



CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL

**DOCUMENTOS
DE SEGURIDAD Y DEFENSA**

47



**LOS SISTEMAS
NO TRIPULADOS**



MINISTERIO
DE DEFENSA

CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL

LOS SISTEMAS NO TRIPULADOS

Marzo de 2012



MINISTERIO DE DEFENSA

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

Edita:



NIPO: 083-12-072-5 (edición en papel)

NIPO: 083-12-071-X (libro e)

ISBN papel: 978-84-9781-733-2

Depósito Legal: M-

Imprime: Imprenta del Ministerio de Defensa

Tirada: 500 ejemplares

Fecha de edición:

NIPO: 083-12-073-0 (edición en línea)

ISBN libro-e: 978-84-9781-734-9



Las opiniones emitidas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del © Copyright.

En esta edición se ha utilizado papel libre de cloro obtenido a partir de bosques gestionados de forma sostenible certificada.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
INTRODUCCIÓN..... <i>Por Félix Fernández Merino</i>	7
GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES..... <i>Por Félix Fernández Merino</i>	9
CERTIFICACIÓN..... <i>Por José Ramón Sala Triguero</i>	31
INTEGRACIÓN UAS EN EL ESPACIO AÉREO..... <i>Por Juan Domínguez Pérez</i>	55
ENTRENAMIENTO Y TITULACIÓN..... <i>Por Juan Domínguez Pérez</i>	63
NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL..... <i>Por Pablo González Sánchez-Cantalejo</i>	73
ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS UAS..... <i>Por Carlos Mesuro Alonso</i>	97
CONCLUSIONES..... <i>Por Félix Fernández Merino</i>	131
COMPOSICIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO.....	135

INTRODUCCIÓN

«Tanks and Armor are not a big deal... The Planes are the killers. I can handle everything but the Jet Fighters.»

TALIBAN FIELD COMMANDERS 2008

«The drones are very effective ... (in attacking us).»

TALIBAN FIELD COMMANDER 2009

Sirvan a modo de introducción las dos conversaciones interceptadas entre jefes talibán, y que no hacen más que demostrar la creciente importancia de los UAV¹ dentro del poder aéreo. Conclusión anticipada es el incremento, por parte de la Fuerza Aérea norteamericana, en un 650% durante los últimos seis años, de la demanda de misiones a realizar con UAV (la Fuerza Aérea prefiere denominarlos RPA², pues nada más lejos de UAS³ al tener siempre un piloto controlando y dirigiendo el sistema).

Con respecto a esto último, valga de ejemplo ilustrativo el empleo del Predator B en Afganistán no sólo en misiones ISTAR (Intelligence, Surveillance Target, Acquisition and Reconnaissance) sino como Hunter Killer⁴. Aún a pesar de contar las fuerzas de la Coalición internacional basadas en tierra con el apoyo proporcionado por las patrullas de cazabombarderos (CAP)⁵ que constantemente sobrevuelan el área de operaciones, en numerosas ocasiones se producen ataques insurgentes durante la noche. Los cazas tardan pocos minutos en llegar a donde su apoyo es requerido,

¹ *Unmanned Air Vehicle.*

² *Remote Piloted Aircraft.*

³ *Unmanned Air System.*

⁴ *Misión aérea de ataque a objetivos terrestres.*

⁵ *Combat Air Patrol.*

INTRODUCCIÓN

pero el ruido de sus reactores es oído a gran distancia en el silencio de la noche, lo que posibilita que los insurgentes se escondan bajo mantas térmicas antes de que su posición sea finalmente establecida. Sin embargo, el Predator fija la posición del objetivo con sus sensores mucho antes de ser percibido, empleando entonces el armamento adecuado para Misión de Apoyo (CAS)⁶ requerida.

Aunque los escenarios de Irak y Afganistán no hacen más que corroborar como, de manera exponencial, crece la importancia de los UAV, ya desde el año 1993 este autor tuvo la oportunidad de trabajar con el Predator A en las operaciones combinado-conjuntas durante el conflicto de la antigua Yugoslavia, tanto como Controlador Aéreo Avanzado (FAC)⁷, como piloto de EF-18.

El presente Documento de Seguridad y Defensa, que ha sido desarrollado por un grupo mixto Defensa-Industria, constará de los siguientes capítulos:

- 1. Generalidades, misión, capacidades y titulación.*
- 2. Certificación.*
- 3. Integración UAS en el espacio aéreo.*
- 4. Entrenamiento.*
- 5. Necesidad estratégica industrial*
- 6. Estado y tendencia de los UAS.*

FÉLIX FERNÁNDEZ MERINO
EADS-CASA (CASSIDIAN)
Jefe Programa TALARION

⁶ *Close Air Support.*

⁷ *Forward Air Controller.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

Generalidades

VENTAJAS

Se reduce el riesgo a un nivel políticamente aceptable: tres ejemplos. Teatros de alta amenaza, operaciones en ambiente nuclear, biológico y químico y autorización de misiones en caso de meteorología adversa, problemas de mantenimiento o estado de combustible.

Sencillos de transportar, relativamente simples de desplegar (si necesario), fáciles de lanzar y recuperar (menos longitud de pista necesaria).

Más duraderos, modulares, silenciosos, gran autonomía y alto grado de controlabilidad.

En términos de medio ambiente, menos ruidosos, menor emisión de dióxido de carbono (CO₂) y reducido consumo de combustible.

Mejora la eficacia y reduce incertidumbres al reducir el ciclo F2T2EA (*Find Fix Track Target Engage Assess*). Finalmente, nos dan la oportunidad de juntar los sensores y el armamento, integrando la cadena *Find, Fix and Finish Kill* en una sola plataforma.

Flexibilidad al poder desarrollar en una sola salida múltiples tareas, o ser reasignado para una misión diferente a la inicialmente prevista en el ATO¹ (concepto *Swingrole*). Autonomía y persistencia más allá de los límites humanos.

Penetración al mismo tiempo que evita las defensas enemigas. En espacio aéreo permisivo este tipo de aviones son difíciles de detectar, impedir su empleo o de derrotar. Pueden por tanto operar en ambientes de alta amenaza. Al poder ser controlados remotamente, incluso a miles de millas de distancia, pueden proyectar poder sin proyectar vulnerabilidad.

¹ *Air Task Order*.

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

En definitiva, los UAS² seguirán allá donde las capacidades fisiológicas humanas se ven superadas (persistencia, velocidad de reacción, ambiente contaminado nuclear, biológico y químico). Los UAS representan no sólo una realidad en el presente en lo que a misiones ISTAR³ se refiere (no la única, ya que los *pods recce* de imágenes, los de señales electrónicas, los satélites y otros cuantos medios de vigilancia y reconocimiento completan el panorama de posibilidades), sino que significarán, sin duda, lo que es el futuro para otros muchos tipos de operaciones. Una vez que se resuelvan los problemas relativos a certificación e integración en el espacio aéreo (demandarán, entre otros factores, unos niveles de *software* DAL⁴ muy exigentes), así como cuestiones relativas a la integración en los Sistemas de Mando y Control, nada podrá parar su desarrollo exponencial. Es por eso por lo que UAV⁵ en fase de desarrollo como por ejemplo el TALARION contemplan desde el principio un diseño enfocado a la certificación para volar en espacio aéreo no segregado.

Adicionalmente, y desde el punto de vista estrictamente operativo, esto permitiría realizar las llamadas *remote-split ops*. Bajo este concepto se desplegaría a la DOB⁶ sólo (y como mucho, ya que no sería estrictamente necesario) un módulo de lanzamiento y recuperación (LRE)⁷, pero el resto de los componentes (operadores tanto el mando y control de la aeronave como de la carga de pago así como los de análisis y explotación de datos) de la UCS⁸ pueden permanecer en la MOB⁹. Esto posibilitaría proyectar poder sin desplegar personal vulnerable a la actividad enemiga. Al mismo tiempo, fibra óptica redundante y segura así como el empleo de satélites para mando y control, transmisión de datos y operación de la carga de pago, permiten realizar misiones a gran distancia manteniendo a los operadores en alerta y frescos en operaciones mucho más largas que las tradicionales.

Conclusión operativa. La integración de vehículos tripulados y no tripulados incrementará las capacidades militares conjuntas. Irán sustituyendo poco a poco a los vehículos tripulados no sólo en misiones de vigilancia y

² *Unmanned Air System.*

³ *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance.*

⁴ *Design Assurance Level.*

⁵ *Unmanned Air Vehicle.*

⁶ *Deployable Operating Base.*

⁷ *Launch and Recovery Element.*

⁸ *UAV Control Station.*

⁹ *Main Operating Base.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

reconocimiento, sino también en las de combate, tanto de ataque al suelo como aire-aire.

GRUPOS DE TRABAJO

La prueba fehaciente del interés creciente que suscita este tema entre la comunidad internacional son los numerosos grupos de trabajo permanentes que se han constituido para tratar distintos temas relativos a UAS. A continuación se citan algunos de los más significativos:

- Militares: JMAG (OCCAR), CRWG (ETAP), EMAAG (EDA), FINAS (NATO), IMAAC, UAV OAT TF (Eurocontrol).
- Civiles: JAA Eurocontrol TF (JAA EASA), WG 73 (EUROCAE), EURO UAV ICB (UAV *International*), *Exploratory meeting* de ICAO, SC203 (RICA).

COMPOSICIÓN

Se hablará posteriormente sobre las distintas posibles clasificaciones relativas a los UAS, pero todos y cada uno de los diferentes tipos incluyen una serie de elementos:

- Sistema de misión, que incluye no sólo la carga de pago (sensores, armamento, EW¹⁰ elementos, etc.) sino también los computadores de misión (AMS)¹¹.
- Vehículo aéreo, al igual que en cualquier otro sistema de armas aéreo, aunque lo realmente importante es la misión a realizar y en torno a ella se diseña y desarrolla el sistema, la plataforma debe reunir unas características que le permitan explotar al máximo las capacidades de los sensores, armamento o carga de pago.
- Estación en tierra (o aérea) para control del Sistema (MGS¹² igual UCS más LRE).
- *Data links* en banda estrecha para mando y control del Sistema y en banda ancha para datos de misión (adquisición, explotación y diseminación de la información en misiones ISR¹³).

¹⁰ *Electronic Warfare.*

¹¹ *Airborne Mission System.*

¹² *Modular Ground Station.*

¹³ *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

- Elementos de apoyo que pudieran conformar el *kit* de despliegue (DLM)¹⁴.
- Interface con el C4ISR (normalmente CAOC¹⁵ para ATO-ACO¹⁶ a través del ICC¹⁷).

CLASIFICACIÓN

Son varias las clasificaciones que se establecen según las distintas organizaciones y atendiendo a diferentes parámetros como el peso-tamaño, empleo (táctico, operativo y estratégico), tipo de misión, altitud, radio de acción-autonomía, velocidad, lanzados por catapulta o desde el hombro, lanzados desde el aire, etc. Aunque no tienen por qué corresponderse de manera lineal unos con otros, suele tomarse el primero de ellos como referencia principal.

Así la Fuerza Aérea norteamericana nos habla de cinco grupos:

- Grupo 1: menos de 20 libras. Incluye a los nano y micro.
- Grupo 2: entre 21 y 55 libras. Lanzados mediante porteador.
- Grupo 3: menos de 1.320 libras. Tamaño medio tipo caza.
- Grupo 4: más de 1.320 libras tipo tanquero.
- Grupo 5: más de 1.320 libras tipo especial.

La Organización del Tratado del Atlántico Norte establece su propia clasificación según tres categorías:

- Clase primera: menos de 150 kilogramos, incluyendo micro (<2 kilogramos), mini (2-20 kilogramos) y pequeños (>20 kilogramos).
- Clase segunda: tácticos entre 150 y 600 kilogramos.
- Clase tercera: incluye MALE, HALE¹⁸ y UCAV¹⁹.

Aunque este capítulo hará mención a las características de cada uno de ellos, se centrará en algunos momentos en los tipo MALE-HALE por su complejidad y, fundamentalmente, por sus posibilidades y sus capacidades.

¹⁴ *Deployable Logistic Module*. Podría ser el equivalente a los módulos FR4 de despliegue para el EF-18.

¹⁵ *Combined Air Operations Center*.

¹⁶ *Air Task-Coordination Order*.

¹⁷ *Integrated CAOC Capability*.

¹⁸ *Medium-High Altitude Long Endurance*.

¹⁹ *Unmanned Combat Air Vehicle*.

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

ASPECTOS A CONSIDERAR EN TODO ESTUDIO

Doctrina. Incluirá tácticas, técnicas y procedimientos (nacionales, por servicio, conjuntas y combinadas). Organización de las fuerzas y elementos de apoyo logístico. Entrenamiento capítulo específico de este *Documento*. Material para apoyar los planes de instrucción y adiestramiento en tiempo de paz como para el empleo de la fuerza. Liderazgo, no diferente a cualquier otra actividad militar, señalar claramente el objetivo, dar direcciones e inspirar motivación. Personal, operadores más técnicos y de sostenimiento. En cuanto a los operadores, la Fuerza Aérea, Israel y otros países no tienen dudas: debe ser un piloto, ya que las reglas del aire tanto nacionales como internacionales requieren que una aeronave volando en un espacio aéreo controlado lo sea por pilotos cualificados. Segundo y más importante, el nivel de responsabilidad en el combate así como la conciencia de la situación para empleo de los MALE-HALE-UCAV es similar a la de un piloto de caza y ataque.

Instalaciones, para apoyar el entrenamiento desde la MOB así como los requisitos operativos desde la MOB o DOB. Interoperabilidad. Se desarrollará a lo largo del *Documento*. Integración en red. Estaciones de tierra que permitan controlar distintos UAS de manera que puedan ser integrados dentro de las redes de mando y control, de ATM²⁰, así como de adquisición de datos, explotación y diseminación de la información.

PROBLEMAS-RETOS

Industria fragmentada. Industria a nivel europeo. Sin programas de cooperación europeos no habrá industria de defensa en Europa y sin una industria de defensa europea independiente no habrá defensa de Europa. Es decir, se debe resistir la tendencia refleja de favorecer programas nacionales de adquisición de capacidades según el concepto de retorno industrial con la excusa de reducir tiempos y costes. Europa se encuentra en la actualidad por detrás de Estados Unidos e Israel, especialmente en el segmento de MALE, pero la situación sería todavía salvable de establecerse una adecuada Base Industrial y Tecnológica (DTIB)²¹ a nivel de industria de defensa europea. Esta estrategia a nivel europeo no tendría que ser necesariamente incompatible con un aceptable grado de autonomía nacional. Por otro lado,

²⁰ *Air Traffic Management.*

²¹ *Defense Technological and Industrial Base.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

la industria ha sufrido la falta de Investigación, Desarrollo e innovación (I+D+i) en un contexto en el que los clientes quieren algo ya probado y operativo.

Nos vemos por tanto inmersos en una típica cultura de *Chicken and egg* (yo no invierto hasta que tú no te comprometas, yo no me comprometo hasta que tu no demuestres tus capacidades). Debemos por tanto mirar lo que significan los programas, ya no sólo por su valor operativo presente, sino por lo que representan como paso necesario para el futuro de la industria aeronáutica europea. En Europa existen muchas Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) que desarrollan y producen mini UAV, pero la falta de legislación para operar en el espacio aéreo, la falta de apoyo político para establecer economías de escala que aseguraran el retorno de las inversiones, podrían perjudicar el desarrollo de las partes más significativas (MALE-HALE). Trabajar conjuntamente con Industria para proporcionar soluciones tecnológicas asegurando el interés estratégico.

La falta de una agencia central de adquisiciones. Falta de requisitos comunes relativos no sólo a las plataformas aéreas, sino también a las cargas de pago/sensores o estaciones de control. Esta falta de estandarización entre los distintos servicios, naciones dentro de Europa, unido a la gran dispersión de PYMES hace que los costes de diseño, desarrollo y producción, así como los logísticos relativos al LCC²² se incrementen , al mismo tiempo que se producen retrasos en las entregas. En definitiva, se trata más que de buscar soluciones únicas para problemas comunes, se deben buscar soluciones comunes para todos esos problemas.

Ausencia de un coherente ATM, legislación para *airworthines* y certificación y reglas del aire. Espacio aéreo segregado *versus* no segregado. Desarrollar legislaciones nacionales consensuadas y acordadas dentro del marco de los países europeos que permita el reconocimiento mutuo de los distintos certificados y licencias, al mismo tiempo que proporciona a la industria unos estándares de referencia. Esto debiera facilitar la cooperación internacional entre autoridades, operaciones multinacionales y la transferencia de sistemas y operadores de un país a otro. La armonización no debiera terminar en Europa, sino que se tendría que seguir progresando, en lo que a requisitos se refiere, de las distintas organizaciones reguladoras no europeas, como por ejemplo la Administración Federal de Aviación.

²² *Life Cycle Cost.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

Problemas técnicos como el espectro electromagnético de radio frecuencias, que se encuentra totalmente sobresaturado (existe al respecto una iniciativa por parte de la Agencia Europea de Defensa para asignar frecuencias para UAS dentro de Europa). También la falta de disponibilidad de frecuencias seguras para mando y control de la plataforma y ancho de banda para *datalinks* de los sensores.

En misiones puras de combate, se han de establecer unas claras Reglas de Enganche (ROE)²³ que conjuguen, junto a los aspectos puramente operativos, consideraciones de tipo político y ético, en aquellos casos en los que la progresiva automatización lo haga factible.

Misiones

MILITARES-DEFENSA

En general las misiones tanto presentes como futuras las podemos agrupar en cuatro grandes apartados que más tarde desarrollaremos en detalle:

1. Información sobre el campo de batalla:
 - Análisis del daño causado (BDA)²⁴.
 - Reconocimiento
 - Inteligencia de señales (SIGINT)²⁵.
 - Reconocimiento nuclear, biológico y químico.
 - Contra decepción.
 - Levantamiento digital del terreno.
2. Aplicación de la fuerza:
 - Señalización precisa de objetivos.
 - Ataque armado.
3. Mando y control:
 - Gestión del campo de batalla.
 - *Relé de comunicaciones*.
 - NEC (*Network Enabled Capability*).
4. Protección de la fuerza:
 - Defensa integrada de la base.
 - Vigilancia de convoy.

²³ *Rules of Engagement*.

²⁴ *Bomb Damage Assessment*.

²⁵ *Signals Intelligence*.

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

- Reaprovisionamiento logístico.
- Recuperación del combatiente.

A modo de introducción, antes de describir-desarrollar las distintas misiones a realizar por UAS, se debe tener presente que la ejecución posterior de cualquier tipo de operación vendrá, como siempre, condicionada por la regla de las «cuatro Tes» (*Task, Target, Threat and Tactics*).

También tener en cuenta que las misiones de combate pueden ser realizadas tanto por puros UCAV como por tradicionales UAV armados.

Otros factores a considerar son los que constituyen el contorno de las guerras de cuarta generación: entorno urbano, enemigo asimétrico, existencia población no combatiente.

A continuación se procede a una descripción más detallada de las posibles misiones militares a realizar por UAS:

1. Operaciones Contra el Poder Aéreo enemigo (CA)²⁶ que pueden dividirse en Ofensivas (OCA) y Defensivas (DCA) y que persiguen alcanzar y mantener un cierto grado de control de aire (situación aérea favorable, superioridad aérea o supremacía aérea).

Las DCA persiguen la neutralización o destrucción de las fuerzas enemigas cerca o dentro del territorio propio, respondiendo por tanto a la iniciativa del contrario. Puede ser pasiva o activa. Esta última incluiría, entre otros medios y misiones, los aviones en alerta (QRA)²⁷ y las Patrullas Aéreas de Combate (CAP). Este tipo de misiones podrá ser, en un futuro, realizadas perfectamente por UCAV, con la ventaja definitiva de una mayor autonomía que les permitiría estar en patrulla (CAP) durante periodos de tiempo muy superiores. Esto posibilitaría hasta cierto punto incrementar el ratio de CAP en relación al de QRA, lo cual reduciría los tiempos de reacción a la amenaza. Antes de que ello sea factible, se debe producir la integración de armamento aire-aire, lo cual tardará algo más en llegar que lo relativo al de tipo aire-suelo.

Las OCA persiguen la neutralización o destrucción del poder aéreo enemigo fundamentalmente en su territorio, tomando por tanto la iniciativa de las operaciones. Incluirían las misiones de barrido (*fighter sweep*), escolta (*fighter escort*), ataque a las bases y aero-

²⁶ *Offensive-Defensive Counter Air*.

²⁷ *Quick Reaction Alert*.

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

puertos enemigos, ataque a misiles superficie-superficie (SS) y sus sistemas asociados en tierra y la supresión o destrucción de las defensas aéreas enemigas (SEAD-DEAD)²⁸. Estas tres últimas misiones pueden ser ya perfectamente realizadas por UAV que incluyan dentro de su carga de pago armamento aire-suelo, y específicamente para las SEAD-DEAD misiles antirradiación, ondas de energía dirigida (DEW)²⁹, o perturbadores de gran potencia y alcance (*stand off jammers*). Para las primeras vale el comentario del párrafo anterior relativo a módulos aire-aire.

2. Operaciones aéreas de ataque estratégico. Su objetivo es golpear los centros de Gravedad (CoG) u objetivos vitales del enemigo como por ejemplo elementos de mando y control, recursos de energía, elementos de producción y su correspondiente infraestructura. Una vez más estas operaciones pueden ser realizadas por UAV limitando por tanto el riesgo de las tripulaciones a la hora de atacar objetivos fuertemente defendidos. Dentro del teatro de operaciones no existen mayores limitaciones que las inherentes a la misión en sí. Sin embargo, para ser realizadas desde las Bases Principales de Operación (MOB) sin necesidad de desplegar a una DOB próxima o dentro del TATOO³⁰, se necesitaría con anterioridad la certificación para volar e integrarse en el espacio aéreo no segregado.
3. Disuasión nuclear. Se reducen notablemente el riesgo para las tripulaciones en las fases de progresión hacia el objetivo y en la de lanzamiento.
4. Operaciones aéreas contra las fuerzas de superficie, ASFAO³¹ o TASMO³² (ASuW + ASW)³³ si se desarrollan en ambiente marítimo. Están encaminadas a privar al enemigo del poder militar que necesitaría para ocupar el territorio o explotar el espacio marítimo, retrasando o destruyendo sus fuerzas de superficie. Pueden ser básicamente misiones de AI³⁴ o de apoyo próximo a las fuerzas de superficie (CAS). Por supuesto que ambas misiones pueden ser rea-

²⁸ *Suppression-Destruction of Enemy Air Defenses.*

²⁹ *Direct Energy Waves.*

³⁰ *Tactical Area Theater of Operations.*

³¹ *Antisurface Fighter Air Operations.*

³² *Tactical Air Support Maritime Operations.*

³³ *Anti-Surface-Submarine warfare.*

³⁴ *Air Interdiction.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

lizadas por UAV. Es de resaltar la gran ventaja que representarían en el caso de las CAS debido a una mayor autonomía que permitiría el estar orbitando sobre el Área de Interés (AoI) con una configuración mixta de armamento (SCL)³⁵ y de sensores ISR. No sólo se reduciría sustancialmente los tiempos de reacción para apoyo por el fuego, sino que se proporcionaría un apoyo fundamental proporcionado información de la situación táctica en tiempo real. En cuanto a las misiones de interdicción aérea no sólo debemos considerar el empleo de UAV como iluminadores lanzadores al mismo tiempo (*self designators*), sino también como posible designadores de objetivos utilizando conjuntamente los conceptos de punto leal y *buddy lasing* (designación por otro).

5. ISTAR presente, no única realidad pero de importancia creciente. Permite a los mandos de la fuerza el tener en tiempo real una visión de la situación y de los posibles objetivos a batir, que proporciona agilidad en la toma de decisiones, así como una valoración de la situación con una gran fiabilidad. También proporciona información de forma inmediata para evaluar los daños producidos (BDA). La célula para gestión, explotación y análisis de la información (IMS)³⁶ muy probablemente estaría situada dentro C4I (*Command Control, Communications Computes and Information*) enlazando con la estación en tierra del UAS a través del ICC. La autonomía y velocidad de las plataformas junto con las capacidades de los sensores permiten no sólo cubrir grandes áreas de vigilancia reduciendo los tiempos de refresco de la información, sino efectuar un completo reconocimiento del objetivo que incluya la fase de identificación en cualquier tipo de condición meteorológica. Téngase en cuenta que los radares SAR-GMTI³⁷ que ya se integran en algunos MALE actuales proporcionan resoluciones de hasta 15 centímetros, lo cual según el ATP-(47) se corresponde con los NIR³⁸ requeridos para ello.
6. Mando y control desde el aire. Los HALE-MALE actuales presentan ya la posibilidad de sustituir a otras grandes plataformas tripuladas dedicadas a actividades de mando y control del campo de

³⁵ *Standard Configuration Load.*

³⁶ *Intelligence Management System.*

³⁷ *Synthetic Aperture Radar-Ground Moving Target Indicator.*

³⁸ *NATO Imagery Interpretability Rating Scale.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

batalla tales como el C-130 *Bookshelf* utilizado en el conflicto de la antigua Yugoslavia como ABCCC³⁹, el JSTARS⁴⁰ o los conocidos AWACS⁴¹. Todos estos Sistemas mencionados se acercan a su última fase de operación. Los UAV pueden incluir en su carga de pago relés para facilitar las comunicaciones entre los diferentes puestos de mando en el área de operaciones. La autonomía y automatización de los UAV reducirá los requisitos de tripulaciones y operadores. Esta mayor eficiencia se verá incluso aumentada cuando varias plataformas que incluyan múltiples sensores trabajen conjuntamente empleando la tecnología del punto leal (*Loyal wingman*) o la de *Swarming*. Ambos conceptos serán desarrollados a lo largo de este capítulo. Estas plataformas de mando y control contribuyen también al ciclo de inteligencia al proporcionar información en tiempo real.

7. Combate electrónico que abarcaría actividades SIGINT (ELINT más COMMINT) a nivel estratégico u operacional y, en el nivel táctico, de Guerra Electrónica (EW) con sus correspondientes Medidas de Apoyo (ESM), Contramedidas (ECM) Activas y Pasivas, y de Protección (EPM). Este tipo de misiones se realizan aprovechando las capacidades de los sensores o perturbadores electrónicos. Qué duda cabe que la mayor autonomía, automatización y techo de vuelo de los Sistemas HALE-MALE proporcionan una ventaja definitiva en la ejecución de las operaciones. Sirva de ejemplo el *Eurohawk* que no es más que una adaptación del *Global Hawk* para misiones SIGINT.
8. Reabastecimiento de Combustible Aire-Aire (AAR)⁴². Este tipo de misión se debe contemplar tanto como receptor como, fundamentalmente, avión cisterna. Lo primero más que una misión es una capacidad deseable para lograr una incluso mayor autonomía. Lo segundo podría convertirse en el futuro en un efecto claramente multiplicador. Los cisternas podrían mantenerse en espera durante tiempos muy superiores a las actuales plataformas tripuladas. Algunos test en vuelo han comenzado a realizarse entre un vehículo *Proteus de Northrop Grumman* y un *Global Hawk*.

³⁹ *Airborne Command and Control Center.*

⁴⁰ *Joint Surveillance and Target Attack Radar System.*

⁴¹ *Airborne Warning and Control System.*

⁴² *Air to Air Refueling.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

9. Búsqueda y rescate en tiempo de paz (SAR)⁴³ y en tiempo de guerra (CSAR). La mayor autonomía de vuelo, unido a las menores limitaciones en condiciones meteorológicas adversas, así como el empleo de sensores adicionales y especializados como por ejemplo el PLS⁴⁴ que incorporará el TALARION contribuyen a dotar a los UAV de ventajas importantes en la realización de este tipo de operaciones. A parte de la localización del personal, llegará un momento en el futuro que la plataforma pueda ser también utilizada para el transporte del mismo una vez localizado.
10. Apoyo logístico. Los UAV de ala rotatoria pueden ser utilizados en apoyo de Unidades propias que se encuentren en una zona de difícil acceso, o de gran densidad de fuego enemigo.
11. Otras misiones de apoyo tales como el transporte aéreo, el desembarco de tropas, de evacuación médica, o las Operaciones Aéreas Especiales (SAO)⁴⁵ para la infiltración y/o exfiltración de fuerzas especiales, no se contemplan para UAV en un futuro próximo pero, sin duda, sí lo serán más a largo plazo
12. Detección nuclear, biológica y química. La carga de pago puede incluir sensores que permitan la detección de actividad en el entorno nuclear, biológico y químico. Al no poner en riesgo vidas humanas, los UAV son idóneos para los reconocimientos en zonas donde se haya efectuado un ataque o incidente con dichos medios. Este tipo de misiones puede realizarse tanto en el ámbito militar como en el puramente civil. Valga de ejemplo reciente la utilización de helicópteros no tripulados franceses *Elipse HE 300* durante la actual crisis de la central de Fukushima.
13. Misiones para alcanzar la superioridad en el ciberespacio.
14. Misiones de protección de la fuerza. Patrullas aéreas de vigilancia de perímetro de la base, de pistas, convoyes. Autocentinelas.
15. Detección de IED⁴⁶. En la carga de pago pueden ir instalados sensores que permitan la detección de IED tanto en el medio terrestre como marítimo.
16. Minisatélites como por ejemplo el recientemente lanzado *X-37B OTV (Orbital Test Vehicle)* para la Oficina de Capacidades Rápidas

⁴³ *Combat Search and Rescue.*

⁴⁴ *Personal Locator System.*

⁴⁵ *Special Air Operations.*

⁴⁶ *Improvised Explosive Device.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

(RCO) de la Fuerza Aérea estadounidenses, que se ha convertido en el primer vehículo no tripulado que retorna del espacio y aterriza utilizando sus propios medios.

17. Misiones COMAO⁴⁷. No son más que el resultado de combinar en un mismo paquete distintos tipos de misiones de las anteriormente citadas. Este tipo de misiones incrementa la efectividad así como la seguridad. La COMAO puede combinar aviones con tripulación y sin ella, utilizando tecnología de punto leal o de *swarming* en caso de efectuarse sólo con UAS.

A continuación se procede a relacionar cuales son las posibles misiones a realizar según segmento.

Pequeños UAS (SUAS):

- Reconocimiento Indoor.
- Ataque Indoor letal-no letal.
- Comunicaciones Indoor.
- Ataque cibernético.
- Reconocimiento Cercano (CI) y SA.
- Personal ISR.
- ISR.
- Letal.
- SIGINT-DF (*Direction finding*).
- Protección de la fuerza: patrullas de perímetro de la base, de pistas, vigilancia de convoyes.
- Relé de comunicaciones.
- EW.
- Contra UAV.
- Centinelas (*Auto sentries*).
- Perturbadores desechables (*Expendable jammers*).
- CA.
- Reaprovisionamiento clandestino de precisión.
- SEAD.
- Pseudosatélites a baja altitud.
- Defensa de misiles.
- CAS.
- Guerra urbana.

⁴⁷ *Composite Air Operations.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

Medios:

- SIGINT-FMV (*full motion video*).
- CAS.
- EW.
- Operaciones especiales de ISR.
- SEAD.
- CAS.
- AI.
- AAR-R-T.
- Evacuación aeromédica.
- Recuperación personal.
- CA (OCA más DCA).
- Defensa de misiles
- Ataque Estratégico (SA).

Grandes:

- ISR.
- SIGINT.
- Mando y control.
- Transporte aéreo.
- AAR.
- Asistencia humanitaria.
- EW.
- CAS.
- AI.
- SA.
- Ataque global.
- Movilidad aérea.

CIVILES

«The civilian market is restrained by the present absence of standards and regulations. As these are introduced the relevant segment will have the ability to fulfil its potential and grow rapidly.»

Fuente: FROST & SULLIVAN

Se procede a continuación a citar posible aplicaciones-misiones de los UAS que podrían ser realizadas tanto a nivel gubernamental o público como actividades relativas al sector privado:

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

- Control de fronteras, drogas, aduanas.
- Guardacostas.
- Meteorología, atmosféricos, clima. Control de la polución.
- Lucha contra la piratería.
- Vigilancia de mares y océanos (estados del mar, algas e icebergs).
- Control de pesca.
- Vigilancia de tierras (vegetación, fauna, hidrología, infiltración de agua salada).
- Relé de comunicaciones.
- Vigilancia y control de líneas del tendido eléctrico y también de centrales eléctricas.
- Vigilancia y control de oleoductos, gaseoductos así como de sus infraestructuras correspondientes.
- Fuegos. Prevención, lucha, rescate e investigación posterior.
- Control de carreteras, tráfico, accidentes.
- Vigilancia de nubes químicas.
- Búsqueda de personas perdidas en lagos helados (termal).
- Riadas, inundaciones.
- Terremotos.
- Inmigración ilegal.
- Terrorismo: seguimiento de sospechosos, actuaciones en entornos urbanos (nano y micro).
- Agricultura: control de cultivos
- Puente entre lo que puede ser medido por satélites y lo medido por estaciones estáticas en tierra.
- Comunicaciones y radiodifusión (VHALE como satélite próximos).
- Cámaras aéreas (por ejemplo industria del cine).
- Policía-paramilitares-seguridad.
- Entrega aérea de paquetes.
- Transporte de pasajeros (progresivo, primero un solo piloto, etc.)

Capacidades requeridas (presentes y futuras)

En función del tipo de misión a realizar y por quien (pequeño, mediano y grande).

Las respuestas tecnológicas que permitan adquirir estas capacidades serán relatadas en un capítulo posterior de este *Documento*.

