



**NOTA DE ESTUDIO**

**ASAMBLEA — 41º PERÍODO DE SESIONES**

**COMISIÓN TÉCNICA**

**Cuestión 31: Seguridad operacional de la aviación y navegación aérea – Normalización**

**LA AUTOMATIZACIÓN Y LA EVOLUCIÓN DE LA FUNCIÓN DE PILOTAJE**

(Presentado por Canadá y Japón)

**RESUMEN**

Los crecientes niveles de automatización y la introducción de operaciones autónomas en la aviación están cambiando la función de pilotaje. Esto es evidente en toda la aviación, pero especialmente en los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS)\* y en las aeronaves con tripulación a bordo. Esta transición aporta beneficios económicos y mejora la seguridad operacional y la accesibilidad de la aviación, pero también repercute en los marcos y definiciones establecidos para la aviación. Entre otras cosas, se plantean nuevas consideraciones sobre las competencias de las pilotas y los pilotos, la responsabilidad por las operaciones de vuelo, la autoridad para tomar decisiones y la responsabilidad en caso de incidentes. Aunque esta nota se centra en la pilota/el piloto, se reconoce que la automatización también tiene repercusiones en el resto de la tripulación de vuelo y demás personal de aviación que requieren consideración.

\* El Canadá usa el término RPAS, que no tiene marca de género, para referirse a los drones en general y en lugar de las expresiones “unmanned aircraft systems” (UAS) y “unmanned aerial vehicles” (UAV) (NdT: las expresiones desplazadas tienen marca de género masculino en la palabra “unmanned”, que en español se traduce como “no tripulada”, y por lo tanto la distinción no se aplica en este idioma).

**Decisión de la Asamblea:** Reconociendo las posibles repercusiones en el *Convenio sobre Aviación Civil Internacional (1944)* y en el *Anexo 1 — Licencias al personal*, se invita a la Asamblea a:

- solicitar a la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que reexamine las definiciones de pilota/o y de tripulación de vuelo a la luz de la creciente automatización y de la naturaleza cambiante de las operaciones de vuelo; y
- recomendar a la OACI un examen exhaustivo de las competencias y la formación necesarias para las personas responsables de la seguridad operacional del vuelo (por ejemplo, pilotas/os, despachadoras/es de vuelo, etc.)

<i>Objetivos estratégicos:</i>	Esta nota de estudio se relaciona con los objetivos estratégicos de Seguridad operacional y Desarrollo económico del transporte aéreo.
<i>Repercusiones financieras:</i>	Las actividades indicadas en esta nota de estudio se emprenderán según se disponga de recursos del presupuesto regular y/o de contribuciones extrapresupuestarias.
<i>Referencias:</i>	<i>Convenio sobre Aviación Civil Internacional (1944)</i> , y <i>Anexo 1 — Licencias al personal Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Instrucción</i> (PANS-TRG, Doc 9868)

## 1. INTRODUCCIÓN

1.1 En los últimos años, ha habido una amplia tendencia social hacia niveles crecientes de automatización con el uso de nuevas tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático. Esta tendencia es evidente en el sector de la aviación, donde la automatización se está incorporando a las operaciones tanto de las aeronaves con tripulación a bordo como de los sistemas de aeronave pilotada a distancia (RPAS).

1.2 En el caso de la aviación con tripulación a bordo, el puesto de pilotaje está cada vez más automatizado, y se está pasando gradualmente de un pilotaje manual con palanca y timón a otro mediado por sistemas.<sup>1</sup> Esta evolución se puso de manifiesto en la década del ochenta al eliminarse el puesto de técnico/a de a bordo en los aviones de línea y en muchas aeronaves militares modernas, a raíz de los avances informáticos y tecnológicos que hicieron innecesaria esta función.

1.3 En el caso de los RPAS, están surgiendo nuevos usos y diseños de aeronaves que incorporan cada vez más automatización y capacidades para las operaciones autónomas. Los conceptos de operaciones de la industria describen una situación donde pilotas y pilotos ya no vuelan un único RPAS, sino que gestionan sin esfuerzo una flota de RPAS de forma remota o autónoma, y las habilidades de pilotaje tradicionales se completan con sistemas automatizados.

