

*Juan Camilo Correa Rubio*

*Teniente del Cuerpo General del Ejército del Aire (CGEA)*

*Jefe de la Sección de Sistemas (de la Compañía de Transmisiones) de la Guardia Real  
Cuartel «El Rey». Guardia Real. El Pardo (Madrid)*

*Correo: jccorrearubio@gmail.com*

## **Análisis prospectivo de las implicaciones del uso de sistemas aéreos autónomos en misiones de interceptación de defensa aérea en la USAF. Horizonte 2035**

*Prospective analysis of the implications of using autonomous aerial systems in USAF Air Defense Interception Missions. From 2019 to 2035*

### **Resumen**

La robotización del campo de batalla ha dejado de ser un concepto de ciencia ficción. Pruebas exitosas con sistemas de armas autónomos dan paso a una nueva revolución en asuntos militares, encuadrada en la incipiente era de la robótica y la nano-tecnología. Mediante la técnica de construcción y análisis de escenarios, se estudian cuatro escenarios y sus implicaciones en misiones de interceptación de defensa aérea, en el espacio aéreo doméstico estadounidense. Fijado como horizonte el año 2035, el concepto estrella dentro de los UAS autónomos para este estudio es el de *loyal wingman*.

### Palabras claves

UAS autónomo, USAF, defensa aérea, NORAD, FAA, interceptación, *Loyal wingman*.

### Abstract

*Robotization of the battlefield is no longer a science fiction concept. Successful tests with autonomous weapon systems, give way to a new Revolution in Military Affairs, which is located in the incipient era of robotics and nano-technology. Through the construction and analysis of scenarios technique, four scenarios and their implications are studied, in air defense interception missions in US domestic airspace. Set as the horizon fiscal year 2035, the key concept within the autonomous UAS for this study is that of the loyal wingman.*

**Keywords:** *Autonomous UAS, USAF, Air defense, NORAD, FAA, Interception, Loyal wingman.*

### Citar este artículo:

CORREA RUBIO, J. C. «Análisis prospectivo de las implicaciones del uso de sistemas aéreos autónomos en misiones de interceptación de defensa aérea en la USAF. Horizonte 2035». *Revista del Instituto Español de Estudios Estratégicos* número 15. 2020, pp. 107-136.

## Introducción

En este análisis de investigación, se evalúa mediante la construcción y análisis de escenarios la posible progresiva implementación de sistemas de armas aéreas autónomos –por tanto dotados de inteligencia artificial (AI)–, en la United States Air Force (USAF). Estos escenarios presentan como horizonte el año 2035, y se han acotado a misiones de interceptación de defensa aérea (AD). Fijado el propósito, en primer lugar se explicará por qué la humanidad se encuentra frente a una revolución militar (MR), se tratará el estado actual de las aeronaves autónomas no tripuladas, y se rastrearán las publicaciones de otros autores con respecto a esa temática. En segundo lugar, se explicará la metodología que envuelve la construcción y análisis de escenarios, pasando posteriormente a aplicar dicha metodología para el propósito de este estudio. Finalmente se determinará cuál de los escenarios planteados es el más plausible.

Con un presente en el que los *Remotely Piloted Aircrafts* (RPA) son cada vez más protagonistas de determinadas operaciones aéreas militares, y que en el ámbito civil se están popularizando –tanto para uso recreativo particular, como para actividades empresariales–, la humanidad ha dado un paso más allá. Se trata de una nueva realidad en la que pruebas satisfactorias de prototipos de *Unmanned Aircrafts* (UAS) autónomos pueden conllevar que estos pasen a operar conjuntamente con plataformas aéreas tripuladas y RPA. En el contexto de la USAF, esto se puede materializar en una de las misiones más importantes –si no la más– de la Fuerza Aérea de una nación: la defensa aérea de su territorio, sus áreas críticas y sus ciudadanos.

Al igual que con los RPA, la incorporación de los UAS autónomos militares exigirá deconflitar y flexibilizar el uso del espacio aéreo estadounidense, mediante la coordinación civil-militar, y el empleo efectivo de soluciones técnicas<sup>1</sup>. Tratándose por tanto de un proceso de innovación, puede tener su origen tanto en autoridades políticas, como propiamente militares; pues, en contra de lo que ciertos colectivos puedan pensar, las Fuerzas Armadas de un Estado, lejos de constituirse como un grupo aislado y ajeno a su entorno, interacciona y se interrelaciona con este. En consecuencia, las influencias pueden tener distintos orígenes como la sociedad, las coyunturas políticas, económicas y culturales, las instituciones estatales, y por tanto, también el ámbito internacional<sup>2</sup>.

## Los UAS como catalizadores de una RMA

Entre los avances tecnológicos más fascinantes de los últimos lustros, se encuentra claramente la robótica: ciencia y tecnología presente en múltiples ámbitos de la socie-

1 CHEATER, Julian C. *Accelerating the kill chain via future Unmanned Aircraft*. Air War College, 2007.

2 JORDÁN, Javier. «Un modelo explicativo de los procesos de cambio en las organizaciones militares. La respuesta de Estados Unidos después del 11-S como caso de estudio». *Revista de Ciencia Política*, núm. 1. 2017, pp. 203-226.

dad, y cuya investigación avanza continuamente, tanto para aplicaciones civiles como militares. Las primeras pruebas satisfactorias de UAS autónomos representan un hito, que, conjuntamente con otros sistemas de armas autónomos militares, están empezando a revolucionar el carácter de la guerra. Sin embargo, dicho hito no depende en exclusiva de los avances tecnológicos hasta la fecha, sino que es función también de otras variables, que en su conjunto están permitiendo que la humanidad sea testigo de una nueva era.

Hablar de «revolucionar» o de una «era» va más allá del mero empleo de esos términos, y llevan asociados conceptos teóricos importantes. Autores como Murray, han identificado MR en el último medio milenio, siendo estos amplios periodos de tiempo caracterizados por factores sociales, económicos y políticos que condicionan el carácter general de la guerra, y que tienen su origen y fin en puntos de inflexión<sup>3</sup>. No obstante, de los distintos autores que han escrito sobre las revoluciones, son de especial interés los *Toffler*<sup>4</sup>, pues identifican tres grandes olas –como ellos nombran a las eras o revoluciones– que son el origen de una cuarta ola. Estos autores sostienen que las dos primeras olas pertenecen al pasado, y que la actualidad se corresponde con la tercera, la de la «sociedad post-industrial». En dicha ola, las comunicaciones, los sistemas informáticos, la globalización, los sistemas de monitorización y rastreo, etc. son claves para el desarrollo empresarial y militar<sup>5</sup>. No obstante, es la cuarta ola, que los *Toffler* identifican con una incipiente era de la robótica y la nano-tecnología independiente de la tercera ola<sup>6</sup>, la más relevante para este trabajo y la que ya está empezando a provocar profundos cambios como los que se tratan en este análisis de investigación.

Con respecto a los cambios en el ámbito militar, no solo son el resultado directo de los avances tecnológicos, sino, sobre todo, de procesos de innovación aplicados sistemáticamente en todas las áreas funcionales y capacidades militares. En un sentido amplio, la innovación militar puede ser doctrinal, tecnológica, u organizativa, o una combinación de estas. Si dicha innovación implica un cambio profundo en alguno de esos tres aspectos, un cambio revolucionario –que, además, normalmente conducirá a transformaciones de alguno de los otros dos aspectos de la terna–, ello generará una revolución en asuntos militares (RMA). Asociado a lo anterior, una MR comprenderá

---

3 BAQUÉS, Josep. «Revoluciones militares y revoluciones en los asuntos militares». En JORDÁN, Javier (coord.). *Manual de estudios estratégicos y seguridad internacional*. Madrid: Plaza y Valdés 2013, pp. 119-127.

4 Alvin Toffler fue un futurólogo y sociólogo conocido por obras como *Future Shock*, *The Third Wave* o *Power shift: Knowledge, Wealth, and Violence at the Edge of the 21st Century*. Junto con su mujer, Heidi Toffler, también desarrolló obras de tendencia futurista, destacando *War and Anti-War: Survival at the Dawn of the Twenty First-Century*, y *Creating a New Civilization: The Politics of the Third Wave*.

5 BALOCH, Qadar B.; KAREEM, Nasir. Revisión de «The Third Wave», por Alvin TOFFLER. *The Journal of Managerial Sciences*, núm. 2. 2007, pp. 115-143.

6 BAQUÉS, Josep. «Revoluciones militares y revoluciones en los asuntos militares». En JORDÁN, Javier (coord.). *Manual de estudios estratégicos y seguridad internacional*. Madrid: Plaza y Valdés 2013, pp. 126-127.

normalmente una serie de RMA<sup>7</sup>. Según esto, se puede calificar a los UAS autónomos como una RMA dentro de la MR que se desarrolla a caballo de la cuarta ola de los *Toffler*. Este hecho implicará, consecuentemente –si los procesos de investigación y experimentación culminan con éxito–, amplias transformaciones en la doctrina, organización y medios de las operaciones aéreas militares futuras.

### Aeronaves autónomas no tripuladas

Una vez más, EE. UU. se sitúa a la vanguardia de la innovación militar, habiendo logrado resultados satisfactorios, en pruebas de prototipos de sistemas de armas aéreos autónomos y no tripulados. Este hecho constituye, como se indica en el apartado anterior, una auténtica RMA que se suma al esfuerzo de adaptación, integración y operación normalizada de los cada vez más utilizados RPA. Por tanto, es conveniente que las autoridades civiles y militares empiecen a planificar la implementación, uso y regulaciones a medio plazo, e incluso a corto, de los UAS autónomos. Además, para el objeto de este estudio también se ha de tener presente que, para efectuar una misión de AD, un determinado tipo de aeronave se ha de encontrar capacitado para, llegado el caso, realizar un combate aéreo y ganarlo.

Si se pretende que un UAS autónomo sea capaz de batir a otra aeronave, en primer lugar la AI que lo dota ha de mostrar tal habilidad. La Universidad de Cincinnati, desarrolló una AI denominada ALPHA, basada en sistemas genético-difusos, capaz de vencer a un piloto experto retirado de la USAF, cumplimentando así el primer requisito del sistema, y siendo, cómo no, un enorme paso en este campo. Así mismo, ALPHA fue ideada para implementarla en *Unmanned Combat Aerial Vehicles* (UCAV) con propósitos de investigación<sup>8</sup>, constituyendo ello otro indicador de la viabilidad de esta nueva realidad. Sin embargo, ya una década antes, la tesis del capitán Nidal de la USAF, trataba extensamente el desarrollo de UAS autónomos mediante el diseño, modelado y pruebas de vuelo en simulación utilizando diversas herramientas matemáticas y de ingeniería<sup>9</sup>.