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

1. Autonomía y persistencia. La autonomía es relativa al tiempo en espera en el área de interés y la persistencia se refiere a la tenacidad en alcanzar eficientemente el objetivo perseguido (por ejemplo, lanzar un señuelo de perturbación, efectuar la misma, recuperarlo y volverlo a lanzar cuando necesario para procurar la persistencia sobre el campo de batalla). Pueden orbitar en espera sobre un área específica, esperar a que un objetivo emerja y acometerlo (bien mediante sensores para labores de información, o con armamento para misiones de ataque), o trasladar lo que es autonomía a alcance. En cuanto a la autonomía actualmente hay HALE-MALE que superan las 20 horas. Esta característica unida a la composición de tres vehículos por sistema, puede asegurar una permanencia en una zona de objetivo, situada a gran distancia de la base de despegue, por periodos 24 horas-7días. Con nuevas tecnologías se alcanzarán autonomías por vehículo muy superiores. Mejora aerodinámicas, flujo laminar o técnicas de *blind bonding* (pegado ciego de las superficies) contribuirán al incremento de autonomía. Cítese como ejemplo de nuevas tecnologías, la desarrollada por *Laser Motive* para transferir desde tierra, y a grandes distancias a través de laser, una fuente de energía inacabable para el vuelo del UAV.
2. Automatización para mejorar la eficiencia del sistema. Hasta ahora se implementa sólo para reducir la carga de trabajo del operador, incluyendo por ejemplo el despegue y aterrizaje automático (ATOL)⁴⁸ y el tránsito a la zona de operaciones. Difiere del concepto de autonomía completa en el sentido que el sistema sigue una lógica pre-programada. Se tiende a que el sistema pueda comportarse de manera más dinámica modificando por ejemplo su senda de vuelo según respuesta a la información recibida por sus sensores de abordaje. También se aplicaría a las operaciones en tierra de mantenimiento y reparación, *man on the loop* más que *in the loop*, monitorización más que control. En el futuro se iría mucho más allá ya que las decisiones relativas al comportamiento del sistema no se limitarían a evitar la colisión con otro tráfico, evitar una zona de meteorología adversa o posicionar el vehículo y los sensores de la manera más idónea para una misión ISR, o incluso para efectuar de manera totalmente autónoma un reabastecimiento en vuelo. Estaría-

⁴⁸ *Automatic Take-Off and Landing.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

mos hablando de permitir al sistema que tomara decisiones relativas al combate, con lo cual los factores éticos y políticos deben ser previamente perfectamente concretados en las ROE.

3. Diseño modular mejora la adaptación, sostenibilidad y reducción de costes. Permite crear un sistema de sistemas que incrementa la capacidad de distribuir el armamento, los sensores y cualquier otra carga de pago entre los sistemas. La arquitectura de la aviónica y las distintas cargas de pago deben permitir el concepto *plug and play* de esta manera conseguiremos un *re-tasking* dinámico
4. Conectividad. Se requerirá acceso a redes de mando y control a nivel táctico y operativo. Los sistemas deben ser interoperables, ágiles, distribuidos, escalables, redundantes y seguros, de tal manera que satisfagan las necesidades no sólo a nivel del Ejército del Aire sino también de manera conjunta (pudiendo incluir otras agencias de seguridad e información) y combinada. La conexión con el CAOC permitirá a los pilotos acceder a la información en tiempo real al mismo tiempo que se asegura la diseminación de la misma por el UAS. El dotar a los UAS del Sistema MIDS⁴⁹-*Link 16* resulta fundamental, del mismo modo que el RVT⁵⁰ para misiones tales como el apoyo cercano a las fuerzas de superficie. Sirva a modo de ejemplo citar que el módulo IMS⁵¹ de la estación en tierra del TALARION está previsto se conecte directamente con el CAOC a través del ICC.
5. Comunicaciones OTH-BLOS⁵². Se debe asegurar en todo momento la comunicación entre el sistema y los distintos operadores, tanto a nivel de control del tráfico aéreo como a nivel táctico. Las comunicaciones para recepción de instrucciones como para mando y control del sistema deben ser seguras, robustas y en tiempo real.
6. Velocidad de tránsito lo suficientemente alta para asegurar una presencia 24/7 en la zona del objetivo, al mismo tiempo que reduce los tiempos de reacción para el enganche de objetivos de oportunidad (TOO)⁵³ en misiones que pudieran ser de apoyo por el fuego. Piénsense por ejemplo una operación antipiratería, en la cual tenemos al UAS orbitando en una determinada área realizando misiones de vi-

⁴⁹ *Multifunction Information Distribution System.*

⁵⁰ *Remote Video Terminal.*

⁵¹ *Intelligence Management System.*

⁵² *Over the Horizon-Beyond Visual Range.*

⁵³ *Target of Opportunity.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

gilancia y reconocimiento cuando recibe instrucciones de proceder a otra zona para apoyar a un barco que está siendo atacado.

7. Vuelo hipersónico. Es un paso más avanzado que lo descrito en el párrafo anterior. Junto con una mayor automatización y aplicando el concepto de *swarm* posibilitarán el crear el efecto deseado de manera casi instantánea a lo largo de todo el campo de batalla. Se produciría una importante reducción del tiempo de decisión (OODA)⁵⁴. El único vehículo que en la actualidad es realmente hipersónico es el *space shuttle*. Se debe buscar la tecnología de propulsión así como los materiales que permitan soportar temperaturas extremas.
8. Flexibilidad. Los UAS deben y pueden realizar distintos tipos de misiones en una misma salida, cambiando de una a otra en función de cómo evolucione la situación táctica. Este concepto de *swing role* no es algo nuevo ya que, por ejemplo, los F-18 españoles lo practicaron profusa y eficientemente durante el conflicto de la antigua Yugoslavia. Sin embargo, la autonomía del sistema, unida a la no fatiga del piloto, y por tanto menor carga de estrés, multiplican esta característica, proporcionando al JFC⁵⁵ una mayor capacidad operativa para disponer de los recursos cuando y donde se precisen.
9. Interoperabilidad. El objetivo es posibilitar el compartir la información adquirida por toda la comunidad aliada. Se convierte por tanto en un factor fundamental en el éxito de las comunicaciones y de la información compartida. Se debe asegurar que los usuarios puedan comunicarse utilizando distintas radios, *data links* y redes. Es de reseñar el *stanag 4586 UCS (Unmanned Control System Architecture)* el cual establece cinco Niveles de Interoperabilidad (LOI) y las interfaces que debería ser implementadas para alcanzarlos:
 - *Level 1: Indirect data and imagery reception.*
 - *Level 2: Direct data and imagery reception.*
 - *Level 3: Level 2 más payload control.*
 - *Level 4: Level 3 más platform control, except Launch and recovery.*
 - *Level 5: Level 4 más Total platform control.*

⁵⁴ *Observe, Orient, Decide and Act.*

⁵⁵ *Joint Force Commander.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

Además del STANAG 4586 ya hay otra serie de STANAGS de aplicación directa a los UAS en lo que a misiones de vigilancia y reconocimiento se refiere. Se relacionan a continuación algunos de ellos:

- STANAG 3377 *Air Reconnaissance Intelligence Report Forms*.
- STANAG 3809 *DTED (Digital Terrain Elevation Data) geographic information exchange standard*.
- STANAG 4250 *NATO Reference module for open systems interconnection*.
- STANAG 4545 *NSIF (NATO Secondary Imagery Format)*.
- STANAG 4559 *NSILI (NATO Standard Imagery Library Interface)*.
- STANAG 4575 *NADSI (NATO Advanced Data Storage Interface)*.
- STANAG 4607 *GM TI (NATO Ground Moving Target) data format*.
- STANAG 4609 *NATO digital motion imagery standard*.
- STANAG 5500 *FORMETS (NATO Message Text Formatting System)-ADatP-3*.
- STANAG 7023 *NPIF (NATO Primary Imagery Format)*.
- STANAG 7024 *Air reconnaissance tape recorder interface*.
- STANAG 7074 *DIGEST (Digital Geographic Information Exchange Standard)*.
- STANAG 7085 *Interoperable data links for imaging systems*.

10. Armamento. No nos limitaremos sólo a losUCAV sino que los UAV no específicos de combate también deben ser dotados de capacidad de ataque. De hecho el ya mencionado MQ 1 *Predator* ha integrado distintas armas como por ejemplo los misiles AGM 114 *Hellfire*. La panoplia de armamento aire-suelo de precisión (PGM) es extensa y sirva a modo de ejemplo la GBU 39 SDB⁵⁶ que se prevé integrar en el TALARION. Productos adicionales de *Raytheon* y que podrían también citarse a modo de ejemplo son el STM⁵⁷ de 13 libras o los *Joint Air to Ground Missile* o el *Monsson*, ambos de 100 libras de peso. Sin embargo el armamento a integrar no debe limitarse al de tipo aire-superficie (incluyendo el específico SEAD-DEAD, como por ejemplo misiles antirradiación ARM para neutralización de objetivos tanto preplaneados como de oportunidad) sino que más adelante se extenderá al de tipo aire-aire. Incluyamos también el Ataque Electrónico

⁵⁶ *Small Diameter Bomb*.

⁵⁷ *Small Tactical Munition*.

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

- (EA)⁵⁸, no sólo con perturbadores tradicionales sino teniendo muy presente el uso de nuevos Dispositivos de Energía Dirigida (DEW).
11. Ancho de banda disponible. Se incrementará la demanda de ancho de banda para asegurar las comunicaciones BLOS⁵⁹ tanto para mando y control de la plataforma como de las cargas de pago. Las operaciones con plataformas *stealth* no harán sino incrementar la demanda de ancho de banda en aquellos casos en los que se precise comunicaciones de radio frecuencia con una baja probabilidad de interceptación o de detección. Además se debe tener muy presente que por ejemplo la banda Ku utiliza satélites comerciales del Servicio de Satélites Fijos (FSS)⁶⁰, no asegurándose por tanto su disponibilidad para misiones puramente gubernamentales. España cuenta con disponibilidad en banda X, mientras que se mira en el futuro a la Ka. En operaciones *stealth* podrían ser también necesarias Comunicaciones Avanzadas de Extraordinaria Alta Frecuencia (AEHF). En cualquier caso se precisa aumentar la eficiencia mediante mejoras en los algoritmos de compresión de la señal, ajustes de los niveles de potencia y de los esquemas de modulación.
 12. Disponibilidad de radiofrecuencias.
 13. Autonomía extrema (*ultra long endurance*) es un pasé más a lo que ahora podríamos encontrar. Ya no hablaríamos de horas sino de días e incluso meses. Estaríamos hablando de globos a muy alta altitud o de vehículos con extraordinarias superficies de sustentación. Permitiría al comandante trasladar los vehículos entre varias áreas de operaciones. Se han de considerar nuevas células de combustible, junto con nuevos materiales.
 14. Tecnología *stealth*. La tecnología *stealth* que proporcionan los actuales materiales RAM podría no ser suficiente en misiones de largas esperas en un ambiente de muy alta amenaza.
 15. *Sense and Avoid*. Alcanzar el nivel de madurez adecuado en estas tecnologías, junto con la demostración de los niveles de seguridad de los equipos críticos, así como unas comunicaciones robustas, seguras y en tiempo real, constituyen la clave para alcanzar la certificación para volar en todo tipo de espacio aéreo no segregado.

⁵⁸ *Electronic Attack*.

⁵⁹ *Beyond Line Off Sight*.

⁶⁰ *Fixed Satellite Service*.

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

16. Radar SAR-GMTI-MMTI. Para misiones específicas ISTAR o incluso para aquellas de ataque al suelo, conviene contar con un radar AESA que combine los modos de vigilancia estática con los de detección de objetos móviles, tanto para superficie terrestre como en ambiente marítimo. Deberían considerarse los siguientes modos: GMTI WAS, GMTI SS, SAR *Spot*, SAR *Stripe*, *Open Sea*, M-HRR, ISAR, MMTI⁶¹.
17. Enjambre (*Swarming*). (En un principio se comienza el desarrollo para micro UAV pero concepto aplicable a todas las categorías). Este concepto va más allá de la capacidad de control de múltiples aviones (MAC)⁶². Se refiere al conjunto de UAV autónomos con capacidades autónomas en cuanto a carga de pago (pueden ser distintas para cada UAV así como también las misiones de cada uno) y que manifiesta una conducta reactiva frente a los elementos del entorno y frente al resto de UAV. El sumatorio de todas las conductas individuales daría lugar a un comportamiento colectivo según el modelo establecido. La conducta resultante debe ser adecuada a la función para la que se establece el modelo. El comportamiento de los UAV es autónomo según pautas del modelo, sin existir una organización de control centralizado. Planeamiento centralizado pero ejecución autónoma-descentralizada. Básicamente consiste en un grupo de UAS parcialmente autónomos que operan en apoyo tanto de unidades pilotadas como no pilotadas siendo monitorizadas por un solo operador. El comandante de la operación podrá usar un mundo virtual para monitorizar los UAS tanto a nivel individual como de grupo. Una red inalámbrica *ad hoc* conectara cada unidad con las otras y con el comandante. Las unidades volarán autónomamente al área de interés definida por unas coordenadas u objetivos mientras evitar colisionar con otras unidades. Cada elemento procesará automáticamente los requerimientos de, por ejemplo imágenes procedentes de los distintos niveles de usuarios mientras detecta amenazas y objetivos (tanto planeados como de oportunidad) a través del uso de inteligencia artificial. No sólo se produce la deconflicción con otras unidades, sino sirve también para asignar la mejor posicionada para cada requerimiento.

⁶¹ *Ground Moving Indicator Wide Area Surveillance, GMTI Sector Scan, Synthetic Aperture Radar Spot-Stripe, Open Sea, Maritime High Range Resolution, Inverse SAR, Maritime Moving Indicator.*

⁶² *Multi Aircraft Control.*

GENERALIDADES, MISIÓN Y CAPACIDADES

18. Punto leal (*loyal wingman*). Esta tecnología difiere de la del enjambre en que el UAS acompaña al vehículo tripulado realizando misiones ISR, AI, SEAD, OCA, mando y control, actuando, por ejemplo, bien como lanzador de armamentos o bien como designador de objetivos (*shooter vs designator*). Este sistema es también capaz de autodefenderse aumentando sus posibilidades de supervivencia en un escenario de media o alta amenaza. El punto leal también podría actuar como transporte de carga o avión cisterna.
19. Reabastecimiento en vuelo. Esta capacidad, tanto como receptor como cisterna, constituye sin duda un efecto multiplicador de la fuerza.
20. Integración en el espacio aéreo. Basada en airworthiness, calificaciones de los operadores y personal de mantenimiento y apoyo, y las reglas del aire. Además de lo ya antes comentado en cuanto al *sense and avoid*, niveles de seguridad y DAL y comunicaciones. TALARION es posiblemente la primera plataforma su diseño desde el principio ha perseguido el objetivo final de la integración plena en el espacio aéreo no segregado, lo cual le confiere una ventaja de uso definitiva.

Bibliografía

Circular ICAO 328.

Informe para la Comisión Europea de Frost and Sullivan (2207), analizando las actividades de UAS en Europa.

Informe sobre MALE en Europa de Louis-Marie Clouet y Laurence Nardon, mayo de 2010.

JAPCC UAS Strategic Concept of Employment in NATO, enero de 2010.

NATO AJP-3.3.

NATO ATP-47.

Presentación general Juan A. Carrasco (EA), Cátedra Kindelán 2009.

STANAG 4586.

USAF UAS Flight Plan 2009-47, 18 de mayo de 2009.

FÉLIX FERNÁNDEZ MERINO
EADS-CASA (CASSIDIAN)
Jefe Programa TALARION

CERTIFICACIÓN

Introducción

En los últimos años se han realizado muchos esfuerzos para responder a los interrogantes planteados sobre la aeronavegabilidad de los UAS (*Unmanned Aerial Systems*), de modo que se establezcan las normativas y los procedimientos adecuados para su certificación, tanto civil como militar.

En general, para que cualquier aeronave¹ (con piloto a bordo o no) pueda volar rutinariamente en un espacio aéreo dado, se deben cumplir tres requisitos fundamentales:

1. La aeronave² debe encontrarse certificada como «aeronavegable» y convenientemente equipada para volar (o realizar operaciones) en la clase de espacio aéreo de que se trate.
2. El piloto al mando debe estar adecuadamente calificado para controlar la operación de la aeronave en la clase de espacio aéreo de que se trate.

¹ Aeronave: «Toda construcción apta para el transporte de personas o cosas capaz de moverse en la atmósfera merced a las reacciones del aire, sea o no más ligera que éste y tenga o no órganos motopropulsores» (Ley 48/1960 de Navegación Aérea), o bien «Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra» *Reglamento de la Circulación Aérea* (RCA), 1.1. *El Reglamento de la Circulación Aérea Operativa* (RCAO) define el «Vehículo aéreo no tripulado: vehículo aéreo propulsado que no lleva personal como operador a bordo...» El *Policy Statement* E.Y01301 de EASA considera a las «aeronaves no tripuladas» como parte de los UAS, hasta el punto de que incluye en la «aeronave» las partes del segmento terreno, enlace de datos o equipos remotos que realizan funciones que puedan comprometer el vuelo continuado, el despegue o el aterrizaje. Por lo tanto, esas partes están sujetas a la certificación de tipo en las mismas condiciones que la aeronave propiamente dicha.

² Es importante recordar en toda la discusión de este capítulo que el Convenio de Chicago distingue entre aeronaves civiles y aeronaves de Estado. Estas últimas incluyen las que se usan en servicios *militares*, de policía o de aduanas.

CERTIFICACIÓN

3. La operación del vuelo debe cumplir con la regulación aplicable a la clase de espacio aéreo de que se trate. Ello incluye procedimientos, aplicación de limitaciones, recopilación y uso de información pertinente, navegación, comunicaciones, etc.

Se debe siempre tener en cuenta que la operación prevista de una aeronave (día-noche, reglas de vuelo, condiciones meteorológicas en las que podrá volar, tripulación mínima, misión de la aeronave, etc.) inevitablemente influirá en la certificación que se le debe otorgar y, por lo tanto, los tres puntos anteriores deben considerarse como partes dependientes de un sistema con un único objetivo: un nivel adecuado de seguridad de los posibles ocupantes de la aeronave, y de las personas y propiedades en tierra o en otras aeronaves. De hecho, el «nivel adecuado de seguridad» varía según el tipo y misión de la aeronave (aviación deportiva, trabajos aéreos, transporte de carga, transporte de pasajeros, vuelos experimentales, de demostración, etc.).

Estos diferentes niveles los establecen las normas de certificación de un modo que intenta reflejar la compleja percepción del «nivel mínimo de seguridad» aceptable por la sociedad para cada caso y, a la vez, las restricciones económicas y materiales que siempre están presentes (por ejemplo, el transporte público de pasajeros puede estar sometido a un nivel de seguridad superior al de la aviación deportiva, etc.). En ese sentido, los UAS no deben ser percibidos por la población como más peligrosos que otras aeronaves, mientras que, por otro lado, el nivel de seguridad seleccionado debería permitir el diseño y desarrollo de este tipo de sistemas a un coste aceptable.

Estos tres aspectos (aeronave, piloto y operación) son esenciales, y multitud de organizaciones, empresas y autoridades trabajan desde hace años para determinar su adecuada aplicación concreta a los UAS.

En este capítulo se tratan los aspectos relativos al primero de esos párrafos, la aplicación de la certificación a los UAS, mientras que en otras partes del *Documento* se cubre el entrenamiento de los operadores o pilotos y la operación en los diferentes espacios aéreos (segregados o no).

Por tanto, los siguientes apartados pretenden resumir los procesos y normativas de certificación en general, y citar los más recientes desarrollos que han tenido lugar en este campo en cuanto a su aplicación a UAS, siempre de acuerdo a fuentes abiertas y a resultados publicados. Finalmente, se presentan unas conclusiones y sugerencias de tendencias futuras de certificación aplicables al sector de los UAS en España.

Proceso general de certificación

En sentido amplio, se podría decir que una aeronave es aeronavegable cuando se considera que puede «navegar» de forma segura (para «circular» de forma segura, lo que implica que hay otras aeronaves en las inmediaciones, entrarían en juego los otros factores citados en el punto 3 de la introducción).

El Anexo 8 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) cubre los aspectos de aeronavegabilidad, e indica que un Estado emitirá un certificado de aeronavegabilidad sobre la base de evidencias satisfactorias de que la aeronave cumple con los aspectos de diseños de los requisitos de aeronavegabilidad apropiados.

La Ley de Navegación Aérea indica que en España:

«Ninguna aeronave, salvo las exceptuadas en el artículo 151 de esta Ley, será autorizada para el vuelo sin la previa expedición de un certificado de aeronavegabilidad.»

Por tanto, formalmente se puede considerar que una aeronave es aeronavegable cuando la autoridad competente ha emitido el correspondiente certificado. Este certificado puede tener la forma de:

- Certificado de Aeronavegabilidad.
- Certificado de Aeronavegabilidad Restringido.
- Certificado Experimental que permite vuelos de prueba.
- Permiso de vuelo (aprobación para algún vuelo concreto).

En el caso de que se emita un certificado de aeronavegabilidad sin restricciones y se mantenga válido en el tiempo, se deben cumplir en general tres condiciones (de aplicación muy variable según el peso, complejidad y misión de una aeronave):

- El diseño de la aeronave debe ser adecuado (certificación de tipo o similar para «el modelo» de aeronave).
- La producción (fabricación o construcción) de la aeronave debe asegurar que se cumplen fielmente los objetivos o condiciones de ese diseño (certificado de aeronavegabilidad para una aeronave concreta de ese «modelo»).
- El mantenimiento de la aeronave, una vez fabricada, debe asegurar que se siguen cumpliendo las condiciones determinadas por el diseño (renovación o validez continuada del certificado de aeronavegabilidad de una aeronave concreta).

CERTIFICACIÓN

En este capítulo nos centramos en la aprobación del diseño (certificación de tipo o similar) para UAS, ya que la aplicación de los otros aspectos no debería diferir demasiado de las aeronaves tripuladas equivalentes.

Conviene tener siempre presente que ésta no sería la única forma de aprobar el diseño de la aeronave para el vuelo. Por ejemplo, para aeronaves pequeñas se podría incluir esa aprobación en otro tipo de documentos o para aeronaves más grandes se podrían dar aprobaciones limitadas en el tiempo y con restricciones en la operación a través de certificados experimentales o permisos de vuelo como se ha indicado anteriormente. Este último es el camino que se ha emprendido hasta ahora con la mayoría de las aprobaciones concedidas, de modo que son pocos los procesos de certificación de tipo de UAS que están en marcha en la actualidad, véase apartados de Administración Federal de Aviación (FAA), Agencia Europea de la Seguridad Aérea (EASA), Dirección General de Armamento y Material (DGAM) y Agencia Estatal para la Seguridad de la Aviación (AESA) posteriormente.

La clave está en la frase «volar rutinariamente» mencionada en la introducción. Para salir de un estado de provisionalidad o excepcionalidad (mediante el uso continuado de certificados experimentales o permisos de vuelo para el que no fueron concebidos en un principio), los UAS con aeronaves por encima de cierto peso máximo al despegue necesitarán en el futuro con bastante probabilidad un certificado de tipo.

CERTIFICACION DE TIPO

El certificado de tipo se emite cuando la autoridad de certificación correspondiente considera que un diseño de tipo cumple con una normativa determinada (código de aeronavegabilidad). Esa normativa, con las excepciones y extensiones que se acuerden durante el proceso de certificación (incluidas las «condiciones especiales» que cubran los aspectos novedosos o singulares de cada diseño), constituye la «base de certificación».

Por lo tanto, el primer paso para emitir un certificado de tipo consiste en que el solicitante del certificado (el fabricante o el diseñador) determine y acuerde con la autoridad la normativa contra la que demostrará cumplimiento. Esta normativa requiere un determinado «nivel de seguridad» que se plasma en aspectos como la resistencia estática y a fatiga y la tolerancia

CERTIFICACIÓN

al daño de la estructura, la fiabilidad y actuaciones permitidas por la planta de potencia y, de modo muy significativo, la fiabilidad y capacidad de gestionar modos de fallo de los equipos y sistemas (aplicación del párrafo XX.1.309 y documentación asociada que se requiere en diversos códigos de aeronavegabilidad).

El cumplimiento con la base de certificación se demuestra mediante análisis, inspecciones, ensayos en laboratorio, en tierra, en vuelo, etc. Este último caso de los métodos y procesos de ensayos en vuelo, tiene características específicas en el caso de UAS. El Documento RTO-AG-300-V27 *Unique Aspects of Flight Testing of Unmanned Aircraft Systems* de la Organización de Investigación y Tecnología (RTO) de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) contiene información al respecto.

En la aviación tripulada a partir de cierto peso máximo al despegue, se han venido emitiendo tradicionalmente certificados de tipo para tres tipos de «productos»: aeronaves, motores y hélices. Los dos últimos se integraban en último término en la «aeronave» completa. Para el caso de UAS, existen discusiones (véase posteriormente, Circular 328-AN/190 de la OACI, y también en otros foros) sobre qué certificados de tipo se emitirían a partes concretas del UAS (por ejemplo para la estación de tierra, además del motor y la hélice si la hubiera).

En último término, la certificación de tipo de una aeronave implica la aplicación de un cuerpo doctrinal de complejidad acorde a la del diseño de la misma, y que aúna experiencia de la industria y las autoridades, información contenida en circulares y documentos generados en anteriores proyectos, doctrina nacida de accidentes, datos o conclusiones de grupos de trabajo multidisciplinarios, etc.

Por tanto, las limitaciones que afectan a la certificación de tipo de un sistema determinado son el resultado de esa interacción entre las personas que participan en el proyecto y el resultado final del propio diseño y las pruebas asociadas, por lo que existe un componente de incertidumbre que hace que normalmente se asocie un cierto nivel de riesgo a los procesos de certificación, de modo que el calendario, las performances que finalmente se aprueben y el coste del desarrollo de una aeronave se pueden ver afectados significativamente. Ese nivel de riesgo aumenta mucho en el caso de certificación de tipo de un UAS, dada la limitada experiencia y falta de consolidación normativa (y del resto de documentación asociada o material de guía) afrontada por industria y las autoridades.

CERTIFICACIÓN

NORMATIVA APLICABLE A LA CERTIFICACIÓN DE TIPO DE UAS

En la actualidad existen diversos foros y grupos de trabajo³ que discuten sobre los criterios que se deberían reflejar en los códigos para la certificación de tipo de UAS en sus diversos tipos y clases. Un aspecto fundamental de estas discusiones es el nivel de seguridad que se debería exigir en esos códigos. Los UAS deben ser «igual de seguros» que las aeronaves tripuladas equivalentes pero, puesto que no llevan ni se prevé que lleven a medio plazo personas a bordo, un fallo catastrófico que produzca la pérdida de la aeronave sólo causará daños a personas o propiedades ajenas al operador cuando se produzca una colisión en vuelo con una aeronave tripulada o los daños se produzcan al colisionar el UAV con el terreno. Esto es un cambio de filosofía fundamental en la certificación y se requerirá un tiempo para que se consoliden las propuestas que se han realizado hasta el momento.

Puesto que la colisión de aeronaves se considera un aspecto operativo y en puridad no está cubierto por la certificación del diseño de la misma, salvo que la normativa operacional exija llevar a bordo en equipo determinado (por ejemplo el ACAS) y haya que determinar que esa instalación no tiene efectos negativos para la aeronave, la certificación de UAS se basa en principio en la protección de personas y propiedades en tierra.

Se podría considerar por ejemplo que un UAS pequeño causaría pocos daños en tierra en virtud de su energía cinética, pero en cambio esa misma energía podría ser suficiente para producir un grave accidente en caso de colisión con una gran aeronave tripulada en vuelo. De ese modo, atendiendo al criterio puro de certificación se le exigirían unos sistemas de control de vuelo y de navegación con un nivel de fiabilidad y precisión que no serían aceptables desde un punto de vista de evitar colisiones en vuelo. Del mismo modo, el nivel de seguridad requerido para la certificación de un UAS para vuelo en línea de vista podría no ser aceptable para su aprobación en condiciones de operación más allá de la línea de vista.

³ Unos de los grupos de referencia fundamentales es el *Working Group 73 on Unmanned Aircraft Systems* de la Organización Europea de Equipos de Aviación Civil (EUROCAE). Su Subgrupo dos trata de *Airworthiness and Continued Airworthiness*. En el grupo participan autoridades, industria y organizaciones internacionales, por lo que mantiene un contacto constante y proporciona inputs de carácter técnico las autoridades encargadas de la elaboración de normativa, manteniendo a la EASA en lugar destacado.

CERTIFICACIÓN

NORMATIVA OTAN

La normativa de certificación de tipo aplicable a UAS más consolidada a nivel mundial de la que se tiene noticia es la normativa militar elaborada en el ámbito de la OTAN. En concreto, se ha elaborado el siguiente Acuerdo de Estandarización (STANAG) que ha sido o se prevé que sea ratificado por las naciones OTAN:

1. STANAG 4671 *Unmanned Aerial Vehicle Systems Airworthiness Requirements*. Se encuentra promulgado en su edición primera y es aplicable a UAV de ala fija de diseño convencional y peso máximo al despegue superior a 150 kilogramos y menor de 20.000 kilogramos.
2. Hay otros dos borradores de STANAG que se están elaborando en la actualidad⁴ y se encuentran en diferentes fases de madurez:
 - Usar-Rotary Wing (*UAV Airworthiness Requirements for Rotorcraft*) para aeronaves de ala rotatoria.
 - Usar-Light (*UAV Airworthiness Requirements for Light Aircraft*) para aeronaves ligeras de ala fija.

El STANAG 4671 está en último término basado en el Código CS-23 de la EASA (basado a su vez en el FAR-23), que fue adaptado para UAS de ala fija de tipo táctico, MALE o HALE. Se eliminaron los párrafos del CS-23 no aplicables a UAS, se modificaron otros, y se añadieron nuevos párrafos para cubrir los aspectos novedosos de los UAS, como estación de control en tierra, enlace de datos, nuevos equipos, etc.

El STANAG contiene en su Libro primero una serie de requisitos técnicos de aeronavegabilidad aplicables en principio para la certificación de UAS de ala fija con un MTOW entre 150 y 20.000 kilogramos (clases primera y tercera), que pretendan integrarse en el espacio aéreo no segregado.

Uno de los párrafos modificados es el USAR.1309 *Equipment, systems and installations*, que define los criterios generales que aplican a los equipos y sistemas del UAS (excluyendo, en general, la planta de potencia y la estructura, que están cubiertas por otros párrafos de la norma). En el subpárrafo (b)(2), se establece el requisito fundamental de que:

«Cuando los sistemas (cuyo fallo puede tener efectos sobre el UAS) (...) se consideran por separado o en combinación con otros

⁴ *UAS. The Global Perspective*, 2009/2010, 7th Edition, UVS International, artículo sobre el *Joint Capability Working Group UAV*.

CERTIFICACIÓN

sistemas, el solicitante debe probar que hay una relación inversa aceptable entre la probabilidad de ocurrencia de cualquier fallo y su severidad.»

El Libro segundo del STANAG recoge los AMC (*Acceptable Means of Compliance*), que se consideran material de guía y no requisitos en sentido estricto). En concreto el AMC.1309(b) (*System Design and Analysis*) recoge la aplicación del ARP 4761, definiendo las condiciones de fallo y los riesgos aceptables de ocurrencia para equipos físicos, su severidad, así como los niveles de aseguramiento del diseño aplicables al *software*.

La definición de condición de fallo catastrófico en dicha AMC.1309(b) es:

«Failure conditions that result in a worst credible outcome of at least uncontrolled flight (including flight outside of pre-planned or contingency flight profiles/areas) and/or uncontrolled crash, which can potentially result in a fatality.»

Se puede observar que la adaptación del material de guía a los UAS considera que las heridas fatales a una sola persona ya dan lugar a clasificar el fallo que lo provocó como catastrófico. Estas «condiciones de fallo» deben tener una probabilidad de ocurrencia menor de 10^{-6} por hora de vuelo (o por vuelo, dependiendo del tipo de subsistema implicado). Esa probabilidad se llama «extremadamente improbable» en la AMC 1.309(b). Hay que tener en cuenta que esas «condiciones» se producen por combinación de otros fallos simples.

A efectos de comparación, la definición de condición de fallo catastrófico en la FAA AC 23.1309-1C (es decir, aplicable a aviación general tripulada de carácter civil en el ámbito de FAR-23) es:

«Failure Conditions that are expected to result in multiple fatalities of the occupants, or incapacitation or fatal injury to a flight crewmember normally with the loss of the airplane.»

En este caso, la probabilidad aceptable varía de 10^{-6} por hora de vuelo para aviones monomotores de motor alternativo y menos de 5.670 kilogramos hasta 10^{-9} para aviones biturbohélice con capacidad de hasta 19 pasajeros (categoría *commuter*).

Por lo tanto, el STANAG 4671 considera implícitamente aceptable un riesgo de daños en tierra de 10^{-6} por hora de vuelo.

Por otro lado, no se han incluido todavía en ese código requisitos para los sistemas *Sense and Avoid* que serían necesarios para la integración en

CERTIFICACIÓN

espacio aéreo no segregado (véase capítulo correspondiente de este *Documento de Seguridad y Defensa*). El Programa europeo de investigación y desarrollo más importante en este ámbito es el MIDCAS (*Mid-Air Collision Avoidance System*)⁵ que se desarrolla en el marco de la Agencia Europea de Defensa (EDA) con la participación de: Alemania, España, Francia, Italia y Suecia. En dicho Programa se analizan los importantes aspectos de certificación que aplicarán a un futuro sistema de estas características. En lo relativo a la certificación de tipo, se deberá demostrar que el sistema de *sense and avoid* se integra en el UAS realizando de modo adecuado su función cuando le sea requerido y sin introducir nuevos modos de fallo.

Otros aspectos importantes del Código STANAG 4671 son que el USAR.903 requiere que cada motor usado en el UAS tenga su propio certificado de tipo (u otra calificación aceptada por la autoridad de certificación). El USAR, 905 exige lo mismo para las hélices, si las hay. En cambio, en la Subparte primera (*UAV Control Station*) no se requiere ningún certificado individual o documento individualizado de aprobación para el conjunto de la UCS.

De momento, el STANAG no cubre los aspectos de «seguridad contra actividades ilícitas» como por ejemplo la encriptación del enlace de datos de mando y control o la seguridad (en la vertiente de *security*) de la estación de control. Al igual que ocurrió con determinados aspectos de seguridad contra actividades ilícitas en la aviación tripulada (por ejemplo, impedir la posibilidad de apertura intencionada de puertas durante el vuelo en transporte público de pasajeros), es de esperar que en el futuro estos aspectos se cubran y se consideren requisitos básicos de la certificación y no sólo se aprueben sobre la base de *non-hazard equipment*.

