

TERCERA SECCIÓN

Desafíos jurídicos planteados al Derecho Internacional Aéreo por las aeronaves totalmente autónomas (o conducidas por inteligencia artificial)

Griselda Capaldo *

RESUMEN

El presente trabajo corresponde a una parte del relato presentado por la autora ante el XXXII Congreso Argentino de Derecho Internacional, celebrado en Buenos Aires entre los días 9 y 11 de noviembre de 2021. El extenso relato, titulado “Desarrollos recientes y análisis prospectivo del Derecho Internacional Aéreo”, consta de tres secciones:

La primera, relativa a “Aviación y cambio climático. Esquema CORSIA implementado por la OACI”, contiene la esencia del primer capítulo del libro “Cambio climático, aviación comercial y mercado de bonos de carbono. Aspectos legales y técnicos”, que se descarga online desde el enlace: http://www.derecho.uba.ar/publicaciones/libros/pub_libros_deraeronautico.php

La segunda sección se refiere al “Convenio de Chicago de 1944 sobre aviación civil internacional. Planteos sobre la necesidad de su modificación”.

La tercera y última es la que prestamos en este escrito. En ella se aborda la utilización de los algoritmos de inteligencia artificial (IA) en la aeronavegación y cómo ello impactará en el ámbito de aplicación en razón de la materia y de las personas de los tratados internacionales que regulan distintos tópicos (concretamente, hechos y relaciones jurídicas) vinculados a o generados por la aviación civil. Por lo tanto, todo lo relativo a las aeronaves privadas pilotadas a distancia, así como la aviación militar y demás tipos de aeronaves públicas, quedan excluidos del alcance de este relato.

El texto completo de la presentación hecha ante el XXXII Congreso será publicado en breve por la AADI (Asociación Argentina de Derecho Internacional) como parte de sus *Anuarios*.

Palabras clave

IA, aeronaves totalmente autónomas, Convenios relativos al derecho internacional aéreo,

SUMARIO SECCIÓN III

I. Introducción. **II.** Somera descripción de los algoritmos de inteligencia artificial y su aplicación a la aeronavegación. **III.** Aeronaves totalmente autónomas o conducidas por IA. 1. Su distinción con las aeronaves pilotadas a distancia o remotamente (RPAS). **IV.** Desafíos planteados para su regulación en los tratados internacionales de derecho aéreo vigentes. 1. Consecuencias jurídicas derivadas de la ausencia de comandante y tripulación a bordo o remota. 2. Replanteo de la distribución de derechos, obligaciones y responsabilidades a partir de la figura del comandante de la aeronave y de la tripulación a bordo. **V.** Conclusiones. **VI.** Colofón.

* Griselda Capaldo es Doctora en Derecho (UBA, 1998); Investigadora Principal del CONICET; Profesora Titular (regular) de la cátedra de Derecho de la Navegación por Agua y por Aire; Post-doctoral Fellow de la Alexander Von Humboldt Stiftung – Universität zu Köln; Directora de equipos interdisciplinarios de investigación acreditados por la UBA (desde 2000).

I. INTRODUCCIÓN

Los primeros vehículos aéreos no tripulados fueron desarrollados, casi en simultáneo, por Gran Bretaña y EEUU durante la primera guerra mundial, a partir del control remoto de un objeto por ondas de radio del inventor Nikola Testa. Si bien ninguno fue empleado durante el enfrentamiento bélico, lo cierto es que sentaron las bases para su desarrollo futuro.

Hoy día tenemos pequeños robots llamados coloquialmente "drones", respecto de los cuales hay dos tecnologías diferentes:

1. Los pilotados remotamente
2. Los conducidos por IA

En esta Sección III me focalizaré en los segundos, por ser los que mayores desafíos plantean al derecho en general y al derecho internacional aéreo en particular.

Pero antes de adentrarme en ese tópico, haré un paneo sobre los algoritmos de IA.

II. SOMERA DESCRIPCIÓN DE LOS ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU APLICACIÓN A LA AERONAVEGACIÓN.

La IA, como tal, queda subsumida dentro de las "tecnologías de propósito general". Lo que las caracteriza es la diacronía, es decir, el retraso normativo que suelen generar las grandes olas disruptivas, como lo fueron el motor a vapor o la electricidad, en su momento, para luego ser la red de redes o Internet y ahora lo es la IA.

Para el DRAE, un algoritmo es un conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema. Añadiríamos a eso, que se trata de una especificación no ambigua para hacer cálculo, procesar datos y para el razonamiento automático. Lo criticable de la definición ensayada por el DRAE es que la centra en dos adjetivos "ordenado" y "finito", el segundo de los cuales, a nuestro entender, debiera ser reemplazado por el vocablo "infinito" al momento de definir las IA más evolucionadas, pues ellas generan procesos de *autoconocimiento*, o si se prefiere, de *conocimiento autónomo*, es decir, el/los ingeniero/s en software que la hayan programado, no tendrían necesidad de volver a intervenir para cargarle nuevos datos al código base porque la IA adquirirá conocimientos nuevos por sí misma.

En diciembre de 2018 un grupo de científicos austríacos consiguió un avance fundamental para el futuro *Internet cuántico*, al lograr establecer una comunicación cuántica con código indescifrable entre 4 participantes activos en una red. Antes se había hecho con 2. El equipo austríaco proveyó a los 4 participantes de fotones entrelazados cuánticamente desde una misma fuente para que todos generen su clave y la utilicen en una comunicación imposible de ser detectada. Una ventaja decisiva de esta arquitectura es su flexibilidad.

El desarrollo descrito en el párrafo anterior descansa en estudios comenzados en los años 50, cuando el físico Richard Feynman, junto a otros, hablaron del potencial de la computación cuántica. Treinta años después esos estudios se afianzaron y entre 2011 y 2015 se empezaron a construir los primeros ordenadores cuánticos.