No obstante, los pasos dados hasta la fecha van más allá de la tesis anterior y de ALPHA, existiendo ya prototipos de UAS autónomos. De especial relevancia es PERDIX, el sistema del *U.S. Department of Defense*, consistente en un enjambre de micro-UAS que comparten una AI. Lanzados desde una cápsula de un F-18 de la *U.S. Navy* –103 drones en el caso del ejemplo–, emprenden el vuelo coordinándose entre ellos y decidiendo en cada momento

---

7 BAQUÉS, Josep. «Revoluciones militares y revoluciones en los asuntos militares». En JORDÁN, Javier (coord.). *Manual de estudios estratégicos y seguridad internacional*. Madrid: Plaza y Valdés 2013, pp. 119-127.

8 REILLY, M. B. «Beyond video games: New artificial intelligence beats tactical experts in combat simulation». *University of Cincinnati Magazine*. 27/6/2016. Disponible en <https://magazine.uc.edu>.

9 NIDAL, Jodeh M. *Development of autonomous Unmanned Aerial Vehicle research platform: modeling, simulating and flight testing*. Tesis. Ohio: Air Force Institute of Technology 2006.

la mejor forma de ejecutar las misiones asignadas. Destaca en este sistema que sea un «organismo colectivo», y, además, de muy bajo coste comparado con otros sistemas de armas, pues los micro-UAS empleados se fabricaron a partir de impresión 3D<sup>10</sup>.

Ejemplos del interés que esta técnica de enjambres –*swarming* en inglés– suscitan en los investigadores son los estudios sobre algoritmos empleados para el autocontrol de dichos enjambres<sup>11</sup>, así como análisis en publicaciones civiles<sup>12</sup>, y militares<sup>13</sup> sobre los distintos modos de operación militar, capacidades y limitaciones, contramedidas, mando y control necesarios en estos sistemas y otros aspectos relacionados con su empleo.

Sin embargo, los enjambres de micro-UAS autónomos no son los únicos protagonistas en esta RMA, puesto que se han logrado también avances significativos con plataformas aéreas considerablemente más grandes. En este sentido, resulta especialmente novedoso el éxito alcanzado en pruebas realizadas con F-16 autónomos. Este avión de caza y ataque, el más fabricado y adquirido de la historia, ha logrado ser «robotizado», operando conjuntamente con aviones de combate tripulados bajo el concepto de *loyal wingman*. Este concepto consiste en asociar a una aeronave tripulada (un F-35) un cierto número de aeronaves (F-16) autónomas. De esta manera, se establece un equipo en el que los UAS se supeditan al mando del piloto de la aeronave principal, pero desempeñando con autonomía las misiones asignadas, maniobrando, atacando, defendiéndose, y reuniéndose nuevamente con su líder de forma autónoma<sup>14</sup>. Hay que destacar también proyectos relacionados con el *Air-to-Air Refueling* (AAR) autónomo para plataformas no tripuladas<sup>15</sup>, así como indicar que el aspecto legal y ético de esta nueva realidad, ha sido también ampliamente tratado por autores como Gillespie & West<sup>16</sup> y Thurnher<sup>17</sup>, entre otros.

---

<sup>10</sup> UNITED STATES DEPARTMENT OF DEFENSE. Department of Defense announces successful micro-drone demonstration. Virginia: 2017. [Consultado el 27 de enero de 2019]. Disponible en <https://www.defense.gov/Newsroom/Releases/Release/Article/1044811/departement-of-defense-announces-successful-micro-drone-demonstration/>.

<sup>11</sup> FRANTZ, Natalie R. Swarm intelligence for autonomous UAV control. Tesis. California: Naval Postgraduate School 2005.

<sup>12</sup> SCHARRE, Paul. «Robotics on the battlefield part II. The coming swarm». Center for a new American security. 2014.

<sup>13</sup> UNITED STATES AIR FORCE. USAF RPA vector. Vision and enabling concepts 2013-2038. Washigton D.C.: 2014.

<sup>14</sup> LOCKHEED MARTI. «N. U.S. Air Force, Lockheed Martin demonstrate manned/ unmanned teaming. Maryland: 2017. [Consultado el 30 de enero de 2019]. Disponible en <https://news.lockheedmartin.com/2017-04-10-U-S-Air-Force-Lockheed-Martin-Demonstrate-Manned-Unmanned-Teaming>.

<sup>15</sup> BURNS, Brian S. Autonomous Unmanned Aerial Vehicle rendezvous for automated aerial refueling. Tesis. Ohio: Air Force Institute of Technology 2007.

<sup>16</sup> GILLESPIE, Tony; WEST, Robin. «Requirements for autonomous unmanned air systems set by legal issues». The International C2 Journal, núm. 2. 2010, pp. 1-30.

<sup>17</sup> THURNHER, Jeffrey S. No one at the controls: the legal implications of fully autonomous targeting. Rhode Island: Naval College of War 2012.

Sin ánimo de mostrar en detalle la temática y el alcance de las publicaciones relacionadas con UAS autónomos, tras consultar bases de datos académicas y fuentes abiertas, se observa que la mayoría de estas obras son ambiciosas y generalistas, pretendiendo algunas abarcar gran cantidad de aspectos sobre estos sistemas. Sin embargo, no entran en el detalle ni en la especificidad de los mismos con respecto a un tipo concreto de operación. Como trabajo con objetivos similares a los de este análisis de investigación, pero con mayor extensión debido a la condición de tesis del mismo, se encuentra la obra de Donald Brown, quien, mediante análisis y construcción de escenarios, estudia las implicaciones del uso de según qué tipos de UAS autónomos, en misiones SEAD (*Suppression of Enemy Air Defenses*)<sup>18</sup>.

### El modelo de *loyal wingman*

Como se ha visto en el apartado anterior, actualmente se encuentran –en fase de prototipo– dos modelos principales para el empleo de UAS autónomos de tecnología estadounidense: el *swarming* y el *loyal wingman*. Sin referirse a prototipos concretos, entre las publicaciones existentes ha cobrado fuerza principalmente el fenómeno del *swarming*. Esto se debe a lo novedoso tanto en cuanto a tecnología robótica, como a su semejanza con organismos biológicos y a la incipiente economía de escala en su desarrollo. Este es el caso de Work y Brimley<sup>19</sup>, o el de Scharre<sup>20</sup>, entre otros. Estos autores destacan aspectos ventajosos del empleo de enjambres de UAS autónomos como:

- *Mayor capacidad de supervivencia.* Al conformarse como un conjunto de micro-UAS con AI compartida, el derribo o cualquier funcionamiento inapropiado de una muestra del conjunto, implica que los restantes micro-UAS operativos, continúen con el cumplimiento de la misión.
- *Idoneidad para determinadas misiones.* Pueden actuar como relé de comunicaciones, desempeñar funciones logístico-militares, efectuar reconocimientos, vigilancias, inteligencia, *jamming*, y saturación del enemigo –esto último gracias a los múltiples cuerpos que conforman el enjambre–.
- *Reducido tamaño.* Dificultan la neutralización de cada micro-UAS, así como su detección, mediante, por ejemplo, un radar primario.

---

<sup>18</sup> BROWN, Donald. Bolts from Orion: Destroying mobile Surface-to-air Missile Systems with lethal autonomous aircraft. Alabama: Air Command and Staff College. Air University 2016.

<sup>19</sup> WORK, Robert O.; BRIMLEY Shawn. «Preparing for war in the Robotic Age». Center for a new American security. 2014.

<sup>20</sup> SCHARRE, Paul. «Robotics on the battlefield part II. The coming swarm». Center for a new American security. 2014.

Sin embargo, y a pesar de tales ventajas y características –ampliamente tratadas en los textos de referencia–, en este estudio se considera por diversos motivos que el *loyal wingman* debe ser el UAS autónomo estrella para misiones de interceptación en defensa aérea.

En primer lugar, se ha de tener muy presente el horizonte 2035 marcado. Esto implica que el marco temporal es de corto-medio plazo, en el que seguirán existiendo aeronaves convencionales y RPA. Por tanto no habrá en exclusiva UAS autónomos, que, se reitera, a día de hoy, en su estado más avanzado, son aún prototipos. Segundo, y relacionado con lo anterior, las posibles amenazas a las que se va a tener que hacer frente en ese horizonte se corresponden con plataformas de (relativa) envergadura. En consecuencia, ante la posibilidad de tener que neutralizarlas, se necesitan sistemas –bien (remotamente) tripulados, o bien UAS autónomos– semejantes en cuanto a velocidad, capacidad de maniobra y armamento. Tercero, la humanidad se encuentra en una transición necesaria, donde, aunque la nación que nos concierne esté a la cabeza tecnológica, pueden aparecer posibles amenazas aéreas provenientes de otros países. Muchos de ellos, en el mejor de los casos en el horizonte fijado, dispondrán a lo sumo de RPA –contando también por ejemplo con aviones de caza y ataque convencionales–. Cuarto, relacionado con la semejanza, se considera improbable un escenario como el que fija Manson<sup>21</sup>, quien concibe enjambres con micro-UAS dotados de muy altas velocidades, teóricamente capaces de batir aviones de caza convencionales y en general plataformas aéreas de envergadura. Incluso para EE. UU., y para este análisis de investigación, se estima que este escenario escapa al marco temporal establecido.

Es por todo ello, y como ya se adelantó en el apartado anterior, por lo que se construirán y analizarán escenarios teniendo como punto de partida el concepto de *loyal wingman*.

### La técnica de construcción y análisis de escenarios

Aunque no se pretende realizar una explicación en detalle sobre esta técnica ni sobre el análisis prospectivo en general, conviene comentar brevemente las implicaciones de la misma, y su uso en estudios relacionados con el ámbito militar.

En este contexto, como indica un estudio encargado por la USAF a la RAND Corporation a finales de los años 70, un «escenario» es la «descripción de las condiciones bajo las cuales se supone que actúa determinado sistema que está siendo analizado, diseñado u operado». En dicho estudio, se entiende por «sistema» no únicamente un sistema de armas concreto, sino también un conjunto de estos, la combinación de sistemas de armas con las instalaciones y la logística que los envuel-

---

21 MANSON, Katherine. «Robot soldiers, stealth-jets and drone armies: the future of war». *Financial Times*. 16/11/2018. Disponible en <https://www.ft.com>.



ve, e incluso una organización<sup>22</sup>. Para este estudio, el sistema a analizar será el *loyal wingman* operando en misiones de interceptación, en el *North American Aerospace Defense Command* (NORAD).

Para Brown, la construcción de los escenarios en los que analizar un sistema está relacionada con los cuatro niveles de toma de decisión que establece, siendo estos: (1) el de la dirección de operaciones; (2) el de la elección de alternativas tácticas, (3) el de ingeniería, diseño e investigación de sistemas, y finalmente (4) el de la determinación de políticas principales.