NORMATIVA LA EASA APLICABLE A LA CERTIFICACIÓN DE TIPO DE UAS CIVILES

La EASA ha emitido una *Policy Statement. Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems* (UAS) (referencia E.Y01301, 25-8-2009). Este Documento indica que en la actualidad no existe un código de certificación EASA aplicable a UAS CS (*Certification Specification*); se prevé tenerla disponible en el año 2016, (véase apartado «La EASA», p. 47), aunque proponen un método para derivarla en cada caso partiendo de un código para aviación tripulada equivalente al UAS del que se trate. Sin em-

⁵ En: www.midcas.org

CERTIFICACIÓN

bargo, esa equivalencia no se hace en puros términos de peso máximo al despegue de la aeronave, sino de «energía cinética» que estaría asociada al daño producido en caso de accidente.

La intención de la EASA es que los requisitos que se apliquen a los UAS civiles no sean menos exigentes que los que se aplican en la actualidad a las aeronaves civiles tripuladas equivalentes, ni que tampoco se penalice más a los UAS simplemente porque la tecnología lo permite. En cualquier caso, se sigue aplicando el principio general de que las operaciones de los UAS no deben incrementar el riesgo de otros usuarios del espacio aéreo o de terceras partes.

La anterior A-NPA (*Advanced-Notice of Proposed Amendment*) 16-2005 de la EASA, que sirvió de base para la *Policy Statement* que se acaba de publicar, proponía dos posibles modos de afrontar la certificación de UAS:

1. El método convencional (aplicar un código de aeronavegabilidad definido sin tener en cuenta más de lo necesario la posible operación futura del UAS).
2. Un método basado en un nivel de «seguridad a alcanzar» (*Safety Target*) en el contexto de un contexto operacional dado y una misión a realizar.

La opción 2, fue descartada de entrada por las incertidumbres que entrañaba su aplicación si se la comparaba con el bien establecido método convencional que ha proporcionado mejoras objetivas en la seguridad de la aviación durante décadas. Hay que tener en cuenta que dicho nivel seguridad nunca fue definido de modo global y explícito para la aviación tripulada.

Una vez que la EASA optó por esa opción 1, se planteaban a su vez dos alternativas para derivar los requisitos aplicables (o base de certificación) de los UAS:

1. Utilizar el concepto de energía cinética para determinar el código de aviación tripulada que sería aplicable (CS-23, CS-25, etc.) y después adaptarlo a las características del UAS a certificar.
2. Utilizar unos «objetivos de seguridad» en los cuales se combinan la energía cinética con el «área de impacto letal» y la densidad de población de la zona sobrevolada, para seleccionar el código de aviación tripulada aplicable para ser utilizado como soporte general de la base de certificación.

CERTIFICACIÓN

Ambos métodos podían conducir a la selección de diferentes códigos para un mismo UAS, dependiendo de su misión prevista. La alternativa 2 fue abandonada por la EASA durante el proceso de comentarios y respuestas a la A-NPA y finalmente sólo la alternativa 1 (uso de energía cinética) se ha incluido en la *Policy Statement* como método para derivar los requisitos aplicables.

Pese a ello, en el proceso de ajustar o adaptar al detalle los párrafos de la especificación seleccionada (CS-23, CS-25, etc.) al UAS que se pretende certificar, se deben incluir objetivos de seguridad «del sistema» (es decir, sólo para el propio UAS, sin tener en cuenta factores externos como tipo de operación, colisiones en vuelo, etc.) como parte del cumplimiento con el párrafo 1.309 asociado a cada especificación.

La *Policy* de EASA no incluye datos cuantitativos generales para esos objetivos de seguridad de los UAS sino que, de modo provisional hasta una próxima edición del Documento, remite a los de la normativa que se aplique manteniendo siempre los de la AC 23.1309-1C de la FAA (aplicada a aviones monomotores alternativos por debajo de 2.700 kilogramos) como el mínimo a tener en cuenta. Este último caso aplicaría por ejemplo a una situación en la que se usase como código base el CS-VLA (*Very Light Aeroplanes*), que no incluye requisitos cuantitativos de seguridad.

Por tanto, se considera que las definiciones de fallo catastrófico, peligroso, mayor y menor que se han venido aplicando a la certificación de aeronaves tripuladas deben adaptarse a las características de los UAS, se deber reclasificar su grado de severidad, y también se deben adaptar los valores cuantitativos de probabilidad asociados a esas condiciones de fallo. En diversos foros se mantienen en la actualidad discusiones para proponer y acordar esas adaptaciones, y los expertos reconocen que es un complejo problema de armonización⁶.

Las decisiones que se adopten tendrán una gran influencia en el desarrollo de UAS certificables en el futuro próximo. Baste decir que la aplicación de un nivel u otro de «aseguramiento del desarrollo» tanto del *software* como del *hardware* del sistema puede tener enormes implicaciones de coste y calendario en el diseño y certificación del sistema.

⁶ Véase *UAS. The Global Perspective*, 2010-2011, 8th Edition, UVS International, artículo sobre EUROCAE WG-73, p. 30: «*The UAS safety objectives remains a central and still non-consensual issue that will have to be further developed*». El Subgrupo dos del WG 73 tiene previsto publicar el entregable tres que probablemente incluirá esas consideraciones en su volumen ED-172.

CERTIFICACIÓN

En la aplicación prevista de este procedimiento, se da la paradoja de que, debido al estado de la tecnología aplicable a los UAS y a su uso extensivo de sistemas para mantenerse en vuelo, la aplicación de los objetivos de seguridad de los códigos existentes, que se pensaron para aeronaves tripuladas que incorporaban sistemas electrónicos más simples, puede no ser adecuada. Por tanto, es posible que las autoridades de certificación exijan la aplicación de valores de seguridad más conservativos a algunos UAS, lo que de nuevo conduce al incremento de incertidumbre sobre el esfuerzo necesario para la certificación al que se ha aludido al principio.

Por otro lado, es muy importante notar el tratamiento que la *Policy Statement* da al STANAG 4671 que, como se ha indicado, es la normativa de certificación más consolidada que existe en la actualidad para cualquier tipo de UAS. Se reconoce que el STANAG ha sido desarrollado de un modo parecido al propuesto por EASA, y por tanto podrían aceptar una solicitud de certificación usando ese código, pero con dos salvedades fundamentales:

1. La aplicación de la metodología de la EASA para determinación del código a aplicar (usando la energía cinética) no concluya que se necesitan requisitos más exigentes que CS-23.
2. Los niveles de seguridad a alcanzar (*safety targets*) que se utilicen en la certificación estén en línea con lo que resultaría de la aplicación de la doctrina de la EASA expresada en la *Policy Statement*.

Por tanto, como el Documento de la EASA ilustra mediante varios ejemplos prácticos en su apéndice primero, algunos UAS de tipo HALE o MALE a los que se les aplicaría el STANAG 4671 (porque pesan menos de 20.000 kilogramos) en un proceso de certificación de tipo militar, tendrían que aplicar un código base más exigente que CS-23 para poder ser certificados por la EASA. Esto plantea importantes consideraciones para el futuro, ya que complicaría la posible certificación para usos civiles de UAS militares que en la actualidad puedan estar siendo diseñados pensando en una certificación usando el STANAG.

La EASA ya proporciona en este documento alguna guía sobre aspectos del diseño de UAS que probablemente será necesario cubrir mediante condiciones especiales como parte de la base de certificación. Entre ellos se encuentran:

- Capacidad de recuperación en emergencia (sistemas de terminación de vuelo, procedimientos de vuelo a zonas donde poder llevar a cabo una colisión controlada en caso de fallo, etc.).

CERTIFICACIÓN

- Enlace de datos de mando y control.
- Nivel de autonomía para toma de decisiones, navegación, etc. del sistema.
- Interface hombre máquina.
- Estación de control.
- Tipo de operación no previsto en el código que se haya usado como punto de partida (por ejemplo, un UAS en operación de vuelo por instrumentos que use un código de aeronave muy ligera que se definió pensando siempre en vuelo visual).
- Manera de realizar el análisis de seguridad del sistema.

Es obvio que la lista de condiciones especiales tendrá que prepararse y definirse de modo personalizado para cada diseño de UAS atendiendo a sus características específicas. Sin embargo, como ocurre con la aviación tripulada, las primeras condiciones especiales que se establezcan y aprueben por parte de la autoridad sentarán un precedente y servirán de guía para las de tipo similar que se apliquen en los programas sucesivos.

LA OACI

En la OACI se discuten en la actualidad, entre otros, los aspectos de aeronavegabilidad que deberían afectar a los UAS (utilizando en general la denominación RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), sobre todo en el marco del grupo *Unmanned Aircraft Systems Study Group*.

En el año 2011, la OACI ha publicado la Circular 328-AN/190, con los objetivos de:

1. Llamar la atención de los Estados sobre la perspectiva de la OACI en cuanto a la integración de los UAS en espacio aéreo no segregado y en aeródromos.
2. Considerar las diferencias fundamentales con la aviación tripulada que tal integración conllevará.
3. Animar a los Estados a colaborar en el desarrollo de la política de la OACI sobre UAS mediante la aportación de sus propias experiencias asociadas con estas aeronaves.

Como parte de esos objetivos, la circular incluye menciones a certificación en el capítulo sexto, p. 97, Se reconoce que, aunque los UAS lleguen a un sistema de certificación bien establecido y sobre el que se tiene

CERTIFICACIÓN

experiencia, sus características novedosas y el hecho de que para operar necesiten elementos externos a la propia aeronave (estaciones de control en tierra, enlaces de datos, etc.) añade complejidad al proceso. Al objeto de proporcionar la máxima flexibilidad operacional en cuanto al uso de dichos elementos externos, se proponen dos enfoques diferentes para la certificación.

La primera opción contempla que se documente la certificación del Sistema Pilotado de Modo Remoto (RPAS) con el certificado de tipo emitido para la aeronave (RPA). Toda la configuración del RPAS (incluyendo estación terrena y enlace de datos) se incluiría en dicho Documento bajo la responsabilidad de un único titular del certificado (fabricante o diseñador). La estación del piloto «remoto» o a distancia asociada a esa aeronave se consideraría una entidad separada, al igual que se hace con los motores o las hélices (un certificado de tipo actual puede contemplar varias combinaciones célula-modelos de moto-modelos de hélice). La estación terrena (considerada como un «producto») podría tener su propio certificado de tipo emitido por su estado de diseño (como ocurre en la actualidad con una aeronave diseñada y certificada en el estado A pero que incluye un motor certificado en el estado B).

En este caso, habría que desarrollar nuevos Estándares y Prácticas Recomendadas (SARP) para su inclusión en el anexo octavo «Aeronavegabilidad» al Convenio de Chicago.

La segunda opción implicaría que las estaciones del piloto a distancia contaran con certificados de tipo y certificados de aeronavegabilidad comparables a los que existen en la actualidad para las aeronaves. De ese modo, que se aparta mucho del enfoque clásico incluido en el citado Anexo 8, la configuración del RPAS se definiría de modo separado para la RPA y para la estación del piloto, y la aeronavegabilidad de cada una de esas entidades se evaluaría de modo separado. El diseñador del RPAS tendría que determinar que el conjunto resultante de la integración del RPA y de la estación continúa «siendo aeronavegable». En este caso, no bastaría con establecer nuevos SARP, sino que habría que asumir el cambio de filosofía de certificación aplicada hasta ahora. El hecho de que la estación del piloto a distancia tenga su propio certificado de aeronavegabilidad (diferente del de la aeronave) podría incluso llevar a que tuviese su propia matrícula. La Circular indica que estas posibilidades deben explorarse con más detalle.

Pese a su complejidad, esta segunda opción abriría nuevas posibilidades y oportunidades a fabricantes especializados en estaciones de control en

CERTIFICACIÓN

tierra, que podrían de ese modo ofrecer sus productos como un todo certificado e individualizado que pudiera ser utilizado en diversos UAS sin que hubiera que ceder el control del mismo al diseñador del UAS.

Procedimientos de certificación de UAS militares

DGAM DE ESPAÑA

La autoridad militar de certificación corresponde a la DGAM, por el Real Decreto 2218/2004 de 26 de noviembre, que aprueba el *Reglamento de Aeronavegabilidad de la Defensa*. Dentro de la DGAM, la Subdirección General de Inspección y Servicios Técnicos es al que tiene encomendada la función de:

«Ejercer las competencias que en materia de aeronavegabilidad establece la normativa vigente y supervisar el cumplimiento de la misma por los diversos organismos implicados.»

El director general de Armamento y Material es la autoridad nacional de aeronavegabilidad en el ámbito de la Defensa, asesorado por un órgano de apoyo denominado Consejo de Aeronavegabilidad. Al Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) se le asigna el carácter de órgano técnico permanente de trabajo del Consejo de Aeronavegabilidad.

El INTA acuerda las bases de certificación con el solicitante y realiza las necesarias verificaciones, análisis técnico y evaluaciones. Tras la emisión del «Certificado Técnico» del INTA, se emite el Certificado de tipo validado por el director general de Armamento y Material.

Este Reglamento se aplica a aeronaves militares y a otras de interés en el ámbito de la industria de la defensa, pero no ampara a los vehículos no tripulados, por lo que será conveniente evaluar la necesidad y conveniencia de modificar el Reglamento para adaptar la legislación a la certificación de tipo de UAS.

En cualquier caso, a medio plazo los procedimientos de certificación de aeronaves militares aplicados en España podrían verse afectados por el proceso de armonización iniciado por el grupo MAWA (*Military Airworthiness Authorities*)⁷ establecido en el seno de la EDA. Entre los objetivos de este grupo están el proponer y recomendar a los Estados miembros participantes la adopción de procesos de certificación comunes y de códigos

⁷ En: <http://www.eda.europa.eu/genericitem.aspx?Area=Organisation&ID=595>

CERTIFICACIÓN

de diseño y certificación también comunes. En teoría, los resultados principales del trabajo del grupo serían:

1. Una normativa común para todos los países para la certificación de aeronaves militares y para la realización de los trabajos de mantenimiento de aeronavegabilidad de las mismas.
2. La adopción de un «manual» similar al MIL-HDBK 516B *Airworthiness Certification Criteria* del Departamento de Defensa de Estados Unidos (que en su versión *Change 1* ya menciona múltiples diversos aspectos específicos de la certificación de UAS militares) que cubra aquellos aspectos específicos de las aeronaves militares no asimilables a la normativa EASA.
3. El establecimiento de los términos de referencia para la posible creación de una organización conjunta de autoridades militares de certificación en el seno de la EDA, probablemente manteniendo ciertas semejanzas con la autoridad civil y residiendo en las autoridades nacionales la competencia de certificación.

Volviendo al caso nacional, el INTA ya está acometiendo⁸ las fases iniciales de procesos de certificación de UAS, lo que sin duda le permitirá constituirse en una de las primeras organizaciones en ganar experiencia en este campo.

En ocasiones una aeronave desarrollada en el ámbito de la industria de la defensa puede solicitar también el certificado de tipo civil a la autoridad civil competente (la nacional para aeronaves con una masa operativa no superior a 150 kilogramos y la EASA para el resto) y, en su caso, a otras autoridades extranjeras. De ese modo, conseguiría una aprobación civil de su diseño básico (sin incluir aplicaciones o equipos específicamente militares) además de la aprobación militar.

Se considera que estos esquemas y procedimientos de actuación son de aplicación directa a la certificación de tipo de UAS, variando únicamente la normativa a aplicar (los STANAG que estén ratificados por España o, en su defecto, la normativa adaptada que se acuerde con el solicitante del certificado) y el resto de material de guía asociado para aplicación de los requisitos que, como se ha indicado anteriormente, se encuentra en una fase más primaria de desarrollo y que se irá consolidando a medida que se obtenga experiencia en los procesos de certificación en marcha.

⁸ En: <http://www.inta.es/doc/laboratoriosensayo/certificaciondeaeronaves/aeronavegabilidad.pdf>

CERTIFICACIÓN

Por otro lado, los procesos de certificación de otros UAS que potencialmente puedan considerarse «aeronaves de estado» pero no militares (como servicios de aduanas, policía, etc.) deberán definirse caso por caso, y en general los certificados tendrán que ser otorgados por la autoridad de Aviación Civil.

Procedimientos de certificación de UAS civiles

LA AESA

En España, la autoridad para certificación de aeronavegabilidad civil recae, para las aeronaves no incluidas en el ámbito de aplicación de los Reglamentos europeos al respecto, en la AESA del Ministerio de Fomento, según el Real Decreto 184/2008, de 8 de febrero, ya que una de sus competencias es:

«La expedición, renovación, suspensión, mantenimiento y revocación de autorizaciones, habilitaciones, licencias, certificaciones y otros títulos habilitantes para la realización de actividades aeronáuticas civiles, tales como la operación de aeronaves, de aeropuertos y de servicios de navegación aérea, así como para el *diseño*, fabricación, mantenimiento, y uso de las aeronaves, los productos, componentes y equipos aeronáuticos civiles.»

La Dirección General de Aviación Civil (DGAC) mantiene, entre otras, las competencias de para la formulación de propuestas sectoriales y de la política estratégica en materia de aviación civil, la representación y coordinación con otras administraciones y con la Unión Europea en materia de política de transporte aéreo, y la adopción de circulares aeronáuticas.

De acuerdo a la normativa europea, las autoridades nacionales tienen la responsabilidad de certificar los UAS de menos de 150 kilogramos de masa operativa, mientras que para pesos superiores hay que solicitar el certificado de tipo a EASA.

La AESA concedió en febrero de 2010 la primera certificación de aeronavegabilidad civil a un Sistema Aéreo no Tripulado (UAV). Esa certificación era experimental y para vuelos de pruebas de UAV en un área restringida determinada posteriormente ha emitido otros certificados.

Los certificados de tipo para UAS de menos de 150 kilogramos de peso operativo que emitan en el futuro las autoridades nacionales en cada Estado

CERTIFICACIÓN

problemente seguirán el proceso apuntado por la EASA de adaptación de códigos de aeronavegabilidad existentes. En ese sentido, será de gran utilidad el trabajo que en la actualidad desarrolla el grupo de autoridades de aviación JARUS (*Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems*), (*en el que participa España*), que ha propuesto una adaptación del Código CS-VLR (*very light rotorcraft*) para UAS ligeros de ala rotatoria (llamado CS-LURS (*Certification Specification for Light Rotorcraft UAS*)) y planea hacer lo mismo para los de ala fija (adaptando el CS-VLA para aviones muy ligeros y dándole la denominación CS-LUAS).

Como se ha indicado arriba en el apartado «Normativa EASA aplicable a la certificación de tipo UAS civiles», p. 39 sobre normativa, la política de la EASA para certificación de tipo o emisión de certificado de tipo restringido para aeronaves no tripuladas de más de 150 kilogramos⁹ de masa operativa¹⁰ se encuentra recogida en la UAS (*Policy Statement. Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems*) (referencia E.Y01301, 2009).

Se espera que este material de guía sea modificado conforme se vaya obteniendo más experiencia de estos procesos, pero en cualquier caso, el documento hace la importante declaración de que los actuales procedimientos de certificación de tipo de los requisitos parte vigésima primera se mantienen para los UAS. Una de las implicaciones de esta afirmación es que normalmente (salvo determinadas excepciones, que se trate de un UAS de diseño simple, etc.) el certificado de tipo debe solicitarlo una organización de diseño aprobada.

La EASA indica que no dispone en la actualidad de códigos de aeronavegabilidad específicos para UAS, por lo que la certificación se debe realizar adaptando el código equivalente para aeronaves tripuladas a las características concretas del UAS que se pretenda certificar.

⁹ Reglamento (CE) número 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de febrero de 2008, Anexo II. Los UAV por debajo de ese peso son responsabilidad de los Estados, aunque hay otras excepciones que también quedan excluidos del ámbito de la EASA, como las aeronaves que efectúen actividades o servicios militares, de aduanas, policía, búsqueda y salvamento, lucha contra incendios, guardacostas o similares, y las específicamente diseñadas o modificadas para la investigación o para propósitos de experimentación o científicos, y que puedan producirse en un número muy limitado.

¹⁰ Es importante la distinción. No se menciona aquí el peso máximo al despegue, como por ejemplo hace el STANAG 4671, sino que se utiliza la «masa operativa». Según la definición del Reglamento EU-OPS-1, párrafo 1.607, la «masa operativa en vacío» es la masa total del avión listo para un tipo específico de operación, excluyendo todo el combustible utilizable y la carga de pago.

CERTIFICACIÓN

Sin embargo, el *Four-year Rulemaking Programme, 2011–2014 de EASA (23-7-2010)*¹¹ contempla ya la tarea MDM.030 (c) de *Development of Specific CS for UAS airworthiness*, que está previsto comenzar en el año 2014 y finalizar en el año 2016. Es de esperar que esta *Certification Specification* recoja la experiencia ganada hasta entonces por la EASA en la certificación de tipo de UAS utilizando los procesos provisionales establecidos hasta ahora.

Hacia febrero de 2010, la EASA había recibido cuatro solicitudes de certificados de tipo de UAS (una de helicóptero, una de avión y dos de dirigibles)¹².

Es de esperar que la implicación de la EASA en la elaboración de material de guía, normativa y en su aplicación concreta a procesos de certificación aumente todavía más en los próximos tiempos, lo cual sin duda también redundará en un refuerzo de la actividad de las autoridades civiles de cada nación europea en el tratamiento de los UAS con masas operativas inferiores a 150 kilogramos (para ello pueden aplicar la política y los procesos de la EASA de un modo voluntario).

LA FAA

La certificación de UAS realizada por la FAA hasta este momento se basa en conceder Certificados de Aeronavegabilidad experimentales (para UAS civiles, FAA Order 8130.4) y también CoA (*Certificate of Waiver or Authorization*), que permiten realizar vuelos fuera de áreas restringidas o peligrosas a la entidades gubernamentales operadoras de UAV clasificados como *Public Aircraft* (AFS400 US Policy 08-01 *Interim guidance for operational approval of UA flights in the National Airspace*). Las aplicaciones del Departamento de Defensa de Estados Unidos estarían incluidas en esta segunda categoría.

No se tiene noticia¹³ de que la FAA haya iniciado hasta el momento procesos de certificación de tipo de diseños de UAV ni de que hayan publicado un procedimiento al respecto. No se conoce ninguna previsión de calendario para que la FAA establezca un procedimiento formal o requisitos técnicos para la emisión de certificados de tipo normales o especiales que

¹¹ En: <http://easa.europa.eu/rulemaking/annual-programme-and-planning.php>

¹² *MIDCAS workshop*, Bruselas, febrero de 2010.

¹³ Por ejemplo, en la Order 8130.34A, de 27-10-2010, *Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems and Optionally Piloted Aircraft*.

CERTIFICACIÓN

requieran la existencia previa de un Certificado de tipo (como pide FAR 21.183).

Por tanto, la aproximación hasta el momento es diferente de la empleada por la EASA en Europa, aunque ambas autoridades de certificación han manifestado repetidamente su intención de mantener una estrecha coordinación en este tema a través de los grupos y foros de discusión más representativos.

En cualquier caso, sí es una política publicada por la FAA la conclusión de que los certificados suplementarios de tipo (STC)¹⁴ no son un camino adecuado para certificar aeronaves convertidas en UAV (*optionally piloted aircraft*).

Entre los meses de julio de 2005 y diciembre de 2010 la FAA ha emitido 78 certificados experimentales a 17 tipos diferentes de aeronaves¹⁵. Estos certificados tienen por lo general validez de un año.

La FAA ha creado una Oficina Centralizada para UAV (USOP). Una de sus funciones es la de recibir los reportes de incidentes/accidentes de UAV para coordinar o asignar después las labores de investigación entre la Oficina de Investigación de Accidentes de la propia FAA o el NTSB (*National Transportation Safety Board*) según corresponda.

CAA (*CIVIL AVIATION AUTHORITY*) DEL REINO UNIDO

Para el tratamiento de los UAS no militares sobre los que tiene responsabilidad de certificación (es decir, los de menos de 150 kilogramos de masa operativa), la CAA del Reino Unido ha publicado el Documento CAP 722 *Unmanned Aircraft System Operations in UK Airspace-Guidance*, 6-4-2010 en el cual distingue los siguientes casos:

1. UAS de entre 20 kilogramos y 150 kilogramos a los que se les aplica la política de «UAS ligeros», lo que implica que tengan características similares a los aeromodelos y sean operados con las mismas restricciones. La aprobación de su diseño y construcción se basaría en la recomendación de una organización (entidades calificadas, por ejemplo del tipo «asociación aeronáutica, de deportes aéreos o similar») aprobada para ese propósito.

¹⁴ Un STC certifica (en determinadas condiciones) una modificación al diseño de tipo original de una aeronave, normalmente realizada por otra entidad que no es el diseñador original.

¹⁵ FAA: *Fact Sheet-Unmanned Aircraft Systems (UAS)*, 1 de diciembre de 2010.

CERTIFICACIÓN

2. UAS de menos de 20 kilogramos de masa operativa (sin combustible). No se requiere aprobación de aeronavegabilidad.
3. UAS de entre 20 kilogramos y 150 kilogramos de masa operativa no incluidos en el 1. En este se requiere que el fabricante sea una organización aprobada. Se adapta un código existente según el procedimiento de energía cinética y se emite un certificado de tipo contra la base de certificación resultante. Las partes remotas del UAS que sean necesarias para el vuelo seguro y el aterrizaje se considerarán parte de la aeronave y por lo tanto tendrán que cumplir con los requisitos de aeronavegabilidad. El UAS y la estación de control tendrán que cumplir con requisitos específicos de factores humanos.

AUTORIDAD DE AVIACIÓN CIVIL DE CANADÁ, TC (*TRANSPORT CANADA*)

La autoridad de Canadá, TC sólo otorga en la actualidad a los UAS aprobaciones para operar. No se han encontrado publicaciones de normativa o procedimientos relativas a la certificación de aeronavegabilidad de los UAV. Antes de emitir un Certificado de Operaciones en Vuelo Especiales (SFOC) se realiza una evaluación individual de cada operación solicitada y se determina si el operador es capaz de llevarlas a cabo de un modo razonablemente seguro.

La instrucción interna (*Staff Instruction*) *The review and processing of an application for a Special Flight Operations Certificate for the Operation of an Unmanned Air Vehicle (UAV) System* (de fecha 27 de noviembre de 2008) está dedicada a una «certificación o aprobación para operar», pero no trata de la emisión de ningún certificado de aeronavegabilidad. De hecho, se indica que el solicitante de una aprobación para «operar» un UAV en Canadá debe describir cómo ha determinado que el vehículo aéreo y el sistema son adecuados y seguros para el vuelo es decir, aeronavegables. La instrucción aclara que:

«En la actualidad, TC no tiene definidas las cuestiones que se deben tener en cuenta en el diseño de UAV y sus sistemas asociados. El uso de «aeronavegable» en este Documento significa que es «adecuado y seguro para el vuelo» pero no significa que lo sea «de conformidad con un diseño de tipo.»»

El TC considera que los aeromodelos son aeronaves cuyo peso total no excede los 35 kilogramos, que son lanzados o dirigidos mecánicamente

CERTIFICACIÓN

para propósitos recreativos y que no llevan personas u otras criaturas vivas a bordo. Sin embargo, la operación de UAS por debajo de ese peso debe ser objeto de aprobación específica si son utilizados para propósitos de investigación, ensayos, etc., en lugar de sólo para recreo.

Las regulaciones pertinentes se encuentran en la actualidad sujetas a revisión a través de un grupo de trabajo cuyas primeras conclusiones están previstas a lo largo de 2011¹⁶.

Conclusiones

De la información expuesta en los puntos anteriores se pueden extraer una serie de conclusiones. Todos los expertos coinciden en que la falta de regulación consolidada (en general en todos los aspectos, pero con especial incidencia en el caso de la aeronavegabilidad) constituye un freno para el desarrollo y posterior puesta en operación de los UAS, y por tanto los usuarios urgen a que se establezca dicha regulación. Sin embargo, al mismo tiempo se constata que dicha consolidación no es una tarea simple y que se requerirá ganar experiencia real de certificación antes de que se produzca.

En cualquier caso, las reglas aplicables a la certificación militar están mucho más definidas, sobre todo por la existencia de un código de aeronavegabilidad para ala fija ya promulgado en el ámbito de la OTAN y de borradores de otros códigos en avanzado estado de preparación.

Ya se han abierto las fases iniciales de procesos de certificación de UAS militares aplicando el STANAG 4671, o bien en otros diseños de UAS militares que se están realizando en la actualidad los fabricantes están utilizando esa normativa desde el principio con el objetivo de que el sistema se pueda certificar en el futuro.

Entre tanto, las autoridades civiles mantienen en general una situación más interina tendente a ganar experiencia y recibir resultados de los grupos de trabajo relacionados con la certificación de tipo antes de fijar los parámetros que se deban aplicar.

Pese a ello, la EASA tiene abiertos diversos procesos de certificación de tipo de UAS utilizando bases de certificación adaptadas de los requisitos de aeronaves tripuladas o adaptaciones del STANAG 4671. En España la AESA, ya ha concedido certificados de aeronavegabilidad experimentales

¹⁶ Conferencia del director general de Aviación Civil en noviembre de 2010, en: <http://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/opssvs/directorgeneral-speeches-1208.htm>

CERTIFICACIÓN

a algunos UAS. De la información disponible se deduce que ni la FAA ni TC tienen actualmente en marcha procesos de certificación de tipo de UAS, ya que no siquiera disponen de procedimiento al respecto.

En los citados casos de certificación militar, si se trata de UAS en la franja superior de pesos máximos al despegue permitidos por el STANAG (de 150 kilogramos a 20.000 kilogramos), una posible certificación civil de una versión no militar del UAS (por ejemplo para su uso por agencias gubernamentales civiles) podría implicar un esfuerzo considerable si la aplicación del enfoque de energía cinética de la EASA y otras autoridades lleva a concluir que es necesario aplicar requisitos de transporte (CS-25) en lugar de requisitos de aviación general (CS-23 o STANAG 4671). Esto limitaría o encarecería los usos duales (militar y seguridad o usos civiles «especiales») de un UAS determinado. Dada la envergadura en costes y período del ciclo de vida de un proyecto de diseño, desarrollo y fabricación de un UAS tipo MALE o HALE, es conveniente que se disipe cuanto antes cualquier duda al respecto para que dichos programas se puedan planificar con seguridad.

Por otro lado, las políticas de la EASA, de la FAA y la propia redacción del STANAG 4671, hacen necesaria la adaptación de los códigos de aeronavegabilidad seleccionados a las características del diseño del UAS en cuestión. En el caso de UAS tácticos de alto peso o de clase superior, esto obligará a la definición de multitud de condiciones especiales y otras especificidades de la base de certificación que deben elaborarse con sumo cuidado, ya que establecerán un precedente de certificación y podrían verse cuestionadas en el futuro cuando se vaya ganando experiencia al respecto.

Es de esperar que en España, al igual que en la práctica totalidad de países con una industria aeronáutica apreciable, aumente cada vez más la necesidad de realizar ensayos y vuelos de prueba y desarrollo de UAS de diseño nacional con vistas, en muchos casos, a la obtención de certificados de tipo. Dadas las buenas condiciones climatológicas y de espacio aéreo, también es previsible que exista una demanda para ensayar en España UAS de diseño extranjero.

En la actualidad las autoridades civiles y militares ya están dando pasos para responder a ambas demandas. A este respecto, se considera conveniente que se consoliden y publiquen los procedimientos correspondientes que permitan la concesión de aprobaciones para la realización de ensayos de UAS con la necesaria flexibilidad, asegurando la adecuada coordinación en los casos de UAS de uso dual civil-militar.

CERTIFICACIÓN

Al objeto de poder influir en la definición de las normativas y procedimientos de certificación que se están discutiendo en la actualidad, es importante que se mantenga e incremente, o se establezca donde no exista, la participación en los foros y grupos de trabajo de aeronavegabilidad de UAS, entre ellos, de manera destacada, en el *Working Group 73* de EUROCAE.

Abundando en esa línea, dadas las características de especialización que empiezan a mostrar algunas empresas españolas, con elevado nivel tecnológico en estaciones terrenas, subsistemas y enlaces de datos de UAS, se debe analizar en profundidad cual de los enfoques propuestos por OACI en su Circular 328 (Certificación de la estación terrena incluida en la del UAS o emisión de un Certificado de Aeronavegabilidad individual para ella) es más conveniente y proporciona más flexibilidad operativa, para poder abogar por la posición que presente más interés en los ámbitos de decisión correspondientes.

JOSÉ RAMÓN SALA TRIGUERO
DGAM-SUBTECEN

INTEGRACIÓN UAS EN EL ESPACIO AÉREO

Introducción

El creciente desarrollo y uso de las plataformas aéreas no tripuladas es, sin lugar a dudas, el próximo paso en la evolución de la aviación. De hecho esta visión de futuro y previsión de evolución de los UAS¹ no es algo nuevo, sino que resulta curioso que justo tras finalizar la Segunda Guerra Mundial, personalidades como el general de la USAAF², Hap Arnold, ya se refiriesen a estos dispositivos y su potencial utilización:

«We have just won a war with a lot of heroes flying around in planes. The next war may be fought by airplanes with no men in them at all.»

El empleo de los UAS, tanto en el campo militar como en el civil, está demostrando día a día grandes ventajas frente a las plataformas tripuladas en determinadas áreas de acción, de ahí la continua demanda de espacio aéreo para su operación y la necesidad de buscar una solución a corto plazo para resolver el gran problema de la integración en el espacio aéreo.

Misiones como patrulla marítima, vigilancia de fronteras, seguimiento agrícola, recogida de datos meteorológicos y/o atmosféricos, cartografía geológica de infraestructuras desde gran altitud, etc., son, entre otras actividades, las más significativas que estos «ingenios» desarrollarán en el ámbito civil en un futuro casi inmediato. En cuanto a las aplicaciones militares son igualmente numerosas destacando la recolección de inteligencia de señales e imágenes, vigilancia y reconocimiento, adquisición de objetivos, corrección de tiro, evaluación de daños, relé de comunicaciones, Gue-

¹ *Unmanned Air System.*

² Cuerpo Aéreo del Ejército de Estados Unidos.

