DICIEMBRE 2025 | N.º 5

OBSERVATORIO JURÍDICO AEROESPACIAL

REVISTA ESPAÑOLA DE DERECHO AERONÁUTICO Y ESPACIAL

AEDAE Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial

G-BioDin LAW GRUPO DE INVESTIGACIÓN

AEE AGENCIA ESPACIAL ESPAÑOLA

L3 LOBBY LUNAR LATINO

COLEX

DICIEMBRE 2025 | N.º 5

OBSERVATORIO JURÍDICO AEROESPACIAL

REVISTA ESPAÑOLA DE DERECHO AERONÁUTICO Y ESPACIAL

AEDAE Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial

G-BioDin LAW GRUPO DE INVESTIGACIÓN

AEE AGENCIA ESPACIAL ESPAÑOLA

L3 LOBBY LUNAR LATINO

COLEX

DICIEMBRE 2025 | N.º 5

OBSERVATORIO JURÍDICO AEROESPACIAL

REVISTA ESPAÑOLA DE DERECHO AERONÁUTICO Y ESPACIAL

AEDAE Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial

G-BioDin LAW GRUPO DE INVESTIGACIÓN

AEE AGENCIA ESPACIAL ESPAÑOLA

L3 LOBBY LUNAR LATINO

COLEX

Esta obra ha sido financiada por la Agencia Espacial Española
https://www.aee.gob.es/

Copyright © 2025

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sigs. del Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos (www.cedro.org) garantiza el respeto de los citados derechos.

Editorial Colex S.L. vela por la exactitud de los textos legales publicados. No obstante, advierte que la única normativa oficial se encuentra publicada en el BOE o Boletín Oficial correspondiente, siendo esta la única legalmente válida, y declinando cualquier responsabilidad por daños que puedan causarse debido a inexactitudes e incorrecciones en los mismos.

Editorial Colex S.L. habilitará a través de la web www.colex.es un servicio online para acceder a las eventuales correcciones de erratas de cualquier libro perteneciente a nuestra editorial.

Editada por:

© Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial (AEDAE)
Calle José Ortega y Gasset 17, Bajo
28006 Madrid

© Editorial Colex, S.L.
Calle Costa Rica, número 5, 3.º B (local comercial)
A Coruña, 15004, A Coruña (Galicia)
info@colex.es
www.colex.es

I.S.S.N.: 3101-4437
Depósito legal: C 1799-2025
DOI: https://doi.org/10.69592/redae-5-2025

OBSERVATORIO JURÍDICO AEROESPACIAL
AEDAE & UCM G-Bio DIn LAW

REVISTA ESPAÑOLA DE DERECHO AERONÁUTICO Y ESPACIAL

(R. E. D. A. E.)

DIRECTORES

DR. D. JUAN RAMÓN FERNÁNDEZ TORRES

CATEDRÁTICO DERECHO ADMINISTRATIVO, UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (UCM).

DRA. DÑA. ELISA CELIA GONZÁLEZ FERREIRO

PRESIDENTA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE DERECHO AERONÁUTICO Y ESPACIAL (AEDAE)

SECRETARIO

D. LEONARDO ALBERTO LÓPEZ MARCOS, LLM.

ABOGADO Y ECONOMISTA. PROFESOR CONTRATADO PREDOCTORAL UCM. VOCAL AEDAE.

CONSEJO DE REDACCIÓN

DR. D. FERNANDO GONZÁLEZ BOTIJA

CATEDRÁTICO DERECHO ADMINISTRATIVO UCM. DIRECTOR UCM G-Bio DIn LAW

DR. D. RAFAEL CABALLERO SÁNCHEZ

CATEDRÁTICO DERECHO ADMINISTRATIVO UCM

DRA. DÑA. ANA GEMMA LÓPEZ MARTÍN

CATEDRÁTICA DERECHO INTERNACIONAL UCM

DRA. DÑA. ANA INÉS GÓMEZ DE CASTRO

CATEDRÁTICA DE ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA, FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS UCM

DRA. DÑA. MARÍA JOSÉ MORILLAS JARILLO

CATEDRÁTICA DERECHO MERCANTIL UC3

DRA. DÑA. CRISTINA CUERNO REJADO

CATEDRÁTICA INGENIERÍA AEROESPACIAL, DEPARTAMENTO DE AERONAVES Y VEHÍCULOS ESPACIALES DE LA ETSIAE UPM

DR. D JORGE GARCÍA-ANDRADE GÓMEZ

PROFESOR TITULAR DE DERECHO ADMINISTRATIVO UAH

DRA. DÑA. YOLANDA BUSTOS MORENO

CATEDRÁTICA DE DERECHO CIVIL UA

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

DR. D. ISRAEL QUINTANILLA GARCÍA

PROFESOR TITULAR DE INGENIERÍA AEROESPACIAL UPV

DRA. DÑA. BELÉN PORTA PEGO

PROFESORA CONTRATADA DOCTORA, DEPARTAMENTO DERECHO ADMINISTRATIVO UCM

DR. D. PABLO GONZÁLEZ SAQUERO

PROFESOR CONTRATADO DOCTOR, DEPARTAMENTO DERECHO ADMINISTRATIVO UCM

DÑA. M.ª PILAR RANGEL ROJAS

PROFESORA ASOCIADA DERECHO INTERNACIONAL PÚBLICO Y RELACIONES INTERNACIONALES UMA

D. PABLO TORREJÓN PLAZA

PROFESOR ASOCIADO UAM

D. IVÁN GARCÍA LUENGO

PROFESOR ASOCIADO UAM

DR. JESÚS MARTÍNEZ FRÍAS

INVESTIGADOR CIENTÍFICO DEL CSIC Y PROFESOR HONORÍDICO DEL DPTO. DE BIOINGENIERÍA E INGENIERÍA AEROESPACIAL DE LA UC3M. PRESIDENTE DE LA RED ESPAÑOLA DE PLANETOLOGÍA Y ASTROBIOLOGÍA (REDESPA)

DÑA. ANA MARÍA MARÍN PÉREZ

DIRECTORA DEL GABINETE TÉCNICO DE LA AGENCIA ESPACIAL ESPAÑOLA (AEE)

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ÍNDICE

EL NUEVO PLAN ESTRATÉGICO DE LA OACI 2026-2050. CIELOS SEGUROS, FUTURO SOSTENIBLE 13

D. Ángel Luis Arias Serrano

SEGURIDAD ANTE TODO 35

Dña. Isabel Maestre Moreno

LA SEGURIDAD OPERACIONAL 55

D. José Sanz Dodero

SEGURIDAD OPERACIONAL AEROPORTUARIA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL 67

Dña. Madó Couso Cambeiro

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN AVIACION. UNA VISION CRITICA 79

D. Juan Carlos Lozano Pacios

AUTOMATIZACIÓN EN CABINAS DE VUELO: EL PROYECTO *SMART COCKPIT* DE EASA Y LOS DESAFÍOS COGNITIVOS DE LAS OPERACIONES CON UN SOLO PILOTO 91

D. José Manuel Ponz Cantó

SEGURIDAD OPERACIONAL: LA CLAVE DEL DESPEGUE DE LA MOVILIDAD AÉREA AVANZADA 101

Dña. Elisa Heras Sevilla

LOS VERTIPUERTOS: UNA INFRAESTRUCTURA DE LA MOVILIDAD AÉREA AVANZADA. DESARROLLO DE NORMATIVA ESPAÑOLA Y DE LA OACI 115

D. Arturo Madrigal Ybarro

AERÓDROMOS PARA DRONES: CUESTIONES DESDE LA LEGISLACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID 135

Dr. Fernando González Botija

LIBRO BLANCO DE VERTIPUERTOS DE SIAM 179

Dña. Mar Charle Crespo

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

USO DE SUPERFICIES DE AGUA PARA AMARAJE Y DESPEGUE DE HIDROAVIONES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE OPERACIÓN 191

D. Jesús Borja, D. Carles Algué, D. Yago Osset, D. Gerardo Morales Hierro

OPERACIONES EN LA ESTRATOSFERA – CONTEXTO Y MARCO LEGAL 209

D. Jose Luis Gato Burgoa

OPERACIONES ESPACIALES Y AVIACIÓN COMERCIAL: UN RIESGO SILENCIOSO EN EL ESPACIO COMPARTIDO..... 219

D. Iván García Luengo

EL *COMPLIANCE* COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA EN EL SECTOR AEROESPACIAL..... 249

Dña. Silvia Vela Ruiz

INECO, A BORDO DE LA MOVILIDAD AÉREA DEL FUTURO..... 267

Dra. María Eva Ramírez Rodríguez, D. Antonio Águila Martínez-Casariego, D. Ernesto de la Fuente Cantarino, Dña. Marta Gabaldón Hontana

EL AEROPUERTO DE TERUEL EN LA VANGUARDIA TECNOLÓGICA: ENSAYOS Y EXPERIMENTACIÓN EN EL SECTOR AEROESPACIAL 277

Dr. Alejandro Ibrahim Perera, Dña. Inés Villa Martínez

JURISDICTIONAL GAPS IN NEAR SPACE – LEGAL PERSPECTIVES ON REGULATING THE FINAL FRONTIER 295

Ms. Melanye Bridget Wawrik

LA AGENCIA ESPACIAL ESPAÑOLA Y LOS RETOS REGULATORIOS DEL ESPACIO . 341

Dña. Ana María Marín, D. Carlos García Sacristán, D. Rafael Moro Aguilar

REARME E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA: RECONFIGURACIÓN GLOBAL, MARCO NORMATIVO Y DESAFÍOS PARA LA DEFENSA EUROPEA Y ESPAÑOLA... 365

Dr. Efrén Díaz Díaz, Dña. Lucía Jiménez López

CONFLICTOS ARMADOS EN LA ÓRBITA: ANÁLISIS JURÍDICO DEL USO MILITAR DEL ESPACIO Y SU REGULACIÓN EN EL DERECHO INTERNACIONAL ... 387

Dña. Martina Elia Vitoloni, LLM

LA EQUIPARACIÓN DE CIBERATAQUE A ATAQUE ARMADO CONFORME A LA EVOLUCIÓN Y DESARROLLO DE UN NUEVO CONCEPTO DE «DAÑOS» Y SU APLICACIÓN EN EL EJERCICIO DEL DERECHO A LA LEGÍTIMA DEFENSA 407

Dña. Violeta Inés Gandullo Zamora

LA RESPONSABILIDAD DEL ESTADO POR LOS DAÑOS CAUSADOS POR SATÉLITES EN DESUSO: ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO ARGENTINO. LEY N.º 26.944 453

Dña. Evelyn Patrizia Gottschau, PhD

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

CARENCIAS DEL ARBITRAJE INTERNACIONAL COMO MEDIO DE RESOLUCIÓN DE DISPUTAS DEL SECTOR DEDICADO A LAS ACTIVIDADES DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE 479

D. Javier Medina Castro

LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS NACIONES UNIDAS Y LA EXPLORACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES EN LA LUNA: UN ANÁLISIS NECESARIO..... 505

D. Rodrigo Vesule Fernandes

PROPOSAL FOR A CODE OF ETHICS ON SPACE ACTIVITIES 517

Dra. Elisa Celia González Ferreiro

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

EL NUEVO PLAN ESTRATÉGICO DE LA OACI 2026-2050. CIELOS SEGUROS, FUTURO SOSTENIBLE

THE NEW ICAO STRATEGIC PLAN 2026-2050. SAFER SKIES, SUSTAINABLE FUTURE

D. Ángel Luis Arias Serrano
Representante Permanente de España en el Consejo de la OACI
alarias@icao-delegations.org

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 1.1. El primer Plan Estratégico en la historia de la OACI. 1.2. Nuevo instrumento para dar coherencia al esquema de la planificación general de la OACI. 2. ESCENARIO FUTURO DE LA AVIACION CIVIL INTERNACIONAL (2050). 2.1. Previsiones de Tráfico Aéreo. 2.2. Desafíos. 3. ELEMENTOS DEL PLAN ESTRATÉGICO. 3.1. Visión de la OACI. 3.2. Misión de la OACI. 3.3. Valores de la OACI. 3.4. Objetivos Estratégicos. 3.5. Elementos Facilitadores de Alta Prioridad. 4. EL CONVENIO DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (CONVENIO DE CHICAGO). 4.1. El Marco Jurídico de la Aviación Civil Internacional. 4.2. ¿Tendremos un nuevo Convenio de Chicago antes de su 100.º Aniversario? 5. OPORTUNIDADES PARA ESPAÑA CON EL NUEVO PLAN ESTRATÉGICO. 5.1. La importancia del sector de la aviación para España. 5.2. Reforzamiento de la participación y de la influencia de España en la OACI. 6. CONCLUSIONES. 7. REFERENCIAS.

Resumen: En este artículo se describen los aspectos más relevantes del nuevo Plan Estratégico a de la OACI 2026-2050 que define la dirección estratégica de esta organización internacional para los próximos 25 años. Se define el esquema general de la planificación de la OACI, las previsiones de tráfico aéreo hasta el 2050 y los retos que se plantean por el importante crecimiento previsto. Se describen la Visión, la Misión, los Valores y los Objetivos Estratégicos, así como los Facilitadores de Alta Prioridad para apoyar su implantación. Se hace una reflexión sobre si en estos próximos 25 años, en los que su cumplirá el centenario del Convenio de Chicago en 2044, va a existir una actualización de este tratado internacional clave. Finalmente, teniendo en cuenta la importancia de la aviación para España, se plantea el necesario reforzamiento de la participación y aumento de la influencia de España en la OACI.

Palabras clave: OACI, Aviación Civil Internacional, Plan Estratégico, Planificación, Previsiones, Tráfico Aéreo, Seguridad, Sostenibilidad, CORSIA, Movilidad Aérea, Facilitación, Pasajeros, Carga, Cooperación, Transporte Aéreo, Convenio Chicago, Tratados Internacionales, Tecnología, IA, Innovación.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Abstract: *This article describes the most relevant aspects of ICAO's new Strategic Plan 2026-2050 which defines the strategic direction of this international organization for the next 25 years. It describes ICAO's overall planning outline, air traffic forecasts up to 2050 and the challenges posed by the expected significant growth. It´s defined the Vision, Mission, Values, Strategic Objectives and High-Priority Enablers to support its implementation. A reflection is made on whether in the next 25 years, when the centenary of the Chicago Convention will be celebrated in 2044, there will be an update of this important international treaty. Finally, considering the importance of aviation for Spain, the necessary strengthening of Spain's participation and influence in ICAO is highlighted.*

Key Words: *ICAO, International Civil Aviation, Strategic Plan, Planning, Forecast, Air Traffic, Safety, Security, Sustainability, CORSIA, Air Mobility, Facilitation, Passengers, Cargo, Cooperation, Air Transport, Drones, Chicago Convention, International Treaties, Technology, AI, Innovation.*

1. INTRODUCCIÓN

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha promovido con gran éxito el multilateralismo entre todos los países del mundo para el desarrollo seguro y eficiente del sector de la aviación civil internacional desde su creación en 1944.

Solo en este siglo XXI, la evolución de diferentes acontecimientos y decisiones han transformado la aviación internacional que conocemos hoy día, así podemos citar:

1. La crisis de la seguridad de la aviación de 2001, con los atentados terroristas del 11 de septiembre en Estados Unidos, condujo a una revisión completa del marco mundial de la seguridad de la aviación («security»);
2. El marco de ciberseguridad, adoptado en 2015, representó el reconocimiento formal de la OACI ante las amenazas de ciberataques a los sistemas de aviación, y un nuevo mandato para proteger la aviación de las ciberamenazas;
3. La adopción del plan de compensación y reducción de carbono para la aviación internacional (CORSIA) en 2016, representó un paso esencial en la acción climática de la aviación mundial;
4. La crisis mundial de la aviación en 2020 a causa de la pandemia del COVID-19 puso de relieve la necesidad de coordinar a nivel internacional este tipo de crisis con medidas sanitarias y de resiliencia del sistema;
5. En 2021, la movilidad aérea avanzada (AAM) marcó un año crucial en el que la OACI y el sector de la aviación mundial comenzó a formalizar los marcos regulatorios, operativos y de seguridad para los drones, los sistemas de aeronaves no tripuladas y de gestión del tráfico;
6. En 2022, la aprobación durante la 41.ª Asamblea de la OACI de un objetivo mundial aspiracional a largo plazo (LTAG) supuso un hito fundamental para que la aviación internacional alcance las cero emisiones netas de carbono para 2050;
7. En 2023, la OACI y la comunidad aeronáutica identificaron los riesgos emergentes para la seguridad, tales como las interferencias de los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS), las zonas de conflicto, las condiciones meteorológicas adversas para la aviación, entre otros riesgos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Con este panorama actual y a medida que entramos en una nueva era marcada por desafíos y oportunidades sin precedentes, la OACI ha elaborado y aprobado un Plan Estratégico a largo plazo para el periodo 2026-2050 que tiene como objetivo central seguir liderando el crecimiento ordenado de la aviación internacional, más segura, eficiente y sostenible desde el punto de vista ambiental y económicamente viable,

Este Plan Estratégico llega en un momento decisivo para la aviación civil internacional. El crecimiento del tráfico aéreo tras la pandemia del COVID 19 se ha reanudado con gran fuerza y vigor y se prevé un importante crecimiento en los próximos años. Este crecimiento también plantea enormes desafíos a los que hacer frente por lo que será esencial anticiparse y prepararse para el futuro que se avecina.

A medida que el mundo se embarca en una transición de energía limpia provocada por el cambio climático, se presenta una oportunidad para remodelar los cimientos de la aviación, avanzando hacia un futuro más respetuoso con el medio ambiente, pero sin olvidar la principal prioridad de la aviación que ha sido y seguirá siendo la seguridad.

1.1. El primer plan estratégico en la historia de la OACI

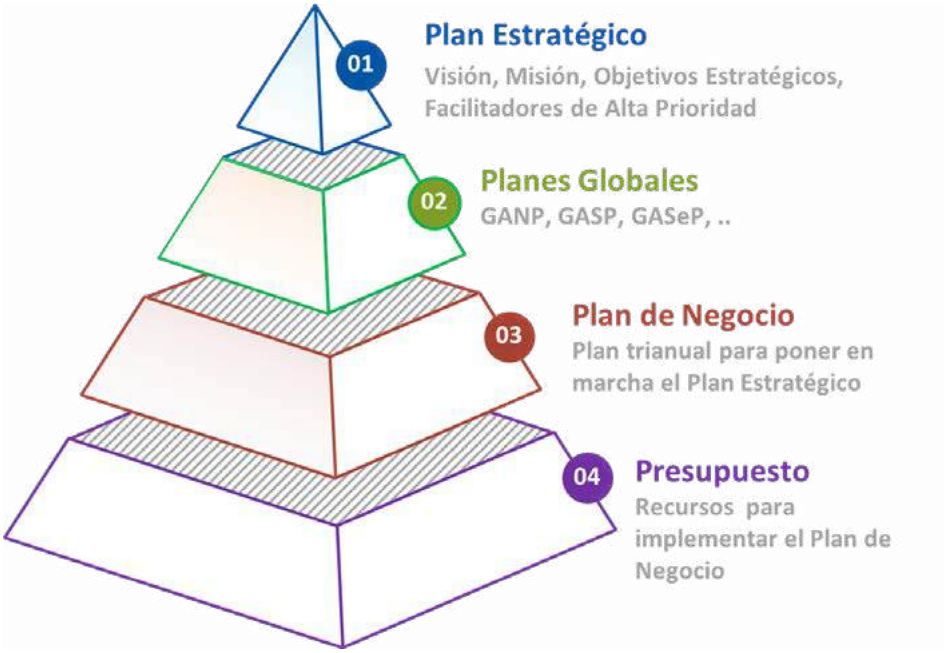
Aunque pueda resultar llamativo, el primer Plan Estratégico en la historia de la OACI fue aprobado por unanimidad en el Consejo 233.º, el 1 de noviembre de 2024. Este Plan define una dirección estratégica común para la OACI y para toda la comunidad aeronáutica mundial. Además, constituye un elemento muy importante de comunicación a la sociedad con un lenguaje accesible para todas las partes interesadas no relacionadas con la aviación.

El camino para su redacción y aprobación no fue fácil. Para facilitar este proceso se creó un Grupo Consultivo[1] integrado por miembros del Consejo, el secretario

1 El Grupo Consultivo, presidido por el Representante de España en el Consejo (Angel-Luis Arias) estuvo compuesto por los Representantes en el Consejo de Canadá, Brasil, Japón, Corea del Sur, China, India, Arabia Saudí, Nigeria, Etiopía, Rumanía y Reino Unido, y por parte del Secretariado de OACI, el secretario general y todos sus directores de primer nivel de la organización.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

general y su equipo senior de directores de la OACI, donde España asumió un papel fundamental al asumir la Presidencia y coordinación de este Grupo, a través de su Representante Permanente en el Consejo, Angel-Luis Arias Serrano.



1.2. Nuevo instrumento para dar coherencia al esquema de la planificación general de la OACI

Desde un punto de vista del proceso de metodología de la planificación, este nuevo plan estratégico a largo plazo ha dado coherencia al esquema de la planificación general de OACI, articulando una pirámide perfectamente coordinada entre el Plan Estratégico a largo plazo (con un alcance de 25 años), los Planes Globales Sectoriales a medio plazo (con un alcance de unos 10 años), como son el GANP, GASP o GASeP[2], el Plan de Negocio con un alcance de 3 años y el correspondiente Presupuesto económico que define los recursos necesarios cada tres años y que es aprobado por la Asamblea por todos sus estados miembros.

Por otro lado, este Plan y el marco de planificación de OACI permitirá alinear las necesidades y expectativas de los Estados y de todo el sector: compañías aéreas, aeropuertos, proveedores de navegación aérea, fabricantes, etc. Las Asambleas y las Conferencias de Alto Nivel de la OACI serán fundamentales para su seguimiento y actualización.

2 GANP (Global Air Navigation Plan); GASP (Global Air Safety Plan); GASeP (Global Security Plan).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

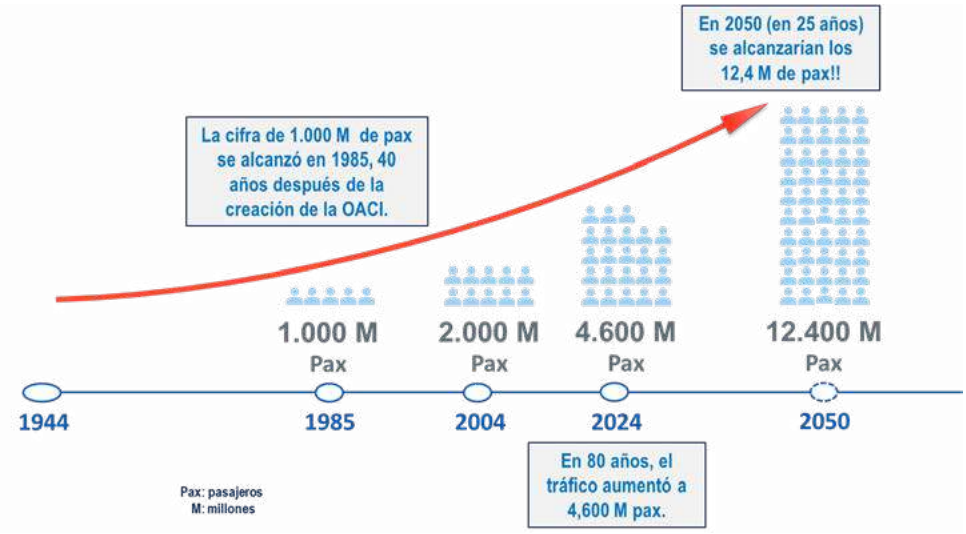
2. ESCENARIO FUTURO DE LA AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (2050)

2.1. Previsiones de tráfico aéreo

La pandemia del COVID 19 provocó la peor crisis de la aviación civil internacional desde la Segunda Guerra Mundial, afortunadamente el crecimiento del sector ha vuelto con gran vigorosidad y vitalidad, y algunas áreas del mundo ya han recuperado en 2024 los niveles de 2019.

Para entender dónde estamos hoy y qué esperamos que sea la aviación en 2050, es fundamental tener en cuenta las previsiones que ha realizado OACI para el Plan Estratégico y que plantean unos crecimientos sin precedentes como se pone de manifiesto en el siguiente gráfico.

Previsiones de Tráfico Aéreo de Pasajeros 2050 (OACI)



Se prevé que para el año 2050 se pase de los dos 4.600 millones de pasajeros en 2024 a 12.400 millones, esto supondría multiplicar por 2,7 las cifras actuales. Para poner este crecimiento en perspectiva, si se tiene en cuenta la evolución desde que se creó OACI en 1944, a finales de la Segunda Guerra Mundial, vemos que el crecimiento previsto no tiene precedentes en la historia: los 1.000 millones de pasajeros se alcanzaron en 1985, 40 años después de la creación de OACI y en 2024, 80 años después, el tráfico ha aumentado a 4.600 millones de pasajeros, y en solo 25 años más, en 20250, se pasará a 12.400 millones.

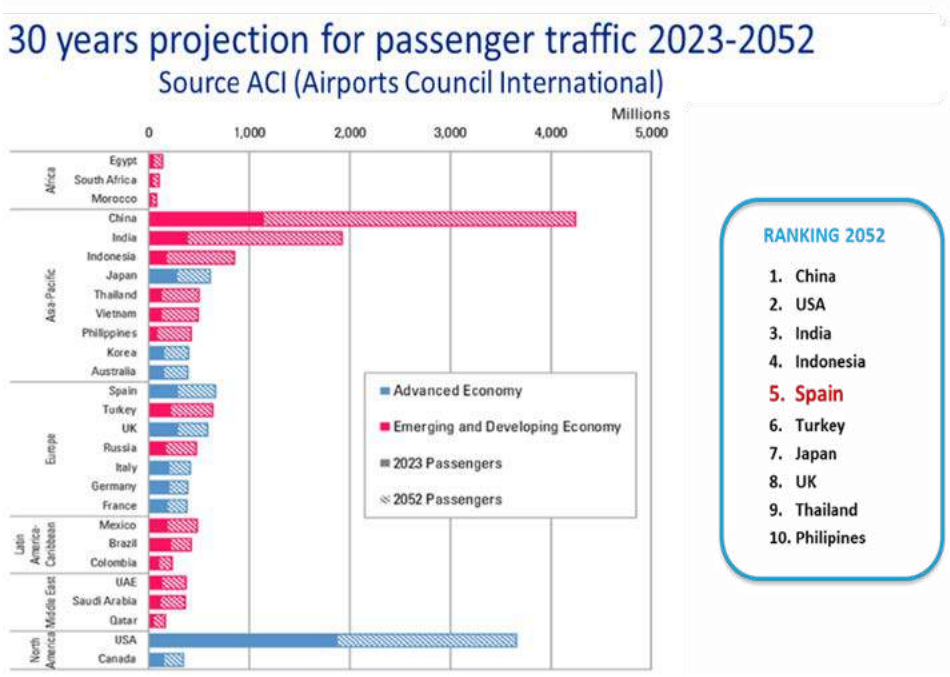
Estas previsiones realizadas por OACI son muy coherentes con las previsiones que han podido hacer otros agentes del sector, tales como las compañías aéreas o

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

los aeropuertos. A nivel desagregado por áreas del mundo, se consolida el giro del centro de gravedad de la aviación civil internacional desde occidente hacia oriente.

En el gráfico siguiente, cuya fuente es el Consejo Internacional de Aeropuertos (ACI), en sus proyecciones al 2052 de tráfico aéreo de pasajeros en aeropuertos, se puede ver cómo China supera a Estados Unidos, la India se sitúa en tercer lugar y otros países emergentes de la economía asiática, tales como Indonesia, Tailandia o Filipinas emergen con una enorme vigorosidad en el ranking mundial.

En Europa, España se mantiene en primer lugar por número de pasajeros en aeropuertos seguido muy de cerca de Turquía y Reino Unido. Esta previsión es una gran noticia para nuestro país que nos tiene que animar a concentrarnos e intensificar esfuerzos en preparar nuestras infraestructuras, servicios y, muy especialmente, en atraer y retener a los profesionales de la aviación, para que este importante crecimiento tenga lugar en las más óptimas condiciones.



2.2. Desafíos

Estas impresionantes cifras de crecimiento plantean enormes desafíos para la aviación civil internacional, y así en el Plan Estratégico se identifican los siguientes:

1. En seguridad operacional («safety») y en seguridad para la protección de la aviación («security»), incluida la ciberseguridad, se necesitan nuevas iniciativas para mejorar los niveles actuales y, al mismo tiempo, mantener el ritmo de los crecientes volúmenes de pasajeros, carga y tráfico. Ya no será

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

suficiente mantener los niveles actuales, hay que mejorarlos, pues si no, el número absoluto de accidentes podría no ser aceptable.

2. Se necesitará reducir el impacto de la aviación en el medio ambiente y el cambio climático a través de la descarbonización progresiva del transporte aéreo y una transición energética más limpia, sin olvidarse de la reducción de otros impactos ambientales, en particular del ruido y las emisiones que afectan a la calidad del aire local. También habrá que adaptar las operaciones de la aviación a los impactos que en seguridad o en eficiencia está provocando un clima cambiante con más severos y continuos efectos de turbulencias, tormentas, inundaciones, etc.

3. Habrá que mejorar la experiencia de los pasajeros. Si hoy en día, y en muchas ocasiones, la experiencia de los pasajeros no es ni lo buena ni lo adecuada posible, será necesario, frente al incremento de tráfico aéreo previsto, mejorar su experiencia en los viajes, así como en la facilitación de la carga, mediante un mejor trato, servicio y el aumento de la eficiencia del movimiento de aeronaves, pasajeros, tripulación y carga, en todo el vuelo y, muy especialmente, a través de las fronteras, y, al mismo tiempo, centrarse en reducir los retrasos de los vuelos.

4. Será necesario acomodar de manera eficiente los nuevos entrantes en el sector, como son los drones, la movilidad aérea avanzada, las operaciones a gran altitud y las operaciones de transporte espacial comercial con las actuales operaciones de aeronaves convencionales. La innovación y las nuevas tecnologías serán esenciales para afrontar este desafío.

5. Seguirá siendo importante fomentar el desarrollo de un sistema de aviación civil sólido y económicamente viable, sobre la base de la igualdad de oportunidades que satisfaga las necesidades de todos los pueblos del mundo en materia de transporte aéreo seguro, regular, eficiente, ambientalmente sostenible y económico.

6. Habrá que desarrollar las infraestructuras y los sistemas de aviación para prestar los servicios necesarios, seguros, protegidos, accesibles, eficientes y sostenibles para los pasajeros y la carga en los aeropuertos, los servicios de navegación aérea y las operaciones de las líneas aéreas para reducir las brechas entre países y responder a la creciente demanda futura, especialmente en los Estados en desarrollo para que «ningún país se quede atrás».

7. Las nuevas tecnologías y la digitalización de los sistemas de aviación jugarán un rol muy importante para crear servicios con más capacidad y resilientes, aprovechando la Inteligencia Artificial (IA) y las tecnologías avanzadas de comunicaciones, navegación y vigilancia para la gestión del tráfico aéreo, incluidos los sistemas basados en satélites.

8. Será clave y es un gran reto para el futuro, el asegurar la disponibilidad de profesionales para la aviación, promoviendo la diversidad y la igualdad de género en toda la industria.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3. ELEMENTOS DEL PLAN ESTRATÉGICO

Para responder con éxito al gran crecimiento de tráfico aéreo previsto y todos estos importantes desafíos se ha redactado el Plan Estratégico de OACI 2026-2050 que se ha articulado en torno a 5 grandes elementos:

- La visión.
- La misión.
- Los valores.
- Los objetivos estratégicos.
- Los facilitadores de alta prioridad.

3.1. Visión de la OACI

La Visión de OACI se plantea como: *Un sistema de aviación civil internacional seguro y sostenible que conecte el mundo para el beneficio de todas las naciones y los pueblos*.

Tres grandes aspiraciones esenciales concretan esta Visión:

1. Cero víctimas mortales en la aviación internacional a causa de accidentes y actos de interferencia ilícita.
2. Cero emisiones netas de carbono para 2050 en las operaciones de la aviación civil internacional.
3. La aviación como elemento esencial del sistema de transporte mundial, conectado, accesible, inclusivo y asequible promoviendo el desarrollo económico y social para que ningún país se quede atrás.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.2. Misión de la OACI

La Misión de OACI es: *Liderar la aviación civil internacional como motor clave del desarrollo social y económico, al tiempo que se mejora la seguridad de la aviación, su protección, el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental de un sistema de aviación en crecimiento, mediante la promoción del derecho aéreo, la elaboración de políticas, planes y normas, la supervisión y la auditoría, y el apoyo a las capacidades de los Estados en beneficio de todas las naciones y pueblos*.

La Misión de OACI se desarrolla a través de los tres procesos principales actuales de la organización: 1. El desarrollo de políticas y establecimiento de estándares (SARPS, PANS etc.), 2. La supervisión y auditoría y 3. El apoyo a la implementación (cooperación técnica).

3.3. Valores de la OACI

La OACI está alineada con el marco de valores y comportamientos de las Naciones Unidas (UN), y el personal de la OACI se compromete a actuar de conformidad con los principios y valores descritos en el Código de Servicios y en el Marco de Ética de la OACI.

Los Valores deben conformar la cultura organizativa de OACI y todo su personal se regirá, en todo momento, durante su servicio en la organización por los principios y valores de: integridad, lealtad, independencia, imparcialidad, tolerancia y comprensión, no discriminación, igualdad de género, rendición de cuentas y el respeto de los derechos humanos.

3.4. Objetivos estratégicos

En el Plan se han identificado seis objetivos estratégicos para alcanzar y apoyar la Visión y la Misión de la Organización. Para su consecución, se desplegarán en programas, proyectos y actividades de la OACI, con sus metas e indicadores. La concreción de todas estas actuaciones se realizará en el Plan de Negocio o Plan de Actividades que se redactará cada tres años para la elaboración del Presupuesto.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El Grupo Consultivo también intervino para la elaboración y negociación del nuevo Plan de Negocio 2026-2028 con el que se ha elaborado el Presupuesto trianual en este periodo para la Asamblea del 2025.

3.4.1. Todos los vuelos son seguros y protegidos

Garantizar la seguridad y la protección continua de los pasajeros y la carga, del público en general y del personal dedicado a la aviación, contra todos los riesgos y las amenazas a la seguridad que planteen cualquier acto de injerencia ilícita.

La gran meta aspiracional es la de alcanzar cero muertes como resultado de accidentes o incidentes de aviación.

3.4.2. La aviación es ambientalmente sostenible

Esforzarse por reducir las emisiones netas de carbono para la aviación internacional, así como la reducción del ruido provocado por las aeronaves. Además, adaptar las operaciones e infraestructuras de aviación a los impactos negativos del cambio climático, como es el caso de turbulencias severas, tormentas, etc.

La gran meta aspiracional es la de alcanzar cero emisiones netas de carbono para 2050 y la mitigación del ruido y las emisiones de las aeronaves, aquí recordemos el Objetivo Aspiracional Global a Largo Plazo (LTAG) de cero emisiones netas de carbono para 2050, acordado ya a nivel mundial.

3.4.3. Movilidad continua, accesible y confiable

Garantizar que las regulaciones, los procedimientos y los sistemas faciliten la navegación aérea y los viajes sin interrupciones a través de aeropuertos y fronteras

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

para todos los vuelos, pasajeros, carga y tripulaciones aéreas, con un acceso fácil y bien coordinado, previsible y asequible a unos servicios de viajes internacionales de calidad, permitiendo mejorar la experiencia de los pasajeros.

Asegurar que las operaciones de vuelo sean confiables y altamente eficientes mediante el avance continuo de las operaciones de aeronaves y la gestión del espacio aéreo. Adaptar las necesidades de todo tipo de operaciones de aviación y mejorar la resiliencia general de la aviación y la preparación para potenciales crisis para abordar de manera efectiva los desafíos imprevistos.

3.4.4. Ningún país se queda atrás

En el escenario futuro de un gran crecimiento de tráfico aéreo, de aplicación de nuevas tecnologías, nuevos entrantes, y el desarrollo de una nueva aviación sostenible, es fundamental que llegue a todos los países del mundo y que ninguno se quede atrás; este es un objetivo fundamental de la OACI y como tal se refleja en el plan estratégico.

En cumplimiento de este objetivo, los Estados se beneficiarán de las actividades de apoyo a la implementación y movilización de recursos de la OACI, que están diseñadas para promover la implementación efectiva de políticas, normas y prácticas recomendadas y ayudar a superar las limitaciones de recursos que afectan la infraestructura, la financiación, la capacitación, el acceso a la cadena de suministro y la coordinación, especialmente en los países en desarrollo.

3.4.5. Marco jurídico integral

Mantener un marco de derecho aeronáutico internacional que dé respuesta a los problemas actuales y emergentes, será fundamental.

Adaptar el Derecho Aeronáutico Internacional (marcos jurídicos, acuerdos, convenios y reglamentos) según sea necesario para garantizar que el marco jurídico de la aviación civil internacional siga respondiendo a los desafíos y oportunidades actuales y emergentes, fomentando así un fuerte apoyo de los Estados Miembros a todos los aspectos de la labor de la OACI a medida que se acerca su centenario y más allá.

En el área jurídica pero también de política y estratégica, nos podemos hacer la siguiente pregunta: ¿tendremos un nuevo Convenio de Chicago antes de su 100.º Aniversario? En el apartado 4 de este artículo se desarrollará esta cuestión.

3.4.6. Desarrollo económico

Este último objetivo, y por ello no de menor importancia, busca fomentar el desarrollo de un sistema de aviación civil sólido, económicamente viable y asequible, que facilite el logro de una prosperidad y un bienestar para todos a través de la aviación,

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

con el apoyo de la OACI a todos los Estados Miembros utilizando un enfoque equilibrado e integral de la sostenibilidad en todas las esferas estratégicas.

3.5. Elementos facilitadores de alta prioridad

Para alcanzar con éxito los objetivos estratégicos del Plan, la OACI ha identificado un conjunto de facilitadores de alta prioridad. Estos facilitadores son factores transversales fundamentales para ayudar a la implantación de los objetivos estratégicos y todas las actividades relacionadas.

Los facilitadores de alta prioridad se centran en 4 áreas clave que se consideran esenciales para abordar los complejos desafíos que enfrenta la industria de la aviación.

- **Mejora Organizacional continua de la OACI**: se centra en mejorar la eficiencia organizacional para garantizar la mayor eficiencia y eficacia posibles en las operaciones de la OACI para cumplir con los objetivos estratégicos, incluida la gestión de recursos humanos, la digitalización, la gestión financiera, el multilingüismo, la gobernanza y la rendición de cuentas, y las operaciones comerciales y la gestión de procesos.
- **Innovación**: será clave fomentar la integración de la innovación en toda la labor de la OACI y reconocer los beneficios reales y potenciales que la innovación puede aportar al sector del transporte aéreo y proporcionar a los Estados Miembros las herramientas, los conocimientos y la mentalidad necesarios para obtener estos beneficios de una manera que no deje a ningún país atrás.
- **Igualdad de género y atracción de nuevos talentos a la aviación**: la OACI contribuirá a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas mediante el logro de la igualdad de género, trabajando para eliminar barreras para promover y fomentar la equidad de género, diversidad, e inclusión en el sector de la aviación en todo el mundo y, por supuesto, dentro de la propia OACI.
- **Colaboración, movilización de recursos y sostenibilidad financiera**: la OACI reconoce la importancia de la colaboración con todos los agentes del sector de la aviación y la necesaria movilización de recursos de los Estados y de la Organización para facilitar a la OACI el logro de sus metas estratégicas.

  Será fundamental que OACI pueda disponer del presupuesto y de los recursos humanos necesarios para poder llevar a cabo la implantación del Plan Estratégico 2026-2050. El presupuesto de la organización que se aprueba cada tres años en la Asamblea, en términos reales, lleva prácticamente congelado quince años cuando las necesidades tanto las actuales como nuevas han aumentado considerablemente.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

4. EL CONVENIO DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (CONVENIO DE CHICAGO)

4.1. El marco jurídico de la aviación civil internacional

El marco jurídico de la aviación civil internacional está compuesto por un conjunto de tratados, normas y organismos que regulan las actividades aéreas a nivel global. Su objetivo principal es garantizar la seguridad, eficiencia y desarrollo ordenado del transporte aéreo internacional.

En este marco jurídico, el Convenio de Aviación Civil Internacional, o más conocido como el Convenio de Chicago, es el pilar fundamental del derecho aeronáutico internacional. Fue acordado y firmado en la ciudad de Chicago, EE. UU., el 7 de diciembre de 1944.

En un contexto todavía de guerra mundial, se reunieron representantes de 52 países, entre ellos España, para acordar los principios de soberanía aérea, seguridad y cooperación, anticipando un mundo interconectado por el transporte aéreo. Esto evitó que la aviación civil quedara fragmentada o dominada por intereses unilaterales.

Hoy consideramos normal poder volar de un punto a otro del planeta, sin dificultades, como volar de Madrid a Tokio, o de Tokio a Singapur, o de Singapur a Londres o a Buenos Aires, se lo debemos, sin duda alguna, al Convenio de Chicago y a todas la normativa y planes que ha puesto en marcha durante sus 80 años de vida.

A través de los 19 Anexos del Convenio, se han establecido normas sobre licencias, meteorología, aeropuertos, operación de aeronaves, navegación aérea, facilitación, aeronavegabilidad, medioambiente, security, safety, etc. logrando una uniformidad técnica y operativa, unos niveles de seguridad y eficiencia, sin precedentes ni comparación en otros modos de transporte.

Así mismo, gracias a este marco regulatorio estable se facilitó que la aviación civil internacional creciera exponencialmente tras la Segunda Guerra Mundial,

También en el Convenio de Chicago se previó y acordó la creación de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que se formalizó en 1947 como una agencia especializada de Naciones Unidas para encargarse de dar vida al Convenio de Chicago, especialmente para estandarizar los procedimientos y normas técnicas (los Anexos al Convenio) que hoy rigen todos los aspectos del vuelo civil internacional, así como promover la cooperación técnica para facilitar el desarrollo de la aviación cvil internacional en todos los países del planeta.