Así pues, para el propósito de este análisis de investigación se tendrán presentes, principalmente, los niveles uno, dos y cuatro. El nivel cuatro porque se va a analizar la operación del *loyal wingman* en el sistema de defensa aérea estadounidense, que compete al mando estratégico. El nivel dos porque se acota dicho análisis y la operación de ese sistema de armas a misiones de interceptación en espacio aéreo responsabilidad del NORAD –y no, por ejemplo, en una zona de conflicto en Oriente Próximo–, y porque, además, se entrará en una serie de consideraciones tácticas para ese tipo de misión que se explicarán más adelante. Y, por último, el nivel uno porque se quiere determinar si el binomio aeronave tripulada-*loyal wingman* constituye un modo de operación tanto eficiente como eficaz.

Como es de esperar, la construcción de escenarios implica tener siempre presentes los aspectos tecnológicos y económicos propios, pero también del enemigo si se diera el caso. Así mismo, las funciones e implicaciones políticas de la actuación del sistema deben tener un papel protagonista. Los aspectos políticos, en base a la propia construcción de escenarios, han de ser consistentes con el contexto político-militar planteado. Sin embargo, un escenario realista –que se deriva de dicha consistencia– no se debe confundir con una alta probabilidad de que este ocurra. La probabilidad puede ser baja, y aun así ser un escenario realista<sup>23</sup>.

Las ideas expuestas hasta ahora se pueden complementar con un estudio previo de la RAND Corporation. En él se establecen una serie de puntos generales a considerar a la hora de construir escenarios con fines de investigación relacionados con lo militar y la defensa<sup>24</sup>.

Junto con los conceptos desarrollados en los trabajos de Brown y DeWeerd, se considera también importante destacar el artículo «La técnica de construcción y análisis

---

22 BROWN, Sayom. «Scenarios in systems analysis». En QUADE E. S.; BOUCHER W. I. (coords.). *Systems analysis and policy planning: applications in defense*. Santa Monica, California: The RAND Corporation 1968, pp. 298-310.

23 BROWN, Sayom. «Scenarios in systems analysis». En QUADE, E. S.; BOUCHER, W. I. (coords.). *Systems analysis and policy planning: applications in defense*. Santa Monica, California: The RAND Corporation 1968, pp. 302-307.

24 DEWEERD, Harvey A. *Political-military scenarios*. Santa Monica, California: The RAND Corporation 1967.

de escenarios en los estudios de seguridad y defensa»<sup>25</sup>. Este artículo aporta una sistematización del análisis prospectivo, refundiendo y sintetizando los trabajos de diversos autores. Ofrece una explicación clara de dicha técnica, incluyendo los pasos a seguir para realizar un estudio prospectivo completo. Tales pasos se desarrollarán a continuación, aplicándolos directamente a la temática de este estudio.

### **Aplicación de la técnica al modelo de *loyal wingman***

Como requisito previo al establecimiento del conjunto final de escenarios, y el posterior análisis de las implicaciones de los mismos, se han de construir los escenarios iniciales. Para ello, mediante los cinco primeros pasos se debe delimitar e identificar una serie de elementos clave, que conformarán la base de apoyo para esta investigación. Un correcto análisis en estas primeras fases, posibilitará finalmente el aprendizaje a partir de los hipotéticos escenarios futuros planteados.

#### ***Paso 1. Delimitar los parámetros básicos del análisis***

Tal y como indica el título de este análisis de investigación, este se encuentra acotado geográfica y temporalmente, fijando además el objeto de estudio. El análisis se centra en el plausible empleo de UAS autónomos en misiones de interceptación de defensa aérea, en espacio aéreo estadounidense, siendo el límite temporal el año 2035.

#### ***Paso 2. Identificar las necesidades de investigación***

Como advierte Jordán, este es un proceso reiterativo que se encuentra a lo largo de la aplicación de la técnica. Mediante su ejecución, se conseguirá afinar la construcción de los escenarios y el posterior análisis de los mismos. Como punto de partida en la investigación, se fija la necesidad de plantear posibles escenarios y deducir en cada uno de ellos las consecuencias de integrar en la explotación y uso del espacio aéreo doméstico estadounidense a los UAS autónomos militares. En concreto, los que en el futuro puedan dedicarse a la defensa aérea junto con los RPA ya en uso, y, cómo no, las aeronaves convencionales. Como ya se indicó, este estudio surge de la necesidad de ir más allá de estudios generalistas con respecto a la robotización de las plataformas aéreas militares, aplicando enfoques más específicos y más centrados en un tipo de misión en concreto.

---

25 JORDÁN, Javier. «La técnica de construcción y análisis de escenarios en estudios de seguridad y defensa». Análisis GESI 24/2016. Grupo de Estudios en Seguridad Internacional 2016.

### Paso 3. Identificar los principales actores involucrados

En el presente estudio, solo se tendrán en cuenta tres actores: la USAF, el NORAD y la *Federal Aviation Administration* (FAA). Dicho esto, otra opción sería sumergirse en todo el entramado institucional estadounidense, donde ciertamente aparecerían otros actores. Uno de ellos podría ser el poder legislativo y los controles, comisiones, y regulaciones que apruebe y aplique sobre el empleo de UAS –incluyendo los autónomos–. Otro podría ser el poder judicial y las sentencias que adopte con respecto a denuncias de cualquier persona física o jurídica sobre esta materia. Cómo no, también cabría contemplar la opinión pública, la cual evoluciona continuamente. Sin embargo, en esta investigación se considera que los tres actores mencionados al principio son los más adecuados para los escenarios empleados, a causa de su estrecha relación con las operaciones aéreas civiles y militares, su margen de maniobra propio, y su categoría de instituciones norteamericanas.

- *The United States Air Force*. Siendo el *loyal wingman* el modelo estrella de UAS autónomo en este estudio, cobrará importancia la Fuerza Aérea de EE. UU., en lugar de la *U.S. Navy* y su modelo de *swarming*. Para evaluar la postura de la USAF con respecto al empleo de tales sistemas, serán cruciales los documentos estratégicos publicados por esta Fuerza Aérea. Estos presentan la visión y planes de futuro de una organización con autonomía dentro de sus competencias, pero que a su vez se encuadra en el *Department of Defense* (DOD).

En este contexto, no es suficiente con la aceptación e introducción de los UAS autónomos en las técnicas, tácticas y procedimientos (TTP) de la USAF. También se necesita la autorización de uso de tales plataformas en misiones militares en el espacio aéreo doméstico de EE. UU., lo cual corresponde a otros actores. Así pues, es lógico pensar también en la influencia que ejerce en este tipo de proyectos el beneplácito del *President of the United States* (PO-TUS), y las indicaciones que sus asesores en materia de defensa y seguridad nacional le transmitan. En particular, correspondería en este caso al *Secretary of Defense* defender, si así lo estimara, la continuación del proyecto dentro de los objetivos que fije para su Departamento<sup>26</sup>.

- *The North American Aerospace Defense Command (NORAD)*. La defensa aérea de una nación implica muchos más medios que una aeronave de combate. Por ello, resulta conveniente realizar también una explicación general del sistema de defensa aérea de EE. UU., los principales componentes que lo conforman, y la misión de cada uno. Se trata de una organización no exclusivamente estadounidense, pues comprende la acción y cooperación bilateral de EE. UU. y Canadá en cuanto a defensa aérea de Norteamérica

26 UNITED STATES DEPARTMENT OF DEFENSE. Meet the team. Virginia: 2019. [Consultado el 20 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.defense.gov/Our-Story/Meet-the-Team/>.

se refiere. Sus áreas de responsabilidad se dividen en tres zonas principales: la *Alaskan NORAD Region* (ANR), la *Canadian NORAD Region* (CANR) y la *Continental U.S. NORAD Region* (CONR). Aun siendo la ANR y la CONR espacio aéreo de soberanía estadounidense, a efectos de simplificar y ejemplificar se nombrará en adelante únicamente al EE. UU. continental (CONUS).

Validando las primeras líneas de este punto, además de los F-15, F-16 y F-22 empleados como aviones de caza y ataque —en alerta para la defensa de CONR—, el área cuenta con un sistema integrado de defensa aérea. Se compone también por tanto de sistemas de mando y control, radares de alerta temprana —y otros medios de detección—, diversos medios de telecomunicaciones, y sistemas de artillería antiárea pertenecientes al *U.S. Army*.

La misión del NORAD comprende la alerta y control del espacio aéreo, así como la alerta en cuanto a amenazas marítimas se refiere, aspecto que se omitirá. Dentro del primer cometido, las labores a realizar ininterrumpidamente son detección, identificación, validación y, si fuere necesario, alerta —tanto de aeronaves civiles y militares, como de vehículos aeroespaciales y misiles—<sup>27</sup>. Todo este conjunto de medios técnicos y humanos, incluyendo las actualmente tripuladas plataformas de caza y ataque, es el que ejecuta, en caso necesario, misiones de interceptación en defensa aérea.

- *The Federal Aviation Administration (FAA)*. La FAA es un organismo dependiente del *United States Department of Transportation* (U.S. DOT), cuya misión corporativa es proporcionar el sistema de gestión del espacio aéreo más eficiente y seguro del mundo. Mediante su brazo operacional, la FAA tiene como objetivo suministrar de forma segura y eficiente los servicios de navegación aérea en el espacio aéreo estadounidense, así como en las zonas de responsabilidad de dicha nación. Ello implica proporcionar tales servicios tanto a aeronaves comerciales como privadas, y también militares —si en su plan de vuelo están sometidos a las normas de aviación general—. A través de su Oficina de asuntos de industria y del gobierno, relacionado con este último aspecto, la FAA se asegura de que las acciones que desarrolla son acordes a las directrices marcadas por el DOT. Con respecto a los UAS, la FAA actualmente contempla cuatro bloques de operadores principales de los mismos: los de objetivo recreacional, los orientados a uso educativo, los pilotos certificados de RPA —incluyendo operadores comerciales—, y por último los relacionados con seguridad ciudadana y otros propósitos gubernamentales<sup>28</sup>. Al igual que con la USAF, y para el propósito de este estudio, se tomará como referencia su visión estratégica actual.

27 NORTH AMERICAN AEROSPACE DEFENSE COMMAND. About NORAD. Colorado: 2019. [Consultado el 21 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.norad.mil/About-NORAD/>.

28 UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Federal Aviation Administration. Washington D.C.: 2019. [Consultado el 23 de marzo de 2019]. Disponible en <https://>

### *Pasos 4, 5 y 6. Identificar las tendencias básicas y su impacto, identificar las incertidumbres clave y construir los escenarios iniciales*

Como explica Jordán<sup>29</sup>, frente a la opción de construir los escenarios iniciales a partir de una matriz basada en la combinación de tendencias básicas e incertidumbres clave (*drivers*), existe la posibilidad de realizarlo mediante dos ejes ortogonales. Para ello, se debe ser capaz de concentrar en los mismos los *drivers* principales, tener claro el objeto de estudio y establecer cuáles son los principales actores.

