



4^{to} Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica



DRONES Y TRÁNSITOS AÉREOS ILEGALES: LOS DESAFÍOS URGENTES DEL ESPACIO AÉREO DE BAJA COTA

A. Aguirre^a

^a Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF). J. B de La Salle 4397 (1609), Villa Martelli Buenos Aires, Argentina. <http://www.citedef.gob.ar>

Palabras claves: Drones, Controlado, Ilegal, Defensa

Resumen

No registra novedad alguna el creciente tránsito aéreo en el espacio aéreo de baja cota, tanto el Plan Nacional del Radarización de 1996, como el Sistema Nacional de Vigilancia y Control Aeroespacial (SINVICA) de 2004, ya habían tenido en cuenta la mencionada circunstancia.

Durante décadas el espacio aéreo de baja cota (menor a 3000ft), fue utilizado por unos pocos servicios de la aviación general y en zonas restringidas, muchas veces coincidentes con el aeroespacio definido como “espacio aéreo no controlado”, pero en los últimos 20 años dos actores fundamentales han poblado ese segmento de vuelo, cuyo control representa un desafío para las autoridades locales; primero fueron los denominados Tránsitos Aéreos Ilegales (TAI's), y en los dos últimos años los sistemas aéreos no tripulados (UAS) denominados vulgarmente “Drones”.

Los TAI's más convencionales son aeronaves tripuladas, monomotor o bimotores de baja velocidad que intrusan el aeroespacio nacional con diversos fines, generalmente ilegales, pero claramente sin plan de vuelo establecido, y los “Drones” son aparatos voladores cercanos a un juguete recreativo cuyo vuelo puede representar: un riesgo para la navegación aérea, un riesgo para las personas que se encuentren en superficie y una posible violación a la Ley de Inteligencia Nacional, si estuvieran dotados de algún elemento de observación o de interferencia de comunicaciones u otros sistemas electrónicos.

Ciertamente representa un gran desafío para un Estado implementar medidas de control para un segmento de vuelo, que naturalmente es No Controlado.

El presente trabajo presentará algunas alternativas de conceptos regulatorios de dicho espacio, explorar hasta donde volver cooperativos sistemas que actualmente no lo son, exponer algunas ventajas de la implementación del concepto de multilateración y finalmente disminuir el número de blancos que deberían ser pasados al segmento propio de la Defensa Nacional.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo aborda una problemática en curso; seguramente posea algunas hipótesis que serán confirmadas o rechazadas conforme la dinámica del problema presentado converja a unas características más previsibles que las que hoy posee.

La utilización del espacio aéreo inferior, particularmente los segmentos denominados por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) como: espacio aéreo no controlado o espacio Clase F y Clase G [1], han experimentado una creciente utilización debido al incremento de vehículos aéreos, que tripulados o no, hacen uso del mismo. Aquí se abordará los casos vinculados a aeronaves civiles, puesto que frente a una agresión deliberada se activarán los mecanismos constitucionales establecidos para la Defensa Nacional.

Hasta dos décadas atrás el segmento del espacio aéreo de “baja cota”, que a los efectos del presente trabajo definiremos como menor a 3000ft sobre el suelo del lugar, era utilizado mayoritariamente por lo que se conoce como “aviación general”, esto es, aeronaves privadas de pequeño porte de ala fija o móvil para transporte de personas, fumigadores, aeronaves de lucha contra incendio y ocasionalmente globos aerostáticos de vuelo libre para recreación o sondeo atmosférico.

Pero la actualidad demuestra un uso más intenso de este segmento del espacio aéreo. El incremento de la actividad aérea sin plan de vuelo, denominado tránsito aéreo ilegal (TAI), con diversos fines muchas veces ilícitos, la irrupción de pequeños aerodinos recreativos de ala fija o móvil no tripulados (“drones”) y la intensificación del vuelo deportivo con ala flexible, han planteado el desafío complejo de establecer algún nivel de control sobre este segmento espacial definido como No Controlado.