INTEGRACIÓN UAS EN EL ESPACIO AÉREO

rra Electrónica (EW)³, Detección de Dispositivos Explosivos Improvisados (C-IED)⁴, Misiones Ofensivas Utilizando UCAS⁵, Supresión de Defensa Aérea (SEAD)⁶, y Apoyo Aéreo Cercano (CAS)⁷.

La gran proliferación de estos Sistemas año tras año nos demuestra la imparable realidad de su importancia, a pesar de no existir todavía una reglamentación definida que les permita la posibilidad de volar en espacio aéreo no segregado, y las grandes limitaciones y condicionantes para poder hacerlo en aquellos espacios aéreos segregados al efecto. Cuando los problemas de reglamentación, certificación, determinación de equipos necesarios y mando y control sean resueltos, nada podrá parar su definitivo avance y desarrollo. Concretamente algunos aspectos críticos a resolver antes de una completa integración en el espacio aéreo serían: la integridad en la comunicación y control, interoperabilidad para el manejo de los datos por la comunidad internacional, gestión del espectro electromagnético, establecimiento de un nuevo concepto de aeronavegabilidad y reglamentación para la certificación, así como la determinación de los requisitos médicos y de Cualificación del Personal Operador (DUO)⁸ y de mantenimiento para las plataformas. Una integración que debe posibilitar el respeto de las llamadas «reglas del aire» y que debe estar en sintonía con lo que establezcan las autoridades aeronáuticas.

Normativa nacional. Espacio aéreo segregado

La necesidad de establecer zonas o áreas de vuelo en España para el entrenamiento de los operadores militares, realizar ensayos con las nuevas plataformas y permitir la operación de sistemas aéreos no tripulados en nuestra geografía, han forzado la decisión del Ejército del Aire, aunque inicialmente exclusivamente en el ámbito militar y en un espacio aéreo segregado *ad hoc* muy localizado, de iniciar el proceso de regulación de todos estos aspectos.

Es presumible, que la normativa militar que se establezca, o sus desarrollos posteriores fruto de la experiencia adquirida en la operación con

³ *Electronic Warfare. EW includes three major subdivisions: Electronic Attack (EA), Electronic Protection (EP), and Electronic warfare Support (ES).*

⁴ *Counter-Improvised Explosive Device.*

⁵ *Unmanned Combat Air System.*

⁶ *Suppression of Enemy Air Defenses.*

⁷ *Close Air Support.*

⁸ *Designated UAS Operator.*

INTEGRACIÓN UAS EN EL ESPACIO AÉREO

estos sistemas, puedan servir de referencia en un futuro no muy lejano al ámbito civil, aunque en un principio sólo pueda aplicarse a «determinadas áreas de trabajo y bajo ciertos condicionantes de colaboración». A pesar de todo ello, es evidente que el paso dado por el Ministerio de Defensa para tratar de desarrollar la citada normativa militar es muy importante ya que permitirá una operación inicial «controlada y segura» de los UAS en un número reducido y específico de áreas segregadas de nuestro territorio.

Concretamente, y en cuanto a zonas geográficas para esta operación centralizada de UAS, está aún por definir oficialmente, aunque se apunta a la utilización del actual Centro de Ensayos del Arenosillo en Huelva, con el objeto de explotar e incrementar sus capacidades de experimentación y certificación, así como del polígono de tiro de las Bardenas Reales en Navarra, para el entrenamiento de los operadores de UAS. Seguramente, si la decisión final sobre estas áreas llegase a consolidarse, podría frenar la actual tendencia a la proliferación de peticiones e iniciativas en el ámbito civil para la segregación de espacio aéreo «por doquier», así como los múltiples proyectos de competición entre nuestras comunidades autónomas para la creación de centros por excelencia de UAS.

Como se ha mencionado anteriormente, se tiene intención de apoyar desde el Ministerio de Defensa los desarrollos y necesidades industriales, aunque de una forma centralizada y controlada, paso por paso y en un número reducido de zonas segregadas de nuestra geografía (las apuntadas), lo cual permitirá asegurar y controlar la seguridad en la operación de estos Sistemas.

De momento, el Ministerio de Defensa, y concretamente el Ejército del Aire, ha iniciado el proceso regulativo. Con la modificación del *Reglamento de Circulación Aérea Operativa* (RCAO) de fecha 20 de mayo de 2010 (Orden PRE/1366/2010), se definen por primera vez los conceptos de Vehículo-Sistema Aéreos no Tripulados (UAV-UAS), y se asigna al Jefe de Estado Mayor del Ejército del Aire (JEMA), como autoridad militar competente, la autorización de las operaciones de los UAV-UAS militares en el ámbito del Ministerio de Defensa dentro de espacios aéreos segregados. A su vez se responsabiliza a esta autoridad, del establecimiento de autorizaciones, requisitos y competencias del personal y equipos necesarios para la operación segura dentro del espacio de soberanía y responsabilidad nacional, tanto de los mismos como de los demás usuarios del espacio aéreo, incluidas aquellas personas y bienes sobrevolados.

A nivel militar en España, e inicialmente dentro de espacio aéreo segregado, se está implantando una estructura básica que permita el desarrollo

INTEGRACIÓN UAS EN EL ESPACIO AÉREO

normativo requerido para la operación de estos sistemas, formación y titulación de sus operadores, así como la creación de la Escuela de UAS en uno de los Centros Militares Docentes del Ejército del Aire, Grupo de Escuelas de Matacán (GRUEMA), base aérea de Salamanca, dónde la formación básica necesaria podrá impartirse a través de los correspondientes cursos de adquisición y convalidación.

Esto constituye el primer paso firme dado en nuestro país sobre normativa relacionada con UAS, aunque exclusivamente en el ámbito militar, constituyendo un magnífico precedente y base de apoyo para la futura integración de estos UAS en el espacio aéreo no segregado, una vez se desarrolle al completo la normativa civil que posibilitará la operación de estas plataformas aéreas en el espacio aéreo general.

A su vez, la Secretaría de Estado de Defensa está elaborando un Documento sobre la «Estrategia para la implantación, desarrollo y uso de los sistemas aéreos no tripulados en el ámbito del Ministerio de Defensa». Este plan pretende marcar la senda que facilite la integración operacional de estos sistemas dentro de los medios que ya poseen nuestros Ejércitos, de modo que puedan, en un futuro cercano, convertirse en un sistema de sistemas donde su potencialidad y posibilidades de empleo contribuyan a acrecentar las capacidades de combate de las Fuerzas Armadas. Esa capacitación puede armonizarse de modo tal que genere capacidad excedentaria que facilite a la base tecnológica e industrial infraestructuras y procesos para el ensayo, la certificación, la formación y el impulso de sus programas. Por otra parte se pretende proporcionar la visibilidad necesaria que permita a este plan servir de apoyo y referencia a otros ministerios y sectores de la industria aeroespacial.

Pero por el momento, y debido a que en la actualidad la coexistencia entre la actividad de los UAS y la de los demás usuarios del espacio aéreo no se puede garantizar mediante la aplicación de la regla «ver y evitar» y, hasta que no se desarrolle un sistema equivalente, será necesario segregarse en el tiempo y/o en el espacio la operación de los UAS con respecto a cualquier otra actividad aérea. Por todo ello, la operación de estos sistemas desde un punto de vista militar, se va a considerar una actividad aérea «excepcional», explícitamente regulada y autorizada, si procede, una vez analizado «caso a caso» cada operación.

El JEMA, como autoridad militar competente, ha confeccionado y distribuido recientemente unas «Normas sobre la operación de sistemas aéreos no tripulados militares en el espacio aéreo segregado de soberanía y responsabilidad», donde entre otras cosas, se establecen los requisitos en materia

INTEGRACIÓN UAS EN EL ESPACIO AÉREO

de espacio aéreo y coordinación de los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS) para la operación de UAS en este tipo de espacio aéreo. A su vez se determinan los requerimientos operativos y normativos que deberán cumplir los UAS militares para una operación segura, con el propósito de satisfacer las necesidades de todos los usuarios, y posibilitar una adecuada coordinación civil-militar, de acuerdo con el concepto de uso flexible del espacio aéreo.

Asimismo, las normas sobre operación establecen una serie de definiciones tendentes a delimitar las diferentes zonas de operación de estos vehículos incluyendo, no sólo la zona de trabajo, sino también los corredores aéreos necesarios para todas las fases de vuelo del sistema.

Otro elemento primordial contemplado en las mismas es todo aquello relativo a la coordinación previa de los vuelos, y así queda reflejado en la normativa. Destacar como ejemplo, la necesidad de la gestión y publicación de un NOTAM específico para la operación de estas aeronaves, que será el primer paso para que la unidad que opere el Sistema UAS inicie los contactos necesarios con las agencias de control con el objeto de asegurar los procedimientos de coordinación a nivel táctico.

Por otra parte en estas Normas se establecen los requisitos básicos necesarios relativos a la documentación a disponer por la unidad que opera el sistema (manuales de vuelo, tarjetas y títulos en vigor, así como los correspondientes certificados de aeronavegabilidad) y el equipamiento mínimo necesario para el vuelo (comunicaciones, IFF, etc.) dependiendo de la clase-tipo de UAS.

Por último se fijan las responsabilidades en el desarrollo de los vuelos y los procedimientos de seguridad y recuperación de emergencia, elemento clave de la seguridad en la operación.

Ahora sólo queda esperar... para que una vez considerados todos estos aspectos, así como resueltos otros tantos relativos a certificación de UAS, autorización de frecuencias, licencias de operadores, etc., se inicie la operación legal de estos sistemas no tripulados dentro de nuestro territorio, a pesar de que inicialmente quede restringida su utilización a espacios segregados *ad hoc* muy localizados y, principalmente, limitado a plataformas militares no tripuladas.

Normativa espacio aéreo no segregado

A día de hoy, la integración de los UAS en el espacio aéreo no segregado no está resuelta dada la complejidad y extensión de las áreas que afec-

INTEGRACIÓN UAS EN EL ESPACIO AÉREO

ta y la necesidad de obtener soluciones internacionalmente aceptadas que permitan la operación segura en el espacio aéreo. No existe normativa internacional alguna sobre su operación en el espacio aéreo, tan sólo algunas normas nacionales desarrolladas, como por ejemplo: Reino Unido, Estados Unidos, Alemania o Australia que, principalmente centran su regulación para la operación en espacios aéreos segregados y transiciones a través de corredores entre los mismos.

Hay múltiples estudios publicados sobre cómo integrar las aeronaves no tripuladas en sus respectivos espacios aéreos, y por tanto establecer unos «mínimos» sobre los que certificar estas aeronaves. Mencionar, por ejemplo Estados Unidos, que enfocan la regulación de las aeronaves no tripuladas partiendo de un estudio de tamaños, masas, probabilidades de fallo y de impacto contra tierra o en vuelo, y contra aeronaves tripuladas, concluyendo que, para uso civil regulado son las aeronaves «mini» y «micro» las más adecuadas, y no recomendando UAS de mayor tamaño. Para las primeras, las normas a aplicar serían similares a las reglas seguidas por los aficionados de R/C⁹, no registradas como leyes y sí como normas de clubes de R/C, basadas en consejos de algunas organizaciones (FAA)¹⁰, etc.). Estas normas establecen cotas de operación muy bajas, tratando de mantener siempre el contacto visual con la aeronave y se restringe su uso fuera del espacio aéreo controlado y lejos de zonas «problemáticas» como sendas de aproximación y despegue de aeropuertos. Para los UAS más pesados (≥ 1.000 libras) establecen la necesidad de homogeneizar su control con el ya existente del espacio aéreo, aplicándole las mismas normas que a las aeronaves tripuladas.

Particularmente para nuestro país, la transición en España para la operación de los UAS del espacio segregado al no segregado, y dentro de éste, a aquel completamente controlado, debe plantearse de una forma progresiva. Es decir, pasar de la obligatoriedad para la operación de UAS militares, y posteriormente civiles, exclusivamente dentro de espacios aéreos segregados *ad hoc*, a una fase intermedia en la que se permitiría la operación de UAS entre áreas restringidas conectadas a través de pasillos o corredores segregados de utilización exclusiva para UAS. Siguiendo este proceso, la evolución hacia la plena integración en el espacio aéreo no segregado, sería mucho más sencilla, aunque queda un largo camino por recorrer.

⁹ Radio-Control.

¹⁰ *Federal Aviation Administration*.

INTEGRACIÓN UAS EN EL ESPACIO AÉREO

No obstante como decía, son muchas las iniciativas que se están llevando a cabo por parte de organizaciones civiles y militares con la colaboración de las empresas del sector. Así, Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), EDA¹¹, Eurocontrol, OACI¹², EASA¹³, FAA, etc. tienen programas específicos sobre esta materia, aunque a día de hoy, no se ha conseguido una adecuada convergencia de esfuerzos y resoluciones que permita la operación segura de los UAS en un espacio compartido con la aviación convencional.

En cualquier caso el Ejército del Aire en estrecha coordinación con el Ministerio de Fomento contribuirá a los estudios ya en marcha citados para establecer las bases para la consecución de la regulación de los UAS en el espacio aéreo, además de continuar trabajando en otros foros como por ejemplo el Programa JARUS¹⁴ dónde participa con otros 13 países.

La normativa a desarrollar implicará inicialmente ciertas limitaciones y condicionantes para la operación de los UAS, básicamente dependiendo de las capacidades, tipo, equipos, sistemas de a bordo, etc. de cada plataforma aérea no tripuladas, ya que se está trabajando con la premisa básica de la «operación segura de los UAS» en todo el espacio aéreo.

El grado de seguridad en la operación no debe ser superior al exigible a cualquier otra aeronave tripulada, aunque el hecho de ser no tripulada implicará la exigencia de ciertos dispositivos de *sense and avoid*, en función del tipo de espacio aéreo en el que opere y fase del vuelo, que mediante un automatismo, permita sustituir la reacción del piloto de una aeronave tripulada ante ciertas eventualidades.

Recientemente la OACI ha publicado una nueva Circular (Cir 328-AN/190) sobre Sistemas Aéreos No Tripulados con el propósito de:

1. Informar a los Estados de la perspectiva emergente de OACI sobre la integración de los UAS dentro del espacio aéreo no segregado y en los aeródromos.
2. Considerar las diferencias fundamentales con la aviación tripulada que tal integración implicará.

¹¹ *European Defense Agency* (Agencia Europea de Defensa).

¹² Organización Internacional de Aviación Civil.

¹³ *European Air Safety Agency*.

¹⁴ *Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems*.

INTEGRACIÓN UAS EN EL ESPACIO AÉREO

3. Alentar a los Estados para que con su ayuda, apoyen al desarrollo de la política de la OACI sobre la UAS, proporcionando información sobre sus propias experiencias asociadas con estos sistemas.

La OACI considera a los Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV) como «aeronaves»; por lo que, las actuales normas y métodos recomendados, o especificaciones técnicas de Aviación Civil, llamados SARP¹⁵, son de aplicación para todas ellas. Sin embargo, la completa integración de los UAS en las diferentes clases de espacio aéreo y aeropuertos necesitará del desarrollo de «nuevas» SARP para complementar aquellas ya existentes. La meta de la OACI es proporcionar el marco regulatorio internacional a través de estas normas para respaldar la operación segura de los UAS en el mundo entero de una forma armonizada e impecable, comparable a la que se realiza con las aeronaves tripuladas.

La identificación clara de las «diferencias y comunales» entre aeronaves tripuladas y no tripuladas es el primer paso para el desarrollo de un marco regulatorio apropiado que permita, como mínimo, un nivel equivalente de seguridad para la integración de los UAS en el espacio aéreo no segregado y aeródromos, y de esta forma, poder actuar y responder como lo hace un avión tripulado.

Para poder completar esas diferencias con respecto a los aviones tripulados, es necesario la incorporación de nuevas tecnologías en los UAS que permitan: detectar y evitar a otras aeronaves, permitir un adecuado mando y control de los sistemas, posibilitar la continua y completa comunicación con los servicios de control y tránsito aéreo, así como, potenciar la prevención de las interferencias ilícitas o no planeadas.

En definitiva, todavía queda un largo camino por recorrer para una plena integración de estos sistemas dentro del espacio aéreo segregado. La tecnología permitirá en un periodo relativamente corto de tiempo alcanzar los niveles de seguridad exigibles por las actuales organizaciones para posibilitar la operación de estos sistemas en todo tipo de espacio aéreo. A partir de ese momento se habrá abierto la «caja de Pandora» para los sistemas aéreos no tripulados que, progresivamente, irán sustituyendo a las aeronaves tripuladas en muchas de las misiones que actualmente desarrollan.

JUAN DOMÍNGUEZ PÉREZ
Comandante del Ejército del Aire

¹⁵ *Standards And Recommended Practices.*

ENTRENAMIENTO Y TITULACIÓN

Introducción

La incorporación a los ejércitos de sistemas de armas basados en el concepto de Sistemas Aéreos no Tripulados y su creciente uso por parte de las Fuerzas Armadas españolas en los diferentes escenarios donde éstas operan, hacen necesario, al igual que están realizando los diferentes países de nuestro entorno, asegurar que el empleo de los mismos no interfiera con otras aeronaves que actúan en el espacio aéreo, garantizando las necesarias condiciones de seguridad en su operación.

Por otro lado, el empleo de estos Sistemas Aéreos no Tripulados en los escenarios internacionales donde se encuentran desplegadas nuestras Fuerzas Armadas requiere, con una pujanza cada vez mayor, del correspondiente proceso de instrucción y adiestramiento del personal que opera estos sistemas de armas en territorio nacional, para garantizar que su uso en las operaciones responda a la doctrina de empleo de unos sistemas que interactúan directamente con otros medios aéreos desplegados en los diferentes teatros de operaciones.

Para conseguir estos propósitos, es necesario que el personal implicado en la operación de los Sistemas Aéreos no Tripulados posea, al igual que el resto de personal aeronáutico que realiza funciones técnicas propias de la navegación aérea, un título que le faculte específicamente para dicha función y cumpla con las condiciones que reglamentariamente se determinen, según señala la Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación Aérea, en su capítulo décimo, al tratar del personal aeronáutico.

Por lo tanto, y en el caso de las titulaciones aeronáuticas militares, corresponde al Ministerio de Defensa, y dentro de éste, al Ejército del Aire, la determinación y expedición para el ejercicio de las funciones técnicas de la navegación aérea.

ENTRENAMIENTO Y TITULACIÓN

En consecuencia, parece obligado establecer el marco normativo necesario que acredite la aptitud aeronáutica y titulaciones del personal militar del Ministerio de Defensa responsable de operar estos sistemas de armas. En este proceso, actualmente en curso, se regulan los procedimientos para la obtención de las tarjetas de aptitud correspondientes a la nueva titulación aeronáutica, así como las normas generales para la concesión, convalidación, revalidación, renovación, ampliación y anulación de las mismas.

Entrenamiento y titulación militar nacional prevista

El uso de los UAS (*Unmanned Air System*) en áreas de conflicto, fundamentalmente en Irak, Libia y Afganistán, es cada día más intenso. Esto está obligando a contar con personal especializado en el manejo de estos sistemas, y empieza a ser crítico localizar y formar en tiempo oportuno a suficientes especialistas.

Este hecho se agrava para los sistemas más grandes donde puede llegar a ser un requisito imprescindible que el operador de la plataforma aérea sea un piloto tradicional. Esta cuestión está siendo considerada cada vez por más países como, por ejemplo, Estados Unidos y Reino Unido.

No cabe duda de que la formación de los operadores de estas plataformas constituye un elemento esencial del sistema. A tal efecto, el Ejército del Aire ha abordado una serie de acciones con objeto de crear y activar de forma inmediata el órgano docente responsable de impartir este tipo de formación inicial.

Por parte de su Dirección de Enseñanza (DEN) se han elaborado los correspondientes Planes de Estudios, basados en el STANAG 4670¹, que contemplan una fase teórica y otra práctica, esta última a desarrollar tanto en simulador como en una plataforma Sistema Aéreo no Tripulado (UAV) «genérica». Asimismo se está confeccionando un plan de transición que plantee alternativas para la ejecución de la fase práctica y las condiciones de obtención de las convalidaciones que posibiliten la obtención de las licencias de operador de UAS a aquel personal de las Fuerzas Armadas que actualmente está operando en zonas de operaciones en el exterior.

La estructura del Plan de Formación del Personal Operador de UAS (DUO) vendrá determinada por dos cursos:

¹ *Recommended Guidance for the Training of Designated Unmanned Aircraft Systems Operators (DUO).*

ENTRENAMIENTO Y TITULACIÓN

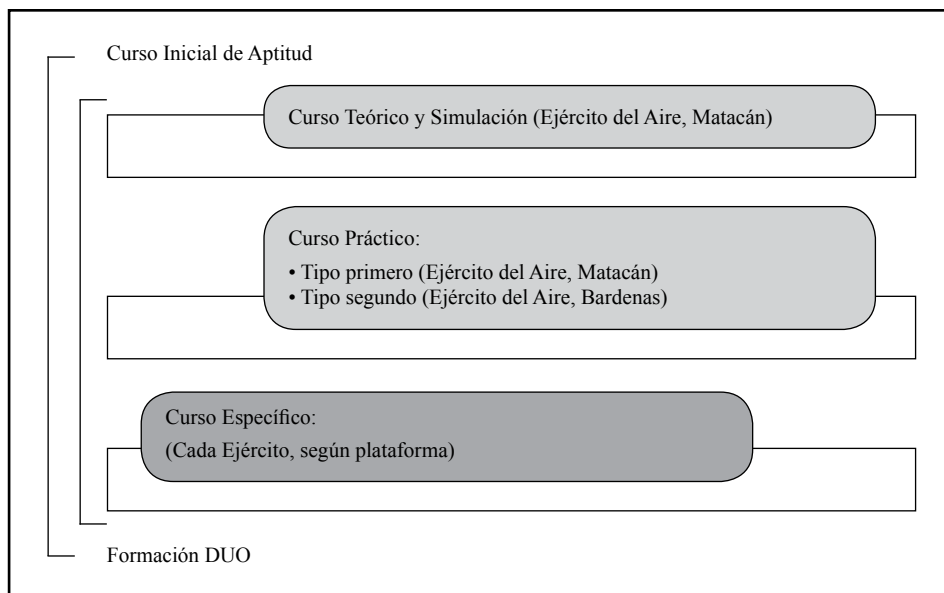


Figura 1.— *Cursos Inicial de Aptitud y Específico.*

1. *Curso Inicial de Aptitud*: cuyo resultado es obtener las tarjetas de operador UAS. La ejecución de este Curso, que constará de una fase teórica y otra práctica, será responsabilidad del Ejército del Aire.
2. *Curso Específico*: cuyo resultado es la obtención de la calificación de tipo. Su ejecución será responsabilidad de cada Ejército para las plataformas en servicio en el ámbito de su responsabilidad y como consecuencia del cumplimiento de los Planes de Instrucción y Adiestramiento Básico que se determinen, figura 1.

Asimismo se establecen dos tipos de Tarjetas de Aptitud para operar distintas categorías de UAS:

- *Tipo I*: documento nominal que acredita que el titular posee la aptitud necesaria para operar los UAS militares que en ella figuren, cuyo peso sea inferior o igual a 150 kilogramos.
- *Tipo II*: documento nominal que acredita que el titular posee la aptitud necesaria para operar los UAS militares que en ella figuren, cuyo peso sea superior a 150 kilogramos.

ENTRENAMIENTO Y TITULACIÓN

Sobre la clasificación o categorización de UAS, no existe un criterio único e internacionalmente aceptado, aunque para UAS de uso militar, el JCGUAV (*Joint Capability Group on UAV*) de la OTAN ha propuesto una clasificación basada en el peso máximo al despegue y diferentes categorizaciones basadas en el uso del UAS y su perfil de vuelo. El Ejército del Aire ha seguido esta clasificación de referencia y, de acuerdo a ella, se establece

Cuadro 1.— *Tarjetas de Aptitud y categorías UAS.*

Tipo de tarjeta	Clase (MTOW)	Categoría	Empleo	Aptitud operacional AGL	Radio de misión	Ejemplo de plat
Tipo I	Clase I ≤ 150 kilo-gramos	SMALL > 20 kilo-gramos	Unidad Táctica	Hasta 1.200 ft	50 kiló-metros (LOS)	Hermes 90
		MINI 2-20 kilo-gramos	Subunidad Táctica	Hasta 1.000 ft	25 kiló-metros (LOS)	Raven
		MICRO < 2 kilo-gramos	Táctico, Pelotón, Sección, Personal	Hasta 200 ft	5 kiló-metros (LOS)	Black Widow
Tipo II	Clase II >150/≤ 600 kilogramos	Táctico	Formación Táctica	Hasta 10.000 ft	200 kiló-metros (LOS)	Searcher MK II
		Strike/Combt	Estratégico	Hasta 65.000 ft	Sin límites (BLOS)	
	Clase III > 600 kilo-gramos	HALE (<i>Hig Altitude Long Endurance</i>)	Estratégico	Hasta 65.000 ft	Sin límites (BLOS)	Global Hawk
		MALE (<i>Medium Altitude Long Endurance</i>)	Operacional de teatro	Hasta 45.000 ft	Sin límites (BLOS)	Predator A y B, Heron y Heron TP

ENTRENAMIENTO Y TITULACIÓN

la correspondencia entre Tarjetas de Aptitud y categorías de UAS por las que se permite operar con cada una según se refleja en el cuadro 1.

A su vez, dados los beneficios asociados a las capacidades que estos sistemas pueden ofrecer en diversos ámbitos de acción del Estado y de entidades civiles, cabe destacar que este centro pionero en la formación de personal operador de UAS del Ejército del Aire, a localizar en el Grupo de Escuelas de Matacán², nace con la vocación de ampliar a esos ámbitos su actividad formativa.

Concretamente, y al amparo de lo establecido en la Ley 39/2007 de la Carrera Militar en su artículo 55 relativo a «Colaboraciones con instituciones y centros educativos», la citada Ley contempla que:

«El Ministerio de Defensa promoverá la colaboración de los centros docentes militares con la Administración General del Estado, las instituciones autonómicas y locales, así como con otros centros de formación profesionales e instituciones educativas, civiles y militares, nacionales o extranjeras.»

El Ejército del Aire tiene por delante un largo camino por recorrer, pero a pesar del aparente retraso con respecto a otros países de nuestro entorno que poseen Sistemas UAS de altas características MALE-HALE), es muy posible que en un periodo muy reducido de tiempo, no sólo acorte distancias sino que supere a estas naciones en cuanto a la regulación de titulaciones y tarjetas de aptitud de los operadores, establecimiento de un centro de formación de UAS y desarrollo de una normativa de segregación de espacio aéreo de soberanía y responsabilidad nacional «segregado *ad hoc*» con la seguridad apropiada, todo ello mientras se continua en espera que la Organización Internacional de la Aviación Civil (OACI) definitivamente regule el uso y operación en espacio aéreo no segregado.

Futuro entrenamiento y titulaciones de los operadores

La falta de una legislación oficial desarrollada por parte de Aviación Civil en relación con la titulación de pilotos de UAV u operadores de UAS (DUO), al contrario de lo que sucede para los pilotos de aeronaves tripuladas, es quizás la razón principal por la que se está progresando tan lenta-

² Base aérea de Salamanca.

mente en las futuras certificaciones y, consecuentemente, en la normalización del entrenamiento de los operadores DUO.

Es evidente que existe una gran necesidad de estandarizar los procedimientos y la titulación de los nuevos DUO lo que permitiría una convalidación mutua y la consiguiente interacción entre diversos sistemas y actores, así como el reconocimiento de las licencias entre países.

Asimismo, se hace necesario definir y hacer cumplir unos estándares mínimos que permitan la correcta interoperabilidad y garanticen la seguridad en vuelo, no sólo de los propios UAV, sino también del resto de los actores del espacio aéreo.

Para ello es fundamental establecer los tipos de perfiles necesarios y su nivel de cualificación. En una primera aproximación resulta clara la distinción de: por un lado el DUO que controla el vuelo de la propia aeronave y por otro el operador de carga de pago responsable del control y gestión de los sensores de abordó.

A nivel de Aviación Civil, la responsabilidad de la operación segura de cualquier aeronave recae en la figura de «piloto al mando» por lo que, ante la falta de una normativa en el ámbito civil para UAS, este concepto puede tener varias interpretaciones.

En el ámbito militar, el STANAG 4670 *Recommended Guidance for the Training of Designated Unmanned Aircraft Systems Operators (DUO)* confirma al DUO como el «equivalente del piloto al mando de una aeronave tripulada», por lo que, al menos, existe una línea de trabajo e hito de referencia documental que podría servir a las autoridades aeronáuticas civiles para el desarrollo de su propia normativa. A su vez, en este STANAG, se establecen una lista de perfiles, áreas de operación y cualificación de los DUOS, fundamentales para una estandarización del tipo de entrenamiento deseado y que debe servir de base para el desarrollo de los diferentes Planes de Instrucción y Adiestramiento Básico de cada tipo de plataforma no tripulada.

Entre los distintos aspectos más significativos a tener en cuenta en la formación de los DUO se pueden destacar los siguientes:

- El DUO debe ser capaz de demostrar un nivel de cumplimiento de las normas que rigen en los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS), formación y cualificación operativa, mientras que los Sistemas UAV deben cumplir los requisitos aplicables a los equipos exigidos en la clase de espacio aéreo en que se tiene la intención de operar.
- Los requisitos nacionales de formación para un buen entrenamiento del DUO, son esenciales para la seguridad y eficacia de las operacio-

ENTRENAMIENTO Y TITULACIÓN

nes del Sistema. Así pues estos requisitos deben ser también revisados periódicamente.

- Se deben definir claramente los programas de entrenamiento. Algunos de los conocimientos aeronáuticos y destrezas básicas como la navegación, los sistemas de las aeronaves, meteorología, actuaciones, aerodinámica, incluidos los efectos de los elementos de control, la preparación de misiones, etc., son aspectos comunes a casi cualquier sistema de operación de vehículos aéreos no tripulados y tendrán que ser incluidos en los programas de formación como contenidos básicos.
- El funcionamiento de algunos Sistemas UAV requiere de un conjunto de habilidades que se aproxima a la de pilotar aeronaves tripuladas. Sin embargo, hay competencias adicionales que son exclusivas para los sistemas de vehículos aéreos no tripulados, como confiar en las presentaciones sintéticas para desarrollar la Conciencia de la Situación (SA)³, que deben ser cubiertos.
- El coste es también un factor importante en los criterios de formación necesarios para DUO. El control de las plataformas no tripuladas presenta grandes paralelismos con los simuladores de aeronaves tripuladas. Es conveniente aprovechar la madurez de la tecnología de simuladores y la amplia experiencia adquirida. La idea de utilizar FTD (*Flight Training Devices*) es un requisito básico e indispensable. El peso en la formación del DUO de las herramientas de simulación debe ser muy alto.
- Los DUO deben mantener un nivel competitivo efectivo para ajustarse a los requisitos mínimos de la normativa. Todos los operadores deben ser sometidos a exámenes teóricos y prácticos periódicos designados por las autoridades, para mantener sus habilitaciones.

Por otra parte, la nueva Circular 328 de la OACI, establece en su capítulo séptimo, los primeros criterios genéricos a tener en cuenta para la concesión de licencias a los operadores de UAS DUO (pilotos) y el resto de tripulación asociada a estos sistemas. La introducción de los UAV plantea nuevas dimensiones para otorgar las licencias. Se han planteado dudas como si el piloto del UAV está asociado primariamente al propio vehículo o la estación de control, por lo que dependiendo de ello, la autorización de la licencia podría depender de un Estado u otro. En cualquier caso, se debería

³ *Situation Awareness.*

ENTRENAMIENTO Y TITULACIÓN

considerar como una unidad a la estación y al UAV a efectos de la autoridad responsable de otorgar las licencias a sus operadores.

Otros aspectos como el tipo de UAV (helicóptero, avión, etc.) o localización de la estación de tierra (vehículo, barco, edificios, portátil, etc.) deben ser tenidos en cuenta por las autoridades responsables de expedir las licencias y de realizar los reconocimientos médicos.

A su vez, cuestiones como que el piloto al mando puede no estar presente en el lugar de destino para realizar los trámites normales gestionados por los comandantes de aeronave a la llegada a los aeropuertos, son nuevos planteamientos a tener en cuenta a la hora de regular las licencias.

Las titulaciones o licencias y entrenamiento requerido según la OACI deben seguir una línea similar a aquellos necesarios para la aviación tripulada, donde se deben exigir el conocimiento aeronáutico y componentes operacionales. A pesar de ello, ajustes específicos a estas demandas deberán realizarse para los pilotos de UAS y que pudiesen diferir en algo de lo ya regulado para la operación tripulada.

No debemos menospreciar la operación con estos nuevos ingenios que, al fin y al cabo, van a compartir espacio aéreo con el resto de aeronaves tripuladas. Se tiene que medir muy detenidamente el nivel de exigencia relativo a conocimientos, habilidades y capacidades requeridos para sus operadores de UAS, dependiendo del sistema a operar, de ahí la dificultad de regular inmediatamente muchos de estos aspectos y las demoras que se están produciendo.

De momento, esperemos que se pueda llevar a cabo con éxito la iniciativa nacional puesta en marcha relativa a la regulación de los aspectos mencionados en este capítulo y, de alguna forma, servir de precedente, para permitir la operación de UAS en nuestro territorio, aunque inicialmente sea en zonas específicas generadas *ad hoc* y para aeronaves militares. Como todos sabemos, posteriormente y mediante acuerdos de cooperación, sería factible la apertura a ciertos sectores de la Industria, hasta que Aviación Civil establezca claramente sus condicionantes y autorice la operación de los UAS.

Bibliografía

CAP 722. Unmanned Aircraft System Operations in UK, Airspace-Guidance.