1.4 En respuesta a los crecientes niveles de automatización, se han desarrollado varias tipologías que tratan de definir, categorizar y/o describir adecuadamente la transición ininterrumpida hacia la automatización. El más notable es el trabajo realizado por SAE International<sup>2</sup> para la industria automotriz (cuya tipología tiene limitaciones y problemas, especialmente cuando se aplica en la aviación) y por ASTM International<sup>3</sup>. Sobre la base de este trabajo, se gestó un trabajo en colaboración internacional, ya en sus etapas finales, entre las autoridades de aviación civil y las partes interesadas de la industria que traza el cuadro de la automatización y la autonomía en el ámbito de los RPAS. Aunque existe cierta diferenciación entre las tipologías, todas ellas describen una transición ininterrumpida hacia la automatización que va desde las operaciones totalmente manuales hasta las totalmente autónomas. Véase en el apéndice A la escala de niveles de automatización desarrollada gracias a la colaboración internacional.

1.5 En todo el mundo, las operaciones de vuelo avanzan en la transición hacia la automatización con un impulso sostenido. Las empresas planifican operaciones con altos niveles de automatización (en las que ciertas tareas o funciones se realizan de forma autónoma), y/u operaciones totalmente autónomas (sin participación humana). Por ejemplo, en Canadá existe la oportunidad de usar RPAS para tareas de reparto de carga usando software de gestión virtual de vuelos y una base central de control de operaciones. Fuera de Canadá, se observa que las empresas utilizan cada vez más sistemas automatizados y autónomos para la entrega de bienes, como suministros médicos, alimentos y bebidas, y otros productos para consumo final.

---

<sup>1</sup> Universidad de Dakota del Norte, Determining Appropriate Levels of Automation, FITS SRM Automation Management Research, Charles L. Robertson, 25 de mayo de 2010,  
[https://www.faa.gov/training\\_testing/training/fits/research/media/Det\\_App\\_Lvl\\_Atm.pdf](https://www.faa.gov/training_testing/training/fits/research/media/Det_App_Lvl_Atm.pdf)

<sup>2</sup> SAE International, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles,  
[https://www.sae.org/standards/content/j3016\\_202104/](https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/)

<sup>3</sup> ASTM International, TR1 - Autonomy Design and Operations in Aviation: Terminology and Requirements Framework,  
<https://standards.globalspec.com/std/14480544/TR1>  
ASTM International, TR2 – Developmental Pillars of Increased Autonomy for Aircraft Systems,  
<https://standards.globalspec.com/std/14480549/TR2>  
ASTM International, TR3: Regulatory Barriers to Autonomy in Aviation, <https://www.astm.org/tr3-eb.html>

1.6 Con una transformación tan drástica en las operaciones de vuelo, la función de pilotaje cambia fundamentalmente.

## 2. ANÁLISIS

2.1 La automatización aporta muchas ventajas a la aviación. Permite la ejecución de ciertas tareas de una manera más precisa, eficiente, rentable y segura<sup>4</sup>, con un riesgo potencialmente menor para la pilota o el piloto, el público viajero (en su caso) y todas las demás personas que intervienen en la operación.

2.2 La automatización también está haciendo que la aviación sea más accesible; en particular, en lo que se refiere al uso de tecnologías de RPAS. La automatización incorporada en los RPAS ha reducido significativamente los costos de adquisición y operación, en gran parte debido a que la pilota o el piloto no necesita estar a bordo de la aeronave y así se mitigan los riesgos. También está reduciendo ciertos requisitos y costos de formación de pilotas/os, ya que con la automatización algunas capacidades pueden residir en el sistema en lugar de la persona. Estos factores pueden ayudar a atraer a una nueva generación de pilotas y pilotos, incluidas personas para quienes la movilidad sea una barrera o un factor disuasivo (por ejemplo, personas con discapacidades, personas que viven en comunidades remotas y personas que tienen otras personas a su cuidado) y dar respuesta a la futura escasez de pilotas/os que se pronostica en la aviación tradicional. En operaciones de vuelo cada vez más automatizadas que tienen perfiles de menor riesgo (por no llevar público pasajero a bordo, etc.), también pueden adaptarse los requisitos de aptitud física de manera que se amplíe aún más el conjunto de posibles pilotas y pilotos.

2.3 Si bien la automatización creciente y las tecnologías de RPAS ofrecen enormes oportunidades, también desafían los marcos existentes y tienen amplias consecuencias en el sistema de aviación, que se desarrolló sobre la premisa de una persona humana al mando de una sola aeronave. Entonces, para responder a este cambio es necesario examinar conceptualmente los tipos de aeronaves, operaciones y tareas que se llevarán a cabo en el futuro, cómo pueden integrarse en el ecosistema de la aviación y cómo mantener la seguridad. Puede ser necesario reconsiderar algunos componentes y adaptarlos para que reflejen este panorama en evolución.