La OACI como agencia especializada de la ONU, consta de 193 Estados miembros y las decisiones de alto nivel y de carácter más político se adoptan por todos los Estados miembros cada tres años en la Asamblea de la OACI. Entre Asambleas, el órgano superior permanente de dirección de la organización es el Consejo, formado por 36 Estados miembros y a nivel técnico es la Comisión de Navegación Aérea (ANC) compuestas por expertos de 19 Estados.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Así mismo, el Consejo de la OACI resuelve y toma las decisiones pertinentes en los casos de controversias y conflictos que puedan existir entre sus miembros en relación con la aviación civil internacional.

España pertenece de forma ininterrumpida al Consejo desde 1951 y a la Comisión de Navegación Aérea (ANC) desde 1952 y es 12.º país de OACI por la contribución económica obligatoria que le corresponde como Estado miembro.

Adicionalmente, entre otros convenios relevantes de alcance global, se pueden indicar los siguientes:

a) Convenio de Varsovia (1929) y sus protocolos: regula la responsabilidad del transportista en vuelos internacionales, incluye el Protocolo de La Haya (1955), Convenio de Guadalajara (1961) Protocolos de Montreal (1975).

b) Convenio de Montreal (1999): moderniza y unifica las reglas sobre la responsabilidad del transportista aéreo, reemplazando gradualmente el de Varsovia.

c) Convenio de Tokio (1963): regula delitos y ciertos actos cometidos a bordo de aeronaves en vuelo, estableciendo jurisdicción para los Estados.

d) Convenio de La Haya (1970): previene el apoderamiento ilícito de aeronaves (secuestro). Complementa el Convenio de Tokio.

e) Convenio de Montreal (1971): orienta sobre la represión de actos ilícitos contra la seguridad de la aviación civil, como sabotajes.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

f) Convenio de Ciudad del Cabo (2001): facilita el financiamiento internacional al reconocer garantías sobre aeronaves y equipos de aviación.

g) Convenio de Beijing (2010): fortalece la legislación internacional contra el terrorismo en la aviación civil. Incluye el Protocolo de Beijing.

h) Convenio de Ginebra (1948): reconoce los derechos reales (propiedad, hipoteca) sobre aeronaves en el ámbito internacional.

i) Convenio de Roma (1952): regula la responsabilidad por daños causados por aeronaves extranjeras a terceros en la superficie.

j) Protocolo de Montreal 2014: modifica el Convenio de Tokio (1963) para facilitar el enjuiciamiento de delitos cometidos a bordo.

En Europa, y sin entrar en detalle en este artículo, existe también un complejo marco jurídico para la aviación civil que integra la legislación nacional, europea e internacional, liderado por la Unión Europea, a través de reglamentos, directivas, decisiones, recomendaciones y dictámenes, fundamentalmente, que hacen que el entorno legal europeo, siendo coherente con el marco internacional de la OACI, sea mucho más exhaustivo, extenso y complejo, disponiendo además de organismos internacionales propios, tales como la Comisión Europea (CE), EASA y EUROCONTROL (con alcance mayor de Estados que la propia Unión Europea).

4.2. ¿Tendremos un nuevo Convenio de Chicago antes de su 100.º Aniversario?

Desde 1944 el Convenio de Chicago ha sido un pilar clave para que la aviación se convirtiera en uno de los sistemas de transporte más seguros y eficientes del mundo. La colaboración global y el multilateralismo continuarán siendo esenciales para que el Convenio siga constituyendo la columna vertebral de la aviación internacional en las próximas décadas y su vigencia dependerá de su capacidad para adaptarse a los retos tecnológicos, ambientales y operativos del futuro, y también geopolíticos.

Desde su aprobación, el Convenio ha tenido enmiendas puntuales de diferentes artículos en 16 ocasiones, la última en la Asamblea de 2016, en sus artículos 50 (a) y 56, para aumentar el número de miembros del Consejo y de la Comisión de Navegación Aérea, enmienda que todavía está en pendiente de entrar en vigor cuando 2/3 de los Estados miembros (128) lo ratifiquen en sus correspondientes procedimientos nacionales.

En 2044, dentro de la vigencia del Plan Estratégico de OACI 2050, el Convenio de Chicago cumplirá 100 años. Pocos convenios internacionales han tenido tanta vida y tanta visión y fortaleza desde su creación.

El panorama actual y futuro de la aviación civil plantea desafíos sin precedentes que pueden requerir de una actualización o evolución del Convenio de Chicago para garantizar su efectividad en el futuro. Por citar algunos ejemplos, podríamos hablar de:

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Incorporación de nuevas tecnologías y sistemas de transporte aéreo

La aparición de nuevas tecnologías en la industria aeronáutica requiere marcos normativos que regulen su operación de forma segura e integrada:

a) Aeronaves no tripuladas (drones): el auge de drones en ámbitos comerciales y logísticos está generando la necesidad de establecer reglas claras en aspectos como el control del espacio aéreo, la seguridad de las operaciones y la protección de la privacidad. El Convenio debería incorporar estos nuevos «entrantes» con una regulación que defina la integración de estos sistemas en el espacio aéreo controlado y su interacción con aeronaves tradicionales.

b) Movilidad Aérea Urbana (UAM): la llegada de aeronaves eléctricas de despegue y aterrizaje vertical (eVTOL) plantea un reto en términos de infraestructura, gestión del tráfico aéreo urbano y seguridad operacional que requiere desarrollar estándares internacionales que regulen la certificación, el mantenimiento y la operación de estos nuevos sistemas.

c) Inteligencia artificial (IA) y automatización: el avance de sistemas automatizados en la gestión del tráfico aéreo (ATM), así como en aeronaves con sistemas autónomos o semiautónomos, demandan nuevas normativas que garanticen la seguridad y el control de estos sistemas.

Sostenibilidad ambiental

La industria aérea se enfrenta a una creciente presión para reducir sus emisiones de carbono y adoptar prácticas más sostenibles que faciliten su descarbonización y sería necesario que el Convenio de Chicago tuviera en cuenta los aspectos de sostenibilidad medioambiental que no tiene ninguna referencia ni mención en el Convenio. Aspectos tales como:

a) Combustibles sostenibles de aviación (SAF).

b) Reducción de la huella de carbono.

c) Diseño de aeronaves más eficientes desde el punto de emisiones gaseosas y acústicas.

Integración del transporte espacial

El auge de vuelos espaciales comerciales y el aumento de lanzamientos desde plataformas privadas exigen una coordinación con la aviación convencional y habrá que decidir que rol va a jugar OACI en los aspectos de la gestión del tráfico espacial.

a) Definición del espacio aéreo superior: el Convenio deberá precisar los límites entre el espacio aéreo soberano y el espacio ultraterrestre, estableciendo responsabilidades claras para las operaciones en estas áreas.

b) Gestión del tráfico espacial: la creciente actividad en la órbita baja terrestre (LEO) podría generar interferencias con rutas aéreas comerciales, por lo que se requiere una mayor coordinación y regulación.

El escenario geopolítico internacional y la posible influencia de la actual política de algunos países y, en concreto, la de Estados Unidos, en la Organización de Avia-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ción Civil Internacional (OACI) y en el multilateralismo podría ser muy significativa a la hora de plantear una posible actualización del Convenio de Chicago.

En estos momentos la política exterior americana tiene un enfoque nacionalista y unilateral, basada en el «America First» (Estados Unidos primero), lo que lleva a un enfoque más unilateral y menos comprometido con las instituciones multilaterales que está dificultando el apoyo financiero y político de Estados Unidos a la OACI, lo que debilita la capacidad de la organización para coordinar esfuerzos globales en aviación civil.

La OACI depende de la cooperación entre sus estados miembros para establecer normas y estándares internacionales en aviación civil. Un enfoque unilateral dificultaría la toma de decisiones consensuadas y el avance y desarrollo de la aviación civil internacional. Se priorizan los intereses nacionales sobre los globales, lo que podría llevar a desacuerdos en temas clave como la gestión del espacio aéreo, la seguridad, y las emisiones de carbono.

Estados Unidos se ha retirado de Acuerdo de París sobre el cambio climático, lo que sugiere que podría oponerse a regulaciones ambientales estrictas en la aviación, afectando los esfuerzos globales para combatir el cambio climático.

Por otro lado, se podrían impulsar políticas de seguridad de movimiento de pasajeros y de control de aduanas, más estrictas, lo que podría generar tensiones entre países si estas políticas no están alineadas con las normas internacionales establecidas por la OACI.

Esta situación está provocando el reforzamiento de tendencias nacionalistas y antiglobalización en distintos países, debilitando aún más el multilateralismo.

Dicho lo anterior, la mejor manera de reconocer el éxito del Convenio de Chicago, en sus más de 80 años de historia y, sobre todo para hacer que siga vigente por muchos años más contribuyendo al impresionante desarrollo de la aviación civil internacional, sería ir actualizándolo progresivamente. Aunque esta actualización puede encerrar riesgos si no se dispone del liderazgo que tuvieron sus padres fundacionales.

Por todo lo anterior, quizás en estos momentos de geopolítica internacional tan compleja, no sería el momento más oportuno para acometer una profunda actualización teniendo en cuenta las dificultades que está atravesando el multilateralismo y la ausencia de verdaderos lideres globales.

5. OPORTUNIDADES PARA ESPAÑA CON EL NUEVO PLAN ESTRATÉGICO

5.1. La importancia del sector de la aviación para España

El sector de la aviación civil y, en concreto, del transporte aéreo, tiene una enorme relevancia estratégica para España por su gran aportación al desarrollo económico y social de nuestro país.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La movilidad aérea es clave para el turismo, la vertebración territorial (de la península con las islas Baleares y Canarias, así como con Ceuta y Melilla), la integración en Europa, y nuestra proyección cultural y económica en Latinoamérica.

Esta relevancia hace que los datos del sector de la aviación civil en España nos sitúen entre los Estados lideres a escala mundial. Así lo ponen de manifiesto:

- España es el segundo país del mundo por número de turistas de los cuales alrededor del 80 % llegan por vía aérea. La actividad turística supone el 11,6 % del PIB nacional.
- Con datos del 2024, España es el 1.º país europeo y 5.º del mundo por número de pasajeros en nuestros aeropuertos.
- España cuenta con 48 aeropuertos, de los cuales 41 están abiertos al tráfico civil internacional, y 2 helipuertos.
- El principal gestor aeroportuario en España, Aena, es el primer operador aeroportuario del mundo, con un total de 309 millones de pasajeros gestionados directamente en España durante el año 2024. Junto con otros aeropuertos internacionales participados por Aena en 5 países, esta cifra se eleva a 370 millones de pasajeros,
- El gestor nacional de servicios de navegación aérea, ENAIRE, gestiona una superficie de espacio aéreo de 2.247.000 km2, esto es 5 veces la superficie del territorio español, siendo el segundo espacio aéreo no oceánico más extenso en Europa, ENAIRE controló en 2024 más 2,36 millones de vuelos en 2024. España cuenta con 62 torres y centros de control certificados.
- España es el 4.º país del mundo con mayor índice de conectividad.
- En 2024 operaron en España 181 compañías aéreas de tráfico regular, de las cuales 36 tienen su base en España.
- España es el puente entre Europa y Latinoamérica y Caribe, con el 33 % de las conexiones.
- En relación con la apertura de mercados de transporte aéreo, España tiene establecidos 98 acuerdos bilaterales internacionales con Estados no-EU en los que se otorgan derechos de tráfico
- Finalmente hay que indicar que España cuenta también con empresas líderes internacionales, como es el caso, por ej., de AIRBUS, INDRA o AMADEUS.

5.2. Reforzamiento de la participación y de la influencia de España en la OACI

El compromiso con el multilateralismo es un eje central de la política exterior de España, especialmente en el contexto internacional complejo y cambiante, en el que

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

nos encontramos y en el que tenemos que hacer frente a desafíos globales como la invasión de Rusia a Ucrania, la terrible situación en Gaza, y otros muchos conflictos más y la emergencia climática.

Europa, firmemente apoya que mediante el multilateralismo se puedan ofrecer respuestas eficaces a los desafíos globales que nos demanda la ciudadanía. Tenemos un papel destacado como defensores de un orden multilateral, basado en reglas del sistema de Naciones Unidas.

Teniendo en cuenta la importancia estratégica del sector de la aviación para España, así como de la OACI para la aviación civil internacional, es importante reforzar la participación e influencia de España en la OACI en beneficio del sector de la aviación civil en nuestro país.

Este reforzamiento de la participación e influencia de España contribuiría finalmente a mejorar:

- La seguridad operativa («safety»), la protección de la aviación («security») y al refuerzo de la ciberseguridad.
- La innovación, capacidad y eficiencia de los aeropuertos, sistemas de navegación y compañías aéreas.
- El desarrollo económico del transporte aéreo y la mejora de la calidad de los servicios a los pasajeros.
- La sostenibilidad medioambiental del transporte aéreo y su camino hacia la descarbonización.
- La regulación y promoción del desarrollo de los nuevos «entrantes»: drones, movilidad aérea urbana, operaciones a alta altitud y gestión del tráfico espacial.
- El desarrollo internacional de la industria española: fabricación aeroespacial, industria aeroportuaria y de sistemas de navegación aérea (ATM/CNS), consultoría y formación, etc., tanto de las organizaciones y empresas públicas como privadas.

Es importante que las actuaciones en la OACI sean coherentes y refuercen, al mismo tiempo, la participación de España en otras organizaciones y asociaciones internacionales de aviación civil, especialmente en Europa, tales como: la UNIÓN EUROPEA (COMISIÓN), CEAC, EASA, ESA, EUROCAE y EUROCONTROL, y, también, por otro lado: IATA, A4E, ACI y CANSO.

Para aumentar la participación e influencia de España en la OACI se pueden desplegar líneas de actuación encaminadas a:

1. Fortalecer la presencia e influencia de España en los órganos de dirección de la OACI, y de españoles en la estructura de la OACI
2. Aumentar la participación e influencia en la elaboración de normas (SARPs), procedimientos y planes mundiales-regionales de la OACI.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3. Incrementar la participación española en los proyectos de cooperación en las zonas geográficas de interés, especialmente en Latinoamérica, África y Medio Oriente.
4. Mejorar el conocimiento, la comunicación y la visibilidad de la OACI en los agentes del sector de la aviación en España, y viceversa.

6. CONCLUSIONES

La aviación civil internacional afronta retos sin precedentes para las próximas décadas, derivados del crecimiento exponencial del tráfico aéreo, tales como: el aumento de la seguridad operacional y de protección de la aviación (incluida la ciberseguridad), el aumento de riesgos y de las tensiones geopolíticas, la necesidad urgente de la descarbonización, la integración de nuevas tecnologías (drones, movilidad aérea avanzada, IA), disponer y retener a los profesionales de la aviación necesarios, equidad de género, etc.

Para responder a estos desafíos y mantener un sistema seguro, sostenible e inclusivo, la OACI ha adoptado su nuevo Plan Estratégico 2026-2050, que guiará las políticas globales en aviación civil durante los próximos 25 años.

Su visión es: *Un sistema de aviación civil internacional seguro y sostenible que conecte el mundo para el beneficio de todas las naciones y los pueblos*.

Esta visión se concreta en tres objetivos aspiracionales clave:

- Alcanzar cero víctimas mortales en la aviación internacional por accidentes o actos ilícitos.
- Alcanzar cero emisiones netas de carbono en 2050 en las operaciones de la aviación civil internacional.
- Mantener la aviación como un sistema de transporte conectado, accesible, inclusivo y asequible, que impulse el desarrollo económico y social y no deje a ningún país atrás.

El Plan Estratégico establece seis objetivos estratégicos que guiarán las políticas y actividades de la OACI:

- Todos los vuelos son seguros y protegidos: eliminar las víctimas mortales y mitigar amenazas ilícitas.
- La aviación es ambientalmente sostenible: alcanzar cero emisiones netas de carbono y mitigar impactos ambientales.
- Movilidad continua, accesible y confiable: mejorar la experiencia de pasajeros, la eficiencia operativa y la resiliencia.
- Ningún país se queda atrás: garantizar que todos los Estados, especialmente los países en desarrollo para que participen plenamente en la aviación internacional.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- Marco jurídico integral: mantener actualizado el marco legal para adaptarse a nuevas tecnologías y retos.
- Desarrollo económico: asegurar un sector económicamente viable que contribuya al bienestar global.

Estos objetivos están respaldados por facilitadores clave o de alto nivel, tales como: innovación, colaboración internacional, igualdad de género, sostenibilidad financiera y modernización organizacional de la OACI.

Existe una necesidad de actualizar el Convenio de Chicago para reflejar los retos tecnológicos, ambientales y del espacio aéreo, aunque el contexto geopolítico actual dificulta su revisión inmediata.

El transporte aéreo es un sector estratégico para España, clave para el turismo (segundo destino mundial, con un 80 % de llegadas por vía aérea), la cohesión territorial (península, islas y ciudades autónomas), la conectividad con América Latina y la proyección internacional de su industria aeronáutica y tecnológica.

España es líder europeo en número de pasajeros, con infraestructuras y empresas de referencia mundial como AENA, ENAIRE, IBERIA, AIRBUS, INDRA, ITP, AMADEUS, entre otras empresas de gran relevancia.

El Plan Estratégico de la OACI 2026-2050 ofrece a España la oportunidad de reforzar su participación en OACI y, por tanto, su influencia en la aviación civil internacional en beneficio de todo el sector de la aviación española.

Y para finalizar es interesante recordar que el Convenio de Chicago de 1944 que regula la aviación civil internacional y con el que se creó la OACI hace 80 años, estableció que el propósito fundamental de la aviación internacional y sus desarrollos futuros era «crear y preservar la amistad y el entendimiento entre las naciones y los pueblos del mundo», esperemos que este nuevo Plan Estratégico de la OACI, constituya un elemento fundamental para impulsar y garantizar que se haga realidad, en los próximos años, este noble propósito de la OACI para todos los países del mundo.

7. REFERENCIAS

El Convenio de Aviación Internacional (Chicago 1944): Strategic Plan 2026 - 2050

GANP: Home - ICAO GANP Portal

GASP: https://www.icao.int/safety/GASP/Pages/Home.aspx

GASeP: ICAO Global Aviation Security Plan (GASeP)

*Plan de Negocio de OACI 2026-2050***:** https://www.icao.int/about-icao/Council/icao-business-plan-2026-2028

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

SEGURIDAD ANTE TODO

SAFETY FIRST

Dña. Isabel Maestre Moreno
www.linkedin./in/isabel-maestre-035b1173
Subdirectora de Innovación y Prospección
SENASA
isabel.maestre@senasa.es

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN: DATOS MUNDIALES DEL TRANSPORTE AÉREO. 1.1. Comienzo de la aviación. 1.2. Evolución de los datos de accidentes aéreos. 1.3. Datos económicos. 2. LOS ORÍGENES DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL: EL CONVENIO DE CHICAGO Y LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES. 2.1. Convenio de Chicago. 2.2. Anexo 13: Investigación de accidentes e incidentes de aviación. 3. EVOLUCIÓN DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL: DESDE EL ENFOQUE PRESCRIPTIVO AL ENFOQUE PREVENTIVO. 3.1. 1947: Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). 3.2. 1948: Primeros Anexos. 3.3. 1955: Creación de la ECAC - CEAC (Conferencia Europea de Aviación Civil). 3.4. 1958: Creación de la FAA (Federal Aviation Administration). 3.5. 1960: Creación de Eurocontrol. 3.6. 1970: Creación de la JAA (Joint Aviation Authorities). 3.7. 1984: Plan Estratégico de Seguridad Operacional de OACI. 3.8. 2003: Creación de EASA (European Aviation Safety Agency) 4. ENFOQUE PRESCRIPTIVO. 4.1. Estructura regulatoria. 4.2. Responsabilidad y rendición de cuentas (Accountability). 4.3. Autoridad de aviación civil. 5. ENFOQUE PREVENTIVO. 5.1. Anexo 19. 5.2. Sistema de Notificación de Sucesos (Occurrence Reporting System). 5.3. Programa de Seguridad del Estado y Programa de Gestión de la Seguridad de las empresas (State Safety Program – SSP y Safety Management System – SMS). 6. ENFOQUE PRESCRIPTIVO Y ENFOQUE PREVENTIVO. 7. CONCLUSIONES. 8. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: En este artículo se analiza por qué el transporte aéreo es el modo más seguro del mundo. Se exponen las razones por las que se ha conseguido este objetivo, teniendo en cuenta que el transporte aéreo, en comparación con otros medios, es el más novedoso en la Historia, es decir, el más joven. Además, el crecimiento de este sector desde sus orígenes ha sido exponencial, sin embargo, los accidentes aéreos han disminuido.

En definitiva, el transporte aéreo ha conseguido tener los índices de siniestralidad más bajos de todos los medios existentes.

Palabras Clave: transporte aéreo, seguridad operacional, regulación, rendición de cuentas, autoridad de aviación civil, enfoque prescriptivo, enfoque preventivo, sistema de notificación de sucesos, programa estatal de seguridad operacional, sistemas de gestión de seguridad.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Abstract: *This article analyzes why air transport is the safest mode of transport in the world. It explains the reasons why this goal has been achieved, taking into account that air transport, compared to other modes, is the newest in history, that is, the youngest. Furthermore, the growth of this sector since its inception has been exponential; however, air accidents have decreased.*

In short, air transport has achieved the lowest accident rates of all existing modes.

Key Words: *air transport, safety, regulation, accountability, civil aviation authority, prescriptive approach, preventive approach, occurrence reporting system, state safety program, safety management system.*

1. INTRODUCCIÓN: DATOS MUNDIALES DEL TRANSPORTE AÉREO

1.1. Comienzo de la aviación

Se considera que la aviación moderna comenzó el 17 de diciembre de 1903, cuando los hermanos Wright realizaron el primer vuelo controlado, sostenido y motorizado de una aeronave más pesada que el aire: el *Wright Flyer*, en Kitty Hawk, Carolina del Norte (EE. UU.). Este hito marcó el inicio de la era moderna de la aviación, sentando las bases para el desarrollo posterior de la tecnología aeronáutica.

Es cierto que, previamente, ya se habían realizado vuelos con globos aerostáticos, dirigibles y algunos prototipos de aparatos más pesados que el aire durante los siglos XVIII y XIX.

Pero la importancia de este momento histórico radica en que Orville y Wilbur Wright fueron ingenieros visionarios que aplicaron un enfoque metódico y científico a sus diseños, superando los desafíos de la sustentación y el control del vuelo. Y el *Wright Flyer* fue una innovación tecnológica ya que estaba equipado con un motor de gasolina de 4 cilindros y un sistema de control tridimensional que resolvió los problemas fundamentales de cómo mantener el avión en el aire y maniobrarlo en tres ejes, un logro crucial para el futuro de la aviación.

Los hermanos Wright llevaron a cabo más de 105 vuelos públicos entre 1904 y 1905, esta vez en Dayton, Ohio, invitando a amigos y vecinos a presenciar sus avances.

A partir de este momento, se dieron otros eventos históricos relevantes:

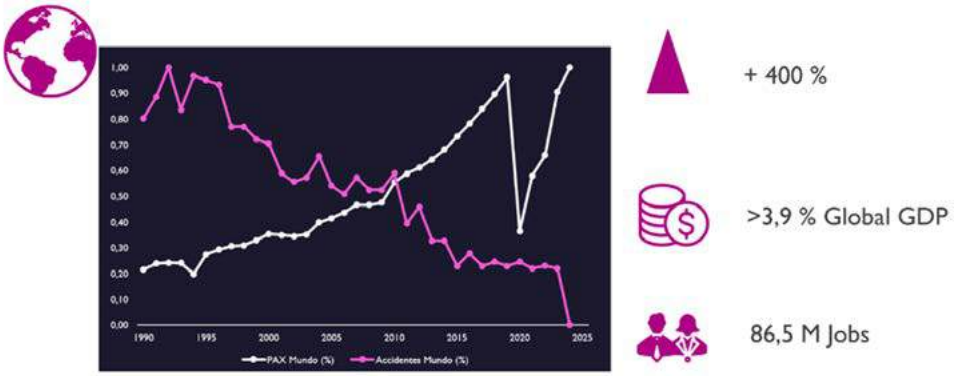
- 7 de noviembre de 1910: Se realizó el primer vuelo comercial del mundo, entre Dayton y Columbus (Ohio). El trayecto duró una hora y dos minutos, recorriendo 100 kilómetros y alcanzando una velocidad récord de 97 km/h.
- Primer vuelo con pasajeros: Aunque el vuelo de los Wright marcó el inicio de la aviación, el primer vuelo con pasajeros se efectuó el 1 de enero de 1914, operado por la aerolínea *St. Petersburg–Tampa Airboat Line*.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- Nacimiento de las compañías aéreas: En la década de 1920 surgieron las primeras aerolíneas en España, como la Compañía Española de Tráfico Aéreo (C.E.T.A.), y en 1927 se fundó Iberia, que comenzó a operar vuelos comerciales.

1.2. Evolución de los datos de accidentes aéreos

Sin duda, el transporte aéreo continúa creciendo de forma exponencial, pero este crecimiento no ha implicado un aumento proporcional en el número de accidentes. Al contrario, el número de accidentes ha ido disminuyendo a lo largo de las últimas décadas.



Sin embargo, el accidente aéreo siempre va a existir. Nuestro trabajo, el de la comunidad de expertos en seguridad operacional, es lograr que se produzca cada vez con menor frecuencia. Es imposible, hoy por hoy, garantizar cero accidentes a nivel mundial para siempre.

Esta gráfica compara la evolución del número de pasajeros transportados desde 1990 y el número de accidentes aéreos hasta nuestros días.

1.3. Datos económicos

El transporte aéreo es un importante sector económico a nivel mundial.

Según datos de IATA (International Air Transport Association) desde 1990 ha aumentado más de un 400 %. En 2024 se superaron los datos de 2019 (antes de la pandemia) y representa el 3,9 % de producto interior bruto a nivel mundial.

En cuanto a datos de empleo suministrados por ATAG (Air Transport Action Group), el transporte aéreo proporciona 86,5 millones de empleos a nivel mundial considerando los puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El turismo se está convirtiendo rápidamente en la industria más grande del mundo, y el transporte aéreo juega un papel vital. Se estima que la aviación sostiene 37,3 millones de empleos dentro del turismo.

Como ejemplo tenemos España, el segundo país del mundo en recibir turistas después de Francia, de los cuales más del 80 % lo hacen en avión.

2. LOS ORÍGENES DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL: EL CONVENIO DE CHICAGO Y LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

2.1. Convenio de Chicago

Ya hemos mencionado que se considera el año 1903 como el comienzo de la aviación. Hace algo más de 120 años.

Veamos por qué, en este corto espacio de tiempo, se ha conseguido que el sector crezca de manera exponencial y que los accidentes aéreos disminuyan.

A partir de 1903, la tecnología de aviación sufre un gran avance utilizándose los aviones, inicialmente, para transportar cartas y paquetería. Posteriormente, se emplearán para transporte de personas, pero será necesario que la sociedad confíe en este nuevo medio de transporte y, solamente proporcionando seguridad, la aviación podría desarrollarse.

Las dos grandes guerras contribuyeron enormemente al desarrollo tecnológico de la aviación. Todas las mejoras que se producían en la aviación militar se exportaban inmediatamente a la aviación civil.

Durante la Primera Guerra Mundial, la aviación evolucionó rápidamente: pasó de usarse principalmente para el reconocimiento aéreo a cumplir roles de combate, incluyendo el derribo de aviones enemigos mediante los llamados *duelos aéreos* y el bombardeo de objetivos con bombas y propaganda. Los aviones se convirtieron en el primer medio para obtener información sobre las posiciones y movimientos enemigos, y la tecnología aérea se desarrolló a un ritmo acelerado durante el conflicto, con la creación de cazas, bombarderos y el desarrollo de portaaviones.

La aviación en la Segunda Guerra Mundial fue fundamental, con aviones utilizados para bombardeo estratégico, combate aéreo, apoyo a las fuerzas terrestres, reconocimiento y operaciones navales. Este conflicto vio avances tecnológicos significativos, como el desarrollo de cazas metálicos, motores potentes y el uso extensivo del radar, sentando las bases de la guerra aérea moderna.

La aviación civil se benefició de estos desarrollos tecnológicos, que impulsaron el crecimiento del transporte aéreo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En 1944, con el final de la Segunda Guerra Mundial próximo, Estados Unidos promovió una conferencia con el fin de actualizar los acuerdos internacionales sobre aviación civil, estancados prácticamente desde la Convención de París de 1919. La conferencia se celebró en Chicago, con asistencia de delegados de 54 Estados, del 1 de noviembre al 7 de diciembre de 1944, y culminó con la suscripción del Convenio por 52 de ellos.

En ese momento, la aviación civil esperaba el final de la guerra para su relanzamiento. Se habían logrado grandes avances tecnológicos en la aeronáutica, el potencial económico de EE. UU. estaba en pleno auge, mientras que las grandes potencias europeas, la URSS y Japón estaban totalmente endeudadas, con una industria aeronáutica civil prácticamente destruida. Esto provocó un enfrentamiento entre EE. UU., con una posición económicamente muy fuerte que pretendía una política de libre mercado aéreo internacional, y el resto de los países, que querían adoptar una política proteccionista para reconstruir sus industrias aeronáuticas y sus economías.

España fue uno de los 52 Estados que firmaron el Convenio de Chicago. El responsable de la delegación española fue Luis Azcárraga.

Actualmente, la OACI está constituida por 193 países. En aquel momento, se elaboraron algunos Anexos al Convenio, donde se establecían estándares internacionales de seguridad operacional (Safety), ya que era fundamental generar confianza en la sociedad sobre este sector para que pudiera desarrollarse. Para ello, era necesario mejorar la seguridad operacional desde el principio.

Esta filosofía forma parte del «ADN» de la comunidad de profesionales de la aviación; es una cualidad intrínseca a todos nosotros.

2.2. Anexo 13: Investigación de accidentes e incidentes de aviación

El primer elemento que contribuyó a la mejora de la seguridad operacional fue la elaboración del Anexo 13.

El Anexo 13 contiene las normas y métodos recomendados relacionados con el desarrollo de las actividades de investigación de accidentes e incidentes de aviación, así como los procedimientos para las notificaciones y la elaboración de los respectivos informes.

Este anexo fue elaborado en 1951, con el objetivo principal de prevenir futuros eventos mediante la identificación de causas y la emisión de recomendaciones de seguridad. Define los Estados involucrados en la investigación, sus derechos y obligaciones, y el procedimiento para la investigación, la emisión de informes y la comunicación con los familiares de las víctimas.

Los aspectos clave del Anexo 13 son:

- Propósito: La finalidad de la investigación es la prevención de accidentes e incidentes, no la atribución de culpa o responsabilidad.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- Definición de roles: Establece los roles y responsabilidades del Estado de la investigación, del Estado de la aeronave y de otros Estados involucrados.
- Procedimiento de investigación: Detalla los pasos para llevar a cabo una investigación, incluyendo la preservación de la escena del accidente, la recogida de pruebas y la realización de análisis técnicos.
- Informes: Requiere la emisión de un Informe Preliminar dentro de los 30 días del evento y un Informe Final tan pronto como sea posible o, en general, dentro de los 12 meses del incidente.
- Información y comunicación: Especifica la obligación de facilitar información oportuna y validada a los familiares y supervivientes, así como el nombramiento de personas de enlace para la comunicación.
- Confidencialidad de la información: Establece la protección de la información de seguridad operacional para garantizar que no sea mal utilizada y que se mantenga disponible para futuras investigaciones.

En resumen, el Anexo 13 es un documento fundamental de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que garantiza un proceso estandarizado y enfocado en la seguridad para investigar los eventos que ocurren en la aviación. El objetivo de este anexo es que toda la comunidad internacional de aviación se beneficie de la investigación de los accidentes ocurridos en cualquier país del mundo y que, de esta forma, no se repitan los mismos errores que dieron lugar a dichos siniestros.

Esta información compartida a nivel mundial permitió aprender rápidamente sobre los errores en aviación por parte de todos los actores que la conforman: fabricantes, operadores, autoridades, mantenedores, proveedores de navegación aérea, gestores aeroportuarios, formadores de profesionales de aviación, entre otros.

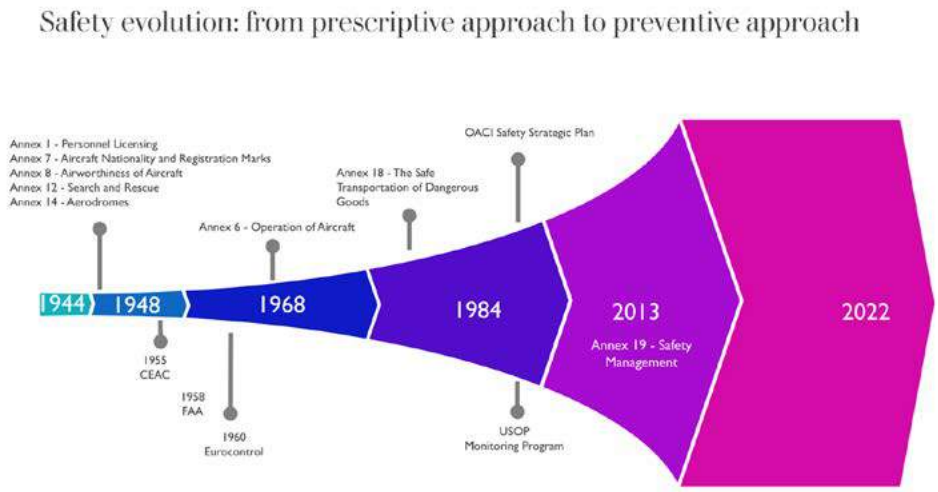
Sin duda, en 1951 se colocó el primer pilar de la estructura que se estaba construyendo para la mejora continua de la seguridad operacional en aviación.

3. EVOLUCIÓN DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL: DESDE EL ENFOQUE PRESCRIPTIVO AL ENFOQUE PREVENTIVO

3.1. 1947: Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

Veamos cómo a lo largo del siglo XX se fueron creando organismos complementarios supranacionales para trabajar en una aviación civil más segura.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).



Ya hemos mencionado que la OACI comenzó sus operaciones en 1947. Desde entonces, ha adaptado sus normativas para enfrentar los cambios y retos del sector aéreo global.

El mandato principal de la OACI ha sido —y sigue siendo— ayudar a los Estados a alcanzar el nivel más alto posible de uniformidad en la reglamentación, los procedimientos internacionales y la organización de la aviación civil. Esto es posible gracias a que este organismo, a través del Consejo, cumple la función de adoptar y enmendar normas y métodos recomendados, de alcance principalmente técnico, a modo de modelo regulatorio que los Estados Parte del Convenio siguen para cumplir dicho compromiso de uniformidad.

Estas normas y métodos recomendados se conocen como SARPS *(Standard and Recommended Practices)* y son publicados por la OACI a través de los Anexos al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, acompañados —en algunos casos— por una amplia serie de documentos adicionales.

3.2. 1948: primeros anexos

A partir de la firma del Convenio de Chicago en 1944, la OACI comenzó a elaborar los Anexos a dicho Convenio, en los que se reflejarían las normas que podrían adoptar los distintos Estados incorporándolas a su marco legislativo.

En 1948 se publicaron los siguientes Anexos:

- Anexo 1: Licencias al personal.
- Anexo 7: Marcas de nacionalidad y de matrícula de aeronaves.
- Anexo 8: Aeronavegabilidad.
- Anexo 12: Búsqueda y salvamento de aeronaves.
- Anexo 14: Aeródromos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Es decir, se desarrollaron normas y métodos recomendados en aquellas cuestiones que eran críticas para el correcto desarrollo de la aviación comercial y su estandarización a nivel internacional.

Como hemos mencionado anteriormente, el crecimiento de un sector económico se basa en la confianza en el mismo. En este caso, la confianza de los ciudadanos —futuros pasajeros del transporte aéreo—, la confianza de los Estados en recibir compañías aéreas con profesionales de aviación de otros países correctamente formados y con estándares de seguridad operacional, la confianza en la utilización de aeródromos por parte de empresas extranjeras, y la confianza en el apoyo que prestan los proveedores de servicios de navegación aérea, entre otros.

Para generar esta confianza, era imprescindible elaborar una regulación y normativa que crease esa red de seguridad en un sector tecnológico emergente, cuya aplicación llevaría a la sociedad a confiar en este nuevo modo de transporte.

3.3. 1955: Creación de la ECAC - CEAC (Conferencia Europea de Aviación Civil)

Tras varios proyectos iniciales, el Comité de Ministros del Consejo de Europa convocó una conferencia para la coordinación del transporte aéreo en Europa (Estrasburgo, abril/mayo de 1954), en la que participaron 19 Estados, entre ellos España.

La conferencia, en su Resolución 28, propuso la creación de un organismo con carácter permanente que se ocupara del desarrollo del transporte aéreo y, en general, de la aviación civil europea.

Por lo demás, la conferencia fue una repetición de la pugna entre posturas liberales (Estados escandinavos) y proteccionistas (Estados mediterráneos) en cuanto a la concesión de libertades del aire, terminando con una solución de compromiso, con mayor tendencia proteccionista, que remitía a acuerdos bilaterales.

3.4. 1958: Creación de la FAA (Federal Aviation Administration)

La Ley de Aviación Federal de 1958 fue una pieza fundamental de legislación que estableció la Administración Federal de Aviación (FAA) y abolió la Administración de Aeronáutica Civil (CAA). Esta ley fue firmada por el presidente Dwight D. Eisenhower y tenía como objetivo regular y promover la aviación civil en los Estados Unidos.

Transfirió la autoridad para establecer regulaciones de aviación de la Junta de Aeronáutica Civil a la FAA, otorgándole la responsabilidad exclusiva del sistema de navegación aérea y del control del tráfico aéreo civil-militar del país. La ley también preveía el uso seguro y eficiente del espacio aéreo por parte de aeronaves civiles y militares.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La implementación de la ley fue impulsada por la necesidad de reformar el papel del gobierno federal en la regulación y promoción de los viajes aéreos, particularmente después de varios accidentes aéreos trágicos ocurridos en la década de 1950.

El objetivo fue crear una autoridad independiente que velase por la seguridad de la aviación civil.

3.5. 1960: Creación de Eurocontrol

Esta organización se fundó en Bruselas (Bélgica) en diciembre de 1960, siendo sus promotores Alemania, Bélgica, Francia, Luxemburgo, Países Bajos y Reino Unido.

Se trata de una organización civil y militar de carácter paneuropeo, integrada por 41 Estados miembros, a los que se suman la Conferencia Europea de Aviación Civil (CEAC) y la propia Unión Europea, que se adhirió en 2002 para asistirla en la consecución de sus fines.

Su objetivo fundamental es la armonización e integración de los servicios de navegación aérea en Europa, con el fin de lograr una mayor seguridad y eficiencia en las operaciones de tránsito aéreo.

3.6. 1970: Creación de la JAA (Joint Aviation Authorities)

La JAA se creó en 1970 con la idea de establecer una normativa común en Europa. Esta iniciativa fue voluntaria, ya que la JAA no tenía fuerza jurídica para obligar a los Estados a implementar dicha normativa. Podría decirse que se trataba de un «club» de autoridades de aviación civil que buscaban tener un marco común que ayudase a construir una estructura de seguridad operacional en sus Estados a nivel europeo.

La JAA elaboró las JAR (Joint Aviation Regulations), una normativa más estricta que los Anexos de OACI, con particularidades propias de la organización regional europea. Las JAR ayudaron a las empresas europeas a desarrollar procedimientos más rigurosos y seguros que la normativa de OACI, lo que facilitó el crecimiento de las compañías a nivel europeo.

Las JAR serían la base de toda la evolución normativa de la actual EASA (European Aviation Safety Agency).

3.7. 1984: Plan Estratégico de Seguridad Operacional de OACI

En 1984, la OACI elaboró el Safety Strategic Plan y desarrolló un sistema de auditorías mundial: USOAP, cuyo principio es *No more, no less*.

En este plan, la OACI supervisa a los Estados para comprobar sobre el terreno cómo se han implementado los Anexos en cada país. El objetivo es no dejar a ningún Estado

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

atrás. La idea es que todos los países cumplan con las normativas y, en caso de tener dificultades, la OACI —junto con la comunidad de expertos— apoye a estos Estados para alinearse con el resto mediante programas de formación y capacitación.

3.8. 2003: Creación de EASA (European Aviation Safety Agency)

En 2003 se creó EASA, cuya finalidad principal es asegurar que las normas en los Estados Miembros de la Unión Europea se cumplan por igual.

Para ello, EASA tiene dos principales actividades:

- La elaboración de una normativa común de seguridad operacional.
- La realización de auditorías a las autoridades de los Estados Miembros para comprobar que dicha normativa se ha implementado correctamente y de forma homogénea.

Las deficiencias detectadas por EASA en un Estado Miembro deben resolverse en un tiempo determinado, para no perder los privilegios de los certificados, licencias, autorizaciones, etc., que dicho Estado haya emitido a sus empresas y profesionales y que tienen validez en toda la Unión Europea.

4. ENFOQUE PRESCRIPTIVO

Pero veamos sucintamente en que consiste el enfoque prescriptivo.

El sistema de aviación se divide en tres grandes subsistemas:

1. Aeronaves: Incluye a los fabricantes de aeronaves, motores y componentes; el mantenimiento de aeronaves; las operaciones en vuelo; las licencias y formación del personal de vuelo, como pilotos y técnicos de cabina de pasajeros; los técnicos de mantenimiento de aeronaves, etc.
2. Navegación Aérea: Incluye la gestión del tráfico aéreo; los servicios de comunicación, navegación y seguimiento; las licencias y formación de los controladores de tráfico aéreo, etc.
3. Aeropuertos: Incluye el despegue y aterrizaje de las aeronaves; los servicios de *handling*; el control de los obstáculos, etc.

El enfoque prescriptivo está basado en el cumplimiento de las normas que contienen los requisitos de seguridad operacional. Este enfoque se inició a partir del Convenio de Chicago, con la elaboración de los Anexos.

En paralelo, fruto de la investigación de los accidentes aéreos —donde no se busca la culpabilidad, sino las causas raíz que provocaron cada accidente—, la normativa se fue enriqueciendo. Las lecciones aprendidas de cada accidente se analizaban y se difundían para no repetir los mismos errores. Al compartir este conocimiento entre toda la comunidad internacional, la mejora de la seguridad operacional fue muy rápida.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Siempre se tuvo presente esta dimensión internacional, porque la aviación es global y busca la cohesión de los territorios y regiones. Los requisitos de seguridad operacional deben implementarse en todos los Estados. Para que un vuelo sea seguro, es necesario que toda la cadena cumpla con los requisitos. Se puede mejorar la seguridad de una compañía aérea, pero, por ejemplo, si en un vuelo, el aeropuerto de destino no cumple con la normativa, puede surgir un problema de seguridad.