El objetivo de este estudio no es construir escenarios donde se analice la posible existencia de UAS autónomos de forma generalista, sino concentrarse en desarrollos de la USAF. Por tanto, son de interés para este análisis los UAS autónomos con propósito militar orientados a su empleo en misiones de AD. Centrarse en un tipo de misión concreto no implica necesariamente que la aeronave en cuestión tenga un diseño y fin exclusivo para ese tipo de misiones. Consecuentemente, puede ser multipropósito como la mayoría de aviones de caza y ataque hoy en día.

Así pues, será determinante para los escenarios saber si la USAF, tras los primeros éxitos iniciales de pruebas reales de sus prototipos, continúa con la mejora y perfeccionamiento de las capacidades de estos. En tal caso, apostará, por tanto, por la progresiva implementación de estos sistemas de armas en su orgánica operativa, para ir incluyéndolos de forma segura y controlada en distintos cometidos de la Fuerza Aérea.

Por otra parte, no se ha de considerar únicamente la mejora y mantenimiento en el tiempo de estos prototipos, sino también la gestión de su área de operación. Al tener presentes en este estudio solo las misiones de AD, el espacio aéreo en el que actuarán estos sistemas será el doméstico estadounidense. De esta manera, no es suficiente que la USAF cuente con ellos, sino que además el NORAD ha de admitirlos como uno más de los diversos medios de los que dispone para cumplir su misión. Por último, se ha de contar también con el conocimiento y aceptación de la FAA, como entidad estatal encargada por defecto de los asuntos de aviación civil en EE. UU.

A partir de tales consideraciones, se identifican dos *drivers* principales para constituir la base de los cuatro escenarios. Por un lado, la continuidad en la investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) de UAS autónomos de la USAF. Por otro, la coordinación y el nivel de entendimiento entre NORAD y FAA. En la figura 1, se representan ambos *drivers* y los cuatro escenarios resultantes. De esta forma, estableciendo mediante dos ejes ortogonales una relación entre los dos *drivers* más característicos de este estudio, se pueden describir los elementos fundamentales de cada uno de los cuatro escenarios iniciales, los cuales se desarrollarán en el siguiente apartado.

---

[www.faa.gov/](http://www.faa.gov/).

29 JORDÁN, Javier. «La técnica de construcción y análisis de escenarios en estudios de seguridad y defensa». Análisis GESI 24/2016. Grupo de Estudios en Seguridad Internacional, 2016.

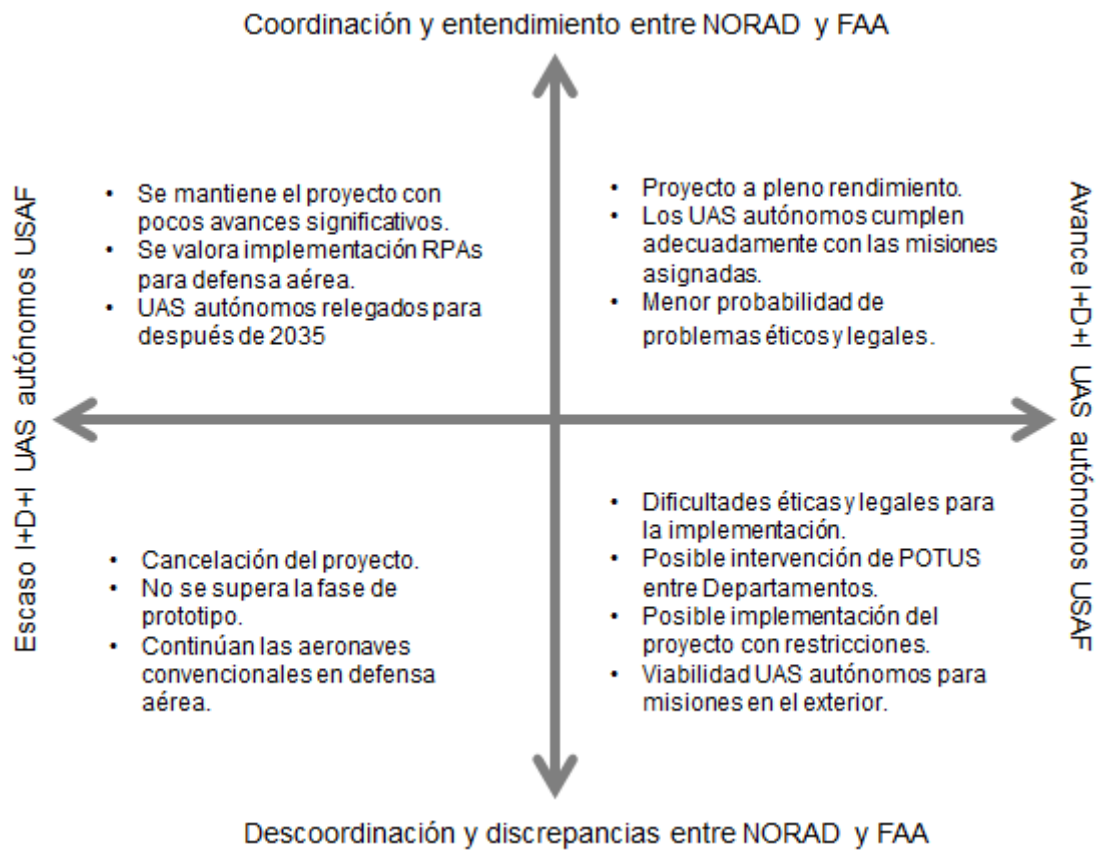


Figura 1. Encuadramiento de escenarios. Fuente: elaboración propia.

## Presentación de escenarios

### *Pasos 7 y 8. Comprobar la consistencia interna y la plausibilidad de los escenarios, y establecer el conjunto final de escenarios*

Previamente a mostrar una descripción completa de los cuatro escenarios, resulta conveniente aclarar, por su importancia, una serie de conceptos que hasta ahora han sido nombrados:

- *Defensa aérea.* Según el *Annex 3-01 Counterair Operations*<sup>30</sup>, las operaciones defensivas, así como las ofensivas orientadas a alcanzar y mantener el nivel de control deseado de determinado espacio aéreo, conforman la misión *counterair*. De esta manera, la AD –o su sinónimo *defensive counterair*– tiene como objetivo el de proteger las propias fuerzas y posiciones vitales y de interés, de cualquier ataque aéreo de origen enemigo. A su vez, se puede dividir la AD en dos bloques principales de acciones: el activo y el pasivo. El activo comprende las acciones defensivas que buscan «destruir, anular o reducir» la efectividad de ataques aéreos realizados mediante misiles y aeronaves –incluyendo UAS–. Por otra parte, el pasivo busca minimizar la mencionada efectividad

30 UNITED STATES AIR FORCE. *Annex 3-01. Counterair Operations*. Alabama: 2016.

enemiga mediante acciones englobadas en las siguientes categorías: detección y alerta; defensa nuclear, biológica, química y radiológica (NBQR); camuflaje, ocultación y decepción; protección física de instalaciones, reconstitución, dispersión, redundancia, movilidad, contramedidas infrarrojas y electrónicas, y, finalmente, tecnología *stealth*<sup>31</sup>.

Así mismo, es interesante resaltar que el control deseado del espacio aéreo se puede clasificar en los siguientes niveles: paridad aérea, superioridad aérea y supremacía aérea<sup>32</sup>. Si se pretende garantizar la defensa aérea en el espacio aéreo de soberanía estadounidense, es lógico pensar que no baste con la superioridad, sino con la supremacía aérea, y que además se practiquen, como medidas preventivas, las acciones recogidas en la defensa pasiva. Este último aspecto, que no excluye las misiones de defensa activa necesarias para preservar la supremacía aérea, dependerá principalmente del nivel de amenaza real y de la capacidad económica de la nación.

Aplicado directamente a la seguridad nacional estadounidense, mediante el *Anexo 3-27 Homeland Operations* de su doctrina, la USAF describe sus cometidos para proteger la «soberanía nacional, el territorio, la ciudadanía, y las infraestructuras críticas frente a amenazas o agresiones externas, u otras que determine POTUS». Aquí, las operaciones *counterair* juegan un papel importante, destacando la vigilancia, control, alerta y dirección de operaciones de defensa aérea –incluyendo las misiones de interceptación–. Por este motivo, la colaboración y coordinación entre los distintos mandos de la USAF y NORAD son fundamentales para garantizar la seguridad nacional. Esto se debe a que los medios y personal que la USAF aporta a NORAD, aun dependiendo orgánicamente de la Fuerza Aérea, tienen una dependencia funcional y están bajo control operacional de NORAD<sup>33</sup>.

- *Misión de interceptación*. Este tipo de misión se encuadra en la AD activa. Gracias a un sistema de mando y control ágil y robusto, y mediante la integración de sistemas de armas –principalmente, las aeronaves de combate y sistemas de sensores–, se logra detectar, fijar, perseguir, y determinar como objetivo una amenaza aérea, con el fin de destruir, anular o reducir su efectividad<sup>34</sup>.

Sin entrar en detalles sobre la complejidad del espacio aéreo estadounidense, las aeronaves que lo emplean, y las acciones a tomar por estas aeronaves

31 Aplicado a una aeronave, la tecnología *stealth* es aquella que busca hacerla invisible al radar. Para ello se emplean formas y materiales en la construcción de la aeronave, que mediante la absorción y la reflexión permitan tal fin.

32 UNITED STATES AIR FORCE. Annex 3-01. Counterair Operations. Alabama: 2016, pp. 2-24.

33 UNITED STATES AIR FORCE. Annex 3-27. Homeland Operations. Alabama: 2016.

34 UNITED STATES AIR FORCE. Annex 3-01. Counterair Operations. Alabama: 2016.

antes, durante y después del vuelo, a continuación se tratará de sintetizar la secuencia y acciones de una misión de interceptación.

Como se ha visto anteriormente, CONUS se encuentra continuamente vigilado por una variedad de sensores, destacando los radares primarios y secundarios que proporcionan de forma ininterrumpida información sobre la situación aérea general (*picture*). Para sobrevolar la *Air Defense Identification Zone* (ADIZ), que abarca una extensión mayor a la del propio espacio aéreo de soberanía estadounidense, las aeronaves tanto civiles como militares requieren de autorización, más aún si estas últimas provienen de otras naciones. Tales autorizaciones fijan una serie de limitaciones y procedimientos a cumplir por la aeronave autorizada, como puede ser la ruta a seguir, puntos de notificación obligatorios con control aéreo, o restricción –e incluso prohibición– de sobrevuelo por determinadas zonas y a determinadas altitudes. El incumplimiento de las limitaciones a las que debe someterse la aeronave, harán saltar –vía una secuencia de procedimientos– las alarmas y focalizarán el interés de control aéreo sobre dicha aeronave.

