

Derrota de pequeños sistemas aéreos no tripulados civiles para mantener la superioridad aérea

TENIENTE CORONEL THOMAS S. PALMER, USAF

DR. JOHN P. GEIS II, CORONEL USAF-RETIRADO, PHD

Introducción

El año es 20XX, y después del fracaso de esfuerzos diplomáticos y económicos para resolver una crisis internacional, a la Fuerza Aérea de EE.UU. (USAF) se le ha asignado liderar operaciones de combate importantes para destruir los objetivos estratégicos de un país hostil. Después de semanas de preparaciones, planificación y coordinación sin parar en una base nacional de la USAF, la primera ola de 12 aviones caza F-22 y dos aviones cisterna de reabastecimiento aéreo KC-10 están justo a dos horas de arrancar sus motores para iniciar su vuelo transoceánico.

Sin previa advertencia, varias manchitas negras aparecen en el horizonte y rápidamente se dirigen directamente a los aviones caza. A medida que se aproximan las manchas negras, son identificadas visualmente por un jefe de tripulación como cuadricópteros civiles de tamaño intermedio que transportan varios objetos pequeños. El cuadricóptero principal lanza una granada explosiva Thermite al primer caza causando la rotura de un tanque de combustible y un incendio masivo. A continuación, otro cuadricóptero ataca el último avión caza de la hilera de estacionamiento haciendo que estalle en llamas, bloqueando cualquier vía de escape de los otros 10 aviones. Llegan cinco cuadricópteros más a la escena, destruyen el resto de los aviones caza y después los dos aviones cisterna KC-10, matando a 20 personas e hiriendo a 30 más en los incendios catastróficos resultantes.

A medida que el personal de rescate se apresta para salvar vidas, 10 cuadricópteros más forman una nube en el campo de aviación y destruyen 20 aviones más, así como los enormes tanques de almacenamiento de combustible de la base aérea. Casi toda la flota de la escuadra de aviones caza de combate de la quinta generación, valorada en millones de dólares, es incinerada. Nadie sabe quién controló los cuadricópteros, y no hubo nada que nadie del campo de aviación pudo hacer para detener la arremetida de ataques, o ¿hubo algo? Aunque es un escenario ficticio, hoy en día existen las tecnologías para crear un desastre de este tipo.¹

Los sistemas aéreos no tripulados (UAS), llamados también “drones”, vehículos aéreos no tripulados (UAV) y aviones pilotados por control remoto (RPA), han explotado en popularidad, disponibilidad y capacidad en años recientes.² A medida que las baterías, las cámaras, las computadoras de control de vuelo y otros UAS³ clave se han miniaturizado, se han abaratado y se han hecho más abundantes, y las capacidades de los UAS han aumentado en gran medida. Los adversarios pueden pilotar ahora un helicóptero de cuatro hélices muy maniobrable a 70 millas por hora (mph) denominado “cuadricóptero”, sin ninguna capacitación formal usando una aplicación simple de teléfono inteligente. Esta nueva tecnología da a los adversarios potenciales una capacidad ofensiva adicional y sustancial contra blancos amigos, a un costo muy pequeño o muy pocos requisitos logísticos. Ya ha pasado la época en que una simple alambrada y una patrulla de seguridad itinerante con pistolas y rifles estándar protegerán suficientemente nuestras naves aéreas vitales de la USAF.

Los pequeños UAS modernos son versátiles y pueden compensar muchas capacidades actuales de la USAF. Tienen la libertad de maniobrar de forma ofensiva y dañar los aviones caza y

bombarderos avanzados, aviones cisterna de reabastecimiento aéreo y aviones de carga de la Fuerza Aérea. Los UAS pequeños también pueden poner en riesgo instalaciones apoyo aéreo críticas. Este “endiablado” problema de UAS empeorará. Tratamos de aprovecharnos de los retos presentados en el artículo de primavera de ASPJ sobre “Minas aéreas”,⁴ y sostenemos que estas nuevas capacidades de UAS permiten a sus usuarios negar potencialmente los sistemas ofensivos y defensivos aéreos y terrestres avanzados basados en la nación estado, y la USAF necesita una mayor capacidad de derrotar a estos nuevos UAS pequeños.

Exploremos este tema definiendo y encuadrando primero el problema de proliferación de UAS. Después hablamos de posibles usos adversarios de los UAS y detallamos las capacidades anti-UAS (C-UAS), evaluando los puntos fuertes y débiles de los UAS y mostrando formas en que los adversarios podrían anular sistemas defensivos C-UAS. Después recomendamos posibles soluciones y proponemos una investigación adicional para contrarrestar las capacidades cada vez mayores de los UAS.

El problema de proliferación de UAS

A medida que continuó la edad de la información, los adversarios potenciales observaron los éxitos de los UAS militares de EE.UU. y desarrollaron sus sistemas usando componentes comerciales. La USAF y el Departamento de Defensa (DOD) ya no tenían un monopolio en la supremacía de UAS. Ya no eran necesarios enormes programas de UAS ejecutados por el estado para lograr objetivos tácticos y estratégicos. En agosto de 2014, el grupo terrorista Estado Islámico de Irak y Siria (ISIS) colgó videos de blancos militares sirios que fueron filmados con un solo cuadricóptero DJI Phantom de amplia difusión comercial.⁵ Más recientemente, el ISIS ha usado drones como vehículos de ataque mientras se usan drones adicionales para filmar los resultados de estos ataques de drones.⁶

Tabla. Muestra de UAS (drones) comerciales disponibles en la actualidad⁷

Nombre del dron	Parrot “Airborne Night Swat	Parrot “Bebop 2”	SenseFly “Albris” (antes eXom)	DJI “Phantom3 Advanced”	DJI “S1000”
Tipo de aeronave	Cuadricóptero tamaño de palma de mano	Cuadricóptero	Cuadricóptero en forma de V	Cuadricóptero	Octocóptero
Posible misión hostil	Vigilancia, ubicación de morteros	Vigilancia, ataque “kamikaze”	Vigilancia de alta resolución, ataque “kamikaze”	Vigilancia, sabotaje, ataque explosivo, ataque “kamikaze”	Vigilancia, sabotaje, ataque explosivo a gran escala, ataque “kamikaze”
Envergadura	7 x 7 pulg	15 x 15 pulg	22 x 32 pulg	23 pulg (diagonal)	41 pulg (diagonal)
Peso en vacío	63 g / 2,1 onzas	500 g / 1,1 lb	Peso máximo de despegue de 1,8 kg / 4 lb	1.2 kg / 2,3 lb	Peso máximo de despegue de 4,4 kg / 6,2 a 11 kg
Carga útil: incluye cámara y otros artículos	N/A – cámara integrada	N/A – cámara integrada	N/A – cámara integrada	2 lb	6,6 kg / 14,9 lb
Tiempo de vuelo	9 minutos	25 minutos	22 minutos	23 minutos	15 minutos
Velocidad	11 mph	37 mph	27 mph	37 mph	37 mph
Altitud máxima	N/A	492 pies (150 m)	N/A	19,685 pies (6000 m)	No especificado por el fabricante

Radio máximo de piloto a UAS	20 m / 65 pies	2 KM si se usa con un Parrot Skycontroller	800 m / 0,5 millas	5 km / 3,1 millas al volar por control remoto	No especificado por el fabricante
Sistema de navegación	Control remoto	GPS; control remoto	GPS; control remoto	GPS o GLONASS y control remoto	GPS, control remoto
Costo	US\$129,99	Precio al por menor recomendado por el fabricante US\$549,99; US\$483,97 en Walmart	No se aplica – requiere una cotización del fabricante	Precio al por menor recomendado por el fabricante US\$799,00; US\$598,00 en Walmart	Precio al por menor recomendado por el fabricante US\$1,499
Notas			Radio de vídeo continuo de 1,2 millas	Vídeo continuo de 2,7 KM	

Los UAS proliferan. La Administración de Aviación Federal (FAA) estimó que se vendieron aproximadamente 1,9 millones de UAS en Estados Unidos en 2016, y proyecta unas ventas nacionales de hasta 4,3 millones de UAS al año para 2020.⁸ Esta proliferación es global, con crecimiento de ventas similar en China.⁹ Con una cantidad pequeña de US\$130, casi todo el mundo puede comprar un UAS que funcione, sin ninguna comprobación de antecedentes penales para discernir si existen intenciones hostiles.