En las secciones que siguen se presentarán distintas medidas a considerar, que permitan al menos, incrementar el control de este volumen y ha de destacarse que el control del espacio aéreo civil tiene como único objetivo la disminución de la probabilidad de ocurrencia de accidentes o incidentes, y que al momento de escritura del presente trabajo algunos incidentes (ocurridos localmente o fuera de país) con aeronaves recreativas no tripuladas vuelven necesario el planteo del presente problema y el abordaje de alternativas para algún tipo de solución, al menos de manera parcial o provisoria, hasta tanto puedan establecerse regulaciones definitivas sobre el particular.

2. LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO AÉREO DE BAJA COTA

La concepción clásica sobre la actividad en el espacio aéreo no controlado de baja cota, estaba relacionada exclusivamente a los vuelos ilícitos para transporte de personas o mercancías o directamente a un atentado terrorista o una acción de ataque militar. Así lo expresa la propia legislación vigente, donde en el Decreto [2] que establece el Sistema Nacional de Vigilancia y Control Aeroespacial (SINVICA) donde puede leerse: “...*Que dado el incremento que ha tenido la actividad de vuelos ilícitos a nivel mundial y más específicamente a nivel regional, relacionados con el contrabando y el uso del medio aéreo como elemento terrorista, se hace imprescindible poder contar con radares y sistemas que realicen un control efectivo del aeroespacio, de manera de proteger el tránsito aéreo en el ámbito nacional, el desarrollo económico del País y la seguridad de sus fronteras...*”

Ciertamente se vuelve necesaria una visión más amplia y detallada del problema. Si bien ha habido un incremento de vuelos ilícitos relacionados al tráfico de mercancías y personas, los TAI, es decir aquellos vuelos carentes de Plan de Vuelo, son una costumbre que posee demasiados años. Pequeñas aeronaves particulares que vuelan entre pistas privadas y fumigadores fueron los habituales usuarios de este segmento sin presentar su correspondiente Plan de Vuelo; donde es preciso aclarar que muchas veces esa situación es deliberada, y en otras la localización de los aeródromos [3] (fundamentalmente los privados, de uso agro-aéreo o de alterativa), se encuentran a nivel de tierra, fuera del alcance de la Red de Estaciones Avanzadas de VHF Aeronáutico (REAVA) y por lo tanto solo podrán adelantar su Plan de Vuelo cuando ingresen en la zona de cobertura.

Claramente la ausencia de Plan de Vuelo impide un Control de Tránsito Aéreo (ATC), y por lo tanto la probabilidad de incidentes o accidentes se incrementa; como en general estas operaciones aéreas no invaden el espacio aéreo de baja cota controlado que establecen las sendas de aterrizaje y despegue de los aeropuertos vinculados a la aviación comercial, la ocurrencia de incidentes o accidentes entre estas pequeñas aeronaves muchas veces no toma estado público.

Las circunstancias se han complejizado desde 5 años a esta parte, debido a la disponibilidad económica para construcción y venta de aeronaves no tripuladas (UAS o “drones”) de ala fija o móvil, de distinto porte fundamentalmente pequeño, menor a 5 kg. Esta circunstancia, que excede a la República Argentina, se produce en medio de un marco regulatorio nacional existente [4] y otro de reciente elaboración [5] que en cualquier caso no alcanza a abarcar la totalidad del problema. Así las cosas, el espacio aéreo nacional de baja cota, registra un gran

aumento de TAI's, sean tripulados o no, y es de esperar a mediano plazo, que para ciertas zonas del territorio, la utilización de este segmento del espacio aéreo supere al espacio aéreo controlado utilizado por la aviación comercial. Bajo este supuesto, es que en la sección posterior se proponen una serie de acciones que permitan aplicar "algún nivel de control" sobre este segmento del aero-espacio.

3. EL PROBLEMA DEL CONTROL AEROESPACIAL A BAJA COTA

El problema de la identificación y control en vuelos, legales o no, de baja altura posee dos características fundamentales: la primera es la dificultad tecnológica para la identificación mediante RADAR primario y secundario (SSR) debido a la existencia de una "zona de sombra" (ver Figura 1), bajo el lóbulo principal del RADAR, circunstancia que el mundo militar fue hábilmente aprovechada por los Pilotos Argentinos, Aeronáuticos y Navales, durante el Conflicto de Malvinas [6]; la segunda es la característica no colaborativa que presentan las mencionadas aeronaves lo cual no permite instrumentar sistemas de identificación mediante estructuras de sensores conocidas como "multilateración" [7].