Podemos decir que todo el enfoque prescriptivo se basa en tres principios:

1. Una fuerte estructura regulatoria: Fruto de toda esta información, se elaboró una regulación que se ha ido revisando continuamente debido al nuevo conocimiento y experiencia.
2. Una estructura piramidal de la responsabilidad y rendición de cuentas: Todas las empresas que deben cumplir con la normativa de seguridad operacional cuentan con un sistema de personas responsables ante las autoridades.
3. Una autoridad en cada Estado que supervise la implantación de la normativa en su industria y disponga de mecanismos jurídicos para obligar a su cumplimiento *(enforcement)*.

Analicemos estos tres principios.

4.1. Estructura regulatoria

La regulación se puede dividir en tres grandes grupos, cada uno relacionado con un subsistema de aviación. La normativa europea es bastante amplia y compleja, pero vamos a mencionar las más conocidas.

1. Aerolíneas. En este ámbito encontramos:
   - Normativa para las empresas de fabricación (Aeronavegabilidad inicial), tanto para el diseño como para la fabricación: DOA y POA.
   - Normativa para el mantenimiento de las aeronaves y sus componentes (Aeronavegabilidad continuada): CAMO.
   - Normativa para los operadores aéreos, tanto para garantizar que cumplen con las normativas de seguridad operacional (AOC) como que disponen de los recursos económicos suficientes para no generar riesgos de seguridad por falta de financiación (Licencia de Explotación).
   - Otras normativas: MEL, ETOPS, EFB, EBT, aprobaciones operacionales, transporte de mercancías peligrosas.
   - Etc.
2. Navegación Aérea. Se puede mencionar:
   - Normativa para las empresas que proveen servicios de navegación aérea (ANSP).
   - Normativa para los proveedores de tecnología para la navegación aérea (CNS).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- Normativa para las empresas que proveen servicios de meteorología relacionados con aviación (MET).
- Normativa para empresas que proveen servicios de información aeronáutica (AIS).
- Normativa para la búsqueda y salvamento (SAR).
- Etc.

3. Aeropuertos. Donde se encuentra:

- Normativa para diseñar un aeródromo, helipuerto, etc.
- Normativa para proveer servicios de *handling*.
- Normativa para las operaciones aeroportuarias.
- Etc.

Especial mención merece el sistema de Licencias al personal que fue el Anexo 1 de OACI debido a la importancia de la formación, experiencia y capacidad de los profesionales de aviación.

El personal que tiene una relación directa con la seguridad operacional debe disponer de licencias emitidas por la autoridad de su Estado. Es importante destacar que estas licencias no son válidas de manera indefinida, como ocurre con un título académico. Un piloto o un controlador aéreo debe someterse a pruebas periódicas para comprobar que su conocimiento, experiencia y pericia siguen siendo adecuados para el trabajo que desempeña. Además, es necesario que se sometan periódicamente a reconocimientos médicos específicos de aviación, para garantizar que sus condiciones psicofísicas se mantienen según la normativa (MED).

Todas estas características se evalúan periódicamente y, si estas competencias no se mantienen, el profesional puede ver limitadas sus atribuciones en la licencia.

4.2. Responsabilidad y rendición de cuentas (Accountability)

Otro de los pilares fundamentales en los que se sustenta la mejora de la seguridad operacional es la pirámide de responsabilidad.

Cualquier empresa que quiera tener actividad en aviación y cuyo desempeño esté relacionado con la seguridad operacional requiere una certificación o aprobación por parte de la autoridad de aviación civil del Estado donde reside su sede principal. En este sentido, las compañías aéreas, los gestores aeroportuarios, los proveedores de servicios de navegación aérea, los diseñadores y fabricantes de productos aeronáuticos, los mantenedores de aeronaves y componentes, etc., necesitan una aprobación de su autoridad, para lo cual deben demostrar que cuentan con las condiciones técnicas necesarias y suficientes para cumplir con los requisitos de la normativa en cada ámbito.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Dentro de estas organizaciones, la normativa exige que haya unos post-holders o responsables de determinadas áreas de la empresa. La autoridad aprueba a estas personas una vez que demuestren los conocimientos, experiencia y asunción de sus responsabilidades que son preceptivas. Ellos serán los responsables ante la autoridad en caso de que exista alguna fisura en el sistema de seguridad operacional.

Asimismo, estas empresas —como es el caso de las compañías aéreas o los centros de mantenimiento— cuentan con profesionales de aviación con licencia otorgada por una autoridad de aviación civil. Este es el caso de pilotos y técnicos de mantenimiento de aeronaves quienes certifican cada tarea que llevan a cabo y disponen de una firma o sello que los identifica, asumiendo su responsabilidad en caso de problemas de seguridad operacional. Todas las tareas quedan correctamente registradas.

En la cúspide de la pirámide está el Director Responsable, quien, además de cumplir con todos los requisitos de conocimientos y experiencia, debe poseer los poderes económicos otorgados por el Consejo de Administración de la empresa, para garantizar que gestiona adecuadamente los recursos en aras de mantener los estándares de seguridad.

4.3. Autoridad de aviación civil

Para garantizar el cumplimiento de la normativa, es necesario que cada Estado cuente con una autoridad de aviación civil que disponga de los elementos necesarios para cumplir con su objetivo.

Debe ser un órgano independiente del poder político, de la industria que supervisa y de la autoridad de investigación de accidentes.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Dispondrá de los medios materiales y humanos suficientes para garantizar que su sistema de supervisión sobre las empresas sea eficaz y de calidad. El equipo humano debe tener los conocimientos y experiencia necesarios para poder supervisar a los equipos de las empresas.

Además, la normativa estatal debe conferirle los instrumentos jurídicos necesarios para poder obligar a las empresas a cumplir con la regulación *(enforcement)*.

Las autoridades realizan auditorías de procesos, inspecciones de productos, inspecciones in situ, etc., para supervisar todo el sector de aviación.

Para emitir una primera certificación a una empresa, la autoridad debe analizar los Manuales de ésta, en los que se describirá cómo va a llevar a cabo las tareas en su organización, cumpliendo con cada requisito de la norma. La emisión de un primer certificado es un trabajo complejo tanto para la empresa como para la autoridad, y sienta las bases de la futura relación entre ambas partes.

Después de este hito, las empresas deben mantener de manera continuada las condiciones de seguridad que permitieron el cumplimiento de todos los requisitos normativos. Para ello, en la mayoría de los casos, la autoridad debe supervisar todo el sistema en los siguientes 24 meses. Lo habitual es fragmentar la supervisión por áreas, de forma que no se tarde más de dos años en realizar dos inspecciones de la misma materia. Esto es lo que se denomina supervisión continua.

Además, se exige que la empresa realice auditorías internas para garantizar el cumplimiento de la norma de manera continua.

5. ENFOQUE PREVENTIVO

5.1. Anexo 19

Después de 100 años de aviación, en los que se ha utilizado el enfoque prescriptivo para mejorar la seguridad, la comunidad de expertos se enfrentó a una nueva etapa para seguir avanzando en esta cuestión clave para autoridades, industria y sociedad.

Así, a principios de los años 2000, surge un nuevo modelo —al principio teórico— denominado enfoque preventivo.

España fue claramente uno de los Estados que adoptaron este modelo para seguir incrementando la seguridad. Con la creación de AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea) en 2008, se estableció la Dirección de Evaluación de la Seguridad y Auditoría Técnica Interna, encargada del desarrollo normativo, implementación, instrumentalización, etc., relacionados con el enfoque preventivo. Estas competencias quedaron recogidas en el RD 184/2008, siguiendo de cerca los desarrollos que la OACI comenzaba a elaborar para implementarlos tanto en la autoridad como en el sector.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

España también fue un actor importante en la redacción del Anexo 19, publicado en 2013, gracias a la experiencia que ya estaba acumulando AESA en esta materia y al firme convencimiento de que este era el camino que debía seguirse en ese momento de la aviación. Si queríamos seguir trabajando en la mejora continua de la seguridad operacional, era necesario recurrir a nuevas metodologías de trabajo.

Preventive Approach The force of the chain is the force of its weakest link

El enfoque preventivo se basa en el principio de que la fuerza de una cadena es la fuerza de su eslabón más débil. Pero analicemos que queremos decir con esto.

El objetivo final de la aviación es producir un vuelo seguro. Para ello, intervienen múltiples actores que pueden dividirse en tres grandes grupos:

- La aeronave y todo lo que conlleva (diseño, fabricación, mantenimiento, operaciones en vuelo y licencias al personal relacionado).
- Los aeródromos (aeropuerto de origen y aeropuerto de destino).
- La navegación aérea (servicios de apoyo durante todo el vuelo).

En todo este proceso, la seguridad es fundamental, ya que basta con que exista una fisura en alguno de estos elementos para que se genere un riesgo que pueda tener un desenlace catastrófico.

5.2. Sistema de Notificación de Sucesos (Occurrence Reporting System)

La pregunta clave es: ¿cómo detectar el eslabón más débil de la cadena en un sistema tan complejo, y con la suficiente antelación para actuar sobre él y reforzarlo?

Y todo esto en un entorno dinámico y en constante cambio.

Durante la década de 2010, AESA, alineada con OACI y EASA, desarrolló metodologías para detectar esos puntos débiles que debían reforzarse siendo uno de ellos el Sistema de Notificación de Sucesos.

Se obligó a todo el personal que trabaja en aviación a notificar, primero a su empresa y posteriormente a AESA, de aquellos sucesos relacionados con la seguridad operacional que, sin ser relevantes en ese momento, podrían suponer un riesgo si se repetían o aumentaban en intensidad.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Para ello, fue necesario modificar la Ley de Seguridad Aérea, estableciendo las bases del modelo de gobernanza del sistema y protegiendo a los profesionales que notificaban los sucesos. Se implantó un sistema de reporte que eliminaba no solo el nombre del notificante, sino que también modificaba la redacción para que no se supiera si era piloto, controlador, etc. quien describía el suceso.

Gracias a estas garantías, los profesionales comenzaron a notificar sucesos, viendo que el sistema funcionaba y daba resultados. De esta forma el crecimiento de la notificación de sucesos aumentó de manera exponencial a lo largo de los primeros años de su implantación.

Como ya hemos mencionado anteriormente, la mejora de la seguridad operacional está en el ADN de los profesionales de la aviación, y nadie quería dejar de contribuir a esta causa.

En paralelo, se desarrollaron instrumentos relacionados con la Cultura de Seguridad y la Cultura Justa, para introducir esta filosofía de trabajo en todas las capas de las empresas y profesionales del sector.

Pero esa información tan valiosa debía explotarse para obtener resultados. Se desarrollaron metodologías y herramientas basadas en Big Data para analizar cada informe, extraer conclusiones, establecer estadísticas a nivel global y, finalmente, actuar desde AESA sobre «ese eslabón más débil».

Cabe recordar que en aquellos años aún no se disponía de la Inteligencia Artificial como la conocemos hoy en dia, pero se lograron desarrollar aplicaciones informáticas con algoritmos basados en Big Data que ayudaron a gestionar y explotar toda la información recibida.

5.3. Programa de Seguridad del Estado y Programa de Gestión de la Seguridad de las empresas (State Safety Program – SSP y Safety Management System – SMS)

Asimismo, se redactaron las normativas necesarias para establecer el Programa Estatal de Seguridad Operacional (PESO) en España, mediante el RD 995/2013, el Acuerdo de Consejo de Ministros y normas de aplicación. Así se dispuso de una arquitectura regulatoria para sostener todo el modelo de enfoque preventivo.

El PESO es un conjunto de políticas, objetivos y procedimientos para mejorar la gestión de la seguridad operacional en la aviación civil. También define la estructura y actividades implementadas para garantizar que los riesgos de las operaciones aéreas se mantengan controlados.

Primero se fijan estos objetivos a nivel Estatal, y las empresas (aerolíneas, aeropuertos, proveedores de servicios de navegación aérea, etc.) se alinean con ellos, porque todo forma parte de un sistema complejo e interconectado. La seguridad de unas empresas depende de que los servicios de otras se entreguen con la garantía necesaria.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Por otra parte, los Sistemas de Gestión de la Seguridad (SMS) son la inteligencia de la empresa en materia de seguridad. De forma continua, las empresas revisan todos los datos que tienen sobre seguridad: informes de sucesos, auditorías internas, riesgos conocidos por otros medios, etc.

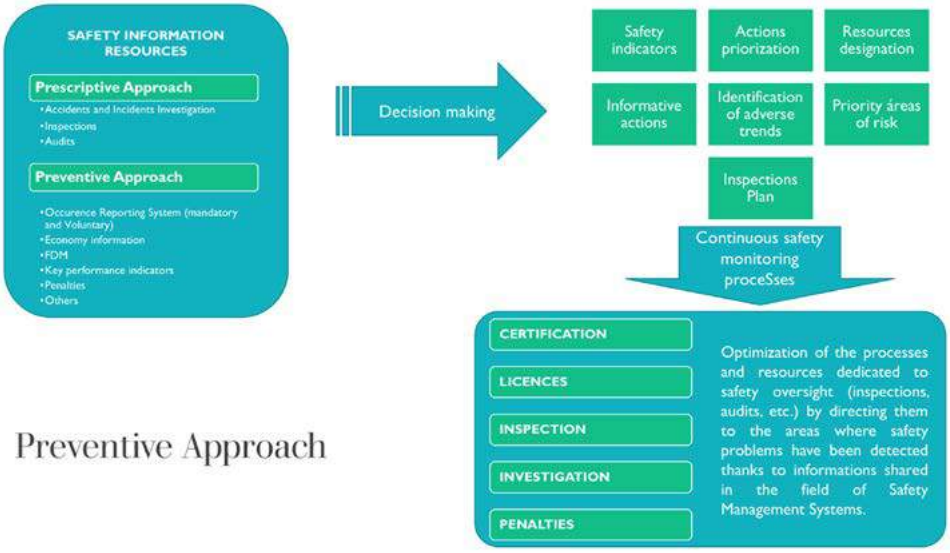
Toda esta información se gestiona dentro del SMS, y los responsables de la empresa (post-holders) toman las decisiones necesarias para actuar sobre las zonas débiles en seguridad antes de que aparezca un incidente o accidente.

Todo este sistema contribuye a mejorar la seguridad operacional por encima de la exigencia de los requisitos de la normativa.

6. ENFOQUE PRESCRIPTIVO Y ENFOQUE PREVENTIVO

Con la implantación del enfoque preventivo de la seguridad a finales de la década de los 2000, algunos expertos de la comunidad internacional de profesionales pensaron que quizá este nuevo modelo podría sustituir al enfoque prescriptivo.

Nosotros no fuimos partidarios de esta teoría. La fortaleza del sistema se basa en la complementariedad entre ambos enfoques, no en la sustitución de uno por otro.



Por ello, en AESA elaboramos y desplegamos metodologías y herramientas para gestionar todos los *inputs* que teníamos en materia de seguridad:

1. Información proveniente de accidentes e incidentes.
2. Resultados de inspecciones y auditorías.
3. Información proveniente del Sistema de Notificación de Sucesos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

4. Datos económicos de las empresas.
5. Datos de sanciones.
6. Información de denuncias o quejas recibidas, a veces de forma anónima.
7. Noticias en prensa o redes sociales.

Toda esta información se gestionaba y explotaba, y mediante fórmulas y algoritmos se obtenían resultados que indicaban las áreas donde el sistema de seguridad podría debilitarse.

Inmediatamente, se tomaban decisiones desde AESA para reforzar esas áreas: se actuaba sobre el Plan de Inspecciones, se priorizaban áreas, se realizaban tareas de información, se reasignaban recursos, se llevaban a cabo auditorías, etc. Se mantenían reuniones periódicas a alto nivel (director responsable y post-holders) con cada compañía aérea, cada proveedor de navegación aérea y cada gestor aeroportuario donde se les indicaba los resultados obtenidos de su empresa y su evolución según los datos de AESA.

Como consecuencia de estas acciones, se podían limitar o suspender certificados, licencias, aprobaciones, o abrir nuevas sanciones, siempre bajo la filosofía de que «la seguridad es cosa de todos». Es decir, toda la comunidad de profesionales debe trabajar conjuntamente para mejorar la seguridad.

Indudablemente, en el siglo XX se ha avanzado exitosamente en la seguridad operacional en la aviación y ahora debemos seguir progresando gracias al enfoque preventivo que, es justo y merecido aseverar, está siendo de mucha utilidad.

Hasta aquí llegan las felicitaciones por los logros conseguidos, pero ahora la aviación del siglo XXI encuentra un nuevo y colosal reto… la sostenibilidad medioambiental.

Si la comunidad de profesionales de la aviación ha conseguido enfrentarse al reto de la seguridad —y sigue trabajando para mejorarla—, estoy segura de que el reto de la sostenibilidad medioambiental, que ya estamos abordando, tendrá como resultado una mejora notable en este siglo XXI.

7. CONCLUSIONES

La rápida mejora de la seguridad operacional en la aviación se debe a:

1. La creación de un **sistema de regulación global** desde los inicios de la aviación.
2. Una **autoridad de aviación civil independiente** en cada Estado.
3. Una **estructura piramidal de responsabilidad y rendición de cuentas** en las empresas de aviación.
4. La **sabia combinación entre el enfoque prescriptivo y el enfoque preventivo** de la seguridad.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

8. BIBLIOGRAFÍA

Aviation Safety Network (2024).

Multiple sources compiled by World Bank (2024).

Organizaciones internacionales: La Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) publica informes anuales sobre la seguridad aérea.

Organizaciones de seguridad: La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) es un organismo de las Naciones Unidas que supervisa los aspectos de seguridad de los vuelos comerciales.

AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea)

IATA: Comunicado número 58.

ATAG: Aviation Benefits Beyond Borders.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

LA SEGURIDAD OPERACIONAL

AVIATION SAFETY

D. José Sanz Dodero
linkedin.com/in/jose-sanz-dodero-44522669
pepesanzmad@gmail.com

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. LA EVOLUCIÓN DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL. 3. EVOLUCIÓN DEL PENSAMIENTO SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL. 4. CAUSALIDAD DE LOS ACCIDENTES. 5. SISTEMA DE SEGURIDAD OPERACIONAL (SGSO-SMS) 6. CERTIFICACIÓN DE AEROPUERTOS. 7. CONCLUSIONES. 8. NORMATIVA DE REFERENCIA.

Resumen: En este artículo se tratará de explicar cómo ha evolucionado la seguridad operacional con la evolución de la propia aviación y cómo se encuentra en la actualidad.

El presente artículo no pretende ser una tesis para expertos en la materia ni mucho menos.

Para aquellos lectores del área jurídica puede servir de referencia normativa y para el resto unas líneas básicas de cómo se asegura que los vuelos sean lo más seguros posibles y que sientan el placer de volar sin miedo.

Se han incluido párrafos literales de los documentos de OACI que tratan este tema.

Palabras Clave: Evolución y adelantarse a los incidentes.

Abstract: *This article presents the evolution of the aviation safety with the evolution of the proper aviation and how it is now.*

It doesn´t try to be a thesis for safety experts far from it.

For those in the legal área it can be useful as a regulations reference and for the rest, the basic lines how to ensure the flights be as much safe as posible to feel the pleasure of fly.

It includes literal texts of the ICAO documents dealing with the topic.

Key Words: *Evolution and to anticipate an incident.*

1. INTRODUCCIÓN

Doña Agatha Christie, decía que en la vida hay que correr ciertos riesgos, pues en la aviación también hay que correrlos ya que es una actividad que también conlleva riesgos y muchos.

Por eso lo primero que se debe decir es que la seguridad operacional no puede garantizar el riesgo cero en la operación.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Entonces ¿qué es la seguridad operacional?,

La definición la encontramos en el que durante mucho tiempo ha sido la única guía de la seguridad operacional: *Documento 9859, Manual de Gestión de la Seguridad Operacional.*

El documento 9859 de OACI establece en su apartado 2.1.1

Dentro del contexto de la aviación, la seguridad operacional es «el estado donde la posibilidad de dañar a las personas o las propiedades se reduce y mantiene al mismo nivel o debajo de un nivel aceptable mediante el proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos de la seguridad operacional».

En el apartado 2.1.2 se establece:

«Si bien la eliminación de los accidentes o incidentes graves en aeronaves sigue siendo la meta final, se reconoce que el sistema de aviación no puede estar completamente libre de peligros y riesgos asociados. Las actividades humanas o los sistemas construidos por humanos no pueden garantizar estar completamente libres de errores de operaciones y de sus consecuencias. Por lo tanto, la seguridad es una característica dinámica del sistema de aviación, por el cual los riesgos de seguridad operacional deben mitigarse continuamente.

El anexo 19 resume el concepto:

Seguridad operacional. Estado en el que los riesgos asociados a las actividades de aviación relativas a la operación de las aeronaves, o que apoyan directamente dicha operación, se reducen y controlan a un nivel aceptable.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Doc 9859 OACI, par. 2.14, expresa en la tabla siguiente la probabilidad y gravedad de los riesgos:

Probabilidad del riesgo		Gravedad del riesgo				
		Catastrófico A	Peligroso B	Importante C	Leve D	Insignificante E
Frecuente	5	5A	5B	5C	5D	5E
Ocasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
Remoto	3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable	2	2A	2B	2C	2D	2E
Sumamente improbable	1	1A	1B	1C	1D	1E

Figura 2-13. Matriz de evaluación del riesgo de seguridad operacional

2. LA EVOLUCIÓN DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL

Según progresa el mundo de la aviación los riesgos a los que se enfrenta también evolucionan.

Al principio el problema era fundamentalmente técnico, había que conseguir construir aeronaves capaces de volar a más y más distancia y eso llevó a realizar muchos vuelos inseguros, con tecnologías poco probadas.

Poco a poco la técnica fue mejorando y el problema que se añadió era el de las personas que tenían que operar aquellas nuevas máquinas.

Y finalmente la complejidad del sistema pasó a ser el problema.

Por tanto, la historia de la seguridad operacional en la aviación puede dividirse en tres épocas.

La época técnica

Desde principios de la década de 1900 hasta fines de la década de 1960 donde el problema era la fiabilidad de las aeronaves.

La época de los factores humanos

Desde principios de la década de 1970 hasta mediados de la década de 1990. La aviación se convirtió en un modo de transporte más seguro y el enfoque de las actividades de seguridad operacional se extendió para incluir problemas de las personas y su relación con las máquinas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La época institucional

Desde mediados de 1990 hasta la actualidad. Durante la época institucional, la seguridad operacional comenzó a verse desde una perspectiva sistémica, la cual era abordar los factores institucionales además de los factores humanos y técnicos.

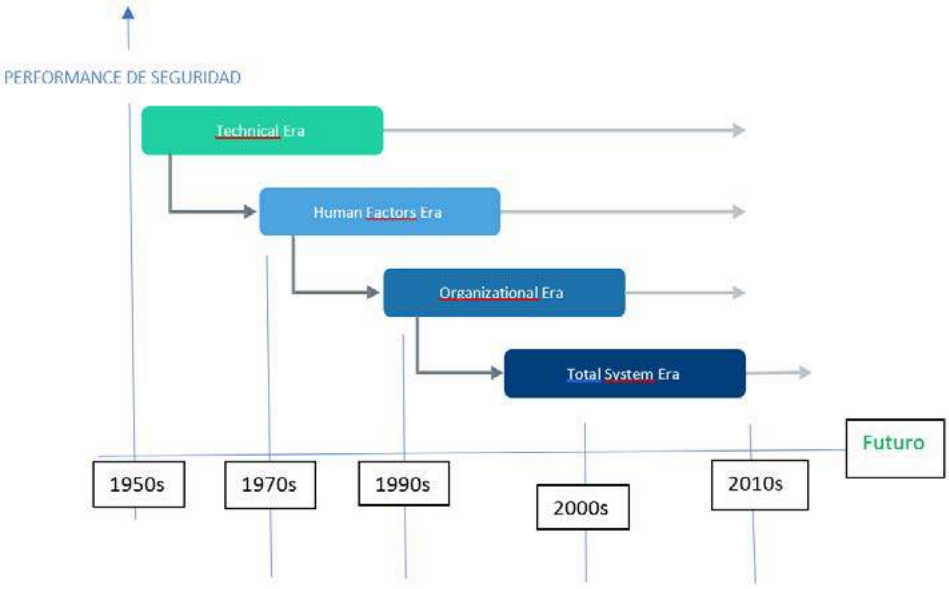


Gráfico EASA

Ante la importancia de la seguridad operacional, la OACI decidió que debía estar soportada por su propio Anexo no un Documento (de menor rango en la OACI).

El Anexo 19 tiene su origen en 2010 en la Conferencia de Alto Nivel de Seguridad de OACI de donde sale la siguiente recomendación 2/5:

> *«OACI debe desarrollar, en colaboración con los Estados, y las organizaciones Nacionales e Internacionales, un nuevo Anexo dedicado a la gestión de seguridad, responsabilidades y procesos bajo el marco de un Programa Nacional de Seguridad.*

Como respuesta a la recomendación de la Conferencia de 2010, la Comisión de Navegación Aérea de OACI recomendó que el nuevo anexo se haría en dos fases:

- Fase 1: Incluirá la consolidación de todas las previsiones sobre gestión de seguridad previamente incluidas en cualquiera de los 6 anexos, en uno sólo.
- Fase 2: El desarrollo de requisitos mejorados que empezará en noviembre de 2012.
- La primera enmienda del anexo 19 Edición 1 fue en noviembre del 2016 cumpliendo el ciclo de tres años para las enmiendas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3. EVOLUCIÓN DEL PENSAMIENTO SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

En un principio se pensó que los riesgos de seguridad operacional se limitaban o reducían si se cumplían estrictamente las reglas, y que los fallos se producían al no cumplirlas.

Para comprobar el cumplimiento de las reglas se analizaron los resultados buscando mediante la investigación de accidentes las causas que lo habían producido tanto tecnológicas como humanas.

Doc 9859

Una vez descubierta la causa del fallo se podía determinar el culpable del mismo, pero siempre a posteriori, una vez ocurrido el accidente.

A partir de la investigación se publicaron nuevas normativas para evitar la causa que se había detectado como culpable del accidente, pero sin hacer análisis de otras que podrían haber colaborado en el accidente.

El cumplimiento de las reglas es evidentemente necesario para cualquier proceso y más uno tan complejo como la aviación, pero lo que se fue demostrando es que no era suficiente.

Como vemos en la figura los análisis de los accidentes ayudaron a entender que, quién o cuando pero no entraban en el por qué ni en el cómo.

En los últimos años se ha avanzado para hacer análisis previos que nos lleven al por qué y al cómo.

Buscar proactivamente mitigar los riesgos antes que éstos resulten en accidentes e incidentes.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

4. CAUSALIDAD DE LOS ACCIDENTES

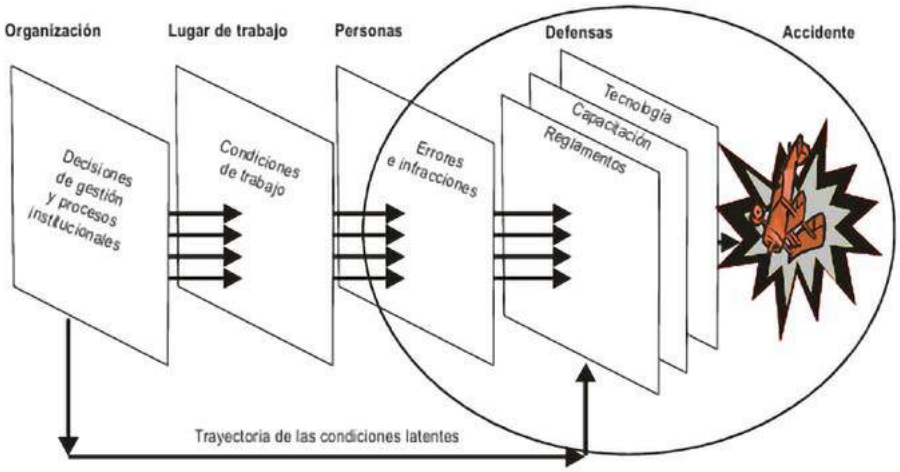
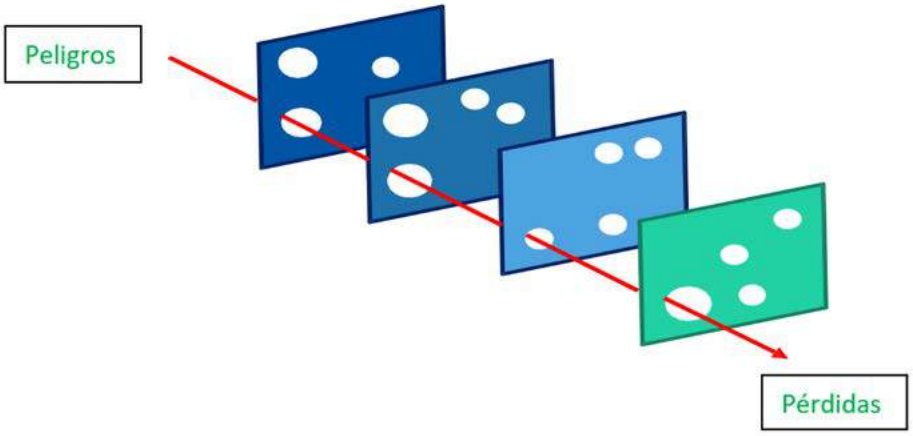


Figura 2-2. El concepto de la causalidad de accidentes



Doc. 9859 parr. 2.3.4

El accidente de Spanair, en agosto de 2008, es un ejemplo del concepto de causalidad anteriormente mencionado.

El origen del accidente, según la investigación fue la incorrecta situación de los flaps necesaria para un despegue adecuado, pero además hubo otras causas que de no haberse producido se podrían haber evitado las consecuencias de lo que se podría llamar el «fallo principal», como pueden ser las siguientes:

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- La compañía estaba pasando por un mal momento económico y urgió a los operativos a acelerar la salida del vuelo para no perder otras operaciones.
- El personal de mantenimiento realizó las revisiones con la presión de la urgencia que les transmitían.
- Por la misma razón los procesos de check-in no se hicieron adecuadamente como para detectar el error.
- El vuelo iba al máximo de paxs, es decir, peso.
- La temperatura en verano en la pista de Barajas puede superar los 45 ºC.
- La orientación de la pista.

La conclusión es que la seguridad operacional ha ido mejorando con la evolución de la aviación y se ha pasado de evaluar simplemente los fallos técnicos a considerar que la seguridad involucra a todo el sistema, incluyendo personas, procedimientos, etc.

Asimismo, se ha cambiado con el tiempo de buscar al «culpable» de lo que ya ha pasado a buscar el por qué, y el cómo, basándose en situaciones previas de todo el sistema.

A partir de este punto vamos a ver somo se trabaja ahora.

5. SISTEMA DE SEGURIDAD OPERACIONAL (SGSO-SMS)

Un riesgo y un error controlado es aceptable en un sistema seguro. La seguridad es una propiedad del sistema, del sistema en su globalidad. Las limitaciones por seguridad se deben reforzar a todos los niveles del sistema.

El SMS proporciona el marco adecuado para que esto se haga de una forma sistemática.

El SGSO debe formar parte de todo plan estatal de seguridad

Entonces ¿Qué es el SMS-SGSO?: el Anexo 19 2.ª edición, en su capítulo 4, lo define como:

> *Un enfoque sistemático para la gestión de la seguridad operacional, que incluye las estructuras orgánicas, la obligación de rendición de cuentas, las políticas y los procedimientos necesarios.*

El marco establecido por OACI en su Anexo 19 (Apéndice 2) para el Sistema de Gestión de la Seguridad operacional consta de los siguientes 4 componentes y 12 elementos:

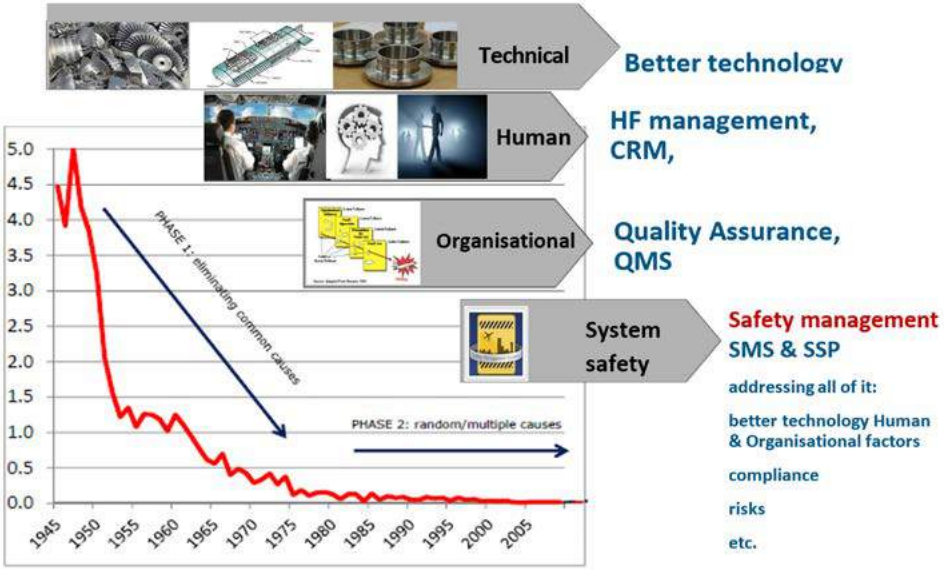
- Política y objetivos de seguridad operacional:
  - Responsabilidad funcional y compromiso de la dirección.
  - Obligación de rendición de cuentas sobre la seguridad operacional.
  - Designación del personal clave de seguridad operacional.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

  - Coordinación de la planificación de respuestas ante emergencias.
  - Documentación SMS.
- Gestión de riesgos de seguridad operacional.
  - Identificación de peligros.
  - Evaluación y mitigación de riesgos de seguridad operacional.
- Aseguramiento de la seguridad operacional.
  - Observación y medición del rendimiento en materia de seguridad.
  - Gestión del cambio.
  - Mejora continua del SMS.
- Promoción de la seguridad operacional.
  - Formación y educación.
  - Comunicación de la seguridad operacional.
  - Normativa sectorial aplicable al SMS.

Es de aplicación a los Estados y a los operadores aéreos. Este sistema estructurado incluye políticas, procedimientos y prácticas para identificar, evaluar y mitigar los riesgos de seguridad, buscando la mejora continua de las operaciones y la eficiencia.

Las ventajas del SMS quedan reflejadas en el siguiente gráfico:



Ratio Global de accidentes con víctimas por millón de millas pax, operaciones de transporte comercial excluyendo actos de interferencia ilícita

Fuente: EASA

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Saliendo del lenguaje técnico de OACI, el SMS es un sistema que integra a toda la organización en la Seguridad Operacional.

El SMS no fomenta la «delación» para buscar el culpable para castigarle, lo que fomenta es la transmisión por todos los componentes del sistema, DGAC, aeropuertos, aerolíneas, agentes de *Handling*, etc. de cualquier dato que pueda ser un peligro para la aviación que termine en un riesgo.

Para que esto funcione y dé el resultado esperado, todo el personal debe estar formado para ello y además que las diferentes organizaciones promuevan la involucración en seguridad operacional de todos sus empleados, no sólo de los que trabajan directamente en ello.

Es también necesaria la recopilación y análisis del mayor número de datos posibles disponibles.

Un ejemplo para entenderlo:

> *«Varios pilotos han comunicado que en un determinado punto de la trayectoria de aproximación hay ruido en la frecuencia.*
>
> *Nunca ha llegado a convertirse en nada serio pero el aviso existe».*

Lo que establece el SMS es que los pilotos lo comuniquen, que Control analice las causas y las solucione sin esperar a que pase nada serio.

En las pasadas jornadas del 30 de mayo[1] se habló de la aplicación de la IA a la seguridad operacional, pues aquí es donde considero que podría ser de gran utilidad: cuantos más datos se manejen y se analicen adecuadamente, mejor.

Esas bases de datos de cientos de incidencias reportadas podrían ser tratadas más rápido y mejor si la IA hiciera su trabajo, cribando o dando importancia a lo que se le diga que es más serio.

6. CERTIFICACIÓN DE AEROPUERTOS

No quisiera terminar este análisis de la seguridad operacional sin mencionar algo que ha sido tan importante en la mejora de la seguridad operacional de los aeropuertos como su Certificación.

Cuando una compañía aérea decide operar en un determinado aeropuerto la primera cosa que le interesa para tomar la decisión independientemente de las razones comerciales es tener la certeza de que el aeropuerto es seguro.

Como mencionamos al principio, para la seguridad operacional, es necesario conocer antes de seguir, que se entiende por un aeropuerto seguro, porque si no cada compañía se vería obligada a hacer sus propias inspecciones y auditorías para garantizar la seguridad de sus operaciones en ese aeropuerto.

---

1 https://aedae-aeroespacial.org/ii-congreso-espanol-de-seguridad-operacional-aeronautica-seguridad-operacional-e-inteligencia-artificial-race-30-mayo-2025/

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Nos referimos al establecimiento de un sistema regulatorio que asegure que las instalaciones, equipos y procedimientos operacionales en los aeropuertos certificados cumplen con las Normativas Nacionales basadas en el Anexo 14 de OACI y pueden ser aplicadas de forma efectiva.

La nota de prensa que publicó Aena el 22 de diciembre de 2017 comunicando la finalización del proceso de certificación de los principales aeropuertos de la red explica claramente lo que se pretende con la certificación de los aeropuertos:

> *Aena ha culminado el pasado 15 de diciembre el proceso de certificación en seguridad operacional de todos sus aeropuertos de acuerdo con la reglamentación de la Unión Europea.*
>
> *Las certificaciones de las diferentes instalaciones, que han sido avaladas por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), acreditan el cumplimiento de la normativa comunitaria en los aeródromos de uso público.*
>
> *Este trámite garantiza que las infraestructuras, sistemas, equipos, servicios, procedimientos y personal de cada aeropuerto se ajustan a los estándares europeos e implica mejoras en seguridad operacional.*

7. CONCLUSIONES

La aviación es un sistema que por su propia complejidad se ve sometido a muchos y variados riesgos.

Por ello y ante la posibilidad de eliminarlos todos y operar con riesgos cero se deben establecer los procedimientos para reducir el nivel de riesgo al mínimo aceptable.

Con la evolución de la aviación y en particular con su masificación la seguridad operacional ha avanzado hacia un sistema PREVENTIVO para buscar las soluciones antes de que ocurran los accidentes.

Trabajar POR ADELANTADO analizando datos y utilizando las nuevas tecnologías como apoyo es la mejor solución como se ha visto a través de los tiempos.

8. NORMATIVA DE REFERENCIA

- **OACI** - Anexo 14 Aeródromos – Vol. 1 Diseño y Operaciones de aeródromos.
- **OACI** - Anexo 19 Gestión de la Seguridad Operacional.
- **OACI** - Documento 9774 Manual de Certificación de Aeródromos.
- **OACI** - Documento 9859 Manual de Gestión de seguridad operacional.
- **OACI** - Documento 9735 Manual de Auditoría de la vigilancia de Seguridad operacional.
- Como ayuda en el cumplimiento de los objetivos, OACI tiene publicados, además del Anexo 14, diversos manuales relacionados.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- **OACI** - Documento 9157 Manual de Diseño de Aeropuertos.
- **OACI** - Doc 9137, Manual de Servicios de Aeropuertos.
- ACI/IATA, Apron Markings & Signs Handbook.
- EU 216/2008 y la enmienda EU 1108/2009 Creación de EASA y Normas comunes de Seguridad.
- EU 139/2014 Requisitos para la Certificación de aeropuertos.
- **EASA** Certification Specifications [CS] and Guidance Material [GM], FEB 2014.
- **EASA** Acceptable Means of Compliance [AMC] and GM, FEB 2014.
- AESA avala el cumplimiento del Reglamento UE 139/2014.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

SEGURIDAD OPERACIONAL AEROPORTUARIA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

AIRPORT SAFETY AND ARTIFICAL INTELIGENCE

Dña. Madó Couso Cambeiro
Jefa de Relaciones con Compañías Groundforce MAD
Doctoranda del Programa de Doctorado en Economía y Empresa de la UAM
www.linkedin.com/in/madocousocambeiro
mdt.couso@gmail.com

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. COMPLEJIDAD CRECIENTE DE LAS OPERACIONES EN TIERRA. 3. SEGURIDAD OPERACIONAL AEROPORTUARIA. 4. AEROPUERTOS E INTELIGENICA ARTIFICIAL. 5. IMPACTO DEL NUEVO REGLAMENTO (UE) 2024/1689 DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL SECTOR AERONÁUTICO. 6. CONCLUSIONES. 7. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: Este artículo hace un recorrido por los usos de la IA en el ámbito de la industria de la aviación y más en concreto, en el entorno aeroportuario. En los aeropuertos, entornos hostiles donde confluyen tecnología, personas, aeronaves, infraestructuras y tiempos críticos, también suceden eventos relacionados con la seguridad operacional que han de ser tratados adecuadamente para extraer los aprendizajes correspondientes. Tras una breve contextualización del momento actual, se enumeran aplicaciones de la IA. El desarrollo de nuevas tecnologías, la digitalización y en particular, la inteligencia artificial, sirven de ayuda y soporte tanto en la toma de decisiones como en el análisis de eventos y casos relacionados con la seguridad operacional. La IA puede servirnos de ayuda para evaluar y mitigar riesgos, mantener y mejorar los índices de seguridad de las operaciones en un contexto como el actual.

Palabras Clave: seguridad operacional, handling, aeropuerto, inteligencia artificial, IA.

Abstract: *This article reviews the uses of AI in the aviation industry and, more specifically, in airports. Airports are hostile environments where technology, people, aircraft, infrastructure, and critical times converge. Operational safety events also occur in these environments and must be handled appropriately to extract the corresponding lessons learned. After a brief overview of the current situation, the applications for AI are listed. The development of new technologies, digitalization, and artificial intelligence, help and support in both decision-making and the analysis of events and cases related to opera-*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

tional safety. AI can help us assess and mitigate risks, maintain and improve operational safety rates in a context such as the current one.