Posibles usos adversarios de UAS

La proliferación económica global y las capacidades de UAS que pesan menos de 20 libras hace que merezcan un enfoque específico.¹⁰ Los adversarios futuros podrían usar estos sistemas pequeños para dar al traste con operaciones militares tanto aéreas como terrestres, necesitando nuevas medidas para defender haberes y bases militares.

Según se indica en la Tabla 1, varios UAS pequeños tienen una capacidad de carga útil, un radio de acción extendido y la capacidad de ser guiados a lugares con gran precisión mediante un sistema de posicionamiento global (GPS) o un piloto. Por ejemplo, el DJI Phantom 3 puede volar durante 23 minutos a velocidades de hasta 37 mph, transportando una carga útil de 2 libras, con una carga de batería, a un radio de 13 millas si se guía de forma autónoma, y solamente cuesta US\$599–799.¹¹ Aunque hay salvaguardias para proteger el espacio aéreo contra una penetración inadvertida del Phantom 3, estas salvaguardias se evitan fácilmente. La limitación que restringe su máxima altitud a 120 metros (393 pies) más alto que el lugar de despegue puede anularse para volar a su altitud máxima de 6000 metros (19.685 pies) por encima del nivel del mar. De forma similar, mientras que el Phantom 3 tiene “geovallas” que usa su posición de GPS para determinar si está a punto de entrar en un espacio aéreo sensible, la desactivación de la antena de GPS permite al piloto navegar visualmente el cuadricóptero a cualquier destino.¹²

Esta navegación visual se hace por medio de la capacidad de vídeo de primera persona (FPV). El FPV permite al piloto recibir una imagen de vídeo de tiempo real de una cámara en el UAS, mostrada en gafas llevadas por el piloto o en un dispositivo tipo Android, iPhone o iPad. Esto permite al piloto ver como si estuviera en el cuadricóptero, lo que puede permitir al operador ejecutar maniobras evasivas o navegar por rutas clandestinas mientras vuela hacia un objetivo.

Aunque el DJI Phantom 3 puede transportar un solo explosivo, DJI vende octocópteros de ocho hélices, de mayor rendimiento y carga útil pesada, que pueden ser una amenaza mayor. El octocóptero de ocho hélices DJI S1000+, diseñado para cinematografía comercial, tiene una duración de vuelo de 15 minutos con una carga útil de 14,9 libras y cuesta US\$1,499.¹³ Esta carga

útil equivale a poder acarrear seis explosivos o granadas Thermite mientras transporta una cámara para FPV.

Las granadas Thermite solo pesan 2 libras y arden a 4000°F, lo que es suficiente para fundir y atravesar el recubrimiento del avión, reventar un tanque de combustible e iniciar un incendio.¹⁴ Las aleaciones de aluminio de grado aviación se funden a solamente 1180°F, y un tanque de combustible reventado podrían sostener un fuego usando el propio combustible del avión.¹⁵ Dicho ataque dañaría o destruiría un avión, dando al adversario una victoria psicológica.

Entre otros usos potenciales adicionales para estos UAS se incluyen emplazar tiras de abrojos en una pista para desinflar neumáticos de aviones, introduciendo residuos para dañar motores reactores, lanzando explosivos contra otros blancos o incluso haciendo de kamikaze.¹⁶ A través del FPV, un piloto de UAS podría hacer volar el UAS contra los motores de un avión durante operaciones de desplazamiento por tierra, el despegue o el aterrizaje, o incluso a radios amplios del campo de aviación. El UAS, al atacar durante las fases críticas de vuelo de despegue o aterrizaje, podría aumentar las probabilidades de causar más daños o un accidente catastrófico.¹⁷ Como el DJI Phantom 3 puede ascender a más de 19.000 pies, los ataques a una distancia significativa de aeropuertos podrían complicar las investigaciones forenses después de los accidentes, ya que los residuos desde esa altitud se dispersan mucho. La posibilidad de ataques a distancia de un campo de aviación aumenta la necesidad de una capacidad de detección de C-UAS de alta fidelidad a distancia.¹⁸

Con varios cientos de dólares y el tiempo para descargar un libro electrónico y ver un vídeo de YouTube, cualquier persona con pocos conocimientos técnicos puede construir su propio cuadri/hexa/octocóptero. Estos UAS de construcción casera pueden ser más capaces y evitar las restricciones integradas de un UAS comercial.¹⁹

Soluciones posibles

Las medidas de seguridad tradicionales de las bases no están diseñadas para detectar y anular UAS hostiles. El empleo de observadores visuales disparando pequeñas armas resulta ineficaz debido a la alta velocidad, capacidad de maniobra y capacidad de supervivencia de un UAS pequeño.²⁰ Las vallas de seguridad de bases/puestos tradicionales también tienen un valor limitado, ya que un piloto que use FPV puede sobrevolar la barrera y después descender sobre el blanco.²¹

Esta sección cubrirá una serie de sistemas en desarrollo que puede ayudar a muchos a proteger los haberes de la fuerza aérea. Estas soluciones potenciales varían desde sistemas portátiles hasta armas de energía dirigida pasando por sistemas de sistemas más amplios.

Drone Defender

El “Drone Defender” es un sistema portátil de 20 libras que se parece un poco a un rifle grueso grande y se usa para alterar el enlace de mando entre un UAS y el piloto. Su radio de acción efectivo, de defensor amigo a UAS hostil, es de 400 metros. El futuro desarrollo permitirá interferir o imitar la señal de GPS para impedir que el UAS use una señal para la navegación precisa.²² En general, el Drone Defender depende de un observador humano que detecta el UAS y después apunta y emplea el dispositivo. Si se emplea de forma óptima, este sistema fuerza una ruta de vuelo de enlace perdido si interfiere con la frecuencia correcta del enlace de mando. Si el UAS escapa el ancho del haz de 30 grados del Drone Defender, el UAS puede reanudar sus operaciones normales.

Una ventaja del Drone Defender es que el efecto no permanente puede detenerse de inmediato si las interferencias crean una ruta de vuelo de UAS irregular o peligrosa. Su desventaja es el radio corto de 400 metros, que necesitaría al menos 25 dispositivos y personal de seguridad

para cubrir efectivamente un campo de aviación completo y las áreas de estacionamiento de aviones.²³ Esto hace que el Drone Defender sea una medida transitoria sencilla de recursos intensivos, hasta que puedan desplegarse sistemas C-UAS más capaces.

Sistema mejorado de protección de áreas y capacidad de supervivencia

El Ejército de EE.UU. ha probado el sistema EAPS que puede enfrentarse a un UAS a una distancia de hasta 1 kilómetro disparando munición de 50 mm.²⁴ El sistema envía las correcciones en vuelo de la ruta de vuelo de la munición a medida que el UAS maniobra y después envía una señal para que la munición estalle al radio óptimo para derribar el UAS.²⁵ Esto presenta dilemas de daños laterales y fratricidas que requieren consideraciones de colocación cuidadosa del sistema y reglas de enfrentamiento muy estrictas.