2.4 Debido al cambio fundamental de la función de las pilotas y los pilotos, sus responsabilidades y las tareas que deberán realizar, se verán afectados los actuales requisitos de competencia para la obtención de la licencia (que se prevén en el *Anexo 1* y en los *Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Instrucción* (PANS-TRG, Doc 9868). En previsión de la llegada de sistemas automatizados complejos, el trabajo en equipo entre seres humanos y máquinas y la operación de flotas de aviones, las pilotas y los pilotos del futuro necesitarán un alto nivel de competencia y formación en áreas como la gestión de sistemas y operaciones (incluida la respuesta ante emergencias, p.ej., condiciones de falla de sistemas), la conciencia de la situación, la toma de decisiones y los factores humanos. Estas competencias serán más importantes que algunas habilidades tradicionales, como la coordinación óculomanual. Sin embargo, los conocimientos tradicionales de la aviación seguirán siendo fundamentales para mantener la seguridad operacional al presentarse problemas y para facilitar una mayor aceptación de las tecnologías por parte de la sociedad.

2.5 Una consideración clave, dada la naturaleza cambiante de los vuelos y las tareas de pilotaje, es dónde debe recaer la autoridad para tomar decisiones y la responsabilidad final. Si la aeronave es gestionada por sistemas autónomos y la pilota o el piloto ya no participa en algunas o todas las funciones (es decir, no hay intervención humana), ¿deberían cambiar las nociones arraigadas sobre la responsabilidad

---

<sup>4</sup> Consejo Nacional de Investigación de las Academias Nacionales, *Autonomy Research for Civil Aviation: Towards a New Era of Flight*, <https://nap.nationalacademies.org/catalog/18815/autonomy-research-for-civil-aviation-toward-a-new-era-of-flight>

por la seguridad operacional de la aeronave (es decir, la seguridad de la carga y de las personas que viajan a bordo, en su caso, y de las personas y los bienes en tierra), quiénes tienen autoridad y quiénes son responsables si algo sale mal? Por ejemplo, cuando un RPAS funciona de forma autónoma y sin supervisión humana directa, ¿sigue habiendo un/a piloto/a "al mando" que es responsable de la seguridad operacional de la aeronave? ¿La dependencia de control de tránsito aéreo (ATC) se comunicaría con la pilota o con el sistema? ¿Y quién tendría la responsabilidad? Desde el punto de vista jurídico, también se plantean interrogantes nuevos sobre la jurisdicción en la que se deberían iniciar las demandas y contra quién, y sobre la suficiencia del seguro de responsabilidad civil. Todas estas interrogantes requieren una reflexión profunda.

2.6 Actualmente, la OACI define las aeronaves autónomas como la "aeronave no tripulada que no permite la intervención del piloto en la gestión del vuelo".<sup>5</sup> Sin embargo, la aplicación de esta definición a las futuras operaciones de vuelo puede significar que no puedan cumplirse los actuales requisitos de responsabilidad y rendición de cuentas. La responsabilidad por la seguridad operacional del vuelo se consigue con equipos seguros, los conocimientos y las competencias de la pilota o el piloto y el control del tránsito aéreo. Esto se refleja en el marco jurídico y en las definiciones establecidas en el *Convenio sobre Aviación Civil Internacional (1944)* y en el *Anexo 1 — Licencias al personal*, donde se da por supuesto que las pilotas y los pilotos son seres humanos (no máquinas) y se les asignan responsabilidades de vuelo en consecuencia.<sup>6</sup> En el apéndice B se presentan las definiciones aplicables. Sin embargo, a medida que la aviación siga avanzando hacia la automatización y contemple operaciones en las que no interviene ningún ser humano, los Estados miembros de la OACI tendrán que considerar cómo interpretarlo, y si este desafío al marco establecido en el *Convenio* y el *Anexo 1* puede superarse con los conceptos actuales de gestión de la seguridad operacional y la seguridad de la aviación.

2.7 En opinión de Canadá, debe seguir habiendo una persona responsable por la seguridad operacional de los vuelos, aun cuando sean de naturaleza altamente automatizada y/o autónoma. Esto garantiza que haya una persona que asuma la responsabilidad y se apegue a los principios reconocidos del sistema de gestión de la seguridad operacional (SMS). A medida que la aviación avance hacia la autonomía total, sin embargo, será preciso analizar el término «piloto/o» a la par de otros términos, como "despachador/a de vuelos", para evaluar si siguen siendo adecuados para describir a la persona responsable de la seguridad operacional de los vuelos.