La física cuántica permite crear dos tipos de claves indetectables, tanto para el emisor como para el receptor, ya que utiliza un intercambio de fotones y, según las leyes de la física cuántica, es imposible copiar sin error el estado cuántico de un fotón en particular. La presencia de un tercero que intente espiar el intercambio genera anomalías que hacen que sea detectado.

La criptografía cuántica garantiza la completa confidencialidad de la información transmitida. Su seguridad descansa en las bases de la mecánica cuántica, por lo que es físicamente imposible de romperla.

Además, la computación cuántica permitirá resolver tareas que a los ordenadores convencionales les llevaría miles de millones de años.

Desde entonces, solo cabe una conclusión: la computación cuántica es el futuro. Son máquinas infinitamente más potentes que las actuales, que pueden romper las encriptaciones de las que se dispone hasta ahora, incluso en casos tan complejos como el comercio electrónico y la generación de monedas electrónicas mediante cadenas de bloques (*blockchain*).

La piedra fundamental son los *qubit*, que se basan en elementos cuánticos, como átomos fríos, iones o fotones, que por su naturaleza pueden estar en superposición. Esto es lo que multiplica exponencialmente las capacidades de cálculo.

En 2018, IBM llegó a los 15 bits cuánticos (*qubits*). En julio de 2021, un equipo de ingenieros de la Universidad de Ciencia y Tecnología de China, liderado por Jian-Wei Pan, presentó el computador cuántico Zuchongzhi con capacidad de manipular 66 *qubits* simultáneamente.

Los bits clásicos tienen dos posibles valores: 0 o 1, como todos sabemos. Con la ayuda de transistores se obtienen compuertas lógicas que, combinadas, pueden resolver cualquier problema que sea computable. En la Internet clásica los datos viajan a través de cables en forma de bits clásicos, un flujo de pulsos eléctricos u ópticos que representan 1 y 0, unos y ceros. Cualquier *hacker* que logre conectarse a los cables puede leer y copiar esos bits en tránsito.

En la computación cuántica las operaciones se realizan entre estados cuánticos que están en más de un estado a la vez. Las leyes de la física cuántica permiten que una partícula como un átomo, un electrón o un fotón de luz (para transmitir por los cables ópticos) ocupe un estado cuántico que *representa un 1 y un 0 de forma simultánea*. Esa partícula se llama bit cuántico o *qubit*. Cuando intentamos observar un cúbit, su estado mixto colapsa y se convierte en un 1 y un 0. Eso significa que, si un *hacker* accede a un flujo de cúbits, esa intrusión destruye la información cuántica y deja una clara señal de que ha sido manipulada.

Además, la capacidad de cálculo de las computadoras cuánticas es infinitamente más potente que la de los ordenadores tradicionales. En 2019, con el *machine learning* (aprendizaje automático, desarrollado gracias a la IA) científicos del Departamento de Energía de los Estados Unidos lograron crear un algoritmo que, con poco entrenamiento, "leyó" más de tres millones de trabajos sobre química de materiales y "descubrió" nuevas combinaciones que a los humanos se les pasaron por alto.

En resumen, como explica Allende López, "Las tecnologías cuánticas son aquellas que tienen como base propiedades cuánticas de la naturaleza subatómica, como la superposición cuántica, el entrelazamiento cuántico y el teletransporte cuántico."¹

A fines de 2017 *Deep Mind* logró un algoritmo campeón en go y en ajedrez, solo a partir de reglas elementales del juego como único insumo (sin partidas para analizar). Con esa información tan básica, en pocos días se dio en ella un proceso de aprendizaje que a los humanos nos llevó casi dos milenios alcanzar, por caminos que a veces coincidían y a veces eran distintos. La evolución del conocimiento acumulado tiene una ruta que es una entre infinitas que se podrían haber producido.

Según afirma Juan G. Corvalán, "a partir de la aplicación de IA se busca que las tecnologías permitan que los sistemas computacionales adquieran: autodependencia, reconfiguración autoadaptativa, negociación inteligente, comportamiento de cooperación,

¹ Allende López, Marcos (2019) *Tecnologías cuánticas. Una oportunidad transversal e interdisciplinaria para la transformación digital y social*. Banco Interamericano de Desarrollo, p. 7.

supervivencia con intervención humana reducida, entre otros rasgos.”^{2 3} Justamente por estos perfiles, uno de los rasgos salientes de los sistemas de inteligencia artificial más sofisticados es que son auténticas cajas negras.⁴ Como relata Barrat, se han visto programas de IA que desarrollan soluciones que los científicos informáticos no pueden reproducir fácilmente, ni comprender el proceso que siguió el programa para lograr una solución completa. Resultan inescrutables debido a la ausencia de una trazabilidad algorítmica. En esencia, esto significa que los algoritmos no pueden ofrecer una explicación detallada acerca de cómo llegan a un determinado resultado. Es decir, no puede establecerse cómo el sistema de IA evalúa y pondera los datos y la información que procesa. Por eso se habla de “cajas negras” o bien de “opacidad”:⁵

A computational tool in which you understand the input⁶ and the output but not the underlying procedure is called a “black box” system. And their unknowability is a big downside for any system that uses evolutionary components.

Resultan “inescrutables” porque el programa “evoluciona” y los seres humanos no pueden entender el proceso que siguió la programación para lograr esa “auto evolución”. A medida que la arquitectura de los algoritmos de inteligencia artificial (AIA) vaya evolucionando, esas capas de incognoscibilidad estarán en el corazón del sistema y, es probable, que los científicos pierdan el control de las cajas negras porque se trata de sistemas que pueden cambiarse a sí mismos y que escriben (o reescriben) su propio programa. Entonces, el científico puede comprender la primera versión de ese programa, pero, es probable, que no sea tan simple comprender los subsiguientes. En tal sentido, esos sistemas de AIA pueden ser un tanto impredecibles y por esa razón, los expertos aluden a la necesidad de consagrar el “derecho a la transparencia algorítmica”, definida como la posibilidad de inferir cuáles son los criterios en los que los AIA se basan para llegar a un resultado o conclusión determinados.