Cátedra Kindelán 2009 Ejército del Aire «UAS».

Directiva 07/11 del JEMA del 9 de febrero de 2011 sobre el «Proceso de implantación del sistema que regula la operación de los sistemas aéreos no tripulados (UAS)».

ENTRENAMIENTO Y TITULACIÓN

ENTR/2007/065 European Commission «Study analysing the current activities in the field of UAV».

Eurocontrol Air Traffic, Management Guidelines for Global Hawk in European Airspace.

Eurocontrol specifications for the use of military unmanned aerial vehicles as operational air traffic outside segregated airspace.

JAPCC (*The Joint Air Power Competence Centre*) flight plan for UAS (*Unmanned Aircraft Systems*) in NATO.

Monoografía sobre la «Integración de UAS en el Espacio Aéreo» realizada por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica de la Subdirección de Tecnología y Centros pertenecientes a la Dirección General de Armamento y Material.

NIAG (*NATO Industrial Advisory Group*), Joint Capability Group on Unmanned Aerial Vehicles (JCGUAV), Final Report of NIAG Study on Sense and Avoid Requirements for Unmanned Air Vehicles operating outside segregated airspace (SG.134), 30 de julio de 2010.

Normas del JEMA del 24 febrero del 2011 sobre la «Operación de sistemas aéreos no tripulados militares en el espacio aéreo segregado de soberanía y responsabilidad».

OACI Unmanned Aircraft Systems (UAS) Circular 328-AN/190.

STANAG 4671 on USAR (*Unmanned aerial vehicles Systems Airworthiness Requirements*).

Strategic Concept of Employment for Unmanned Aircraft Systems in NATO.

United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047.

JUAN DOMÍNGUEZ PÉREZ
Comandante del Ejército del Aire

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

Áreas tecnológicas prioritarias en relación con la Defensa

De acuerdo con las capacidades de los UAS¹ requeridas para aplicaciones de defensa se han identificado las siguientes áreas tecnológicas.

AUTONOMÍA Y PERSISTENCIA

Las aeronaves no tripuladas de mediano y gran tamaño (clases segunda y tercera) están especialmente indicadas para la realización de misiones de larga duración. El hecho de que la tripulación se encuentre en tierra permite reducir la fatiga asociada al vuelo y realizar la rotación de tripulaciones cada dos o tres horas con gran facilidad. Por lo tanto, el límite en la capacidad de persistencia de la aeronave en el área de misión depende exclusivamente de la duración de la fuente de energía utilizada para propulsar la aeronave.

En el caso de UAS de tipo I (MTOW² menor de 150 kilogramos), según se reduce el tamaño y el peso de la aeronave, la autonomía de vuelo aparece como una de las principales limitaciones del sistema. Este hecho es especialmente evidente para los minis UAV³ (MTOW <20 kilogramos) y micro UAV (MTOW <2 kilogramos) en los que los motores utilizados son fundamentalmente eléctricos.

Existen diversas vías para aumentar la autonomía de vuelo de dichas aeronaves:

1. Reducción de la resistencia aerodinámica a velocidad de crucero.
2. Disminución del peso de la aeronave.
3. Mejora de los sistemas de propulsión y generación de energía.

¹ Sistema no Tripuladas (*Unmanned Aerial System*).

² Peso máximo al despegue de la aeronave (*Maximum Take-off Weight*).

³ Aeronave no Tripulada (*Unmanned Aerial Vehicle*).

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

4. Mejora de los sistemas de control de vuelo.
5. Reabastecimiento en vuelo aplicado a aeronaves no tripuladas.
6. Sistema antihielo.

En el caso de de los UAS clase segunda y clase tercera, las líneas de investigación una, dos y tres son coincidentes con las de la aviación tripulada al tratarse de vehículos de tamaño similar a las aeronaves de aviación privada y deportiva (clase segunda y MALE de pequeño tamaño) o a las aeronaves militares diseñadas para las misiones equivalentes (aviones de transporte o cazas). El diseño aerodinámico y estructural de estos UAV es muy similar al de aeronaves tripuladas de tamaño y velocidad de crucero similares. La planta de propulsión suele ser de tipo COTS, proveniente del campo de la aviación deportiva, con ligeras modificaciones para aumentar la autonomía y altura de vuelo.

En el caso de los UAV tipo HALE⁴, si que existe un campo de desarrollo específico dentro de las líneas una y tres, puesto que su envolvente de vuelo supera en altitud, la de cualquier aeronave actualmente en servicio (si exceptuamos los aviones espía y algunos desarrollos experimentales de Estados Unidos y Rusia). Tanto la aerodinámica como la propulsión presentan necesidades específicas que no están actualmente cubiertas por ningún sistema diseñado para vuelo tripulado.

En el otro extremo, los UAV de tipo primero, presentan una gran necesidad de desarrollo tecnológico dentro de las líneas una, dos y tres. Por su tamaño y velocidad de vuelo, estas aeronaves tienen muy poco en común con las tripuladas. Las aeronaves similares son los aeromodelos en los que el grado de desarrollo tecnológico ha sido mucho menor:

- Motores poco fiables y diseñados para una reducida autonomía de vuelo.
- Técnicas constructivas que, aunque optimizan el peso, lo hacen a cambio de una importante disminución en la seguridad y durabilidad del sistema.
- Necesidad de desarrollar nuevas técnicas de generación de sustentación, basadas en muchos caso en las estrategias de vuelo de los animales (pájaros e insectos).
- Limitada autonomía de los motores eléctricos, con baterías de gran peso, alta degradación en las sucesivas recargas y baja seguridad de uso y manipulación.

⁴ UAV Diseñado para Vuelos de Larga Duración a Gran Altitud (*High Altitude Long Endurance*).

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

Dentro del campo de la aerodinámica, se identifican dos áreas de desarrollo tecnológico específicas de los UAS: la aerodinámica de gran altitud (>12.000 metros) y el planteamiento y diseño de nuevos tipos de aeronave derivados de la ausencia de piloto y de la capacidad de control del autopiloto (aeronaves sin fuselaje, integración de los sensores en el ala, etc.).

Dentro del área de estructuras, los UAV pueden ser un buen campo de prueba para nuevos materiales y métodos de fabricación, aunque cualquier tecnología que se desarrolle será común con las de las aeronaves tripuladas. Este es el caso de el Ala Inteligente (*Smart Wing*), capaz de adaptar su forma al régimen de vuelo o de autorepararse, combinando los sensores, el control y los actuadores en una sola entidad. De la misma manera el diseño de estructuras de deformación controlada que puedan ser utilizadas como superficies de mando permite ahorrar en elementos auxiliares, como los actuadores y las bombas del sistema hidráulico. Igualmente relevante es la integración de sensores y antenas dentro de la propia estructura, ahorrando peso y eliminando radomos que aumentan la resistencia aerodinámica.

Dentro del campo de la propulsión, la mejora de rendimiento de los motores eléctricos y la introducción de nuevos sistemas de almacenamiento de energía como la célula de combustible por membrana de intercambio de protones aparecen como las principales prioridades de desarrollo tecnológico específicas para UAS.

La línea de desarrollo tecnológico cuatro es específica de los UAS. La optimización de las leyes de control de vuelo implementadas en el autopiloto, reduciendo las deflexiones de las superficies de mando y las posibles oscilaciones de motor, repercutiría directamente en un aumento de la autonomía de vuelo. El planteamiento de leyes de control y reglas de vuelo que sean capaces de adaptar la estrategia de vuelo para aprovechar la energía de las corrientes de aire, sin afectar a la misión (es decir manteniendo la capacidad de vigilancia y observación prefijada) es una línea de investigación de gran interés para aumentar la autonomía de vuelo de todos los tipos de UAS.

El reabastecimiento en vuelo es una tecnología madura en el caso de aeronaves tripuladas pero que sólo se ha aplicado a UAS en Estados Unidos y con carácter experimental. De especial interés para UAS de tipo III, el desarrollo de esta tecnología sería también aplicable a aeronaves tripuladas, aumentando la seguridad del proceso de reabastecimiento en vuelo y disminuyendo la carga de trabajo de la tripulación.

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

El reabastecimiento en vuelo de aeronaves no tripuladas hace necesario un sistema de navegación muy preciso y sincronizado entre ambas aeronaves, para calcular la posición relativa entre las mismas. Igualmente es necesario contar con un control de vuelo con gran rapidez de reacción y capaz de estabilizar la posición y orientación relativa de las aeronaves.

En aeronaves tipo II y III, la posibilidad de contar con un sistema anti-hielo es otro factor que mejoraría la autonomía de misión y la seguridad de la operación. Por una parte, permite volar de forma segura en condiciones que supondrían la formación de hielo en el ala, los estabilizadores o incluso en la hélice, evitando tener que dar un rodeo para llegar a la zona de operación o tener que interrumpir una misión de vigilancia para evitar entrar en una zona de formación de hielo. Por otra al eliminar el hielo en el borde de ataque, reduce la resistencia aerodinámica inducida por el mismo, aumentando la autonomía de vuelo.

VELOCIDAD DE VUELO

Para UAS de gran tamaño, tipo III (MALE⁵ y HALE), ya sean de ala fija como de ala rotatoria, los nuevos diseños presentan un incremento de la velocidad de crucero de las aeronaves para mejorar su capacidad de operar en teatros situados a gran distancia. El *GlobalHawk de Northrop Grumman*, es le ejemplo más evidente de UAS tipo HALE actualmente en operación con una alta capacidad de proyección estratégica. En el campo de los MALE, el HERON TP de IAI MALAT que ha entrado en servicio recientemente con la IAF y que cuenta con un motor turbohélice o el TALARION de Casidian, actualmente en fase de desarrollo, y que está diseñado para volar a mayor velocidad gracias a los dos motores a reacción que lo equipan, son algunos de los ejemplos más significativos.

Aunque no se trata de un área de desarrollo tecnológico específica de los UAS, el reto actual consiste en compatibilizar esta mayor velocidad de crucero con el mantenimiento una gran autonomía de vuelo. La utilización de turbopropulsores y de geometrías capaces de volar a mucha mayor velocidad pero manteniendo configuraciones alares de gran alargamiento para minimizar el consumo parece ser la tendencia de los actuales diseños. La utilización de perfiles laminares en transónico y la integración de las

⁵ UAV diseñado para Vuelos de Larga Duración a Mediana Altitud (*Medium Altitude Long Endurance*).

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

cargas útiles dentro de la aeronave para disminuir la resistencia, aún a riesgo de perder parte de la flexibilidad y modularidad del sistema, representan otra de las vías para afrontar este requisito operativo.

En el límite del incremento de la velocidad de crucero y más allá de la actual tecnología de aeronaves tripuladas se plantea la capacidad de vuelo hipersónico como una de las vías de evolución de los sistemas estratégicos tipo HALE. En este caso se trata de dotar al vehículo de una cierta capacidad de vuelo suborbital que permita situar este recurso en cualquier punto del globo en un tiempo mínimo y desde una base operativa centralizada.

El planteamiento contrario también parece válido para sistemas tipo HALE, diseñados para mantener una alta persistencia sobre el objetivo, volando a muy baja velocidad y con un consumo energético mínimo que permita utilizar Nuevas Formas de Propulsión y de Generación de Energía (*Global Observer de AVinc o el Zephyr de QinetiQ*).

ALTA MANIOBRABILIDAD

Aunque los futuros desarrollos deUCAV, se beneficiarán de la tecnología desarrollada hasta la fecha para aviones de caza y ataque, incluyendo la capacidad *stealth*, los UAV presentan una particularidad que hace necesario el desarrollo de una nueva capacidad tecnológica: la ausencia de piloto a bordo, elimina la limitación fisiológica en la maniobrabilidad del sistema, permitiendo el diseño de aeronaves que pueden llevar dicha maniobrabilidad al límite permitido por los materiales y por la capacidad de control del autopiloto. El estudio del comportamiento dinámico del avión en dichas circunstancias y la utilización de nuevos sistemas de control (dirección del chorro del motor, es una de las claves para desarrollar esta capacidad.

AUTOMATIZACIÓN

La mejora de los sistemas de control de las aeronaves es una de las líneas clave de investigación en UAS. En particular se identifican las siguientes líneas de mejora prioritarias en relación con este aspecto:

- La mejora en la rapidez de cálculo de los microprocesadores (Ley de Moore) y en la densidad de almacenamiento (memoria) permite la implementación de leyes de navegación, guiado y control más complejas y con tiempos de reacción menores. Las tecnologías de proce-

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

- sadores ópticos, bioquímicos, moleculares o cuánticos, son algunas de las más prometedoras en este campo.
- ATOL: mejora de las estrategias de control durante el despegue y el aterrizaje. Aunque los autopilotos actuales son capaces de realizar despegues y aterrizajes de forma automática, éstas siguen siendo las fases de vuelo más críticas desde el punto de vista de seguridad. La cercanía al suelo, el mínimo tiempo de reacción del que se dispone y la reducción de maniobrabilidad de la aeronave por la baja velocidad que tiene en esos momentos hacen que estas fases sean críticas para la seguridad de la aeronave, sobre todo durante la aproximación y aterrizaje. Es necesario plantear sensores adicionales que permitan un mejor conocimiento de la posición de la aeronave, pero también es necesario investigar leyes de control más complejas que mejoren la capacidad de reacción de la aeronave ante circunstancias no previsibles como las ráfagas.
 - Desarrollo de sistemas de navegación precisa no basada en GPS. Ante la fuerte dependencia de los sistemas actuales frente al Sistema GPS, se han planeado sistemas de *jamming* que, con un bajo coste y una elevada eficacia suponen la implantación de zonas de baja calidad de la señal GPS lo que redundaría en un escenario *GPS denied de facto*.
 - Control adaptativo, capaz de modificar las ganancias de control de forma automática en función de la configuración de vuelo o de los posibles daños sufridos por la aeronave.
 - Implementación de estrategias de vuelo que se adapten automáticamente a la misión y a los objetivos observados. Actualmente, muchos autopilotos incluyen estrategias de vuelo «cámara guided» en las que el UAV sigue una trayectoria esclavizada al movimiento del objetivo de tal forma que se mantenga dentro del alcance de los sensores embarcados. Sin embargo, la intervención humana a la hora de activar el modo, definir el objetivo o controlar la trayectoria sigue siendo imprescindible. Se plantea como línea de investigación la detección automática de objetivos y la adaptación subsiguiente de la misión, sin que sea necesaria la intervención del operador. Esto haría posible la realización de misiones realmente autónomas en los casos en los que, por medidas de seguridad, limitaciones operativas (estar fuera del LOS)⁶ y no contar con comunicaciones satélite) o por fallo o in-

⁶ Línea de Vista (*Line of Sight*). Aplicado al enlace de datos del UAS.

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

terferencias al subsistema de comunicaciones, no sea posible recibir telemetría y comandar el vehículo en tiempo real.

- Integración del autopiloto con otros subsistemas ligados a la seguridad de vuelo como el subsistema de *sense&avoid*, un radar meteorológico o un alertador de amenazas, permitiendo que la aeronave reaccione de forma automática para evitar una colisión con otra aeronave, la entrada en una zona de meteorología desfavorable o la puesta en marcha de maniobras de evasión para evitar también un posible derribo.
- Leyes de control que utilicen la energía de las corrientes de aire para aumentar la autonomía de vuelo (ya comentadas en el punto anterior).
- Capacidad de toma de decisiones autónoma para combate, tanto para evitar las amenazas que se detecten como para la puesta en marcha de la posible reacción frente a dichas amenazas o frente a un posible objetivo identificado por la carga útil. Aunque esta capacidad presenta un claro dilema ético, podrían existir formas de controlar el riesgo que supone dotar al UAV de autonomía en este campo. En particular es necesario que el autopiloto tenga implementadas y tome en consideración, sin excepción alguna, las reglas de enfrentamiento previamente fijadas para dicha operación. Además, es necesario que el operador mantenga la capacidad final para autorizar el uso de la fuerza ya sea para autodefensa o para misiones de ataque.

MODULARIDAD

Esta característica es fundamental para garantizar la flexibilidad del sistema y su adaptación para múltiples misiones, así como para facilitar su mantenimiento. El diseño modular es común a otras aeronaves pero existen algunas particularidades para el caso de las no tripuladas. La modularidad puede establecerse a diferentes niveles:

- Estación de tierra, comunicaciones y aeronave: desde el concepto de sistema cerrado y autocontenido, los nuevos desarrollos plantean la posibilidad de que una misma estación de tierra que cumpla los estándares de interoperabilidad, (STANAG 4586) y que esté dotada de un terminal de enlace de datos estándar (concepto de *Common Data Link* en Estados Unidos y fuerzas aliadas como un paso más sobre el STANAG 7085) pueda operar con diferentes aeronaves permitiendo garantizar la interoperabilidad entre sistemas y reducir el despliegue

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

logístico. También permitiría una operación más flexible al poder despegar y aterrizar diferentes tipos de aeronaves desde diferentes aeródromos dotados de una infraestructura básica. La Organización Internacional de la Aviación Civil (OACI) plantea la posibilidad de que la estación de tierra pueda certificarse como un elemento independiente, permitiendo el desarrollo y certificación de estaciones de tierra genéricas, calificadas para una lista de UAV.

- Configuración aerodinámica de la aeronave: diferentes misiones pueden exigir distintas configuraciones adaptadas al vuelo de alta velocidad. La posibilidad de intercambiar las alas o el fuselaje, tanto en UAS de pequeño como de gran tamaño, permite adaptar el sistema a la misión en la misma zona de operaciones y en un tiempo mínimo.
- Aviónica: en un entorno regulatorio que todavía no está consolidado, es importante que la aviónica permita incorporar fácilmente diferentes sensores, tanto los disponibles actualmente como aquellos que puedan desarrollarse en el futuro (como el *sense&avoid*). La separación entre la aviónica de control de la aeronave y la que gestione la carga útil permite separar la cadena de misión de la cadena de control de la aeronave, facilitando la incorporación de nuevas cargas útiles.
- Carga útil: la aeronave deberá disponer de diferentes bahías y puntos de anclaje para cargas útiles. El enlace de datos deberá ser reconfigurable tanto en los datos a transmitir como en el ancho de banda, optimizando su uso para las distintas configuraciones. El concepto de *plug&play* es especialmente relevante para las cargas útiles permitiendo una rápida integración inicial y un intercambio sencillo en zona de operaciones.

CARGAS ÚTILES

Los Sistemas no Tripulados representan una plataforma única para embarcar todo tipo de cargas útiles. Dado que la misión principal de los UAS ha sido hasta ahora las de tipo ISTAR⁷, la mayor parte de los sensores se inscriben en esta categoría:

- EO⁸ (visible y telémetro láser).

⁷ Misiones de Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Blancos y Reconocimiento (*Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*).

⁸ Sensores electro-ópticos (*Electro-Optic Sensor*).

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

- Radar (SAR⁹, MTI¹⁰ y MPR¹¹).
- Guerra electrónica (principalmente ELINT y COMINT¹²).
- Designador de blancos.

No se va a realizar un análisis detallado de la futura evolución de dichos sensores en general, que sería común para aeronaves tripuladas y UAS, sino de las tendencias y líneas de desarrollo que se consideran directamente ligadas a su empleo a bordo de UAS.

Los principales ejes de desarrollo identificados son:

1. Miniaturización de cargas útiles: gracias a los progresos en micro-electrónica, óptica y mecánica es posible realizar misiones equivalentes con sensores cada vez más pequeños, con menor peso y un consumo de potencia reducido.
2. La reducción de tamaño de los sensores permite realizar las mismas misiones con aeronaves cada vez más pequeñas (tendencia de mercado en los UAS de tipo segundo), operando de forma autónoma o coordinada (sensores distribuidos entre varias aeronaves, vuelo en formación, etc.).
3. En el caso de UAS de mayor tamaño (tipo III), el crecimiento en la capacidad de carga de las aeronaves y la miniaturización de sensores permite embarcar varios a bordo de una misma plataforma, ya sea combinando diferentes sensores (EO+radar+EW)¹³ o incluyendo diversos sensores del mismo tipo (sobre todo EO) para poder tener varios conos de observación simultáneos como es el caso del proyecto TRICLOPS planteado en Estados Unidos, en el que cada sensor es controlado remotamente por un RVT¹⁴ que recibe la señal de ese sensor, permitiendo con un solo UAV cubrir diferentes aspectos de una sola zona de operación o incluso operar el sensor desde otras plataformas aéreas tripuladas ayudando a mejorar la consciencia situacional antes y durante una misión.
4. Incorporación de nuevos sensores a bordo de UAS. Dentro de las misiones para las que son más apropiados los UAS, correspondientes

⁹ *Synthetic Aperture Radar.*

¹⁰ *Detección de Blancos Móviles (Moving Target Indication).*

¹¹ *Maritime Patrol Radar.*

¹² *Inteligencia de Comunicaciones (Communication Intelligence).*

¹³ *Guerra Electrónica (Electronic Warfare).*

¹⁴ *Terminales de Video Remoto (Remote Video Terminal).*

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

a las «tres *Des*» (*Dull, Dirty and Dangerous*), tiene sentido incorporar a bordo de los UAS cualquier sensor capacitado para realizar ese tipo de misiones, entre los que destacan:

- Nuclear, radiológico, biológico y químico para emergencias y ataques nucleares, radiológicos, biológicos y químicos.
 - Lidar para levantamientos topográficos y detección de minas en tierra y en el mar.
 - Sensores multispectrales para detección de cultivos ilegales.
 - Sonar de Apertura Sintética (SAS)¹⁵ para misiones MCM¹⁶ y ASW¹⁷.
 - Sensores no-acústicos (radar y electromagnéticos) para ASW.
 - Relé de comunicaciones.
5. Integración de armamento abordo (se trata también en un apartado específico).
 6. Dotar a los sensores de capacidad de procesado a bordo y, en consecuencia de cierta autonomía para la detección y seguimiento de blancos, descargando al operador de parte del trabajo (especialmente importante en entornos con múltiples sensores).
 7. Compresión de datos y procesado a bordo para una gestión inteligente del ancho de banda disponible que permita recibir datos de varios sensores simultáneamente.

INTEGRACIÓN DE ARMAMENTO

La integración de armamento en los UAS, responde a tres modelos diferentes:

1. Integración de armamento aire-tierra en UAV tipo segundo y tercero (fundamentalmente MALE) diseñados inicialmente para misiones ISTAR, como es el caso del MQ-1 Predator o el MQ-9 Reaper de General Atomics que montan misiles AGM114 *Hellfire* y bombas de 250 y 500 libras.
2. UAV tipo primero, dotados de sensores EO y de una carga explosiva con capacidad de actuar como pequeños aviones *kamikaze* capaces de neutralizar una amenaza tras realizar la detección. Pueden responder

¹⁵ *Synthetic Aperture Sonar*.

¹⁶ *Contramedidas para Minas (Mine Countermeasures)*.

¹⁷ *Guerra Antisubmarina (Anti Submarine Warfare)*.

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

tanto a diseños específicos como a transformaciones de UAS existentes. Suelen despegar mediante la ayuda de tubos lanzadores para evitar cualquier peligro al operador (como el *Harop* de IAI MALAT).

3. UCAV, aviones de combate no tripulados, actualmente en fase de análisis de viabilidad o de desarrollo (como el *Neuron* de Dassault Aviation o el X-45 y el X-46 de *Boeing*).

Aunque la misión principal de los UAS sea actualmente de inteligencia y vigilancia, la incorporación de armamento en dichos aviones permite:

- Dotar al UAV de la capacidad de actuación tras la detección y confirmación e un blanco aumentando su efectividad.
- La realización de misiones de alto riesgo (la *D* de *Dangerous*) como puedan ser la supresión de defensas aéreas.
- Dotar al UAV de una cierta capacidad de autodefensa.

Parece seguro que la siguiente generación de aviones de caza y ataque serán UCAV y que, con anterioridad, empezarán a estar disponibles OPV¹⁸ desarrollados a partir de cazas y helicópteros de ataque y transporte tripulados que tendrán la opción de volar sin piloto para misiones de alto riesgo, aunque sin incorporar en su diseño todas las características que permite un auténtico UCAV.

AUTOPROTECCIÓN DEL UAV

Hasta el momento, los UAS han sido utilizados mayoritariamente en conflictos asimétricos en los que no existían amenazas serias para su integridad. Durante la guerra entre Rusia y Georgia en el año 2008, los UAV de esta última fueron derribados por cazas sin que pudieran hacer nada para defenderse.

Para el desarrollo de la futura generación de UAV y UCAV, se plantean al menos las siguientes tecnologías de autoprotección:

- Tecnología *Stealth* (igual también que en las aeronaves tripuladas equivalentes).
- Recubrimientos superficiales de polímeros conductores combinados con nanopartículas capaces de generar cambios de color y opacidad controlados para camuflaje adaptativo del vehículo.

¹⁸ Vehículos Pilotados Opcionalmente (*Optinally Piloted Vehicles*).

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

- Suite de autoprotección para identificación de amenazas y despliegue de contramedidas tanto contra misiles IR¹⁹ como de guía radárica (sólo viable para UAV tipo MALE o HALE de gran tamaño y alto coste).

MICRO UAS

En este tipo de aeronaves, el desarrollo tecnológico se centra en la miniaturización para permitir el desarrollo de micro UAS y de mini UAS cada vez más ligeros y pequeños, destinados a misiones de inteligencia en el interior de edificios y en entornos urbanos:

- Aerodinámica de muy bajo número de Reynolds.
- Nuevas técnicas de vuelo y de generación de sustentación (ejemplo: colibrí o mosca). Búsqueda de modelos en la naturaleza.
- Nanotecnología para propulsión, ordenador de vuelo, actuadores y sensores.
- Autopilotos: miniaturización y capacidad de funcionar sin enlace de datos.
- Sistemas de detección de obstáculos para guiado y navegación.
- Tecnologías de recuperación (aterrizaje controlado en entornos también reducidos).

Los UAS

Para misiones de transporte:

- Estabilización de la aeronave con cargas externas colgadas para helicópteros.
- Técnicas de transporte colaborativo entre varios helicópteros.
- Conversión de aeronaves tripuladas en no tripuladas (la carga define la forma de la aeronave para este tipo de misión, por lo que un UAV no debería diferir considerablemente de la actual geometría de los cargueros).

COMUNICACIONES LOS Y BLOS²⁰

El enlace de datos entre la aeronave y la estación de tierra es uno de los factores clave para garantizar la seguridad y operatividad del sistema.

¹⁹ Infrarrojo (*InfraRed*).

²⁰ Fuera de la Línea de Vista (*Below Line of Sight*). Aplicado al enlace de datos del UAS vía satélite, que permite enlaces más allá de la línea de vista.

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

Algunos de las tecnologías que pueden resultar clave para garantizar la seguridad y disponibilidad de dicho enlace son las siguientes:

- Disminución de la detectabilidad del enlace, como las comunicaciones RF de baja detectabilidad, el aumento del ancho de banda de la señal, las comunicaciones acústicas o por láser (muy directiva).
- Tecnologías para eliminación de multipath, tanto a bordo como en la GCS²¹, mediante *antenna space diversity* o *forward error correction and interleaving*.
- Tecnologías para enlace satelital embarcado, relacionadas con la precisión de apuntamiento de la antena del UAV, para evitar interferir a otros satélites. geoestacionarios situados en las proximidades del seleccionado.
- Disminución del tamaño de las antenas para comunicaciones satelitales: Antenas de barrido electrónico, antenas parabólicas de alto rendimiento y pequeño diámetro.
- Desarrollo del *front-end* de radiofrecuencia para las nuevas bandas de interés militar (X y Ka).
- Aplicación de tecnologías *software* radio para los receptores y transmisores tanto LOS como BLOS (satelitales).
- Seguridad de las comunicaciones a través del encriptado para evitar que un tercero pueda recibir la información recogida por el UAV o incluso tomar el control del mismo.
- Aumento de la robustez de las comunicaciones frente a interferencias (*jamming*), mediante la aplicación de tecnologías de Espectro Ensanchado y Salto en Frecuencia o OFDM (replicación de datos en múltiples canales para asegurar la comunicación y la reconstrucción de la señal en destino).
- Configuración dinámica del ancho de banda para adaptarlo a las necesidades de cada instante de la misión.
- Utilización de protocolos de red para comunicaciones.
- Métodos de compresión digital de imágenes en tiempo real, adaptados tanto a imágenes de alta definición con alta velocidad de refresco como a imágenes auxiliares, degradadas o con baja tasa de refresco que permitan mejorar la utilización del espectro radioeléctrico y enviar de forma simultánea imágenes en movimiento obtenidas con diversos sensores, EO y/o radar entre otros.

²¹ Estación de Tierra (*Ground Control Station*).

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

- En el caso de UAV de gran tamaño (tipo tercero), el enlace de datos ha de contar con canales auxiliares para asegurar la comunicación de la GCS con el Control de Tráfico Aéreo (ATC)²² la transmisión de datos ADS-B, a través de la aeronave para asegurar una cobertura y operación similar a la de los aviones tripulados.
- Enlace de bajada de datos para transmisión de las imágenes y de algunos parámetros del UAV a los terminales de video remoto.

La asignación de frecuencias militares y civiles es un factor clave para asegurar la operación de UAS sin limitaciones en un cercano futuro.

ESTACIÓN DE TIERRA

Las estaciones de tierra de cualquier sistema de UAS en desarrollo deberán ser capaces de asumir el control de varios tipos de UAS y de varios UAV al mismo tiempo, manteniendo una carga de trabajo razonable en el operador. Los aspectos de interoperabilidad ya han sido analizados desde el punto de vista de la modularidad del sistema.

Sin embargo, los aspectos ligados al interfaz hombre máquina y a la ergonomía de la estación requieren un tratamiento específico. Los UAS son en realidad aeronaves tripuladas de forma remota (RPV). Los nuevos conceptos de utilización de UAS suponen una complejidad creciente de los sistemas y es necesario identificar las vías para reducir la carga de trabajo del Operador de la Aeronave (DUO)²³.

La utilización de tecnologías y conceptos diseñados inicialmente para las cabinas de los aviones de combate, junto con la inclusión de herramientas de ayuda al operador similares a las desarrolladas para la última generación de sistemas de monitorización y control de sistemas complejos (centrales nucleares o centros de control de satélites). El objetivo es que el operador disponga en todo momento de la información relevante y pueda acceder fácilmente a toda la información adicional que necesite pero sin que un exceso de información le lleve a una fatiga excesiva.

Algunos de los conceptos que se plantean actualmente para el puesto de DUO son:

²² *Air Traffic Control.*

²³ *Designated UAV Operator.*

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

- Ergonomía mejorada del puesto de operador y su entorno.
- Gestión inteligente de alarmas, resaltadas en función de su gravedad y con menús de resolución disponibles de forma automática.
- Presentación de datos dinámica, con adaptación automática a las circunstancias de la operación (emergencias, amenazas, etc.).
- Entornos de realidad virtual para aumentar la conciencia situacional del operador del UAS.
- Presentación e la información e instrucciones de ATC. Activación de alarmas en caso de no seguir las indicaciones de ATC.
- Nuevas formas de interactuar con el ordenador (voz, movimiento de los ojos o de la cabeza, etc.).

En cuanto a los puestos de operadores de las cargas útiles, los conceptos pueden ser similares, añadiendo herramientas de mejora y explotación de la imagen y acceso en tiempo real a datos de otros sensores, así como a herramientas de fusión de datos.

Para mini y micro UAS, se plantea que una sola persona pueda controlar la aeronave y la carga útil con entornos de realidad virtual presentados mediante sistemas de visión y comandados mediante movimiento de los ojos para poder dejar las manos libres para otras tareas.

Las estaciones de control para constelaciones o enjambres de UAS harán necesario un alto grado de automatización de los procesos con el fin de reducir la carga de trabajo del operador y permitir el control de varios UAS y/o varias cargas útiles por parte del mismo operador. El sistema a controlar es el enjambre en sí mismo y no cada una de las aeronaves que deberán contar con un alto grado de autonomía para el cumplimiento de la misión conjunta.

También se plantean conceptos de operación colaborativa entre distintos sistemas, ya sean constelaciones o enjambres de diferentes tipos de UAS, coordinados entre ellos y entre las respectivas GCS. Todo ello implica la necesidad de operar las GCS en red con un elevado intercambio de información entre las mismas.

La creciente complejidad de las operaciones hace necesario contar con potentes herramientas de planificación de misión capaces no solamente de realizar los chequeos de seguridad de la ruta elegida sino también de analizar la complementariedad de misiones entre distintos UAS, de optimizar automáticamente los planes de vuelo coordinados y de cargarlos en las respectivas estaciones. Igualmente será necesario utilizar dicha herramienta

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

para el análisis *a posteriori* de la misión y la extracción de lecciones aprendidas, así como para la modificación de los planteamientos operacionales de acuerdo con dicho análisis.

La certificación de aeronavegabilidad de los UAS y, en particular de las estaciones de tierra implican también la mejora de la seguridad de diseño, desarrollo y operación de la estación, incluyendo la utilización de SW con calidad certificada según DO 178 B y la consideración de criterios de ciberseguridad para proteger la GCS de cualquier ataque externo provocado por *malware* intencionado, que podría originar la pérdida de la aeronave o incluso la toma de control de la misma por parte de terceros.

SISTEMAS DE LANZAMIENTO, RECUPERACIÓN Y APOYO EN TIERRA

Dentro de un escenario de creciente flexibilidad en la operación de UAS se plantea la necesidad de contar con sistemas alternativos de despegue y aterrizaje que permitan la operación de UAS de tipo primero y segundo (hasta 600 kilogramos de MTOW) en zonas que no cuenten con una pista de vuelo.

Igualmente se plantea la utilización de UAS desde vehículos en movimiento y desde navíos de guerra como un complemento a los actuales sistemas de helicópteros y aviones tripulados con capacidad de despegue vertical.

Sin embargo, el despegue y aterrizaje vertical es una maniobra de alto consumo de combustible e implica una configuración de aeronave que reduce drásticamente la autonomía de vuelo. Este efecto se compensa parcialmente por la cercanía entre la zona de despliegue y la zona de operación que permite eliminar prácticamente los desplazamientos.