Key Words: *safety, handling, airports, artificial intelligence, AI.*

1. INTRODUCCIÓN

La revolución tecnológica y social que lleva consigo el avance tan rápido de la IA ha alcanzado ya a la industria de la aviación, y está siendo particularmente definitoria en la gestión del tráfico aéreo, pero también en muchos otros ámbitos del sector.

Particularmente, la industria de la aviación y el sector aeroespacial atraviesan un momento de profunda transformación, impulsados por esa revolución tecnológica y la innovación que trae consigo, además de por la urgencia de avanzar en sostenibilidad y la creciente presión regulatoria.

También hay una progresiva preocupación por los ataques cibernéticos, y por tanto urgencia por proteger los sistemas de gestión del tráfico aéreo y otros, dados los riesgos inherentes a la interconexión y automatización de procesos, que, por otro lado, contribuyen indiscutiblemente a la mejora, y en particular a la anticipación de riesgos y errores humanos.

Circunstancias actuales que afectan a esta industria, como la crisis de la cadena de suministro, la escasez de aeronaves, el retraso en la entrega de componentes, el aumento del precio en el mercado de segunda mano (de aeronaves), ejercen presión sobre las líneas aéreas, que no pueden renovar sus flotas y mantener la eficiencia operativa.

La saturación de los grandes hubs[1] europeos, así como la creciente tendencia al aumento en el tráfico aéreo, confirmada por diversos organismos internacionales, deriva en una presión también sobre los tiempos de escala[2], que es el momento en que se presta la asistencia en tierra y donde tiene relevancia la seguridad operacional aeroportuaria.

2. COMPLEJIDAD CRECIENTE EN LAS OPERACIONES EN TIERRA

Los aeropuertos son infraestructuras destinadas al aterrizaje y despegue de aeronaves, dotadas también de instalaciones para la atención al pasajero que hace uso

1 Término que se utiliza para denominar a aquellos aeropuertos que son centro de distribución del tráfico procedente de otros aeropuertos con pasajeros que conectarán con vuelos de largo radio.

2 El tiempo de escala es aquél que dura entre que el avión llega a su aparcamiento en un aeropuerto y vuelve a salir a otro destino. En ese momento se realizan tareas de reabastecimiento de combustible, catering, limpieza, mayordomía; embarque y desembarque de pasajeros y carga; despacho del vuelo. Cuanto menor es el tiempo de escala, menor es el tiempo para realizar estas tareas, y la presión que se ejerce puede resultar un riesgo para la seguridad operacional.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

del modo de transporte aéreo. Durante el tiempo que el avión está en tierra, está recibiendo una asistencia que forma parte de lo que se denomina Handling.

Handling es el término por el que se conocen las actividades de asistencia en tierra que se llevan a cabo durante el tiempo que un avión permanece en el aeropuerto.

La Directiva 96/67/CE lo define como los «servicios prestados a un usuario en el aeropuerto», entendiendo que el usuario es operador o línea aérea, y esta misma directiva establece una clasificación de los servicios de asistencia en tierra[3], desarrolla el concepto de Autohandling o Autoasistencia[4], y recoge también (entre otras) la obligatoriedad de que los Estados miembros de la UE garanticen que los criterios recogidos en los pliegos de condiciones cumplan unos requisitos para la licitación de este servicio ya liberalizado en los aeropuertos de la UE.

Así, el Handling recoge todas las actividades en torno a la aeronave en tierra, pero también aquéllas que se realizan con anterioridad a la llegada de un avión a un aeropuerto, y también las posteriores a su salida. Y son varias las clasificaciones de esas actividades, en función de los servicios que la conforman, de quien es el destinatario del servicio, o del lugar donde se proporciona el servicio, por ejemplo, pero por simplificar, estas actividades en tierra incluirían todo lo necesario para la asistencia a pasajeros, rampa y carga; la asistencia técnica a la aeronave (mantenimiento de aeronaves, actualización de manuales, materiales y equipos de repuesto, inspección, entre otras actividades); y el despacho del vuelo (preparación, gestión de planes de vuelo y demás documentación necesaria a bordo para la realización del mismo).

Tenemos que mencionar también a IATA[5], que, siendo una asociación privada, es reconocida en toda la industria como reguladora de la actividad de la aviación en general, también en particular en el ámbito del Handling, estableciendo normas, procedimientos, recomendaciones y estándares, además de recoger definiciones y clasificaciones. No siendo un regulador en sentido estricto, IATA sí sienta las bases y estándares por los que se guía desde su constitución en 1945 la aviación mundial, que también establece una clasificación y definición de qué es el Handling de pasajeros, en su Anexo A del SGHA[6].

El entorno operativo actual es más complejo que nunca. Los aeropuertos cada vez acogen mayor número de operaciones y la demanda de vuelos sigue su tendencia creciente. Los aeropuertos son ecosistemas de alta densidad, donde confluyen aeronaves, vehículos, operadores, tecnología y tiempos críticos (tiempos de escala cada vez menores). Cada vez son mayores las dificultades con las que se encuentran las empresas para contratar personal y las tasas de rotación son cada vez mayores, siendo observada una precarización en las condiciones laborales de los trabajadores de los aeropuertos.

---

3 11 categorías, según las Directiva 96/67/CE.

4 «situación en la que un usuario se presta directamente a sí mismo una o varias categorías de servicios de asistencia» en el Art. 2 de la Directiva 96/67/CE.

5 International Air Transport Association, La Habana, 1945.

6 Standard Ground Handling Agreement

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Y esa complejidad hace que aumente la probabilidad de error, especialmente en tierra: incursiones en pista, movimientos no autorizados, confusiones en la señalización o falta de conciencia situacional. Por incidir en la parte del Handling aeroportuario, esto se traduce en golpes de equipos a aeronaves (independientemente de si conlleva daño y aeronave en AOG[7] o no), cruces delante de aeronaves en movimiento o detrás sin mantener la distancia de seguridad; golpes entre equipos de asistencia en tierra, desplazamiento de cargas, falta de detección de elementos peligrosos a bordo, por mencionar los más comunes.

3. QUÉ SE ENTIENDE POR SEGURIDAD OPERACIONAL AEROPORTUARIA

La seguridad operacional se refiere a todos los procesos cuyo objetivo es reducir el número de incidentes (y daños) a personas y bienes (aeronaves, instalaciones), manteniéndose en un nivel aceptable o por debajo de ese nivel aceptable, a través de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos.

Para conseguir ese objetivo, se requiere:

- Definir unos niveles de seguridad operacional aceptables y sus correspondientes indicadores, de modo que se pueda medir, monitorizar, seguir su alcance/cumplimiento,
- Investigar y analizar cualquier incidente de modo para actuar preventivamente y no de manera reactiva, a partir de la experiencia adquirida.
- Detectar, evaluar, reducir o eliminar cualquier riesgo, de modo que este sea tolerable, dada la imposibilidad de que sea nulo, pero lo más próximo a este valor.

Para poder articular y ejecutar todos estos procesos y ajustarlos a la normativa diversa (nacional, internacional), se recurre a los Sistemas de Gestión de la Seguridad Operacional[8] o *Safety Management System*. Cada uno de los actores que entran en juego en una operación aérea, gestores aeroportuarios, agentes de handling, aerolíneas, y organismos han de regirse por un SGSO.

Estos sistemas contienen una serie de principios: compromiso, formación, investigación, difusión y mejores prácticas.

La seguridad operacional trata de procesos, sistemas, decisiones, y personas. Desde el controlador aéreo hasta el operario de rampa que carga las maletas en la bodega del avión, todos son responsables, día a día, de garantizar que las operaciones se realicen de manera segura, sin poner en riesgo vidas humanas, ni producir

7 Término utilizado para referirse a un avión que no puede continuar su vuelo hasta la verificación de que cumple con los estándares de seguridad operacional que le permitan volver a estar operativo, acrónimo de *Aircraft On Ground*.

8 SGSO o SMS por sus siglas en inglés *(Safety Management System)*.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

daños a los activos (infraestructuras, aeronaves, equipos). Los actores que participan son muchos y muy diversos.

Por tanto, la seguridad operacional aeroportuaria se refiere a todos esos procesos, sistemas, decisiones en el ámbito aeroportuario.

Los proveedores de servicios de Handling, igual que el gestor aeroportuario, están obligados también a tener un SGSO. Existe entre el Agente de Handling y el aeropuerto una relación contractual, y, como proveedor externo, este primero se adhiere a la Cláusula de Seguridad Operacional, que fija los requisitos que se han de cumplir en materia de seguridad operacional. Entre esos requisitos y exigencias, figura la de presentar un Plan de Vigilancia de la Seguridad Operacional, que permitirá establecer unos objetivos y monitorear su grado de cumplimiento, a través del establecimiento de los indicadores de seguridad operacional.

La asistencia en tierra es un servicio que ofrece el gestor aeroportuario, y que licita cada 7 años en base a unos pliegos de condiciones que se exige para poder proveer de este servicio.

Todos los Agentes de Handling, como proveedores de servicios aeroportuarios con actividad en la ZASO[9] estamos obligados a la presentación de un PVSO[10].

El PVSO debe incluir diferentes planes y estrategias para poder servir como instrumento eficaz, entre ellos debe tener:

- Plan de formación en seguridad operacional para sus trabajadores. La formación debe recibirse antes de la incorporación al puesto de trabajo, es recurrente, y el contenido de los cursos es actualizado con cada cambio de normativa. Incluye conocimiento del entorno aeroportuario, normativa de seguridad en plataforma, Plan de Emergencias del aeropuerto, formación específica en procedimientos aeroportuarios, conocimiento del PVSO, promoción de la cultura de la seguridad operacional y de comunicación de accidentes/incidentes, prevención de FOD[11] en el entorno aeroportuario y prevención de incursiones en pista.
- Plan de comunicación, investigación y mitigación de accidentes e incidentes: el modo de comunicar y extraer las enseñanzas que serán luego comunicadas entre los grupos de interés
- Definición de indicadores de seguridad operacional, que pueden ser el número de accidentes en plataforma; daños totales a aeronaves originados durante las operaciones de asistencia en tierra; el número de accidentes e incidentes en plataforma; o las incidencias con mercancías peligrosas.

9 Zona Aeroportuaria de Seguridad Operacional.

10 Plan de Vigilancia de la Seguridad Operacional.

11 Acrónimo de *Foreign Object Debris*, que se refiere a los residuos o a cualquier objeto ajeno a una aeronave que no debería estar presente en el área de las operaciones de un aeropuerto, y que puede convertirse en una potencial amenaza causando daños a motores, instalaciones, y personas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El Agente de Handling está obligado a la notificación al aeropuerto de los datos de cualquier accidente, incidente, suceso en que se vea involucrado o del que sea testigo.

Además de la exigencia del PVSO a sus proveedores y clientes, el gestor aeroportuario tiene otras herramientas para dar cumplimiento a los objetivos de seguridad operacional, entre los que cabe mencionar los comités de seguridad en pista y en plataforma, que se celebran periódicamente (y extraordinariamente si se requiere), con una participación de diversos actores con los que se comparten los diferentes eventos.

En estos comités hay participantes de múltiples actores: aerolíneas, Servicio de Pista y Plataforma, la División de Seguridad Operacional del aeropuerto, el Centro de Gestión Aeroportuaria, los CCFF de seguridad del Estado, ENAIRE, el Colegio de Pilotos, el SEPLA, proveedores de Handling y cualquier otro proveedor de servicio con acceso a la ZASO, entre otros.

Se analizan tendencias de indicadores de:

- Incidentes a aeronaves por equipos de rampa.
- Cruces (vehículo con aeronave, aeronave con aeronave).
- Daños entre equipos.
- Sucesos de chorro.

Se presentan datos del cumplimiento de la normativa de seguridad en plataforma.

También se realizan un análisis pormenorizado de los incidentes más significativos.

Además, se difunden las enseñanzas de los eventos acaecidos y se hace seguimiento de las acciones derivadas.

Todas estas acciones y procesos generan una cantidad de datos ingente, datos que pueden ser analizados desde perspectivas diferentes pero que en cualquier caso pueden ser utilizados con carácter predictivo y contribuir a la anticipación a los sucesos o eventos.

4. AEROPUERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La inteligencia artificial es la capacidad que tienen las máquinas (un ordenador, un robot) para realizar tareas asociadas a la inteligencia humana: calcular, memorizar datos, comprender significado. El objetivo de la IA se centra sobre todo en imitar actividades de aprendizaje, razonamiento, percepción y resolución de problemas. Está formada por un conjunto de sistemas que permiten analizar datos, de los cuales se aprende, y en base a ello se toman decisiones.

Permite la automatización de tareas más o menos sencillas, como puede ser la respuesta a correos, manejo de inventarios, análisis de datos, predicción de ventas y de demanda, detección de fraudes. Y también está detrás de conocidos asistentes virtuales (Siri, Alexa).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Con la IA se puede crear contenido (texto, imágenes, videos), se pueden realizar diagnósticos en el ámbito de la Medicina, y se puede también diseñar una formación personalizada al alumno en el ámbito de la educación.

La IA tiene la capacidad de predecir situaciones futuras aprendiendo de eventos pasados, lo que la convierte en una herramienta fundamental para lograr identificar, analizar y cuantificar y mitigar los peligros que puedan aparecer.

En general y en Europa, las líneas de investigación y desarrollo e implementación que hay en la actualidad permiten mejorar y optimizar las tecnologías vigentes en la industria, además de resolver problemas complejos en ámbitos como la planificación de rutas, planificación de recursos (gestión de la tripulación, turnos de controladores u operarios ofreciendo la asistencia en tierra) o la seguridad de los pasajeros. Los avances en la gestión del tráfico aéreo están siendo liderados por SESAR, con cotas y éxitos muy importantes: desarrollo de herramientas que permiten mejorar la planificación de los vuelos, predicción de trayectorias teniendo en cuenta condiciones meteorológicas y la mejora del posicionamiento; en el sector aeroportuario, implantado el reconocimiento facial de pasajeros o la inspección automatizada de equipajes; identificación de aeronaves en remoto; implementación de tecnologías avanzadas de voz e imágenes para asistir tanto a controladores aéreos como a pilotos; desarrollo de agentes inteligentes, cuyo objetivo es asistir al operador humano en la comisión de tareas y toma de decisiones para poder aumentar el número de aeronaves que se pueden gestionar de manera segura.

En el contexto de la aviación, la IA puede convertirse en una herramienta muy poderosa, contribuyendo a la identificación de patrones de riesgo. La IA también puede ser capaz en tiempo real de detectar desviaciones en los procedimientos en tierra (instalación de cámaras con visión artificial capaces de alertar ante posibles conflictos de tráficos en la plataforma).

Puede ser muy útil en la identificación de cuellos de botella y por tanto en la planificación de recursos, que es campo abonado para los errores.

Y también puede contribuir a evaluar el factor humano (fatiga operativa, exceso de carga de trabajo en algunos turnos).

En la industria aeroportuaria, y en base a lo expuesto por Rubio et al en su artículo Aeropuertos e IA (2025), que recorre la literatura científica existente en la actualidad en este ámbito, la inteligencia artificial en aeropuertos se demuestra útil y está presente en diversas aplicaciones, como por ejemplo en la predicción de la demanda y en el desarrollo de modelos para la optimización de tiempos de espera en controles de seguridad, asignación óptima de recursos (puertas de embarque, posiciones de parking, muelles de tratamiento de equipaje y cintas de entrega de equipaje, permitiendo también el mantenimiento predictivo de infraestructuras (Sadou &Njoya, 2023), y siendo útil en la anticipación de retrasos por condiciones meteorológicas (Li et al, 2020). En el aeropuerto de Madrid-Barajas-Adolfo Suárez ya se emplean sistemas inteligentes de predicción del flujo de pasajeros y control automático de accesos, lo que permite la gestión de colas y reducir el tiempo de espera en el control de seguridad (Aena, 2023).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La IA también se puede aplicar en mejorar la experiencia del pasajero a través del análisis de datos de comportamiento y preferencias de los pasajeros, permitiendo la personalización de los servicios ofrecidos (Park et al, 2022); o mediante el uso de chatbots o los sistemas de reconocimiento facial en el embarque (en este último caso, al colisionar con la normativa de protección de datos de la UE, se demuestra como factible técnicamente, pero no ajustado a la legislación vigente en la materia).

En el ámbito de la experiencia al pasajero, la IA también permite extraer información de comentarios en redes sociales que, y en el caso de nuevo de Madrid, se ha desarrollado sistemas interactivos para guiar a pasajeros mediante pantallas inteligentes y asistentes digitales.

Se piensa también en aplicaciones para reducir emisiones y optimizar rutas de rodaje en tierra de las aeronaves (Tian et al, 2019) que permitan mejorar la eficiencia en términos de sostenibilidad; y también se estudia el uso de redes neuronales para regular la cantidad de combustible necesario (Kosir et al, 2020). La IA también se demuestra útil para la reducción de la huella de carbono en operaciones en pista y plataforma, aplicándose en diferentes iniciativas europeas (SESAR) en las que también participan los aeropuertos españoles (Madrid Barajas).

Además de todas estas aplicaciones, la inteligencia artificial también se emplea para la detección de comportamientos u objetos sospechosos y vigilancia en tiempo real. Barajas ha sido pionero en pruebas con cámaras inteligentes integradas con alertas automatizadas para detectar eventos anómalos.

En el entorno concreto de la seguridad operacional, la IA se demuestra también útil en el análisis de la ingente cantidad de datos que se manejan sobre estos eventos.

La rápida penetración de la Inteligencia Artificial también ha puesto de manifiesto una preocupación y unos desafíos éticos a los que enfrentarnos. La Unesco, en su documento «Ética de la Inteligencia Artificial, la Recomendación» advierte de la existencia de sesgo, tras un estudio en el que se comprueba cómo los motores de búsqueda y los algoritmos priorizan resultados en función de ubicación y preferencias del usuario, convirtiéndose en una «cámara de resonancia que mantiene los prejuicios del mundo real».

Este estudio identifica, además del sesgo, otros dilemas éticos en el uso indiscriminado del a IA:

- La falta de transparencia.
- Prácticas de vigilancia para la recopilación de datos y la privacidad de los usuarios de los tribunales.
- Nuevas preocupaciones por la equidad y el riesgo para los derechos humanos y otros valores fundamentales.

Adicionalmente, la automatización de procesos que conlleva el uso de la IA amenaza con la transformación de los perfiles laborales actuales, con una alta exigencia en competencias nuevas en el personal aeroportuario, en particular (según Igonim *et al*, 2021).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Organismos como IATA y EASA están desarrollando marcos normativos para la integración de estos avances, en la que se engloba el nuevo reglamento de la UE sobre inteligencia artificial (RIA).

5. IMPACTO DEL NUEVO REGLAMENTO (UE) 2024/1689 DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL SECTOR AERONÁUTICO

La Unión Europea, consciente de los riesgos, pero también de los beneficios que puede traer consigo esta tecnología, ha establecido el marco normativo en materia de inteligencia artificial armonizando normas en el Reglamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024. Con este reglamento se pretende garantizar el desarrollo y uso seguro y ético de la IA.

Este reglamento, en su artículo 1 enuncia como objetivos principales los siguientes:

- Ha de servir para mejorar el funcionamiento del mercado interior, estableciendo un marco jurídico uniforme para el desarrollo, la introducción en el mercado, la puesta en servicio y la utilización de sistemas de IA.
- Promoverá la adopción de una IA centrada en el ser humano, fiable, y ajustada a los valores y principios de funcionamiento de la UE.
- Asegurará un elevado nivel de protección de la salud, seguridad y los derechos fundamentales consagrados en la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea, incluidos la democracia, el Estado de Derecho y la protección del medio ambiente, proteger frente a los efectos perjudiciales de los sistemas de IA en la Unión.
- Será un apoyo a la innovación, en particular para pymes y startups.
- Garantizará la libre circulación transfronteriza de mercancías y servicios basados en IA, de modo que evite restricciones al desarrollo, utilización y comercialización de IA (salvo para las limitaciones contenidas en el propio reglamento).

En su Art. 2, el reglamento también establece una serie de definiciones, entre ellas, define un Sistema de IA como aquel «basado en una máquina que está diseñado para funcionar con distintos niveles de autonomía y que puede mostrar capacidad de adaptación tras el despliegue, y que, para objetivos explícitos o implícitos, infiere de la información de entrada que recibe la manera de generar resultados de salida, como predicciones, contenidos, recomendaciones o decisiones, que pueden influir en entornos físicos o virtuales».

El reglamento mencionado marca un hito, y su implementación es la guía para las empresas y para la industria de la aviación, sobre cómo desarrollar, implementar y gestionar los sistemas de IA.

La entrada en vigor del Reglamento en primer lugar ha supuesto la adaptación de los procesos operativos y tecnológicos en el sector, con el objetivo de dar cumplimiento con requisitos de seguridad, transparencia y supervisión humana, lo que ha

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

exigido inversiones importantes en formación del personal e infraestructuras tecnológicas. El éxito en la adaptación de la industria a la norma se ha conseguido a través de un enfoque proactivo hacia la supervisión humana, garantía de que se opera dentro de un marco seguro y comprensible.

En caso de malfuncionamiento o eventos imprevistos, es crucial la intervención humana, y por ello, los sistemas de IA han de poder proporcionar explicaciones claras, por lo que, en lo relativo a la seguridad aérea, los nuevos requisitos han reforzado la necesidad de garantizar que los sistemas de IA que se integren en el sector sean seguros, confiables y capaces de ser supervisados de manera eficiente, que se consigue con la implementación de medidas aseguradoras de la transparencia. La consecuencia de ello, grandes empresas del sector están demostrando que alinear sistemas de IA con los estándares requeridos es positivo para la seguridad operacional pero que también supone una gestión más efectiva de las operaciones.

En otro orden de cosas, el Reglamento también presenta desafíos como es la determinación de la responsabilidad en caso de fallos de IA, pero ello también puede ser una oportunidad para innovar y, a pesar de los costes que suponen para las empresas el garantizar que sus sistemas son seguros y conformes con los estándares, se abren nuevos campos de aplicación de la IA para la mejora en la gestión de procesos, pensando en el mantenimiento predictivo.

Para el sector aeronáutico se considera también clave la importancia de la formación y el desarrollo de competencias en IA que subraya el reglamento: es imprescindible que los empleados del sector sean capaces de comprender los aspectos técnicos y regulatorios.

La adopción de prácticas de transparencia en los sistemas de IA y de ser capaces de comprender su funcionamiento es fundamental para mejorar la confianza en esta tecnología. Por otro lado, la integración efectiva de la supervisión humana es indispensable como garantía de seguridad y éxito operativo.

Junto con un enfoque basado en riesgos, otra de las premisas de partida del reglamento es la de garantizar que los sistemas de IA sean éticos y confiables, y para ello, se apoya en los 7 principios: acción y supervisión humanas; solidez técnica y seguridad; gestión de la privacidad y de los datos; transparencia; diversidad, no discriminación y equidad; bienestar social y ambiental, y rendición de cuentas.

A medida que la IA se vaya integrando en el sector, este reglamento no sólo será el estándar para la regulación, sino que también se convierte en un catalizador para lograr un entorno siempre más seguro, eficiente y competitivo en la aviación global.

6. CONCLUSIÓN

La aviación es una industria con alto nivel de exigencia e hiperregulada, que requiere del cumplimento de altos estándares relacionados con la seguridad de las aeronaves y de las personas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Los aeropuertos son entornos hostiles, en los que se realizan muchas actividades y, por tanto, donde suceden muchos eventos relacionados con la seguridad operacional y se está sometido al cumplimiento de exigentes normativas, procedimientos y procesos.

La seguridad operacional no se circunscribe únicamente a las operaciones vuelo, sino que también se vigila en las operaciones que se realizan en tierra. Los agentes de Handling están también sometidos a diferentes normas y estándares y participan proactivamente en la vigilancia de la seguridad operacional en los aeropuertos, desarrollando Sistemas de Seguridad Operacional, sujetos a los Planes de Vigilancia de la Seguridad Operacional exigidos por los gestores aeroportuarios.

La rápida penetración de la IA en todos los ámbitos de la vida del ser humano está resultando ser un fenómeno disruptivo, que avanza tan rápido que exige la creación de un marco normativo que aporte seguridad y confianza, de modo que el uso de la IA no sea visto como una amenaza sino como un soporte en la toma de decisiones.

El futuro de la seguridad operacional pasa inevitablemente por la integración de soluciones basadas en IA. Pero esta integración debe ser racional, gradual y acompañada de un marco normativo sólido. No se trata de sustituir la experiencia y el juicio profesional, sino de ampliarlos con herramientas que permitan anticipar y prevenir incidentes de forma más eficaz.

En relación con la inseguridad que provoca en uno de los sectores más regulados a nivel global, se debe considerar la introducción gradual de la tecnología, adaptando los procesos y las barreras de seguridad para reafirmar la confianza.

La IA sirve como apoyo, pero no como sustituto en la toma de decisiones.

7. BIBLIOGRAFÍA

OACI, Anexo 19 sobre gestión de la SO.

OACI, Doc. 9859AN/474, 2013, Manual de Gestión de la Seguridad Operacional.

Real Decreto 995/2013, de 13 de diciembre (Programa Estatal de Seguridad Operacional para la Aviación Civil).

Reglamento (UE) 376/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de abril de 2014 (notificación de sucesos en aviación civil).

Directiva 96/67 (CE).

AENA, EXA50 (Instrucción Operativa).

AESA, Guía de Gestión de la Seguridad Operacional.

Reglamento (UE) 2024/1689 de Inteligencia Artificial en el Sector Aeronáutico.

Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial (Unesco, 2021).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

AENA. (2023). *Memoria Anual 2022*. https://www.aena.es/es/grupo-aena/memoria-anual.html

Jupe, S., & Keatley, K. (2020). «Artificial Intelligence in Aviation Security: A Meta-Analysis». *Journal of Transportation Security*, 13*, 47-61. https://doi.org/10.1007/s12198-020-00210-0

Kim, H., *et al***.** (2020). «Luggage Classification with SVM for Airport Safety». *International Journal of Computer Vision*, 128*, 1335-1350. https://doi.org/10.1007/s11263-020-01309-4

Kosir, A., *et al***.** (2020). «Environmental Optimization in Aviation Fuel Management Using ANN». *Journal of Cleaner Production*, 272*, 122516. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122516

Park, S., Lee, H., & Kim, J. (2022). «Enhancing Airport Passenger Experience Using Machine Learning Analysis on Review Data». *Transportation Research Part A.* https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.103372

Rubio, L., Torrejón, P., Leal, R. & Tourís, R. (2025). Base de datos de la búsqueda en la *WoS* realizada el 21 de abril de 2025. https://docs.google.com/spreadsheets/d/1gDk9ZvVfonQIsBMkNIHqwdgE3DNUJWpd/edit?usp=drive_link&ouid=110106385013354962368&rtpof=true&sd=true

Sadou, A. M., & Njoya, E. T. (2023). «Applications of Artificial Intelligence in the Air Transport Industry: A Bibliometric and Systematic Literature Review». *Journal of Aerospace Technology and Management*, 15*, e2223. https://doi.org/10.1590/jatm.v15.1312

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN AVIACION. UNA VISION CRITICA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AVIATION. A CRITICAL VIEW

D. Juan Carlos Lozano Pacios
https://www.linkedin.com/in/juancarloslozanop/
Piloto de transporte de líneas aéreas e investigador de accidentes aéreos.
Director Técnico de la Asociación Europea de Pilotos (ECA).
jcl@eurocockpit.eu

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 1.1. ¿Cuánta tecnología es necesaria en un avión? 2. LA INTELIGENCIA ARTIFICAL EN AVIACION. 2.1. Seguridad y confianza 2.2. Transparencia 2.3. Responsabilidad 2.4. Propiedad y uso de datos biométricos 3. CONCLUSION. 4. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: En este artículo se presenta una visión crítica acerca de la implementación de la inteligencia artificial en la aviación. Se hace especial énfasis en los retos éticos y legales que dicha implementación puede acarrear.

Palabras Clave: inteligencia artificial, aviación, piloto, dato, responsabilidad, seguridad, tecnología, riesgo, decisiones, transparencia, confianza.

Abstract: *This article presents a critical view of the implementation of artificial intelligence in aviation. Special emphasis is placed on the ethical and legal challenges that such implementation may entail.*

Key Words: *artificial intelligence, aviation, pilot, data, accountability, safety, technology, risk, decisions, transparency, trust.*

1. INTRODUCCIÓN

Imaginen por un momento que ustedes forman parte del selecto grupo de privilegiados que se disponen a volar de Madrid a Buenos Aires. Es septiembre de 1946. Lo harán en un Douglas DC-4, uno de los más modernos aviones de la época. La tripulación técnica la integran 6 profesionales: los comandantes Ansaldo, Pombo y Martínez Gallardo, el navegante Indalecio Rego, el radiotelegrafista Segundo Her-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

nández y el mecánico Alejandro Aragón. El vuelo durará unas 36 horas y se deberán realizar 3 escalas intermedias[1].

Las cosas han cambiado mucho desde entonces. Hoy en día, el mismo vuelo se realiza sin escalas y en un tiempo cercano a las 12 horas. La tripulación técnica de un vuelo comercial de Madrid a Buenos Aires consta de 3 pilotos normalmente. Las funciones del navegante, del radiotelegrafista e incluso buena parte de las del mecánico, han sido asumidas por los pilotos con ayuda de la tecnología.

La historia de la aviación comercial no puede entenderse sin la tremenda evolución tecnológica que ha permitido que los aviones comerciales puedan permanecer en el aire de manera continuada durante 16 horas y provean de unos niveles de confort que otros medios de transporte no pueden igualar. Y todo ello con el nivel de seguridad más alto de todos los medios de transporte conocidos[2].

Es por ello que los pilotos profesionales mantenemos una estrecha relación con la evolución tecnológica. Es muy habitual que un piloto profesional vuele más de un tipo de avión a lo largo de su carrera profesional. Para ello, los pilotos debemos realizar un curso completo de formación y entrenamiento para cada tipo especifico de avión.

Es decir, no basta con obtener la licencia de piloto para poder operar de manera segura una aeronave compleja, como son los aviones de transporte comercial actuales. Además, hay que conocer de manera muy profunda el funcionamiento de los diferentes sistemas de la aeronave en particular, así como los procedimientos, tanto normales como de emergencia, que el fabricante ha establecido para poder operar esa aeronave.

Obviamente, cada modelo de avión nuevo que aparece en el mercado es, bien un modelo completamente nuevo, o bien es una evolución de un modelo anterior con una importante cantidad de innovación tecnológica. Es por ello que la relación entre los pilotos y la tecnología es inevitable.

1.1. ¿Cuánta tecnología es necesaria en un avión?

Esta es una pregunta que los fabricantes se plantean cada vez que desarrollan un nuevo modelo de aeronave. Podría pensarse que cuanta más tecnología, mejor. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que, si llevamos muy lejos la tecnología y nos olvidamos del ser humano, podemos generar más problemas de los que queremos evitar.

El Airbus A-320 es quizás el mejor ejemplo de evolución tecnológica en aviación de los últimos 50 años. Cuando el modelo entró en servicio, a finales de los ochenta

1 https://www.mivau.gob.es/recursos_mfom/pdf/525244E1-340D-4D18-9BA7-A5F13AE2B528/142528/Fe28_33.pdf

2 https://www.generali.es/blog/generalimasqueseguros/medio-transporte-mas-seguro-peligroso-accidentes/

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

del siglo pasado, fue un éxito y sorprendió a los profesionales de la aviación por su gran carga tecnológica. De hecho, con este avión comenzó la llamada «cuarta generación de aviones comerciales»[3].

Sin embargo, la entrada en servicio de esta aeronave (así como de sus derivados) también trajo algunos problemas. En los años siguientes, se produjeron varios accidentes e incidentes de este modelo que sugerían que quizás la tecnología había evolucionado más deprisa que el ser humano. Las evidencias señalaban que, si bien los pilotos habían realizado y superado los cursos correspondientes al tipo de aeronave, éstos no comprendían completamente todos los sistemas de la aeronave, principalmente los relacionados con el control de vuelo.

En nuestros días está plenamente aceptado que la introducción de la tecnología, sobre todo en lo referido a la «automatización», debe llevar aparejado un alto grado de conocimiento por parte de los pilotos. De hecho, los actuales programas de entrenamiento avanzado de pilotos deben garantizar que se comprenda plenamente tanto la base de la funcionalidad del sistema automatizado como su uso parcial y total, así como que los pilotos puedan comprender la importancia de monitorear la función esperada de la automatización para que, en caso de que sus entradas incorrectas o mal funcionamiento tengan consecuencias inesperadas, se puedan tomar medidas correctivas oportunas. Por último, resulta esencial que los pilotos puedan «identificar y utilizar el nivel adecuado de automatización para la tarea en cuestión»[4].

En este punto, resulta relevante una aclaración de D. Gonzalo Maldonado, piloto de líneas aéreas y licenciado en Derecho con especialización en Derecho Aeronáutico, Espacial y Aeroportuario (INDAE):

> *«En este punto es menester aclarar una diferencia importante entre el automatismo aplicado en una aeronave y el vuelo autónomo, pues de ello también se determinará en quién recae la responsabilidad en caso de daño. El "automatismo en la aeronave" realiza una serie de procesos en forma automática que reducen la carga de trabajo de la tripulación y pueden ser interrumpidos en cualquier momento. Esa disponibilidad de tiempo permite al piloto tener el control de la aeronave, gestionar y decidir en mejores condiciones y hacerse responsable de toda la operación. Por su parte, el "vuelo autónomo", como los procesos autónomos, viene de la mano del concepto de inteligencia artificial: las decisiones o acciones son producto del proceso interno, no hay intervención humana»*[5].

Por todo ello, resulta relevante la discusión, actualmente muy de moda, sobre cuál es el papel que deberá jugar la inteligencia artificial (como máxima expresión de la evolución tecnológica actual) en el mundo de la aviación.

---

3 https://accidentstats.airbus.com/generations-of-jet/#:~:text=The%20fourth%20and%20latest%20generation,(LOC%2DI)%20accidents

4 Cockpit Automation - Advantages and Safety Challenges | SKYbrary Aviation Safety.

5 «Nuevas tecnologías. Normativa Aeronáutico Espacial» (Varios autores. Editorial Algoritmo. 2024)

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN AVIACIÓN

No existe una definición única de «inteligencia artificial» (IA).

El Parlamento Europeo la define como «la habilidad de una máquina de presentar las mismas capacidades que los seres humanos, como el razonamiento, el aprendizaje, la creatividad y la capacidad de planear»[6].

Por otro lado, el Reglamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de junio de 2024 por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial no define la inteligencia artificial como tal, sino que define el «sistema de IA» como un «un sistema basado en una máquina que está diseñado para funcionar con distintos niveles de autonomía y que puede mostrar capacidad de adaptación tras el despliegue, y que, para objetivos explícitos o implícitos, infiere de la información de entrada que recibe la manera de generar resultados de salida, como predicciones, contenidos, recomendaciones o decisiones, que pueden influir en entornos físicos o virtuales». Como podemos observar, esta definición evita equiparar las características de la inteligencia artificial con las características de la inteligencia humana.

Resulta pertinente a este respecto hacer mención a un artículo de James Bridle en *The Guardian*, *«The stupidity of AI»*[7], donde el autor señala que el problema comienza con el nombre, ya que la IA no es inteligente en absoluto. Si bien la IA puede realizar tareas que requieren inteligencia humana y aprender de los datos, carece de características como la conciencia, la emoción y la capacidad de razonamiento abstracto que asociamos con la inteligencia humana.

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la aviación civil se prevé como un medio para permitir mejoras significativas en los ámbitos de la eficiencia, la seguridad y la automatización. En la actualidad, diversos sistemas de IA se usan para la optimización del consumo de combustible y de las emisiones que producen las aeronaves en vuelo, en la mejora de la experiencia y satisfacción del pasajero, fomentando así la fidelización y mejorando los ingresos, o para facilitar el desarrollo de servicios y oportunidades innovadoras.

Ante este panorama hay quienes alimentan el debate sobre si los sistemas de IA en aviación pueden (¿deben?) sustituir al ser humano en determinados ámbitos. Es por ello que la implementación de la inteligencia artificial en aviación genera un debate interesante sobre distintas consideraciones éticas y legales. Veamos a continuación las más importantes.

6 https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20200827STO85804/que-es-la-inteligencia-artificial-y-como-se-usa

7 https://www.theguardian.com/technology/2023/mar/16/the-stupidity-of-ai-artificial-intelligence-dall-e-chatgpt

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.1. Seguridad y confianza

Como ya hemos visto, la seguridad es un aspecto clave para la aviación. Los altos niveles de seguridad de los que disfruta la industria aeronáutica podrían mejorarse con una implementación responsable de la IA.

Pero antes, debe ser la IA la que cumpla con los rigurosos estándares de seguridad de la aviación. Y, en el momento de escribir estas líneas, eso aún no ha ocurrido.

Todos los sistemas de una aeronave de transporte comercial deben ser diseñados, fabricados, instalados, operados y mantenidos bajo estrictos métodos de certificación. La certificación de una aeronave otorgada por una autoridad aeronáutica (como la FAA o EASA) verifica que esa aeronave cumple con los estándares de seguridad y es apta para volar. Obtener dicha certificación es esencial para asegurar la seguridad aérea y la confianza del público en los viajes aéreos.

En el caso de la IA, no existen modelos desarrollados e implementados que permitan asegurar la seguridad de una aplicación de IA instalada a bordo de una aeronave.

El Comité Asesor de Investigación, Ingeniería y Desarrollo (REDAC) de los Estados Unidos de América recomendó en 2022 «que la FAA estableciera una hoja de ruta para que la IA alivie la incertidumbre en la industria con una dirección clara de cómo se puede utilizar esta tecnología innovadora en aplicaciones aéreas. La industria carece de un método para garantizar la seguridad de la IA. La garantía de seguridad abarca todas las actividades y artefactos para proporcionar una justificación suficiente de que los riesgos son aceptables»[8].

Asimismo, el Reglamento (UE) 2024/1689, establece en su considerando 50 lo siguiente:

> *«En cuanto a los sistemas de IA que son componentes de seguridad de productos, o que son productos en sí mismos, y entran dentro del ámbito de aplicación de determinados actos legislativos de armonización de la Unión enumerados en un anexo del presente Reglamento, procede clasificarlos como de alto riesgo en virtud del presente Reglamento si el producto de que se trate es sometido a un procedimiento de evaluación de la conformidad con un organismo de evaluación de la conformidad de terceros de acuerdo con dichos actos legislativos de armonización de la Unión. Esos productos son, en concreto, máquinas, juguetes, ascensores, equipo y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, equipos radioeléctricos, equipos a presión, equipos de embarcaciones de recreo, instalaciones de transporte por cable, aparatos que queman combustibles gaseosos, productos sanitarios, productos sanitarios para diagnóstico in vitro, automoción y aviación».*

Por tanto, es esencial trabajar en el desarrollo de nuevos métodos que permitan identificar y mitigar los posibles riesgos y vulnerabilidades en los sistemas de IA

8 FAA Roadmap for Artificial Intelligence Safety Assurance. Version I (https://www.faa.gov/media/82891).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

instaladas en las aeronaves para así poder garantizar la seguridad de pasajeros, tripulaciones y público en general.

Este punto nos lleva al aspecto de la confianza en la implementación de los sistemas de IA en aviación.

La Comisión Europea ha desarrollado un Plan Coordinado sobre la Inteligencia Artificial (2021). En dicho plan podemos leer lo siguiente:

> *«Debido a las importantes repercusiones sociales y ambientales de las tecnologías de IA, el enfoque centrado en el ser humano para su desarrollo y uso, la protección de los valores y los derechos fundamentales de la Unión, como la no discriminación, la privacidad y la protección de datos, y el uso sostenible y eficiente de los recursos figuran entre los principios clave que orientan el enfoque europeo»*[9].

Resulta especialmente relevante el hecho de que, según la Comisión Europea, el uso y desarrollo de los sistemas de IA deban tener un enfoque «centrado en el ser humano». En el marco de la aviación, EASA ha propuesto 3 niveles de supervisión humana para los sistemas de IA[10]:

- Nivel 1.- La IA como asistencia al humano:
  - 1.a.- Aumento humano.
  - 1.b.- Asistencia cognitiva humana en la selección de decisiones y acciones.
- Nivel 2.- La IA para la colaboración entre humanos y máquinas:
  - 2.a.- Cooperación de sistemas humanos y sistemas de IA.
  - 2.b.- Colaboración de sistemas humanos y sistemas de IA.
- Nivel 3.- Automatización avanzada:
  - 3.a.- Los sistemas de IA toman y ejecutan decisiones que son anulables por el ser humano.
  - 3.b.- Los sistemas de IA toman y ejecutan decisiones que no son anulables por el ser humano.

Si bien este marco teórico puede parecer razonable, el autor se pregunta qué quiere decir la agencia europea con «decisiones que no son anulables por el ser humano» (nivel 3b). ¿Estamos pensando realmente el poner la IA al servicio del ser humano? ¿O será al revés?

En opinión del autor, la inteligencia artificial puede ser muy útil a la hora de apoyar los procesos de toma de decisiones en la aviación. Sin embargo, la percepción humana sigue siendo un factor crítico ya que los humanos pueden reaccionar a situaciones impredecibles basándose en impresiones y experiencias sensoriales. Los humanos también siguen siendo superiores en saber «qué buscar». Por tanto, los

9 https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/coordinated-plan-artificial-intelligence-2021-review

10 https://www.easa.europa.eu/en/domains/research-innovation/ai

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

sistemas de IA que complementen todo lo anterior deben diseñarse de tal manera que no perjudiquen la capacidad de percepción del piloto, sino que la refuercen. La dependencia excesiva en los sistemas automatizados puede llevar a los pilotos a descuidar sus propias habilidades sensoriales, lo que puede ser peligroso en situaciones críticas.

Finalmente diremos que una implementación responsable de la IA en el transporte aéreo europeo debería generar confianza entre las partes involucradas, incluyendo los pasajeros, los profesionales de la aviación, los reguladores y el público. La transparencia y la trazabilidad de las decisiones tomadas por los sistemas de IA son particularmente importantes para fortalecer esta confianza y hacer que la IA sea aceptada en un medio tan sensible como la aviación.

2.2. Transparencia

Los investigadores suelen describir la inteligencia artificial como una «caja negra», ya que aún puede ser difícil explicar, gestionar y regular los resultados de la IA debido a la creciente complejidad de la tecnología[11].

