torno a 50 bajas.

A día de hoy, todavía se desconoce a ciencia cierta cuál fue el verdadero motivo de esta operación, y existen versiones contradictorias tanto por parte de la Resistencia francesa como de la inteligencia británica. Incluso una investigación llevada a cabo por la Real Fuerza Aérea británica tras la guerra concluyó que la Resistencia no sabía nada del ataque hasta que los británicos les pidieron información sobre la prisión. Finalmente, algunas fuentes hablan de una posible maniobra de engaño dirigida a la inteligencia alemana para desviar su atención del próximo Desembarco de Normandía. ■

MÁS POR MENOS

El elevado coste y los largos tiempos de producción de algunos sistemas avanzados dificultan disponer de ellos en las cantidades que podría exigir un conflicto de alta intensidad. Ante esta situación, una empresa de EE.UU. ha presentado el Gamera, un UAS MALE diseñado para combinar un alcance de 9000 NM, una carga útil de 1200 kg –que incluiría misiles JASSM-ER, armamento aire-aire o sensores ISR– y un coste unitario inferior a los 10 millones de dólares. El sistema se propone como una alternativa más asequible al MQ-9 Reaper, priorizando desde su diseño la producción a escala. Además, se integraría con Legion, el avanzado sistema de C2 de la compañía, con el que un operador puede gestionar decenas de UxV de distintos dominios, permitiendo operar Gameras en enjambres de hasta 80 aeronaves. El desarrollo de sistemas cada vez más avanzados deberá ir acompañado de la capacidad para producirlos a una escala y a un coste que permita sostener las necesidades del entorno operativo futuro.



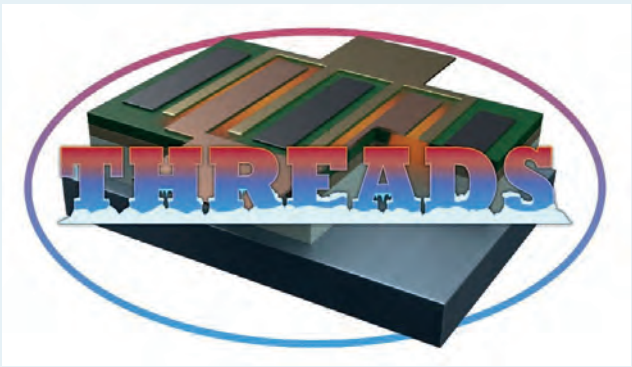
Cheaper Reaper? Swarm Aero Unveils Gamera | The War Zone

EL ENEMIGO LLAMA A TU ROUTER

El ciberespacio es posiblemente el dominio de operación más cercano y cotidiano para el ciudadano, aunque este no sea siempre consciente. A principios de verano, EE.UU. ha anunciado que hackers rusos han comprometido routers domésticos, usándolos como proxies para propiciar ciberataques mayores contra infraestructuras críticas y otras entidades gubernamentales. El acceso al equipo lo logra el atacante explotando protocolos de red mal configurados o descuidados por el usuario, como el SNMP, lo que le permite el control remoto del tráfico, así como el despliegue de malware. Al utilizar direcciones IP aparentemente inofensivas, los agresores logran evadir firewalls y otras defensas de seguridad en objetivos estratégicos, dificultando al tiempo la atribución. En el marco de un persistente enfrentamiento en la zona gris, la población es a la vez objetivo y vector de proyección de los ataques del adversario. La resiliencia social se convierte así en uno de los pilares básicos de la Defensa.

The US Government Warns that Russia State Hackers are Coming After your Router | Ars Technica

MÁS FRÍO, MÁS ALCANCE

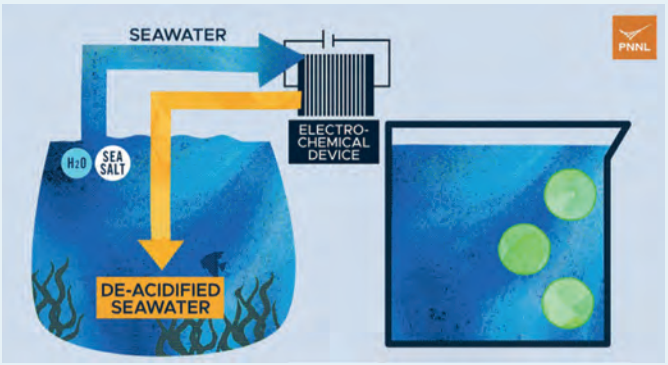


En un enfrentamiento bélico, tener mayor y mejor capacidad de detección puede suponer una ventaja decisiva. Con este objetivo, la electrónica actual ya utiliza el nitruro de galio (GaN) para disponer de mayor potencia de radiofrecuencia. La enorme energía de transmisión que posibilita provoca altas temperaturas, lo que degrada el equipo y acorta su vida útil. Para solucionar este problema, DARPA impulsa el programa THREADS, que incorpora la refrigeración en los transmisores mediante estructuras conductoras y disipadores térmicos, en lugar de depender de sistemas externos de enfriamiento. Aunque este proyecto está todavía en fase de experimentación en laboratorio –ya se ha duplicado el alcance y se prevé llegar a triplicar–, se podría inferir que la limitación de la cobertura de los radares futuros será térmica y no electrónica. En el EO del mañana, los avances en un área tecnológica pueden impulsar los de otras, generando, además, sinergias que marquen la diferencia frente al adversario.