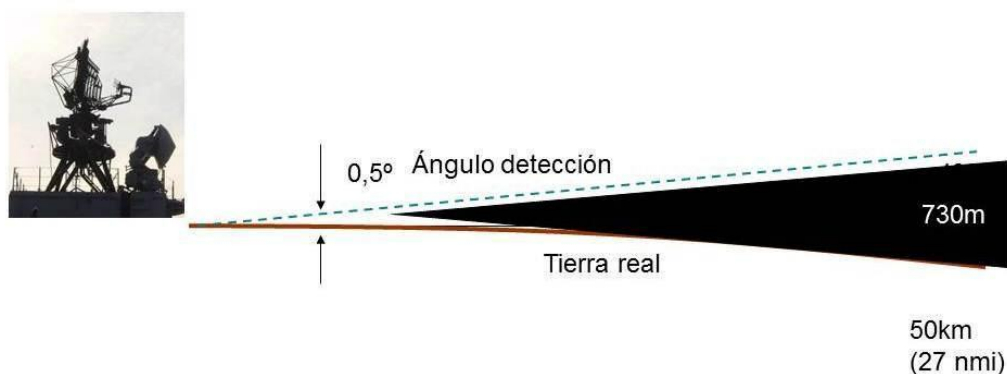


Figura 1: Cono de sombra de un RADAR hasta los 50km.

Ambas circunstancias no hacen más que complicar el problema, a lo cual podría sumarse el componente cultural que asocia los pequeños "drones" a la figura de un juguete inofensivo[8] que puede usarse en casi cualquier entorno, circunstancia absolutamente lejana a asociarlo a un TAI, y peor aún, no solo no posee Plan de Vuelo, tampoco posee certificaciones aeronáuticas, y la vez su reducido tamaño vuelve compleja la detección por medios electrónicos convencionales, fundamentalmente cuando utilizan espacios de baja cota sobre territorio ampliamente urbanizado.

4. HACIA UN ABORDAJE INTEGRAL DEL

PROBLEMA 4.1. Sobre los aspectos técnicos

A modo de concepto inicial es preciso esclarecer que el control del espacio aéreo de baja cota, en un desafío técnicamente posible pero económicamente inviable para el ámbito civil.

Bajo circunstancias bélicas, y donde la vigilancia de este espacio es imprescindible, se viene utilizando hace años con bastante éxito un RADAR transportable conocido como "Giraffe" (ver Figura 2), que actúa como un "llenador de huecos" (en inglés: gap filler) y provee una eficaz vigilancia de baja cota pero en volúmenes de espacio reducidos (aprox. 10km). Claramente la extensa frontera norte de la República Argentina necesitaría de un número elevado de medios de este tipo, del recurso humano necesario por su operación y el tren logístico de mantenimiento necesario a tal fin; es decir económicamente inviable.

Para el caso de los pequeños "drones", la circunstancia de la detección se ve dificultada por su baja área transversal al RADAR (RCS) y por lo tanto el camino de la detección debe buscarse mediante otros métodos.

Como puede apreciarse, en principio, se tienen 2 grandes grupos de TAI's, aquellos que poseen una RCS (típicamente mayor a $1m^2$) suficiente para reflejar una onda electromagnética que luego pueda ser detectada, y aquellos de reducida RCS (típicamente menor a $0,5m^2$) donde la idea de detección por dispersión electromagnética si bien es tecnológicamente posible, económicamente se vuelve costosa.

Frente al escenario descrito se presentan algunas alternativas posibles tanto en el aspecto técnico como en el regulatorio.

Para la detección no cooperativa para vuelos de baja cota, inclusive para medios de baja detectabilidad, puede implementarse el viejo concepto de detección multiestática (ver Figura 3), con las evoluciones que esté ha registrado [9].



Figura 2: RADAR Transportable “Giraffe”

El concepto multiestático (ver Figura 4) se resume en una estación transmisora sincronizada con un número determinado estaciones de recepción que se encuentran distribuidas en un área de interés, que pueden recibir parte de la señal dispersada por el blanco.