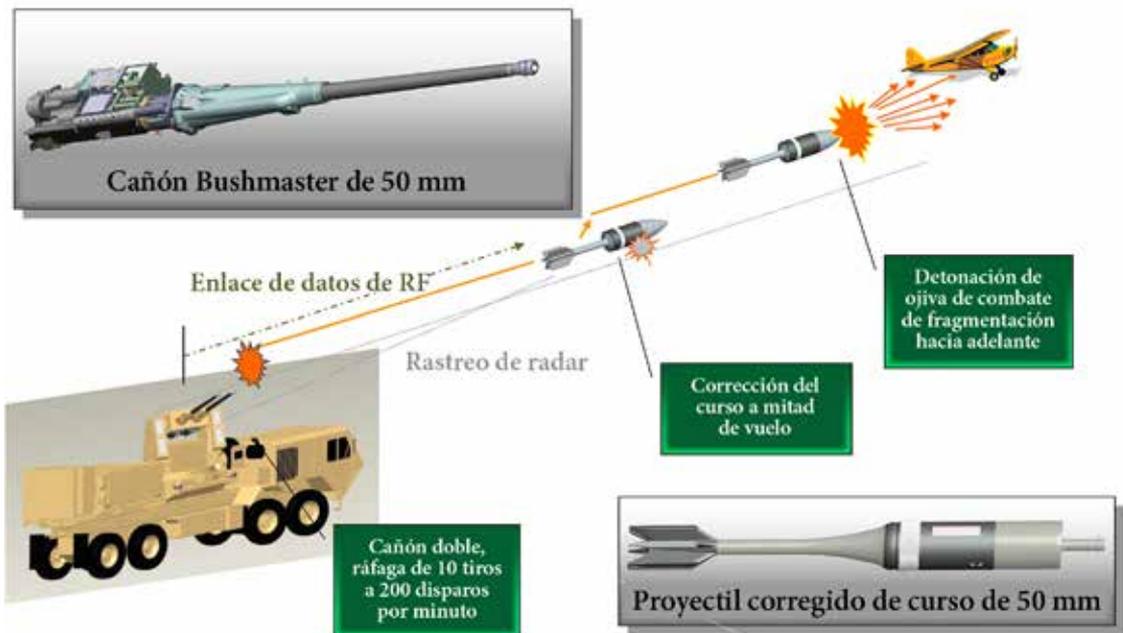


Figura 1: Sistema mejorado de Protección de Áreas y Capacidad de Supervivencia²⁶

Sistema anticohetes y antimorteros

El sistema anticohetes y antimorteros Northrup Grumman (C-RAM) es un sistema defensivo actual de bases áreas desplegado en el extranjero que emplea una ametralladora Gatling apuntada por radar para disparar balas a un ritmo de 2000 tiros por minuto para derribar cohetes y granadas de morteros.²⁷ Este sistema también puede emplearse contra amenazas de UAS hasta un radio de 1,2 km. Los problemas de daños colaterales cinéticos requieren procedimientos de emplazamiento y empleo cuidadosos.

Sistema de armas láser compacto "Silent Strike"

El Sistema de Armas Láser Compacto (CLWS) de Boeing usa un láser destructivo, sincronizado por radar y una cámara electroóptica (EO)/rayos infrarrojos (IR) para hacer el seguimiento de un UAS hostil.²⁹ El láser de la clase de 10 kilovatios puede calentarse y destruir UAS a un radio de hasta 2,5 km.³⁰ Este sistema no se basa en saber ninguna frecuencia de mando o técnicas de navegación de UAS y no es efectivo contra ningún UAS modificado para usar técnicas de guía autónomas. La desventaja del sistema es el potencial de daños colaterales cortos y largos del blanco previsto que limita el intervalo de enfrentamiento. La energía láser también requiere un aire relativamente transparente, sin estar oscurecido por el tiempo, el humo o el polvo, etc. El diseño cuidadoso de la disposición de la defensa de las bases aéreas permitiría usar este sistema a su máximo potencial.



Figura 2: Sistema C-RAM del Ejército²⁸

Capacidad integrada móvil anti-UAS

El Centro de Investigación, Desarrollo e Ingeniería de Aviación y Misiles del Ejército (AMRDEC) de EE.UU. ha desarrollado la Capacidad Integrada Móvil anti-UAS (CMIC). El CMIC es un sistema anti-UAS completamente desarrollado, probado con soldados, propiedad del gobierno de EE.UU., integrado y actualizable que puede detectar, identificar y después anular a un UAS hostil y su piloto.

El sistema CMIC usa muchas partes militares comunes para integrar múltiples sensores en una pantalla fácil de interpretar para proporcionar al combatiente un conocimiento excepcional de UAS hostiles y la ubicación del piloto. El sistema puede sincronizar múltiples sensores electroópticos, térmicos y electrónicos para proporcionar al operador información de amenazas de alta fidelidad, para después coordinar efectos no cinéticos o cinéticos a fin de derribar el UAS. El CMIC también triangula el origen de la señal de mando para localizar al piloto, que puede permitir el envío de un UAS amigo o de fuerzas terrestres para buscar al piloto.

Para reducir la complejidad logística, el diseño monta el equipo anti-UAS en vehículos militares y dispositivos de mando y control actuales que están ampliamente disponibles en el DOD. El CMIC tiene también un kit portátil que elimina el uso de vehículos.³² El CMIC utiliza un radar doppler civil LSTAR marca SRC Inc. para detectar UAS e incluso pájaros.³³ La capacidad de detección de pájaros le da una utilidad adicional para asistir a los aviones tripulados a evitar pájaros durante las fases de vuelo de despegue y aterrizaje.



Figura 3: Sistema CMIC del Ejército³¹

DroneShield

Otro espectro para la detección de UAS es la exclusiva identificación acústica de los motores eléctricos y las hélices de propulsión. La Drone Shield Company fabrica sensores acústicos para detectar UAS por medio de ruidos distintos y después hacer referencia a una biblioteca de identificadores acústicos para determinar la marca y el modelo. Drone Shield publicó que el radio de detección del UAS era de 1 km al usar el modelo de sensor de radio de alcance largo, en vez del más corto radio de 100 metros del modelo omnidireccional.³⁴ Los UAS lanzan armas desde una altitud mayor que el límite de detección negaría potencialmente el sistema de detección acústico. El empleo del sistema acústico como otro sensor para identificar correctamente el tipo de UAS permitirá el empleo de otros sistemas defensivos para interferir debidamente o afrontar la amenaza.

Armas de microondas de alta potencia

Si las fuerzas de EE.UU. se despliegan en un lugar con pocos sistemas electrónicos fuera de la base, el uso de sistemas de armas de microondas de alta potencia (HPM) podrían ser viable sin problemas de daños colaterales. Las armas de HPM alteran el flujo eléctrico en los tableros de conexiones y circuitos sin blindar de sistemas electrónicos. Un arma de HPM podría ser efectiva contra las computadoras de control de vuelo de los UAS para infringir una amplia gama de efectos desde una señal de mando apenas perturbadora hasta “destruir” el tablero de circuitos para causar una falla de vuelo inmediata del UAS.³⁵

Las futuras investigaciones científicas deben concentrarse en desarrollar armas de microondas pulsantes de alta potencia para anular un UAS. El objetivo sería crear un efecto de microondas pulsante para destruir UAS hostiles sin crear energía colateral significativa que pueda dañar sistemas militares y civiles amigos.³⁶

Modificaciones de los campos de aviación

Las áreas con edificios altos, árboles, etc. que impidan una visada directa para detectar un UAS podrían beneficiarse de vallas altas para canalizar la amenaza de los UAS en áreas más observables. La canalización de UAV de ataque permitiría a las fuerzas de seguridad concentrar las capacidades de sistemas acústicos, de radar y cámara en un área más concentrada. No obstante, sea cual sea el sistema anti-UAS empleado, se deben instalar vallas alrededor y por encima de los haberes de alto valor que no puedan sufrir ninguna interferencia de UAS.

Para ayudar a aprehender pilotos de UAS hostiles o ignorantes, se necesita desarrollar un UAS “Hunter Killer” que pueda volar rápidamente hacia un UAS hostil y usar efectos no cinéticos (posiblemente HPM miniaturizado pulsante) o cinéticos para desactivar el UAS hostil. Este UAS amigo podría buscar e identificar también al piloto hostil para permitir el uso de fuerzas para arrestar al piloto (en Estados Unidos) o enfrentarse a ellos cinéticamente (zona de combate).

Contramedidas adversarias potenciales

Como han mostrado muchos ejemplos históricos de desarrollo de armas militares, a medida que se descubren medidas defensivas ante una nueva amenaza, los actores hostiles efectúan ligeros ajustes en sus equipos para degradar la efectividad de las nuevas defensas. Aunque los sistemas C-UAS previamente detallados son muy capaces, muchos de ellos dependen de las interferencias del enlace de mando entre el UAS y el piloto para forzar al UAS a ejecutar una ruta de vuelo de enlace perdido. La ruta de vuelo de enlace perdido programada podría ser retornar a la base de casa, volar de forma estacionaria o simplemente aterrizar de inmediato.³⁷ Un actor hostil puede pasar por alto este problema de enlace perdido usando la modalidad de vuelo autónomo del UAS que podría utilizar GPS, Galileo, Navegación Aumentada GEO asistida por GPS (GAGAN)/Sistema de Satélite de Navegación Regional Indio (IRNSS), Bei Dou o las constelaciones de navegación Globalnaya Navigazionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS) para controlar la ruta de vuelo.³⁸

Si se interfiere o imita la señal de GPS, o si el UAS no está equipado a propósito con GPS para anular cualquier restricción de interferencia, imitación o geovallado, se podría usar un sistema de navegación por inercia (INS) para guiar el UAS.³⁹ Un INS funciona sabiendo la ubicación de despegue y después detectando el movimiento y desviándose para determinar la ubicación actual del UAS al volar hacia el blanco. La presencia de un INS eliminaría cualquier requisito de señales exteriores para hacer navegar el UAS.