Why the Future of Radar Range Depends on Cooling | The Defense Circuit

MINERÍA LÍQUIDA

El agua de mar encierra un enorme potencial como fuente de minerales críticos para la industria de defensa. El laboratorio estadounidense PNNL ha logrado recuperar, a partir de ella, magnesio, litio, níquel, metales del grupo del platino y tierras raras. Lo ha conseguido mediante tres procesos: la precipitación directa de magnesio en un reactor de co-flujo; el aprovechamiento de la salmuera residual de la ósmosis inversa, que genera ácidos y bases para la lixiviación; y el uso de algas para bioconcentrar elementos demasiado diluidos. Su diseño modular permitiría acoplarlos a desalinizadoras existentes, como la de Carlsbad (California), que procesa unos 400 millones de litros diarios. En un EO futuro marcado por la competición por los recursos y el control de las cadenas de suministro, las infraestructuras hídricas costeras podrían convertirse en nodos duales de agua y materias primas críticas, contribuyendo a reforzar la autonomía estratégica y la capacidad de sostenimiento.



The Ocean is Teeming with Critical Minerals: Here's How We Could Get Them | | PNNL

TERRORIA



El uso generalizado de la IA ha abierto un nuevo frente de oportunidad para el terrorismo. Por un lado, jóvenes simpatizantes de grupos islamistas están utilizando IA generativa para crear –de forma económica y rápida– material visual extremista violento. Las viñetas y memes están diseñados como propaganda viral para radicalizar a otros jóvenes online, en lo que se conoce como Slop Yihad. Por otro lado, se ha documentado que facciones de Boko Haram han creado equipos especializados en IA que la utilizan como asesor táctico y estratégico, desde preparar misiones (entrenamiento, mantenimiento, fabricación de explosivos, seguridad o logística, entre otros) hasta ejecutarlas y analizarlas. La convergencia terrorismo-IA reduce las barreras de acceso a capacidades de propaganda, adoctrinamiento, planificación y apoyo operativo, prácticamente sin consumo de recursos adicionales, contribuyendo a un EO más dinámico, descentralizado y difícil de anticipar.

Gen AI Tools Are Now Being Used to Push 'Slop Jihad' | DNYUZ

LA PENÚLTIMA FRONTERA

La creciente dependencia de servicios espaciales para comunicaciones, navegación, alerta temprana, inteligencia o guiado convierte los sistemas orbitales en elementos esenciales y, simultáneamente, en objetivos prioritarios. En este contexto, EE.UU. ha reconocido públicamente disponer de «armas de control espacial» desplegadas en órbita. El concepto contempla medios cinéticos y no cinéticos para perturbar, degradar o destruir capacidades adversarias, con fines tanto defensivos como ofensivos. Este reconocimiento evidencia la progresiva transformación del espacio, de dominio transversal de apoyo a escenarios de confrontación. La proliferación de capacidades ofensivas en el espacio obligará a diseñar arquitecturas más resilientes, distribuidas y capaces de defenderse. En futuros conflictos, proteger el acceso propio al espacio y limitar su utilización por el adversario será determinante para mantener la libertad de acción en el conjunto de dominios del entorno operativo.

U.S. Admits It Has Weapons In Orbit | The War Zone

Fuente: boletín del Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos

UAP: los ovnis del siglo XXI

Vicente-Juan Ballester Olmos

Prólogo de Pedro Duque

Reediciones Anómalas, 2026
732 páginas, 13 X 21 cm
ISBN: 979-84-09-86457-7

Miguel Anglés Márquez
Teniente coronel del Ejército del Aire y del Espacio (retiro)



Después de seis décadas de investigaciones, estudios, análisis, encuestas y reflexiones sobre los ovnis –versión española del acrónimo UFO (unidentified flying object) denominado en la actualidad UAP (unidentified anomalous phenomena)– el autor, que inicialmente estuvo fascinado por el mito extraterrestre, llegó a la conclusión de que no hay «un fenómeno ovni», sino muchos fenómenos que causan ovnis, sin evidencias de que los casos reportados se deban a actividad extraterrestre, que la inmensa mayoría de dichos casos tienen explicación, y que las observaciones que quedan sin explicación no se deben a que lo visualizado tenga una naturaleza diferente a lo conocido, sino (aparte de que no hayan sido evaluadas por profesionales competentes e independientes), a que el testigo deforma (consciente o inconscientemente) los datos y parámetros de avistamiento y que el mal encuestador típicamente afronta la vivencia como un suceso anómalo, tomando al pie de la letra las afirmaciones del testigo, sin interés o habilidad para detectar fraudes, engaños o tergiversaciones. Recela de la divulgación dogmática, de los ufólogos como generadores de casos, y lamenta la permanencia del mito extraterrestre en la sociedad, responsabilidad en gran medida de los medios de comunicación, que lo emplean a sabiendas con objeto de ganar audiencias.