### 3. CONCLUSIÓN

3.1 Canadá y los copatrocinadores de esta nota de estudio reconocen los cambios en la función y las responsabilidades de la pilota y el piloto, las competencias y la formación necesarias, así como la necesidad permanente de designar a una persona que sea responsable de garantizar la seguridad operacional de los vuelos. Esta designación también puede ayudar a fomentar la aceptación social y la confianza en el uso de las tecnologías automatizadas. Sin embargo, tras reconocer el cambio tecnológico que se está produciendo y la evolución de las funciones es necesario que la Asamblea de la OACI propicie el reexamen de las definiciones actuales de piloto/o y tripulación de vuelo y considere qué cambios conceptuales deberían introducirse en los términos y las definiciones a medida que evoluciona la tecnología. Puede ser necesario modificar el *Convenio*, los *Anexos* y los procedimientos y sus textos de orientación para reflejar la evolución tanto en el plano jurídico como de las operaciones de vuelo en sí.

---

<sup>5</sup> OACI Cir 328, AN/190, Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS), [www.icao.int/meetings/uas/documents/circular%20328\\_en.pdf](http://www.icao.int/meetings/uas/documents/circular%20328_en.pdf)

<sup>6</sup> SARPS internacionales de la OACI, Anexo 1 — *Licencias al personal*, sección 1.1. Definiciones.

## APPENDIX A

### PROPOSED CLASSIFICATION FOR AIRCRAFT AUTOMATION

- **Level 0 – Manual Operation:** The crew is responsible for all functions including controlling the aircraft, evaluating and responding to the aircraft and airspace environments, communicating with external systems, and managing the aircraft when failures present themselves.
- **Level 1 – Assisted Operation:** Systems which have been automated up to this level are used to support the crew in performing the specified function.
- **Level 2 – Task Reduction:** As technology and confidence in performing tasks within a specific Operational Design Domain (ODD) are gained, automation increases to the level where a system may take over a specific task or function to help the crew focus on more mission-critical tasks.
- **Level 3 – Supervised Automation:** By expanding the capability of the automated systems to handle not only aircraft functions, but monitoring and responding to changes in the environment, the crew moves from actively managing the function to monitoring the safety and effectivity of the operational outcomes.
- **Level 4 – High Automation:** Once the technology has demonstrated the ability to perform entire tasks or functions effectively and have a robust capability to respond to their environment, the crew may trust one or more flight systems to perform their function autonomously (i.e., without human supervision).
- **Level 5 – Full Autonomy:** At the far end of the spectrum is a fully autonomous function. At this level of automation there is not only no human involvement in the function, and likely no human awareness of dynamic operational parameters affecting the functions ODD.
- **Trusted Autonomy:** As autonomy increases, the human needs to build trust in the machine and the machine needs to build trust in the human. The deployment of trusted autonomous systems results from the optimized balance of human and machine tasks with a focus on integrity metrics defined to support safe and efficient airspace operations. Trusted autonomy can be considered a pathway to progressively remove the inherent limitations of full autonomy as known today.

## **APPENDIX B**

### **APPLICABLE ICAO DEFINITIONS**

#### **Annex 1: Personnel Licensing**

***Pilot (to).*** To manipulate the flight controls of an aircraft during flight time.

***Pilot flying (PF).*** The pilot whose primary task is to control and manage the flight path. The secondary tasks of the PF are to perform non-flight path related actions (radio communications, aircraft systems, other operational activities, etc.) and to monitor other crew members.

***Pilot-in-command.*** The pilot designated by the operator, or in the case of general aviation, the owner, as being in command and charged with the safe conduct of a flight.

***Pilot-in-command under supervision.*** Co-pilot performing, under the supervision of the pilot-in-command, the duties and functions of a pilot-in-command, in accordance with a method of supervision acceptable to the Licensing Authority.

***Pilot monitoring (PM).*** The pilot whose primary task is to monitor the flight path and its management by the PF. The secondary tasks of the PM are to perform non-flight path related actions (radio communications, aircraft systems, other operational activities, etc.) and to monitor other crew members.

#### **Annex 6: Operation of Aircraft, Part 1**

***Flight Operations Officer/Flight Dispatcher.*** A person designated by the operator to engage in the control and supervision of flight operations, whether licensed or not, suitably qualified in accordance with Annex 1, who supports, briefs and/or assists the pilot-in-command in the safe conduct of the flight.

#### **ICAO Cir 328, AN/190, Unmanned Aircraft Systems (UAS)**

***Autonomous aircraft.*** An unmanned aircraft that does not allow pilot intervention in the management of the flight.