Otra técnica para anular las interferencias de los enlaces de comunicación es que el piloto hostil introduzca las coordenadas del *blanco* como la “base inicial” de modo que cuando el sistema de interferencias interrumpa el enlace de mando con el piloto, el UAS realmente vuela *hacia* el blanco. Las coordenadas exactas del blanco en un UAS usando la modalidad de vuelo autónomo, sin usar la característica de FPV, degradarían ligeramente la exactitud de navegación. Con un poco de inventiva y modificando los equipos, un adversario podría anular muchos de los mecanismos de derribo actuales de los sistemas C-UAS.

Las leyes actuales de EE.UU. también impiden la utilización de las capacidades completas de sistemas defensivos de C-UAS. La FAA considera que un UAS es una aeronave civil que debe cumplir con los requisitos y reglamentos de seguridad.⁴⁰ Como se considera que un UAS es una aeronave civil, se prohíbe a las fuerzas de seguridad derribar un UAS a menos que se determine que su derribo sea de interés por razones de defensa nacional o auto-defensa.⁴¹ Como es virtualmente imposible determinar rápidamente la intención de un UAS, esta guía actual podría causar demoras en la respuesta, lo que podría dar a un adversario un tiempo vital para ejecutar su misión. La USAF debe desarrollar procedimientos y obtener aprobaciones de la FAA y todas las aprobaciones necesarias para emplear sistemas defensivos de C-UAS contra cualquier UAS desconocido que esté en el espacio militar, tanto si es sobre terrenos militares como si no.

Durante el proceso de selección de ubicación de bases en el extranjero, la cantidad de áreas despejadas alrededor del perímetro de la base aérea deben ser una consideración importante para asegurarse de que la base es defendible. Una zona neutral extragrande permitiría el uso de sistemas C-UAS más agresivos que el sistema de ametralladora Gatling de C-RAM o el empleo de un sistema láser destructor, como el CLWS.

Recomendaciones

A mediano plazo, el gobierno de EE.UU. debe determinar quién liderará la resolución del problema de los UAS. Aunque el DOD puede asumir la función de liderazgo en las zonas de combate, en Estados Unidos, hay múltiples agencias civiles y militares tratando de resolver problemas de UAS, que pueden provocar confusión.⁴² Se necesita un método completo por parte del gobierno para avanzar. La USAF, el DOD, la FAA, el Departamento de Comercio, y el Departamento de Seguridad Nacional (DHS) deben formar rápidamente un equipo intergubernamental para desarrollar un método de todo el gobierno para desplegar sistemas defensivos anti-UAS.⁴³ Estas agencias también necesitan reafirmar los procedimientos de defensa del espacio aéreo y hacer recomendaciones al Congreso en lo que se refiere a autoridades legales más permisivas para preservar la capacidad de la USAF de mantener la superioridad aérea.

La FAA y el DOD deben iniciar inmediatamente en todo el país una campaña de educación sobre los UAS más agresiva. La colocación de letreros “Zona sin drones” en campos de aviación militares y cerca de los corredores de llegada y salida con números de teléfono donde llamar e informar sobre actividades ilegales de UAS mejoraría los esfuerzos de educación y cumplimiento de la ley.⁴⁴ Las reuniones sobre asuntos públicos militares con los medios de comunicación locales reduciría al mínimo el número de pilotos de UAS que desconocieran las nuevas reglas. Un público bien formado debe reducir el número de incursiones inocentes en el espacio aéreo permitiendo así que las fuerzas de seguridad decidan rápidamente la intención hostil y tomen las medidas apropiadas inmediatamente.

Si las leyes no se pueden ajustar para autorizar el derribo de un UAS hostil, entonces la otra opción es aumentar el castigo por violaciones del espacio aéreo y de los procedimientos.⁴⁵ Las infracciones de la clase D (espacio aéreo con una torre de control de tráfico aéreo

en operación como en la mayor parte de las bases aéreas militares) y espacio aéreo restringido (radios de bombardeo típicamente militares) plantean el máximo peligro, ya que se congestionan generalmente con aviones militares muy rápidos.⁴⁶ El público en general no se tomará en serio las nuevas reglas de vuelo de los UAS a menos que los castigos por ser un piloto ignorante o descarado de un UAS sean ampliamente conocidos y se apliquen de modo uniforme.⁴⁷

Las fuerzas de seguridad de la USAF y otras unidades de seguridad del DOD, en estrecha coordinación con las agencias policiales principales, deben llevar a cabo ejercicios de adiestramiento regulares que incluyan situaciones con UAS hostiles. La reacción a un vuelo de UAS hostil en el espacio aéreo militar en tránsito por múltiples jurisdicciones policiales debe estar bien ensayada, legalmente revisada y adiestrada al mismo nivel que una situación de “entrada por la puerta principal”. Por ejemplo, si alguien conduce su automóvil desde fuera de una base a través de un punto de control de una base aérea sin detenerse, los guardias están entrenados para advertir al conductor y tomar después medidas prudentes y proporcionales, incluida la fuerza mortal. Las fuerzas de seguridad deben tener una respuesta similarmente bien ensayada a un UAS que viole el espacio aéreo militar, de modo que no estén paralizados por la indecisión, ni sobreactúen con pistolas y fusiles ni causen daños catastróficos a un avión al fondo.

Hasta que se adquieran sistemas defensivos adecuados de C-UAS y puedan emplearse completamente, es probable que se requiera un método de sistema de sistemas para detectar un UAS a través de varios espectros de energía a fin de sincronizar sensores y armas para derribar al UAS antes de que pueda completar su nefasta misión. La mejora de las luces de los campos de aviación y las rampas, o la adición de sistemas electroópticos adicionales de baja luz y sistemas de cámaras térmicas, son soluciones relativamente económicas y familiares.⁴⁸ La buena coordinación con una población civil cooperadora permitirá el emplazamiento de sensores en infraestructura existente para permitir la vigilancia de aproximación a campos de aviación y corredores de salida. Estos sistemas de vigilancia económicos al menos activan a las fuerzas de seguridad a ser ligeramente más conscientes de alguien volando un UAS hostil cerca de su campo de aviación.

Para minimizar sistemas electrónicos fratricidas a amigos, los laboratorios de investigación correspondientes deben probar la interoperabilidad de sistemas C-UAS con sistemas de campos de aviación y del DOD existentes. Se necesitan pruebas adicionales para averiguar los efectos de integrar armas de energía dirigidas, radares de detección de UAS y otros sensores para asegurar una interoperabilidad segura con sistema de navegación y comunicación de aeronaves, computadoras de control de vuelo, sistemas de aterrizaje con instrumentos, recepción de GPS y radares de control de tráfico aéreo (ATC). Estos sistemas y sus operadores humanos necesitan evaluación para asegurarse de que los sistemas C-UAS no causen peligros para las operaciones militares.

Se deben perfeccionar los procedimientos entre los operadores de C-UAS y las agencias de ATC para comunicar rápidamente la ubicación de UAS hostiles para dirigir maniobras evasivas a aviones en el aire. También se requiere una estrecha coordinación al disparar armas para impedir luchas fratricidas. Es beneficioso que la mayoría de los sistemas de armas C-UAS tienen un tiempo de empleo corto, en el dominio de varios segundos a decenas de segundos, que deben minimizar la alteración de las operaciones de vuelo.⁴⁹

Debido a su madurez relativa y su capacidad de fusionar continua y automáticamente múltiples sensores en una imagen de campo de batalla completo, en el momento de escribir este artículo, el sistema CMIC es el sistema más prometedor posible. El costo aproximado del sistema CMIC, sin vehículos, es de US\$1 millón para el sistema y US\$1,1 millones para el radar LSTARS.⁵⁰ Debido a problemas de visada cerca de un campo de aviación causado por topografía, edificios, árboles, etc., tal vez sea necesario usar múltiples radares o

instalar los sensores en una torre alta para tener una visibilidad de 360 grados. Las ventajas de CMIC son su fusión de sensores múltiples combinados con múltiples métodos de enfrentamiento. A medida que mejora la tecnología, es probable que otros sistemas superen el CMIC en capacidad, pero nuestra búsqueda sugiere claramente que el sistema óptimo en el futuro incluirá la fusión de sensores diferentes para detectar incluso los UAS más pequeños y proporcionar una variedad de mecanismos de defensa capaz de enfrentarse a amenazas que van de UAS individuales a enjambres de UAS.