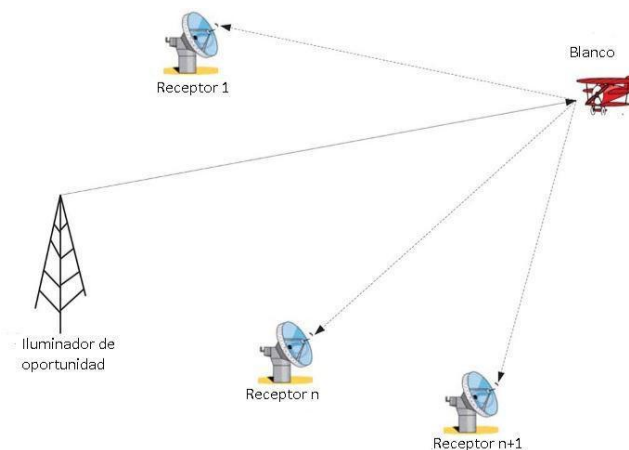


Figura 3: RADAR Multiestático

La evolución tecnológica en materia de recepción y procesamiento de señales RADAR, ha permitido expandir esta técnica a otras posibilidades como la detección por oportunidad [10], donde lo que se utiliza como señal de transmisión es la energía irradiada por un sistema, preferentemente, de potencia constante como ser emisiones de radiodifusión y TV analógica o digital entre otras. Estas emisiones, que evidentemente son fáciles de identificar, son dispersadas por el blanco en cuestión y recibida por una o más estaciones de la red de recepción multiestática que mediante un procesamiento adecuado inician la tarea de seguimiento. Este sistema de “oportunidad” posee respecto del multiestático convencional dos características, en principio su valor reducido representa una ventaja, pero claramente las señales de oportunidad están disponibles en cercanías de entornos poblados, fuera de ellos el sistema debe ser multiestático convencional

Los resultados obtenidos mediante esta técnica son igualmente aplicables a aeronaves tripuladas y UAV’s.

Otra alternativa, también basada en un principio bien conocido pero optimizada por el desarrollo tecnológico, es la aplicación de la detección de señales por el “tiempo de arribo” (con siglas en inglés: TOA) [11]. La distribución de antenas receptoras, sincronizadas con una señal de origen, que puede ser: propia del sistema, de oportunidad provista por algún servicio, o del propio canal de control en el caso de los “drones”, puede ser

procesada por el análisis de fase de la onda recibida, donde en un análisis combinado de todas las estaciones que estén recibiendo la señal, puede determinarse la localización del blanco no cooperativo en operación.

A estos sistemas de detección de blancos no cooperativos pueden sumarse, los conocidos sistemas de registro de firma acústica y óptica (visible e infrarroja), que si bien son de corto alcance (menor a 5km), permiten establecer un seguimiento efectivo si el blanco entra dentro de su cobertura.

Finalmente debe señalarse que los sensores no solo pueden estar emplazados en tierra, desde los años 60 se ha extendido el uso de Radares tipo “*look down*” (del inglés: mirar hacia abajo) embarcado en aeronaves que el mundo militar conoce como AWACS (acrónimo del inglés: Airborne Warning and Control System), cuya implementación más conocida es la aeronave Boeing E-3 “Sentry”. Un sistema militarmente eficiente y desequilibrante en el combate electrónico, pero inviable en términos económicos para la vigilancia civil, y de disponibilidad restringida por razones estratégicas. Aun así, el concepto de vigilar “desde al aire” es válido y por un presupuesto razonable, pueden emplazarse sensores en aeronaves “mas livianas que el aires”, dirigibles o globos cautivos, que vienen mostrando buenos resultados para la vigilancia del espacio aéreo de baja cota [12].

Los tiempos modernos han superado las barreras entre los distintos sistemas de detección y actualmente se busca una detección combinada, es decir basada en la firma espectral, acústica y óptica del blanco más completa que pueda obtenerse; para el ámbito civil (forzosamente cooperativo) este paradigma tiene un nombre y definiciones concretas: multilateración. Las técnicas antes presentadas, utilizadas en conjunto, podrían tomarse como un sistema de multilateración no cooperativo, algo bastante común en el ámbito de Defensa, pero que para el escenario aéreo planteado, haciendo una adecuada ponderación presupuestaria, podría desplegarse en las zonas que resulten de interés.