Bien por petición de los controladores aéreos de FAA, o bien por identificación directa de NORAD, este último organismo asumirá las acciones de detección, fijación y seguimiento de esa aeronave hasta efectuar más averiguaciones. Si los procedimientos y los mandos de NORAD así lo determinan, mediante un *scramble*<sup>35</sup> iniciarán una misión de interceptación contra dicha aeronave. En esa misión, gracias al control aéreo militar proporcionado por los controladores de interceptación (CI) de NORAD, la aeronave interceptadora –un avión de caza y ataque– será guiada por estos hasta la aeronave de interés. Una vez interceptada, evaluará visualmente si efectivamente es quien previamente por radio afirmó ser, si constituye una amenaza, o si se perciben actividades anómalas en el interior del avión. Por seguridad de la aeronave interceptadora –y teniendo presente que la aeronave de interés puede ser un avión militar no estadounidense–, si los medios, la disponibilidad y el personal lo permiten, se realizará la interceptación con un binomio de aeronaves. En esa acción, mientras una de ellas identifica y se acerca al avión de interés, la otra mantiene una posición atrasada con respecto a la posible amenaza, para, en caso extremo, poder neutralizarla. Si no existen motivos para alcanzar tal extremo, una vez realizada la interceptación, se la puede autorizar a continuar su ruta establecida, obligarla a tomar tierra en el aeródromo que determine NORAD, o escoltarla hasta el límite de ADIZ, entre otras acciones.

Aun tratándose de documentos escuetos, en la *Homeland Security Digital Library* se puede encontrar una explicación más detallada de las interceptaciones, dirigida a FAA y a los usuarios que dependen de su administración<sup>36</sup>.

35 Scramble es un término que en aviación militar implica el despegue de una aeronave militar en el menor tiempo posible.

36 NORTHAMERICAN AEROSPACE DEFENSE COMMAND. NORAD intercept procedures, Air Defense Identification Zone, & Temporary Flight Restrictions. Colorado: 2011. [Consultado el 3



- *Coordinación NORAD-FAA*. La coordinación entre aviación civil y militar es fundamental para la seguridad de ambos tipos de aeronaves, la deconflicción<sup>37</sup> del espacio aéreo, y la flexibilidad en el uso del mismo. Como documento principal de referencia, se encuentra el *Memorandum of understanding between NORAD and the FAA*<sup>38</sup>. En este, en base a los textos legales y normativos en los que se fundamentan ambas organizaciones, se presenta una serie de puntos generales, que tienen como propósito establecer acuerdos. No obstante, el fin último es que, sin perjudicar las responsabilidades propias de cada entidad, se garantice la defensa aérea en CONR y ANR. La coordinación, la comunicación bilateral, y el establecimiento de procedimientos y personal de enlace entre ambas entidades son imprescindibles. Con esto se posibilita el correcto desarrollo de los cometidos de cada organismo, fomentando y potenciando el intercambio de información de interés, y siendo conscientes de que son prioritarios los esfuerzos orientados a garantizar la seguridad nacional.

Entre los distintos tipos de incidentes que NORAD y FAA deben estar en disposición de afrontar, uno de los que más interés suscita entre la población es el secuestro de aeronaves y el desarrollo y desenlace del mismo. Fueron especialmente relevantes los secuestros de cuatro aeronaves comerciales con pasajeros durante los atentados del 11-S. La prevención y respuesta a este tipo de incidentes implica los esfuerzos conjuntos y coordinados de FAA y NORAD. En tal situación, la toma de decisiones ha de ser ágil, pero también debidamente transmitida a escalones superiores. En consecuencia, cada nivel regional debe afrontar correctamente –mediante los procedimientos establecidos– soluciones tácticas frente a la evolución de los acontecimientos. Esto conlleva mantener ininterrumpidamente la comunicación, tanto horizontal como vertical –incluyendo la civil-militar–, actuando coherentemente para lograr los objetivos estratégicos con respecto a ese incidente. Cualquier actuación de NORAD exige dicho nivel de coordinación, que, en caso de empleo de aeronaves militares interceptadoras, deberá ser máximo<sup>39</sup>.

Expuesto de forma muy simplificada, se puede decir que las limitaciones con respecto a normas de vuelo a cumplir por parte de una aeronave militar interceptadora en misión de defensa aérea, son mínimas en comparación con las normas de aviación

---

de abril de 2019]. Disponible en <https://www.hsdl.org/?abstract&did=748300>.

37 «Deconflicción» es un término utilizado en aviación, referido a aquellas acciones orientadas a disminuir el riesgo de colisión entre los usuarios en un determinado espacio aéreo, a partir de la coordinación del movimiento de las mismas. La acción es extensible a usuarios militares, incluyendo ello no únicamente a aeronaves, sino también por ejemplo a misiles, o fuego de artillería. En el contexto de este análisis de investigación, el fin es el de evitar conflictos y situaciones peligrosas entre aeronaves civiles y militares, sin perjuicio de la operación de las mismas.

38 NORTH AMERICAN AEROSPACE DEFENSE COMMAND. *Memorandum of understanding between NORAD and the FAA*. Colorado: 1987.

39 RUTGERS UNIVERSITY. *Law Review. The FAA and NORAD*. Nueva Jersey: 2011. [Consultado el 2 de abril de 2019]. Disponible en <http://www.rutgerslawreview.com/2011/1-the-faa-and-norad/>.

general. El avión interceptador tendrá prioridad en el uso del espacio aéreo para llevar a cabo con éxito su misión. No obstante, se resalta que debe existir una coordinación continua entre el control aéreo civil y el militar. Siendo los principales usuarios las aerolíneas comerciales y sus pasajeros, es fundamental que la normativa esté a su alcance, para su consulta y cumplimiento. Entre la normativa de aviación general, hay que destacar la sección de *Air Traffic Plans and Publications*<sup>40</sup> de FAA. Así mismo, como muestra de la coordinación civil-militar, destacar las hojas resumen de NORAD para aeronaves civiles que sean interceptadas<sup>41</sup>, o el documento anteriormente mencionado de NORAD en 2011<sup>42</sup>.

Una vez expuestos los aspectos más relevantes sobre defensa aérea, misión de interceptación y coordinación NORAD-FAA, a continuación se describirá cada escenario hipotético resultante del análisis. Los escenarios se encuentran ordenados de menor a mayor grado de implementación de UAS autónomos, para el tipo de misión que se ha establecido.

#### *Escenario 1: la quinta generación de caza y ataque.*

El primer escenario parte de la premisa principal de que existe una escasa inversión por parte de la USAF en proyectos de I+D+I relacionados con el diseño y empleo de UAS autónomos, y además existe descoordinación y tensiones entre NORAD y FAA. Se trata, por tanto, del peor escenario de los cuatro que se plantean sobre el futuro uso de estas plataformas autónomas en misiones de interceptación, y en general, en cualquier tipo de misión.

En este escenario, la USAF no encuentra ni la financiación ni el apoyo necesarios para iniciar o continuar estos proyectos. Pese a las exitosas pruebas iniciales, los proyectos se encuentran todavía en fase incipiente, pues los investigadores no consiguen que se les asigne una alta prioridad y, consecuentemente, los grandes recursos financieros que necesitan para continuar. Otros costosos programas, como el desarrollo del F-22, del F-35, y de distintos modelos de RPA, acaparan la atención de los mandos militares, que buscan formas de amortizar las respectivas inversiones ya realizadas.

Aunque la RMA derivada de los UAS autónomos, ha suscitado interés y entusiasmo, no se producen avances en el desarrollo de estos sistemas más allá de la fase de prototipo, por considerar que con los medios e inversiones actuales se pueden cumplir

---

40 FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. *Air Traffic Plans and Publications*. Washington D.C.: 2019. [Consultado el 6 de abril de 2019]. Disponible en [https://www.faa.gov/air\\_traffic/publications/#manuals](https://www.faa.gov/air_traffic/publications/#manuals).

41 NORTH AMERICAN AEROSPACE DEFENSE COMMAND. *Civil Aviation Resources*. Colorado: 2019. [Consultado el 21 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.norad.mil/General-Aviation/>.

42 NORTH AMERICAN AEROSPACE DEFENSE COMMAND. *NORAD intercept procedures, Air Defense Identification Zone, & Temporary Flight Restrictions*. Colorado: 2011. [Consultado el 3 de abril de 2019]. Disponible en <https://www.hsdl.org/?abstract&did=748300>.

con garantías los objetivos fijados hasta 2035. Consciente de su habitual posición de liderazgo tecnológico, la USAF considera poco probable que otra nación integre de forma operativa, en el plazo de dos décadas, tales sistemas de armas en sus fuerzas aéreas, otorgando todavía un menor grado de probabilidad a que pretendan utilizarlas contra EE. UU. Los éxitos logrados servirán de base para inversiones en el futuro, ya que el momento actual no es el adecuado para ello.

La decisión anterior se refuerza a causa de los roces y tensiones generados a raíz de la RMA entre NORAD y FAA. Esta última considera inadmisibles plantear a corto y medio plazo las operaciones de UAS autónomos en el espacio aéreo estadounidense, más aún si tales plataformas pretenden aproximarse a escasos metros de aeronaves comerciales llenas de pasajeros. Pese a que existen ya regulaciones para el empleo de RPA en el espacio aéreo de soberanía –como anteriormente se vio–, nunca se ha tratado el empleo de RPA para misiones de interceptación en la ADIZ. De esta manera, no habiéndose establecido ni tan siquiera pautas para ejecutar tal tipo de misión con RPA –en los que existe operación remota por parte de un piloto de la USAF–, carece de sentido plantear la realización de interceptaciones por plataformas autónomas. El traslado de la postura de FAA a la USAF por parte de NORAD, fortalece y alimenta la línea de pensamiento de que todavía la coyuntura no es la adecuada para avanzar más rápidamente en los proyectos de UAS autónomos. Por consiguiente, se descarta su uso, ya no solo en misiones de interceptación, sino también en otro tipo de operaciones. De esta forma, las aeronaves de combate tripuladas seguirán velando por la defensa aérea nacional, en continuo estado de alerta frente a cualquier objeto volador sospechoso.

#### *Escenario 2: entusiasmo contenido.*

El segundo escenario se genera a partir de la consideración de que, a pesar de que apenas hay avances en I+D+I por parte de la USAF con respecto al desarrollo de UAS autónomos, sí que hay sintonía y voluntad de diálogo en NORAD y FAA frente a esta nueva RMA. Aunque la USAF tenga otras prioridades en cuanto a fomento de proyectos e inyección de capital, es consciente de que el desarrollo y la aplicación de plataformas autónomas a misiones reales es una nueva carrera tecnológica-militar. Por tanto, es una nueva realidad que no se debe obviar, pues existe el riesgo de que naciones de intereses contrapuestos adquieran ventaja en su desarrollo y empleo.