A medida que sigue mejorando la tecnología de los UAS en los siguientes cinco a 10 años, los UAS civiles se harán más populares y útiles para las industrias civiles, aumentando así el número total de UAS amigos volando a mayores altitudes en un espacio aéreo congestionado.⁵¹ Debido a esta mayor congestión, es necesaria una detección robusta e identificación en vuelo sin errores para seleccionar rápidamente como blancos los UAS hostiles o sospechosos.

Debido a la saturación del espacio aéreo con UAS, los aviones tripulados necesitarán pronto capacidades de detección a bordo o enlazarse a sistemas de detección y evitación terrestres para evadir amenazas aéreas de EE.UU. individuales y en enjambres.⁵² La adición de miles de UAS volando en la estructura a baja altitud, cuando se combinan con los peligros usuales de las aves, podría hacer que el vuelo militar a baja altitud sea más peligroso. Este riesgo podría restringir el adiestramiento a bajo nivel a dichas áreas estrechas en que el valor del adiestramiento será cero, limitando así las opciones de maniobras de combate de los aviones militares. El desarrollo de equipos de evitación de UAS a bordo debe empezar inmediatamente.

Conclusión

Las amenazas de UAS hostiles seguirán empeorando a un ritmo exponencial debido a las capacidades de mejora y a la gran cantidad que se venden en el mercado civil. El riesgo de una pérdida de vida importante catastrófica debido a una colisión entre un UAS hostil y un avión tripulado sigue en aumento. La USAF debe coordinar y acelerar todos los esfuerzos para adquirir un sistema anti-UAS que proteja a la tripulación y al avión.

Aunque no hay ningún sistema que anule cada amenaza de UAS concebible, el sistema CMIC de AMRDEC, o un sistema más avanzado similar a este, parece ser el mejor sistema actual para resolver el problema endiablado de interferencia de UAS hostiles. La mezcla de fusión de sensores múltiples con múltiples opciones de enfrentamiento contra UAS hostiles es una combinación potente. Aunque dichos sistemas pueden parecer costosos, ser proactivo puede ahorrar muchas vidas y millones de dólares negando a la vez a los adversarios otro método de ataque para impulsar sus objetivos. La pérdida de un irremplazable F-22 "Raptor" de US\$143 millones o un F-35 "Lightning II" Joint Strike Fighter de US\$98 millones frente un UAS hostil de US\$799 hará que el precio de US\$2,1 millones para un sistema C-UAS, como el CMIC de AMRDEC, parezca muy asequible.⁵³ El sistema AMRDEC también proporciona una ventaja adicional para detectar aves que plantean un peligro para las operaciones de aviación mientras vigilan continuamente para derribar a un UAS hostil.

Este artículo recomienda la compra de un sistema CMIC de AMRDEC o similar, y mantenerlo y operarlo con una pequeña tripulación de la USAF, como la mejor solución técnica para defender un campo de aviación las 24 horas del día. Al mismo tiempo, se deben obtener las autoridades legales para emplear todas sus capacidades. El DOD, el DHS, la FAA, la USAF, el Departamento de Transporte y el Departamento de Comercio son algunas de las entidades clave que deben formar un equipo interdepartamental. Este equipo debe colabo-

rar y recomendar cambios de autoridades legales en el Congreso para resolver el problema de los UAS.

El personal de seguridad debe tener las autoridades legales para declarar que cualquier UAS no autorizado que vuele en un espacio aéreo militar es una amenaza hostil y tomar medidas tanto si el UAS hostil está sobre propiedades civiles o militares. Se debe permitir a las fuerzas de seguridad enfrentarse a las amenazas de forma inmediata no cinética dentro de territorio amigo, o enfrentarse cinéticamente al sistema si está en una zona de combate. Si se neutraliza el UAS hostil fuera de una propiedad militar, la USAF debe disponer de procedimientos para haberes de policía civiles fuera de la base a fin de asegurar el UAS derribado y aprehender al piloto infractor.

Si el campo de aviación ficticio descrito en la introducción estuviera debidamente equipado con sistemas C-UAS, el ataque habría sido una historia de éxito de superioridad aérea en vez de un escenario de una pesadilla. Es solamente cuestión de tiempo hasta los adversarios de nuestra nación utilicen estas amenazas de UAS increíblemente capaces para tratar de derrotar a la fuerza aérea más avanzada del mundo. □

Notas

1. Richard Whittle, "Military Exercise Black Dart to Tackle Nightmare Drone Scenario" (Ejercicio militar Dardo negro para abordar el escenario de pesadilla de los drones), *New York Post*, 25 de julio de 2015, <http://ny-post.com/2015/07/25/military-operation-black-dart-to-tackle-nightmare-drone-scenario/>. El ejercicio Dardo negro de 2015 se diseñó para probar sistemas antidrones contra 55 sistemas de drones que comprendían una amplia gama de tamaños y capacidades de drones. El enfoque del ejercicio eran drones más pequeños debido a recientes eventos de pequeños drones volando cerca de políticos importantes. El incidente de la canciller alemana Angela Merkel en Dresde hace dos años consistió en un sistema de aeronave no tripulada (UAS) volando cerca de ella, y el primer ministro japonés Shinzō Abe hizo que un dron aterrizara encima de su residencia. Este artículo indicaba que los oficiales británicos están preocupados de que el Estado Islámico de Irak y Siria (ISIS) trate de bombardear a multitudes en festivales usando drones pequeños.

2. Como una cantidad significativa de publicaciones sobre sistemas aéreos no tripulados procede de la Administración de la Aviación Federal (FAA), en este artículo se usará el término *sistema aéreo no tripulado* (UAS) y es sinónimo de dron, avión pilotado por control remoto (RPA) o vehículo aéreo no tripulado (UAV).

3. Leslie Hauck y John Geis, "Air Mines: Countering the Drone Threat to Aircraft" (Minas aéreas: lucha contra la amenaza de drones a la aviación), *Air and Space Power Journal* 31, no. 1, Verano de 2017, 26–40.

4. *Ibid.* Esto dos artículos emanan de la recientemente creada Fuerza de Tarea de Investigación del Poder Aéreo de la Universidad del Aire y programa electivo asociado con Airpower Vistas.

5. Jamie Conliffe, "ISIS Militants Use Same Drones as Ordinary Folks" (Militantes del ISIS usan los mismos drones que la gente normal), *Gizmodo*, 29 de agosto de 2014, <http://gizmodo.com/isis-militants-use-the-same-drones-as-ordinary-folks-1628376186>. El ISIS mostró cómo un UAS fácilmente disponible podría usarse para fines tácticos.

6. Jody Warrick, "Use of 'Weaponized' Drones by Islamic State Spurs Terrorism Fears" (El empleo de drones 'armados' por el Estado Islámico espolea los temores del terrorismo). *Chicago Tribune*, 27 de febrero de 2017, <http://www.chicagotribune.com/news/nationworld/ct-islamic-state-drones-20170225-story.html>.

7. Los datos de la tabla proceden de: <https://www.parrot.com/us/minidrones/parrot-airborne-night-swat#parrot-airborne-night-swat-details> para el Parrot Airborne Night Swat; <https://www.parrot.com/us/Drones/Parrot-bebop-2> para el Bebop-2; <http://drones.specout.com/1/1103/senseFly-albris> para el Albris; <http://www.dji.com/phantom-3-adv/info#specs> para el DJI Phantom III; <https://www.dji.com/spreading-wings-s1000> para el DJI S1000.

8. "La FAA publica el pronóstico aeroespacial de 2016 a 2036", Administración de Aviación Federal, 24 de marzo de 2016, <https://www.faa.gov/news/updates/?newsId=85227>.

9. Paul Bedard, "Drone Sales Surge 167% to 4.3 million, U.S. leads but China Catching Up" (Las ventas de drones ascienden un 167% a 4.3 millones, EE.UU. es líder pero China se acerca), *Washington Examiner*, 29 de mayo de 2015, <http://www.washingtonexaminer.com/drone-sales-surge-167-to-4.3-million-u.s.-leads-but-china-catching-up/article/2565240>. Este artículo indica que 4,3 millones de drones de consumidor, valorados en 1.700 millones de dólares, se vendieron en todo el mundo en los cinco primeros meses de 2015, lo que representó un salto del 167 por ciento en solo dos años.

10. Mobile Recon Systems fabrica otro cuadricóptero muy capaz. Su cuadricóptero Kitty Hawk HDX4 Supreme Heavy Lift tiene una carga útil de 22 libras (peso total de hasta 41 libras) y un tiempo de vuelo de 30 minutos. Vea http://www.mobilereconsystems.com/?page_id=32 para obtener más detalles.