El «efecto caja negra» se refiere a la capacidad de los programas de IA de generar habilidades u ofrecer respuestas de manera inesperada[12] . Las implicaciones de decisiones opacas tomadas por un sistema de IA en un sector como la aviación pueden tener consecuencias serias e incluso catastróficas.

Cualquier sistema de IA integrado en la aviación debe regularse con los mismos estándares que otros componentes críticos. Esto incluye garantizar la transparencia total de cómo funciona el sistema, evitando modelos del tipo «caja negra» cuya lógica de toma de decisiones no se puede entender ni rastrear. Los sistemas de IA deben cumplir requisitos aceptables de riesgo y seguridad, y estar plenamente integrados en los sistemas de gestión de la seguridad (SMS). El monitoreo continuo del rendimiento, la evaluación de riesgos y la mejora iterativa de los componentes de IA deben mantenerse a la par con todos los demás sistemas críticos para la seguridad en la aviación.

Además, la transparencia es crucial para para generar confianza entre los humanos y los sistemas de IA. Estos últimos deben proporcionar explicaciones comprensibles para sus decisiones y acciones. A menudo, los sistemas de IA carecen de transparencia, por lo que es difícil saber cómo toman decisiones, y eso provoca desconfianza.

Para mantener la rendición de cuentas, los marcos regulatorios deben definir claramente quién es responsable cuando los sistemas de IA ejerzan una influencia cada vez mayor en la toma de decisiones. Esto incluye establecer pautas sobre el papel de la IA, los límites de la automatización y las responsabilidades de los operadores

11 https://www.ibm.com/es-es/think/topics/ai-transparency

12 https://www.bbc.com/mundo/noticias-65331262

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

humanos. A medida que la IA continúa evolucionando, se debe garantizar un equilibrio entre la automatización y la supervisión humana ya que ello será clave para aumentar la seguridad en la aviación civil.

2.3. Responsabilidad[13]

Hoy por hoy, y a pesar del alto grado de automatización de la aviación, es el ser humano el que ejerce la responsabilidad de transportar mercancías o personas por vía aérea de manera segura. Sin embargo, la determinación de responsabilidades en ámbitos altamente tecnificados se vuelve cada vez más desafiante. La integración de la IA en la aviación va a desdibujar aún más las líneas de responsabilidad en el sistema de aviación, donde conviven reguladores, operadores, constructores, diseñadores, etc.

En un entorno futuro (como sugiere la EASA) en el que los sistemas de IA puedan tomar decisiones críticas, las consideraciones éticas y legales deben garantizar que los algoritmos empleados en el sistema de IA sean transparentes. Asimismo, las regulaciones deberán especificar quién es el responsable de las acciones y decisiones tomadas por los sistemas de IA.

Y esto nos lleva a la cuestión fundamental sobre cómo se puede determinar la responsabilidad de un sistema de IA. ¿Qué papel juega el diseñador del sistema, el fabricante, quien adquiere dicho sistema o quien lo opera? ¿Cómo se pueden crear líneas de responsabilidad (entendida como rendición de cuentas) en sistemas que, como hemos visto anteriormente, resultan poco transparentes?

En este punto conviene también analizar un aspecto de la relación humano-IA que suele pasar desapercibido y que adquiere gran importancia a la hora de determinar responsabilidades. Es lo que los anglosajones denominan el «doble vínculo» (*double bind*, en inglés) y que define una situación en la que una persona se enfrenta a dos demandas irreconciliables o a una elección entre dos cursos de acción indeseables.

En el contexto de la cooperación con la IA, sería aquella situación en la que siempre se puede culpar a los humanos, ya sea por que sigan o porque ignoren los consejos de la IA. Imaginen que, en una situación crítica, el sistema de IA propone una solución al ser humano y este decide no seguirla. A consecuencia de ello, se producen determinados daños. Ahora pensemos en la situación en la que el ser humano decide seguir el consejo de la IA y también se producen daños. En ambos casos, la responsabilidad recae sobre el humano «haga lo que haga».

En la actualidad, es el piloto el que retiene la responsabilidad y, por ello, puede desviarse de procedimientos y regulaciones para preservar la seguridad de un vuelo. ¿Seguirá ese concepto siendo válido cuando los sistemas de IA puedan tomar decisiones críticas? ¿Tendrá el piloto el control absoluto y podrá revertir las decisiones tomadas por la IA? No parece que ese sea el escenario que plantea la agencia europea EASA.

13 Entendida como «rendición de cuentas».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.4. Propiedad y uso de datos biométricos

Los modelos de IA, entendidos como el conjunto de datos y algoritmos usados para producir predicciones, son «entrenados» con cantidades ingentes de datos. Resulta obvio pensar que, cuanto mayor sea la calidad de los datos que se usen, mejor será la calidad de la predicción obtenida.

El origen de esos datos es muy variado. En la actualidad una gran cantidad de modelos de IA se destinan a conocer los patrones humanos para determinadas tareas. Los datos necesarios para entrenar a ese tipo de IA provienen del comportamiento y reacciones de los seres humanos. Un ejemplo podría ser el proyecto del instituto Helmholtz (Múnich) sobre predicción del comportamiento humano[14].

En el ámbito de la aviación y, más concretamente, en lo relacionado con el pilotaje de aeronaves, existen varios proyectos en marcha en los que se están usando datos biométricos para entrenar modelos de IA. Un «dato biométrico» se define como aquel dato referido a las características físicas o fisiológicas o de conducta de una persona que permite su identificación única, como imagen facial o datos dactiloscópicos[15]. En la Unión Europea, el uso de los datos biométricos viene regulado en el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016, comúnmente conocido como RGPD.

Un ejemplo de estas prácticas puede ser el proyecto PERCEVAL[16] donde se están utilizando datos biométricos (voz, movimientos oculares y reacciones motoras) de pilotos durante las sesiones de entrenamiento en simulador. El objetivo es entender las reacciones de los pilotos en situaciones inesperadas y tratar de encontrar patrones para poder determinar métodos de entrenamiento que mejoren la reacción de los pilotos ante dichas situaciones.

Las dudas surgen acerca del uso que se puede dar a dichos datos ya que existe incertidumbre sobre el efecto que estas aplicaciones de IA puedan tener sobre los profesionales de la aviación.

En el libro «Guía para la implementación de la inteligencia artificial en la aviación» (Varios autores. Human Factors Horizons. 2024) el Dr. Anastasios Plioutsias[17] describe los riesgos a este respecto:

«La IA en aviación implica recopilar, almacenar y procesar una gran cantidad de datos. Las consideraciones legales deben abordar la gobernanza de datos, incluida la propiedad de los datos, los acuerdos de intercambio y el cumplimiento de las normas de protección de datos. Salvaguardar la privacidad de los datos y garantizar prácticas responsables en materia de datos debería ser una prioridad».

---

14 https://www.larazon.es/tecnologia/hemos-creado-que-nos-permite-predecir-comportamiento-humano-cualquier-situacion_202507036866b82d77c930725866d770.html

15 https://dpej.rae.es/lema/dato-biom%C3%A9trico

16 https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/aerospace/press_release/perceval-thales-and-partners-reshape-future-airline-pilot

17 https://pureportal.coventry.ac.uk/en/persons/tassos-plioutsias

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3. CONCLUSIONES

El futuro del transporte aéreo estará influenciado por la integración de la inteligencia artificial de forma responsable. Sin embargo, es esencial que estos sistemas de IA sean diseñados e implementados con el objetivo de mantener al ser humano el centro del sistema. Es decir, que la aproximación «centrada en el humano» que tanto reguladores (como EASA) como otros organismos anuncian ponga realmente al ser humano como el centro del sistema y no como un «asistente» de la IA.

Maximizar los beneficios del uso de la IA en la aviación civil dependerá de la capacidad humana para construir sistemas que mejoren, en lugar de reemplazar, el juicio humano.

Por último, me gustaría usar la reflexión del Dr. Plioutsias (incluida en la publicación antes mencionada) sobre los efectos de la implementación de la IA en aviación:

«La implementación de la IA puede tener implicaciones para la fuerza laboral de la aviación, incluido el desplazamiento laboral, los cambios en los roles laborales o la necesidad de recapacitación y mejora de habilidades. Las consideraciones legales deben incluir medidas para abordar el impacto en el empleo, los derechos de los trabajadores y las prácticas laborales justas. Es crucial que las organizaciones de aviación y los formuladores de políticas aborden de manera proactiva estas consideraciones éticas y legales para garantizar la implementación responsable, justa y beneficiosa de los sistemas de IA en la aviación. Lograr el equilibrio adecuado entre innovación y obligaciones éticas y legales contribuirá a generar confianza, mejorar la seguridad y maximizar los beneficios potenciales de la IA en la industria de la aviación».

4. BIBLIOGRAFÍA

Campra García de Viguera, M., «Volando a las américas. 70 años del primer vuelo comercial Madrid-Buenos Aires», *Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana*, febrero 2017.

Comisión Europea, *Coordinated Plan on Artificial Intelligence*, 2021.

EASA, Artificial Intelligence Roadmap 2.0 Human-centric approach to AI in aviation, mayo 2023.

FAA, *Roadmap for Artificial Intelligence Safety Assurance*. Version I.

María Vasallo, C. y otros, *Nuevas tecnologías. Normativa Aeronáutico Espacial*, Editorial Algoritmo. 2024.

Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Reglamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de junio de 2024 por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial.

VV. AA., *Guía para la implementación de la inteligencia artificial en la aviación*, Human Factors Horizons. 2024.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

AUTOMATIZACIÓN EN CABINAS DE VUELO: EL PROYECTO *SMART COCKPIT* DE EASA Y LOS DESAFÍOS COGNITIVOS DE LAS OPERACIONES CON UN SOLO PILOTO

AUTOMATION IN FLIGHT DECKS: THE EASA SMART COCKPIT PROJECT AND THE COGNITIVE CHALLENGES OF SINGLE-PILOT OPERATIONS

D. José Manuel Ponz Cantó

Presidente de SEPAC (Sociedad Española de la Psicología Aeroespacial y Aeronáutica Civil).
Comandante Instructor y examinador de líneas aéreas, psicólogo aeronáutico y sanitario

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. PROYECTOS EASA: DE EMCO A SMART COCKPIT; ¿Por qué tanto interés? 3. RIESGOS COGNITIVOS Y EMOCIONALES EN ENTORNOS DE UN SOLO PILOTO. 4. NEUROERGONOMÍA APLICADA Y AUTOMATIZACIÓN ADAPTATIVA. 5. CONSIDERACIONES ÉTICAS Y REGULATORIAS. 6. CONCLUSIONES. 7. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: Este artículo pone de relieve la importancia de valorar no solo los riesgos neurocognitivos, psicológicos y operativos asociados a la transición hacia operaciones con un solo piloto *(Single-Pilot Operations, SPO)*, en el marco del proyecto Smart Cockpit liderado por EASA, sino también los aspectos más olvidados, como la salud mental y bienestar psicológico. Se destacan los desafíos relacionados con la carga cognitiva, la atención sostenida y la interacción hombre-máquina, así como el papel de la neuroergonomía en el diseño de cabinas adaptativas. Y se pone especial énfasis en aspectos olvidados, como las amenazas al «fitness to Fly» desde la perspectiva emocional.

Palabras Clave: automatización, SPO, neuroergonomía, factores humanos, *Smart Cockpit*

Abstract: *This article highlights the importance of addressing not only the neurocognitive, psychological, and operational risks associated with the transition to Single-Pilot Operations (SPO) within the framework of the EASA Smart Cockpit project, but also often overlooked aspects such as mental health and psychological well-being. It discusses challenges related to cognitive workload, sustained attention, and human–machine inte-*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

raction, and emphasizes the role of neuroergonomics in the design of adaptive cockpits. Particular attention is given to threats to "fitness to fly" from an emotional perspective.

Key Words: *automation, SPO, neuroergonomics, human factors, Smart Cockpit*

1. INTRODUCCIÓN

La automatización en la aviación ha sido históricamente un facilitador de eficiencia, reducción de errores humanos y mejora en la gestión de tareas complejas, siempre que ha ido acompañado indispensablemente de un desarrollo adecuado de entrenamiento en el interfaz hombre/máquina y respetado las limitaciones de desempeño humano (HPL, *human performance limitations*).

El proyecto *Smart Cockpit* propone una reconfiguración profunda de la cabina de vuelo mediante la incorporación de tecnologías cognitivamente adaptativas, y plantea la posibilidad de reducir la tripulación a un solo piloto en ciertas fases del vuelo. Esta iniciativa debe entenderse como una continuación del proyecto EMCO, desarrollado por EASA entre 2018 y 2021.

La aviación ha presentado desde su cercano origen similitudes con la navegación marítima, tanto en sistemas de la propia navegación como en instrumentación e incluso hasta los uniformes han reflejado esta asimilación.

Una diferencia obvia es que la navegación marítima se mueve en dos dimensiones (salvo en el caso de los submarinos), mientras que la aérea utiliza tres.

A pesar de esta aparente simplicidad relativa de la navegación marítima, comparada con la aérea, la creciente búsqueda de rentabilidad no se ha manifestado en la primera en un intento de reducción de las tripulaciones, mucho menos de su desaparición de las naves. Sí que se ha plasmado en el cambio de bandera de las embarcaciones (a banderas de conveniencia, como Bahamas, Liberia, etc.) y por tanto externalización de las tripulaciones de cubierta y máquinas (típicamente a países del sudeste asiático como Filipinas, etc.)

Hasta los años 70, una tripulación típica aérea trasatlántica incluía al comandante, primer oficial, navegante, mecánico de vuelo y oficial de radio.

Se eliminó primero el oficial de radio, pasando esta labor a los demás tripulantes. Después, los sistemas de navegación cada vez más precisos facilitaron la eliminación del navegante (en algunos de los pocos DC-8 y B-707 que quedan en servicio aún se puede ver la claraboya donde se alojaba el sextante y el mismo Concorde fue diseñado con una claraboya para su uso, si bien no llegó a utilizarse).

Finalmente, la integración de sistemas del avión en instrumentación cada vez más compleja y completa, permitieron prescindir del mecánico de vuelo *(flight Engineer)* muy recientemente, pues todavía en los B 747, excepto el 400 o en los DC 10 y B 727 está operativo.

De esta manera, un avión que recorre la misma distancia (pongamos Madrid-Nueva York) y en aproximadamente el mismo tiempo, ha pasado en unos años a ser tripulado por menos de la mitad de profesionales.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Todos y cada uno de estos cambios han traído aparejados incrementos de la necesidad de interfaz efectivo entre el elemento humano *(liveware)* y el elemento máquina (hardware y software), dando lugar al archiconocido modelo SHELL de Edwards y Hawkins *(software, hardware, environment, liveware-liveware)*, para mitigar los problemas surgidos de estos cambios.

Por supuesto, ha habido episodios traumáticos, incluyendo accidentes graves, entre cuyos factores contribuyentes estaban la deficiente interacción del modelo SHELL. Cada uno de estos accidentes o incidentes han servido como acicate para mejorar el modelo, pero siempre cabe la duda de si se podrían haber evitado, mediante una mayor concienciación sobre la importancia de dicha interacción y por tanto mayor y mejor entrenamiento. También la neuroergonomía ha jugado un papel decisivo para facilitar estos cambios y en ocasiones, por su ausencia o desarrollo defectuoso, ralentizarlos.

Y más allá de estos episodios traumáticos, ha habido miles de casos en los que la actuación de la tripulación ha prevenido un incidente o accidente. En los años 90 se puso muy de relieve la importancia de valorar y analizar no solo los accidentes o incidentes, si no la operativa diaria en la que se evitan o gestionan adecuadamente las amenazas. El sistema LOSA *(Linea Oriented Safety Audit)* analizaba de forma habitual las operaciones de vuelo, con las amenazas y errores y la forma en que eran gestionados de forma efectiva, en la operativa estándar diaria. Así aprendimos con datos reales cómo el entrenamiento exhaustivo de las tripulaciones en aspectos técnicos y no técnicos es un factor primordial en la gestión segura de los vuelos.

También aprendimos cómo la inmensa y abrumadora mayoría de las amenazas son resueltas sin que trasciendan.

Y también vimos cómo en condiciones normales, la carga de trabajo es aceptable, pero cuando hay problemas serios, se vuelve enorme. Y solamente trasciende a la opinión pública cuando, como en el AF447, se atraviesan todos los «agujeros» del modelo de J. Reason y llega el accidente.

A modo de anécdota personal y a colación de ese accidente, tanto por la zona de operación como por las similitudes entre el A330 y A340, en un vuelo de Buenos Aires a Madrid, en el que íbamos cuatro pilotos experimentados (para relevarnos, dada la duración del vuelo), nos encontramos con un frente especialmente activo y pronosticado como mucho menos desarrollado. Tanto que, solamente rozando las primeras formaciones de nubes, el avión, un A340, empezó a tener fallos, (IR, etc.) incluyendo como consecuencia, entre ellos, el mal funcionamiento y desconexión del autopiloto.

En poco tiempo nos encontramos los cuatro (llamamos de inmediato a los que estaban descansando) absolutamente cargados de trabajo: un piloto volando manualmente el avión en fuerte turbulencia, otro encargado de la gestión de los sistemas fallados, de la navegación y el radar meteorológico, buscando «huecos», otro intentando comunicar con alguna estación (por el desvío hacia el Atlántico para evitar los cúmulo nimbos perdimos comunicaciones VHF y tuvimos que recurrir al HF, de mal funcionamiento por tormentas solares) y el otro piloto calculando el combustible restante y buscando aeropuertos alternativos adecuados para desviarnos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Si hubiéramos estado sólo dos pilotos, ni que decir tiene que, como mínimo, la carga de trabajo hubiera sido extrema.

Como curiosidad, llevábamos en aquel vuelo a D. Manuel Fraga, quien se acercó a saludarnos y agradecer la gestión en la escala que tuvimos que hacer en Brasil.

2. PROYECTOS EASA: DE EMCO A SMART COCKPIT; ¿POR QUÉ TANTO INTERÉS?

El proyecto EMCO fue lanzado por EASA en colaboración con Airbus y varios operadores europeos con el propósito de evaluar la posibilidad de que un solo piloto permanezca en cabina durante ciertas fases del vuelo. Los hallazgos alimentaron directamente el desarrollo del concepto *Smart Cockpit*, ampliando el enfoque hacia automatización adaptativa e inteligencia artificial explicable.

No deja de ser muy curiosa la diferente aproximación a este tema tan delicado a un lado y otro del Atlántico. Mientras que en EE. UU. se desechó esta iniciativa de inmediato, en Europa se siguió trabajando en ella de manera que podríamos calificar de ferviente.

Teniendo en cuenta los paralelismos con la navegación marítima, en la que no se ha abordado esta reducción en los oficiales de navegación, por un lado y por el otro el impacto relativamente minúsculo en las cuentas de las compañías operadoras de la reducción de un tripulante de vuelo en determinadas fases de la operación, no podemos por menos que preguntarnos si los únicos motivos detrás de este interés son económicos.

A este respecto, podemos meditar sobre algunas diferencias entre las administraciones de aviación en Europa y en EE. UU. En este último país, la FAA, *Federal Aviation Administration*, ha estado tradicionalmente compuesta por pilotos, ingenieros y mecánicos, siendo casi siempre su director un piloto, típicamente con larga experiencia militar y civil o, como en la actualidad, un directivo de la empresa privada. Así pues, la FAA se centra en la parte operativa, mientras que en EASA, los requisitos han tendido a ser más bien de tipo académico y específicamente de ingeniería aeronáutica y empresa pública, hasta fecha de hoy. Es cuando menos interesante tener este factor en consideración a la hora de entender por qué tanto empeño en una iniciativa con amenazas y peligros potenciales muy elevados en relación a los reducidos beneficios (económicos exclusivamente) que puede generar.

Otra diferencia muy significativa es que en EE. UU. se exige que los pilotos, para poder servir como primeros oficiales (copilotos) en líneas aéreas, tengan que tener su ATPL, es decir, un mínimo de 1500 horas de vuelo. En Europa (EASA) solamente se exige el teórico del ATPL, con lo que un piloto puede realizar la calificación de tipo y volar un avión de líneas aéreas con tan solo unas 200 horas de vuelo y todas ellas pueden haber sido voladas en aviación ligera (avionetas). Obviamente el comandante necesita una experiencia mucho mayor, pero no olvidemos que una de las principales funciones del primer oficial o copiloto, es precisamente estar plenamente capacitado para sustituir al comandante en caso de incapacitación de este último (por motivos médicos, psicocognitivos, etc.).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Este último dato puede también invitarnos a reflexionar sobre la diferente aproximación al papel de los pilotos desde la FAA y EASA.

Dado que Europa y EE. UU. son los líderes tanto en construcción de aeronaves como en desarrollo de las normativas y leyes aeronáuticas, el resto de países (incluso fabricantes de aviones, como China, Brasil, Rusia o Canadá, entre otros) se adaptan en mayor o menor grado a la normativa y requerimientos de Europa o EE. UU.

Ha habido iniciativas en este sentido de reducción de un piloto en determinadas fases de vuelo que han sido descartadas (como la de Cathay Pacific y Airbus A350), si bien en ningún caso han abordado dicha reducción de número de pilotos de manera normativa, siendo esta iniciativa hasta la fecha exclusivamente europea.

Debemos ahora aclarar la distinción entre las operaciones con tripulación reducida *(eMCO/SiPO)* y el concepto de *Smart Cockpit*. Mientras que las primeras representan modos operativos concretos con menor número de pilotos en cabina, el segundo constituye, al menos en teoría, una visión tecnológica de futuro orientada a mejorar la seguridad y la eficiencia mediante automatización avanzada.

En junio de 2025, la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) anunció la pausa de sus investigaciones sobre eMCO *(extended minimum crew operations)* y SiPO *(single-pilot operations),* alegando que con las cabinas actuales no se podía demostrar un nivel de seguridad equivalente al requerido en la aviación comercial. Esta decisión se confirmó posteriormente en agosto de 2025, cuando diversos medios informaron que las propuestas de vuelos con un solo piloto quedaban «aparcadas» tras un informe crítico de seguridad (AIN Online, 2025; The Guardian, 2025).

No obstante, EASA aclaró que esta pausa no supone una renuncia al *Smart Cockpit*, entendido como un concepto de cabina futura que integra automatización avanzada, interfaces adaptativas, monitorización del estado del piloto y apoyo desde tierra. A diferencia de *eMCO/SiPO*, que son modos operativos inmediatos, el *smart cockpit* se proyecta como una plataforma tecnológica a largo plazo, con potencial para habilitar nuevas formas de operación siempre que se demuestre un nivel de seguridad equivalente (EASA, 2025).

La decisión de EASA en 2025 afecta de manera directa a los proyectos de reducción de tripulación en cabina de pilotos, pero mantiene abierto el horizonte del *smart cockpit* como evolución tecnológica de la cabina. La diferencia entre ambos conceptos es fundamental: *eMCO/SiPO* son operacionales, mientras que *smart cockpit* es tecnológico y prospectivo (una vez más, en teoría).

3. RIESGOS COGNITIVOS Y EMOCIONALES EN ENTORNOS DE UN SOLO PILOTO

En los estudios de SPO (single pilot operations) han sido identificados varios riesgos: la carga cognitiva en escenarios de alta exigencia, la pérdida de conciencia situacional, la complacencia ante la automatización, y los efectos del aislamiento en la toma de decisiones, entre otros. El propio EMCO demostró que la vigilancia prolongada por un solo piloto puede deteriorarse si no hay mecanismos adaptativos de

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

compensación, pero los estudios se limitaron a las limitaciones cognitivas o human performance limitations (HPL), como se les conoce tradicionalmente en la evolución de los factores humanos y CRM (crew resource management).

Imaginemos la siguiente situación: la hora local es las 4 AM. Estamos en mitad del océano Atlántico, en un vuelo hacia el Este, aproximadamente en el meridiano 45W.

El *cockpit* está oscuro, para facilitar la visión nocturna, las luces de las pantallas y los instrumentos brillan y se distinguen las estrellas y la luna, así como formaciones de cumulonimbos y frecuentes relámpagos en el frente intertropical.

Hay solo un piloto en la cabina. Es consciente, porque lo ha estudiado en los cursos de factores humanos, de que el deterioro del desempeño humano a esas horas es equivalente al producido por superar la tasa antigua máxima de alcohol en sangre (0,8 mg/l, no los 0,5 actuales que en breve serán previsiblemente reducidos).

También es consciente, porque lo ha aprendido en los mismos cursos de CRM, de que la prestigiosa APA americana reconoce en su clasificación de trastornos del sueño de origen laboral dos tipologías: cruce de husos horarios y trabajo a turnos.

Y es así mismo consciente de que la única disciplina afectada por ambos trastornos a la vez son las tripulaciones aéreas.

Al tanto de todo ello y de que a esas horas la temperatura del cuerpo alcanza sus mínimos valores (por ello es que las personas agonizantes casi siempre fallecen alrededor del amanecer), pone todo su empeño en mitigar el deterioro cognitivo.

Pero hay otra amenaza de la que poco se habla y es el deterioro emocional. Los problemas que pueden acuciar a cualquier persona, vividos en esa fase de mayor vulnerabilidad y encima en soledad, en la noche en mitad del océano y con la responsabilidad de estar al mando de una aeronave con cientos de personas a su cargo, pueden adquirir unos tintes y perspectivas de cariz grave.

Y especialmente agravarse por la soledad del mando, nunca mejor plasmada. Si en esos momentos se produce una emergencia o incluso simplemente una situación de mayor carga de trabajo, como necesitar atravesar el frente intertropical buscando la zona menos activa, experimentando la turbulencia asociada, tomando decisiones de desvío o de contingencia…

No se han desarrollado estudios (al menos no he podido encontrar ninguno publicado) que valoren el posible impacto de estas variables y todos estos factores en el posible deterioro emocional de los pilotos en estas circunstancias.

Y una vez más, cabe preguntarse: ¿Realmente valdría la pena continuar esta iniciativa de la que ya se ha desmarcado taxativamente el resto del mundo? Creo, cuanto menos, que estaría indicado un estudio de riesgos y beneficios mucho más comprensivo y exhaustivo.

Sin duda, la renuncia de EASA al concepto EMCO es un paso muy positivo y evidencia la toma de conciencia por parte de la Agencia de muchas de las amenazas, pero hay conceptos dentro del «smart cockpit» que nos llevan a creer que no se han tenido en consideración todas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

4. NEUROERGONOMÍA APLICADA Y AUTOMATIZACIÓN ADAPTATIVA

La neuroergonomía propone utilizar herramientas como *eye-tracking*, HRV y EEG para medir el estado cognitivo del piloto y adaptar los sistemas a sus necesidades en tiempo real. Interfaces explicables, automatización adaptativa y monitoreo fisiológico son elementos claves en esta integración hombre-máquina.

Una vez más, se abordan los factores HPL, pero se soslaya el posible impacto emocional.

5. CONSIDERACIONES ÉTICAS Y REGULATORIAS

Hay que reconocer que EASA establece que no se aprobarán operaciones SPO sin evidencia de seguridad equivalente a las operaciones actuales. Así lo han recalcado también taxativamente las autoridades de AESA y no hay ningún motivo en absoluto para desconfiar de su palabra. Las tecnologías propuestas deben respetar principios de transparencia, control humano significativo y validación robusta mediante simulación y pruebas reales.

Tan solo cabe aquí confiar en que, en los estudios y análisis de riesgos, se tengan en cuenta los factores de posible deterioro emocional, así como el impacto de mejora en la seguridad aérea y si no es así, determinar hasta qué punto el ahorro en costes pudiera justificar la inversión de medios humanos, tiempo, dinero y recursos en esta iniciativa o podríamos, como nuestros socios de EE. UU., proceder directamente a descartarla.

Y en este ámbito y en la parte regulatoria, no olvidemos los predecibles problemas de restricciones normativas que nos podríamos encontrar al intentar volar aviones en estas condiciones con destino a EEUU o sobrevolando su espacio aéreo.

6. CONCLUSIONES

La transición de EMCO a *Smart Cockpit* refleja una evolución tecnológica coherente, pero debe estar guiada por el conocimiento acumulado sobre los límites psicológicos, no solo cognitivos si no también emocionales, del operador humano. La automatización debe complementar, no sustituir, las capacidades humanas críticas.

Debemos realizar muchos más estudios profundos, particularmente en el citado campo de impacto emocional y tener en cuenta los datos de salud mental que arrojan tanto las estadísticas de la población general como los provenientes de los Programas de Apoyo a Pilotos (PSP, *pilot support programs*), cuya implementación es obligatoria en el entorno EASA. Tampoco sería descartable realizar LOSAs específicos en los que se mida la importancia de la redundancia humana (mínimo dos pilotos) en el afrontamiento de amenazas habituales en las operaciones aéreas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Por último y aunque no sea el objeto de este artículo, cabe plantearse reflexiones de cara al posible futuro de los aviones sin piloto en uso comercial civil. La responsabilidad de su operativa se traslada simplemente, como en el caso de los drones, al operador/piloto en tierra. ¿Se tendrá en cuenta y se regirá, si llegara el caso, por las mismas leyes, regulaciones y normativas (de descanso, aptitud médica, seguimiento del vuelo, seguridad…)? ¿Se tendrán en cuenta los aspectos de su coordinación con la tripulación de cabina de pasaje, especialmente en emergencias? y si las respuestas a ambas preguntas fuera, como debería ser, afirmativa: ¿Cuál sería entonces el beneficio real de eliminar al piloto del cockpit para trasladarlo a tierra, aislado de su aeronave?

7. BIBLIOGRAFÍA

AIN Online. (2025, junio 20). *EASA halts single-pilot project after safety concerns*.

Australian Civil Aviation Safety Authority (CASA). (2024). *MOPSC 10-13 exemptions and guidance* [Documento técnico].

Dehais, F., Roy, R. N., Scannella, S., & Gateau, T. (2020). «A neuroergonomic approach to flight deck design for the mitigation of human error». *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 556002. https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.556002

Dekker, S. (2014). *The field guide to understanding human error* (3rd ed.). CRC Press.

Duckworth, T., & Sheehy, T. (2025, julio 24). *Bipartisan Senate letter to FAA on single-pilot operations*. U.S. Senate.

EASA. (2021). *Extended minimum crew operations (EMCO) – Human factors and operational considerations*. European Union Aviation Safety Agency.

EASA. (2023). *AI Roadmap 2.0: The safe and trustworthy integration of AI in aviation*. European Union Aviation Safety Agency. https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/easa-artificial-intelligence-roadmap-20

EASA. (2025, junio). *eMCO/SiPO Project update*. European Union Aviation Safety Agency.

Endsley, M. R. (1995). «Toward a theory of situation awareness in dynamic systems». *Human Factors*, 37(1), 32-64.

Endsley, M. R., & Kaber, D. B. (1999). «Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task». *Ergonomics*, 42(3), 462-492.

Gunning, D. (2017). «Explainable Artificial Intelligence» (XAI). *DARPA*.

ICAO. (2018). *Human performance manual for regulators* (Doc 10151). International Civil Aviation Organization.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ICAO. (2022). *Human performance manual for remote pilot aircraft systems* (RPAS) (Doc 10157). International Civil Aviation Organization.

International Civil Aviation Organization (ICAO). (2025, agosto). *Working paper on extended minimum crew operations* (eMCO).

Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Prentice-Hall.

Kaber, D. B., & Endsley, M. R. (2004). «The effects of level of automation and adaptive automation on human performance, situation awareness and workload in a dynamic control task». *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(2), 113-153.

Lee, J. D., & See, K. A. (2004). «Trust in automation: Designing for appropriate reliance». *Human Factors*, 46(1), 50-80.

Parasuraman, R., & Riley, V. (1997). «Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse». *Human Factors*, 39(2), 230-253.

Parasuraman, R., & Rizzo, M. (Eds.). (2007). «Neuroergonomics: The brain at work». Oxford University Press.

Reuters. (2021, junio 16). «Exclusive: Cathay working with Airbus on single-pilot system for long-haul flights».

Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1994). «Pilot interaction with cockpit automation: Operational experiences with the flight management system». *The International Journal of Aviation Psychology*, 4(4), 303-321.

South China Morning Post. (2025, mayo 27). «Cathay Pacific says no plans to introduce single-pilot flights».

The Guardian. (2025, agosto 30). «EASA shelves single-pilot project after safety report».

U.S. Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). (2016-2025). *Aircrew Labor In-Cockpit Automation System* (ALIAS).

U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2019-2025). *Reduced Crew Operations research reports*.

Wickens, C. D. (2002). «Situation awareness and workload in aviation». *Current Directions in Psychological Science*, 11(4), 128-133.

Wickens, C. D. (2008). «Multiple resources and mental workload». *Human Factors*, 50(3), 449-455.

Wilson, G. F., & Russell, C. A. (2003). «Real-time assessment of mental workload using psychophysiological measures and artificial neural networks». *Human Factors*, 45(4), 635-643.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

SEGURIDAD OPERACIONAL: LA CLAVE DEL DESPEGUE DE LA MOVILIDAD AÉREA AVANZADA

OPERATIONAL SAFETY: THE CORNERSTONE FOR THE TAKE-OFF OF ADVANCED AIR MOBILITY

Dña. Elisa Heras Sevilla

https://es.linkedin.com/in/elisa-heras-sevilla-0a850215
Senior Vice President of Next Generation Mobility
Iridium Concesiones de Infraestructuras (Grupo ACS)
eherass@iridium-acs.com

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. VERTIPUERTOS COMO INFRAESTRUCTURA SINGULAR Y ESTRATÉGICA. 2.1. Una nueva infraestructura frente al helipuerto tradicional. 2.2. Retos normativos y de seguridad operacional. 2.3. Requisitos técnicos, digitales y de integración urbana. 2.4. Requisitos humanos y de capacitación 3. EL MARCO REGULADOR: AVANCES, VACÍOS Y CÓMO AVANZAR. 3.1. Situación regulatoria nacional e internacional. 3.2. Vacíos normativos y propuestas de avance. 4. EL MODELO CONCESIONAL: UNA VÍA VIABLE PARA EL DESPLIEGUE. 4.1. Marco jurídico y doctrina aplicable. 4.2. Aplicación a la Movilidad Aérea Avanzada. 4.3. Experiencia internacional y lecciones para España. 5. LA SEGURIDAD OPERACIONAL COMO EJE VERTEBRADOR. 5.1. Requisitos técnicos y organizativos. 5.2. Integración con U-space. 5.3. Riesgos jurídicos, reputacionales y de gobernanza. 6. ESPAÑA ANTE LA OPORTUNIDAD DE LIDERAR LA SEGURIDAD OPERACIONAL EN LA MAA. 6.1. Capacidades actuales y posición de España en Europa. 6.2. El reto de pasar de la teoría a la práctica. 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES. 8. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: En este artículo se sostiene que la seguridad operacional debe ser el eje central de la Movilidad Aérea Avanzada (MAA), influyendo en todos los ámbitos: desde el diseño del marco regulador hasta la configuración de contratos concesionales. Sin operaciones seguras no habrá aceptación social ni atracción de inversión, pero con ellas la MAA puede consolidarse como un modo de transporte fiable y sostenible.

Para ilustrarlo, se analiza el vertipuerto como infraestructura singular, distinta del helipuerto tradicional, con requisitos técnicos, digitales y urbanos propios. Asimismo, se revisan los avances regulatorios europeos e internacionales y las iniciativas puestas en marcha en España, así como los vacíos normativos que todavía persisten. El artículo aborda también el modelo concesional como vía viable para su despliegue, siempre que incorpore mecanismos de flexibilidad y garantías ligadas a la seguridad.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La conclusión es clara: la seguridad operacional no es un elemento añadido, sino el fundamento que permitirá a España liderar este proceso en Europa.

Palabras Clave: Seguridad operacional; Movilidad Aérea Avanzada; Vertipuertos; Concesiones; Regulación aérea; U-space.

Abstract: *This article presents operational safety as the central pillar of Advanced Air Mobility (AAM), influencing every dimension from regulatory design to concession contracts. Without safe operations, there will be neither public acceptance nor investment, but with them AAM can consolidate itself as a reliable and sustainable mode of transport.*

To illustrate this, the article examines the vertiport as a distinct infrastructure, not merely an adaptation of the traditional heliport, and highlights its unique technical, digital and urban requirements. It also reviews European and international regulatory progress, Spain's ongoing initiatives and remaining legal gaps. In addition, it explores concession contracts as a viable formula for deployment, provided that flexibility and safety guarantees are embedded.

The conclusion is clear: operational safety is not an accessory element, but the foundation that could enable Spain to lead this emerging sector in Europe.

Key Words: *Operational safety; Advanced Air Mobility; Vertiports; Concession contracts; Air regulation; U-space.*

1. INTRODUCCIÓN: UNA NUEVA MOVILIDAD PARA UN NUEVO RETO URBANO Y TERRITORIAL

La historia del transporte está llena de ejemplos de innovaciones que en su momento generaron dudas y hoy consideramos imprescindibles.

Al principio, viajar en avión parecía una aventura reservada a unos pocos: las rutas eran limitadas, la regulación apenas se estaba desarrollando y muchas personas desconfiaban de su seguridad. Hoy podemos volar por menos de 20 euros y

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

estar en pocas horas en cualquier punto del planeta. Lo mismo ocurrió con el tren de alta velocidad, que transformó los desplazamientos entre ciudades, o con el automóvil, que pasó de ser un lujo a un medio de transporte masivo.

La Movilidad Aérea Avanzada (MAA) está llamada a ser el próximo gran salto: disruptiva en sus inicios, pero destinada a convertirse en una parte natural de nuestra vida cotidiana[1] [2].

Pero ¿qué aporta la MAA en nuestra situación actual?

El transporte urbano vive una situación crítica: redes saturadas, desplazamientos lentos, emisiones crecientes y un modelo de movilidad que no siempre responde a las nuevas dinámicas sociales y territoriales. Moverse se ha vuelto una fuente de fricción y pérdida de calidad de vida.

Al mismo tiempo, la forma de vivir y trabajar también está cambiando. El teletrabajo, la digitalización y la posibilidad de acceder a muchos servicios a distancia hacen que cada vez más personas elijan residir fuera de los grandes núcleos urbanos. Esta mayor dispersión crea nuevas necesidades de movilidad que van más allá del desplazamiento al trabajo: también afectan a los trayectos ligados al ocio, a la educación o a la atención sanitaria. Para responder a esa demanda hacen falta soluciones de transporte público que sean rápidas, sostenibles y capaces de integrarse de manera natural en la vida cotidiana.

Frente a estos desafíos, la Movilidad Aérea Avanzada abre una nueva puerta en el ecosistema del transporte: aeronaves eléctricas de despegue y aterrizaje vertical (eVTOL). En sus primeras fases estarán pilotadas, pero con el tiempo podrán evolucionar hacia operaciones autónomas. Esa transición será la que permita que este nuevo modo de transporte sea más accesible y asequible, al reducir costes y multiplicar su alcance. Operando desde vertipuertos conectados, estas aeronaves podrán enlazar con rapidez entornos urbanos, periféricos y logísticos.

Sin embargo, no basta con la tecnología para que esta transformación sea una realidad. Hacen falta infraestructuras diseñadas específicamente para estos nuevos vehículos, unas reglas claras que den seguridad a todos los actores y, sobre todo, garantizar desde el primer momento que las operaciones se desarrollen con los más altos estándares de seguridad.

España ya ha puesto en marcha iniciativas estratégicas en el sector, como el PERTE Aeroespacial, que moviliza recursos públicos y privados para reforzar la innovación aeronáutica y espacial en el país[3].

Este artículo examina, desde la experiencia de Iridium y Skyports, los retos y condiciones para que la MAA despegue en España, abordando su encaje regulatorio, concesional y operativo con un foco central en la seguridad y la gobernanza.

---

1 NASA. *Urban Air Mobility* (UAM) Market Study. National Aeronautics and Space Administration, 2020.

2 McKinsey & Company. *Advanced Air Mobility: Disruption on the horizon*. McKinsey Center for Future Mobility, 2022.

3 Gobierno de España. *PERTE Aeroespacial*. Madrid, 2022.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2. VERTIPUERTOS COMO INFRAESTRUCTURA SINGULAR Y ESTRATÉGICA

2.1. Una nueva infraestructura frente al helipuerto tradicional

Los vertipuertos no son una simple evolución del helipuerto, son las «estaciones» donde despegan y aterrizan aeronaves eléctricas de despegue y aterrizaje vertical (eVTOL). A diferencia de un helipuerto, no están pensados solo para vuelos ocasionales, sino para integrarse en la movilidad diaria de las ciudades, con operaciones frecuentes, conexiones con otros medios de transporte y servicios digitales que garanticen seguridad y eficiencia.

2.2. Retos normativos y de seguridad operacional

Este cambio implica nuevos requisitos: operar en entornos de alta densidad, no solo por la concentración de población, sino también por el creciente número de aeronaves que compartirán el mismo espacio aéreo, lo que ha indispensable conectarse a plataformas U-space — el sistema europeo de gestión digital del tráfico aéreo a baja altura, diseñado para coordinar y evitar colisiones entre aeronaves tripuladas y no tripuladas—, gestionar impactos acústicos y visuales, y asegurar que el vertipuerto pueda integrarse con otros sistemas de transporte y sea accesible para todos los usuarios. A nivel normativo, el vertipuerto carece aún de definición legal en España, lo que obliga a crear un marco específico que contemple operación autónoma, recarga de baterías de alta capacidad y gestión digital[4].

En seguridad, se incorporan retos como la manipulación de baterías de litio, la automatización y, más adelante, la ausencia de piloto a bordo, lo que exige protocolos específicos contra incendios, planes de evacuación, mantenimiento predictivo y un esquema claro de asignación de responsabilidades en caso de fallo. Normas y guías de EASA y OACI avanzan en esta dirección, pero aún carecen de valor vinculante[5] [6].

Por todo lo anterior, podemos afirmar que el vertipuerto no es una simple adaptación de un helipuerto: necesita su propia definición técnica, operativa y legal. Y esa definición debe prever desde el inicio cómo garantizar la seguridad, integrarse en la ciudad y ganarse la confianza de la ciudadanía.

---

4 Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea.