4.2. Sobre los aspectos normativos

A los efectos de intensificar el control de aeroespacio se propone abordar de manera simultánea el aspecto normativo/legal.

Es evidente que sobre las aeronaves tripuladas que intrusan en aeroespacio nacional, solo pueden establecerse los mecanismos de acción previstos por la Ley, que implican una detección, seguimiento y persuasión para forzar un aterrizaje seguro posibilitando la actuación en tierra de las Fuerzas Federales de Seguridad. El postergado debate sobre la conveniencia o no de contar con una Ley de tiro de derribo es un aspecto que excede los alcances del presente trabajo.

Pero el caso de los sistemas no tripulados (UAV, UAS o “drones”), independientemente de su tamaño, de sin son de ala fija o móvil o sin son medios comprados “llave en mano” o ensamblados “ad-hoc”; sí pueden establecerse aspectos regulatorios de cumplimiento no evadible, esto es regulaciones “pre-venta”.

Estos requisitos no son nada novedosos, puede citarse la venta de armas de fuego, donde para su adquisición es necesario demostrar legalmente que la persona está habilitada como legítimo usuario, y para ello a su vez debe cumplir los requisitos de idoneidad en tiro.

Bajo esta analogía pueden estructurarse una serie de medidas que regulen la venta en sí de los medios para uso final o de las partes constitutivas del mismo, fundamentalmente de los sistemas electrónicos de control y guiado del mismo.

Las regulaciones propuestas, alguna de ellas están expresamente mencionadas en la Resolución ANAC 527/2015, apuntan a establecer requisitos de idoneidad para el control de estas aeronaves por parte de los usuarios/pilotos y poseer un adecuado y actualizado registro de los mismos. Donde los aspectos a exigir más significativos han de ser un exhaustivo conocimiento de: las restricciones para áreas de vuelo, la necesidad del resguardo de la seguridad del espacio aéreo como bien estratégico y la preservación de las libertades públicas ya sea para transitar por la superficie del terreno sin sufrir accidentes y para resguardar aspectos de la vida privada que pudieran ser vulnerados por medio de la utilización de sensores aerotransportados, constituyendo una clara violación a Ley De Inteligencia Nacional.

El otro aspecto regulatorio a considerar “pre-venta”, es la exigencia en el cumplimiento de ensayos de Compatibilidad Electromagnética (EMC) de la electrónica de tierra y embarcada, así como la certificación de los procedimientos de recupo para el caso de la pérdida del vínculo electromagnético de control, ya sean estos: de regreso al origen, de descenso seguro o de accionamiento de paracaídas.

Sobre la EMC, la Resolución ANAC 527/2015 en su Anexo, Capitulo II, Artículo 17 reza: “...*Los vehículos aéreos pilotados a distancia o sistemas de vehículos aéreos pilotados a distancia deberán contar con medidas adecuadas para su protección contra actos de interferencia ilícita, conforme a la reglamentación que oportunamente aprobará la autoridad aeronáutica...*”. Claramente, la normativa deja en claro la necesidad de un

regulación específica posterior, sin embargo hace mención explícita a “actos de interferencia ilícita” que merecen aclararse. Los actos de interferencia electromagnética son un Delito Federal, cuando no, una medida de combate electrónico conocida como “Contramidas Electrónicas”, es decir la operación electrónica que busca impedir o disminuir la utilización de espectro electromagnético por parte del oponente.

Afortunadamente este no es el escenario a que referencia el presente trabajo, pero las circunstancias distan de ser sencillas. Los “drones” vuelan a baja altura, y para entornos densamente poblados, por debajo de los 300m de altura se encuentran señales electromagnéticas provenientes de distintos servicios como: la radiodifusión comercial por AM y FM, los sistemas de Televisión, los servicios vinculados a la telefonía móvil y Wi-Max entre otros. Es dable suponer que la resultante vectorial de estos campos electromagnéticos, sin ser ilícita, pueda resultar en una interferencia sobre la electrónica de control de tierra o la embarcada, causando en la aeronave un comportamiento no predecible. La exigencia de un adecuado ensayo “pre-venta” de EMC [13] permitirá conocer el grado de inmunidad electromagnética de la electrónica involucrada para luego evaluar si la misma está en condiciones o no de ser aplicada en estas aeronaves.