11. Sitio web de DJI visitado el 2 de febrero de 2016, <http://store.dji.com/compare-phantom-3>. Los precios han bajado \$200 en dos meses, haciendo que los UAS sean incluso más asequibles. El límite de radio de vuelo autónomo sería de aproximadamente 13 millas (35 mph x 23 minutos = 13.41 millas), asumiendo que no hay condiciones de viento; y sitio web de DJI visitado el 6 de diciembre de 2015. El peso de la carga útil incluye también la cámara que es necesaria para la capacidad de vídeo de primera persona, pero no se necesitaría para el vuelo autónomo, http://wiki.dji.com/en/index.php/Phantom_3_Advanced#GENERAL_FEATURES.

12. El geovallado es solamente exacto si el UAS se ha actualizado con la información más reciente. Si cambia el espacio aéreo de un aeropuerto, pero el UAS funciona con datos antiguos, la característica de geovallado será ineficaz para impedir la violación de un espacio aéreo.

13. Sitio web de la compañía DJI, visitado el 27 de febrero de 2017, <http://www.dji.com/product/spreading-wings-s1000-plus>. Este precio incluye el receptor del sistema de posicionamiento global (GPC) y la unidad de guía, así como cierta lógica de controlador de vuelo especial para afrontar una falla de motor, haciendo incluso más difícil derribarlo, ya que puede resistir una falla de motor. Vea también *Spreading Wings S1000+ User Manual V 1.4*, (Manual del usuario del Spreading Wings S1000+ V 1.4), disponible en <http://www.dji.com/spreading-wings-s1000-plus/info#downloads>.

14. Red de Análisis Militar de Científicos Estadounidenses (FAS), visitada el 6 de diciembre de 2015, granada de mano incendiaria AN-M14 TH3, <http://fas.org/man/dod-101/sys/land/m14-th3.htm>. Este sitio hace referencia al Manual de campaña del Ejército de EE.UU. (FM) FM23-30 *Granadas y señales pirotécnicas* (27 de diciembre de 1988).

15. Aviation Metals Inc., sitio web de la compañía, visitado el 8 de diciembre de 2015, http://aviationmetals.net/aluminum_sheet.php. Las aleaciones de aluminio de calidad de aviación estándar se funden a 1180 °F/580 °C. Estas aleaciones de aluminio se usan comúnmente en estructuras de avión y recubrimientos de aeronaves para formar alas, tanques de combustible externos o fuselajes.

16. Sitio web de la compañía Aardvark visitado el 9 de diciembre de 2015, <https://www.aardvarktactical.com/products/caltrops>. Los abrojos de desinflado de neumáticos serían muy efectivos. Estos abrojos tienen tres puntas y siempre caen apuntando hacia arriba. Se puede ensartar cualquier longitud de múltiples abrojos para satisfacer los límites de peso de la carga útil del UAS. Una vez perforado el neumático, el abrojo permanecerá en el neumático para permitir un desinflado rápido. Aunque los neumáticos del avión son robustos, el elevado peso por superficie los hace vulnerables a un desinflado violento si se perforan.

17. Seguridad de aviación, aviones comerciales Boeing, *Resumen estadístico de accidentes de aviones a reacción comerciales, operaciones en todo el mundo, 1959–2014*, agosto de 2015, 20, http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about_bca/pdf/statsum.pdf. Estos datos muestran que de 2005 a 2014 el 13 por ciento de los accidentes fatales se produjo durante las fases de despegue y ascenso inicial, y el 48 por ciento de los accidentes fatales se produjo durante las fases de aproximación final y aterrizaje. Vea también Hauck y Geis, “Air Mines” (Minas aéreas), 26–40.

18. Rollin Bishop, “Record-Breaking Drone Swarm Sees 50 UAVs Controlled by a Single Person” (Emjambre de drones récord de 50 UAV controlados por una sola persona), *Popular Mechanics*, 16 de septiembre de 2015, <http://www.popularmechanics.com/flight/drones/news/a17371/record-breaking-drone-swarm/>. Esta demostración fue llevada a cabo por la Escuela Naval de Posgraduados y demostró la capacidad de controlar 50 UAV simplemente con un piloto. Los UAV podrían mantener la separación segura y respetar los comandos de un piloto; y Steve Crowe, “Tests Show Drone Strikes Could Cause Jet Engine Failure” (Pruebas demuestran que los ataques de drones podrían causar fallas en los motores de los reactores), *Robotics Trends*, 28 de octubre de 2015, http://www.robotictrends.com/article/tests_show_drone_strikes_could_cause_jet_engine_failure_ “Investigadores del Colegio de Ingeniería de Virginia Tech dicen que drones tan pequeños como de 8 libras tendrán efectos devastadores si son absorbidos por los motores turboventiladores de los aviones comerciales”. Actualmente el reglamento de la FAA no requiere que los fabricantes de motores de aviación se prueben contra los efectos dañinos de ingestión de un UAS (como con las aves). Las piezas de plástico duro/metal y las baterías de iones de litio pueden causar daños masivos en los motores de los reactores.

19. Repasos de drones pequeños *Best eBook Drone Tutorial —Build Your Own Quadcopter (Mejor tutorial electrónico de drones-Construya su propio cuadricóptero)*, <http://smalldronesreview.com/2015/10/10/how-to-build-your-own-quadcopter-drone-best-booobook-tutorial/>. Este sitio web tiene muchos libros electrónicos para cubrir una gama de diseños de cuadricópteros caseros.

20. Kelsey D. Atherton, “How Hard Is It to Shoot Down a Small Drone?” (¿Cómo es de difícil derribar un dron pequeño?), *Popular Science*, 14 de abril de 2014, <http://www.popsci.com/article/technology/how-hard-it-shoot-down-small-drone-video-0>. Big Sandy Shoot es un grupo de entusiastas de ametralladoras en Arizona que hicieron volar pequeños UAS delante de su línea de fuego. Los ametralladores necesitaron cientos de tiros y muchas pasadas de UAS volando directamente delante de la línea de fuego para tener ni siquiera un minuto de oportunidad de alcanzar el UAS volado en cooperación. Su evaluación fue que era muy difícil alcanzar un UAS pequeño. Los UAS pequeños sostuvieron impactos de balas en secciones que no eran críticas de la estructura de la aeronave y siguieron volando.

21. Michael S. Schmidt, “Airmail via Drones is Vexing for Prisons” (El correo aéreo mediante drones es problemático para las prisiones), *New York Times*, 22 de abril de 2015, A13, <http://www.nytimes.com/2015/04/23/us>

/drones-smuggle-contraband-over-prison-walls.html?_r=0. Las prisiones están empezando a aer testigos de un aumento del empleo de UAS para suministrar contrabando (drogas, armas, teléfonos celulares, etc.) a prisioneros. Los UAS se hacen volar sobre alambradas altas y aterrizan, o simplemente dejan caer objetos en la propiedad de la prisión. Si un UAS puede burlar guardas armados, cámaras y vallas de forma satisfactoria en un patio de ejercicios relativamente pequeño de una prisión de seguridad intermedia o máxima, debe ser increíblemente fácil volar sobre una valla de perímetro de campo de aviación de la USAF que se extiende durante muchos kilómetros. Incluso si se instalara un vallado por encima del patio de ejercicios de una prisión para impedir el aterrizaje de un UAS, la malla tendría que ser suficientemente pequeña para impedir que los contrabandistas lanzaran pequeños objetos por la malla.

22. Kelsey D. Atherton, "This Device Turns Any Gun into an Anti-Drone Ray" (Este dispositivo convierte cualquier arma en un rayo antidrón), *Popular Science*, 15 de octubre de 2015, <http://www.popsci.com/dronedefender-is-an-anti-drone-rifle-attachment>.

23. Usando un cálculo que suponga que el personal de seguridad con Drone Defenders no estaría separado más de 800 metros (radio de 400 metros por cada Drone Defender), una pista estándar de 11,000 pies de largo requeriría al menos 10 observadores/Drone Defenders para cubrir la longitud/los lados de la pista, más cinco más para cubrir una pequeña rampa de estacionamiento, más al menos 10 observadores/Drone Defenders más para cubrir dos millas más de corredores de aproximación y salida. En total, al menos 25 miembros del personal de seguridad serían asignados como observadores/Drone Defenders de forma continua. Se podría requerir más personal para utilizar dispositivos de visión nocturna durante las horas de oscuridad. Además, este personal estaría fuera (no en un vehículo cerrado o en una torre de vigía) de tener una oportunidad razonable de oír la llegada de un UAS.