5 EASA. *Prototype Technical Design Specifications for Vertiports*. Cologne, 2022.

6 ICAO. *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation – Aerodromes*, Vol. II – Heliports, 4.ª edición.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.3. Requisitos técnicos, digitales y de integración urbana

Un vertipuerto debe combinar operatividad, seguridad, sostenibilidad y conectividad. Además de áreas de despegue y aterrizaje, necesita estaciones de carga de alta potencia, zonas de estacionamiento seguras, iluminación y señalización aeronáutica, accesos para emergencias y planes de protección contra incendios muy desarrollados[7].

En el plano digital, debe interoperar con U-space, permitir el seguimiento automatizado de operaciones y contar con comunicaciones robustas y ciberseguridad integrada.

Su integración urbana implica garantizar accesibilidad universal, conexión con otros medios de transporte público y una mínima afección acústica o visual. También debe prever áreas para inspección de aeronaves, incorporar sensores de diagnóstico del estado y rendimiento —tanto de aeronaves como del propio vertipuerto—, y establecer protocolos de actuación ante posibles anomalías.

En resumen, un vertipuerto debe combinar infraestructuras físicas y sistemas digitales, ser sostenible económicamente y poder adaptarse a distintas ubicaciones y demandas. Y, más importante, su diseño tiene que permitir que evolucione a medida que avancen la tecnología y la regulación.

2.4. Requisitos humanos y de capacitación

Junto a los aspectos técnicos y digitales, el despliegue de vertipuertos requiere también una preparación específica de las personas que los operan y mantienen. Estos profesionales deberán contar con una cualificación distinta a la de la aviación tradicional, que incluya la gestión de baterías de alta capacidad, el manejo de sistemas digitales de monitorización y la aplicación de procedimientos automatizados.

El desarrollo de estas competencias será determinante para garantizar la seguridad operacional y generar confianza en la ciudadanía. Por ello, la futura regulación deberá incorporar estándares claros de capacitación y certificación adaptados a estas nuevas funciones.

3. EL MARCO REGULADOR: AVANCES, VACÍOS Y CÓMO AVANZAR

3.1. Situación regulatoria nacional e internacional

Aunque la atención internacional se centra en los avances tecnológicos que impulsan la Movilidad Aérea Avanzada (MAA), estos no bastan por sí solos. Es imprescindible contar con un marco legal claro que dé seguridad a todos los implicados, tanto empresas como usuarios.

7 INECO. *Infraestructuras para la Movilidad Aérea Urbana. Retos técnicos y regulatorios*. Madrid, 2023.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En el ámbito europeo, la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) ha publicado la Special Condition VTOL y una guía técnica para vertipuertos[8], mientras que el Reglamento (UE) 2021/664 ha establecido el marco U-space para integrar aeronaves no tripuladas en el espacio aéreo[9]. Son pasos importantes, aunque todavía no constituyen normas plenamente obligatorias.

En España, el clúster SIAM —en el que participan, entre otros, INECO, AENA, GMV, Iridium y ENAIRE— ha publicado el Libro Blanco de Vertipuertos. Se trata de un documento de referencia que busca anticipar futuros desarrollos normativos y alinearlos con los estándares europeos[10]. Incluye criterios técnicos básicos, una clasificación de tipos de vertipuerto y un mapa de riesgos para repartir responsabilidades. Además, propone la puesta en marcha de tres *living labs* antes de 2026, con el fin de validar en condiciones reales la parte técnica, legal y operativa.

A nivel local, el Ayuntamiento de Madrid ha creado un Comité de Movilidad Aérea Avanzada, integrado por organismos públicos, reguladores y empresas privadas, que trabaja en la elaboración de un Libro Blanco destinado a guiar el despliegue de estas infraestructuras en la ciudad.

3.2. Vacíos normativos y propuestas de avance

Actualmente en España, el vertipuerto aún no está reconocido como figura legal y, por ahora, se regula por analogía con los helipuertos, descuidando así aspectos clave como operaciones autónomas, recarga eléctrica de alta capacidad o la coordinación digital con U-space. Además, es necesario definir con claridad qué administración es competente, pero no solo eso: también resulta imprescindible establecer un reparto nítido de responsabilidades en caso de respuesta a incidentes. Sin esa seguridad jurídica, operadores e inversores difícilmente darán el paso, porque el riesgo de poner en marcha una actividad tan visible sin un marco claro de responsabilidades es demasiado alto.

Ahora bien, esto no significa que sea necesario esperar a tener toda la normativa aprobada para poder avanzar. De hecho, países como UK, Francia, Corea del Sur o Emiratos Árabes han aprobado marcos provisionales que permiten operaciones piloto con ciertas garantías, reduciendo riesgos al tiempo que generan experiencia real y confianza pública[11].

España podría seguir ese modelo: autorizar proyectos piloto con condiciones claras y plazos limitados, revisarlos periódicamente y usar lo aprendido para ajustar

8 EASA, *Special Condition VTOL (SC-VTOL-01) y Prototype Technical Design Specifications for Vertiports*, 2022.

9 Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664 de la Comisión, de 22 de abril de 2021, por el que se establece un marco regulador para el U-space.

10 SIAM, *Libro Blanco de Vertipuertos en España*, Madrid, 2023.

11 DGAC (Francia), *Programme de vols d'essai eVTOL dans le cadre des Jeux Olympiques de Paris 2024, 2023*; MOLIT (Corea del Sur), K-UAM Grand Challenge Programme, 2022.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

las normas. Esto reduciría la incertidumbre e incrementaría el atractivo de inversión, manteniendo la seguridad operacional como prioridad.

4. EL MODELO CONCESIONAL: UNA VÍA POSIBLE PARA EL DESPLIEGUE

La MAA necesita dar el salto de la teoría a los proyectos reales, y para ello resulta esencial un modelo de gobernanza equilibrado. Dejar en exclusiva el desarrollo en manos privadas supondría renunciar al control público de un bien común como el espacio aéreo, mientras que una gestión enteramente pública podría ralentizar el despliegue. El sistema concesional combina ambos mundos: asegura supervisión y seguridad operacional desde la Administración, al tiempo que aprovecha la eficiencia y los recursos del sector privado. Así ocurre en el transporte terrestre, por ejemplo, con las concesiones de líneas de autobús de larga distancia, y en ejemplos internacionales como Dubái, donde Skyports desarrolla su red de vertipuertos bajo concesión pública.

4.1. Marco jurídico y doctrina aplicable

El modelo concesional, regulado por la Ley de Contratos del Sector Público, es una fórmula conocida para desarrollar infraestructuras complejas. Aplicado a la MAA, permite repartir funciones y riesgos entre el sector público y privado, manteniendo el interés general y ofreciendo un marco atractivo para la inversión[12].

No se trata de una afirmación teórica. La jurisprudencia del Tribunal Supremo[13] y la doctrina consultiva del Consejo de Estado[14] han insistido en que la clave de un contrato concesional está en el reparto equilibrado de riesgos y en la existencia de mecanismos de actualización que permitan mantener la viabilidad económica de la concesión a lo largo del tiempo. En sectores sujetos a cambios rápidos, como ocurre en la MAA, resulta especialmente importante prever cláusulas que contemplen la obsolescencia tecnológica o modificaciones regulatorias sobrevenidas.

4.2. Aplicación a la Movilidad Aérea Avanzada

En el caso de la MAA, donde la demanda inicial puede ser baja, es clave establecer plazos largos y flexibles —de 25 a 30 años— y modelos que midan el rendimiento por disponibilidad más que por volumen de usuarios. Y precisamente porque hablamos de contratos a tan largo plazo, resulta imprescindible dotar a estos contratos de

12 Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público.

13 STS de 19 de febrero de 2009 (RJ 2009/1509).

14 Consejo de Estado, *Dictamen 180/2014*, de 27 de febrero.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

flexibilidad jurídica para evitar una eventual ruptura de su equilibrio económico-financiero en caso de cambios sustanciales en la tecnología o la regulación.

La experiencia internacional muestra que los proyectos de MAA en Nueva York, París o Londres se han apoyado en concesiones con cláusulas de revisión periódica y con una participación activa de las administraciones en la fase inicial[15].

4.3. Experiencia internacional y lecciones para España

La lección es clara: cuanto más estable y predecible sea el marco jurídico, más fácil será atraer financiación. Nuestra experiencia, como Iridium y Skyports, en otros mercados, confirma que la seguridad contractual no se limita a firmar un contrato, sino a diseñar desde el inicio un esquema que permita adaptarse a los cambios sin romper el equilibrio entre Administración y concesionario.

Por eso, es imprescindible que la Administración y los operadores trabajen de forma conjunta en modelos concesionales realistas y sostenibles. La seguridad operacional, que se analizará en el siguiente apartado, constituirá el pilar que refuerce la confianza del inversor y de la sociedad.

5. LA SEGURIDAD OPERACIONAL COMO EJE VERTEBRADOR

La seguridad operacional es la base sobre la que debe construirse la MAA. No se trata solo de cumplir requisitos normativos: sin operaciones seguras, el modelo no será viable ni aceptado por la sociedad. Además, es el factor que condiciona su aceptación pública, su atractivo para la inversión y su legitimidad institucional.

5.1. Requisitos técnicos y organizativos

Un vertipuerto debe contar con estructuras reforzadas, sistemas contra incendios adaptados a baterías de litio, redundancia energética, control de accesos y protocolos de evacuación. El mantenimiento debe ser prioritariamente predictivo y contar con inspecciones continuas mediante sensores y sistemas de monitorización en tiempo real. La conectividad es igualmente crítica: redes 5G, enlaces dedicados (conexiones exclusivas para comunicaciones aeronáuticas) o satélite deben garantizar el control incluso con aeronaves autónomas. Todo esto debe integrarse en un Sistema de Gestión de la Seguridad (SMS), supervisado por la AESA como autoridad competente[16].

15 Experiencias internacionales recogidas en: Skyports, Skyports opens UK's first vertiport testbed at Bicester Motion (2022); Skyports, Skyports to develop Manhattan's first eVTOL vertiport (2023); DGAC (Francia), Programme de vols d'essai eVTOL dans le cadre des Jeux Olympiques de Paris 2024 (2023).

16 AESA. *Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Movilidad Aérea Avanzada*. AESA, 2023.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La organización es tan importante como la tecnología. El gestor del vertipuerto debe coordinarse con AESA, ENAIRE, operadores y proveedores de servicios U-space, garantizar la formación del personal y establecer procedimientos auditables. Resulta conveniente reconocer legalmente su figura, en línea con otros gestores de infraestructuras críticas[17].

5.2. Integración con *U-space*

Con el despliegue de la MAA se espera que decenas de aeronaves compartan espacio aéreo a baja altura en entornos urbanos. A medida que estas operaciones maduren y se intensifiquen, será necesario un sistema digital que organice los vuelos, evite colisiones y permita conocer en todo momento quién está volando y en qué condiciones. Ese sistema es el U-space, regulado en la Unión Europea por el Reglamento (UE) 2021/664[18], que define los servicios digitales y automatizados para gestionar el tráfico aéreo de drones y eVTOL.

En España, ENAIRE ha sido designado como proveedor único de servicios de información común[19] (CISP) y, en determinadas actividades, también como proveedor de servicios U-space (USSP)[20]. Este papel le sitúa en el centro del despliegue de la infraestructura digital necesaria para implantar el sistema a nivel nacional, en coordinación con AESA y con el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Los vertipuertos serán nodos activos de este sistema, conectados en tiempo real con los proveedores de servicios U-space y preparados para actuar ante conflictos de tráfico o fallos de comunicación. Para ello, es necesaria una normativa nacional que defina claramente funciones, responsabilidades e interoperabilidad técnica, evitando que cada operador adopte soluciones incompatibles.

5.3. Riesgos jurídicos, reputacionales y de gobernanza

Los riesgos no son solo técnicos. La falta de un marco específico plantea dudas jurídicas sobre quién responde en caso de incidente: ¿el operador de la aeronave, el fabricante, el gestor del vertipuerto o el proveedor digital? Si no se clarifica esta cadena de responsabilidad, ningún actor asumirá el riesgo de ser el primero en operar.

---

17 Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de infraestructuras críticas.

18 Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664 de la Comisión, de 22 de abril de 2021, sobre U-space.

19 Los Servicios de Información Común (CIS) proporcionan a todos los actores del U-space la misma información esencial en tiempo real —espacio aéreo, meteorología, tráfico o geovallado—, garantizando interoperabilidad y seguridad.

20 ENAIRE. «U-space y el rol de ENAIRE». Disponible en: enaire.es

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Existe asimismo un riesgo reputacional: un solo incidente podría generar rechazo social y bloquear proyectos enteros. Por último, también debemos tener en cuenta el riesgo de gobernanza, ya que la coordinación entre AESA, ENAIRE, ayuntamientos y comunidades autónomas es imprescindible para evitar solapamientos o vacíos regulatorios[21].

La experiencia internacional —en Francia, Emiratos o Corea del Sur— demuestra que la aceptación pública depende de que los proyectos piloto se acompañen de protocolos claros, comunicación transparente y una gobernanza compartida entre instituciones.

En conclusión, la seguridad operacional no es un requisito técnico aislado, sino el elemento estructural que conecta la tecnología, el derecho y la confianza pública. Sin ella, la MAA no despegará; con ella, podrá consolidarse como un modelo seguro, sostenible y aceptado.

6. ESPAÑA ANTE LA OPORTUNIDAD DE LIDERAR LA SEGURIDAD OPERACIONAL EN LA MAA

6.1. Capacidades actuales y posición de España en Europa

España tiene la posibilidad real de marcar el paso en Europa en materia de seguridad operacional para la Movilidad Aérea Avanzada. Contamos con una base sólida: experiencia institucional, capacidad regulatoria y un ecosistema técnico-industrial preparado.

El *Libro Blanco de Vertipuertos* del SIAM puede ser un referente europeo, y la implicación de ENAIRE y AESA en U-space y proyectos piloto nos sitúa entre los países con capacidad para ensayar y validar este nuevo modelo de movilidad aérea.

Además, compañías nacionales de sectores como la ingeniería, la aeronáutica o la tecnología ya están apostando por la MAA. Empresas como Iridium, a través de su inversión en Skyports y su experiencia en concesiones de infraestructuras críticas, pueden trasladar a España lecciones aprendidas en mercados pioneros.

6.2. El reto de pasar de la teoría a la práctica

La clave está en pasar de la teoría a la práctica, pero con cabeza. La experiencia internacional demuestra que el éxito no depende solo de redactar normas, sino de activar proyectos piloto con apoyo institucional que permitan validar la tecnología, ajustar la regulación y ganar confianza pública. Ahora bien, esos proyectos piloto deben desplegarse siempre bajo las máximas garantías de seguridad operacional, porque sin ellas la aceptación social y el respaldo regulatorio nunca llegarán.

21 ENAIRE. *Hoja de Ruta U-space España*. ENAIRE, 2022.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El caso de Francia, con motivo de los Juegos Olímpicos de París 2024[22], refleja bien esta complejidad. Pese al esfuerzo regulatorio y a las autorizaciones específicas, las limitaciones técnicas y la falta de certificación plena por parte de EASA impidieron realizar vuelos con pasajeros, que quedaron reducidos a pruebas sin público a bordo[23]. Más que un fracaso, este episodio demuestra que la seguridad y el aval regulatorio prevalecen incluso frente a la presión de un evento global, en este caso en relación con la certificación de los eVTOL como aeronaves más que con los vertipuertos como infraestructuras.

Otros países han optado por un enfoque más prudente. Corea del Sur, con su programa K-UAM Grand Challenge, está validando operaciones en entornos urbanos bajo condiciones controladas, lo que permite identificar riesgos y reforzar la seguridad operacional antes de su comercialización prevista para 2025[24]. En el Reino Unido, Skyports ha desarrollado vertipuertos piloto como el de Bicester, en el Reino Unido, concebido como un laboratorio vivo para ensayar operaciones reales y procesos regulatorios. Y en Nueva York, también de la mano de Skyports, la progresiva adaptación del helipuerto de Manhattan hacia un vertipuerto para eVTOL muestra como la transformación puede hacerse de la mano de la regulación, integrando la innovación en infraestructuras ya existentes[25]. En todos los casos, la enseñanza es la misma: más que correr, se trata de avanzar paso a paso, con proyectos que validen la seguridad y el marco regulatorio.

No se trata, por tanto, de tener más aeronaves o más vertipuertos, sino de fijar estándares que garanticen operaciones seguras, predecibles y confiables. Si España aprovecha las capacidades de su tejido empresarial y las convierte en normas claras y aplicables, activando proyectos piloto con respaldo legal suficiente, podrá posicionarse como referente europeo en seguridad operacional para la MAA… o, al menos, evitar quedarse atrás.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

¿Y si España fuera reconocida como el país pionero de la Movilidad Aérea Avanzada segura en Europa? Esa es la oportunidad que tenemos delante: combinar innovación, experiencia y normas claras para que esta nueva forma de transporte se desarrolle con todas las garantías desde el primer vuelo.

La experiencia internacional demuestra que la seguridad operacional no es un requisito accesorio, sino el cimiento sobre el que se construye la aceptación social,

---

22 DGAC Francia. *Programme de vols d'essai eVTOL dans le cadre des Jeux Olympiques de Paris 2024*. Ministère de la Transition Écologique, 2023.

23 Véase Aviation Week, «Paris 2024 Olympics eVTOL Plans Fall Short» (2024), donde se detallan los motivos técnicos y regulatorios que limitaron las operaciones.

24 MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Corea del Sur). K-UAM Grand Challenge Programme. Seúl, 2022.

25 Skyports. *Skyports opens UK's first vertiport testbed at Bicester Motion* (2022); *Skyports to develop Manhattan's first eVTOL vertiport* (2023).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

la confianza institucional y la viabilidad económica. Iridium y Skyports han podido comprobarlo en proyectos piloto en Londres, Dubái o Bicester, donde la combinación de innovación tecnológica, regulación habilitante y apoyo institucional ha permitido avanzar de la teoría a la práctica.

Para aprovechar esta inercia, resulta fundamental:

- Incluir la seguridad operacional como requisito clave en licitaciones, contratos y proyectos piloto;
- Definir con claridad y respaldo legal las responsabilidades;
- Impulsar proyectos piloto que validen la normativa, la tecnología y la coordinación entre actores;
- Aprovechar la experiencia nacional e internacional para diseñar soluciones adaptadas a la realidad española; y
- Comunicar de forma abierta y coherente para reforzar la confianza pública.

La oportunidad es real: tenemos las empresas, tenemos las instituciones y tenemos el contexto. Si España convierte la seguridad operacional en el motor de la MAA, no solo participará en esta transformación: podrá marcar el rumbo.

8. BIBLIOGRAFÍA

Aviation Week. «Paris 2024 Olympics eVTOL Plans Fall Short». 2024.

Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). *Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Movilidad Aérea Avanzada*. AESA, 2023.

Consejo de Estado. *Dictamen 180/2014, de 27 de febrero.*

DGAC (Francia). «Programme de vols d'essai eVTOL dans le cadre des Jeux Olympiques de Paris 2024». *Ministère de la Transition Écologique*, 2023.

EASA. «Communication on VoloCity certification progress and safety requirements». *European Union Aviation Safety Agency*, 2024.

EASA. *Prototype Technical Design Specifications for Vertiports*. Versión 1.0. Cologne, 2022.

EASA. *Special Condition VTOL* (SC-VTOL-01). Consolidated version. Cologne, 2022.

ENAIRE. *Hoja de Ruta U-space España*. ENAIRE, 2022.

ENAIRE. «U-space y el rol de ENAIRE». Disponible en: https://www.enaire.es/servicios/drones/todo_lo_necesario_para_volar_tu_dron/uspace_y_el_rol_de_enaire

Gobierno de España. *PERTE Aeroespacial*. Madrid, 2022.

Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de infraestructuras críticas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, con sus modificaciones posteriores.

MITMA (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana). *Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada* 2030. Gobierno de España, 2021.

MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Corea del Sur). *K-UAM Grand Challenge Programme*. Seúl, 2022.

NASA. Urban Air Mobility (UAM) Market Study. National Aeronautics and Space Administration, 2020.

OACI. «Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation» – *Aerodromes*, Vol. II – Heliports, 4.ª edición.

Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664 de la Comisión, de 22 de abril de 2021, por el que se establece un marco regulador para el U-space.

SIAM. *Libro Blanco de Vertipuertos en España*. Madrid, 2023.

Skyports. «Skyports opens UK's first vertiport testbed at Bicester Motion». *Comunicado de prensa*, 2022.

Skyports. «Skyports to develop Manhattan's first eVTOL vertiport». *Comunicado de prensa*, 2023.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

LOS VERTIPUERTOS: UNA INFRAESTRUCTURA DE LA MOVILIDAD AÉREA AVANZADA. DESARROLLO DE NORMATIVA ESPAÑOLA Y DE LA OACI

VERTIPORTS: AN INFRASTRUCTURE FOR ADVANCED AIR MOBILITY. DEVELOPMENT OF NATIONAL AND INTERNATIONAL SAFETY SPECIFICATIONS

D. Arturo Madrigal Ybarro
www.linkedin.com/in/arturo-madrigal-ybarro-53167291
Responsable de la Unidad de Seguridad Aeroportuaria de SENASA
Portavoz del Grupo de Trabajo de Infraestructuras para el Vuelo Vertical *(Rapporteur VFIWG)* de la OACI
amadrigal@senasa.es

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 1.1. Objeto del artículo. 1.2. La movilidad aérea avanzada. 1.3. La demanda de operaciones AAM de transporte de pasajeros con eVTOL. 1.4. Clasificación de las operaciones de la AAM por las superficies de aterrizaje y despegue y regulaciones de las superficies. 1.4.1. Transporte de carga y logística en aeródromos. 1.4.2. Transporte de pasajeros con aeronaves eVTOL en helipuertos y vertipuertos. 1.4.3. Drones para diferentes servicios, trabajos aéreos y transporte de pequeñas cargas en diferentes superficies. 2. DESARROLLO POR LA OACI DE ESPECIFICACIONES INTERNACIONALES SOBRE VERTIPUERTOS. 2.1. La OACI, el VFIWG y las especificaciones internacionales sobre vertipuertos. 2.2. Conclusiones preliminares del VFIWG sobre los vertipuertos. 2.3. Principales retos. 2.4. Adaptación del Anexo 14 para introducir los vertipuertos. 2.5. El concepto de vertipuerto y las diferencias con los helipuertos. 3. LA REGULACIÓN DE VERTIPUERTOS EN EUROPA Y ESPAÑA. 3.1. Los vertipuertos: un tipo específico de aeródromo. 3.2. Vertipuertos de uso público (certificados y verificados) y de uso restringido. 3.3. Evolución de las aeronaves eVTOL y los vertipuertos. 3.4. Vertipuertos y espacio aéreo. 3.5. Órganos

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

competentes para la autorización de vertipuertos. 3.6. El proceso de autorización de los aeródromos y los vertipuertos. 3.7. Evolución de la legislación europea y española para facilitar el desarrollo de los vertipuertos. 3.8. Las especificaciones técnicas de diseño y operación de vertipuertos y la necesidad de conocimientos y criterios técnicos para su comprobación.

Resumen: La movilidad aérea avanzada (AAM) se encuentra en desarrollo y se introducirá el transporte comercial de pasajeros con aeronaves eléctricas de aterrizaje y despegue vertical (eVTOL) en los helipuertos existentes y en nuevos vertipuertos específicamente diseñados para ellas. Estas aeronaves, de las que no existe precedente, podrán tener similitudes y diferencias con los helicópteros.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) considera que las especificaciones internacionales para el diseño y operación de helipuertos y vertipuertos deben fundamentarse en el análisis de datos y ha creado para su desarrollo el Grupo de Trabajo de Infraestructuras para el Vuelo Vertical (VFIWG), compuesto de miembros relevantes de las autoridades de aviación civil y de la industria de la AAM. En este artículo se presentan las conclusiones preliminares a las que ha llegado el grupo tras el análisis de la información disponible sobre las aeronaves eVTOL.

Además, en este artículo se indica cómo los vertipuertos, que son un tipo de aeródromo, se clasificarán del mismo modo que los aeródromos por el tipo de operaciones que puedan albergar y se autorizarán con los mismos procesos y las mismas competencias que los aeródromos. Y por último se sugieren posibles cambios en la legislación europea y española para introducir los vertipuertos y facilitar su desarrollo.

Palabras clave: movilidad aérea avanzada (AAM), UAS, RPAS, eVTOL, helipuerto, vertipuerto, seguridad operacional, OACI, VFIWG, Anexo 14 Volumen II, características físicas, superficies limitadoras de obstáculos, ayudas visuales, respuesta a la emergencia, salvamento y extinción de incendios, baterías, energía alternativa, corriente descendente de los rotores, esquema de cumplimiento de vertipuertos, FAA, EASA, AESA, uso público, verificado, certificado, uso restringido, SERA, U-space, Administración General del Estado, comunidades autónomas, interés general, autorización, comprobación de normas o especificaciones técnicas, compatibilidad de espacio aéreo, trámite ambiental, autorización de establecimiento, autorización de apertura al tráfico, VPTTF, PTS-VPT-DSN, EB-105A, SENASA

Abstract: *Advanced air mobility (AAM) is under development, and commercial passenger transport with electric vertical take-off and landing (eVTOL) aircraft will be introduced at existing heliports and new, purpose-built vertiports. These aircraft, which have no precedent, may have similarities and differences with helicopters.*

The International Civil Aviation Organization (ICAO) considers that international specifications for the design and operation of heliports and vertiports should be based on data analysis and has established the Vertical Flight Infrastructure Working Group (VFIWG) for their development. This group is composed of relevant members of civil aviation authorities and the AAM industry. This article presents the preliminary conclusions reached by the group after analyzing the available information on eVTOL aircraft.

Furthermore, this article indicates how vertiports, which are a type of aerodrome, will be classified in the same way as aerodromes, based on the type of operations they can accommodate, and will be authorized under the same processes and with the same powers as aerodromes. Finally, it suggests possible changes to European and Spanish legislation to introduce vertiports and facilitate their development.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Keywords: *advanced air mobility (AAM), UAS, eVTOL, heliport, vertiport, safety, ICAO, VFIWG, Annex 14 Volume II, physical characteristics, obstacle limitation surfaces, visual aids, emergency response, rescue and firefighting, batteries, alternative energy, rotor downwash, vertiport compliance scheme, FAA, EASA, AESA, public use, verified, certified, restricted use, SERA, U-space, General State Administration, autonomous communities, general interest, authorization, verification of standards or technical specifications, airspace compatibility, environmental procedure, construction authorization, operations authorization, VPTTF, PTS-VPT-DSN, EB-105A. SENASA.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto del artículo

En la introducción se explica qué es un vertipuerto y cómo son una de las infraestructuras para la movilidad aérea avanzada.

En el apartado segundo se exponen las conclusiones hasta la fecha del Grupo de Trabajo de Infraestructuras para el Vuelo Vertical (VFIWG) de la OACI sobre el desarrollo de especificaciones técnicas internacionales para el diseño y operación seguros de vertipuertos para operaciones de transporte de pasajeros con aeronaves eVTOL.

En el apartado tercero se explica cómo se clasifican los aeródromos por las diferentes operaciones que pueden albergar y el proceso y competencias para su autorización, de acuerdo con la legislación europea y española sobre seguridad. Se indica cómo los vertipuertos, que son un tipo de aeródromo, se clasificarán y autorizarán de la misma manera. Y se exploran posibles cambios en la legislación europea y española para introducir los vertipuertos y facilitar su desarrollo.

1.2. La movilidad aérea avanzada

La movilidad aérea avanzada (AAM) es una nueva forma de transporte de pasajeros y mercancías y prestación de servicios mediante aeronaves de tecnología avanzada, que responde a las expectativas y necesidades sociales de conveniencia, accesibilidad, seguridad, eficiencia y bajo impacto ambiental.

En Europa se conoce con el término movilidad aérea innovadora (IAM o *Innovative Air Mobility*) y en Estados Unidos como movilidad aérea avanzada (AAM o *Advanced Air Mobility*). A su vez estas se componen de la movilidad aérea urbana (UAM) y la regional (RAM)[1].

1 Sobre los nombres y abreviaturas empleados en la AAM puede consultarse este artículo: https://www.forbes.com/sites/mikehirschberg/2024/06/30/abbreviations-for-electric-aircraft-types/

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

No existe en la actualidad una descripción consensuada globalmente sobre los diferentes tipos de AAM en desarrollo. Se podrán emplear para la AAM diferentes tipos de aeronaves, pero la fundamental es el sistema de aeronave sin piloto a bordo o *Unmanned Aircraft System* (UAS). Los UAS pueden clasificarse por su grado de autonomía, desde los pilotados remotamente (RPAS) a los completamente autónomos (AAS).

1.3. La demanda de operaciones AAM de transporte de pasajeros con eVTOL

Una de las áreas de la AAM es el transporte urbano y regional de pasajeros y mercancías mediante aeronaves eVTOL. Estas aeronaves se encuentran en desarrollo y la industria espera que puedan estar certificadas y listas para entrar en operación antes de 2030. Las eVTOL podrán operar en helipuertos o nuevas infraestructuras específicamente diseñadas para ellas llamadas vertipuertos.

No existe un consenso global sobre la definición de eVTOL, pero son aeronaves con capacidad para el aterrizaje y el despegue vertical (VTOL o *vertical take-off and landing*) que hacen uso de múltiples rotores movidos por motores eléctricos a los que se transmite por cable energía eléctrica (de ahí la 'e' de eVTOL), que puede proceder de baterías, pilas de hidrógeno, generadores eléctricos movidos por motores de combustión alternativos o convencionales y combinaciones de los anteriores[2].

Las primeras eVTOL realizarán operaciones visuales con un piloto a bordo. Más tarde se certificarán aeronaves para vuelos instrumentales con piloto a bordo y para vuelos sin piloto a bordo (es decir, que serán UAS) con diversos grados de autonomía.

1.4. Clasificación de las operaciones de la AAM por las superficies de aterrizaje y despegue y regulaciones de las superficies

Todas las aeronaves, incluidas las de la movilidad aérea avanzada, aterrizan y despegan desde superficies, que pueden ser de dos tipos:

- Aeródromos, que son cualquier área definida destinada a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves[3]. Estos a su vez se dividen en diversos tipos:

2 Sobre la definición y características de las aeronaves eVTOL puede consultarse el artículo: https://www.forbes.com/sites/mikehirschberg/2024/04/30/what-is-an-evtol/

3 Según la definición de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) incluida en el Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, y su trasposición al ordenamiento jurídico español mediante el artículo 39 de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

  - Los aeródromos convencionales (o aeródromos principalmente destinados a la operación de aeroplanos), de los que a su vez hay diversos subtipos, como los aeropuertos (que son los que tienen instalaciones para el transporte de pasajeros) y los hidroaeródromos.
  - Los helipuertos, que son para uso de helicópteros y los vertipuertos para uso de aeronaves eVTOL.
- Lugares de operación, que son lugares, diferentes de un aeródromo, seleccionados por el piloto u operador para aterrizar, despegar y tomar o dejar carga externa[4].

Las operaciones de la AAM pueden clasificarse en tres clases diferentes en función del tipo de superficie que se empleará para el aterrizaje y el despegue:

1.4.1. Transporte de carga y logística en aeródromos

Existen proyectos para la transformación de aeroplanos de carga ya existentes en aeronaves pilotadas de forma remota (RPAS), que además podrán hacer uso fuentes de energía alternativas, como combustibles sostenibles para la aviación (SAF). Además, se están desarrollando otros proyectos de nuevas aeronaves pilotadas remotamente (RPAS) para carga con ala fija y diversos rotores movidos por motores eléctricos que pueden emplear baterías, generadores de hidrógeno y soluciones híbridas. Estas aeronaves harán uso de aeródromos convencionales, que necesitan cambios regulatorios para poder ser operados con seguridad.

El Panel de Aeronaves Tripuladas Remotamente (RPASP) de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) está estudiando y llevando a cabo los cambios regulatorios necesarios para la operación internacional en vuelo instrumental IFR de aeronaves RPAS, incluyendo los cambios en los aeródromos en colaboración con el Panel de Aeródromos y Operaciones (ADOP).

1.4.2. Transporte de pasajeros con aeronaves eVTOL en helipuertos y vertipuertos

La información disponible sobre las aeronaves eVTOL para el transporte de pasajeros (y carga) permite concluir que se comportarán de forma similar a los helicópteros. Por tanto, podrán operar en aeródromos convencionales y helipuertos y en infraestructuras específicamente diseñadas para ellas, los vertipuertos, que serán similares a los helipuertos (sobre las diferencias y similitudes véase el apartado 2.5).

Los vertipuertos podrían también recibir operaciones de helicópteros, aunque muchos vertipuertos podrían estar limitados al uso por aeronaves eVTOL por razo-

4 Según la definición incluida en el Anexo I al Reglamento (UE) 965/2012 sobre operaciones aéreas de la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

nes ambientales, ya que se espera que estas aeronaves, completamente eléctricas o híbridas, tengan emisiones nulas o reducidas y emitan menos ruido.

El Grupo de Trabajo de Infraestructuras para el Vuelo Vertical (VFIWG) de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) está elaborando las especificaciones internacionales para poder operar aeronaves eVTOL en aeródromos, helipuertos y vertipuertos (véase el apartado 2).

1.4.3. Drones para diferentes servicios, trabajos aéreos y transporte de pequeñas cargas en diferentes superficies

Existe una gran variedad de UAS, conocidos coloquialmente como drones, distintos de los RPAS para carga y logística y de los eVTOL. Estos drones, de tamaños, pesos, formas y modos de propulsión muy variados, pueden emplearse para transporte de paquetería (o transporte de última milla) y para diferentes servicios (vigilancia, reconocimiento, inspección, observación, filmación, rescate e investigación, transporte de material médico, entre otros) con aplicaciones privadas y de servicio público y con acceso a diversos lugares como zonas urbanas, rurales y remotas).

Las operaciones están sujetas a regulaciones sobre la certificación de las aeronaves, y de las empresas operadoras, las licencias de los pilotos remotos, las autorizaciones de operaciones concretas y la creación del espacio aéreo para la AAM o U-space, que permitirá el acceso al espacio aéreo de forma segura y en igualdad de condiciones para todos los operadores.

Los drones podrán emplear una gran variedad de superficies para el aterrizaje y el despegue:

- Podrán hacer uso de aeródromos convencionales, helipuertos y vertipuertos siempre que las características de los drones sean compatibles con la infraestructura y exista una adecuada coordinación.
- Debido a sus características y versatilidad, muchos drones no precisarán de aeródromos para operar, y lo podrán hacer desde cualquier lugar de operación que el piloto y operador considere adecuado conforme a la regulación de las operaciones.
- Se podrán crear centros para gestionar números grandes de drones y operaciones, como por ejemplo los centros logísticos desde los que se pueda realizar transporte de paquetería o de última milla. Estos centros contarán con superficies específicamente diseñadas para el lanzamiento y recuperación de drones.
- Para operaciones de descarga y extracción de pequeñas cargas y paquetería se podrán emplear *lockers*.
- Por último, los drones podrán emplear plataformas portátiles, como por ejemplo las soluciones *drone in a box*.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2. DESARROLLO POR LA OACI DE ESPECIFICACIONES INTERNACIONALES SOBRE VERTIPUERTOS

2.1. La OACI, el VFIWG y las especificaciones internacionales sobre vertipuertos

La OACI tiene su origen en la Conferencia Internacional de Aviación Civil convocada por Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial con objeto de organizar y regular la aviación civil internacional en la posguerra. Participaron 52 países que firmaron el 7 de diciembre de 1944 el Convenio de Chicago, que incluía entre otros los siguientes logros:

- La creación de la OACI en 1947, que tiene actualmente 193 estados miembros.
- Las libertades del aire[5], que son el conjunto de derechos fundamental que permite el desarrollo de la aviación comercial internacional.
- El compromiso de los Estados de prestar adecuados servicios para la navegación aérea, incluidos los aeropuertos, a precios no más elevados que los impuestos a aeronaves nacionales.
- El compromiso de los Estados de trasladar a su ordenamiento jurídico y cumplir con los anexos al Convenio que adopte la OACI. Actualmente existen 19 anexos cuyas normas y métodos recomendados constituyen las especificaciones técnicas internacionales de seguridad de la aviación civil internacional.

La OACI dispone de paneles de expertos que asesoran sobre las especificaciones (normas y recomendaciones internacionales) a adoptar en los anexos al Convenio. El Panel de Aeródromos y Operaciones (*Aerodromes and Operations Panel* ADOP) asesora sobre los aeródromos[6] y es responsable del desarrollo del Anexo 14, que

5 Se concluyeron los siguientes acuerdos sobre tráfico internacional que se abrieron para firma:
- Acuerdo sobre Tránsito Aéreo Internacional, que estableció las dos libertades técnicas del aire: (1) la de volar sobre el territorio de otro estado sin aterrizar y (2) la de aterrizar en el territorio de otro estado por razones técnicas.
- Acuerdo sobre Transporte Aéreo Internacional, que estableció las tres libertades comerciales del aire: (3) la de desembarcar pasajeros, correo y carga tomados en el territorio del país cuya nacionalidad posee la aeronave, (4) la de tomar pasajeros, correo y carga destinados al territorio del país cuya nacionalidad posee la aeronave y (5) la de tomar y desembarcar pasajeros, correo y carga con destino o procedente de terceros estados.

6 La OACI entiende por aeródromo cualquier área definida destinada a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves. Hay diversos tipos de aeródromos:
- Los aeródromos convencionales (o aeródromos para aeroplanos), de los que a su vez hay diversos subtipos, como los aeropuertos (que son los que tienen instalaciones para el transporte de pasajeros) y los hidroaeródromos.
- Los helipuertos, que son para uso específico de helicópteros (y en el futuro también de eVTOL).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

contiene las normas y recomendaciones internacionales adoptadas por la OACI para el diseño y operación seguros de aeródromos convencionales (volumen I) y de helipuertos (volumen II).

El ADOP, que está formado por diversos grupos de trabajo, crea en mayo de 2022 el Subgrupo de Estudio de Vertipuertos dentro del Grupo de Trabajo de Diseño Helipuertos. Ambos se fusionaron y crearon el Grupo de Trabajo de Infraestructuras para el Vuelo Vertical (*Vertical Flight Infrastructure Working Group* VFIWG), que está compuesto actualmente de unos 50 expertos de los estados miembros de la OACI, los fabricantes de eVTOL y la industria. El grupo es el encargado del desarrollo de especificaciones internacionales para las infraestructuras para el vuelo vertical (helipuertos y vertipuertos) y del Anexo 14 Volumen II. El VFIWG está encabezado por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea española (AESA) a través de SENASA.

Existen otros desarrollos de especificaciones para vertipuertos que no tienen alcance internacional. Los más importantes son el Prototipo de Especificaciones Técnicas de la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA)[7], publicado en marzo de 2022, que como su propio título indica es una primera aproximación que no es legalmente vinculante; y la *Engineering Brief* 105 A de la *Federal Aviation Administration* de los Estados Unidos[8], con métodos de desarrollo diferentes a los de la OACI.

2.2. Conclusiones preliminares del VFIWG sobre los vertipuertos

La movilidad aérea avanzada (AAM) está en desarrollo y se espera la introducción y crecimiento de operaciones de aeronaves eVTOL en helipuertos y vertipuertos. Mientras que las especificaciones de los helipuertos para la operación segura de helicópteros están claramente definidas en el Anexo 14 Volumen II, no existen especificaciones para la operación de aeronaves eVTOL que tienen similitudes con el comportamiento de los helicópteros, pero también diferencias. Por este motivo la OACI considera que el desarrollo de estas especificaciones (normas y métodos recomendados internacionales) debe basarse en el análisis de datos y evidencias.

Las consultas con los fabricantes y el análisis de la documentación disponible permiten concluir que las aeronaves eVTOL se comportarán de forma similar a los helicópteros. Sin embargo, excepto en lo referente a datos de configuración geométrica, es todavía limitada la información disponible sobre características de la operación, descripción de los perfiles de vuelo, maniobrabilidad y precisión.

---

7 *Prototype Technical Specifications for the Design of VFR Vertiports for Operation with Manned VTOL-Capable Aircraft Certified in the Enhanced Category* (PTS-VPT-DSN), marzo 2022. (https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/prototype-technical-design-specifications-vertiports).

8 *Engineering Brief No. 105A, Vertiport Design, Supplemental Guidance to Advisory Circular 150/5390-2D, Heliport Design*, diciembre 2024. (https://www.faa.gov/airports/engineering/engineering_briefs/eb_105a_vertiports)

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El VFIWG ha reunido datos de 12 eVTOL, lo que ha permitido realizar un análisis sobre la aplicación a estas aeronaves de las especificaciones y métodos del Anexo 14 Volumen II. Las conclusiones preliminares son las siguientes:

Características físicas (superficies y áreas) del helipuerto/vertipuerto: el Anexo define el tamaño mínimo, características y disposición de las superficies y áreas que permiten las maniobras de aterrizaje y despegue, el movimiento en tierra y el estacionamiento de los helicópteros, que son:

- la FATO para el aterrizaje y despegue y el área de seguridad que la rodea.
- La TLOF para la toma de contacto y elevación inicial.
- Calles y rutas de rodaje aéreo y en tierra para el movimiento en tierra.
- Puestos de estacionamiento y áreas de protección que los rodean.

Las dimensiones de estas superficies y áreas se calculan en función de la dimensión «D» de la aeronave (siendo D el diámetro del menor círculo que la circunscribe), su eje de giro y la posición del piloto. El análisis revela que para las eVTOL serán las mismas, excepto las TLOF, cuya dimensión mínima para eVTOL debe ser 1 D (siendo D el diámetro del menor círculo que circunscribe a la eVTOL).

Nota*: las eVTOL que tengan una D mayor que el tamaño de la TLOF de un helipuerto podrían tener limitaciones para operar.*

La señal de punto de toma de contacto y posicionamiento (TDPM), que indica al piloto el punto y posición para establecer contacto en la TLOF, debería ser de 0,5 D para helipuertos, y de 0,3 D para vertipuertos.