El principal reto tecnológico para este tipo de UAS se centra en el aumento de la velocidad y autonomía de vuelo para las aeronaves de despegue y aterrizaje vertical:

- Diseño de rotores y palas.
- Sistemas de propulsión longitudinal adicionales al rotor principal, que se centra, durante el vuelo de crucero en la generación de sustentación dejando a las hélices frontales la generación de empuje para adquirir velocidad (concepto desarrollado recientemente por Eurocopter, mediante un prototipo de helicóptero tripulados con hélices tractoras).
- Tecnologías de conversión entre vuelo con rotor y con ala fija.

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

Dentro de los UAS de menor tamaño (mini UAS y micro UAS del tipo I), en los que la flexibilidad de uso es su principal requisito, es necesario diseñar sistemas de apoyo para el ATOL, tanto para la fase de despegue como para la de aterrizaje, evitando de nuevo el uso de pistas preparadas, a pesar de que se trate de aeronaves de ala fija. Se plantean entre otras las siguientes necesidades tecnológicas:

- Despegue y aterrizaje desde vehículos en movimiento y barcos.
- Sistemas de separación entre el UAS y su avión nodriza.
- Monitorización de seguridad de los Sistemas GNSS.
- Mejora de precisión de Sistemas GNSS.
- Sistemas de posicionamiento local para ATOL y para navegación en el interior de edificios.
- Capacidad de operación todo tiempo.
- Control adaptativo e inteligente para compensación también de ráfagas en aterrizaje.
- Nuevos sistemas de lanzamiento y recuperación para aeronaves de ala fija:
 - Despegue asistido (cohetes, rampa, etc.).
 - Aterrizaje vertical o casi vertical.
 - Captura de la aeronave (cable, red, brazo, etc.).
 - Control de parafoil.
 - Sistemas de amortiguación de aterrizaje.

Igualmente, para todo tipo de UAS se necesita disponer de sistemas de apoyo en tierra que ayuden a las tareas de despliegue, mantenimiento y movimiento del UAV en tierra:

- Bancos automáticos de mantenimiento.
- Sistemas para posicionamiento en pista.
- Sistemas de empaquetado y transporte:
 - Baja huella logística.
 - Transportable por vía aérea.
 - Reducción del tiempo de puesta en servicio y desmontaje.

CONECTIVIDAD EN RED

Como cualquier sistema militar de última generación los UAS han de ser diseñados para su integración dentro de un «Sistema de Sistemas» en Arquitecturas de Red (NCW).

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

El UAS aparece como un nodo más de la red, conectado directamente a través de la aeronave o de la estación de control, transmitiendo los datos adquiridos a la red o actuando de relé de comunicaciones para asegurar la transmisión de otros sensores.

Tecnologías clave en este campo son:

- Fusión de datos de numerosos sensores.
- Sistemas de procesado automático de información capaces de identificar patrones de observación para reducir la carga de los analistas y evitar que la cantidad de información recogida por los distintas aeronaves haga imposible su explotación para adquisición de inteligencia.
- Establecimiento de reglas para compartir o acceder a la información e función de un catálogo de autorizaciones y necesidades.
- Dotar a los UAV de tipo III del Sistema MIDS-*Link 16* para asegurar el acceso a información crítica.

REDUCCIÓN DE CONTAMINACIÓN QUÍMICA Y ACÚSTICA

Los requisitos en este aspecto son similares a los de las aeronaves tripuladas. Las soluciones tecnológicas son también muy similares a las que se están planteando en el programa *Clean Sky* de la Agencia Europea de Defensa (EDA). En España, el Programa CENIT SINTONÍA se ha centrado también en el desarrollo de tecnologías para hacer más limpia la operación de los UAS.

La introducción de nuevos sistemas de propulsión y almacenamiento de energía, como las pilas de combustible, representa una de las tecnologías más prometedoras en este campo.

De particular relevancia desde el punto de vista militar es la disminución de la huella sonora del los UAV, puesto que dicha reducción supone una mayor discreción durante la ejecución de la misión de vigilancia.

ENTRENAMIENTO DE TRIPULACIONES

Se ha dedicado un capítulo completo a la formación de los operadores por lo que en este apartado solamente se hará mención a las tecnologías que se consideran necesarias para dicho entrenamiento.

El hecho de que el DUO y el operador de la carga útil se encuentren en la estación de tierra, hacen teóricamente sencillo el desarrollo de un simulador que permita realizar una gran parte del entrenamiento de forma

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

virtual y reutilizando la GCS, siempre que esta disponga de un módulo de simulación y entrenamiento.

Sin embargo, la realidad es que los simuladores de la mayor parte de los sistemas existentes, presentan importante limitaciones en cuanto al realismo y utilidad del simulador para entrenamiento de las tripulaciones.

Un simulador idóneo debería reproducir de manera fidedigna el comportamiento del UAS, incluyendo todo tipo de emergencias y alarmas. En particular debería contar con:

- Capacidad de simular la operación completa del UAS, incluyendo al DOU y a los operadores de carga útil con el fin de entrenar convenientemente el trabajo en equipo que es uno de los factores clave en el éxito de una operación con UAS.
- Realismo absoluto en cuanto al entorno de operación incluyendo el contenedor o la habitación en la que está instalada la GCS.
- Inclusión de un módulo de ATC, capaz de simular las instrucciones y eventos provenientes del control de tráfico aéreo y de otras aeronaves en vuelo.
- Puesto de instructor con generador de entornos tácticos, y capacidad de iniciar todo tipo de emergencias y averías.
- Lógica de comportamiento del sistema que tenga en cuenta las decisiones del alumno para evolucionar la situación del sistema.
- Herramienta de análisis del entrenamiento realizado capaz de reproducir cualquier instante y de retomar la simulación desde el mismo.

Para completar el proceso de formación sería necesario contar con herramientas de formación por ordenador CBT (*Computer Based Training*) tanto para el piloto y los operadores (formación en conceptos básicos de operación y de integración en tráfico aéreo y procedimientos de operación) como para los mecánicos e ingenieros (manuales de mantenimiento por ordenador con vistas 3D de la aeronave, sus subsistemas y los procedimientos de revisión y sustitución de los distintos elementos).

INTEGRACIÓN EN ESPACIO AÉREO NO SEGREGADO

La integración en espacio aéreo no segregado es una de las líneas más importantes en el desarrollo de tecnologías para UAS. En particular, el desarrollo de un equipo de *sense&avoid*, capaz de evitar colisiones con otras aeronaves, sustituyendo la labor que normalmente realizan los pilotos.

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

El planteamiento tecnológico de los Sistemas de *sense&avoid* es el siguiente:

- La EDA está desarrollando un demostrador tecnológico de un equipo *sense&avoid* para UAS de categoría tercera (MALE y HALE). Se incorporan tanto sensores colaborativos (que necesitan que las otras aeronaves los porten también) como no colaborativos, tipo radar o cámaras EO. La fusión de los datos provenientes de los diferentes sensores permitirá detectar otras aeronaves que presenten un cierto riesgo de colisión y evitarla o mantener la separación con la misma.
- Aunque en un espacio aéreo de Clase A, B, C o D, el ATC mantiene un estricto control de las aeronaves en vuelo y de la separación entre las mismas. La capacidad del piloto para evitar cualquier posible colisión en condiciones VFR es obligatoria. El requisito para los UAS es el de mantener una capacidad equivalente.
- Queda pendiente de desarrollar un sistema de *sense&avoid* para UAS de tipo II y sobre todo de tipo I, que operan en espacio aéreo Clases E, F y G, en el que resulta fundamental contar con un equipo de *sense&avoid* que sustituya dicha función del piloto, puesto que en dichas capas del espacio aéreo el ATC sólo proporciona servicios de separación en algunos casos. Las soluciones tecnológicas disponibles para UAS de mediano y pequeño tamaño se basan en sensores EO, que dan una fiabilidad limitada o en sensores colaborativos basados en la retransmisión mutua de su posición GPS, que son simples y económicos pero que necesitarían una regulación para imponer su uso en todo tipo de aeronaves, tripuladas y no tripuladas.

CONCLUSIONES: OPERACIÓN COORDINADA DE UAS Y AERONAVES TRIPULADAS EN UN ESCENARIO ESTRATÉGICO MUCHO MÁS FLEXIBLES QUE EL ACTUAL

Dentro del Informe *Report on Technology Horizons. A Vision for Air Science & Technology during 2010-2030* la Fuerza Aérea de Estados Unidos, plantea una visión revolucionaria de las futuras operaciones aéreas basada en el uso conjunto de medios tripulados y no tripulados, sobre un escenario de reducción y optimización de costes. La estrategia planteada se basa en un conjunto de 12 claves o paradigmas (*Overarching Themes*) de los que cabe resaltar los siguientes por sus implicaciones en el desarrollo de las futuras tecnologías de UAS:

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

- De plataformas a capacidades derivadas de los contenidos de la plataforma (sus subsistemas y cargas útiles).
- De sistemas tripulados a RPV para reducir el peso, volumen y limitaciones de autonomía asociadas al hecho de tener un piloto a bordo cuyas funciones pueden ser realizadas desde tierra.
- De características prefijadas a agilidad en el cambio, como en el caso de las frecuencias de transmisión o de la configuración de los sistemas.
- De control a autonomía, con énfasis en el desarrollo de métodos de verificación y validación de los sistemas adaptativos y altamente flexibles para ganar confianza en esta capacidad.
- De integración a fraccionamiento. En lugar de concentrar múltiples subsistemas y cargas útiles en una sola plataforma, cuyo coste se dispara, se plantea la distribución de los subsistemas y las misiones entre un conjunto de plataformas, tripuladas y no tripuladas, pero más simples, capaces de relacionarse y de operar de forma coordinada para el cumplimiento de una misión.
- De planificación previa a sistema componible, para garantizar la flexibilidad en la misión y la reducción de costes asociada a la modularidad de todos los elementos incluyendo las distintas plataformas.
- De un solo dominio a dominios entrecruzados, considerando los dominios actuales el aire, el espacio y el ciberespacio y aprovechando la posibilidad de explotar las influencias e interdependencias entre dominios del enemigo y evitando este efecto adverso en los dominios propios.
- De escenarios permisivos a escenarios agresivos, especialmente en el campo de los UAS no se puede contar con disponer de la ventaja operativa aplastante con la que Estados Unidos a contado a lo largo de los últimos 20 años. Es necesario desarrollar UAS capaces de sobrevivir en entornos radioeléctricos adversos y plagados de amenazas.
- De sensores a información. Los sensores actuales generan una gran cantidad de datos en bruto que resulta imposible procesar por completo. Un gran volumen de información se pierde. Es imprescindible el desarrollo de tecnologías que extraigan y fusionen información de los distintos sensores de manera automática, facilitando el trabajo de inteligencia posterior y evitando la pérdida de información útil.
- De sistemas con larga vida operativa a un rápido refresco de capacidades. Mediante el diseño de sistemas de arquitectura abierta, menos costosos y más fáciles de modernizar se plantea una respuesta una amenaza que se actualizan cada vez con mayor rapidez, evitando el

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

elevado coste que supone el mantenimiento en servicio de sistemas obsoletos, sólo porque su coste de partida y la complejidad creciente del sistema sustituto impiden su sustitución.

Todos estos puntos son aplicables tanto a entornos colaborativos entre UAS de diversos tamaños y misiones, aeronaves tripuladas y medios espaciales. La planificación flexible de la misión contando con todos los medios disponibles actuando de forma coordinada supone un reto tecnológico gigantesco que representa posiblemente la siguiente frontera de los sistemas de defensa aérea.

En este contexto, los enjambres de micro UAS no dejan de ser otro subsistema más dentro de este esquema de «Sistema de Sistemas» que plantea la Fuerza Aérea americana.

Análisis Estratégico (DAFO) de la tecnología de UAS en España

Desde el punto de vista operativo, tecnológico e industrial.

FORTALEZAS

No involucra personas a bordo en operaciones de alto riesgo o de gran duración. Se puede prescindir del peso de los pilotos y de los sistemas de soporte vital y dedicarlos a carga útil). Idóneos para misiones de vigilancia de larga duración. Idóneos para misiones de alto riesgo (supresión de defensa antiaérea, ataque al suelo, intervención en emergencias nucleares, radiológicas, biológicas y químicas, etc.). Idóneo para combate (alta maniobrabilidad para evitar misiles). Capacidad de combinar varias misiones en un solo sistema (vigilancia y ataque). Las empresas españolas cuentan con capacidad tecnológica en muchas de las áreas de desarrollo tecnológico identificadas. Existe en España un considerable número de empresas que han desarrollado tecnologías relacionadas con el campo de los UAS. Se cuenta a nivel industrial con experiencia en el despliegue y puesta en servicio sistemas militares en zona de operaciones

OPORTUNIDADES

Eliminar las limitaciones fisiológicas relacionadas con el ser humano (resistencia a aceleraciones, fatiga, rotación de tripulaciones, etc.). Desa-

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

rollar conceptos novedosos, completamente diferentes a los de la aviación tripulada (sistemas distribuidos, complementariedad e interoperabilidad entre medios tripulados y no tripulados). Desarrollar tecnologías con aplicación en la mejora de la seguridad de la aviación tripulada (*sense&avoid*, autopilotos más autónomos, comunicaciones de banda ancha, sistemas de seguridad frente a terrorismo y sistemas de ciberseguridad).

DEBILIDADES

Necesita un enlace de datos con gran ancho de banda. La autonomía real del sistema es pequeña (en realidad se monitoriza y controla desde tierra). El control no es capaz de responder adecuadamente a situaciones inesperadas (algoritmos fijados y de baja adaptabilidad para garantizar la seguridad). Alto coste frente a sistemas tripulados (por lo limitado del mercado y los altos costes de desarrollo). Frustración inicial del usuario por la menor fiabilidad comparada con la de sistemas tripulados. Alto coste de desarrollo: no está clara la justificación de nuevos desarrollos en ciertos segmentos con un mercado tan limitado. No existe actualmente un mercado civil y todavía tardará en consolidarse. Todo el desarrollo tecnológico es militar y la inversión en investigación y desarrollo militar es decreciente. En la mayor parte de los segmentos, el mercado está copado por soluciones desarrolladas en Estados Unidos e Israel que hacen difícil la entrada de nuevos competidores

AMENAZAS

Dificultades para inserción en espacio aéreo no segregado. Posibilidad de retrasos adicionales en la normativa para la obtención de permisos de vuelo para ensayos en vuelo y operaciones comerciales civiles. Posibles implicaciones de seguridad para las aeronaves tripuladas (evitar colisiones). Certificación de aeronavegabilidad complicada por retraso en la generación de la reglamentación y exceso de requisitos (derivados directamente de la normativa de aviación tripulada y no completamente justificados en el caso de los UAS). Rechazo de la opinión pública para su uso en misiones de combate y posible rechazo para su uso en territorio nacional (por pérdida de privacidad o por miedo a posibles accidentes). Falta de un CONOPS desarrollado en el usuario tanto militar como los potenciales y futuros clientes civiles. Exceso de oferta nacional y expectativas en ciertos

NECESIDAD ESTRATÉGICA INDUSTRIAL

segmentos (mini UAS). Incertidumbre en el retorno de las inversiones de desarrollo. Alta dependencia del Sistema GPS (posibilidad de fallo catastrófico en caso de interferencia o caída de un sistema cuya disponibilidad no está garantizada). Vulnerabilidad frente a ciberataques.

Bibliografía

Cátedra Kindelán 2009 Ejército del Aire «UAS».

FY2009-2034 Unmanned Systems Integrated Roadmap, US Department of Defense.

Monografía sobre la «Integración de UAS en el Espacio Aéreo» realizada por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica de la Subdirección de Tecnología y Centros pertenecientes a la Dirección General de Armamento y Material.

Perfiles IDS. Sistemas Aéreos no Tripulados, noviembre de 2009.

Rapport d'information par la Commission de la Défense Nationale et des Forces Armées sur les Drones, Assemblée Nationale Number 2127.

Report on Technology Horizons, A Vision for Air Force Science & Technology during 2010-2030, Volume 1, US Air Force Chief Scientist (AF/ST) AF/ST-TR-10-01-PR, 15 de mayo de 2010.

Study Analysing the current activities in the field of UAV, European Commission Enterprise and Industry Directorate General, ENTR/2007/065.

Sistemas de Vehículos Aéreos no Tripulados (UAS), Visión Estratégica Española, Plataforma Aeroespacial Española, PAE/Doc-VT/1007.

The Future of Unmanned Aerial Vehicles. Conference Documentation 28th & 29th November 2007, London, SMI Group Ltd.

UAS Unmanned Aircraft Systems, The Global Perspective, UVS International, 2010/2011. 8th Edition.

UAS (*Unmanned Aircraft Systems*) Circular ICAO 328 AN/190.

United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047, 18 de mayo de 2009.

Unmanned Systems Roadmap 2007-2032, US Department of Defense.

PABLO GONZÁLEZ SÁNCHEZ-CANTALEJO
Director Sistemas no Tripulados
Unmanned Systems
INDRA

ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS UAS

La situación actual: factores sociopolíticos, económicos y tecnológicos

Con el fin de describir el estado y las tendencias de los UAS (*Unmanned Air Vehicle*) en el mundo, Europa y España en particular, vamos a enumerar en primer lugar un conjunto de situaciones o factores sociopolíticos, económicos y tecnológicos que por una parte han conducido a la situación actual y por otra condicionan el futuro inmediato de los UAS.

Los UAS no son el futuro de la aviación, son ya una realidad en muchos escenarios de nuestro contexto sociopolítico, especialmente en aquellos relacionados con operaciones militares. Estas operaciones dentro de este contexto son los que han modelado la situación actual de los UAS en el mundo.

La situación proporcionada en su día por conflictos como el de los Balcanes ocasionó, en su momento, que algunos ejércitos europeos adquirieran sistemas tácticos para, mediante su experiencia de uso, desarrollar conceptos de operaciones. Aquellas experiencias sirvieron para que estos ejércitos tomaran una cierta conciencia operativa del uso de los UAS. No obstante, el conflicto de los Balcanes también tuvo una consecuencia dramática para los intereses de la industria europea: la aparición del UAS *Predator* como el sistema más relevante dentro del mundo de los Sistemas MALE (*Medium Altitud Long Endurance*) papel que confirmó y revalidó en los posteriores conflictos de Irak y Afganistán.

Aunque algunos países europeos intentaron seguir el ritmo de Estados Unidos e Israel mediante bien la compra para adquirir sistemas bien el desarrollo de nuevos sistemas, la ventaja adquirida por aquellos países prosigue en nuestros días y se incrementa no ya dentro del ámbito militar sino también en el civil, donde se espera una explosión en su uso frenada hasta el momento mayormente por los aspectos regulatorios.

Si bien es cierto que el uso de UAS por parte de los Ejércitos europeos es significativamente menor que en los distintos Ejércitos de Estados Unidos o Israel, las dos grandes superpotencias en el dominio de los UAS, su utilización por parte de los ejércitos de distintos países europeos en los teatros de operaciones de Afganistán ha mejorado dramáticamente la perspectiva de estos ejércitos con relación a su utilidad dentro del mundo militar.

Por otra parte, es bien sabido que la compra de sistemas de defensa está inherentemente vinculada a ciertas consideraciones políticas como también es causa sociopolítica para el desarrollo de sistemas de defensa la intervención de un conjunto de países para el desarrollo de programas concretos y el sostenimiento de las industrias nacionales de defensa de estos países.

Los Sistemas de Defensa son cada vez más complejos y los UAS son un caso de complejidad extrema no ya por los aspectos técnicos sino por los regulatorios. Esto provoca que el coste de desarrollo de los sistemas de UAS aumente exponencialmente con dicha complejidad. Para un Sistema táctico, se requiere de una fuerte inversión que puede ser asumida por una o varias industrias nacionales pero para sistemas de mayor entidad como un MALE hace que sólo sea posible dentro de un contexto internacional. Esto sería el caso de Programas como el Advanced UAV (España, Francia y Alemania) que tiene su continuación en el Programa TALARION o bien el Programa de UCAV (*Unmanned Combat Air Vehicle*) nEUROn donde se intenta, entre otras cosas, mantener las capacidades en sistemas críticos así como la cooperación internacional para minimizar riesgos y costes.

Los Programas de UAS tienen un fuerte componente militar e impulsan el desarrollo de las distintas industrias nacionales de aquellos países incorporados a estos Programas. Los UAS, que tienen una aplicación dual incuestionable, son particularmente importantes tanto desde el punto de vista militar como del civil en un contexto donde:

- Los países con una base industrial sólida en el desarrollo aeronáutico sólo la pueden mantener si hay programas que soporten dicha base industrial.
- Los países interesados en la operación de UAS necesitan bien asegurarse, bien adquirir unas capacidades para dotarse de la tecnología de UAS y sobre todo de obtener el control, la independencia y la soberanía de uso sobre el sistema.
- Hablando estrictamente desde un punto de vista de aplicación militar, no parece probable que haya un horizonte cercano, para el desarrollo de programas de aviones militares tripulados más allá del establecido

por la última generación de aviones de combate como el EF2000, el *Rafale*, el *Gripen*, el F22 o el F-35. La tendencia a corto y medio plazo es la de aumentar la capacidades de estos Sistemas o bien una combinación en el empleo conjunto en misiones operativas de sistemas tripulados y no tripulados.

En otro orden de cosas hay que mencionar también el hecho de que el desarrollo de infraestructuras que den soporte a actividades de tecnología, ensayos, entrenamiento u operación también modelan las capacidades bien las regiones, bien los países donde éstos se asientan. La inversión en estos centros tiene una dimensión sociopolítica en tanto en cuanto garantizan la soberanía de desarrollo y por tanto de uso de estos Sistemas de UAS. Además, son polos de desarrollo de actividades de alto nivel tecnológico por lo que su emplazamiento supone, entendiendo que cumplen los requisitos técnicos para el caso de los UAS, también una apuesta política en la región donde se asientan.

En algunos casos, a estos centros se les denomina «centros de excelencia» y como ejemplo se pueden citar en Europa el caso de Parc Aberporth donde mediante el apoyo político y económico de las autoridades regionales se intenta que la creación de un centro de Investigación y Desarrollo (I+D), ensayos y operaciones de UAS revitalice localmente una zona determinada del País de Gales (Reino Unido).

Finalmente, dentro de este contexto sociopolítico que mencionamos es muy correcto hablar del impacto medioambiental de los sistemas militares y esta conciencia medioambiental existe también dentro de los UAS. No obstante, reducir el consumo de combustible o incrementar el uso de energías alternativas como la solar o los motores híbridos es una manera de fomentar también la investigación en este campo pero su aplicación a los UAS no constituye la primera prioridad para su desarrollo.

Desde el contexto económico o las causas que han condicionado el desarrollo de los UAS, hasta la aparición de la crisis económica mundial en el entorno de los años 2008-2009 según los países de nuestro entorno, los presupuestos de Defensa en Europa crecían de manera moderada en contraste con los presupuestos de Defensa de Estados Unidos que estaban estabilizados. Teniendo en cuenta el volumen de los mismos¹, el cual es 2,6 veces el del conjunto de los 26 países que pertenecen a la EDA², ese crecimiento

¹ Datos del año 2009, en: <http://www.eda.europa.eu/defencefacts/>

² Agencia de Defensa Europea.

moderado no es por tanto significativo como para disminuir las barreras tecnológicas existentes en el mundo de los UAS. Además, aunque la crisis económica desaparezca, no se espera que los presupuestos de Defensa en Europa vuelvan a recuperarse con una fuerza equivalente a los recortes sufridos en los últimos tiempos.

Por otra parte, el coste de los programas de largo plazo comprometidos en diversas naciones de Europa así como el coste de las misiones en el extranjero ha lastrado durante los años recientes la inversión de dichas naciones en programas complejos de desarrollo de UAS. Esta situación es también de aplicación al dominio de los UAS civiles donde si bien la industria y la comunidad de UAS en general admite que hay un nicho de mercado, los aspectos que provienen de la situación económica actual (sin entrar en consideración otros aspectos como los técnicos y regulatorios) hacen que las apuestas por este mercado de aplicación civil por parte de las grandes industrias europeas sea, cuando menos, arriesgadas.

Las aplicaciones civiles en minis y micro UAS son un nicho de mercado para Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) más flexibles en costes que una gran industria. Estas empresas toman nota del hecho mismo de la falta de regulación y del bajo coste de una plataforma aérea de pequeño tamaño para adentrarse en el campo de los UAS sin pasar al dominio de la certificación aeronáutica del Sistema el cual ya difícilmente les compensaría la inversión. Esto ha provocado como consecuencia la proliferación de pequeñas empresas que se dedican al desarrollo de UAS sin una aplicación comercial clara.

Además, si bien es cierto que algunas aplicaciones de los UAS son duales no es tan cierto que el coste de desarrollo de un mismo producto compense su uso dual. Hay tecnologías duales como un sistema de navegación o de aterrizaje y despegue automático que se benefician de un posible programa de desarrollo de UAS dual civil-militar. Otras específicamente militares como la integración dispositivos de guerra electrónica o cierta parte de las comunicaciones son a costa de programas de desarrollo estrictamente militares. La barrera económica real entre los productos, independientemente del tamaño, su uso o su aplicación son los costes de *certificación* de estas tecnologías en un UAS y sin certificación, no hay una verdadera posibilidad de explotación comercial de un producto.

En un contexto de crisis crediticia como el actual, con una inflación altamente dependiente de factores externos a la mayoría de las economías europeas como el precio de la energía, los alimentos o las materias primas,

es difícil que las naciones europeas apuesten por grandes programas de desarrollo de defensa, ya sea en el dominio de los UAS o en cualquier otro. En cualquier caso, vivimos en un mundo en constante movimiento y cualquier cambio en la salud de la economía mundial, impacta en los gastos de Defensa de las naciones y por extensión en la inversión tanto en programas de desarrollo de UAS como en los de pura adquisición.

Desde el punto de vista tecnológico, hay un cierto número de áreas críticas tecnológicas que han influenciado en la situación de los UAS en el mundo, Europa y el caso particular de España.

Estas áreas críticas afectan tanto al ámbito europeo como al resto del mundo dentro del área civil como militar e incluyen:

- La identificación de niveles de *safety* y fiabilidad aplicable a los UAS los cuales estén en coherencia con la inserción y operación de los UAS tanto en espacio aéreo segregado como no segregado.
- La integración en el espacio aéreo no segregado mediante la identificación y desarrollo de requisitos aceptados por la comunidad internacional en términos de objetivos de *safety*, regulación, procedimiento y tecnologías que permitan a los UAS integrarse en dicho espacio aéreo.
- El problema bien conocido de la adecuación a nivel mundial de espectro de frecuencias de comunicaciones adecuadas y específicas para el uso de UAS incluyendo aquellas relativas al comando y control de UAS, control de tráfico aéreo de UAS, frecuencias utilizadas en el sistema de detectar y evitar a otra aeronave y aquellas que pudieran utilizar las cargas de pago de los UAS.
- Las comunicaciones de datos seguras y sostenidas para comando y control entre los diferentes componentes de un UAS: vehículo aéreo, estación de control en tierra, cargas de pago, etc.
- El suministro de soluciones y procedimientos para sistemas de despegue y aterrizaje automático en aeropuertos o aeródromos con infraestructuras ya existentes y su convivencia con sistemas tripulados.
- La capacidad de integrar de forma segura cargas de pago de diferentes tipos adaptadas a los requisitos operacionales de los usuarios finales. La falta de plataformas de demostración (Sistemas de UAS) capaces de evaluar e integrar de una manera representativa (en términos de operación) y efectiva (en términos de coste) ralentiza el desarrollo de nuevos sensores aplicables a UAS incluso en el campo de las aplicaciones no estrictamente militares. Esto afecta de manera particular

ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS UAS

- a las PYMES que para validar sus cargas de pago tienen que hacer frente a unos costes muy elevados.
- La interoperabilidad entre los distintos segmentos de tierra de control de UAS con un interfaz hombre-máquina común teniendo en cuenta los aspectos propios de los UAS e interoperables con los sistemas de comunicaciones civiles y militares actuales equivalentes.
 - La armonización a nivel global de los criterios de selección para operadores de UAS y de sus cargas de pago a lo largo de toda Europa desde el punto de vista de contenidos de los conocimientos teóricos y prácticos así como de aquellos aspectos relativos a las licencias y responsabilidades civiles y penales de manera similar al mundo de la aviación civil o militar.
 - El suministro de plantas de potencia específicas y eficientes para UAS desde el punto de vista de rendimiento y consumo de combustible.
 - La falta de integración del segmento no sólo de los UAS sino del tráfico aéreo militar en los futuros sistemas de gestión de tráfico cooperativo dentro del contexto de SESAR, Europa o NextGen, Estados Unidos.
 - El desarrollo de tecnologías específicas que permitan integrar los UAS en entornos de condiciones climatológicas adversas equivalentes a las utilizadas por los sistemas tripulados.
 - La creación de sistemas y estándares alternativos autónomos que manejen situaciones de emergencia, irregulares o degradaciones de sistema en aquellos sistemas donde antes había un humano en la cadena de toma de decisiones. Por ejemplo, ante la pérdida de comunicaciones.

Todos estos aspectos tecnológicos no desarrollados y las soluciones provisionales adaptadas a cada caso particular en los UAS existentes son los que contribuyen a que los UAS no acaben de despegar tanto en el dominio de sus aplicaciones civiles, policiales y de control de fronteras. El desarrollo de estos aspectos tecnológicos son los que contribuirán a que sean utilizados en escenarios diferentes a los actuales, fuera de los teatros de operaciones militares como Afganistán y similares.

No obstante se están dando pasos firmes por parte tanto de las instituciones, la universidad y las industrias para abordar dichas barreras tecnológicas. Sirva como ejemplos de muestra los Programas de colaboración bien europeos (por ejemplo, el MIDCAS) o nacionales (por ejemplo ATLANTE o SINTONÍA) los cuales son un intento de reducir las distancias tecnológicas con los países líderes en el desarrollo de UAS.

La situación en el mundo

Además de Estados Unidos y de Europa, el Oriente Medio y las regiones de Asia-Pacífico serán los mercados principales para UAS. En lo que se refiere al ámbito civil, este mercado tiene un *potencial* de crecimiento mucho más grande que el mercado militar. Hasta el momento los programas de desarrollo que han llevado a los UAS a la situación en la que ahora se encuentran proviene de programas de desarrollo lanzados desde el mundo militar y se corresponden con respuesta a requisitos militares. La *adaptación* de estos sistemas al mundo civil es un primer paso a dar para que operen UAS en el mercado civil pero ese proceso llevará un largo periodo de tiempo.

Los UAS tienen además que demostrar una serie de cosas tanto desde el punto de vista militar como el civil para que sean viables. Tienen que ser además económicamente rentables, efectivos desde el punto de vista de la misión, tan seguros como los sistemas tripulados disponibles en la actualidad y resolver los problemas derivados del ámbito legal de su utilización.

Si nos centramos ya en países en concreto, es una realidad incuestionable que es en Estados Unidos donde se han producido y se producirán las mayores inversiones en la investigación y desarrollo de UAS³. Ha sido la enorme inversión económica militar norteamericana la que ha hecho de Estados Unidos la primera potencia en el campo de los UAS.

Son dos las Agencias que más han contribuido a ello: del lado militar tenemos a la DARPA⁴ cuya misión fundamental es mantener la superioridad tecnológica militar de Estados Unidos. Esta agencia no sólo impulsó el desarrollo de los programas que dieron lugar a los UAS mundialmente conocidos como el Global Hawk de Northrop Grumman o el *Predator* de General Atomics sino que además mantiene una política continua de apoyo específico a las tecnologías de UAS como se demuestra en la inversión de Programas⁵ como el SHRIKE, VULTURE, AHR o el J-UCAS, precursor del UCAS-D que ha dado lugar al demostrador naval de UCAV X-47B.

En el entorno civil, ha sido la NSF⁶ la Agencia Federal estadounidense que más ha apoyado las actividades relacionadas con los UAS pero de una

³ Informe de la consultora Teal Group relativa a la proyección del mercado para el año 2011 y sucesivos, en: <http://www.tealgroup.com>

⁴ *Defense Advanced Research Projects Agency*.

⁵ En: http://www.darpa.mil/Our_Work/TTO/Programs/

⁶ *National Science Foundation*.

manera significativamente inferior a como lo ha hecho DARPA. La NSF es la única Agencia Federal estadounidense con instrucciones del Gobierno de Estados Unidos para impulsar todos los campos no médicos de investigación básica y cuenta con un presupuesto de 7.424 millones de dólares para el año 2011⁷, el cual una pequeña parte se dedica a actividades relacionadas con los UAS.

Sus actividades han estado relacionadas en su mayoría con proyectos en los cuales se contempla tanto el uso de tecnología dual como por ejemplo aquellos dedicados a la adaptación de UAS militares para uso civil como los puramente civiles como es el desarrollo de nuevos sistemas y sus aplicaciones centrándose en diversas áreas mayormente relacionadas con temas medioambientales, obtención y aplicación al uso de imágenes para la intervención en caso de desastres y otras similares.

Entre los numerosos fabricantes de UAS podemos destacar a AAI Corp con los pequeños UAS *Aerosonde* o la familia *Shadow*, de la cual su producto más conocido es el *Shadow 200* o RQ-7B según la denominación del Ejército estadounidense. AeroVironment cuyos productos más conocidos son los minis *Puma* o *Raven RQ-11*. Boeing, por su parte está centrada en el segmento de los UCAS con el Programa X-45 debido a su participación inicial en el Programa de DARPA denominado J-UCAS Boeing tiene una subsidiaria denominada Insitu la cual está centrada en el segmento de los pequeños UAS con el *ScanEagle*, el *Integrator* o el *NightEagle*. El *Predator* es el producto más destacado de General Atomics Aeronautical Systems. Únicamente el *Predator A*, o MQ-1 bajo la denominación de la Fuerza Aérea estadounidense en producción desde el año 1994, ha tenido un desarrollo el cual ha llevado a producir entregar 268 unidades.