24. David Szondy, "US Army Tests Drone-killing 50 mm Cannon" (El Ejército de EE.UU. prueba un cañón de 50 mm para derribar drones), *Gizmag*, 11 de octubre de 2015, <http://www.gizmag.com/us-army-eads-anti-drone-system/39781/>.

25. Edward Lopez, "Army Engineers Demonstrate Anti-drone Technology" (Ingenieros del ejército demuestran tecnología antidrón), *Army.mil*, 5 de octubre de 2015, http://www.army.mil/article/156634/Army_engineers_demonstrate_anti_drone_technology/.

26. *Ibid.*

27. Andrew Tarantola, "The C-RAM Centurion Tears up Warheads with a Stream of Hot Lead" (El C-RAM Centurion destruye ojivas de Guerra con una corriente de plomo caliente), *Gizmodo*, 4 de abril de 2012, <http://gizmodo.com/5907237/the-c-ram-centurion-tears-up-warheads-with-a-stream-of-hot-lead>.

28. Foto cortesía del Aerotécnico Superior Brittany Bateman, a través de Wikipedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:C-RAM_test_fire_JBB_Iraq.jpg.

29. Las cámaras electroópticas (EO) son similares a las cámaras de televisión estándar, que dependen de la luz para capturar una imagen, mientras que la cámara de rayos infrarrojos (IR) usa una diferencia térmica entre el UAS y el fondo para generar una imagen. Los UAS pequeños normalmente tienen una identificación térmica muy pequeña debido a los motores eléctricos (en vez de impulsados por gasolina) que impulsan las hélices.

30. Sitio web de la compañía Boeing visitado el 10 de diciembre de 2015, <http://www.boeing.com/features/2015/08/bds-compact-laser-08-15.page>. Este láser destructor muestra grandes promesas para usar en áreas más congestionadas, ya que no es tan potente que otros lasers destructores que fueron designados para usar en mar abierto.

31. Correo electrónico entre el Sr. Steve Bramlett, gerente de programas del Centro de Investigación, Desarrollo e Ingeniería de Aviación y Misiles del Ejército (AMRDEC) y el autor.

32. Diapositiva de orientación de Bramlett del 26 de enero de 2016 (Annex C). El kit portátil de AMRDEC son todos los componentes electrónicos, pero no está montado en un vehículo. Para bases aéreas austeras en el extranjero, este kit portátil reduciría drásticamente la huella logística. La eliminación de un vehículo ahorrará miles de dólares al no efectuar el mantenimiento de un vehículo que sirve simplemente para montar equipos de Capacidad Integrada Móvil Anti-UAS (CMIC).

33. Syracuse Research Corporation (SRC) Inc., sitio web de la compañía visitado el 10 de diciembre de 2015, <http://www.srcinc.com/what-we-do/radar-and-sensors/lstar-air-surveillance-radar.html>. Este sistema de radar tiene varias versiones para diferentes aplicaciones.

34. Sitio web de Drone Shield, visitado el 2 de febrero de 2016. Los sensores acústicos son una solución más económica o una adición a un sistema completo. Estos sensores acústicos pueden diferenciarse de identificadores de aviones y ruido de UAS. La gama exacta de detección para el sensor omnidireccional no se publica en el sitio web de la compañía. No obstante, el sensor de largo alcance se publica para detectar UAS a distancias de hasta 1 kilómetro e indica que llega 10 veces más que el sensor omnidireccional estándar, lo que implicaría solamente un alcance de 100 metros para el sensor omnidireccional. El sistema Drone Shield puede proporcionar alertas al personal de seguridad cuando se detecta un UAS. La información sobre el sensor omnidireccional puede encontrarse en <https://www.droneshield.com/omnidirectional-sensor>. La información sobre el sensor de largo alcance puede encontrarse en <https://www.droneshield.com/long-range-sensor>.

35. Si no se pueden miniaturizar armas de microondas de alta potencia (HPM) o adaptarse para reducir los daños colaterales, las armas más potentes podrían usarse en lugares austeros, ya que no habría problemas de da-

ñones colaterales comparados con las áreas urbanas modernas. Seguirían existiendo preocupaciones de afectar aeronaves y sistemas electrónicos de la coalición, pero ese riesgo podría mitigarse mediante la disposición de armas de HPM inteligentes en el campo de aviación, así como la buena coordinación cuando se emplean HPM para asegurarse de que no se dañe ninguna aeronave tripulada. Si se protegen/blindan sistemas electrónicos contra HPM, el arma de HPM no será efectiva.

36. Sitio web de la compañía Boeing, “CHAMP—Lights Out” (CHAMP-apagar las luces), 22 de octubre de 2012, <http://www.boeing.com/features/2012/10/bds-champ-10-22-12.page>. El arma del proyecto de misiles avanzado HPM contraelectrónico (CHAMP) de Boeing es un gran ejemplo de un arma HPM de pequeño tamaño y los efectos selectivos que son posibles. Puede disparar la energía de ondas de radio de alta frecuencia selectiva a edificios y objetivos específicos.

37. Sitio web Da-Jiang Innovation (DJI) visitado el 6 de diciembre de 2015, <http://www.dji.com/product/phantom-3-standard/feature?www=v1>. Hay otras varias opciones de enlaces perdidos con diferentes marcas de UAS. Además, supone funcionamientos erróneos de control de vuelo menores e interrupciones de señales de GPS y señales del controlador causarían vuelos a la deriva donde el UAS no responderá a los datos de entrada del controlador y no seguirá el perfil preprogramado de enlaces perdidos. Los vuelos a la deriva podrían ser una fuente inocente de incursiones en el espacio aéreo.

38. El GPS de EE.UU. es el sistema de posicionamiento global usado comúnmente. Galileo es una constelación de GPS europea con una precisión de 1 metro. Bei Dou es el sistema de navegación de GPS chino. La navegación asistida por GPS, aumentada por GEO (GAGAN) es un componente parcialmente terrestre del sistema de navegación indio que aumenta la constelación de GPS de EE.UU. Además de GAGAN, India está creando su sistema de navegación similar a GPS con siete satélites que actualmente forman parte de su Sistema de Satélites de Navegación Regional Indio (IRNSS). Globalnaya Navigazionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS) es el sistema de navegación ruso.

39. Sitio web de la compañía SBG visitado el 20 de enero de 2016, <http://www.sbg-systems.com/products/ellipse-n-miniature-ins-gps>. El Sistema de Navegación Inercial (INS) de miniatura Ellipse-N incorpora también información GPS+ GLONASS/Bei Dou para mantener el INS muy exacto y listo para proporcionar información de navegación si se interfiere la señal de GPS. Este sistema es muy liviano y suficientemente pequeños para ser instalado en un cuadrícóptero/UAS. Este sistema elimina la necesidad de señales exteriores para hacer navegar un UAS al objetivo.

40. Guía de la Administración de Aviación Federal (FAA), “Law Enforcement Guidance for Suspected Unauthorized UAS Operations” (Guía de cumplimiento de la ley para operaciones de UAS sospechosas de no estar autorizadas), sitio web de la FAA visitado el 27 de enero de 2016, http://www.faa.gov/uas/law_enforcement/. Una sección aplicable de esta guía: “Un UAS es una ‘aeronave’ según se define en los estatutos de autorización de la FAA y por lo tanto está sujeto al reglamento de la FAA. 49 U.S.C. § 40102(a)(6) define una aeronave como “cualquier dispositivo inventado, usado o diseñado para navegar o volar por el aire”. El reglamento de la FAA (14 C.F.R. § 1.1) define similarmente una aeronave como “un dispositivo que se usa o se trata de usar para volar por el aire”. Como una aeronave no tripulada es un artilugio/dispositivo que se ha inventado, usado y diseñado para volar por el aire, satisface la definición de aeronave. La FAA ha promulgado reglamentos que se aplican a la operación de todas las aeronaves, ya sea tripuladas o sin tripular, y sea cual sea la altitud a la que opere la aeronave. Por ejemplo, 14 C.F.R. § 91.13 prohíbe que cualquier persona opere una aeronave de manera descuidada o temeraria, para no poner en peligro la vida o la propiedad de otra persona”.

41. El derecho a la defensa propia viene de la ley común. Consulte 3121.01B, “Reglas vigentes de enfrentamiento /Reglas vigentes para el uso de la fuerza de las Fuerzas de EE.UU. (U)”. Vea también: El Centro y Escuela Legales del Auditor General del Ejército, “Ley nacional, Manual de auditores generales de 2013”, Centro Legal y Operaciones Militares del Ejército de EE.UU. de 2013. También se dispone de este manual electrónicamente en <https://www.jagcnet.army.mil/>.