De esta forma, los proyectos no quedan suspendidos, sino solo trasladados a un nivel no prioritario. Esto significa que, en la medida que los recursos lo permitan, se podrá avanzar en ellos. La buena predisposición frente a estas nuevas tecnologías por parte de FAA, posibilita la creación de mesas de trabajo NORAD-FAA, tanto a niveles tácticos como estratégicos. El objetivo es comenzar a diseñar la futura implementación de estos sistemas en misiones de interceptación, aunque admitiendo que será improbable hacerlo en las dos décadas siguientes.

Como paso intermedio, se valora comenzar con pruebas en espacio aéreo segregado, en el que se efectúen interceptaciones mediante RPA asociados a modo de escolta a

aviones de combate tripulados, estableciendo así un nivel previo de *loyal wingman*. De esta forma, mientras se realizan las pruebas, las aeronaves de alerta para defensa aérea continuarán siendo tripuladas. En el caso de que las pruebas reúnan las condiciones adecuadas de seguridad y fiabilidad, una interceptación la ejecutará el binomio avión de caza tripulado y su escolta RPA. El bagaje y experiencia que se recojan de tales interceptaciones, serán de gran ayuda para la futura implementación del *loyal wingman* a partir de UAS autónomos.

### *Escenario 3: discrepancias interdepartamentales.*

El tercer escenario se articula en base a que existen avances en I+D+I, pero, en contrapartida, no hay una adecuada coordinación y entendimiento entre NORAD y FAA. Consciente del hito alcanzado y de la carrera desencadenada entre grandes potencias, la USAF explota el éxito cosechado con el prototipo, dirigiendo más recursos y esfuerzos a alcanzar avances significativos. La meta es la integración de los UAS autónomos en sus sistemas de armas operativos. Tales intenciones son trasladadas a FAA por parte de NORAD, donde, sin embargo, aviación civil plantea las mismas reticencias que en el primer escenario, pese a los relevantes avances tecnológicos que la USAF logra a corto plazo.

Contrarios a realizar pruebas en espacio aéreo segregado, ni tan siquiera con RPA, para probar la viabilidad del uso de UAS autónomos en interceptaciones en la ADIZ, las negociaciones se estancan, complicando considerablemente los objetivos de la USAF. Frente a tal situación, POTUS se ve obligado a mediar entre departamentos, suspendiendo, como medida cautelar, el empleo más allá de pruebas de estos sistemas de armas. A ello se unen protestas de determinados colectivos y demandas en relación a la ética y legalidad del empleo de robots autónomos, especialmente en territorio nacional. La suspensión será aplicable hasta que informes detallados de operación de UAS autónomos en misiones en el extranjero permitan aportar datos fehacientes de que los sistemas son seguros. Si se demuestra que desempeñan ese tipo de misiones y otras de forma adecuada, POTUS podrá replantear su postura. Hasta entonces, las misiones de interceptación se desarrollarán como en el primer escenario.

### *Escenario 4: el binomio mixto.*

El cuarto escenario se alza como el idóneo para el *loyal wingman*, gracias a los avances en I+D+I alcanzados por la USAF, y también por la coordinación y entendimiento existentes entre NORAD y FAA. Este último hecho, por el cual se da prioridad y se establecen mesas de trabajo, acuerdos, procedimientos y regulaciones para la implementación de los UAS autónomos por parte del gobierno y sus instituciones, permite que la ciudadanía en general acepte la nueva realidad, fascinada a su vez por la misma. En este caso, las probabilidades de que determinados colectivos presenten y logren poner trabas al proyecto mediante planteamientos éticos y legales son sustancialmente menores.

La fuerte inversión tecnológica de la USAF materializa el binomio conformado por el avión de caza tripulado y el *loyal wingman*, para misiones de interceptación. Tal materialización posibilita, además, que aviones como el F-35 puedan llevar más de un escolta autónomo para misiones de mayor dificultad o que entrañen mayor riesgo. El concepto de *loyal wingman* no se asocia exclusivamente a un F-35, sino también a un F-22, o incluso a otro F-16 tripulado, entre otras plataformas. Las mismas consideraciones podrían aplicarse al propio UAS autónomo.

Como es de esperar, la integración de las plataformas autónomas en la USAF afecta a toda su estructura, aplicando sus ventajas a diversos tipos de misiones tanto en territorio nacional como en el extranjero. Con ello, por ejemplo, una aeronave logística en misión de transporte puede gozar también de escolta robotizada. La progresiva implementación y las múltiples experiencias obtenidas en las distintas misiones en las que se emplee uno o más *loyal wingman* asientan las bases para futuros proyectos. Hay que destacar la posibilidad de buscar la autonomía total del UAS autónomo, con las implicaciones tecnológicas y de seguridad que ello conllevará para garantizar el éxito de las misiones en las que participe.

## ***Paso 9. Analizar las implicaciones de cada escenario***

### *Implicaciones del escenario 1*

Con el F-22 y el F-35 –dos de las aeronaves pioneras de la quinta generación de aviones de caza y ataque– en pleno comienzo de vida operativa, y considerando la demandante inversión que la USAF ha tenido que hacer y que debe mantener, resulta poco probable que los mandos militares se aventuren a embarcarse en otro multimillonario proyecto orientado a I+D+I en UAS autónomos. El planteamiento no es tanto si estos novedosos sistemas de armas son viables en sí, sino, en primer lugar, la capacidad de amortizar las inversiones realizadas hasta la fecha, y, en segundo lugar, si la USAF, aun siendo exitosa la arriesgada inversión en el *loyal wingman*, podrá adquirir la cantidad adecuada de tales plataformas para que sea justificable el gasto<sup>43</sup>. Como indica Glade<sup>44</sup>, la automatización de aeronaves implica un incremento importante en relación al coste de los subsistemas de armas que las componen, lo que favorece a las plataformas tradicionales y en menor medida a los RPA.

En contrapartida, la propia presencia humana en las plataformas conlleva también mayores costes asociados a los sistemas de protección del piloto –aumentando además el peso de la aeronave– y condiciona las posibilidades de actuación de la misma por

---

43 BROWN, Donald. Bolts from Orion: Destroying mobile Surface-to-air Missile Systems with lethal autonomous aircraft. Alabama: Air Command and Staff College. Air University 2016, pp. 45.

44 GLADE, David. Unmanned Aerial Vehicles: implications for military operations. Alabama: Air War College 2000.

los límites de aceleraciones, fuerzas gravitatorias y el cansancio del piloto. Por ello, los UAS autónomos pueden representar una solución parcial al ingente esfuerzo monetario que exigen las modernas plataformas tripuladas actuales<sup>45</sup>.

La considerable inversión que también constituye la formación de pilotos militares, el retiro de muchos para la incorporación al mercado laboral tras cumplir con el mínimo de años de servicio, el gran número de bases aéreas que atender, y la disponibilidad de plataformas convencionales en las mismas, son algunos de los diversos factores que afectan a la operatividad de la USAF. Ello puede suponer que, en «tiempo de paz», determinadas misiones de interceptación no cumplan los mínimos idóneos de seguridad, debido a que la misión la desarrolle una sola aeronave tripulada —en vez de dos—, y escasamente armada. Normalmente, tal situación no acarreará mayores problemas, pero cuando la aeronave a interceptar ciertamente constituya una amenaza, un solo interceptador será más vulnerable al no gozar de un escolta que lo proteja mientras identifica a la plataforma sospechosa.

Por último, la percepción de superioridad militar de la USAF con el F-22 y el F-35, junto con la falta de voluntad para negociar por parte de FAA sobre la operación de los UAS autónomos en la ADIZ, puede resultar peligrosa, pues la ventaja de hoy quedará obsoleta en el mañana, si no se apuesta por la I+D+I y por el uso de las RMA.

### *Implicaciones del escenario 2*

Aunque los UAS autónomos no sean prioritarios en este escenario, las autoridades estadounidenses deben evitar caer en el conformismo y exceso de confianza del anterior análisis. Por una parte, los avances, aunque dilatados en el tiempo, deben ser de calidad y fiables, para evitar que, por ejemplo, una escasa seguridad en las telecomunicaciones y contramedidas electrónicas favoreciera la pérdida de control de los sistemas<sup>46</sup>. Por otra parte, hay que tener en cuenta la postura que adopten los potenciales adversarios sobre estos sistemas. La creciente preocupación por los posibles efectos de una carrera armamentística basada en AI<sup>47</sup> se aprecia, por ejemplo, en las demostraciones en usos civiles por parte de China. Estas denotan el gran potencial de esta nación para participar de lleno en dicha carrera<sup>48</sup>.

La buena predisposición NORAD-FAA resulta fundamental para lograr avances en relación a la integración de los UAS autónomos. Las mesas de trabajo, las medidas de

---

45 PIETRUCHA, Michael W. «The next lightweight fighter. Not your grandfather's combat aircraft». *Air & Space Power Journal*. 2013, p. 40.

46 WORK, Robert O.; BRIMLEY Shawn. «Preparing for war in the Robotic Age». *Center for a new American security* 2014, pp. 23.

47 VINCENT, James. «China is worried an AI arms race could lead to accidental war». *The Verge*. 06/02/2019. Disponible en <https://www.theverge.com>.

48 ROMANIUK, Scott N.; BURGERS, Tobias. «China's swarms of smart drones have enormous military potential». *The Diplomat*. 03/02/2018. Disponible en <https://thediplomat.com>.

coordinación, las concesiones, los acuerdos, la flexibilización del uso del espacio aéreo, y la generación de normativa, son, entre otras, condición necesaria pero no suficiente para esta empresa. A falta de una mayor definición, las pruebas y posterior operación de los RPA como *loyal wingman* claramente suponen un avance, además de una valiosa experiencia para la futura implementación plena del UAS autónomo.

No obstante, frente a las ventajas de los RPA con respecto a aeronaves convencionales –como pueden ser mayor autonomía, menor tamaño, menor detección por el enemigo, y capacidad de asumir mayores riesgos<sup>49</sup>– persiste el problema de personal. Esto es debido a que la interceptación, para que reúna las adecuadas condiciones de seguridad, seguirá requiriendo de dos pilotos –aunque uno opere remotamente–. Por otra parte, al UAS –sea RPA o autónomo– se le va a exigir que sus sensores, el procesado de información y la toma de decisiones tengan una fiabilidad acorde a la sensibilidad de la misión. Entre otras razones, debido a que su operación puede afectar a decenas de civiles. Por este motivo es preferible el autónomo, por el semi-control directo que tiene el avión tripulado sobre el autónomo, y por el mínimo retardo en las comunicaciones.