La existencia de esas *black box* nos plantea un dilema jurídico desde el punto de vista de la validez probatoria. El otro aspecto dilemático de los sistemas AIA, como señala Corvalán, es el secreto comercial y el industrial amparado por su patentamiento.

La industria aeronáutica no es indiferente a estos avances, sino que invierte en ellos, como el programa de cooperación entre Delta Airlines, Anthem, Georgia Tech, Los Alamos National Lab e IBM para trabajar con la biometría en las terminales internacionales que posee la aerolínea y explorar cómo se puede aplicar la computación cuántica para abordar los desafíos

² Corvalán, Juan Gustavo (2019) “Inteligencia artificial: retos, desafíos y oportunidades – Prometea: la primera inteligencia artificial de Latinoamérica al servicio de la Justicia”, *Revista de Investigações Constitucionais – Journal of Constitutional Research*, vol. 5 | n. 1 | janeiro/abril 2018, p. 299.

³ La diferencia fundamental entre los algoritmos, es que los más desarrollados toman decisiones, y esas decisiones pueden afectar nuestras vidas, porque los algoritmos son —casi siempre— creados por personas que viven en ciertos contextos y, por esa razón, los algoritmos pueden reproducir prejuicios y formas de sesgadas, o no, de interpretar el mundo y la sociedad.

⁴ Barrat, James (2015) *Our Final Invention. Artificial Intelligence and the End of the Human Era*. Thomas Dunne Books – St Martyn’s Press, New York, p. 79

⁵ Ver: HRC – Human Right Council, A/HRC/48/31 (13 September 2021) *The right to privacy in the digital age. Report of the United Nations High Commissioner for Human Rights*, page 6.

⁶ En ese input, la big data juega un papel esencial. Oracle la define como volúmenes masivos de datos, caracterizados por su mayor variedad, que se presentan en volúmenes crecientes y a una mayor velocidad. Esto también se conoce como “las tres V”. Estos conjuntos de datos son tan voluminosos que el software de procesamiento de datos convencional sencillamente no puede administrarlos, pero pueden utilizarse para abordar problemas que antes no hubiera sido posible solucionar. Disponible en <https://www.oracle.com/ar/big-data/what-is-big-data/>

durante el vuelo. Como parte de ese acuerdo, Delta tendrá acceso a la mayor flota mundial de computadoras cuánticas de hardware universal de IBM Q Network.

Junto a la IA se asocian conceptos como *machine learning* y *blockchain*. Respecto de la última, la OACI⁷ estima que su utilización eliminará la posibilidad de falsificar registros a la vez que permitirá contar con registros confiables de datos que se ajusta a los requerimientos propios de la actividad aeronáutica: bitácoras de a bordo y mantenimiento de aeronaves, etc.

Pero los avances más espectaculares se dan, actualmente, con el uso de *drones cuánticos*,⁸ con los que se ha creado un sistema de comunicación cuántica en el que un dron genera pares de fotones complejos y los distribuye a estaciones terrestres. De cada par, un fotón viaja directamente a la superficie terrestre, mientras que el otro se transmite a través de un segundo dron. Así, se logra transmitir con éxito una señal cuántica a lo largo de grandes distancias, para llevar *mensajes cifrados cuánticos* para uso en telefonía móvil, estaciones de radio y concentradores de Wi-Fi, o bien para entrada de datos para computadoras cuánticas.

Desde el punto de vista de las instituciones reguladas por el Derecho Aeronáutico, estos drones cuánticos estarían realizando trabajo aéreo que, llegado el momento, será esencial para la implementación de la Internet cuántica a nivel global. Y con esto ya tenemos un problema legal en ciernes: la actividad, transfronteriza, por cierto, desplegada a futuro por esos drones cuánticos ¿debería estar regulada por el Derecho Internacional Aéreo o por el Derecho de las Telecomunicaciones?

III. AERONAVES TOTALMENTE AUTÓNOMAS O CONDUCIDAS POR IA

En noviembre de 2020 la OACI y el Foro Internacional para la Investigación en la Aviación (IFAR) suscribieron un acuerdo con el fin de evaluar qué innovaciones en movilidad aérea urbana e inteligencia artificial eran aplicables a la aviación.

Previamente, el Comité Jurídico de OACI elaboró una nota de estudio,⁹ para el 40 periodo de sesiones de la Asamblea, sobre IA y digitalización en la industria aeronáutica. Allí se define a la IA como

las tecnologías que combinan la potencia informática bruta de máquinas con el poder cognitivo para pensar, aprender y tomar decisiones. En el contexto de este documento, el término IA se puede emplear para describir una amplia variedad de tecnologías y funcionalidades (p. ej. Aprendizaje automático, Aprendizaje profundo, Redes neuronales artificiales, Razonamiento basado en el conocimiento...), que facultan a una máquina para realizar tareas sencillas extremadamente bien, incluso mejor que los seres humanos.

Entre las aplicaciones de la digitalización y la IA se menciona a las aeronaves autónomas, a las que se considera que aún se encuentran en fase conceptual. Por esa razón, la OACI hasta ahora no ha elaborado ninguna norma o estándar recomendado para regular a las aeronaves completamente autónomas.

De ahí entonces que, en este punto tomaré como documentos de trabajo a la clasificación hecha por el Lloyd's Register y por la OMI sobre los *Maritime Autonomous Surface Ships – MASS*, o buques de superficie autónomos (BSA).

⁷ A40-WP/538. TE/216, 10/09/2019.

⁸ Hua-Ying Liu et al (2021) "Optical-Relayed Entanglement Distribution Using Drones as Mobile Nodes", *Physical Review Letters*. 126, 020503 – Published 15 January 2021.

DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.020503>

⁹ A40-WP/268. EX/111, 1/08/2019.