Junto con sus variantes I-GNAT, *Sky Warrior*, el *Predator B* también conocido como *Reaper* o MQ-9 bajo la denominación Fuerza Aérea, lleva realizadas más de 900.000 horas de vuelo. La familia *Predator* tiene su continuación en el *Predator C* o *Avenger*, un UAV propulsado por un motor turbofan que cuenta además con características de invisibilidad y cuyo diseño incluye las clásicas misiones ISTAR (*Intelligence, Surveillance Target, Acquisition and Reconnaissance*) además de la capacidad de llevar armamento para realizar ataques contra amenazas tanto convencionales como asimétricas. Honeywell por su parte, tiene como producto más conocido el micro UAV VTOL *T-Hawk*, o RQ-16 según denominación del Ejército es-

⁷ En: <http://www.nsf.gov/about/congress/>

tadounidense, aunque también ha desarrollado componentes o subsistemas para otros UAS de otros fabricantes como en el caso del *Eagle Eye*, *Firescout*, *Global Hawk*, *Hunter*, UCAS-D, *Predator*, *Reaper*, *Shadow*, *Warrior* o también el X-45A. L3-BAI Aerosystems ha desarrollado muchos minis UAS como el *Tiger Shark* o la serie *Viking*. Lockheed Martin tiene como producto más conocido el mini UAS *Desert Hawk*. Para finalizar y no por ello menos importante mencionaremos a Northrop Grumman la cual produce el único HALE operativo hasta el momento. El *Global Hawk* o RQ-4 según denominación US Air Force, es capaz de volar a una altura estacionaria de más de 60.000 pies y obtener bien inteligencia de imágenes bien inteligencia electrónica. Northrop Grumman además está involucrada en el Programa de demostración UCAS-D con el X-47B, unUCAV navalizado con características de invisibilidad y dotado de motor turbofan.

Las universidades de Estados Unidos son también líderes en investigación de UAS. En muchas de ellas hay bien un laboratorio de robótica o un departamento de investigación tecnológica que tocan elementos aplicables a los UAS. Entre ellas, cabe mencionar a Georgia Tech, la Universidad de Carnegie Mellon, el Massachusetts Institute of Technology, la Universidad de California en Berkeley, la Universidad de Florida, la Universidad de Kansas, la Universidad de Dakota del Norte, la Universidad de Colorado y la Universidad de Michigan.

La industria de Israel, junto a la norteamericana, han definido y definen en muchos casos el liderazgo en investigación, desarrollo y producción de UAS en el mundo debido no sólo a la inversión inicial que hicieron en este campo años atrás y que les ha proporcionado ventaja sino debido a la particularidad sociopolítica de dicho estado la cual permite volar UAS en cualquier punto de su espacio aéreo al estar *de facto* dicho espacio aéreo controlado militarmente. De hecho, Israel es el segundo mayor productor de UAS en el mundo tras Estados Unidos.

Debido a su situación, la cual implica una mayor atención al desarrollo de aplicaciones de defensa, seguridad, vigilancia de fronteras y terrorismo, la industria israelí concentró originalmente sus desarrollos en el segmento de los pequeños UAS y UAS tácticos «pesados». Últimamente, debido a la gran experiencia acumulada, abarcan también en sus últimos desarrollos el segmento de los MALE con multitud de cargas de pago.

Entre las empresas más destacadas se encuentran Aeronautics Defense Systems con productos como los mini UAS *Aerolight*, el *Aerostar* o el *Orbiter* aunque últimamente han desarrollado el MALE *Dominator* basa-

do en el avión tripulado *Diamond* DA42, Bluebird Aero Systems con el *Blueye*, el *Boomerang*, el *MicroB* o el *Spyeye* todos ellos en la categoría de minis o micros UAS y *Rafael* con el *Skylite*.

No obstante la mayor presencia en el mercado de los UAS es de la mano de dos empresas: IAI y Elbit. Israel Aerospace Industries Ltd. (IAI) mediante su división de UAS denominada MALAT ha producido UAS como el *Scout*, el primer UAS producido por MALAT, el *Pioneer*, un derivado del *Scout* el cual fue el primero que IAI vendió a un cliente no israelí y el *Ranger*. Actualmente tiene una cartera de productos que abarca todos los segmentos entre los cuales podemos destacar el *Hunter*, *Searcher* MK III (UAS en servicio en el Ejército de Tierra), el *Heron 1* y el *Heron TP*. Elbit Systems por su parte ha desarrollado dentro del segmento de los minis UAS como el *Skylark* y dentro de la familia *Hermes* una colección de UAS que abarcan desde los 200 kilogramos hasta los 1.500 kilogramos de MTOW denominados *Hermes 180*, *Hermes 450*, *Hermes 900* y *Hermes 1.500*. Mención especial recibe el *Hermes 450* que mediante un acuerdo con Thales UK ha conseguido abrirse paso en el mercado del Reino Unido siendo la plataforma del Programa Watchkeeper 450 de Thales en el Reino Unido.

Detrás de estas dos grandes superpotencias en el campo de los UAS y excluyendo Europa y España que trataremos posteriormente, tenemos a países como Australia.

Australia cuenta con numerosas actividades de I+D en las que intervienen empresas, centros de investigación y universidades como la de Sydney o la de Queensland. Dentro de esta última Universidad es muy activo el ARCAA⁸. El mini UAS *Avatar* de Codarra Advanced Systems es su UAS más relevante. Empresas como Boeing y BAE tienen una importante actividad sobre UAS en Australia pero hasta el momento, el Gobierno australiano ha adquirido sistemas israelíes o norteamericanos para proveer a sus tropas el teatro de operaciones de Afganistán.

En Asia contamos con diversos fabricantes que están dispuestos a conseguir una parte del mercado de los UAS a nivel fundamentalmente local pero lógicamente con aspiraciones de exportación. No obstante, la mayor actividad se desarrolla en el mundo de los minis UAS.

El gigante chino que actualmente no presenta, por el momento productos relevantes representará muy probablemente a medio plazo una amenaza para el resto de industria de UAS cuando sus productos alcancen el nivel

⁸ *Australian Research Centre for Aerospace Automation.*

tecnológico de otros países, lo cual debido a la capacidad de inversión china, es únicamente cuestión de tiempo. Entre las industrias de China más activas contamos con China Aviation Industry Corp, Xi'An ASN Technology Group, Chengdu Aircraft Ind. Corp., y entre los centros de investigación o universidades tenemos al NRIST⁹ o a la Universidad de Beijing. Respecto al otro gigante asiático, la India ha desarrollado a través de la agencia responsable para el desarrollo tecnológico militar, la DRDO¹⁰, mini UAS e incluso un MALE y al igual que China es cuestión de tiempo, debido a la inversión económica que realizan estos países, el que alcancen la madurez tecnológica para tener productos competitivos. En Corea del Sur existe un desarrollo bastante importante por parte de la industria local como Korea Aerospace Industries Ltd., el Korea Aerospace Research Institute, Korean Air Lines Co. Ltd., la Agency for Defense Development, Uconsystem y Oneseen Skytech Co. Ltd. Existe también actividad en países como Pakistán a través de Integrated Dynamics, Singapur o Malasia pero de ámbito bastante menor. Finalmente Japón es un caso especial en el campo de los UAS porque allí hay una gran actividad en el campo de los VTOL a través de Yamaha y Fuji Heavy Industries. Allí existen registrados más de 2.000 VTOL dedicados a actividades agrícolas, en concreto a tareas de fumigación.

La Federación Rusa no es una gran potencia en el desarrollo de UAS hasta el momento como demuestra el hecho de que ha adquirido Sistemas Heron 1 israelíes para sus necesidades en el año 2010. Por el momento hay unas cuantas industrias como Kronshtadt, Irkut, A-Level Aerosystems o las tradicionales Yakolev, Tupolev, Sukhoi o Kamov que han realizado algunos desarrollos sin mucho éxito.

En Suramérica se pueden mencionar actividades de empresas de Argentina como por ejemplo Nostromo Defensa, Brasil, Colombia, Chile o México alguna de las cuales han llegado a tener productos en el segmento de los minis UAS.

En África, únicamente es relevante la actividad de la República Surafricana que mediante empresas como Denel Aerospace Systems y Advanced Technologies and Engineering han desarrollado UAS tanto en el segmento de los minis UAV como en el de los MALE.

Turquía es un caso también digno de mención como el surafricano pero quizá un escalón por debajo de estos. También cuenta con unas industrias

⁹ *Nanjing Research Institute on Simulation Technique.*

¹⁰ *Defence Research and Development Organisation.*

como Kalebaykar Technologies o la más conocida Turkish Aerospace Industries (TAI) que tienen desarrollos locales de UAS los cuales empiezan a ser conocidos fuera de los medios locales como el MALE *Anka*.

La situación en Europa

La industria europea de UAS ha realizado progresos significativos en el desarrollo de las tecnologías críticas y en la integración de sistemas para poder competir con los grandes fabricantes de Estados Unidos e Israel pese a lo cual todavía queda camino por recorrer para poder reducir la brecha existente con dichos fabricantes.

Para ello se necesita:

- Un fuerte apoyo¹¹ institucional por parte de la Unión Europea y la EDA con una hoja de ruta en la que *converjan* los diferentes programas e iniciativas planteadas también hasta el momento por ambas instituciones.
- Una inversión significativa que sirva para promover el desarrollo del mercado y las capacidades industriales europeas.
- Un impulso que ayude a concretar la legislación común en materia de aeronavegabilidad, certificación e inserción de los UAS en el espacio aéreo europeo.

Hasta el momento, pese a los esfuerzos por articular un apoyo institucional europeo común que favorezca el desarrollo de los UAS, hemos tenido en Europa iniciativas concretas lideradas por uno o varios países miembros de la Unión Europea. Éstos se han unido, en algunos casos, para desarrollar programas o estudios con el fin de no frenar el desarrollo en sus respectivos países de las tecnologías que ayuden al desarrollo de UAS. No obstante, lo que no ha existido es una «hoja de ruta» común aceptada por la mayoría de los países europeos y dotada de un presupuesto de la suficiente entidad como para dar un verdadero impulso al desarrollo de los UAS en Europa.

Independientemente de los desarrollos nacionales, dentro de las iniciativas concretas que mencionábamos anteriormente, se están llevando a cabo en Europa Programas de cooperación internacional como el Advanced UAV en cuya fase de reducción de riesgos participaron: España, Francia y Alema-

¹¹ Eso no significa que actualmente no exista ese apoyo, el cual sí existe como veremos con posterioridad.

nia y que tiene su continuación en el Programa TALARION soportado actualmente por CASSIDIAN, la división de Defensa y Seguridad de EADS.

Otro Programa de desarrollo relevante en Europa es el nEUROn. El nEUROn es un demostrador europeo del tipo UCAV cuyo Programa se lanzó bajo la iniciativa de Francia en colaboración con: España, Grecia, Italia, Suecia y Suiza, teniendo a Dassault como contratista principal.

Por otra parte existen varios organismos a nivel europeo los cuales fomentan, mediante la cofinanciación, diversos proyectos que soportan actividades para desarrollar diversas áreas tecnológicas de los UAS: la ADE, la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Comisión Europea. Estas cofinanciaciones son claramente mejorables para el desarrollo de un verdadero producto europeo que haga frente a potencias como Estados Unidos o Israel. No obstante, facilitan el desarrollo o madurez de tecnologías que ayudan al desarrollo de los UAS.

La EDA sirve de facilitador a las propuestas de los países miembros con objeto de desarrollar programas o estudios en el dominio de la defensa común europea. La EDA tiene un presupuesto operativo bastante reducido por lo que su labor se centra por una parte en financiar estudios (que no programas) de interés común para los países miembros. Por otra parte y ya fuera de su presupuesto operativo, facilita proyectos o programas de categoría A y B en los cuales el presupuesto de dichos programas es aportado por los países miembros que tengan interés común en un determinado proyecto o programa.

La diferencia más relevante entre ambas categorías es que en la categoría B cada país participante (normalmente un grupo reducido) financia a su industria sin que el dinero cruce fronteras, mientras que en los programas de categoría A se aporta la financiación a un fondo común que posteriormente se reparte entre los consorcios industriales seleccionados a través de la libre competencia entre las diferentes propuestas de programas.

Hasta el momento la EDA ha lanzado únicamente dos programas de categoría A, los denominados Programas de Inversión Conjunta o JIP (*Joint Investment Programme*), el Programa de Inversión Conjunta en Protección de la Fuerza (*JIP-Force Protection*) y otro JIP correspondiente a tecnologías emergentes e innovadoras con potencial disruptivo en las futuras operaciones militares (JIP-ICET).

Como no puede ser de otra forma, los UAS son objeto de interés de la EDA y ha facilitado la creación de varias iniciativas, por mencionar algunas específicamente ligadas al campo de los UAS:

ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS UAS

- Air4All. Es un estudio contratado por la EDA que presenta una «hoja de ruta» a desarrollar con el fin de obtener la inserción de UAS en el espacio aéreo. En este estudio intervinieron las industrias de UAS más relevantes del espacio europeo como BAE Systems, Alenia Aeronáutica, Dassault Aviation, Biehl-BGT-Defence, EADS-CASA (CASSIDIAN), EADS-MAS (CASSIDIAN), Galileo Avionica, QinetiQ, Rheinmetall Defence Electronics, SAAB AB, Sagem Défense Sécurité y Thales Aerospace.
- El FUAS¹² es un Programa que se encuentra actualmente en fase de preparación cuyo objetivo era desarrollar un VTOL con un horizonte de puesta en servicio entre los años 2016-2018 que respondiera a los requisitos comunes de varios ejércitos europeos, en concreto: Alemania, Finlandia, Francia, Polonia, Portugal, España y Suecia. La EDA llegó a lanzar una petición de información la cual está utilizando para la fase de preparación del Programa.
- MIDCAS¹³. El MIDCAS¹⁴ es un proyecto que está directamente relacionado con la inserción de UAS en el espacio aéreo. Trata de dar respuesta a los requisitos necesarios para separar el tráfico aéreo tanto cooperativo como no cooperativo y evitar así las colisiones en dicho espacio aéreo (detectar y evitar). Es un Programa de categoría B coordinado por Saab Aerosystems y que tiene como participantes a Alenia Aeronáutica S.p.A., Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft, EADS Deutschland GmbH (CASSIDIAN), ESG Elektroniksystem-und Logistik-GmbH, Galileo Avionica S.p.A, INDRA Sistemas S. A, Italian Aerospace Research Centre CIRA S.c.p.A, Sagem Défense Sécurité, Selex Communications S.p.A, SELEX Sistemi Integrati S.p.A y THALES Systèmes Aéroportés S. A.
- IDEAS¹⁵. Este estudio trata de la integración de UAS en el espacio europeo dentro de la particularidad de usar satélites para el mando y control de los mismos. Participan en la primera fase, la cual no incluye demostración, Astrium: Alemania, Francia y Reino Unido; Cassidian: Alemania, España y Reino Unido; QinetiQ: Reino Unido; Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España, S. A. (ISDEFE): España e IABG: Alemania.

¹² *Future Aerial Unmanned System.*

¹³ En: <http://www.midcas.org/>

¹⁴ *MID-Air Collision Avoidance System.*

¹⁵ *Integrated Deployment of UAS in the European Airspace using Satellites.*

- SINUE¹⁶. Estudio paralelo al anterior, pero financiado por la ESA, que coordinó sus acciones con la EDA para plantear dos estudios paralelos durante la primera fase del Programa. En dicho estudio, liderado por Indra (España), participaron también AT-One: Alemania y Holanda; SES Astra: Luxemburgo, INECO España y GMV: Portugal.
- SIGAT. Estudio acerca del espectro en frecuencia militar requerido para la inserción de UAS en el tráfico aéreo. Este estudio está liderado por Thales Aerospace y cuenta con la participación de BAE Systems, Dassault Aviation, Diehl-BGT Defence, EADS Defence & Security (CASSIDIAN), EADS-CASA (CASSIDIAN), IABG, Rheinmetall Defence Electronics, Sagem Defence & Security, Selex Communications, Selex Sistemi Integrati, SkySoft, Thales Alenia Space, Thales Communications y TNO.

Como ejemplo de la capacidad de inversión de la EDA en estos estudios podemos poner el caso de este último estudio. Es un estudio a realizar en 12 meses por importe de 1,56 millones de euros. Si tenemos en cuenta la cantidad de empresas que participan en cualquier estudio y además comparamos esta cifra con el volumen de inversión al otro lado del Atlántico en cualquier de sus estudios o programas, nos daremos cuenta enseguida que estamos lejos de salvar la barrera tecnológica con los países líderes en el campo de los UAS.

La ESA, ha lanzado diversas iniciativas en relación con los UAS y tiene intención de cooperar con la EDA y la Comisión Europea para continuar lanzando iniciativas de cooperación en el campo de los UAS. Además del mencionado proyecto SINUE, realizado en coordinación con la EDA, en el año 2009 se completó el estudio *Satellite-Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Cooperative Missions: Status and Outlook*, realizado por Indra: España en colaboración con MDA: Canadá.

La Comisión Europea¹⁷, ha financiado y financia a través de los llamados *Framework Programmes*, Programas-Marco plurianuales FP5, FP6 y FP7 varios proyectos de duración y contenido muy diverso con relación a los UAS. Algunos ejemplos son:

- MARVEL. Proyecto que usa micro UAS con la participación de: Italia, Finlandia y Francia y coordinado por el Centro Ricerche FIAT de Italia.

¹⁶ *Satellites enabling the Integration in Non segregated airspace of UAS in Europe.*

¹⁷ En: <http://cordis.europa.eu/>

ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS UAS

- ARC. Proyecto el cual utiliza un VTOL para detección de minas.
- COMETS. Cuyo objetivo es diseñar e implementar un sistema de control distribuido para realizar actividades cooperativas utilizando diversos UAS, en particular varios minis VTOL. La coordinación fue de AICIA-Universidad de Sevilla y la empresa española GMV aunque también participan centros de investigación de la Universidad de Toulouse, de la Universidad de Berlín y de Portugal.
- CAPECON. Proyecto ya terminado sobre la utilización de UAS de bajo coste en el ámbito civil con la participación de centros de investigación de: Italia, Holanda, Suecia, Israel, Polonia, Francia, Alemania y España.
- La red temática UAVNET promociona a nivel europeo, incluyendo Israel, el uso de los UAS en entornos civiles. Aunque en un principio fue promocionada bajo el paraguas del quinto Programa-Marco de la Unión Europea, no tiene una actividad destacada desde el año 2009.
- INOUI. Proyecto auspiciado bajo el sexto programa marco de la Unión Europea (FP6) el cual se centra en ciertos aspectos de la integración de UAS en espacio aéreo no segregado. Está coordinado por la DFS alemana y cuenta con participación de ISDEFE, Boeing Research & Technology Europe: España, INNAXIS: España, Rheinmetall Defence Electronics GmbH: Alemania y Onera: Francia.
- AWARE. Proyecto relativo a la integración de UAS con redes inalámbricas de sensores y actuadores en tierra, incluyendo demostración de la cooperación de múltiples helicópteros autónomos acoplados para el transporte de una carga. Este proyecto fue coordinado por AICIA-Universidad de Sevilla y contó además con la participación de diversas universidades europeas como la de Stuttgart, Bonn, Berlín: Alemania o la de Twente: Holanda.
- MICRODRONES. Proyecto que tiene como principal objetivo el desarrollo de un autopiloto que sea capaz de navegar entre obstáculos en espacios abiertos pero donde la señal GPS es pobre. Para ello utiliza como vehículo aéreo un micro VTOL. Este proyecto está coordinado CEA-LIST: Francia.
- WIMAAS¹⁸. Proyecto que se ocupa de cómo reducir los costes de operación, aumentar la eficiencia y la autonomía en el dominio de la vigilancia aérea marítima. Es un proyecto coordinado por Thales Sys-

¹⁸ En: <http://www.wimaas.eu/>

ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS UAS

temes Aeropuertos: Francia que reúne a 14 participantes de 10 países distintos.

- TALOS. El objetivo de TALOS es desarrollar y probar conceptos innovadores relativos a UAS y UGV para la protección de fronteras en Europa. Participan trece empresas de 10 países distintos.
- ARGUS 3D. Proyecto coordinado por Selex: Italia en el que participan 11 empresas de cinco países distintos cuyo objetivo es mejorar la detección de plataformas tanto tripuladas como no tripuladas mediante la explotación de información de plataformas tanto cooperativas como no cooperativas con el fin de identificar amenazas potenciales en la navegación.
- OPARUS. Proyecto coordinado por Sagem: Francia cuyo objetivo es elaborar una arquitectura abierta para la operación de UAS en Europa centrándose especialmente en su aplicación a la protección de fronteras. Para su realización cuenta con la colaboración de 12 empresas de siete países.

El mercado europeo es un mercado fragmentado donde el segmento de los minis UAS por debajo de los 150 kilogramos de masa operativa¹⁹ queda bajo la tutela de cada nación, es decir está sujeto a reglas de certificación nacionales.

Como es el primer escalón del mercado donde la inversión para tener un producto es menor frente a la que hay que realizar para UAS de mayores pesos, el mercado en ese segmento va a estar siempre tremendamente abierto, especialmente en el sector civil. Nótese que para desarrollar un UAS de un determinado tamaño y complejidad hay que tener una masa crítica como empresa considerable. La competición en ese segmento de mercado va a ser una competición muy dura. Como dato relevante basta conocer que hay casi 300 pequeñas y medianas industrias en Europa dedicadas al mundo de los UAS, todas o casi todas en el segmento de los minis UAS. Muchos de los productos creados no pasan de ser demostradores, productos en continuo desarrollo o también productos que no han tenido salida al mercado.

Para los segmentos superiores, con pesos mayores de 150 kilogramos donde la certificación corresponde a la EASA²⁰, la no existencia de un mar-

¹⁹ *Policy Statement Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems (UAS)*, E.Y01301.

²⁰ *European Aviation Safety Agency*.

co regulatorio claramente definido es la principal traba para el desarrollo en Europa de los UAS. Este hecho ha provocado que muchos programas nacionales de adquisición de UAS para resolver necesidades acuciantes en el teatro de operaciones (Afganistán por ejemplo) hayan caído en manos de empresas norteamericanas o israelíes al no existir para aquellas circunstancias un caso de negocio claro para las industrias en Europa²¹. En estos casos las industrias europeas no han representado un papel relevante en el desarrollo de los UAS utilizados en esas operaciones porque se buscaban soluciones ya maduras para ser utilizadas estrictamente en el teatro de operaciones.

No obstante, está claro que la industria europea tenía y tiene las capacidades necesarias para desarrollar UAS aunque hasta ahora, esa misma industria, haya acudido al mercado israelí o norteamericano para proveerse bien de subsistemas, bien de plataformas aéreas para desarrollar más rápidamente sus propios productos UAS. Esto es debido, como mencionábamos anteriormente, a la necesidad de disponer de una plataforma aérea la cual me permita obtener un sistema rápidamente. Esto provoca, en consecuencia, una dependencia del fabricante de la plataforma a corto plazo. De esta dependencia sólo es posible salir mediante el desarrollo de productos (sistemas) propios europeos los cuales incluyan no sólo el vehículo aéreo sino todo el sistema en su conjunto incluyendo las comunicaciones y el segmento de misión.

Por simplificar, existen tres modos por los cuales los distintos ejércitos europeos²² han accedido a la operación de Sistemas de UAS:

- Compra directa de Sistemas de UAS a ser operado por el ejército correspondiente.
- Contrato de servicios de Sistemas UAS con una compañía nacional, la cual es la que suministra servicio en el teatro de operaciones. Dentro de este contrato, es una segunda compañía, normalmente norteamericana o israelí, quien proporciona el Sistema de UAS.
- Adquisición de un Sistema UAS en el cual una o varias industrias nacionales intervienen para «nacionalizar» el Sistema o bien añadirle una funcionalidad o característica que no tiene el Sistema originalmente. De nuevo aquí el origen del Sistema es norteamericano o israelí.

²¹ Una cosa es operar en el cielo europeo y otra muy distinta en un teatro de operaciones como el de Afganistán.

²² Y algunos otros ejércitos no europeos como el canadiense o la propia *US Navy*.

En el primer caso tenemos los ejemplos de Italia o Reino Unido con la adquisición de Sistemas Predator de General Atomics: Estados Unidos o de Bélgica con el Hunter de IAI: Israel.

En el segundo caso tenemos a Alemania con el *leasing* del Sistema de IAI: Israel denominado Heron-1 a través de la empresa local Rheinmetall Defence.

Finalmente en el tercer grupo tenemos el medio hasta ahora más común en Europa de adquisición de UAS. Tenemos como casos de mención el ejemplo alemán con el Euro Hawk de Northrop Grumman: Estados Unidos y Alemania que utiliza como plataforma aérea el Global Hawk, el Reino Unido con el Programa Watchkeeper 450 que utiliza el Hermes 450 de Elbit: Israel, el ejemplo francés con el Harfang: Francia que utiliza el Heron de IAI: Israel o el caso español con el PASI que utiliza el Searcher de IAI: Israel.

La tendencia en el mercado civil es que debido a que existen en el mercado mini UAS, los cuales sirven para propósitos civiles en campos de aplicación muy definidos, estos tenderán a utilizarse siempre y cuando se operen lejos de densidades de población que aumenten el riesgo de colisión en caso de accidente. Se opera, por el momento, en el campo de la ilegalidad y al no estar las responsabilidades claramente definidas, el mercado es escaso.

En el mercado militar, los ejércitos europeos no lo tienen fácil para operar ni entrenar y han preferido esperar a la aparición de regulación. Como por otra parte, necesitan de medios los cuales proporcionen inteligencia de imágenes (entre otras misiones) en los teatros de operaciones han solucionado provisionalmente sus necesidades de UAS con programas de adquisición de series cortas de productos mientras esperan a soluciones por parte de la industria europea que resuelvan la problemática de la operación en suelo europeo.

Incluso, tenemos que tener en cuenta que actualmente estamos en un contexto en el cual no creemos que se esté discutiendo si el UAS es efectivo para la misión (ya lo han probado para misiones militares, falta para misiones civiles) si no si el UAS es efectivo en términos de coste para desempeñar la misión encomendada. Los ejércitos europeos demandan soluciones imaginativas y han sugerido, en algunos casos, proveerse de servicios en vez de sistemas completos en los teatros de operaciones para cubrir sus necesidades en tanto en cuanto evalúan su rentabilidad económica.

Si realizamos ahora un recorrido por los países europeos en los que más se ha trabajado en el dominio de los UAS tenemos que en el Reino Unido: BAE Systems, Thales UK y Quinetiq son las compañías que más se han destacado.

BAE Systems comenzó a hacerse relevante en el mercado británico cuando suministró el *Phoenix UAS*, el cual estuvo operando en Kosovo e Irak. Fruto de estas experiencias se gestó el programa cuyo resultado fue el lanzamiento en el año 2005 del Programa WATCHKEEPER 450 y el cual no ganó BAE Systems sino Thales UK. Éste es el contratista principal aunque es un Sistema basado en el Hermes 450 de Elbit: Israel.

BAE Systems, en cambio, recibió durante el periodo de los años 2007-2100 un fuerte apoyo por parte del Reino Unido para desarrollar programas de UAS como el Taranis y Mantis. BAE Systems es muy activa en el desarrollo de actividades que contribuyen al mejor posicionamiento de los UAS en el Reino Unido como por ejemplo, la alianza con la Universidad de Cranfield para desarrollar tecnologías relativas a los UAS las cuales dieron en su día proyectos como el Krestel.

Por su parte, Quinetiq, la antigua Defence Evaluation and Research Agency británica, también participa en el Programa TARANIS, ha desarrollado el *Zephyr*, un demostrador UAS de tipo HALE con energía solar para vuelo durante el día y baterías para vuelo nocturno y mantiene diversas alianzas a uno y otro lado del Atlántico con la Agencia DARPA norteamericana (proyecto Vulture) o Boeing (proyecto Solar Eagle). También destaca su labor de impulsor o miembro de diversas organizaciones en el Reino Unido que favorecen la diseminación de información o conocimiento de UAS como la ASTRAEA.

En Francia, al igual que Thales Francia es el eje principal de la industria de electrónica de defensa, es Dassault, en términos aeronáuticos, el eje principal de la industria de la aviación militar.

Con relación a los UAS, Dassault ha adoptado una aproximación incremental de investigación y desarrollo la cual la ha llevado a liderar el Programa nEUROn en el campo de los UCAV y a aliarse con BAE Systems en el campo de los MALE mediante la firma de un acuerdo para presentar una oferta con el fin de diseñar, desarrollar y producir un MALE para los ministerios de defensa del Reino Unido y Francia Unido en el año 2011. Esto tiene su origen en los acuerdos firmados por el Gobierno francés y británico en noviembre del 2010 para impulsar la colaboración entre las industrias de ambos países en el desarrollo de tecnologías de los UAS tipo MALE de próxima generación.

En Francia es de destacar también la presencia de otras industrias como Cassidian (la división de Defensa y Seguridad del grupo EADS) y Sagem. Entre los proyectos que desarrolla CASSIDIAN en Francia destacan el mini-

UAV Tracker, en servicio en Francia y Arabia Saudí y los demostradores mini-VTOL ALCA, el VTOL ORKA, así como el MALE Harfang (SIDM) en colaboración con IAI.

Sagem por su parte ha desarrollado, entre sus UAS más destacados, el *Sperwer*, un UAS en servicio en el Ejército francés y canadiense entre otros y el *Patroller*, un desarrollo proveniente de un motovelero de la alemana Stemme.

Existen también un nicho de diversas empresas dedicadas a los mini VTOL como Bertin Technologies, SURVEY Copter, Novadem (*quad rotors*) así como centros de investigación franceses, como el caso de ONERA que desarrollan minis y micros UAV.

En el caso de Alemania, las empresas alemanas han desarrollado diversos sistemas que bien han sido operados por sus Fuerzas Armadas bien están a la espera de iniciar operaciones.

Cassidian en Alemania, al igual que ocurre con su misma división en Francia, ha realizado muchos proyectos relacionadas con UAS, destacando desarrollos como el CL-289, un programa internacional junto con Francia y Canadá donde Dornier (ahora Cassidian) era el contratista principal, el demostrador *Barracuda*, el HALE *Euro Hawk* especializado en inteligencia de señales que utiliza como vehículo aéreo el *Global Hawk* de Northrop Grumman y el TALARION, Programa que es continuación del estudio de reducción de riesgos soportado por Francia, España y Alemania que en su momento se denominó Advanced UAV.

Otras empresas que han destacado son EMT con los minis UAS LUNA, ALADIN y el VTOL *Fancopter* y *Rheinmetall* cuyo desarrollo más representativo han sido el UAS denominado KZO. Además, existen empresas menores especializadas en micro UAV eléctricos y quad rotor como Mavionics, una empresa *spin-off* resultante del Instituto de Sistemas Aeroespaciales de la Universidad de Braunschweig con la serie *Carolo* como desarrollo más destacado, *AirRobot* con el quadrotor AR-100 y también *Ascending Technologies*.

Otro país europeo donde los UAS han tenido especial relevancia es Italia. En Italia son dos las empresas que más se han destacado en el desarrollo de UAS: Selex Galileo y Alenia Aeronáutica, ambas del grupo Finmeccanica.

Selex Galileo probablemente evolucionó desde sus desarrollos de aviones blanco hacia el dominio de los UAS y ha desarrollado como producto más relevante el *Falco*, un UAV táctico de unos 420 kilogramos de MTOW

alrededor del cual construye su estrategia de desarrollo en este segmento y el VTOL ASIO, un mini UAS de seis kilogramos de MTOW.

Alenia Aeronautica, la parte del grupo Finmeccanica tradicionalmente encargada del desarrollo de plataformas aéreas, ha desarrollado los demostradores *Sky-Y* y *Sky-X*. Fruto de su experiencia con este último, también interviene en el Programa europeo nEUROn.

Suecia es un país europeo con tradición aeronáutica relevante y también allí hay varias empresas dedicadas a los UAS. Las más relevantes son Saab que además de participar en programas europeos relacionados con UAS como el nEUROn tiene como desarrollo propio el VTOL Skeldar y CybAero, la cual es conocida también en el campo de los VTOL por el VTOL APID 60, plataforma que otros fabricantes han elegido como base de sus propios desarrollos.

Podríamos seguir enumerando otros países europeos donde hay actividad en el campo de los UAS, de hecho, en casi todos los países de Europa hay alguna universidad o PYMES que ha realizado experiencias con UAS, sobre todo en el segmento de los mini UAS. Destacaremos brevemente el caso de Schiebel en Austria con su VTOL Camcopter, el caso de RUAG en Suiza que participa en el Programa nEUROn y tiene como productos propios (pero basados en el *Scout* de IAI) el UAS *Ranger* y *Super Ranger*.

La situación en España

La situación española no es ajena a la situación europea y hasta el momento se ha centrado principalmente en el sector de defensa. No obstante, también se han realizado en el ámbito civil algunos desarrollos de tipo experimental y tecnológico dentro del segmento de los pequeños UAS de menos de 150 kilogramos de masa operativa.

A pesar del apoyo institucional al sector mediante el lanzamiento de programas de una relevancia notoria dentro del ámbito nacional como el ATLANTE, del cual hablaremos posteriormente, existe una falta de inversión, muy probablemente motivada por la crisis económica actual, en más programas que consolidaran la presencia de productos nacionales en los mercados internacionales. Es de destacar que aunque la potencialidad de usos en donde aplicar los UAS es muy grande, el mercado español es muy escaso por lo cual las industrias españolas están abocadas a exportar bien

tecnología o bien productos para obtener bien beneficios económicos, o en su defecto, al menos el retorno de las inversiones realizadas.

Lógicamente, la industria nacional es reticente a invertir por sí sola en un campo donde la realización de un caso de negocio no está clara debido a los temas regulatorios, a la estrechez del mercado desde el punto de vista de posibles ventas de productos y a otros no menos importantes ya mencionados en otros capítulos de este Documento. Aunque existen experiencias positivas en PYMES en el diseño de pequeños UAS, el gran paso a dar por parte de estas empresas es la puesta en producción de esos UAS y su venta masiva. Este paso todavía no se ha producido. En general se han vendido pequeñas series de estos diseños bien debido a la ausencia de regulación o bien porque el propio mercado no está lo suficientemente maduro como para recoger su aceptación quedando la utilización de muchos de ellos confinada a la experimentación dentro del mundo académico o de prospección tecnológica.