Por último, con el escaso I+D+I que caracteriza a este escenario, para que escalen puestos en el nivel de prioridades de la USAF, los UAS autónomos deben ser económicamente más rentables en comparación con las aeronaves tradicionales. Diseños de capacidades limitadas como los de Pietrucha<sup>50</sup> pueden cobrar fuerza. El tipo de aeronave que propone, refleja un concepto de *loyal wingman* viable a corto plazo, y capaz de participar en misiones con garantías de éxito. Esta aeronave acortaría los plazos de implementación de UAS autónomos, que podrían estar disponibles antes de 2035, e incluso emplearse directamente sin pasar por una fase intermedia de mayor protagonismo de los RPA.

### *Implicaciones del escenario 3*

En sus documentos estratégicos, la USAF contempla el desarrollo y empleo de UAS autónomos, mostrando, incluso, posibles escenarios muy concretos<sup>51</sup>. El objetivo es que estos sistemas sean altamente adaptables y flexibles, y que incrementen las capacidades en entornos con todo tipo de riesgos, a fin de gozar de una posición ventajosa frente a sus adversarios. En su visión, se espera que tales plataformas cumplan con todo tipo de misiones, como las de inteligencia, vigilancia y reconocimiento, las de SEAD, los ataques aire-suelo, la evacuación de heridos, o las logísticas, entre otras. A su vez, describen las necesidades técnicas, apoyos y expectativas hacia estos sistemas para el cumplimiento de tales misiones, bien ejecutándolas en exclusiva, o como com-

49 GLADE, David. *Unmanned Aerial Vehicles: implications for military operations*. Alabama: Air War College 2000, pp. 12-14.

50 PIETRUCHA, Michael W. «The next lightweight fighter. Not your grandfather's combat aircraft». *Air & Space Power Journal*. 2013, pp. 39-58.

51 UNITED STATES AIR FORCE. *Air Force future operating concept. A view of the Air Force in 2035*. Washington D.C.: 2015, p. 20.

ponentes de un equipo mayor. Para ello, contemplan, entre otros, los conceptos de *swarming* y *loyal wingman*<sup>52</sup>.

Sin embargo, la USAF es consciente de que no se pueden obviar los aspectos legales, éticos y doctrinales<sup>53</sup>. Reflejo de las distintas opiniones que se plantean en el tercer escenario, Guetlein<sup>54</sup> defiende que, incluso alcanzando un altísimo nivel de sofisticación en armas autónomas, siempre intervendrá el componente humano. Afirma que la escasa tolerancia de estos a las bajas propias y a los daños colaterales, pueden jugar a favor de la robotización. Además, defiende el desarrollo de planteamientos conceptuales y doctrinales, de pruebas en entornos controlados, y de TTP que den por sentado que tales sistemas se integrarán en operaciones militares reales. Sin embargo, condiciona la implementación de estos, principalmente, a la confianza que susciten en los comandantes militares.

Thurnher<sup>55</sup> efectúa un planteamiento centrado en la carrera armamentística. Dejando en un segundo plano la discusión legal, afirma que EE. UU. debe mantenerse en la vanguardia del desarrollo y uso de los sistemas de armas autónomos, pues si no, otras naciones tomarán el testigo. Por el contrario, Mousazadeh *et al.*<sup>56</sup> dotan de mayor importancia al marco legal, estimando poco probable que el empleo de UAS autónomos pase el filtro del derecho humanitario internacional. Por otra parte, de forma similar a Guetlein, Gillespie & West<sup>57</sup> sugieren que, con independencia del nivel de autonomía que alcancen los sistemas de armas, la autorización para efectuar un ataque debería surgir de una adecuada estructura jerarquizada de mando y control, determinando como necesaria la presencia de decisores humanos en los puntos críticos. Esta idea también la comparte la propia USAF, que concibe el empleo mixto de los sistemas de armas convencionales, los remotamente operados y los autónomos, reservando al personal militar la gestión de las tareas críticas<sup>58</sup>.

Debido a la gran variedad de misiones, los requisitos a cumplir por las plataformas autónomas variarán. La dificultad para conseguir que alcancen un gran nivel de eficacia y eficiencia para misiones específicas, hace mucho más complejo el desarrollo de plata-

---

52 UNITED STATES AIR FORCE. USAF RPA vector. Vision and enabling concepts 2013-2038. Washington D.C.: 2014.

53 UNITED STATES AIR FORCE. America's Air Force. A call to the future. Washington D.C.: 2014, pp. 19.

54 GUETLEIN, Mike. Lethal autonomous weapons. Ethical and doctrinal implications. Rhode Island: Naval War College 2005.

55 THURNHER, Jeffrey S. No one at the controls: the legal implications of fully autonomous targeting. Rhode Island: Naval College of War 2012.

56 MOUSAZADEH, Reza et al. «Analyzing the legal dimensions of Unmanned Combat Aerial Vehicle in the International Law». Journal of Politics and Law núm. 10. 2016, pp. I-II.

57 GILLESPIE, Tony; WEST, Robin. «Requirements for autonomous unmanned air systems set by legal issues». The International C2 Journal núm. 2. 2010, pp. 5-6.

58 UNITED STATES AIR FORCE. Air Force future operating concept. A view of the Air Force in 2035. Washington D.C.: 2015, p. 21.



formas multipropósito, si bien aquellas misiones de características similares podrán ser cumplidas por una misma plataforma. Para obtener la autorización presidencial de cara al empleo de UAS autónomos en misiones de interceptación en espacio aéreo estadounidense, serán determinantes unas estadísticas favorables sobre el empleo del *loyal wingman* en operaciones en el exterior. Por tanto, se requerirán niveles mínimos de fallo, así como el cumplimiento exitoso de funciones de escolta, tanto en interceptaciones, como en combates aire-aire, o en SEAD. Condicionando tal decisión, seguramente será clave la idea defendida por Cheater<sup>59</sup>, según el cual los algoritmos que conforman la AI de los UAS autónomos, deben estar diseñados de tal forma que el sistema actúe de una manera si se encuentra en un entorno doméstico civil, y de otra si se encuentra en combate. Dentro de tales estadísticas, deberán satisfacerse también los requerimientos de mando y control, para garantizar que las operaciones se atienen a la legalidad. La ausencia total de humanos en el proceso de toma de decisiones escapa al horizonte fijado.

#### *Implicaciones del escenario 4*

Que el cuarto escenario reúna las mejores condiciones para el desarrollo del proyecto no significa que no existan expectativas que los UAS autónomos deban cumplir. Unas estadísticas (parcialmente) ambiguas con respecto a la fiabilidad de los sistemas pueden desencadenar la desconfianza que se presentó en el tercer escenario. La integración de estos sistemas en la USAF –y por extensión en NORAD– modificará la doctrina y afectará a las operaciones<sup>60</sup>. Para el desarrollo de estas, se necesita que el sistema de armas autónomo –en este caso el *loyal wingman*– sea fiable. Así pues, deberá ser robusto frente al *hacking*, tener un funcionamiento seguro frente a ciberataques y guerra electrónica, y gozar de computación avanzada y de autonomía. Además, es determinante disponer de técnicas de AI capaces de actuar en función de reglas de enfrentamiento y otros factores discriminantes<sup>61</sup>. Relacionado con ello, sería también importante, que, al asociar un *loyal wingman* a un piloto de otra aeronave, la AI del UAS autónomo asociado, aprenda y conserve en su «conocimiento» las consideraciones tácticas y forma de proceder en las misiones que desarrolla el piloto, con el fin de optimizar la actuación del equipo. De esta manera, lo realmente importante es que la AI correspondiente a un determinado piloto sea cargada –como si de un *software* se tratara–, en la plataforma autónoma que le va a escoltar para una determinada misión<sup>62</sup>.

59 CHEATER, Julian C. *Accelerating the kill chain via future Unmanned Aircraft*. Air War College 2007, p. 22.

60 PALMER, Adam A. *Autonomous UAS: A partial solution to America's future airpower needs*. Alabama: Air Command and Staff College 2010, p. ii.

61 WORK, Robert O. ; BRIMLEY Shawn. «Preparing for war in the Robotic Age». Center for a new American security 2014, pp. 22-25.

62 BROWN, Donald. *Bolts from Orion: Destroying mobile Surface-to-air Missile Systems with lethal autonomous aircraft*. Alabama: Air Command and Staff College. Air University 2016, pp. 48.

Dentro de la interceptación, lo más sensato para reducir el riesgo humano es que el UAS autónomo haga el reconocimiento visual, mientras la aeronave tripulada tiene a tiro al avión interceptado. Ello exigirá que el UAS tenga capacidad de interpretación de la información que recoja –por ejemplo, mediante cámaras que capten en diversos espectros–, alertando al piloto y actuando si fuera necesario. Otra opción es que la información recogida sea trasladada directamente al monitor del avión tripulado –sin perjuicio de que el UAS actúe sin esperar órdenes del tripulado, aunque solo sea en acciones defensivas–. No obstante, no se debe descartar el intercambio de posiciones, de forma que el tripulado haga el reconocimiento visual, mientras que el UAS se mantiene alerta detrás del interceptado. En este caso, se dotaría al *loyal wingman* de libertad de acción –bajo las reglas de enfrentamiento– si así lo requiriera la situación.

Una vez más, la coordinación NORAD-FAA será fundamental. En este sentido, hay que destacar que el sector civil ya reconoce que la humanidad se encuentra «en el filo» de la nueva gran era de la aviación, con un protagonismo predominante de los UAS, incluyendo los autónomos. Es por ello que apuesta por la integración de tales sistemas, garantizando siempre la seguridad en el espacio aéreo<sup>63</sup>.

Finalmente, frente a la posibilidad de que este escenario asiente las bases para plataformas plenamente robotizadas, existen posturas distintas. Pietrucha<sup>64</sup> defiende que los UAS autónomos representan un «multiplicador de fuerza, pero no un reemplazo» de experimentadas y bien entrenadas tripulaciones, fijando el límite de la RMA en el incipiente *loyal wingman*. Una postura más optimista, prevé la asunción de cada vez más tipos de misiones por parte de los UAS autónomos, con los correspondientes avances doctrinales, en TTP y tecnológicos. No obstante, también defiende que los aviadores continuarán jugando un papel clave, apostando, por tanto, por un equipo mixto de aeronaves tripuladas, RPA y UAS autónomos<sup>65</sup>.

## Conclusiones

La incipiente era de la robótica y la nano-tecnología está favoreciendo la robotización del campo de batalla. Los sistemas de armas autónomos constituyen una RMA que no se puede obviar, y que está abriéndose paso en las distintas ramas de las Fuerzas Armadas estadounidenses. Para el caso de las misiones de interceptación en defensa aérea, el campo de batalla es el espacio aéreo soberano y de responsabilidad de EE. UU., y los sistemas de armas autónomos de interés, aquellos que operarían en dicho entorno.