Desde 2016 el Lloyd distingue seis niveles de buques autónomos (AL: *Autonomy Levels*) que va de A1 a A6, en donde el A6 denota a los buques completamente autónomos sin acceso humano requerido durante la misión.

Este sistema de niveles de autonomía 'AL' proporciona claridad a los diseñadores, constructores navales, fabricantes de equipos, armadores y operadores de buques, lo que permite una especificación precisa del nivel deseado de autonomía en el diseño y las operaciones, además de allanar el camino para una comprensión más clara de la ecuación de riesgo / oportunidad de inversión.

La clasificación arranca con el nivel 0, para buques no autónomos.

AL 0) Manual: Sin función autónoma. Todas las acciones y la toma de decisiones se realizan manualmente (los sistemas pueden tener un nivel de autonomía, conocido como *human in the loop*- HITL), traducible como aprendizaje humano en bucle.¹⁰ Pero, el ser humano controla todas las acciones.

AL 1) Soporte de decisiones a bordo: todas las acciones son tomadas por un operador humano, pero la herramienta de soporte o apoyo para la toma de decisiones puede presentar opciones o influir en las acciones elegidas. Los datos son proporcionados por los sistemas a bordo.

AL 2) Soporte de decisiones a bordo y fuera del buque (o remotas): todas las acciones son tomadas por un operador humano, pero la herramienta de soporte o apoyo para la toma de decisiones puede presentar opciones o influir de otra manera en las acciones elegidas. Los datos pueden ser proporcionados por sistemas dentro o fuera del buque.

AL 3) Aprendizaje humano activo en bucle / Hombre involucrado en el circuito: las decisiones y las acciones se realizan con supervisión humana. Los datos pueden ser proporcionados por sistemas dentro o fuera del buque.

AL 4) Human on the loop, Operator/ Supervisory: Las decisiones y las acciones se realizan de forma autónoma con supervisión humana. Las decisiones de alto impacto se implementan de manera que los operadores humanos tengan la oportunidad de interceder y anular o invalidar. El *human-on-the-loop*¹¹ es una variante de *human-in-the-loop*. En el HOTL el operador desempeña un papel menos central; en este enfoque, el operador *supervisa* periódicamente la interacción entre la máquina y el entorno, e interviene sólo cuando se considera necesario (por ejemplo, para evitar un comportamiento potencialmente anómalo) [6]. En este artículo, nos centramos en los sistemas autoadaptativos que emplean un enfoque humano en el bucle. En este contexto, el "sistema" está formado por una máquina, un operador humano y el entorno.

AL 5) Totalmente autónomo: operación raramente supervisada donde las decisiones son totalmente tomadas y ejecutadas por el sistema.

AL 6) Totalmente autónomo: operación no supervisada donde las decisiones son tomadas y ejecutadas totalmente por el sistema durante la misión.

El Lloyd's añade que un sistema de nivel autónomo (AL) superior puede utilizar un sistema de AL inferior como parte de su control de reversión y un sistema complejo puede ser una combinación de múltiples sistemas de diferentes niveles.

¹⁰ El aprendizaje humano en bucle (HITL) es una rama de la inteligencia artificial que aprovecha tanto la inteligencia humana como la de las máquinas para crear modelos de aprendizaje automático. En un enfoque tradicional de human-in-the-loop, las personas participan en un círculo virtuoso en el que entrenan, afinan y prueban un algoritmo concreto

¹¹ Li, Nianyu; Kang, Eunsuk; Adep, Sridhar; Garlan, David (2020) "Explanations for Human-on-the-Loop: A Probabilistic Model Checking Approach. *SEAMS*,

En diciembre de 2017 el Lloyd's redefinió los niveles de autonomía que, desde entonces, se conocen y se definen como 'Niveles de accesibilidad para autonomía / acceso remoto', y pasaron a estar numerados del 1 al 5.

La nota descriptiva proporciona un Nivel de accesibilidad (AL) para el acceso autónomo / remoto para cada sistema, que va desde el AL0 de solo información (sin acceso) y AL1 (acceso manual) AL2, AL3 (acceso cibernético para monitoreo remoto o autónomo) hasta el AL5 más alto (monitoreo y control autónomos, sin necesidad de permiso a bordo o anulación posible).

Para la OMI, Los grados de autonomía se organizan de la siguiente manera:

1. Embarcación con procesos automatizados y soporte para la toma de decisiones: la gente de mar está a bordo para operar y controlar los sistemas y funciones de a bordo. Algunas operaciones pueden ser automatizadas.

2. Embarcaciones controladas a distancia con marinos a bordo: El barco está controlado y operado desde otro lugar, pero la gente de mar está a bordo.

3. Embarcaciones controladas a distancia sin tripulación a bordo: El barco es controlado y operado desde otra ubicación. No hay capitán ni marinería a bordo.

4. Buque totalmente autónomo: el sistema operativo del barco puede tomar decisiones y determinar acciones por sí mismo.

La OMI subraya que el MASS podría estar operando con uno o más grados de autonomía durante un solo viaje.

1. Su distinción con las aeronaves pilotadas a distancia o remotamente (RPAS).

En contraste con la OMI, para la OACI, la UA (*unmanned aircraft*, o aeronave no tripulada) es el género, e incluye a:

- Globos libres
- Aeronaves totalmente automáticas y / o autónomas
- Aeronaves pilotadas a distancia o RPA (*Remotely piloted aircraft*)

De ello se sigue que, para la OACI, la RPA es una especie dentro del género UA.

Resta aclarar que, si bien las aeronaves completamente autónomas, es decir, las que estarían conducidas por IA, sin intervención humana de ningún tipo, también serían una especie dentro del género UA, la OACI se abstuvo hasta ahora de regular su utilización. Por ende, todas las enmiendas a los Anexos al Convenio de Chicago que la OACI ha venido haciendo, se predicen de las RPAS, esto es, de las aeronaves no tripuladas, pero sí controladas por el hombre. En otras palabras, resta que la OACI se expida sobre la regulación técnica y jurídica de las aeronaves totalmente autónomas.