Nota*: las eVTOL podrían emplear helipuertos con TDPM de 0,5 D para situarse en la TLOF, pero deberían emplearse precauciones especiales cuando se maniobre.*

Superficies limitadoras de obstáculos. El conjunto de superficies de limitación de obstáculos (aproximación, transición y despegue) que describe el Anexo permite diseñar protecciones para los helicópteros dependiendo los obstáculos en el entorno del helipuerto. Las mismas superficies pueden emplearse para proteger a las aeronaves eVTOL, distinguiendo dos casos:

- *Emplazamientos sin obstáculos complejos* (generalmente zonas rurales o en la periferia de las ciudades): las eVTOL parecen tener capacidad para operar en estos entornos y no se prevén dificultades.
- *Emplazamientos con obstáculos complejos* (generalmente urbanos): estos entornos requieren del empleo de procedimientos de aterrizaje y despegue verticales sobre superficies limitadoras de obstáculos elevadas (sobre los obstáculos). No está claro todavía si las eVTOL dispondrán de estas capacidades.

Nota*: los helicópteros certificados en categoría A pueden emplear procedimientos verticales de aterrizaje y despegue en la performance de clase 1, lo que les permite salvar obstáculos y ante un fallo de motor aterrizar en un área designada o continuar el vuelo de forma segura. Para ello se diseñan helipuertos de clase 1 que ofrecen áreas designadas*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

y limitación de obstáculos adecuadas. Si se pretende el mismo nivel de seguridad para las eVTOL, se requerirán vertipuertos de clase 1.

Ayudas visuales (señales, balizas y luces). Las ayudas proporcionan guía para las operaciones visuales; un piloto de eVTOL necesita las mismas ayudas que un piloto de helicóptero, y no se espera que se necesiten cambios, con las dos siguientes excepciones:

- La señal de identificación de helipuerto debería mantenerse sin cambios. Se está considerando el desarrollo de una señal de identificación para vertipuertos (que podría consistir en una señal añadida a la «H»).
- La señal de toma de contacto y posicionamiento (la toma y posicionamiento precisos son el método empleado para proteger a la aeronave de los obstáculos usando superficies y áreas mínimas) debe ser optimizada para las eVTOL (véase la indicación sobre TDPM en el párrafo de características físicas).

Respuesta a la emergencia. Se deberán proveer servicios de emergencia y de salvamento y extinción de incendios específicos para las aeronaves eVTOL con baterías y otras formas de energía alternativa. Además, sería necesario desarrollar ciertos requisitos de la infraestructura (por ejemplo, con respecto a la resistencia al fuego y la evacuación).

Corriente descendente de los rotores. Las primeras informaciones indican que la corriente descendente de los rotores de las aeronaves eVTOL podría ser más compleja que la de los helicópteros debido a la interacción de los flujos de corriente producidos por los rotores con alta carga de disco. Se requerirá desarrollar medidas de mitigación cuando la corriente descendente de los rotores pueda afectar a terceras partes dentro y fuera del helipuerto, vertipuerto o aeródromo.

El VFIWG tiene la intención de diseminar estas conclusiones preliminares entre los Estados miembros de la OACI, lo que puede servir para facilitar la construcción de vertipuertos de acuerdo con estas conclusiones.

2.3. Principales retos

Es necesario todavía encontrar soluciones para las siguientes cuestiones:

El Anexo 14 Volumen II contiene especificaciones para el fuego de incendios de helicópteros con motores de combustión interna que emplean hidrocarburos. Es necesario definir especificaciones[9] sobre el salvamento y extinción de incendios para aeronaves con motores eléctricos alimentados por baterías, pilas de hidrógeno y plantas de potencia híbridas, especificaciones para las infraestructuras y métodos para combatir estos incendios.

9 La *National Fire Protection Association* (NFPA) de los Estados Unidos ha desarrollado la norma NFPA 418, que en su edición de 2024 contiene referencias para fuegos de aeronaves eléctricas y de hidrógeno, y que puede servir como modelo para las especificaciones del Anexo 14 Volumen II.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Para desarrollar medidas de mitigación para la protección de terceras partes dentro y fuera del helipuerto, vertipuerto o aeródromo, es necesario un modelo matemático preciso de simulación y visualización de la corriente descendente de los rotores de las aeronaves eVTOL. Aunque hay modelos en desarrollo se precisan mediciones reales que permitan validarlos.

Las eVTOL y los helicópteros se van a integrar también en los aeródromos convencionales para aeroplanos. Para ello es necesario evaluar cómo se va a proporcionar un diseño adecuado de áreas para la operación y el movimiento de estos tipos de aeronaves que tienen necesidades de protección distintas. Además, es necesario evaluar el efecto de la corriente descendente de los rotores y de la estela turbulenta de unas aeronaves sobre otras. Los modelos que se desarrollen deben proporcionar información para que las medidas de mitigación sean efectivas y proporcionales a los riesgos.

2.4. Adaptación del Anexo 14 para introducir los vertipuertos

El extenso análisis realizado, resumido en el apartado 2.2, demuestra que la mayoría de las normas y métodos recomendados del Anexo 14 Volumen II son aplicables literalmente a las eVTOL.

Inicialmente, y siguiendo una política de convergencia, se pueden introducir modificaciones mínimas en el Anexo para incluir, además de las operaciones de helicópteros, operaciones de eVTOL en helipuertos. Estas modificaciones consistirían en:

1. Ampliar el alcance del Anexo a las aeronaves eVTOL.
2. Adaptar la definición de helipuerto para que sea un aeródromo específico para helicópteros y eVTOL.
3. Actualizar la definición de D[10] para incluir a las eVTOL. D sería el diámetro del menor circulo que circunscribe la proyección horizontal de la aeronave en configuración de aterrizaje y despegue con los rotores en marcha.
4. Añadir los cambios derivados de las conclusiones resumidas en el apartado 3 sobre características físicas, limitación de obstáculos y ayudas visuales para las eVTOL.
5. Incluir de forma modular los requisitos de respuesta a emergencia y salvamento y extinción de incendios para aeronaves eVTOL a baterías y otras fuentes de energía alternativas.
6. Requerir protección contra la corriente descendente de los rotores cuando sea necesaria.

10 D es actualmente la dimensión máxima del helicóptero con los rotores en marcha y el parámetro principal en función de la que se calculan las áreas FATO, de seguridad y TLOF mínimas para la protección de los helicópteros.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Esta política de convergencia permitiría el desarrollo de las operaciones de eVTOL en helipuertos existentes (con las adaptaciones que sean necesarias) y el desarrollo de nuevos vertipuertos.

Cuando las operaciones de eVTOL se desarrollen y se gane experiencia podrían diferenciarse los vertipuertos de los helipuertos para aprovechar las siguientes cuestiones:

a) Cuando aumente la confianza en la capacidad de las eVTOL para seguir trayectorias con precisión, podrían definirse superficies limitadoras de obstáculos con menores anchuras y divergencias.

b) Si se proporcionan TLOF y TDPM específicas para vertipuertos se puede eliminar la necesidad de proporcionar precauciones especiales de maniobra.

c) Se puede simplificar la respuesta a la emergencia y el salvamento y extinción de incendios proporcionando únicamente lo necesario para las eVTOL.

Para garantizar la seguridad de las operaciones de eVTOL en vertipuertos, es necesario un **esquema de cumplimiento de requisitos gradual**. Los factores principales que causan accidentes en los helipuertos son la falta de cumplimiento de los requisitos de diseño y operación y de los procedimientos. Las operaciones de eVTOL se introducirán e irán en incremento, y los vertipuertos podrán variar entre infraestructuras muy sencillas en entornos abiertos con escasos obstáculos hasta complejas instalaciones con gran número de movimientos en entornos congestionados con muchos obstáculos y necesidad de protección de terceras partes (por ejemplo, en los centros de las ciudades). El esquema que diseñar para los vertipuertos deberá asegurar este cumplimiento de forma gradual para garantizar adecuadamente la seguridad sin imponer una carga excesiva en los operadores de vertipuertos y las autoridades de aviación civil.

2.5. El concepto de vertipuerto y las diferencias con los helipuertos

El concepto de vertipuerto tiene un alcance distinto que el de helipuerto, con importantes implicaciones políticas, económicas, comerciales, industriales y ambientales que lo diferencian.

La movilidad aérea avanzada y particularmente el transporte comercial de pasajeros con eVTOL se percibe globalmente como un modo de mejorar la movilidad urbana y regional con aeronaves rápidas, ambientalmente limpias (en términos de emisiones y ruido) y a costes razonables para el pasajero en un mercado desarrollado, que se espera que sea muy grande[11]. El vertipuerto es una infraestructura fundamental para el desarrollo de la movilidad aérea avanzada.

11 Sobre el posible máximo desarrollo del mercado de eVTOL puede consultarse el *Informe final sobre el estudio de mercado de la UAM* de la NASA: https://ntrs.nasa.gov/citations/20190001472

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Las operaciones de transporte comercial de pasajeros con eVTOL comenzarán aprovechando los helipuertos existentes y en los primeros vertipuertos que se construyan y probablemente la introducción será gradual.

Inicialmente los helipuertos y los vertipuertos serán muy parecidos. Es de esperar que los primeros vertipuertos, que recibirán operaciones visuales de eVTOL con piloto a bordo, sean sencillos, al igual que los pocos helipuertos existentes abiertos al público para transporte comercial de pasajeros[12], que son en su mayoría para vuelo visual y de tamaño reducido. Además, los elementos constitutivos de las áreas de aterrizaje y despegue y movimiento en tierra de helipuertos y vertipuertos son los mismos y las diferencias en tamaño y características son mínimas como se ha indicado en el apartado 3.

Con el desarrollo de las operaciones de eVTOL los helipuertos y vertipuertos[13] comenzarán a divergir:

- Se construirán vertipuertos de mayor tamaño con áreas para el aterrizaje y despegue y movimiento de las aeronaves mucho mayores y complejas.
- Los vertipuertos se diseñarán específicamente para eVTOL lo que permitirá aprovechar ciertas ventajas: TLOF y TDPM de tamaños diseñados específicamente para eVTOL sin necesidad de precauciones en la maniobra, superficies limitadoras de obstáculos con menores divergencias y más estrechas y servicios de salvamento y extinción únicamente para eVTOL (véase el apartado 5).
- Se diseñarán edificios terminales, centrales eléctricas, centros de carga de baterías y áreas de mantenimiento de aeronaves específicas para los vertipuertos.
- Se introducirán aeronaves eVTOL sin piloto a bordo y con distintos grados de automatización y se incrementará el número y la frecuencia de las operaciones, lo que requerirá servicios de U-Space y un alto grado de coordinación y automatización de los vertipuertos.
- Se construirán vertipuertos en las ciudades, que serán de clase 1 para ofrecer protección al entorno urbano contra los fallos de las aeronaves (véase la sección de superficies limitadoras en el apartado 3), que requerirán de medidas específicas para proteger a terceras personas de la corriente descendente de los rotores y asegurar su privacidad y que podrían estar veda-

12 En España existen únicamente 2 helipuertos abiertos al público para transporte comercial de pasajeros, los de Ceuta y Algeciras, de entre los más de 300 existentes. En Estados Unidos hay 57 helipuertos abiertos al uso público entre más de 6.000 registrados, aproximadamente un 1 %, de los cuales un porcentaje menor se dedica al transporte comercial de pasajeros (véase https://www.ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2023-03-01/nations-heliports-normalize-deviance).

13 Sobre el posible máximo desarrollo de los vertipuertos puede consultarse el *Estudio comercial sobre automatización de vertipuertos en la movilidad aérea avanzada* del Dr. Johnson para la NASA: https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20210009757/downloads/20210009757_MAJohnson_VertiportTradeStudy_final.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

dos a las operaciones de helipuertos por motivos ambientales, principalmente ruido y emisiones.

- Se requerirá el desarrollo de redes de energía eléctrica y comunicaciones y de medidas de seguridad física *(security)*.
- Los vertipuertos tendrán implicaciones legales para las ciudades con respecto al uso del suelo, las licencias de explotación, la evaluación de impacto ambiental y la protección física.

3. LA REGULACIÓN DE VERTIPUERTOS EN EUROPA Y ESPAÑA

3.1. Los vertipuertos: un tipo específico de aeródromo

Las definiciones globalmente aceptadas de aeródromo y helipuerto son las de la OACI, incluidas en el Anexo 14 en 1951 y 1990 respectivamente:

> *Aeródromo. Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.*
>
> *Helipuerto. Aeródromo o área definida sobre una estructura destinada a ser utilizada, total o parcialmente, para la llegada, la salida o el movimiento de superficie de los helicópteros.*

Un helipuerto es por tanto un tipo de aeródromo diseñado específicamente para helicópteros.

No existe una definición global y consensuada sobre qué es un vertipuerto. Para EASA es un tipo de aeródromo, similar al helipuerto, pero específicamente diseñado para la operación de aeronaves eVTOL y para la FAA un tipo de helipuerto que solo se puede emplear por aeronaves eVTOL. Como se ha visto en el apartado 2, la OACI considera también que un vertipuerto será un tipo de helipuerto.

Por tanto, puede concluirse que los vertipuertos son física y legalmente un tipo de aeródromo diseñado específicamente para aeronaves eVTOL.

Esta consideración para los vertipuertos como un tipo específico de aeródromo, además de ser la que en realidad les corresponde, está codificada en la regulación básica de aviación civil de la OACI[14], de EASA[15] y de España[16] y no es esperable que se pueda o se deba modificar.

---

14 Sección 1.1 del Anexo 14 de la OACI. Volumen I, Diseño y operaciones de aeródromos.

15 Artículo 3 (16) de Regulación Base de EASA (Regulación (EU) 2018/1139)

16 Artículo 39 de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.2. Vertipuertos de uso público (certificados y verificados) y de uso restringido

En España los aeródromos, incluyendo los helipuertos y vertipuertos, se clasifican en tres tipos en función de las operaciones que se puedan realizar y las especificaciones técnicas de diseño y operación seguros que deban cumplir[17]:

- *Aeródromos de uso público certificados*. Son aeródromos en los que se puede realizar transporte comercial de pasajeros y carga, que están abiertos al uso público y que tienen pistas largas con operaciones por instrumentos o son helipuertos con operaciones por instrumentos. Sus especificaciones o normas técnicas de diseño y operación seguros y la forma en que se certifica su cumplimiento son competencia de EASA y están establecidas en el Reglamento (UE) 139/2014. La mayoría son aeropuertos de tamaño mediano o grande. Pueden estar exentos de certificación los que tengan pocos pasajeros y carga.
- *Aeródromos de uso público verificados*. Son aeródromos en los que también se puede realizar transporte comercial de pasajeros y carga, con pistas de menor tamaño y operaciones visuales, o que, teniendo pistas más largas y operaciones por instrumentos, están exentos de certificación por tener números reducidos de pasajeros y carga. Sus especificaciones o normas técnicas de diseño y operación seguros y la forma en que se verifica su cumplimiento son competencia española y están establecidas en el Real Decreto 862/2009. Son normalmente aeropuertos o helipuertos medianos y pequeños.
- *Aeródromos de uso restringido*. Son aeródromos en los que no se puede realizar operaciones de transporte comercial de pasajeros y carga, salvo transporte médico de urgencia y vuelos turísticos. Solo se puede realizar operaciones visuales. Sus especificaciones o normas técnicas de diseño y operación seguros y la comprobación de su cumplimiento son competencia española y están establecidas el Real Decreto 1070/2015. Son aeródromos y helipuertos sanitarios, de extinción de incendio forestal, de aviación general y deportiva de mantenimiento de aeronaves y de trabajos aéreos fundamentalmente.

Ninguna de las regulaciones para los tres tipos de aeródromos contiene especificaciones técnicas de diseño y operación seguros específicas para los vertipuertos.

3.3. Evolución de las aeronaves eVTOL y los vertipuertos

Como se ha indicado en el apartado 1.2, las primeras aeronaves eVTOL realizarán operaciones visuales con un piloto a bordo. Más tarde se certificarán aeronaves para vuelos instrumentales con piloto a bordo y para vuelos sin piloto a bordo (UAS) con diversos grados de autonomía. Por tanto, los primeros vertipuertos y helipuertos

17 La clasificación de aeródromos se fundamenta en la Regulación Base de EASA (Regulación (EU) 2018/1139), el Real Decreto 862/2009 y el Real Decreto 1070/2015

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

recibirán operaciones visuales con piloto a bordo y en un futuro albergarán otras operaciones, como las instrumentales con piloto a bordo y sin piloto a bordo con diferentes grados de autonomía[18].

De acuerdo con la clasificación de aeródromos en España, los primeros vertipuertos y helipuertos con operaciones de aeronaves eVTOL, por ser para operaciones visuales, no serán de uso público certificado (quedan fuera del alcance del Reglamento (UE) 2018/1139 de EASA), y podrán ser:

- De uso restringido si van a realizar operaciones de aeronaves eVTOL que no sean de transporte comercial de pasajeros —con las excepciones del transporte médico o del vuelo turístico— como las privadas o deportivas.
- De uso público verificado si van a realizar operaciones de transporte comercial de pasajeros.

En el futuro, con la introducción de otras operaciones de aeronaves eVTOL, como las instrumentales con piloto a bordo y las operaciones sin piloto a bordo con distintos grados de autonomía, los vertipuertos podrán además ser certificados de acuerdo con la regulación de EASA.

3.4. Vertipuertos y espacio aéreo

Las aeronaves eVTOL para operaciones visuales o para operaciones instrumentales con piloto a bordo podrán operar, como las aeronaves convencionales, en el actual espacio aéreo siguiendo las reglas de vuelo visual e instrumental, que están reguladas en la SERA *(Standardised European Rules of the Air)* de EASA[19]. Por tanto, los vertipuertos que se construyan para estos tipos de aeronave eVTOL podrán estar emplazados en espacio aéreo convencional. Los vertipuertos para operaciones instrumentales con piloto a bordo precisarán además servicios de tránsito aéreo (ATS).

Las futuras aeronaves eVTOL sin piloto a bordo y con diferentes grados de autonomía que están actualmente en desarrollo, y que serán UAS, precisarán del desarrollo y servicios del U-space[20] para operar, por lo que los vertipuertos que reciban sus operaciones deberán estar ubicados en U-space.

---

18 Tanto el prototipo de regulación de vertipuertos desarrollado por EASA (PTS-VPT-DSN) como la *Engineering Brief 105 A* de la FAA son para vertipuertos con operaciones visuales con piloto a bordo.

19 Reglamento de Ejecución (UE) N. 923/2012 — SERA

20 El U-space se encuentra en desarrollo. La primera legislación europea entró en vigor en enero de 2023 (Reglamento (UE) 201/664) y, según ella:
Por espacio aéreo U-space se entiende una zona geográfica de UAS designada por los Estados miembros, donde las operaciones de UAS solo están permitidas con el apoyo de los servicios U-space.
Los servicios U-space están basados en la digitalización y automatización de funciones diseñadas para facilitar el acceso seguro y al U-space para un gran número de UAS.
Aunque ya existen algunos U-space con servicios básicos en Europa, se espera que su desarrollo global no se produzca hasta 2045.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.5. Órganos competentes para la autorización de vertipuertos[21]

Los aeródromos, incluidos los helipuertos y vertipuertos, se clasifican además en España en dos tipos: los de interés general, y los que no son de interés general. Un aeródromo será calificado de interés general por el ministro de Transportes cuando se dé alguno de los siguientes motivos: por la importancia internacional de su tráfico, su aportación a la red transporte común, su incidencia en el espacio aéreo y su importancia para la defensa nacional.

Los aeródromos de interés general, incluidos los helipuertos y vertipuertos, son competencia de la Administración General del Estado, correspondiendo a AESA la certificación y verificación de cumplimiento de especificaciones o normas técnicas de diseño y operación y la autorización de apertura al tráfico.

Las comunidades autónomas pueden asumir competencias en aeródromos que no sean de interés general, incluidos los vertipuertos, y la mayoría lo han hecho, aunque no con idéntico alcance, a través de sus estatutos de autonomía. Cuando son de su competencia, la comunidad autónoma es la que autoriza la apertura al tráfico de los aeródromos, incluidos los vertipuertos:

- Si son de uso público certificado, la certificación previa de cumplimiento de especificaciones técnicas de diseño y operación corresponde a AESA.
- Si son de uso público verificado, la verificación previa de cumplimiento de normas técnicas de diseño y operación corresponde a AESA, pero las comunidades autónomas pueden realizar parte de la verificación según establezca la legislación autonómica.
- Si son de uso restringido la comprobación previa de cumplimiento de especificaciones técnicas puede hacerse por la comunidad autónoma o por AESA, dependiendo de lo que establezca la legislación autonómica y los convenios de colaboración que se suscriban entre ambas.

No es esperable que los primeros vertipuertos para operaciones visuales puedan ser calificados de interés general, aunque con su desarrollo e incremento de tráfico en el futuro algunos de ellos pudieran alcanzar los requisitos para serlo.

Los primeros vertipuertos para operaciones visuales de transporte comercial de pasajeros con piloto a bordo deberán ser verificados.

Podrán además solicitarse autorizaciones de vertipuertos de uso restringido para operaciones visuales deportivas, privadas, de transporte sanitario, de vuelo turístico y de mantenimiento de aeronaves o trabajos aéreos.

---

21 Las competencias sobre aeródromos se establecen en los artículos 149.1.20.ª, 48.1.6.ª, 149.1.20.ª y 149.3 de la Constitución Española. La calificación de aeródromo de interés general se regula en el Real Decreto 2858/1981. La autorización y comprobación de especificaciones o normas técnicas se desarrollan en el Real Decreto 862/2009 y en el Real Decreto 1070/2015.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.6. El proceso de autorización de los aeródromos y los vertipuertos[22]

Los procesos de autorización de aeródromos, incluidos los vertipuertos y los diferentes tipos de aeródromos que pudieran diseñarse específicamente para los drones (véase el apartado 1.4.3), independientemente de que sean certificados, verificados, restringidos y de competencia del Estado o las comunidades autónomas, pueden estructurarse en cuatro fases.

La fase 1 consiste en la *comprobación de la compatibilidad del aeródromo* propuesto con la estructura y ordenación del espacio y del tránsito aéreo. En el caso de los helipuertos y vertipuertos, si son de competencia de la Administración General del Estado, se requiere permiso del Ministerio de Transportes previo informe del Ministerio de Defensa. Y si son de competencia de la comunidad autónoma, se requiere certificado de compatibilidad que emite la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) previa consulta a la Comisión Interministerial entre Defensa y Transportes. Los permisos y certificados pueden estar condicionados al cumplimiento de medidas de seguridad, como por ejemplo el establecimiento de cartas de operación con prestadores de servicios de navegación aérea cuando se encuentran en espacio aéreo controlado o pueden afectar a espacio aéreo controlado.

Los vertipuertos que se emplacen en áreas urbanas con aeropuertos cercanos[23] estarán frecuentemente dentro del espacio aéreo controlado que rodea a los aeropuertos, lo que afectará a la compatibilidad de espacio aéreo y a las cartas operacionales que se deban establecer con los prestadores de servicios de navegación en estos espacios para coordinar los movimientos de las aeronaves.

El desarrollo futuro del U-space sobre las ciudades deberá favorecer la integración de las operaciones de eVTOL con otras operaciones como las de las aeronaves de transporte comercial convencionales en los aeropuertos cercanos y las operaciones de drones o UAS y de helicópteros (por ejemplo, helicópteros de policía, vigilancia de tráfico y transporte sanitario de urgencia).

La fase 2 consiste en la *tramitación ambiental del aeródromo*. Los helipuertos y vertipuertos requieren evaluación de impacto ambiental. Cuando el órgano sustantivo (el competente para autorizar la apertura al tráfico) es AESA, el órgano ambiental es el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Cuando el

22 El proceso de autorización de un aeródromo se basa en la Ley 48/1960 de navegación aérea, la Ley 21/2003 de seguridad aérea, Ley 21/2013, de evaluación ambiental, la Ley 37/2003, del Ruido, las regulaciones ambientales autonómicas, el Real Decreto 1189/2011, el Real Decreto 862/2009 y el Real Decreto 1070/2015.

23 Un ejemplo es el de la ciudad de Madrid, que cuenta con los aeropuertos de Madrid-Barajas Adolfo Suarez, y Cuatro Vientos y las bases aéreas de Getafe y Torrejón, además de diversos helipuertos, por lo que el espacio aéreo es complejo, lo que condicionará el emplazamiento de vertipuertos iniciales para operaciones visuales y la implantación del U-space para vertipuertos para operaciones autónomas de aeronaves eVTOL.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

órgano sustantivo es la comunidad autónoma, el órgano ambiental es la consejería de medio ambiente de la comunidad autónoma.

Los vertipuertos, si son de uso exclusivo para aeronaves eVTOL, deberían beneficiarse en sus procesos de evaluación ambiental del bajo impacto de estas aeronaves, que tendrán cero emisiones cuando sean eléctricas alimentadas por baterías o bajas emisiones cuando sean híbridas, y de las que los diseñadores y fabricantes indican que producirán menos ruido que los helicópteros.

La fase 3 consiste en la *autorización de establecimiento o autorización para construir el aeródromo*. Previamente a esta autorización es necesario comprobar que el proyecto de la infraestructura cumple las especificaciones técnicas de diseño y operación seguros. Las competencias para autorizar y comprobar pueden ser de AESA o de las Comunidades Autónomas como se ha indicado en el apartado anterior. AESA puede realizar la comprobación previa de cumplimiento de las normas técnicas a petición de las comunidades autónomas para los aeródromos de competencia autonómica.

La fase 4 consiste en la *autorización de apertura al tráfico* del aeródromo. Previamente a esta autorización es necesario comprobar que la infraestructura ya construida cumple las normas técnicas de diseño y operación seguras y el gestor (o sea, el operador) de la infraestructura es apto, para lo que se realiza una visita de inspección al aeródromo. Las competencias son las mismas que para la fase 3. AESA puede realizar la comprobación de normas técnicas y visita de inspección previas a la apertura al tráfico a petición de las comunidades autónomas para los aeródromos de competencia autonómica.

3.7. Evolución de la legislación europea y española para facilitar el desarrollo de los vertipuertos

La Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) creó el grupo de trabajo *Vertiport Task Force* (VPTTF)[24] para desarrollar especificaciones técnicas para vertipuertos. Este grupo publicó en marzo de 2022 de Prototipo de Especificaciones Técnicas de Vertipuertos, que es una primera aproximación no vinculante. EASA no ha comenzado aún la regulación de los vertipuertos de su competencia, que son los de uso público certificados.

Aunque los vertipuertos iniciales para operaciones visuales no están bajo alcance EASA y no requerirán certificación, en un futuro se precisarán vertipuertos para operaciones con instrumentos y operaciones sin piloto a bordo, que podrán requerir certificación EASA. Esto podría suceder a lo largo de la década de 2030. En este momento, EASA debería adoptar las especificaciones técnicas internacionales que desarrolle la OACI para este tipo de vertipuertos.

24 El VPTTF formó parte del *EASA Drones Team*, encargado del desarrollo de regulación sobre drones (RMT.0230). La Agencia Estatal de Seguridad Aérea cooperó con el VPTTF a través de SENASA.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La Agencia Estatal de Seguridad Aérea española (AESA) está desarrollando un proyecto de real decreto sobre aeródromos de uso público verificados y de uso restringido. Este proyecto, para facilitar el desarrollo de los vertipuertos, debería considerar:

- la posibilidad de adoptar de forma ágil las normas de diseño y operación seguras que desarrolle OACI para tipos específicos de aeródromos como los vertipuertos, tanto los verificados como los de uso restringido, y
- la capacidad de los aeródromos restringidos, incluyendo helipuertos y vertipuertos, para realizar operaciones de aerotaxi para el transporte de pasajeros (operaciones no regulares a demanda) cumpliendo ciertos requisitos adicionales de seguridad y limitaciones.

3.8. Las especificaciones técnicas de diseño y operación de vertipuertos y la necesidad de conocimientos y criterios técnicos para su comprobación

Las especificaciones técnicas para el diseño y operación seguros de vertipuertos que está desarrollando la OACI y que formarán parte del Anexo 14 Volumen II, deberán ser incorporadas en el ordenamiento jurídico europeo por EASA para los helipuertos de uso público certificados y en el español por AESA para los de uso público verificado y los de uso restringido.

La comprobación de cumplimiento de especificaciones técnicas de vertipuertos tendrá características similares a las de los helipuertos y requerirá:

a) Personal con conocimientos técnicos específicos y experiencia.

b) Evaluación de estudios aeronáuticos de seguridad.

c) Interpretación de los manuales de vuelo de las aeronaves eVTOL.

d) Contactos y consultas con los organismos reguladores, los fabricantes y los operadores de las aeronaves.

La comprobación de las especificaciones técnicas puede corresponder a AESA o a las comunidades autónomas. Las comunidades autónomas pueden solicitar que AESA realice las comprobaciones de cumplimiento de normas técnicas, como se ha indicado en el apartado 3.6. En todo caso la legislación reserva a AESA la aprobación de estudios técnicos aeronáuticos de seguridad que son necesarios cuando existen desviaciones de las especificaciones técnicas o cuando los piden las propias especificaciones, como es el caso del diseño de superficies limitadoras de obstáculos para las operaciones verticales de las aeronaves eVTOL o los helicópteros.

AESA cuenta, con asistencia de SENASA, con un equipo de profesionales con amplia experiencia y conocimiento, que cooperó con EASA en el desarrollo del Prototipo de Especificaciones Técnicas para Vertipuertos (PTS-VPT-DSN, marzo 2022) y dirige el *Vertical Flight Infrastructure Working Group* (VFIWG) de la OACI, encargado del desarrollo de especificaciones internacionales sobre vertipuertos. AESA está por tanto en disposición de realizar comprobación de especificaciones técnicas para vertipuertos, tanto los de competencia del Estado como los de competencia autonómica.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

AERÓDROMOS PARA DRONES: CUESTIONES DESDE LA LEGISLACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID

AERODROMES FOR DRONES: ISSUES FROM THE LEGISLATION OF THE COMMUNITY OF MADRID

Dr. Fernando González Botija
Catedrático de Derecho administrativo
Universidad Complutense de Madrid

Sumario: I. INTRODUCCIÓN. 2. LA LEY 3/2010, DE 22 DE JUNIO, DE INSTALACIONES AERONÁUTICAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID. 2.1. Introducción. 2.2. Tipos de aeródromos que son competencia de la Comunidad de Madrid. 2.3. Régimen de las instalaciones aeronáuticas competencia de la Comunidad de Madrid. 3. LA LEY DEL SUELO DE LA COMUNIDAD DE MADRID. 3.1. Introducción. 3.2. Actuaciones en suelo urbano. 3.3. Actuaciones en suelo urbanizable. 3.4. Actuaciones en suelo no urbanizable de protección. 3.5. Consideración de las ordenanzas y del planeamiento urbanístico. 4. CONSIDERACIONES FINALES SOBRE EL RÉGIMEN QUE DEBERÍA APLICARSE A LOS AERÓDROMOS DE DRONES.

Resumen: La instalación de infraestructuras permanentes donde aterricen y despeguen drones plantea diversos problemas desde el punto de vista tanto del derecho aeronáutico como del derecho urbanístico. El presente trabajo trata de abordar el posible encaje de la citada materia en el Derecho actualmente en vigor en la Comunidad de Madrid y, especialmente, en sus dos normas relativas a ambas materias: la Ley 3/2010, de 22 de junio, de Instalaciones Aeronáuticas de la Comunidad de Madrid y la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid. Parece posible justificar la instalación de aeródromos para drones con base en el derecho actualmente en vigor en la Comunidad de Madrid, aunque, quizás, lo deseable sería emprender una serie de reformas legislativas con el fin de adaptarlo a la nueva realidad que generan estas aeronaves.

Palabras Clave: Dron. Derecho aeronáutico. Derecho urbanístico.

Abstract: *The installation of permanent infrastructures for drone landing and takeoff raises various issues from the perspective of both aeronautical law and urban planning law. This paper attempts to address the possible fit of this subject matter within the law currently in force in the Community of Madrid and, specifically, within its two regulations relating to both areas: Law 3/2010, of June 22, on Aeronautical Installations of the Com-*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

munity of Madrid, and Law 9/2001, of July 17, on Land in the Community of Madrid. It seems possible to justify the installation of drone airfields based on the law currently in force in the Community of Madrid, although it would perhaps be desirable to undertake a series of legislative reforms to adapt it to the new reality generated by these aircraft.

Key Words: *Drone. Aeronautical law. Urban planning law.*

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la tecnología de los drones y la perspectiva ya no tan futurista de que puedan convertirse en unos compañeros habituales del espacio aéreo de las ciudades a través del U-Space[1], abre la puerta a la necesidad de preguntarnos qué marco jurídico debe acompañarlos tanto desde el plano del Derecho aeronáutico[2] como desde el plano del Derecho urbanístico.

En la literatura reciente se ha hablado de vertipuertos o dronpuertos, de forma paralela al uso de términos parecidos como el que tenemos para los helicópteros que, como es bien sabido, pueden operar desde los tradicionalmente conocidos helipuertos, término ya acuñado en la normativa desde hace tiempo. A fecha de hoy se trata de denominaciones muy popularizadas, pero no legales. Esto no significa que no puedan llegar a ser adoptadas por el legislador en un futuro próximo y que se les dote de un régimen jurídico especial. Pero hasta que eso ocurra como solución ciertamente ideal, es preciso preguntarse a fecha de hoy qué régimen jurídico hay que aplicar en el caso de que un particular o una Administración pública, quisiese instalar un espacio, más o menos permanente, desde donde aterrizasen y despegasen drones. Para ello debemos tener en cuenta que se deben considerar dos bloques normativos diferentes, pero claramente interconectados y a los que nos acabamos de referir: el Derecho aeronáutico y el Derecho urbanístico. En ambos casos nos vamos a centrar en la Comunidad de Madrid, dado que es una Administración pública que ha ejercido sus competencias sobre ambas cuestiones con base en las competencias que le atribuye el artículo 148 de la Constitución, y que han sido recogidas en su Estatuto de Autonomía.

Una vez hecho este examen con base en el derecho actualmente en vigor, que nos permitirá saber hasta qué punto es viable un tipo de instalaciones tan especial, concluiremos este trabajo reflexionando sobre si esa normativa es suficiente o debería ser superada por una regulación más adaptada a las especialidades que presenta el mundo de los drones.

---

1 Ver Díaz Díaz, E: «Regulación europea del espacio aéreo U-Space», *Revista Aranzadi Doctrinal*, n.º 3, 2022.

2 Ver Fortes Martín, A: *La ordenación y el control administrativo del tráfico aéreo,* Universidad Carlos III de Madrid, Civitas, Thomson Reuters, Cizur Menor (Navarra), 2012; Gómez Puente, M: *Derecho Administrativo Aeronáutico (Régimen de la Aviación y el Transporte Aéreo)*, Iustel, Fundación AENA, Madrid, 2006; Arévalo Gutierrez, A: «La distribución de competencias en materia aeronáutica. El ámbito competencial de la Comunidad de Madrid», *Asamblea: revista parlamentaria de la Asamblea de Madrid*, n.º 40, 2020, pp.13-58.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2. LA LEY 3/2010, DE 22 DE JUNIO, DE INSTALACIONES AERONÁUTICAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

2.1. Introducción

La Comunidad Autónoma de Madrid (en adelante CAM) posee una norma específica sobre aeródromos: la Ley 3/2010, de 22 de junio, de Instalaciones Aeronáuticas de la Comunidad de Madrid[3].

Esta norma se ha dictado con base en la competencia que tiene asumida la región de Madrid en virtud del Estatuto de Autonomía de la Comunidad de Madrid, aprobado por la Ley Orgánica 3/1983, de 25 de febrero. Su artículo 26.1.7 atribuye a la Comunidad competencias exclusivas en materia de «Instalaciones de navegación y deporte en aguas continentales, aeropuertos y helipuertos deportivos, así como los que no desarrollen actividades comerciales». Por su parte, el artículo 28.1.7 establece que la Comunidad de Madrid tiene competencia ejecutiva de la legislación estatal en materia de «aeropuertos y helipuertos con calificación de interés general cuya gestión directa no se reserve al Estado». Sobre esto último hay que advertir que el Estado, de acuerdo con el artículo 149.1.20 de la Constitución, tiene competencia exclusiva en materia de aeropuertos de interés general, control del espacio aéreo, tránsito y transporte aéreo, servicio meteorológico y matriculación de aeronaves.

En la exposición de motivos se destaca la relevancia de la materia para nuestra Comunidad al resaltar lo siguiente:

> *«El desarrollo, tanto de las infraestructuras aeronáuticas como del transporte aéreo, es quizá una de las señas de identidad más características de las sociedades avanzadas. El acceso a los modos aéreos de transporte, ampliamente solicitados por los ciudadanos, se configura como una demanda cada vez más intensa, que las administraciones públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias, han de procurar satisfacer de la manera más eficiente posible. El dinamismo del sector aeronáutico y sus repercusiones económicas, el permanente crecimiento del tráfico —que exige potenciar un mercado cada vez más abierto—*

3 «BOCM» núm. 154, de 29 de junio de 2010 «BOE» núm. 238, de 01 de octubre de 2010 Referencia: BOE-A-2010-15029. Su Disposición transitoria única prevé la regularización de helipuertos y bases operacionales, gestionados por operadores públicos y destinados a atender emergencias. De este modo, «las entidades públicas, titulares o gestoras, de helipuertos y bases operacionales ubicadas en la Comunidad de Madrid, que a la entrada en vigor de la presente ley, vengan operando al amparo de cartas operacionales vigentes o acrediten su funcionamiento con anterioridad a la entrada en vigor de la presente Ley; dispondrán de un plazo de 3 años para obtener la autorización de las instalaciones de conformidad con lo previsto en la presente ley, siempre que realicen operaciones de atención a emergencias sanitarias, protección civil, lucha contra incendios, actividades de policía u otras de naturaleza análoga. Obtendrán la citada autorización acreditando el cumplimiento de los requisitos de seguridad previstos en la legislación vigente y el preceptivo informe de la Comisión Interministerial entre Defensa y Fomento recogido en la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea. Los operadores que hagan uso del periodo transitorio al que hace referencia la presente disposición, podrán seguir operando en las instalaciones siempre que cumplan las exigencias de seguridad que impone la legislación vigente».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

y la necesidad de una adecuada planificación y gestión de las infraestructuras autonómicas, exigen dotar a la Administración regional de los recursos jurídicos necesarios para armonizar las demandas de la sociedad y la industria madrileñas con la preservación medioambiental de nuestro territorio. Las razones expuestas aconsejan el desarrollo estatutario en esta materia mediante la promulgación de la presente ley, como el mejor instrumento para configurar las infraestructuras aeronáuticas que los madrileños demandan y esperan».

De este modo, su artículo 1.1, que inicia el Título preliminar dedicado a las Disposiciones generales, delimita su objeto y ámbito de aplicación estableciendo que el objeto de la Ley es regular la autorización, construcción, gestión y el uso de las instalaciones aeronáuticas de competencia de la Comunidad de Madrid, así como el régimen de inspección[4] y control de las mismas y de sus servicios complementarios y auxiliares. Su Título I contiene el núcleo central de la regulación aeronáutica que es lo que aquí nos interesa.

Se completa con un Título II dedicado al régimen sancionador en materia de uso y funcionamiento de instalaciones aeronáuticas. El artículo 13 establece el alcance del régimen sancionador. La responsabilidad administrativa derivada de las infracciones a las que se hace referencia en ese Título se exigirá a las personas físicas o jurídicas que cometan la infracción o a las autorizadas para la prestación de servicios y para la gestión de instalaciones aeronáuticas competencia de la Comunidad de Madrid. La tipificación de las infracciones administrativas se incluye en el artículo 15 que comprende las acciones u omisiones tipificadas en sus apartados[5]. Este Título II se apoya en gran medida en la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea. Por ejemplo, en lo no previsto en la Ley, serán de aplicación los criterios para fijar la responsabilidad administrativa de los infractores previstos en el Título V de la Ley 21/2003. El artículo 19.1, en materia de prescripción de infracciones y sanciones establece que «las infracciones y sanciones prescribirán por el transcurso de los plazos y circunstancias que establece la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea»[6]. De acuerdo con el artículo 15.1.e) es infracción muy grave «el

4 El artículo 14 regula la actividad inspectora disponiendo lo siguiente: «1. Las actuaciones de inspección serán realizadas por funcionarios adscritos al centro directivo competente en materia de transportes. El personal que realice las funciones de inspección tendrá, en el ejercicio de dichas funciones, la consideración de autoridad, y guardará el debido sigilo respecto a los hechos y datos que conozca por razón de su labor. Todo ello sin perjuicio de las competencias estatales en la materia. 2. Podrá autorizarse a personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, para actuar como colaboradores en materia de inspección de instalaciones aeronáuticas siempre que acrediten capacidad y especialización técnica en los términos establecidos en el artículo 26.1 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea. Dicha colaboración se regulará reglamentariamente». De acuerdo con el artículo 15.1 es infracción muy grave «la negativa u obstrucción a la actuación de la inspección, que impida el ejercicio de las funciones que tengan legalmente atribuidas».

5 El artículo 15.3.c) prevé, como cláusula de cierre de las infracciones leves, que se considera como tales, cualquier otro incumplimiento de las previsiones establecidas en la presente ley y en las disposiciones reglamentarias por las que se desarrolle.

6 En su apartado 2 dispone que «la obligación de restituir las cosas o reponerlas a su estado anterior o de abonar una indemnización prescribirá a los quince años desde que dicha obligación sea formalmente impuesta».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

incumplimiento por los gestores de aeropuertos, aeródromos y demás instalaciones aeroportuarias de las obligaciones establecidas en el artículo 40 de la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea»[7]. Finalmente, el procedimiento para sancionar las infracciones, así como para la imposición de medidas provisionales, cautelares y reparadoras o accesorias, aunque se ajustará a lo dispuesto en la Ley 3/2010, se advierte que en todo lo no previsto en esta última será de aplicación subsidiaria la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea[8].

De acuerdo con su artículo 16.3 las sanciones[9] que se impongan a los distintos responsables de la infracción tendrán carácter independiente, y se entienden sin perjuicio de las facultades inspectoras y sancionadoras que corresponden a la Administración General del Estado. Finalmente, en este Título se recoge la regulación de

---

7 Artículo 40. Obligaciones de los gestores de aeropuertos, aeródromos y demás instalaciones aeroportuarias. Las personas físicas y jurídicas encargadas de la gestión de aeropuertos, aeródromos y demás instalaciones aeroportuarias están obligadas a: 1.ª Asegurar la continuidad del uso en adecuadas condiciones de seguridad del aeropuerto, aeródromo o instalación aeroportuaria que gestionen. 2.ª Cumplir las condiciones de seguridad exigidas en relación con el diseño, construcción, uso y funcionamiento del aeropuerto, aeródromo o instalación aeroportuaria que gestionen. 3.ª Disponer de un plan de emergencia de protección civil en coordinación con los planes aprobados por los órganos competentes en dicha materia. 4.ª Cumplir los deberes legalmente establecidos de formación de su personal en materia de seguridad operacional y de la aviación civil.