42. Ben Wolfgang, “FAA’s Failure to Regulate U.S. Drone Boom Creates Climate of Confusion” (La FAA, la falta de regulación del aumento de drones de EE.UU. crea un clima de confusión), *Washington Times*, 6 de enero de 2015, <http://www.washingtontimes.com/news/2015/jan/6/faa-failure-to-regulate-us-drone-boom-creates-clim/?page=all>.

43. Según el sitio web del Departamento de Seguridad Nacional (DHS), su misión principal es, “prevenir el terrorismo y aumentar la seguridad”. El DHS indica que “proteger a los estadounidenses contra las amenazas terroristas es nuestro principio básico y nuestra máxima prioridad”. Las responsabilidades contraterroristas del Departamento de Seguridad Nacional se concentran en tres objetivos: (1) prevenir ataques terroristas; (2) prevenir la adquisición, la importación, el movimiento o el uso de materiales y capacidades químicos, biológicos, radiológicos y nucleares no autorizados en Estados Unidos; y (3) reducir la vulnerabilidad de infraestructura crítica y recursos clave, liderazgo esencial y eventos importantes a ataques terroristas y otros peligros. Sitio web del DHS visitado el 2 de febrero de 2016, <http://www.dhs.gov/prevent-terrorism-and-enhance-security>.

44. La información “Zona sin drones” puede encontrarse en el sitio web de la FAA, https://www.faa.gov/uas/no_drone_zone/.

45. Guía de cumplimiento de la ley para operaciones de UAS sospechosos de no estar autorizados, Versión 3, publicada el 11 de agosto de 2016, pág. 5, 8 www.faa.gov/uas/resources/law_enforcement/media/faq_uas-po_lea_gu... Visitado el 29 de marzo de 2017, en lo que se refiere a hacer cumplir las infracciones de UAS: Es muy difícil proporcionar una guía “que se ajuste a todos los casos” en la investigación cooperativa de operaciones de UAS sospechosas de no estar autorizadas... La FAA puede evaluar sanciones civiles de hasta \$27.500. Entre las sanciones se incluyen multas de hasta \$250.000 y penas de prisión de hasta tres años”.

46. Orientación educativa de la Administración de Aviación Federal, “Airspace, Special Use Airspace, and Temporary Flight Restrictions” (Restricciones de vuelos en el espacio aéreo, espacio aéreo de uso especial y temporales), 7, visitado el 27 de enero de 2016, <https://www.faa.gov/uas/files/gslac/courses/content/42/565/Airspace,%20Special%20Use%20Airspace%20and%20TFRs%20-%20Text%20Only.pdf>.

47. Se requiere que los pilotos de UAS se registren como pilotos de UAS conectándose al sitio web de la FAA <https://www.faa.gov/uas/registration/> y pagando cinco dólares. Los pilotos de UAS imprimen después un número de registro para pegar en sus UAS y dejar saber a las autoridades quiénes son los propietarios de los UAS si se encuentran.

48. Sitio web de Sistemas Infrarrojos hacia Adelante (FLIR) visitado el 6 de diciembre de 2015, <http://www.flir.com/surveillance/display/?id=63907>. Las tecnologías FLIR han desarrollado capacidades de cámaras térmicas increíbles como su cámara de alta resolución (HRC) Ranger.

49. Liz Klimas, “‘Silent Strike’ Laser Weapon Burns Down a Drone in 15 Seconds” (Arma láser ‘Silent Strike’ quema un dron en 15 segundos) *The Blaze*, 28 de agosto de 2015, <http://www.theblaze.com/stories/2015/08/28/silent-strike-laser-weapon-burns-down-a-drone-in-15-seconds/>. Este artículo resalta el sistema de armas láser compacto “Silent Strike” de Boeing y cómo puede dañar un UAS de prueba solamente 15 segundos después de disparar su arma láser.

50. El costo estimado es una orden aproximada de magnitud de Steve Bramlett, el programa de Capacidad Integrada Móvil Anti-UAS (CMIC) liderado en AMRDEC, por medio de un correo electrónico al autor el 9 de diciembre de 2015.

51. Samuel Gibbs, “Nearly 300,000 Civilian Drones Were Registered in US in 30 days” (Se registraron casi 300.000 drones civiles en EE.UU. en 30 días), *The Guardian*, 26 de enero de 2016, <http://www.theguardian.com/technology/2016/jan/26/300000-civilian-drones-registered-in-us-compulsory>. El registro de UAS con la FAA se produjo aproximadamente 10.000 veces al día después de que la FAA formalizara el requisito de registro para pilotos de UAS. Aunque esto implica que los pilotos registrados tratarán de cumplir con el reglamento, este número no tiene en cuenta los UAS fabricados y volados de forma ilegal.

52. Kelsey D. Atherton, “FAA Tests System to Let Drones Sense and Avoid Obstacles” (La FAA prueba sistema para dejar que los drones detecten y eviten obstáculos), *Popular Science*, 13 de noviembre de 2015, <http://www.popsci.com/faq-tests-drone-obstacle-avoidance-system>. Los sistemas para detectar y evitar obstáculos pueden usar redes de teléfonos celulares para comunicar las posiciones de UAS a fin de ayudar a los UAS a armonizar sus rutas de vuelo. Un UAS no cooperativo (hostil) podría quedarse fuera de este sistema para permitir más libertad de operación sin ser detectado.

53. Sitio web de la Base Conjunta Eustis–Langley, visitada el 29 de marzo de 2017. La primera Escuadra de Aviones Caza utiliza el avión caza F-22 de funciones múltiples de dominio del aire con un valor que asciende a \$143 millones por unidad. Vea <http://www.jble.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/257723/f-22-raptor>. Según el sitio web de Lockheed Martin, visitado el 6 de diciembre de 2015, afirma que una variante del F-35 (F-35A) de la USAF costará US\$98 millones, <https://www.f35.com/about/fast-facts/cost>. El kit portátil de CMIC de AMRDEC se estima que vale US\$2,1 millones según Steve Bramlett de AMRDEC mediante el correo electrónico al autor el 9 de diciembre de 2015.



Teniente Coronel Thomas S. Palmer, USAF, está asignado al Colegio de Guerra Aérea, Universidad del Aire, Base de la Fuerza Aérea Maxwell, Alabama. Es un piloto muy experimentado de la Fuerza Aérea de EE.UU. en el F-15E “Strike Eagle” y su empleo táctico y procesos de adiestramiento de tripulaciones aéreas. Tiene también gran experiencia sirviendo en Corea del Sur, primero con oficial de enlace aéreo con el Ejército de EE.UU., y años después en el Estado Mayor de la Comandancia de las Fuerzas de EE.UU. en Corea en Seúl, Corea del Sur. El Teniente Coronel Palmer también estuvo al mando recientemente de una escuadra de adiestramiento formal de F-15E en la Base de la Fuerza Aérea Seymour Johnson, Carolina del Norte.



Dr. John P. Geis II, Coronel, USAF, retirado, **PhD.** (MA, Universidad del Aire; MS, Universidad de Auburn; BA, MS y PhD, Universidad de Wisconsin) es el director de la Fuerza de Tarea de Investigación del Poder Aéreo en la Base de la Fuerza Aérea Maxwell, Alabama. Fue el jefe de meteorología de WISC-TV antes de pasar al servicio activo en 1983. Su carrera de la Fuerza Aérea abarcó operaciones de adiestramiento y combate en las que pilotó T-37, AT-38B, T-43, dos variantes del F-111 y el helicóptero armado de operaciones especiales AC-130H. El Coronel Geis, graduado distinguido y ganador del Premio del Comandante, en el Colegio de Mando y Estado Mayor del Aire, fue coautor de la monografía de Futuros Alternativos para el estudio de la Fuerza Aérea de 2025. En 1998–2000, sirvió como director de planificación estratégica, doctrina e integración de fuerzas para todas las fuerzas especiales de la Fuerza Aérea de EE.UU. A partir de 2001, el Coronel Geis sirvió como director del Centro de Estrategia y Tecnología de la Fuerza Aérea de EE.UU., posición que ocupó durante ocho años. Durante este tiempo, él y su equipo crearon lo que se conoce como el Programa Horizontes Azules, que examina las implicaciones estratégicas de tecnología emergente.