En comparación, la UE va un paso adelante, pues el Reglamento 2018/1139 contempla la regulación de las aeronaves no tripuladas que operan de forma autónoma, sin que ningún piloto remoto la controle. De ahí la definición omnicompreensiva que el Reglamento 1139 ofrece en su artículo 3, apartado 30: "cualquier aeronave que opere o esté diseñada para operar de forma autónoma o para ser pilotada a distancia sin un piloto a bordo".

IV. DESAFÍOS PLANTEADOS PARA SU REGULACIÓN EN LOS TRATADOS INTERNACIONALES DE DERECHO AÉREO VIGENTES.

Nos formulamos las mismas preguntas que Eric Van Hooydonk¹² presentó en un interesante artículo publicado acerca de los buques gobernados por IA: ¿Cuál será el efecto de tales aeronaves totalmente autónomas en la ley? ¿Qué nuevas medidas reglamentarias serán ineludibles? ¿Será necesario que el derecho internacional aéreo se someta a una revisión exhaustiva?

A primera vista, el transporte no tripulado conducido por IA eliminaría el factor humano, que, según estimaciones ampliamente aceptadas, representa alrededor del 80% de todas las víctimas de accidentes aéreos.

Sin embargo, el funcionamiento autónomo también dependerá en última instancia del funcionamiento satisfactorio de los AIA, del equipo de a bordo, de las conexiones necesarias con las estaciones costeras y de la estabilidad de los programas informáticos.

Por las razones apuntadas, el futuro próximo de las aeronaves conducidas por AIA se concentrará en la carga y, conforme generen confianza en el público, pasarán al cabo de varios años a transportar pasajeros.

1. Consecuencias jurídicas derivadas de la ausencia de comandante y tripulación a bordo ni remota.

En los párrafos siguientes iremos visitando los tratados de Derecho Internacional Aéreo que regulan diversos institutos de esta disciplina jurídica con el fin de detectar qué normas podrían verse afectadas por la completa ausencia, tanto a bordo como remota, de un comandante y tripulación de aeronaves.

a. Consecuencias jurídicas sobre la definición legal de aeronave

La primera duda a despejar es si un avión conducido únicamente por IA, sin comandante ni tripulación a bordo ni telecomandándolo remotamente sigue siendo, jurídicamente, una aeronave. Las definiciones de “aeronave” disponible en los textos internacionales nos inclinan en favor de una respuesta afirmativa, pues ninguno de ellos exige la presencia de un piloto (a bordo o remoto) investido de las funciones de comandante como elemento esencial de la tipificación jurídica de ese aparato como “aeronave”.

La norma internacional más remota data de 1919, cuando el Convenio de París relativo a la “Reglamentación de la navegación aérea”, según la enmienda introducida al artículo 15 por el Protocolo del 15 de junio de 1929, dispuso “Ninguna aeronave de un Estado contratante, susceptible de ser dirigida sin piloto, podrá, sin autorización especial, volar sin piloto por encima del territorio de otro Estado contratante.”¹³ Ese tratado fue sustituido por el Convenio de Chicago de 1944,¹⁴ hoy vigente en 193 países, cuyo artículo 8, titulado “Aeronave sin piloto”, dispone: “Ninguna aeronave capaz de volar sin piloto volará sin él sobre el territorio de un Estado contratante, a menos que se cuente con autorización especial de tal Estado y de conformidad con los términos de dicha autorización. Cada Estado contratante se compromete a

¹² Van Hooydonk, Erik (2014) “The law of unmaned merchand shipping – an exploration”, *The Journal of Maritime Law*, 2014- N° 20, p. 403

¹³ Convenio de París de 1919, con las modificaciones introducidas por los protocolos de 1 de mayo de 1920, 27 de octubre de 1922, 30 de junio de 1923, 15 de junio de 1929 y 11 de diciembre de 1929. Texto aprobado por Ley 12.152/1935, República Argentina. Disponible en: <http://www.saij.gob.ar/12152-nacional-aprobacion-convencion-para-reglamentacion-navegacion-aerea-internacional-Int0002247-1935-01-09/123456789-0abc-defg-g74-22000tcanyel>

¹⁴ Convenio de Chicago de 1944. Doc. OACI 7300/9.

asegurar que los vuelos de tales aeronaves sin piloto en las regiones abiertas a la navegación de las aeronaves civiles sean controlados de forma que se evite todo peligro a las aeronaves civiles.” Es decir que, desde 1919 se acepta jurídicamente que una máquina sin piloto a bordo, es “aeronave” y no pierde la calidad de tal por lo tenerlo.

A su vez, los diversos Anexos al Convenio de Chicago definen a la aeronave como “Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra” (*vide*, Anexos 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 13, 16, 19). El Anexo 8 y el 16 ensayan una definición adicional, ya no de aeronave sino de avión: “Aerodino propulsado por motor, que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo”.

En el Convenio de Roma de 1933 “Para la unificación de ciertas reglas relativas al embargo preventivo de aeronaves”, los Estados que negociaron su texto no se detuvieron a definir ningún concepto, salvo el de embargo preventivo.

En el convenio de Ginebra de 1948,¹⁵ relativo al “Reconocimiento internacional de derechos sobre aeronaves”, se incluye una definición de aeronave ajustada a los propósitos de ese tratado: “Para los fines del presente convenio, la expresión ‘aeronave’, comprenderá la célula, los motores, las hélices, los aparatos de radio y cualesquier otras piezas destinadas al servicio de la aeronave, incorporados en ella o temporalmente separadas de la misma” (art. 16). Queda claro que no hay necesidad alguna de enmendarlo.