---

63 FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. *FAA Strategic Plan. FY 2019-2022*. Washington D.C.: 2019, pp. 1 y 7.

64 PIETRUCHA, Michael W. «The next lightweight fighter. Not your grandfather's combat aircraft». *Air & Space Power Journal*. 2013, p. 40.

65 PALMER, Adam A. *Autonomous UAS: A partial solution to America's future airpower needs*. Alabama: Air Command and Staff College 2010.

Mediante la técnica de construcción y análisis de escenarios, se ha realizado un análisis prospectivo de las implicaciones que puede tener el uso de UAS autónomos en el tipo de misión descrito. El potenciar el uso de tales sistemas dependerá principalmente de las decisiones y acuerdos alcanzados entre la USAF, NORAD y FAA. Los cuatro escenarios propuestos son solo algunos de otros tantos que pueden ser planteados y analizados. Sin embargo, se consideran característicos por el distinto grado de implementación que presentan tales sistemas autónomos en la misión de NORAD.

Con respecto a su modo de empleo, la robotización de las plataformas aéreas ha dado pie a dos modelos distintos: el *swarming*, y el *loyal wingman*. El primero, parece haber suscitado mayor interés entre los investigadores del campo militar aeroespacial, principalmente por su escaso coste y mayor capacidad de supervivencia. Sin embargo, dentro del horizonte 2035, se considera al *loyal wingman* como el modelo idóneo para realizar misiones de interceptación en defensa aérea. Los logros alcanzados a fecha de hoy, la necesidad de continuar enfrentándose de forma efectiva a plataformas de envergadura, y las diferencias en cuanto a organización, doctrina y tecnología militar entre las distintas naciones, así lo justifican.

Es necesaria, por tanto, una transición desde las aeronaves militares convencionales a los UAS completamente autónomos, donde exista la operación mixta. Las preocupaciones éticas y legales de algunos autores con respecto a la autonomía total, así como las ideas plasmadas en los documentos estratégicos de la USAF, abogan por la presencia humana en los puntos críticos de los procesos de toma de decisiones. La automatización total de tales sistemas, así como su operación en el campo de batalla sin supervisión alguna, escapan del horizonte establecido.

Todo ello, convierte al último escenario en el más plausible de los cuatro. La relativa sencillez de una misión de interceptación en tiempo de paz, no debería presentar muchas dificultades para implementar en tales misiones el binomio avión tripulado de caza y ataque con el *loyal wingman*. Resultados favorables permitirán además, su implementación en misiones más complejas.

Frente al establecimiento de la operación mixta –no exenta de dificultades–, EE. UU., como componente importante e influyente de la OTAN, debe ser capaz de explotar esta RMA, liderando una transición progresiva y generalizada entre los miembros de la Alianza. Siendo un claro referente de doctrina y TTP, el compromiso de esta nación será clave para el fortalecimiento de la OTAN, y una posición de ventaja en comparación con otras alianzas.

En definitiva, la posición de vanguardia doctrinal y tecnológica en la que habitualmente se ha encontrado EE. UU., la carrera armamentística que ya se ha iniciado, y el nivel de importancia que dicha nación otorga a la seguridad nacional generan una coyuntura adecuada para materializar la robotización del campo de batalla. En consecuencia, la USAF no debe desaprovechar la oportunidad de continuar desarrollando y mejorando este fascinante proyecto.

## Referencias bibliográficas

- BALOCH, Qadar B.; KAREEM, Nasir. Revisión de *The Third Wave*, por Alvin TOFFLER. *The Journal of Managerial Sciences* núm. 2. 2007, pp. 115-143.
- BAQUÉS, Josep. «Revoluciones militares y revoluciones en los asuntos militares». En JORDÁN, Javier (coord.). *Manual de estudios estratégicos y seguridad internacional*. Madrid: Plaza y Valdés 2013, pp. 119-127.
- BROWN, Donald. *Bolts from Orion: Destroying mobile Surface-to-air Missile Systems with lethal autonomous aircraft*. Alabama: Air Command and Staff College. Air University 2016.
- BROWN, Sayom. «Scenarios in systems analysis». En QUADE E. S. y BOUCHER W. I. (coords.). *Systems analysis and policy planning: applications in defense*. Santa Monica, California: The RAND Corporation 1968, pp. 298-310.
- BURNS, Brian S. *Autonomous Unmanned Aerial Vehicle rendezvous for automated aerial refueling*. Tesis. Ohio: Air Force Institute of Technology 2007.
- CHEATER, Julian C. *Accelerating the kill chain via future Unmanned Aircraft*. Air War College 2007.
- DEWEERD, Harvey A. *Political-military scenarios*. Santa Monica, California: The RAND Corporation 1967.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. *Air Traffic Plans and Publications*. Washington D.C.: 2019 [consultado el 6 de abril de 2019]. Disponible en [https://www.faa.gov/air\\_traffic/publications/#manuals](https://www.faa.gov/air_traffic/publications/#manuals).
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. *FAA Strategic Plan. FY 2019-2022*. Washington D.C.: 2019.
- FRANTZ, Natalie R. *Swarm intelligence for autonomous UAV control*. Tesis. California: Naval Postgraduate School 2005.
- GILLESPIE, Tony; WEST, Robin. «Requirements for autonomous unmanned air systems set by legal issues». *The International C2 Journal* núm. 2. 2010, pp. 1-30.
- GLADE, David. *Unmanned Aerial Vehicles: implications for military operations*. Alabama: Air War College 2000.
- GUETLEIN, Mike. *Lethal autonomous weapons. Ethical and doctrinal implications*. Rhode Island: Naval War College 2005.
- JORDÁN, Javier. «La técnica de construcción y análisis de escenarios en estudios de seguridad y defensa». *Análisis GESI* 24/2016. Grupo de Estudios en Seguridad Internacional 2016.

- JORDÁN, Javier. «Un modelo explicativo de los procesos de cambio en las organizaciones militares. La respuesta de Estados Unidos después del 11-S como caso de estudio». *Revista de Ciencia Política* núm.1. 2017, pp. 203-226.
- LOCKHEED MARTI, N. *U.S. Air Force, Lockheed Martin demonstrate manned/unmanned teaming*. Maryland: 2017 [consultado el 30 de enero de 2019]. Disponible en <https://news.lockheedmartin.com/2017-04-10-U-S-Air-Force-Lockheed-Martin-Demonstrate-Manned-Unmanned-Teaming>
- MANSON, Katherine. «Robot soldiers, stealth-jets and drone armies: the future of war». *Financial Times*. 16/11/2018. Disponible en <https://www.ft.com>.
- MOUSAZADEH, Reza *et al.* «Analyzing the legal dimensions of Unmanned Combat Aerial Vehicle in the International Law». *Journal of Politics and Law* núm. 10. 2016, pp. 1-11.
- NIDAL, Jodeh M. *Development of autonomous Unmanned Aerial Vehicle research platform: modeling, simulating and flight testing*. Tesis. Ohio: Air Force Institute of Technology 2006.
- NORTH AMERICAN AEROSPACE DEFENSE COMMAND. *Memorandum of understanding between NORAD and the FAA*. Colorado: 1987.
- NORTH AMERICAN AEROSPACE DEFENSE COMMAND. *NORAD intercept procedures, Air Defense Identification Zone, & Temporary Flight Restrictions*. Colorado: 2011 [consultado el 3 de abril de 2019]. Disponible en <https://www.hsdl.org/?abstract&did=748300>.
- NORTH AMERICAN AEROSPACE DEFENSE COMMAND. *About NORAD*. Colorado: 2019 [onsultado el 21 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.norad.mil/About-NORAD/>.
- NORTH AMERICAN AEROSPACE DEFENSE COMMAND. *Civil Aviation Resources*. Colorado: 2019 [consultado el 21 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.norad.mil/General-Aviation/>.
- PALMER, Adam A. *Autonomous UAS: A partial solution to America's future airpower needs*. Alabama: Air Command and Staff College 2010.
- PIETRUCHA, Michael W. «The next lightweight fighter. Not your grandfather's combat aircraft». *Air & Space Power Journal*. 2013, pp. 39-58.
- REILLY, M. B. «Beyond video games: New artificial intelligence beats tactical experts in combat simulation». *University of Cincinnati Magazine*. 27/06/2016. Disponible en <https://magazine.uc.edu>.
- ROMANIUK, Scott N.; BURGERS, Tobias. «China's swarms of smart drones have enormous military potential». *The Diplomat*. 03/02/2018. Disponible en <https://thediplomat.com>.

- RUTGERS UNIVERSITY. *Law Review. The FAA and NORAD*. Nueva Jersey: 2011 [consultado el 2 de abril de 2019]. Disponible en <http://www.rutgerslawreview.com/2011/1-the-faa-and-norad/>.
- SCHARRE, Paul. «Robotics on the battlefield part II. The coming swarm». Center for a new American security 2014.
- THURNHER, Jeffrey S. *No one at the controls: the legal implications of fully autonomous targeting*. Rhode Island: Naval College of War 2012.
- UNITED STATES AIR FORCE. *America's Air Force. A call to the future*. Washington D.C.: 2014.
- UNITED STATES AIR FORCE. *USAF RPA vector. Vision and enabling concepts 2013-2038*. Washington D.C.: 2014.
- UNITED STATES AIR FORCE. *Air Force future operating concept. A view of the Air Force in 2035*. Washington D.C.: 2015.
- UNITED STATES AIR FORCE. *Annex 3-01. Counterair Operations*. Alabama: 2016.
- UNITED STATES AIR FORCE. *Annex 3-27. Homeland Operations*. Alabama: 2016.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF DEFENSE. *Department of Defense announces successful micro-drone demonstration*. Virginia: 2017 [consultado el 27 de enero de 2019]. Disponible en <https://www.defense.gov/Newsroom/Releases/Release/Article/1044811/department-of-defense-announces-successful-micro-drone-demonstration/>.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF DEFENSE. *Meet the team*. Virginia: 2019 [consultado el 20 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.defense.gov/Our-Story/Meet-the-Team/>.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. *Federal Aviation Administration*. Washington D.C.: 2019 [consultado el 23 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.faa.gov/>.
- VINCENT, James. «China is worried an AI arms race could lead to accidental war». *The Verge*. 06/02/2019. Disponible en <https://www.theverge.com>.
- WORK, Robert O.; BRIMLEY Shawn. «Preparing for war in the Robotic Age». Center for a new American security 2014.

---

— *Artículo recibido: 20 de abril de 2020.*

— *Artículo aceptado: 14 de mayo de 2020.*

---