También se observa en España una gran dispersión de sistemas y empresas con muy poco volumen de negocio que realizan pequeños UAS los cuales sirven (aparentemente) para la misma función lo cual puede crear confusión en el potencial usuario de estos sistemas. Lógicamente, en un mercado competitivo y por explotar, todas tienen derecho a competir y mostrar las diferencias de sus soluciones frente a las de sus competidores.

Muy probablemente, cuando ya exista una legislación en materia de certificación y aeronavegabilidad que obligue a todas las empresas a cumplir con una serie de estándares y normativa, se dará el caso de que muchas de ellas desaparecerán bien por disolución bien por absorción de otras más grandes. Al fin y al cabo podemos decir que existe una concurrencia excesiva en las capacidades de las empresas españolas, es decir, muchas de ellas hacen cosas muy parecidas. En ese escenario, sólo sobrevivirán aquellas que aporten algo realmente único o innovador.

Por otra parte también se observa en general escasa actividad española en grupos de trabajo internacionales, sobre todo en los de inserción de los UAS en el espacio aéreo europeo. De estos grupos emanará la futura legislación que habrá que trasponer en un futuro al caso particular español y aunque es una actividad sin aparente retorno, debería incrementarse la participación para mejorar la capacidad de influencia y obtener información de primera mano sobre dichos temas.

En otro contexto económico, la industria española en su conjunto sería capaz de afrontar por sí misma el desarrollo de UAS más allá de las

características de UAS táctico como el ATLANTE el cual ayudara a la industria española en general a dar el salto de calidad que les permitiera liderar programas europeos de MALE y HALE. No obstante, es un hecho que aunque algunas empresas españolas son muy activas en la participación de programas europeos, su capacidad de liderazgo es bastante reducida en comparación con las empresas de los países de nuestro entorno. A pesar de ello, nuestra industria cuenta con participación significativa en muchos de los programas europeos de MALE como veremos a continuación.

En primer lugar, si tuviéramos que definir al organismo u empresa pionera en la historia reciente de los UAS en España tendríamos que asumir que es el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Su trabajo comienza a principios de los años noventa con un Programa de I+D realizado por denominado Sistema Integral de Vigilancia Aérea (SIVA). El SIVA es un Sistema de unos 300 kilogramos de MTOW con una envergadura de 5,81 metros y una longitud de 4,02 metros el cual está actualmente en servicio con el Ejército de Tierra español en el mando de Artillería de Campaña. Los trabajos del INTA no se han detenido en el SIVA sino que han continuado con el Avizor (en realidad una plataforma SIVA con nuevos sistemas), el ALO un avión más pequeño que el SIVA de unos 50 kilogramos de MTOW y el *Milano*. Este último, actualmente en desarrollo, es un Sistema MALE de 900 kilogramos de peso donde confluye toda la experiencia acumulada en el INTA no sólo en el desarrollo de UAS sino en la operación de un segmento en particular de aeronaves no tripuladas como son los aviones blanco, operación que en algunos aspectos como el lanzamiento o la recuperación es muy similar a los de los UAS.

Además, el INTA ha puesto en marcha, con la financiación parcial del CDTI, el Programa Plataforma Ligera Aérea de Tecnologías Innovadoras (PLATINO) que recoge, a su vez diversos proyectos, entre los cuales, el básico se denomina Helicóptero Adaptativo a Avión (HADA), un UAS de aterrizaje y despegue vertical (VTOL)²³ que se transforma en avión de ala fija. Este VTOL convertible tiene un MTOW de 380 kilogramos con una longitud de alrededor de nueve metros y una envergadura de seis metros.

Dentro de este Programa se han establecido unos proyectos complementarios como el Sistema Avanzado de Aterrizaje Automático (SATA), Comunicaciones Ópticas a Bordo (COBOR), el Radar de Apertura Sinté-

²³ *Vertical Take-Off and Landing.*

tica en miniatura (MINISARA) y el Sistema Automático de Navegación Aérea Segura (SANAS).

Por otra parte, y ya hablando de los programas más relevantes liderados por la industria española, tenemos al PASI y al ATLANTE.

El Programa Plataforma Autónoma Sensorizada de Inteligencia (PASI) nació en abril de 2007 cuando Indra y EADS-CASA (la entidad legal que representa a Cassidian en España) fueron seleccionadas por el Ministerio de Defensa de España para el suministro al Ejército de Tierra de un sistema para el apoyo a las tropas desplegadas en Afganistán. El sistema, basado en el Searcher MK III de la empresa israelí IAI, está operando actualmente en el teatro de operaciones mencionado y está compuesto por cuatro vehículos aéreos dotados de una cámara EO/IR con telémetro láser y un segmento de tierra integrado en las redes de mando y control del Ejército de Tierra además sistemas de video remoto y de los correspondientes sistemas de planificación de previa a la misión y análisis posterior a la misma. En el año 2010 el Ejército de Tierra adquirió un sistema adicional para enseñanza, dotado con dos aeronaves y una estación de tierra que será entregado antes de final del año 2011. Este Sistema está pasando por un proceso de Certificación de Aeronavegabilidad con el INTA para hacer posible su operación en España para enseñanza.

Indra y EADS-CASA, como UTE²⁴, proporcionaron los elementos de apoyo logístico requeridos, las instalaciones de mantenimiento así como equipos completos de simulación e instrucción. La UTE, que además contó con la colaboración de la empresa española ARIES Ingeniería y Sistemas, se ocupa además de la formación de los operadores del Ejército de Tierra y de proporcionar soporte para mantenimiento y operación en Afganistán. Este Sistema ha sido modificado posteriormente por INDRA incorporándole nueva funcionalidad como es el caso del IFF²⁵.

El proyecto Pelicano, liderado por Indra y cofinanciado con el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo a través de ENISA, empezó en septiembre de 2009. Es un proyecto de I+D con el objetivo de contar con un UAV de ala rotatoria con despegue y aterrizaje vertical automático (VTOL) para el año 2012 pensando en su operación desde buques militares.

Indra ha seleccionado la plataforma VTOL UAV APID60 de la compañía sueca CYBAERO como base para desarrollar su sistema adaptándolo

²⁴ Unión Temporal de Empresas.

²⁵ Transpondedor Amigo-Enemigo.

para el uso a bordo de diferentes tipos de buques así como para su uso en entornos terrestres.

El PELICANO, el cual ya ha realizado sus primeros vuelos en España, incorporará una aviónica completamente renovada desarrollada por Indra, al igual que la estación de tierra, el sistema de aterrizaje en buque, la carga útil giroestabilizada y el IFF.

Indra ha desarrollado también como productos propios los minis UAS *Mantis* y *Albhatros* habiéndose presentado a varias ofertas y concursos con dichos sistemas. El *Mantis* es un mini UAS eléctrico, con carga útil EO giroestabilizada (día y noche), con un MTOW de 5,2 kilogramos, con una envergadura de 2,1 metros y una autonomía de 120 minutos. El *Albhatros* es un mini UAS de 96 kilogramos de MTOW con una envergadura de casi seis metros y una autonomía máxima de 15 horas.

En el año 2006, EADS-CASA²⁶ junto con el CDTI²⁷ presentaron a la industria aeronáutica española el proyecto Avión Táctico de Largo Alcance no Tripulado Español (ATLANTE), que ha sido diseñado desde el origen para tener tanto usos militares como civiles, siendo el primer desarrollo industrial de UAV de tipo medio totalmente español y cuyo mayor reto y característica es el estar diseñado desde la concepción del Sistema teniendo como objetivo la certificación del mismo para poder operar en espacio aéreo segregado. Esto significa que el ATLANTE podrá operar en espacio aéreo restringido sobre áreas habitadas con baja densidad de población, lo que le convertirá en el único sistema táctico con ese nivel de certificación, dotándolo de gran flexibilidad de operación.

El lanzamiento del Programa, contando con la financiación del CDTI, se realizó en noviembre del 2008 y está catalogado como un programa esencial para el desarrollo del sector de UAS en España. El ATLANTE está siendo desarrollado en la actualidad por Cassidian en España y en él participan en calidad de socios a riesgo: Indra, que aporta las comunicaciones *data link*, la electroóptica (EO-IR), el IFF, el Terminal de Video y el Sistema de Localización Aérea y Terrestre; GMV, que aporta el sistema de control de vuelo tanto *hardware* como *software* y ARIES Ingeniería y Sistemas, que se encarga del sistema de lanzamiento por catapulta.

²⁶ EADS-CASA es la entidad jurídica que agrupa a Airbus Militar y a Cassidian en España mientras que Cassidian es la unidad de negocio de Defensa y Seguridad del Grupo EADS.

²⁷ Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial.

ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS UAS

El ATLANTE cuenta con un radio de acción de 250 kilómetros en LOS²⁸ desde el punto de vista radioeléctrico más otros 150 adicionales en configuración de relé; una altitud de vuelo de hasta 20.000 pies y una autonomía superior a las 10 horas de vuelo. Puede transportar hasta 60 kilogramos de carga de pago, sin incluir en éstos el combustible y realizar operaciones de despegue y aterrizaje sin necesidad de pista, mediante una catapulta, si bien podrá operar también desde pistas no preparadas.

EL PRIMER VUELO ESTÁ PREVISTO EN EL AÑO 2011

En el año 2007, la DGAM²⁹ del Ministerio de Defensa español autorizó la participación de España en el Programa de EADS, *Advanced-Vehículo Aéreo Avanzado no Tripulado (UAV)* financiando la fase de reducción de riesgos de este Programa. Esta fase fue financiada conjuntamente por sus homólogos de Francia y Alemania y terminó en el año 2009 pero ha sido continuada por EADS mediante el Programa TALARION.

El TALARION es un UAS estratégico-operacional bimotor de tipo MALE de casi 28 metros de envergadura especializado en misiones de inteligencia, reconocimiento, vigilancia y adquisición de objetivos tanto sobre tierra como sobre el mar. Para ello cuenta, como sensores fundamentales, de un radar y un electro-óptico ambos de altas prestaciones. Este Programa representa el gran reto de la industria europea en el campo de los UAS que permitirá su consolidación a la vez que su independencia tecnológica y así lo han reconocido las naciones participantes con el apoyo prestado al proyecto.

Se preveía, cuando el Programa era llamado *Advanced-UAV*, que la participación española fuera la más alta de todos los programas de colaboración internacional hasta la fecha en programas aeronáuticos de UAS. Como parte fundamental del TALARION, en el estudio de reducción de riesgos se contemplaba no sólo el desarrollo de un vehículo aéreo de altas prestaciones sino también el desarrollo de sensores europeos, como el EO-IR el radar SAR-MTI de última generación que estaría realizado por Indra, THALES y EADS-DE (hoy en día, Cassidian) y el cual supondría por su parte un elemento diferenciador con respecto a los sistemas existentes a día de hoy.

²⁸ *Line of Sight*.

²⁹ Dirección General de Armamento y Material.

Como en el caso del ATLANTE, también estaba prevista una participación importante de la industria nacional en el programa pero la crisis actual ha ralentizado el Programa. El testigo del Programa ha sido recogido por la división de defensa y seguridad del grupo EADS, denominada Cassidian, que está trabajando a su propio coste en el diseño y desarrollo del Sistema.

Aunque el Programa prosigue a un ritmo más lento que si las naciones se hubieran comprometido, mediante fondos, a su desarrollo, este Programa tiene ahora un calendario de desarrollo propio industrial soportado por Cassidian estando previsto la creación de un denominado «bloque 0» cuyas capacidades de misión serían demostradas a lo largo del año 2015.

El *Barracuda* es un demostrador de UAS desarrollado por la unidad de aviones militares de EADS (ahora CASSIDIAN) con participación de España y Alemania. Tiene una envergadura de 7.22 metros un peso máximo al despegue de 3.250 kilogramos y una velocidad máxima de *mach* 0,85.

La participación española supuso un 12% del total del programa y se concentró en el diseño y fabricación del ala, la estación de tierra y el sistema de comunicaciones.

El *Barracuda* realizó su primer vuelo en abril de 2006, habiendo completado diversas campañas de vuelos en los años 2009 y en 2010 estando prevista una nueva campaña en el 2012.

El nEUROn es un demostrador europeo de tipo UCAV³⁰, capaz de volar a *mach* 0,8 con un peso máximo de 6.000 kilogramos y una envergadura de 12,5 metros.

El Programa, lanzado bajo la iniciativa de Francia en colaboración con: España, Grecia, Italia, Suecia y Suiza, tiene a Dassault como contratista principal. La participación española, que supone el 6% del total, se realiza a través de la división de defensa y seguridad de EADS, Cassidian, la cual es responsable del diseño y fabricación del ala, la estación de tierra y la integración del sistema de comunicaciones (*data link*).

EL PRIMER VUELO ESTÁ PREVISTO EN EL AÑO 2012

El FUAS (*Future Unmanned Aerial System*) es un vehículo aéreo no tripulado de ala rotatoria (VTOL) que despegaría y aterrizaría de forma totalmente automática. Inicialmente, este Programa estaba únicamente enfocado al entorno marítimo y de hecho fue impulsado por las Marinas de

³⁰ *Unmanned Combat Air Vehicle*.

diversos países, pero a finales del año 2008 se convirtió también en un programa de entorno terrestre, surgiendo la posibilidad de tener un programa con versiones de UAS VTOL distintas dependiendo del entorno en el que se operara utilizando distintos Sistemas ATOL, bien diseñado para apuntar en un barco o para aterrizar en tierra.

España se encuentra dentro de este Programa, que se encuentra en fase de preparación y en el que también participan: Francia, Alemania, Portugal, Polonia, Finlandia y Suecia. Está previsto que el FUAS esté dotado de medios electro-ópticos (día y noche), radar con apertura sintética (SAR) y ESM siendo su principal misión detectar e identificar objetivos en tiempo real, pudiendo realizar otras misiones como designación de blancos, relé de comunicaciones, EW, operaciones de interdicción, detección de minas, apoyo en operaciones anfibas etc.

Este es un buen ejemplo de cómo la crisis económica ha influido en el desarrollo de los UAS. La EDA envió una RFI³¹, en realidad varias, una por cada subsistema de sensores más el ATOL y otra por el vehículo aéreo a la que contestaron varias industrias nacionales y europeas. Sin embargo, aunque no se ha abandonado el proyecto, hasta la fecha tampoco se ha lanzado una competición abierta bien para una fase de estudio de reducción de riesgos, una adquisición o algo similar.

El proyecto ATLANTIDA liderado por Boeing Research and Technology Europe (BRTE) en España y financiado por el CDTI está dedicado al desarrollo de métodos y tecnologías para la automatización del tráfico aéreo contemplando la experimentación mediante una flota de UAS. Los objetivos fundamentales de ATLANTIDA son: desarrollar una aproximación científico-técnica rigurosa para la introducción de un alto grado de automatización en el sistema ATM³², investigar su comportamiento en condiciones de laboratorio con ayuda de aeronaves no tripuladas y analizar la extrapolación de la aproximación desarrollada al contexto ATM real.

El proyecto tiene el respaldo de un consorcio promovido por entidades líderes del sector aeroespacial en España y en el mundo (Boeing Research and Technology Europe, Indra, GMV, ISDEFE, INSA, Integrasys, Iberia, Aerovisión, Aertec y Aernnova entre otros) y participan un total de 18 empresas, incluyendo varias PYMES que destacan por su capacidad innovadora y 15 organismos públicos y privados de investigación (entre universi-

³¹ *Request for Information.*

³² *Air Traffic Management.*

dades, asociaciones, fundaciones y centros tecnológicos) representando en conjunto a siete comunidades autónomas españolas.

El proyecto SINTONÍA, liderado por BRTE en España, y financiado por el CDTI como proyecto de cooperación público-privada en I+D fue aprobado en la quinta convocatoria del Programa de Consorcios Estratégicos Nacionales en Investigación Técnica (CENIT-E).

El proyecto Sistemas no Tripulados Orientados al Nulo Impacto Ambiental (SINTONÍA) tiene como principal objetivo la investigación científica para adquisición de nuevos conocimientos y el desarrollo de tecnologías habilitadoras clave que permitirán reducir el impacto medioambiental y aumentar la eficiencia de las aeronaves no tripuladas mediante la introducción de mejoras radicales en todo su ciclo de vida.

El proyecto SINTONÍA supone un reto científico-técnico de gran complejidad que requiere la movilización de grandes recursos interdisciplinarios, industriales y científicos. Promovido y liderado por BRTE, cuenta con la participación de entidades líderes del sector aeroespacial (Indra, AMPER, SENER, AERNNOVA, CESA, ARIES COMPLEX, INSA, INTEGRASYS, AERTEC y APPLUS, entre otras). Dicho consorcio está integrado por un total de 23 empresas, incluyendo 13 PYMES que destacan por su capacidad innovadora, y por 25 organismos de investigación públicos y privados, con presencia en ocho comunidades autónomas españolas.

Como hemos visto por los proyectos mencionado son dos las industrias más importantes dentro del área de los UAS en España, CASSIDIAN (la línea de negocio de defensa y seguridad de EADS bajo cuya responsabilidad recae el desarrollo de UAS) e Indra. Mientras Cassidian recoge la experiencia y capacidad nacional para el desarrollo de plataformas aeronáuticas fruto de su pertenencia a EADS-CASA, Indra no sólo es el líder indiscutible español en el suministro de equipos y sistemas sino una de las pocas empresas españolas con capacidad para desarrollar e integrar sistemas completos.

Otras empresas españolas que gozan de cierta relevancia como desarrolladores de sistemas para UAS son GMV, Aries Ingeniería y Sistemas, TCP Sistemas e Ingeniería, SENER e ISDEFE.

GMV, además de desarrollar el sistema de navegación el cual incluye la capacidad de ATOL dentro del Programa ATLANTE, goza de experiencia en ese campo así como en el de los sistemas de planeamiento de misión

y entrenamiento. Participa además en el Programa ATLÁNTIDA desarrollando sistemas de navegación.

Aires Ingeniería y Sistemas, por su parte, goza de un cierto reconocimiento en el diseño, desarrollo y suministro de lanzadores aéreos de UAS. Comenzó colaborando con el INTA en esta área en el Programa SIVA y es en este dominio de los lanzadores, la razón por la cual es el socio de riesgo del Programa ATLANTE. Ha trabajado en el Programa PASI, ha diseñado una instalación de motores a reacción para UAS para el INTA y está trabajando en sistemas de «ver y evitar» para UAS tácticos.

TCP Sistemas e Ingeniería es una empresa muy activa en el campo de la Ingeniería del *software* aplicado a los sistemas aeronáuticos la cual mantiene un laboratorio propio de UAS cuyo principal objetivo es desarrollar sistemas de control de vuelo avanzados, monitorización y técnicas de prueba para soluciones de UAS. Ha realizado proyectos en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid y es uno de los principales actores en el Programa ATLÁNTIDA mencionado anteriormente.

SENER ha participado fundamentalmente en programas de I+D de la Unión Europea dentro de consorcios internacionales como el proyecto MAVDEM (*Mini Aerial Vehicle DEMonstrator*) y en actividades del programa BSUAV que trata de la utilización de UAS en el dominio del control de fronteras.

ISDEFE por su parte participa en el ámbito de los UAS tanto en proyectos españoles, como el caso del ATLÁNTIDA mencionado anteriormente, como en europeos como el SOFÍA o el INOIU. El SOFÍA consiste en el desarrollo de una función de reconfiguración en vuelo para aeronaves tripuladas y el INOIU trata de la integración de UAS en espacio aéreo no segregado. ISDEFE apoya además al Ministerio de Defensa y del Interior españoles en la compra, despliegue y operaciones de UAS.

Empresas menores en tamaño pero no en innovación y con cierto éxito comercial dentro del escaso mercado de los UAS es el caso de Aerovisión, UAV *Navigation*, Alpha Unmanned System, Elimco, FlighTech y USOL.

Aerovisión cuenta con el sistema de mini UAS Fulmar. El Fulmar es un sistema de unos 20 kilogramos de MTOW, una envergadura de unos 3 metros y una autonomía de ocho horas concebido principalmente para su operación en el mar que se lanza mediante una catapulta y se recupera con una red, aunque inicialmente se desarrolló una versión terrestre

UAV *Navigation*, la cual desarrolla y comercializa autopilotos para UAS y de la cual el AP04 es su producto estrella, es la casa matriz de Alpha Unmanned System. Esta empresa cuenta en el mercado con un sistema de

ala fija, el mini UAS *Atlantic* y dos minis VTOL, los *Comando* y *Sniper*. El *Atlantic* es un mini UAS de 30 kilogramos de MTOW una envergadura de 3,8 metros y una longitud de 2,8 metros con una autonomía de unas ocho horas. El comando es un VTOL eléctrico de ocho kilogramos de MTOW con una autonomía máxima de una hora mientras que el *Sniper* tiene 14 kilogramos de MTOW con una autonomía de tres horas. Elimco por su parte ha desarrollado el mini UAV Scan y el X-*Vision* con 50 kilogramos de MTOW, envergadura de 3,6 metros y autonomía de tres horas.

Flihtech ha desarrollado el UAV ALTEA, de unos 75 kilogramos de MTOW, con una autonomía de cuatro horas. Diseñado para misiones de vigilancia contra incendios, ha sido el primer UAV en recibir un Certificado de Aeronavegabilidad Experimental Especial de AESA en el año 2010, para poder realizar sus vuelos de prueba.

La compañía USOL, nacida a partir de un grupo de profesores de la ETSI Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid ha desarrollado varios UAV con MTOW comprendidos entre los 40 y los 100 kilogramos y autonomía de vuelo superior a las seis horas. Algunos de estos UAV han sido vendidos a centros de investigación públicos y privados.

Es también de justicia mencionar el incremento de actividades relacionadas con los UAS en las universidades y centros de investigación españoles. Así, a los grupos de las Universidades Politécnica de Madrid y Cataluña y la Universidad de Sevilla, que han mantenido una destacada actividad en UAS en el último decenio desarrollando sus propios prototipos, cabe añadir el comienzo reciente de actividades en otras universidades, especialmente en grupos relacionados con las tecnologías de la información y las comunicaciones.

En los últimos años también se han iniciado proyectos sobre UAS en los centros tecnológicos del sector ligados en mayor o menor medida a las respectivas universidades, tales como el Centro de Tecnologías Aeronáuticas (CTA) del País Vasco, el Centro de Tecnologías Aeroespaciales (CTAE) de Cataluña o el Centro Avanzado de Tecnologías Aeroespaciales (CATEC) de Sevilla.

Conclusiones

La situación de los UAS ya sea en el mundo, en Europa o en España está lógicamente influenciada por los factores socioeconómicos y políticos del respectivo entorno.

Existe una primacía de soluciones norteamericanas e israelíes en el mercado de los UAS cuya distancia con respecto a Europa está aún por salvar tanto en el campo de las plataformas como en el de los sensores específicos para Sistemas UAS. Esta primacía que en un principio estuvo ocasionada por su uso dentro del teatro de operaciones militares prosigue hasta nuestros días.

Estos Sistemas fueron diseñados para el mercado de defensa los cuales no contaban con requerimientos de certificación y seguridad para ser utilizados fuera de esos entornos. Los UAS actuales fuera de esos entornos de operaciones no vuelan de una manera regular sino que lo hacen con permisos *ad hoc*, de forma experimental y caso por caso hasta que se solucionen temas fundamentalmente regulatorios para poder operar en cualquier escenario, ya sea civil o militar.

Existen multitud de fabricantes de UAS tanto en Europa como fuera de ella. La realidad es que el éxito comercial se reduce a empresas muy concretas de Estados Unidos e Israel. Para el resto de las industrias, el éxito comercial debe decirse que es bastante limitado. La razón fundamental es que, hasta el momento la aplicación de los sistemas ha sido militar y la primacía militar norteamericana trae como consecuencia que sean también los mayores usuarios de UAS. El caso israelí es bastante similar.

Existen barreras regulatorias y técnicas aún por solucionar por lo que en Europa existen iniciativas para lanzar soluciones en el campo de los MALE y también programas tecnológicos impulsados bien por la EDA bien por la Comisión Europea con el fin de solucionar dichos aspectos regulatorios y técnicos que permitan la explosión de la utilización de los UAS en Europa en ámbitos diferentes al uso en teatros de operaciones militares.

La industria española es tan activa como la europea en la creación de Sistemas de UAS y en la participación en programas multinacionales. Esta participación está en consonancia con el tamaño de nuestra economía y con los problemas económicos derivados de la crisis económica actual.

Contamos con los mismos problemas técnicos y regulatorios que en Europa para que nuestros productos se materialicen en el mercado. El mercado español es estrecho y existen solapes de actividades entre las empresas pero se espera un fuerte crecimiento en el futuro próximo cuando las soluciones a estos frenos, los cuales impiden el uso regular de los UAS en espacio aéreo segregado como en no segregado, se vayan implementando.

ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS UAS

Bibliografía

Perfiles IDS: *Sistemas Aéreos no Tripulados*, noviembre de 2009.

Study Analysing the current activities in the field of UAV, *European Commission Enterprise and Industry Directorate General*, ENTR/2007/065

Sistemas de Vehículos Aéreos no Tripulados (UAS), Visión Estratégica Española, *Plataforma Aeroespacial Española*.

UAS *Unmanned Aircraft Systems*, The Global Perspective, *UVS International*, 2010-2011. 8th Edition.

CARLOS MESURO ALONSO
EADS-CASA (CASSIDIAN)
Oficina Gestión de Programas de UAS

CONCLUSIONES

Los UAS (*Unmanned Air System*) presentan numerosas *ventajas* tanto desde el punto de vista *político* como *operativo*. Políticamente se reduce el riesgo a niveles aceptables pues se proyecta poder sin proyectar vulnerabilidad. Operativamente, la integración de vehículos tripulados y no tripulados incrementará las capacidades militares conjuntas. Irán sustituyendo progresivamente a los vehículos tripulados no sólo en misiones de vigilancia y reconocimiento, sino también en las de combate, tanto de ataque al suelo como aire-aire. Representan, por tanto, no sólo el inminente futuro, sino una realidad del presente cuya relevancia irá creciendo de manera exponencial.

Las *misiones* a realizar no se limitarán al campo de la *Defensa*, sino que presentan un amplio abanico de posibilidades en el campo *Civil*. Una vez que se resuelvan las cuestiones relativas a su certificación e integración en el espacio aéreo no segregado, nada podrá parar su crecimiento.

Dependiendo de la misión a realizar, se ha de dotar a los sistemas de determinadas capacidades. En muchos casos, ello exigirá el desarrollo de nuevas y revolucionarias tecnologías a proporcionar por el sector industrial.

Se debería favorecer, por razones puramente estratégicas, la industria del sector a nivel europeo. Sin programas de cooperación europeos no habrá industria de defensa en Europa y sin una industria de defensa europea independiente no habrá defensa de Europa. Es decir, se debe resistir la tendencia refleja de favorecer programas nacionales de adquisición de capacidades según el concepto de retorno industrial con la excusa de reducir tiempos y costes. Ha de establecerse una adecuada base industrial y tecnológica a nivel de industria de defensa europea. Esta estrategia a nivel europeo no tendría que ser necesariamente incompatible con un aceptable grado de autonomía nacional.

CONCLUSIONES

Por otro lado, la industria ha sufrido la falta de investigación, desarrollo e innovación en un contexto en el que los potenciales usuarios quieren algo ya probado y operativo. Debemos por tanto mirar lo que significan los programas, ya no sólo por su valor operativo presente, sino por lo que representan como paso necesario para el futuro de la industria aeronáutica europea. Se ha de trabajar conjuntamente con Industria para proporcionar soluciones tecnológicas asegurando el interés estratégico.

Ausencia de un coherente ATM, legislación para aeronavegabilidad, certificación y reglas del aire. Se han de desarrollar legislaciones nacionales consensuadas y acordadas dentro del marco de los países europeos que permita el reconocimiento mutuo de los distintos certificados y licencias, al mismo tiempo que proporciona a la industria unos estándares de referencia. Esto debiera facilitar la cooperación internacional entre autoridades, operaciones multinacionales y la transferencia de sistemas y operadores de un país a otro.

La armonización no debiera terminar en Europa, sino que se tendría que seguir progresando, en lo que a requisitos se refiere, de las distintas organizaciones reguladoras no europeas, como por ejemplo la Administración Federal de Aviación. En cualquier caso, las reglas aplicables a la certificación militar están mucho más definidas. Ya se han abierto las fases iniciales de procesos de certificación de UAS militares aplicando el STANAG 4671.

Basado en el STANAG 4670 *Recommended Guidance for the Training of Designated Unmanned Aircraft Systems Operators (DUO)* la Dirección de Enseñanza del Ejército del Aire ha comenzado a desarrollar los Planes de Estudio encaminados a la obtención de las titulaciones y licencias. La Orden Ministerial, relativa a la titulación que acredite la aptitud aeronáutica del personal militar del Ministerio de Defensa responsable de operar estos sistemas de armas, se encuentra ya confeccionada y está siguiendo los trámites necesarios para su publicación.

Es de esperar que en España, al igual que en la práctica totalidad de países con una industria aeronáutica apreciable, aumente cada vez más la necesidad de realizar ensayos y vuelos de prueba y desarrollo de UAS de diseño nacional con vistas, en muchos casos, a la obtención de certificados de tipo. Dadas las buenas condiciones climatológicas y de espacio aéreo, también es previsible que exista una demanda para ensayar en España UAS de diseño extranjero.

CONCLUSIONES

En misiones puras de combate, se han de establecer unas claras reglas de enganche que conjuguen, junto a los aspectos puramente operativos, consideraciones de tipo político y ético, en aquellos casos en los que la progresiva automatización lo haga factible.

FÉLIX FERNÁNDEZ MERINO
EADS-CASA (CASSIDIAN)
Jefe Programa TALARION

COMPOSICIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

Presidente: D. FÉLIX FERNÁNDEZ MERINO

EADS-CASA (CASSIDIAN) Jefe Programa TALARION.

Coordinador: D. GABRIEL FLORES ESCUDERO

Comandante de Infantería (DEM).

Vocales: D. JOSÉ RAMÓN SALAS TRIGUERO

*Dirección General de Armamento y Material
(Subdirección de Tecnologías y Centros).*

D. JUAN DOMÍNGUEZ PÉREZ

Comandante del Ejército del Aire.

D. PABLO GONZÁLEZ SÁNCHEZ-CANTALEJO

*Director Sistemas no Tripulados.
Unmanned Systems INDRA.*

D. CARLOS MESURO ALONSO

*EADS-CASA (CASSIDIAN)
Oficina Gestión de Programas de UAS.*

Las ideas contenidas en este trabajo son de responsabilidad de sus autores, sin que refleje, necesariamente el pensamiento del CESEDEN, que patrocina su publicación

DOCUMENTOS DE SEGURIDAD Y DEFENSA*

1. Visión española del África Subsahariana: seguridad y defensa
2. Futuro de Kosovo. Implicaciones para España
3. Actuación de las Fuerzas Armadas en la consolidación de la paz
4. El futuro de la OTAN después de Riga
5. La cooperación militar española con Guinea Ecuatorial
6. El control de los flujos migratorios hacia España: situación actual y propuestas de actuación
7. Posible evolución de Afganistán. Papel de la OTAN
8. Modelo español de Seguridad y Defensa
9. Posibles escenarios de los *battlegroups* de la Unión Europea
10. Evolución geopolítica del norte de África: implicaciones para España
11. La aportación de las Fuerzas Armadas a la economía nacional
12. Reflexiones sobre la evolución del conflicto en Irlanda del Norte
13. Fuerzas Armadas y medio ambiente
14. La configuración de las Fuerzas Armadas como entidad única en el nuevo entorno de seguridad y defensa
15. Seguridad y defensa en Iberoamérica: posibilidades actuales para la cooperación
16. España y el conflicto del Líbano
17. La aproximación estratégica a la Europa del Este
18. La crisis energética y su repercusión en la economía. Seguridad y defensa nacional
19. Seguridad y estabilidad en la cuenca mediterránea

* Las monografías están disponible en las bibliotecas especializadas y en el Centro de Documentación del Ministerio de Defensa.

20. La intervención de las Fuerzas Armadas en el apoyo a catástrofes
21. Medidas de confianza en el campo de la seguridad en el área euromediterránea
22. Las Fuerzas Armadas y la legislación tributaria
23. Dimensión ético-moral de los cuadros de mando de los Ejércitos
24. La iniciativa norteamericana de misiles y su repercusión en la seguridad internacional
25. Hacia una estrategia de seguridad nacional para España
26. Cambio climático y su repercusión en la economía, la seguridad y la defensa
27. Respuestas al reto de la proliferación
28. La seguridad frente a artefactos explosivos
29. La creación de UNASUR en el marco de la seguridad y la defensa
30. El laberinto paquistaní
31. Las nuevas tecnologías en la seguridad transfronteriza
32. La industria española de defensa en el ámbito de la cooperación internacional
33. El futuro de las fuerzas multinacionales europeas en el marco de la nueva política de seguridad y defensa
34. Perspectivas del personal militar profesional. Ingreso, carrera y sistema de responsabilidades
35. Irán como pivote geopolítico
36. La tercera revolución energética y su repercusión en la seguridad y defensa
37. De las operaciones conjuntas a las operaciones integradas. Un nuevo desafío para las Fuerzas Armadas
38. El liderazgo motor del cambio
39. El futuro de las relaciones OTAN-Rusia
40. Brasil, India, Rusia y China (BRIC): una realidad geopolítica singular
41. Tecnologías del espacio aplicadas a la industria y servicios de la defensa

- 42.** La cooperación estructurada permanente en el marco de la Unión Europea
- 43.** Los intereses geopolíticos de España: panorama de riesgos y amenazas
- 44.** Adaptación de la fuerza conjunta a la guerra asimétrica
- 45.** Posible evolución del escenario AN-PAK ante las nuevas estrategias
- 46.** Relaciones OTAN-Unión Europea a la vista del nuevo Concepto Estratégico de la Alianza