Lo mismo ocurre con el Convenio de Ciudad del Cabo de 2001, relativo “Garantías internacionales sobre elementos de equipo móvil”. Su Protocolo, de 2001, sobre “Cuestiones específicas de los elementos de equipo aeronáutico” define a la aeronave en el artículo 2.a, indicando que “son células de aeronaves con motores de aeronaves instalados en las mismas o helicópteros” y aclara que la definición es para los efectos del Convenio de Chicago. En el artículo 2.c, designa a los “objetos aeronáuticos” como “designa células de aeronaves, motores de aeronaves y helicópteros”. El vocablo compuesto “células de aeronaves” designa “a las que, cuando se les instalan motores de aeronaves apropiados, la autoridad aeronáutica competente otorga certificado de tipo para el transporte de: i) al menos ocho (8) personas, incluyendo a la tripulación, o, ii) mercancías que pesan más de 2 750 kilogramos...” (art. 2.e). Se infiere que esos preceptos no entran en conflicto con el concepto de aeronave conducida por IA.

Hay algunos tratados que, si bien regulan a los buques, también traen ciertas referencias a las aeronaves, como el Protocolo de 1996 al Convenio de Londres de 1972 sobre “Prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias”, cuyo artículo 1.6 expresa: “Por ‘buques y aeronaves’ se entiende los vehículos que se mueven por el agua o por el aire, de cualquier tipo que sean. Esta expresión incluye los vehículos que se desplazan sobre un colchón de aire y los vehículos flotantes, sean o no autopropulsados” (aclaramos que el convenio marco, en el artículo 2.4 alude a los aerodeslizadores y el 8.4 a las aeronaves, pero lo las define). En cuanto al “Reglamento internacional para prevenir los abordajes”, de 1972 (RIPA) menciona a los hidroaviones y los define como “toda aeronave proyectada para maniobrar sobre las aguas.” En suma, son definiciones de extrema pobreza conceptual, casi diríamos que serían denotativas, por ende, no generan conflicto alguno.

Vemos, entonces, que en ninguna de las definiciones de “aeronave”, en tanto instituto típico y esencial del Derecho Aeronáutico y del Internacional Aéreo, aportadas por los Anexos al Convenio de Chicago se incluye al comandante, o piloto, como elemento configurador de tal definición. La misma conclusión se predica de los otros convenios analizados en este apartado.

¹⁵ Convenio de Ginebra de 1948, Doc. OACI 7620.

Por ende, el hecho de que el “comandante” pase a ser ahora un algoritmo de IA, no incide en absoluto en la noción de aeronave ni tampoco expulsa a los aviones totalmente autónomos de la condición jurídica de aeronave.

b. Consecuencias jurídicas sobre la definición de piloto y de tripulación

Nos preguntamos ahora qué efectos legales genera una aeronave conducida por un AIA, o, expresado más ampliamente, ¿produce alguna consecuencia jurídica la sustitución del comandante (aun cuando sea un “piloto remoto”) por un ente no humano como lo es un AIA? Porque, en rigor, los algoritmos de inteligencia artificial son una cosa, intangible, pero cosa al fin. Veamos las definiciones aportadas por las reglamentaciones internacionales vigentes.

Los Anexos al Convenio de Chicago, que temáticamente se vinculan con la figura del comandante, lo definen del siguiente modo: “**Piloto al mando.** Piloto designado por el explotador, o por el propietario en el caso de la aviación general, para estar al mando y encargarse de la realización segura de un vuelo.” (*vide*, por ejemplo, el Anexo 2 relativo a “Reglamento del aire”; el 3 titulado “Meteorología”; 11 sobre “Servicios de tránsito aéreo”; el 12 relativo a “Búsqueda, asistencia y salvamento”; el 18 acerca de “Transporte sin riesgo de mercancías peligrosas por vía aérea”). El Anexo 1 sobre “Licencias al personal”, en su edición del año 2020, define al copiloto, al miembro de la tripulación de vuelo y al miembro de la tripulación de vuelo a distancia; también precisa qué ha de entenderse por pilotar, por piloto a distancia, piloto a los mandos, piloto al mando, piloto al mando a distancia, piloto al mando bajo supervisión y piloto supervisor.¹⁶

La mayoría de las definiciones aportadas desde esos Anexos aluden, directa o tácitamente, a la *naturaleza humana* del comandante, de su copiloto y de la tripulación, aún cuando la aeronave para la que prestan servicio sea pilotada a distancia. Pero nada indica que esas definiciones también se apliquen a las aeronaves totalmente autónomas. Será necesario, entonces, enmendar a cada uno de esos Anexos para acogerlas.

¹⁶ **Copiloto.** Piloto titular de licencia, que presta servicios de pilotaje sin estar al mando de la aeronave, a excepción del piloto que vaya a bordo de la aeronave con el único fin de recibir instrucción de vuelo. **Miembro de la tripulación de vuelo.** Miembro de la tripulación, titular de la correspondiente licencia, a quien se asignan obligaciones esenciales para la operación de una aeronave durante el período de servicio de vuelo. **Miembro de la tripulación de vuelo a distancia.** Miembro de la tripulación titular de una licencia, a quien se asignan obligaciones esenciales para la operación de un sistema de aeronave pilotada a distancia durante un período de servicio de vuelo. **Pilotar.** Manipular los mandos de una aeronave durante el tiempo de vuelo. **Piloto a distancia.** Persona designada por el explotador para desempeñar funciones esenciales para la operación de una aeronave pilotada a distancia y para operar los mandos de vuelo, según corresponda, durante el tiempo de vuelo. **Piloto a los mandos (PF).** El piloto cuya tarea principal es controlar y gestionar la trayectoria de vuelo. Las tareas secundarias del PF son aquellas acciones que no están relacionadas con la trayectoria de vuelo (radiocomunicaciones, sistemas de aeronave, otras actividades operacionales, etc.) y la supervisión de otros miembros de la tripulación. **Piloto al mando.** Piloto designado por el explotador, o por el propietario en el caso de la aviación general, para estar al mando y encargarse de la realización segura de un vuelo. **Piloto al mando a distancia.** Piloto a distancia designado por el explotador para estar al mando y encargarse de la realización segura de un vuelo. **Piloto al mando bajo supervisión.** Copiloto que desempeña, bajo la supervisión del piloto al mando, las responsabilidades y funciones de un piloto al mando, conforme al método de supervisión aceptable para la autoridad otorgadora de licencias. **Piloto supervisor (PM).** El piloto cuya tarea principal consiste en supervisar la trayectoria de vuelo y su gestión por parte del PF. Las tareas secundarias del PF son aquellas acciones que no están relacionadas con la trayectoria de vuelo (radiocomunicaciones, sistemas de aeronave, otras actividades operacionales, etc.) y la supervisión de otros miembros de la tripulación.