Por eso concluye que no hay informes ovni irresolubles y que no se puede asimilar ovni a nave extraterrestre, ni existe una superconspiración dedicada a ocultar al mundo su presencia. Citando al conocido astrofísico y divulgador Neil deGrasse Tyson: «¿Cómo convertir la mayoría de los ovnis en ovis [es decir, objetos volantes identificados]? Tome un curso de observación de astros, otro de fenómenos atmosféricos y un tercero de sesgos cognitivos». Y ante la pregunta de ¿qué es un ovni? cita un informe del Ministerio de Defensa británico: «Ovni significa objeto volante no identificado, algo visto en el cielo que no puede ser identificado de inmediato. No hay duda de que existen muchos fenómenos extraños, reportados por personas tranquilas y responsables. Pero tienen explicaciones comunes. Estos ovnis ciertamente no son naves espaciales alienígenas, que es lo que suele sugerirse cuando se habla de ovnis. No hay evidencia de que nuestro planeta haya sido visitado alguna vez por una sola nave espacial de una civilización lejana, y mucho menos por la gran cantidad que se sugiere». Lo cual no impide que el autor crea que pueda existir vida extraterrestre en el universo, aunque de existir, lo más probable es que no nos enteremos nunca. Las enormes distancias y la velocidad límite de la luz no nos dejarán establecer el más mínimo contacto, así que cree que el enigma ovni se tendrá que resolver en el ámbito de la psicología, sociología, etc., sin que su existencia realmente importe a la humanidad en su devenir trascendental.

El libro, que ha sido prologado por Pedro Duque, astronauta y exministro de Ciencia, Innovación y Universidades, consta de cinco capítulos (Los UAP bajo la lupa del gobierno de EE.UU.; La NASA y los ovnis; Investigación ovni; Desclasificación, una verdad incómoda y Los expedientes apócrifos) en los que se dibuja un panorama actualizado de la investigación ufológica a nivel internacional desde la perspectiva de quien ha estado implicado directamente en señaladas investigaciones de campo, así como en desclasificaciones militares del más alto nivel, como las efectuadas para nuestro EA, y que se ha codeado con ufólogos tan prestigiosos como J. Allen Hynek, Aimé Michel o Jacques Vallée. Incorpora una abundante bibliografía, agrupada por capítulos, con más de 1200 referencias, fácilmente accesibles para el lector interesado, ya que en su mayor parte proceden de fuentes de internet. ■

SUSCRÍBASE A

REVISTA DE AERONÁUTICA Y ASTRONÁUTICA

Por 18* euros al año (diez números)

*IVA incluido en la UE. Precio suscripción anual en España: 18 euros; anual en la UE: 30 euros; anual en el resto del mundo: 35 euros

Sí, deseo suscribirme a la Revista de Aeronáutica y Astronáutica por el periodo de un año completo (de enero a diciembre)

Nombre y apellidos ..... DNI ..... Fecha y firma

Calle o plaza ..... Código postal .....

Ciudad ..... Provincia/País ..... Teléfono.....

Correo electrónico .....

Formas de pago:

Transferencia bancaria a la cuenta: ES24 0182 6941 67 0201503605, indicando NIF/CIF del suscriptor

Domiciliación bancaria (solo para residentes en España)

IBAN: ... BANCO: .... SUCURSAL: ..... DC: ..... N.º CUENTA: .....

revistadeaeronautica@ea.mde.es • Teléfono: 914 545 771/72 • Martín de los Heros 51, 2º planta. 28008 Madrid





Archivo Histórico del Ejército del Aire (AHEA)

recoger, conservar y difundir

Los cerca de 7.000 metros lineales de documentación que se custodian en el AHEA constituyen una fuente de primer orden para los estudios sobre la historia de la aeronáutica española y sobre el Ejército del Aire en todos sus aspectos. Los fondos depositados están abiertos a la consulta por investigadores, aficionados a la aeronáutica o particulares con un sencillo trámite. El AHEA acepta donaciones de documentos y material gráfico de propiedad privada relacionado con la aeronáutica o el Ejército del Aire.

Avenida de Madrid, 1 - Telf. 91 665 83 40 - e-mail: ahea@ea.mde.es
Castillo Villaviciosa de Odón
28670 VILLAVICIOSA DE ODON. MADRID

PUBLICACIONES DE DEFENSA

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE DEFENSA
SUBSECRETARÍA DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES Y PATRIMONIO CULTURAL

09957
9 770034 764001