Otra circunstancia exigible para la venta de los UAV (o de su electrónica) es la presencia de un identificador por radiofrecuencia (RFID), esta circunstancia los volvería automáticamente cooperativos, es decir localizables y por lo tanto los complejos sistemas de detección deberían re-pensarse.

Finalmente queda pendiente la elaboración de un procedimiento de actuación frente a la denuncia de invasión de la intimidad, o de peligro de aterrizaje no controlado producido por la presencia de un UAV. Si bien se han experimentado algunos derribos por medios electrónicos o la captura de los mismos mediante un UAV de mayor porte [14], la necesidad de regular estos procedimientos es perentorio, al menos al solo efecto de evitar alguna iniciativa personal de “tiro al segno”, circunstancia que no haría más que profundizar el incidente.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo busca presentar una correcta caracterización de los vehículos aéreos que resultan usuarios del espacio aéreo de baja cota. La ausencia de un Plan de Vuelo, los hace tránsitos aéreos ilegales. Esto abarca desde una aeronave monomotor, un parapente o un UAV.

Para establecer algún grado de control, sobre un segmento del aeroespacio naturalmente no controlado, se proponen sistemas distribuidos de bajo costo que constituyen una “Radarización” ampliada; esto es exceder el viejo concepto que establece que “Radarizar” es poseer radares.

A su vez es de esperar que se establezcan las regulaciones necesarias que permitan, tanto realizar certificaciones “pre-venta”, como los procedimientos de cese de vuelo ilegal frente a la denuncia del mencionado delito.

Finalmente, es preciso señalar que la elaboración e implementación de las medidas sugeridas, requieren una “masa crítica” de expertos calificados cuya disponibilidad local merecería ser analizada con atención, como paso inicial de cualquier empresa compleja a emprender.

REFERENCIAS

- [1] *Air Traffic Services*, Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation, 13th ed, International Civil Aviation Organization, 2001.
- [2] *Sistema Nacional de Vigilancia y Control Aeroespacial*, República Argentina, Decreto 1407, 2007.
- [3] *Manual de Aeródromos de la República Argentina*, ANAC, Buenos Aires, 2013.
- [4] *Ley 17.285*, Código Aeronáutico, República Argentina, 1967.
- [5] *Resolución 527*, ANAC, Buenos Aires, 2015.
- [6] E. Armistead, “*Awacs and Hawkeyes*”, St Paul, MN MBI Publishing Company, 2002.
- [7] *Manual on Surveillance Multilateralism*, ICAO, Montreal, 2007
- [8] A. Aguirre, “UAV’s: del modelismo a un sistema militar, marco regulatorio”, 3er Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica, La Plata, 2014

- [9] H. D. Griffiths, “New Directions in Bistatic Radar”, in *IEEE RADAR Conference*, Rome, Italy, 2008.
- [10] J. Palmer *et al*, “ Illuminator of Opportunity Bistatic Radar Research at DSTO”, *International Conference on Radar*, Adelaide, Australia, 2008.
- [11] J. Vidal *el al*, “High resolution time-of-arrival detection for wireless positioning systems”, *IEEE 56th Vehicular Technology Conference*, Vancouver, Canada, 2002.
- [12] A. Colozza *et al*.(2005). *High-Altitude, Long-Endurance Airshipsfor Coastal Surveillance* [Online]. Available: <http://gltrs.grc.nasa.gov>
- [13] *Guide To Certification Of Aircraft In A High-Intensity Radiated Field (HIRF) Environment*, EUROCAE ED 107, 2012.
- [14] M. Goodrich (2016, Jan 7). *Drone Catcher: "Robotic Falcon" can Capture, Retrieve Renegade Drones* [Online]. Available:<http://www.mtu.edu/news/stories/2016/january/drone-catcher-robotic-falcon-can-capture-retrieve-renegade-drones.html>