2. Replanteo de la distribución de derechos, obligaciones y responsabilidades a partir de la figura del comandante de la aeronave y de la tripulación a bordo.

En orden a la distribución de derechos y obligaciones, así como a las responsabilidades emergentes del incumplimiento total o parcial de aquellos, encontramos algunas normas que deberían ser revisadas si se pretende aplicarlas a las aeronaves conducidas por AIA, sin intervención humana de ninguna índole.

Respecto del transporte aéreo, en el Convenio de Varsovia de 1929 tenemos una norma que podría generar dilemas interpretativos, pero al haber caído en desuetudo, nos limitaremos a mencionarla. Es el artículo 20.2, que admite la exoneración de responsabilidad del transportador por daños a la mercadería o al equipaje “cuando pruebe que el daño provino de una falta de pilotaje, de conducción de la aeronave o de navegación y que, en todos los órdenes, él y sus representantes adoptaron las medidas necesarias para evitar el daño”. Al decir “sus representantes” (en francés, único texto auténtico del tratado, se dice “lui et ses préposés”, en donde “préposés” es un vocablo polisémico que significa empleado, mandatario, subalterno) está claro que se refiere personas humanas, como el comandante de la aeronave, la tripulación y otros dependientes que, por falta de pilotaje o de conducción o navegación, dañan a la carga o el equipaje. Se corresponde con las conocidas “faltas náuticas” y “fallas de pilotaje” del derecho marítimo, que suponen un acto humano. Esas causales de exoneración no han sido acogidas en la práctica aeronavegatoria por lo que, como adelantamos, cayeron en desuetudo. Por añadidura, el artículo X del Protocolo de La Haya de 1955, modificadorio del Convenio de Varsovia, suprimió el mentado párrafo 2 del artículo 20.

El artículo 20.1 del mismo Convenio establece: “El transportador no será responsable si prueba que él y sus representantes adoptaron todas las medidas necesarias para evitar el daño o que les fue imposible adoptarlas.” Cuando se trate de una aeronave conducida por AIA, los “representantes” que lo exonerarán de responsabilidad ya dejarán de ser el comandante y la tripulación y pasarán a ser los dependientes terrestres. La misma conclusión le cabe al artículo 25.2, que impide al transportador excluir o limitar su responsabilidad cuando el daño provenga del dolo “de sus representantes actuando en el ejercicio de sus funciones” o de una falta que, según la ley del tribunal competente, sea considerada equivalente al dolo. Lo mismo ocurre con el artículo 16.1, relativo a los daños y perjuicios que puedan resultar de la falta, insuficiencia o irregularidad de los datos y documentos que acompañan a la carga, si ellos son atribuibles al transportador o a sus “representantes”.

En el artículo XIII del Protocolo de La Haya de 1955, que modificó el artículo 25 del Convenio de Varsovia, ya no se alude a “representantes” del transportador sino a “dependientes”. Queda claro que, respecto de las aeronaves con IA, ya no habrá dependientes a bordo ni tampoco remotos comandando a la aeronave, por ende, sólo el dolo o la temeridad de los dependientes terrestres impedirá al transportador excluir o limitar su responsabilidad. Algo similar ocurre con el artículo XIV, cuando alude a los “dependientes” en los tres párrafos que añade al artículo 25 de Varsovia.

Respecto del Convenio de Guadalajara de 1961, complementario del de Varsovia de 1929, en cada oportunidad que se refiere a los actos u omisiones de los dependientes del transportador y los efectos que ellos producen sobre la responsabilidad de éste (artículos 3, 5 y 6), vale lo que hemos expresado hasta ahora. Lo mismo ocurre con las normas respectivas del Convenio de Montreal de 1999 “para la Unificación de ciertas Reglas para el Transporte Aéreo Internacional” (artículos 10.1, 16.1, 17.2, 18.2.b, 19, 21.2.a, 22.5, 30 y 43 [dedicados totalmente a los dependientes del transportador y a sus agentes], 41 y 44).

Creemos que las revisiones más interesantes habrán de darse en la constelación de convenios y protocolos que hacen a la penalología del Derecho Internacional Aéreo. Muchos de sus artículos se aplican a aeronaves que transportan pasajeros. Dado que no es inmediato el empleo de aeronaves con IA para el transporte de personas, no vemos la urgencia acuciante para reformar el texto de tales convenios, pero advertimos que será necesario hacerlo en un futuro próximo. Daremos algunos ejemplos, porque el tema en sí es muy extenso de explicar.

El Convenio de Tokio de 1963, sobre “las infracciones y ciertos otros actos cometidos a bordo de las aeronaves”, dedica el Capítulo III a regular las facultades del comandante de la aeronave. El artículo 6.1 establece “Cuando el comandante de la aeronave tenga razones fundadas para creer que una persona ha cometido, o está a punto de cometer a bordo una infracción o un acto previsto en el Artículo 1, párrafo 1, podrá imponer a tal persona las medidas razonables, incluso coercitivas, que sean necesarias:...” El inciso c) de este artículo 6.1, añade “Para permitirle [al comandante] entregar tal persona a las autoridades competentes o desembarcarla de acuerdo con las disposiciones de este Capítulo”. El artículo 6.2 indica “El comandante de la aeronave puede exigir o autorizar la ayuda de los demás miembros de la tripulación y solicitar o autorizar, pero no exigir, la ayuda de los pasajeros, con el fin de tomar medidas coercitivas contra cualquier persona sobre la que tenga tal derecho.” Más adelante, el mismo literal 2) autoriza a la tripulación a tomar tales medidas. El artículo 7.2 dispone “Tan pronto como sea factible y, si es posible, antes de aterrizar en el Estado con una persona a bordo, sometida a las medidas coercitivas de acuerdo con el Artículo 6, el comandante de la aeronave notificará a las autoridades de tal Estado el hecho de que una persona se encuentra a bordo sometida a dichas medidas coercitivas y las razones de haberlas adoptado.” Los artículos 8 y 9 autorizan al comandante a aterrizar en cualquier Estado con el fin de desembarcar y entregar a las autoridades pertinentes, a cualquier persona sobre la que tenga razones fundadas para creer que ha cometido, o está a punto de cometer, a bordo de la aeronave, un acto previsto en el Convenio. Los artículos 11 y 13 obligan a los Estados a que el comandante de la aeronave desembarque y entregue a esos pasajeros.

¿Quién asumirá todas esas potestades en una aeronave conducida por IA? ¿frente a quién quedan obligados los Estados si no hay un comandante a bordo?

El Convenio de La Haya de 1970 “para la represión del apoderamiento ilícito de aeronaves”, en su artículo 9.1, estipula “Cuando realice cualquier acto de los mencionados en el artículo 1 a) o sea inminente su realización, los Estados Contratantes tomarán todas las medidas apropiadas a fin de que el legítimo comandante de la aeronave recobre o mantenga su control.” (el subrayado es nuestro). Exactamente la misma norma está consagrada en el artículo 11 del Convenio de Tokio de 1963. Dado que no habrá comandante a bordo ni remoto ¿quién deberá recobrar o mantener el control de esa aeronave conducida por IA? ¿debiera ser la misma IA? ¿o ese control debiera pasar a las autoridades del país en donde aterrice, finalmente, la aeronave que fue objeto del apoderamiento ilícito?

El Convenio de Montreal de 1971 “para la represión de actos ilícitos contra la seguridad de la aviación civil”, en su artículo 10.2 estipula “Cuando, con motivo de haberse cometido un delito previsto en el artículo 1, se produzca retraso o interrupción del vuelo, cada Estado Contratante en cuyo territorio se encuentren la aeronave, los pasajeros o la tripulación, facilitará a los pasajeros y a la tripulación la continuación del viaje lo antes posible y devolverá sin demora la aeronave y su carga a sus legítimos poseedores.” Puesto que las aeronaves conducidas por AIA carecen de tripulación a bordo, lo que habrá que facilitar ---mediante la reforma a este precepto-- es que los pasajeros y la aeronave continúen el viaje lo antes posible. Como la norma se aplicará a toda la aviación civil, es decir, a la convencional, a la pilotada remotamente y a la

conducida por AIA, el texto debiera decir “facilitará a los pasajeros, a la tripulación y a la aeronave la continuación del viaje...”.

El Convenio de Beijing de 2010 “para la represión de actos ilícitos relacionados con la aviación civil internacional”, en su artículo 2.b establece “que una aeronave se encuentra en servicio desde que el personal de tierra o la tripulación comienza las operaciones previas a un determinado vuelo hasta veinticuatro horas después de cualquier aterrizaje...” (el subrayado es nuestro). El hecho de carecer de tripulación a bordo, forzará la modificación de la definición de “aeronave en servicio” cuando ella sea operada por AIA. Exactamente la misma necesidad de reforma se observa en el artículo 2.a del Convenio de Montreal de 1971 “para la represión de los actos ilícitos contra la seguridad de la aviación civil”.

El artículo II del Protocolo de Beijing de 2010, que modifica el artículo 1 del convenio marco del mismo año, indica: “Comete delito toda persona que ilícita e intencionalmente se apodere o ejerza el control de una aeronave en servicio mediante violencia o amenaza de ejercerla, mediante coacción o cualquier otra forma de intimidación, o mediante cualquier medio tecnológico”. Esta norma, por el contrario, no necesita modificación porque la frase final “mediante cualquier medio tecnológico” cubre cualquier tipo de apoderamiento o control sobre una aeronave operada por AIA.

V. CONCLUSIONES

La puesta en servicio de aeronaves absolutamente autónomas exigirá la revisión de la mayoría de los convenios que regulan a la aviación civil internacional. Esa revisión debiera extenderse a los 19 Anexos técnicos al Convenio de Chicago de 1944.

Una buena parte de ese trabajo ya está hecho con las reformas introducidas a los Anexos para acoger a las aeronaves pilotadas a distancia. Sin embargo, el caso de aquellos aviones que no serán asistidos por ningún ser humano, requerirá un esfuerzo mayúsculo para determinar qué grado de autonomía y capacidad de decisión se le concederá a la IA.

También será menester decidir sobre la conveniencia de que en el transporte aéreo de pasajeros –por algunos años más– haya a bordo alguna tripulación de cabina, no ya de vuelo puesto que eso estará a cargo de un ente no humano: la inteligencia artificial.

De cara al porvenir, podría pensarse que en 20 años esa tripulación de cabina esté integrada sólo por robots.

Por último, pero no menos relevante, es probable que en un futuro cercano, quizá 25 años, el derecho le conceda algún grado de subjetividad jurídica a la inteligencia artificial.

VI. COLOFÓN

Como bien señala la nota de estudio elaborada por el Comité Jurídico de la OACI en el año 2019, los algoritmos de IA ya son capaces de hacer recomendaciones y de tomar decisiones, incluso en situaciones complejas. Al practicar el *autoaprendizaje*, la IA puede adaptarse a los contextos en los que actúa y a los cambios que en ellos se manifiesten.

Estas nuevas tecnologías contribuirán al futuro de la aviación y redefinirán las competencias esenciales de la nueva generación de profesionales de la aviación (A40-WP/268).