8 También es de aplicación subsidiaria el Decreto 245/2000, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento para el Ejercicio de la Potestad Sancionadora por la Administración de la Comunidad de Madrid. El artículo 20 dispone lo siguiente: «1. La consejería responsable en materia de transportes, a través del centro directivo reglamentariamente habilitado, es el órgano competente para instruir los procedimientos sancionadores y adoptar las medidas provisionales en los términos previstos en la presente ley, y respetando, en todo caso, las competencias del Estado. La competencia para la imposición de medidas cautelares corresponderá al órgano competente para la resolución del procedimiento sancionador. 3. La Administración podrá proceder, mediante acuerdo motivado, a la adopción de medidas de carácter provisional que aseguren la eficacia de la resolución final que pudiera recaer. Asimismo, podrán imponerse medidas cautelares en la resolución sancionadora para garantizar su eficacia en tanto ésta no sea ejecutiva. Podrá adoptarse cualquier medida provisional o cautelar que resulte proporcional y adecuada al fin perseguido, incluida la suspensión temporal de la autorización de apertura al tráfico del aeródromo, helipuerto o aeropuerto. 4. Las remisiones que la legislación estatal hace a los diferentes órganos de la Administración Central, respecto a los trámites del procedimiento sancionador y medidas cautelares, provisionales o reparadoras y accesorias, a los efectos de la presente ley, habrán de entenderse referidas a los órganos autonómicos equivalentes y, en cualquier caso, a la consejería competente en materia de transportes».

9 Artículo 16. Sanciones. 1. Las infracciones previstas en el artículo anterior serán sancionadas: a) Las infracciones muy graves, con multa de 400.001 euros hasta 3.000.000 euros. Las graves, con multa de 60.001 euros hasta 400.000 euros. Las leves, con apercibimiento o multa de hasta 60.000 euros. b) La sanción por infracciones muy graves podrá conllevar como sanción accesoria la revocación de la autorización. c) La sanción por la infracción grave de incumplimiento de las condiciones de la autorización, podrá conllevar como sanción accesoria la clausura temporal de la instalación por un plazo máximo de cinco años. d) Las sanciones se incrementarán en el tanto del beneficio ilícitamente obtenido por el infractor mediante la comisión de la infracción. 2. Las sanciones se graduarán atendiendo a su incidencia en la seguridad, el daño causado, la intencionalidad y la reincidencia».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

otras medidas[10], de los órganos competentes para el ejercicio de la potestad sancionadora[11], el procedimiento sancionador y medidas provisionales y cautelares y las multas coercitivas[12].

Por último, destacar que su artículo 2.1, dedicado a los principios generales, señala que «el establecimiento, desarrollo y funcionamiento de las instalaciones aeronáuticas en la Comunidad de Madrid respetarán los principios de accesibilidad, sostenibilidad, protección del medio ambiente y consumo eficiente de recursos. Asimismo, buscarán la intermodalidad con otros medios de transporte para mejorar la movilidad de personas y el transporte de mercancías». Todos estos temas, por cierto, muy relevantes desde la perspectiva del Derecho urbanístico que vamos a destacar más abajo dado que son problemas recurrentes en la planificación urbanística en general. Temas que además afectan igualmente al desarrollo de la implantación generalizada del dron como medio de transporte de mercancías y personas.

2.2. Tipos de aeródromos que son competencia de la Comunidad de Madrid

De acuerdo con su artículo 2.2, la Ley 3/2010 es de aplicación a los aeródromos, helipuertos y aeropuertos ubicados en la Comunidad de Madrid que, no son militares, no tienen la calificación estatal de interés general y no desarrollan actividades comerciales.

---

10 «Artículo 17. 1. Además de imponer las sanciones que en cada caso correspondan, la resolución del proceso sancionador podrá declarar la obligación de: a) Restituir las cosas o reponerlas a su estado anterior en el plazo que se fije. b) Indemnizar los daños irreparables por cuantía igual al valor de los bienes destruidos o el deterioro causado, así como los perjuicios ocasionados, en el plazo que se fije. 2. Se exigirá la indemnización por daños y perjuicios cuando no fuera posible la restitución o reposición, y, en todo caso, si se hubieran producido daños y perjuicios a los intereses públicos. 3. Las indemnizaciones que se determinen tendrán naturaleza de crédito de derecho público, y su importe podrá ser exigido por la vía administrativa de apremio. 4. Será competente para imponer las medidas previstas en este precepto el órgano competente para imponer las sanciones que correspondan».

11 «Artículo 18. La competencia para la imposición de las sanciones y de las multas coercitivas previstas en esta ley corresponderá: a) Al consejero competente en materia de transportes para las infracciones muy graves. En los supuestos en los que se imponga la sanción accesoria de revocación de la autorización de la instalación, que comprometa gravemente la prestación del servicio público, con carácter previo a su imposición, el consejero dará cuenta al Consejo de Gobierno. b) Al director general competente en materia de transportes para las infracciones graves y leves y para las multas coercitivas. En los supuestos en los que se imponga la sanción accesoria de clausura temporal de la instalación, que comprometa gravemente la prestación del servicio público, con carácter previo a su imposición, el consejero dará cuenta al Consejo de Gobierno».

12 Artículo 21. Sin perjuicio de las sanciones previstas en esta ley, en caso de que el infractor incumpla lo dispuesto en la resolución sancionadora una vez que ésta sea firme en vía administrativa, el centro directivo con competencias en materia de transportes podrá proceder a la imposición de multas coercitivas. Las multas se reiterarán por periodos suficientes para cumplir lo ordenado y cuantías que, individualmente, no excedan del diez por ciento de la sanción correspondiente.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En la exposición de motivos de la Ley se aclara que *«cabe distinguir en el caso de la Comunidad de Madrid los siguientes tipos de instalaciones aeronáuticas: 1. Aeropuertos, aeródromos y helipuertos deportivos o no comerciales: respecto de los cuales puede legislar la Comunidad Autónoma. 2. Aeropuertos y helipuertos que desarrollan actividades comerciales: en los que sólo puede legislar el Estado, y que a su vez cabe separar en dos grupos: a) Con calificación de interés general: en este caso el Estado puede reservarse su gestión directa o atribuírsela a la Comunidad de Madrid. b) Sin calificación de interés general: instalaciones que podrán ser gestionados por la Comunidad Autónoma, ejecutando la legislación estatal».*

El legislador autonómico nos define los conceptos que nos encontramos en este precepto.

En el artículo 2.3 se precisa que a los efectos de la Ley 3/2010 se consideran «actividades comerciales» las que se realicen en virtud de contrato de transporte de pasajeros, que supone el pago de billete de pasaje, así como las de transporte de mercancía mediante remuneración.

En el artículo 4.1 a los efectos de la Ley 3/2010, las instalaciones aeronáuticas[13] se clasifican en aeródromos, aeropuertos y helipuertos:

a) Se entiende por aeródromo la superficie de límites definidos, con inclusión, en su caso, de edificios e instalaciones, apta normalmente para la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves

b) Se considera aeropuerto todo aeródromo en el que existan, de modo permanente, instalaciones y servicios con carácter público, para asistir de modo regular al tráfico aéreo, permitir el aparcamiento y reparaciones del material aéreo y recibir o despachar pasajeros o carga.

c) Los helipuertos son aeródromos o áreas definidas sobre una estructura, destinadas a ser utilizadas, total o parcialmente, para la llegada, la salida o el movimiento en superficie de los helicópteros.

El artículo 4.2 aclara que forman parte de las instalaciones aeronáuticas, a los efectos de la Ley 3/2010, las infraestructuras integradas en sus recintos, y las anexas que las complementan y les prestan servicio o apoyo[14].

En el artículo 2.2 se aclara que «en todo lo no regulado expresamente en la presente ley, se estará a lo dispuesto en la normativa estatal en la materia» y en el artículo 4.3 que «los conceptos jurídicos utilizados en la presente ley, salvo que se defi-

13 El artículo 5 prevé la creación del Registro de Instalaciones Aeronáuticas disponiendo lo siguiente: «Se crea el Registro de Instalaciones Aeronáuticas de la Comunidad de Madrid, en el que habrán de inscribirse las que se encuentren bajo la competencia de ésta y las autorizaciones que faculten para su gestión y explotación, así como las renovaciones y actualizaciones de aquéllas. Reglamentariamente se establecerá la organización y contenido del Registro, así como el procedimiento y efectos de la inscripción.

14 El artículo 6 prevé que la Comunidad de Madrid percibirá, por los servicios que preste en las instalaciones aeronáuticas de su competencia, las tasas que establezca la Ley de Tasas y Precios Públicos de la Comunidad de Madrid.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

nan de otra manera, tendrán el alcance y significado que les atribuye la legislación estatal en la materia».

Estas aclaraciones del legislador madrileño son interesantes porque ciertamente existe una legislación del Estado que utiliza los mismos conceptos y, a su vez, opera sobre ellos una clasificación.

Efectivamente, la ya veterana Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea aporta un concepto de aeródromo en su artículo 39 al afirmar que *«se entiende por aeródromo la superficie de límites definidos, con inclusión, en su caso, de edificios e instalaciones apta normalmente para la salida y llegada de aeronaves».* El Ministerio también define lo que entiende por aeródromo[15] considerándolo como toda «área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves de ala fija». Esta última referencia al «ala fija» reduciría el campo de aplicación de los drones pues, como es bien sabido, a fecha de hoy la mayoría no poseen ala fija, sino que son de ala rotatoria o multirrotor.

También encontramos un concepto de «aeródromo» en el Derecho de la Unión Europea, que no debemos olvidarnos que prima sobre el nacional. Así, el Reglamento (UE) 2018/1139, que es la norma de cabecera del sector aeronáutico en el Derecho de la Unión Europea, delimita el concepto en su artículo 3.16) dedicado a las «definiciones», al disponer que, a efectos del presente Reglamento, se entenderá por: … «aeródromo»: *una zona determinada situada en tierra o en agua, en una estructura fija, fijada fuera de la costa o flotante, incluidos sus edificios, instalaciones y equipos, destinada a ser utilizada total o parcialmente para la llegada, la salida o el movimiento en superficie de aeronaves»*[16].

El legislador nacional también ha realizado una clasificación de los aeródromos. Así, de acuerdo con el artículo 39 citado destaca que *«las superficies dispuestas para la llegada y partida de aeronaves se clasifican en aeródromos y aeropuertos».* Los aeródromos pueden ser permanentes y eventuales. El aeródromo será eventual cuando su establecimiento obedezca a necesidades transitorias o sea designado para una utilización particular en circunstancias especiales. Los aeródromos por la

15 https://www.transportes.gob.es/areas-de-actividad/aviacion-civil/politicas-aeroportuarias/infraestructuras-de-competencia-autonomica/definiciones.

16 Ver Reglamento (UE) 2018/1139 del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2018 sobre normas comunes en el ámbito de la aviación civil y por el que se crea una Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.º 2111/2005, (CE) n.º 1008/2008, (UE) n.º 996/2010 y (UE) n.º 376/2014 y las Directivas 2014/30/UE y 2014/53/UE del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan los Reglamentos (CE) n.º 552/2004 y (CE) n.º 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CEE) n.º 3922/91 del Consejo, (DO L 212 de 22.8.2018, pp. 1-122). En parecidos términos en el artículo 2.6 del Reglamento de ejecución (UE) n.º 923/2012 de la Comisión de 26 de septiembre de 2012 por el que se establecen el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea se describe como «una zona definida (incluidos edificios, instalaciones y equipos) en tierra, en el agua o en una estructura fija, fijada extraterritorialmente o flotante para ser utilizada total o parcialmente para la salida, la llegada o el movimiento en superficie de aeronaves».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

naturaleza de sus servicios pueden ser militares o civiles, y estos últimos, así como los aeropuertos, públicos o privados. Según el mencionado precepto se considera aeropuerto *«todo aeródromo en el que existan, de modo permanente, instalaciones y servicios con carácter público, para asistir de modo regular al tráfico aéreo, permitir el aparcamiento y reparaciones del material aéreo y recibir o despachar pasajeros o carga».*

Por otro lado, conforme al artículo 40 del citado texto legal «reglamentariamente se clasificarán los aeropuertos y aeródromos, según las dimensiones y la índole de sus instalaciones y de las aeronaves que hayan de utilizarlos y el carácter de los servicios que presten».

Precisamente, por vía reglamentaria en varias normas se ha procedido a clasificar los aeródromos.

El Real Decreto 1189/2011 en su artículo 2 establece que a los efectos de este real decreto se entiende por: «a) Aeródromo de uso público y de uso restringido, los definidos como tales por el artículo 1.3 del Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo, por el que se aprueban las normas técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público y el Reglamento de certificación y verificación de aeropuertos y otros aeródromos de uso público. b) Aeródromo eventual, la superficie apta para el uso de aeronaves que, a juicio del operador, reúne las condiciones mínimas para la seguridad de las operaciones y cuya utilización, salvo cuando se trate de las operaciones a que se refiere el artículo 1.2, no exceda de 40 operaciones anuales, sin sobrepasar 15 al mes. Cuando el uso de la superficie exceda del previsto en el párrafo anterior, será considerado, a los efectos de este real decreto, como aeródromo de uso restringido».

La Disposición final primera del Real Decreto 1189/2011 ha modificado el Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo, por el que se aprueban las normas técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público y se regula la certificación de los aeropuertos de competencia del Estado. En su artículo 1.3 (titulado «Normas técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público») se estipula lo siguiente: «A efectos de lo dispuesto en este real decreto, se entiende por aeródromo de uso público el aeródromo civil que ofrezca servicios a cualquier usuario sin discriminación y figure como tal en la publicación de información aeronáutica (AIP) del Servicio de Información Aeronáutica. En todo caso se consideran aeródromos de uso público a los aeródromos civiles en que se prevea la realización de operaciones de transporte comercial de pasajeros, mercancías y correo, mantenimiento de aeronaves para transporte comercial, base de escuelas de vuelo para pilotos comerciales y de aerotaxi, y vuelos turísticos. El resto de los aeródromos se consideran aeródromos de uso restringido. Están excluidas de los conceptos definidos en este apartado, las bases aéreas y aeródromos militares, las instalaciones civiles en ellas ubicadas, así como las zonas e instalaciones militares de los aeródromos utilizados conjuntamente por una base aérea o aeródromos militar y un aeropuerto, según se definen en el Real Decreto 1167/1995, de 7 de julio, sobre régimen de uso de los aeródromos utilizados conjuntamente por una base aérea y un aeropuerto y de las bases aéreas abiertas al tráfico civil».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Especial referencia hay que hacer al Real Decreto 1070/2015 de 27 de noviembre, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad operacional de aeródromos de uso restringido y se modifican el Real Decreto 1189/2011, de 19 de agosto, por el que se regula el procedimiento de emisión de los informes previos al planeamiento de infraestructuras aeronáuticas, establecimiento, modificación y apertura al tráfico de aeródromos autonómicos, y la Orden de 24 de abril de 1986, por la que se regula el vuelo en ultraligero. Nos aclara en sus artículos 2 a 4 el tema conceptual en cuanto a la definición del aeródromo restringido. En cuanto a su ámbito de aplicación en su artículo 2.1 dispone que «este real decreto es de aplicación a los aeródromos de uso restringido establecidos en territorio español». En su apartado segundo precisa que quedan excluidos del ámbito de aplicación de este real decreto los aeródromos eventuales de uso restringido. A estos efectos, son aeródromos eventuales los definidos en el artículo 2, letra b), del Real Decreto 1189/2011, de 19 de agosto, que hemos citado arriba. Se advierte que «la exclusión del ámbito de aplicación de este real decreto de los aeródromos eventuales no exime al operador del deber de contar con las autorizaciones pertinentes conforme a la normativa que resulte de aplicación y con el permiso del propietario de la superficie». La definición concreta de aeródromo de uso restringido se contiene en la letra b) del artículo 3 del citado Real Decreto 1070/2015 donde se incluye «cualquier infraestructura, incluidos los destinados a aeronaves ultraligeras, hidroaeródromos y helipuertos, distinto de los aeródromos de uso público definidos en el artículo 1.3 del Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo, por el que se aprueban las normas técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público y el reglamento de certificación y verificación de aeropuertos y otros aeródromos de uso público»[17]. Por último, el artículo 4 nos aporta la siguiente clasificación de los aeródromos de uso restringido a efectos del cumplimiento de las normas técnicas de seguridad operacional establecidas en el Real Decreto 1070/2015[18]: «a) Aeródromos restringidos especializados, en ade-

17 Antes la letra a) del citado precepto define al gestor de ese tipo de aeródromo como el titular del aeródromo o la persona física o jurídica designada por éste para realizar las labores de gestión de la infraestructura, con las obligaciones que determina el artículo 40 de la Ley de 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea.

18 En su exposición de motivos se explica que: «respecto de los aeródromos de uso restringido, la normativa comunitaria no ha considerado necesario someterlos a unas normas comunes, no obstante, sí ha incidido en la necesidad de que los Estados regulen mediante normativa técnica el régimen de comprobación de los aeródromos de uso restringido. Así, el considerando 6 del Reglamento (CE) n.º 1108/2009, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009 por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 216/2008 en lo que se refiere a aeródromos, gestión del tránsito aéreo y servicios de navegación aérea y se deroga la Directiva 2006/23/CE, establece que, en el ámbito no cubierto por el reglamento en relación con las infraestructuras aeronáuticas, los Estados miembros deben adoptar medidas proporcionadas para incrementar el nivel general de seguridad de la aviación recreativa y de todo el transporte aéreo comercial. En la actualidad, la única regulación existente al respecto es la Orden 1957/1966, de 26 de octubre, sobre condiciones y normas para aeródromos privados («Boletín Oficial del Ministerio del Aire», núm. 130, de 29 de octubre de 1966)… En este contexto, este real decreto en el ejercicio de las competencias exclusivas del Estado en materia de control del espacio aéreo y tránsito aéreo, en las que se incardina la seguridad operacional, establece las normas técnicas de seguridad operacional exigibles a los aeródromos de uso restringido, entendiendo por tal, aquellas infraestructuras, incluidos los heli-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

lante aeródromos especializados, aquéllos en los que se realicen operaciones de transporte sanitario, lucha contra incendios y transporte de los medios adscritos a contraincendios, mantenimiento en base, escuelas de vuelo o vuelos turísticos, con independencia de que su uso esté limitado a los usuarios expresamente autorizados por su gestor o de que ofrezcan sus servicios a cualquier usuario. Asimismo, se consideran aeródromos especializados aquéllos destinados a las operaciones de aviación general que ofrezcan sus servicios a todos los usuarios. b) Aeródromos restringidos de uso privado, en adelante aeródromos de uso privado, aquéllos que sólo pueden ser utilizados por el titular de la instalación aeroportuaria y por las personas a las que su gestor permita el acceso para la realización de operaciones distintas de las previstas en el primer párrafo de la letra a)».

Como puede verse la normativa estatal introduce una clasificación y unos conceptos que, con base en los artículos que hemos visto arriba de la Ley madrileña, sirven para el diseño que hagamos en nuestra Comunidad autónoma mientras el legislador autonómico no haga uso de su potestad normativa. Eso sí, dentro de su círculo competencial, que es como hay que interpretar el artículo 4.3 arriba citado de la Ley 3/2010.

Aterrizando ya en el tema de los drones, a falta de una regulación ad hoc, es evidente que tanto la legislación autonómica como estatal aporta una flexibilidad muy amplia para poder abarcar dentro de los conceptos arriba señalados un nuevo tipo de instalación para drones que, aunque sea obvio afirmarlo, son una aeronave y, por consiguiente, cuando aterrizan o despegan de un lugar, lo convierten en principio, y si somos ortodoxos con las definiciones, en un aeródromo. Por tanto, en un principio, en función de las características de las operaciones que se realicen con los drones, y de acuerdo con la clasificación arriba citada, ese aeródromo deberá ser calificado como eventual, restringido o aeropuerto. Otra cosa es que este esquema actualmente en vigor pueda ser demasiado rígido o merezca una matización, pero sobre esta idea volveremos al final de este trabajo.

2.3. Régimen de las instalaciones aeronáuticas competencia de la Comunidad de Madrid

La cuestión del establecimiento y modificación de aeropuertos y aeródromos competencia de la Comunidad de Madrid se regula en el Título I.

---

puertos, en los que no se pueden realizar operaciones de transporte aéreo comercial de pasajeros, mercancías y correo, incluidos aerotaxi, conforme a la definición de aeródromo de uso público y restringido consagrada por el Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo, a la que remite este real decreto. Los aeródromos de uso restringido, por tanto, están destinados a la realización de otras actividades aéreas muy variadas, entre otras, la aviación privada y deportiva, los trabajos aéreos o las escuelas de vuelo… La calificación como aeródromo de uso público o restringido, en consecuencia, viene referida al tipo de operaciones que pueden realizarse en la infraestructura y no considera si el aeródromo está abierto a todos los usuarios o es de uso particular de sus propietarios y las personas autorizadas por éstos».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Las instalaciones aeronáuticas en la Comunidad de Madrid están sometidas a un régimen de autorización administrativa clásico. Se parte de un diseño que ya existe en el ámbito estatal de necesidad de contar con una autorización previa y una de apertura. La importancia del tema queda reflejada en el elenco de infracciones que diseña la Ley madrileña. Así, de acuerdo con el artículo 15.1 son infracciones muy graves: a) El establecimiento, construcción, ampliación o apertura al tráfico de instalaciones aeronáuticas sin la preceptiva autorización. b) El cierre de instalaciones aeronáuticas sin la preceptiva autorización. c) El incumplimiento de las condiciones que se establezcan en la autorización, destinadas a garantizar la seguridad en la instalación. El artículo 15.2 prevé como infracciones graves: a) La realización de modificaciones relevantes en las instalaciones sin la preceptiva autorización. b) El incumplimiento de las condiciones de la autorización, cuando no se considere infracción muy grave. El artículo 15.3.a) prevé como infracción leve la modificación del régimen de utilización de los aeródromos, helipuertos o aeropuertos sin previa comunicación, cuando no constituya infracción grave o muy grave.

El artículo 7 al regular la autorización previa advierte que se establece con independencia del informe vinculante que impone el artículo 9 de la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea y del ejercicio de cualquier otra potestad del Estado. Dicho precepto dispone en su apartado 2.º[19] lo siguiente en cuanto a la construcción y planificación de los aeródromos de las CC. AA.: «La construcción, modificación y apertura al tráfico aéreo de los aeródromos y aeropuertos de competencia de las comunidades autónomas y la aprobación de planes o instrumentos de ordenación y delimitación de su respectiva zona de servicio deberán ser informadas conjuntamente, con carácter previo, por los Ministerios de Fomento y de Defensa, a efectos de determinar la incidencia de los mismos en la estructuración, ordenación y control del espacio aéreo, en el tránsito y el transporte aéreos y en su afección a los aeropuertos de interés general o a sus espacios circundantes sujetos a servidumbres aeronáuticas. El informe previsto en el párrafo anterior tendrá carácter vinculante en lo que se refiere a la preservación de las competencias estatales, y se emitirá, previa consulta al órgano colegiado previsto en el artículo 6[20], en el plazo de seis meses, transcurridos los cuales, sin haberse evacuado, se entenderá que tiene carácter favorable […]».

19 En relación con esta norma hay que tener en cuenta el Real Decreto 1189/2011, de 19 de agosto, por el que se regula el procedimiento de emisión de los informes previos al planeamiento de infraestructuras aeronáuticas, establecimiento, modificación y apertura al tráfico de aeródromos autonómicos, y la Orden de 24 de abril de 1986, por la que se regula el vuelo en ultraligero.

20 Artículo 6. Planificación de aeródromos y delimitación de sus zonas de servicio. «El informe previo a la aprobación de los instrumentos de planificación de las instalaciones aeroportuarias autonómicas y, en particular, los relativos a la ordenación de los aeródromos y sus zonas de servicio se emitirá atendiendo a lo previsto en los artículos 7 y 8». El artículo 7, sobre incidencia en el espacio aéreo, tránsito y control aéreo, dispone lo siguiente: «Para determinar la incidencia de los instrumentos de planificación de las instalaciones aeroportuarias autonómicas en relación con la compatibilidad y necesidades de espacio aéreo, el tránsito y control del tráfico aéreo, los servicios de navegación aérea y la red de comunicaciones, navegación y vigilancia (CNS), se tendrán en cuenta: a) Todas las infraestructuras previstas, ya sean de nueva creación o modificaciones de las existentes, y su ubicación atendiendo a las coordenadas geográficas de su punto de referencia

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Tras esta advertencia el citado precepto explica que la construcción, el establecimiento y la apertura al tráfico de aeropuertos y aeródromos competencia de la Comunidad de Madrid, así como el cierre o la modificación relevante de las existentes, requerirá la previa autorización de la consejería competente en materia de transportes[21]. Se remite a su regulación reglamentaria el procedimiento de autorización y las características técnicas de tales instalaciones.

La solicitud de autorización deberá ir acompañada, en todos los casos, de un proyecto que incluirá como mínimo: a) La acreditación de la compatibilidad de la instalación con relación al espacio aéreo, emitida por la autoridad aeronáutica estatal. Nos remitimos a lo dicho arriba en cuanto al artículo 9.2 de la Ley 21/2003; b) La acreditación del respeto de la instalación a la legislación urbanística, emitida por la Consejería competente en materia de urbanismo. Esta cuestión la vamos a examinar en el punto siguiente con detalle; c) Las características técnicas de la instalación. Aquí hay que recordar la competencia que detenta el Estado en la materia de la seguridad aeronáutica y la necesidad de tener en cuenta la normativa correspondiente en función del tipo de aeródromo que se quiera instalar[22]; d) Un estudio de impacto ambiental. Hay que tener aquí en cuenta la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental y la Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. e) Los proyectos de instalaciones aeronáuticas deberán prever su incidencia en las zonas inmediatas, las infraestructuras y medios de

---

en el sistema WGS-84. b) Las necesidades de espacio aéreo que recoge el planeamiento, así como la estructura y calificación del espacio aéreo que se propone para atender el tráfico aéreo en las infraestructuras del planeamiento, su compatibilidad con el tráfico aéreo preexistente y con las operaciones y procedimientos asociados a otras infraestructuras aeronáuticas existentes en la zona. c) Las instalaciones de comunicaciones, navegación y vigilancia (CNS) para la navegación aérea que se requerirían, según prevea el planeamiento, y categoría de los procedimientos de vuelo previstos: reglas de vuelo visual (VFR) y reglas de vuelo por instrumentos (IFR), de precisión o no precisión, así como las necesidades de servicios de navegación aérea para cada caso, atendiendo a la demanda de tráfico previsible y a sus correspondientes categorías». El artículo 8, sobre incidencia en las infraestructuras aeronáuticas de competencia estatal, transporte aéreo y servidumbres aeronáuticas, dispone lo siguiente: «Para determinar la incidencia de los instrumentos de planificación de las instalaciones aeroportuarias autonómicas sobre los aeropuertos de interés general, bases aéreas, aeródromos militares y el transporte aéreo, se tendrá en cuenta: a) El impacto sobre las servidumbres aeronáuticas y los sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia (CNS). b) El impacto sobre las áreas de afección previstas en los planes directores de los aeropuertos de interés general. c) El impacto sobre el transporte aéreo, para lo cual se atenderá al tráfico aéreo previsto en la planificación. En particular, se tendrá en cuenta el marco reglamentario que definen los convenios bilaterales y multilaterales de transporte aéreo.

21 El artículo 3 de la Ley 3/2010 aclara quién es la autoridad aeroportuaria de la Comunidad de Madrid al apuntar que «la Comunidad de Madrid ejercerá sus competencias en relación a las instalaciones aeronáuticas a través de la consejería competente en materia de transportes cuyo titular será la autoridad regional en la materia, sin perjuicio de las competencias del Consejo de Gobierno y de la Administración General del Estado».

22 Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo, por el que se aprueban las normas técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público y el Reglamento de certificación y verificación de aeropuertos y otros aeródromos de uso público; Real Decreto 1070/2015, de 27 de noviembre, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad operacional de aeródromos de uso restringido.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

transporte necesarios para satisfacer la demanda que su funcionamiento genere y la accesibilidad de las instalaciones a usuarios con movilidad reducida. f) Aquellos otros documentos exigidos por la legislación estatal en la materia, así como los que se determinen reglamentariamente.

Este artículo 7 también resuelve el tema de la necesidad o no de licencia municipal para llevar a cabo la instalación aeronáutica al establecer que tendrán consideración de proyectos de excepcional interés público aquellos que, en relación con las instalaciones aeronáuticas reguladas en la presente Ley, sean promovidos por la Consejería competente en materia de transporte, bien directamente, bien mediante cualquier organismo, ente o empresa pública creado a tal fin. En las instalaciones que precisen Plan Director, éste determinará el ámbito físico de las obras declaradas de excepcional interés público. Para ello se remitía al artículo 161 de la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid, pero tras la reforma de la citada Ley, el artículo 161 ya no regula esa cuestión y hay que entenderla prevista actualmente en el artículo 163 de la mencionada norma[23].

El sistema se completa con la previsión de la necesidad de contar finalmente con una autorización de apertura al tráfico. Así, se dispone que concluida la construcción de la instalación y tras la constatación del cumplimiento de las exigencias legales, se expedirá por la consejería competente en materia de transportes, la preceptiva autorización de apertura al tráfico de aquélla.

---

23 Artículo 163. Actos no sujetos a título habilitantes de naturaleza urbanística promovidos por otras Administraciones Públicas. 1. Los actos recogidos en los artículos anteriores, promovidos por la Comunidad de Madrid o por entidades de derecho público de ellas dependientes, así como por mancomunidades, realizados en ejecución de políticas públicas, y sean urgentes o de interés general, se sujetarán al procedimiento previsto en este artículo. 2. La Administración o la entidad de la cual dependa el proyecto de obra o instalación pública deberá comunicar al ayuntamiento la documentación acreditativa de la aprobación de dicho proyecto, así como toda la documentación técnica, indicando la fecha de comienzo de la actuación, que nunca será inferior a un mes. En los supuestos de urgencia o excepcionalidad, dicho plazo podrá reducirse a quince días hábiles. 3. El ayuntamiento dispondrá del plazo dispuesto en el apartado anterior, para analizar la actuación pretendida en relación con el planeamiento vigente. Transcurrido dicho plazo sin que se evacue el informe se entenderá otorgada la conformidad. 4. En caso de disconformidad expresa, la Administración o entidad de la que dependa el proyecto adaptará, si es posible, su contenido a la ordenación urbanística aplicable, comunicando las rectificaciones hechas al ayuntamiento. De no ser posible la adaptación, motivando la urgencia o el interés general de su ejecución, la Administración o la entidad de la que dependa el proyecto lo comunicará al ayuntamiento y a la Consejería competente en materia de ordenación urbanística, la cual lo elevará al Gobierno de la Comunidad de Madrid. 5. El Gobierno de la Comunidad de Madrid, sobre la base de los motivos de urgencia o interés general que exige la realización del proyecto, resolverá sobre su ejecución precisando, en su caso, la incoación del procedimiento de modificación del planeamiento urbanístico, sin perjuicio de acordar, si así lo considera, la iniciación de las obras. La elaboración del proyecto de modificación de planeamiento deberá ser asumida por la Administración o entidad de la cual dependa el proyecto de obra o instalación pública. 6. Por último, la recepción de las obras, formalizadas en un acta de recepción, por la Administración o entidad titular del proyecto sustituirá, a todos los efectos, al título habilitante de naturaleza urbanística que requiera la puesta en marcha del uso o actividad a que vayan destinadas las obras, edificaciones o construcciones llevadas a cabo. 7. La Administración General del Estado podrá aplicar, para la realización de las obras y los servicios de su competencia, el procedimiento previsto en este artículo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Las solicitudes, tanto de autorización previa como de apertura al tráfico, habrán de ser resueltas y notificadas en el plazo máximo de seis meses. La Ley introduce un curioso régimen de silencio administrativo. Si transcurrieran tres meses sin obtener respuesta a su solicitud, el solicitante deberá denunciar por escrito esta circunstancia en los 15 días siguientes al vencimiento de los tres primeros meses, desde la presentación de la solicitud y ante el órgano inmediatamente superior al competente para decidir la autorización. Si denunciada la falta de contestación, transcurrieran seis meses desde la presentación de la solicitud sin obtener respuesta, ésta se entenderá concedida por silencio administrativo. Si no se hubiera producido la referida denuncia, el silencio de la administración tendrá efectos desestimatorios. En cualquier caso, el silencio será desestimatorio si la evaluación de impacto ambiental preceptiva fuera negativa. Como puede verse que el silencio sea positivo o negativo se condiciona a una serie de circunstancias. Parece un acierto el haber reforzado la faceta de protección medioambiental al haber confirmado el silencio negativo. Como es bien sabido la declaración ambiental tiene la naturaleza de acto de trámite que no es susceptible de recurso independiente. Ahora bien, la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, al regular en su artículo 24.1 el silencio administrativo en procedimientos iniciados a solicitud del interesado, aparte de señalar que una norma con rango de ley o una norma de Derecho de la Unión Europea o de Derecho internacional aplicable en España puede excepcionar la regla general del silencio positivo, establece en su párrafo segundo que el silencio tendrá efecto desestimatorio en los procedimientos que impliquen el ejercicio de actividades que puedan dañar el medio ambiente. Obviamente, una evaluación ambiental negativa confirma ese carácter dañoso.

Por otro lado, la autorización de apertura al tráfico deberá ser renovada siempre que se produzcan modificaciones de carácter sustancial en los elementos o circunstancias que justificaron su otorgamiento y, en cualquier caso, se actualizará cada ocho años. Ahora bien, la autorización podrá ser revocada por el organismo concedente en caso de incumplimiento de las condiciones establecidas en la misma, previa la instrucción del correspondiente procedimiento sancionador[24]. Como puede verse la revocación se contempla en la Ley 3/2010 más como una sanción (artículo 16.1.b) que como un caso de consecuencia derivada de la invalidez sobrevenida de la autorización por incumplimiento de las condiciones de su otorgamiento.

El artículo 9 regula la titularidad y gestión de las instalaciones previendo que las instalaciones aeronáuticas reguladas en la presente ley podrán ser de titulari-

24 El artículo 15.2 prevé como infracciones graves: d) El estado de conservación inadecuado de las instalaciones que afecte a su correcto funcionamiento; e) El incumplimiento de la obligación de conservación de la documentación administrativa y técnica referente a la instalación, durante los plazos legales; f) Perturbar gravemente la normal prestación de los servicios o la integridad del material o de las instalaciones. El artículo 15.3 prevé como infracción leve: b) La falta de conservación de las instalaciones autorizadas, si no afecta a su correcto funcionamiento; d) Perturbar la normal prestación de los servicios o la integridad del material o de las instalaciones, cuando dicha perturbación no constituya infracción grave.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

dad pública o privada[25]. Las instalaciones aeronáuticas de titularidad pública objeto de la presente ley, así como sus servicios complementarios, podrán ser gestionados mediante cualquiera de las formas previstas en la legislación vigente. Las instalaciones aeronáuticas de titularidad privada serán gestionadas por sus respectivos propietarios en los términos fijados en la autorización administrativa y, en su caso, en su correspondiente Plan Director. Los gestores de instalaciones aeroportuarias de competencia de la Comunidad de Madrid deberán cumplir los requisitos y obligaciones que determina la legislación estatal. El artículo 9.5 advierte que lo dispuesto en los apartados anteriores se entiende sin perjuicio de los servicios cuya competencia o prestación recaiga en la Administración del Estado, de conformidad con la legislación vigente. Se debe tener en cuenta aquí que el Real Decreto 2858/1981, de 27 de noviembre, sobre calificación de aeropuertos civiles, ha precisado esta competencia al prever en su artículo 2 lo siguiente: «En todo recinto aeroportuario se distinguen: Uno. Los servicios aeronáuticos que, integrados en la red nacional de ayudas a la navegación aérea y formando parte de esta infraestructura, sirven para el control del espacio aéreo y que dependen directamente de la Subsecretaría de Aviación Civil, de acuerdo con el Real Decreto-ley doce/mil novecientos setenta y ocho, de veintisiete de abril. Dos. Los servicios aeronáuticos que sirven para instrumentar la ordenación del tránsito y la ordenación del transporte aéreo, que dependen asimismo directamente de la Subsecretaría de Aviación Civil. Tres. Todos los demás servicios aeroportuarios estatales como los aduaneros, de policía, correos, seguridad exterior e interior y cualesquiera otros que, por su naturaleza y función, están encomendados a autoridad pública no aeronáutica. Cuatro. Aquellos otros servicios que, no siendo estrictamente aeronáuticos, puedan tener incidencia en ellos y que, por el volumen del tráfico del aeropuerto de que se trate, se declaren imprescindibles para su buen funcionamiento. Cinco. Las actividades no comprendidas en los números anteriores que se realicen en el recinto aeroportuario y que tengan transcendencia para la explotación económica del aeropuerto»[26].

---

25 El artículo 15.2.c) prevé como infracción grave el cambio de la titularidad de la instalación sin la preceptiva autorización.

26 En su artículo 3 se establece lo siguiente: «Los servicios enumerados en los puntos uno, dos y tres del artículo anterior se prestarán, en todo caso, directamente por la Administración del Estado. El Estado puede reservarse la gestión directa de los aeropuertos de interés general. La gestión será necesariamente directa del Estado en aquellos aeropuertos calificados de interés general en virtud de lo dispuesto en el número cuatro del artículo primero del presente Real Decreto. La gestión directa de un aeropuerto supone necesariamente la prestación por la Administración del Estado, además de los servicios a que se hace referencia en el párrafo primero de este artículo, de aquellos otros comprendidos en el punto cuatro del artículo anterior». En su artículo 4 se dispone lo siguiente: «La reserva de la gestión directa por parte del Estado no es obstáculo para que en todo caso el titular dominical del recinto aeroportuario de que se trate pueda ejecutar por sí o por otras personas aquellas actividades de entre las comprendidas en el número cinco del artículo segundo que se determinen al autorizarse, por la oportuna resolución de la Subsecretaría de Aviación Civil, la apertura al tráfico del aeropuerto o con posterioridad a petición del interesado. En los recintos aeroportuarios titularidad del Estado la prestación de las actividades a que se refiere el punto cinco del artículo segundo se realizará en las formas establecidas en la legislación vigente». En relación con este último precepto hay que advertir que el Capítulo III del Título I de la Ley 3/2010,

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El capítulo IV del Título I de la Ley 3/2010 se regulan los planes directores. En su artículo 12.1 se establece que, con carácter general, las instalaciones aeronáuticas contarán con un Plan Director. Reglamentariamente se determinarán las características y circunstancias de aquellas instalaciones que, por su escasa entidad o tráfico, no precisen contar con el referido plan. Esta remisión reglamentaria es muy interesante con respecto a lo que aquí interesa porque serviría de fundamento para excluir a los drones o, al menos, a determinadas categorías de ellos. De hecho, la propia Ley citada remata este precepto advirtiendo que, «en todo caso, los helipuertos destinados a emergencias o servicios análogos no precisarán de un Plan Director», precisión esta última que por analogía podría justificar un trato diferenciado también para los drones.

Conforme al apartado 2 el Plan Director definirá las directrices de ordenación y desarrollo de la instalación hasta que alcance la máxima expansión previsible, y tendrá por objeto la delimitación de la zona de servicio, incluyendo las superficies necesarias para llevar a cabo las actividades aeronáuticas y tareas complementarias, así como los espacios de reserva y la delimitación de las servidumbres aeronáuticas.

En cuanto a su tramitación se advierte que el Plan Director deberá contar con los informes preceptivos de las Consejerías competentes en materia de ordenación territorial, urbanismo, medio ambiente e infraestructuras, de conformidad con la legislación vigente, así como con el informe vinculante de la Administración General del Estado en materia de espacio aéreo, tránsito y transporte aéreos, previsto en el artículo 9 de la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea. De acuerdo con el apartado 4 el Plan Director y los proyectos que lo desarrollen, complementen o sirvan de apoyo se someterán a lo dispuesto en materia de evaluación ambiental en la Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. Sin perjuicio de las competencias estatales en la materia, el Plan Director será aprobado por la autoridad aeroportuaria de la Comunidad de Madrid en el plazo máximo de seis meses. Si transcurrieran tres meses sin obtener respuesta a su solicitud, el solicitante deberá denunciar por escrito esta circunstancia en los 15 días siguientes al vencimiento de los tres primeros meses desde la presentación de la solicitud y ante el órgano inmediatamente superior al competente para decidir la aprobación. Si denunciada la falta de contestación, transcurrieran seis meses desde la presentación de la solicitud, sin obtener respuesta, ésta se entenderá aprobada por silencio administrativo. Si no se hubiera producido la referida denuncia, el silencio de la administración tendrá efectos desestimatorios. En cualquier caso, el

dedicado a las competencias de la Comunidad de Madrid para la ejecución de la legislación estatal en materia de aeropuertos, posee un único precepto, el artículo 11, sobre las competencias ejecutivas de la legislación estatal y participación en la gestión de aeropuertos de interés general, en el que se dispone lo siguiente: «1. La Comunidad de Madrid, a través de la consejería competente en materia de transportes, llevará a cabo la ejecución de la legislación estatal en materia de aeropuertos comerciales no declarados de interés general, o aquellos aeropuertos calificados de interés general cuya gestión directa no se reserve el Estado. 2. La Comunidad de Madrid participará, en la forma que se determine por el Estado, en los órganos de gestión de los aeropuertos de interés general radicados en su territorio cuya gestión directa se reserve el Estado».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

silencio será desestimatorio si la evaluación de impacto ambiental fuera negativa. Los planes directores se revisarán siempre que las necesidades exijan introducir modificaciones de carácter sustancial en su contenido y deberán actualizarse, al menos, cada ocho años[27].

En cuanto a su contenido el apartado 5 precisa que el Plan Director habrá de contener los siguientes documentos: a) Memoria, que incluirá análisis de los tráficos previstos y de las necesidades futuras en función de la evolución previsible de la demanda; la delimitación de la zona de servicio y las actividades previstas para cada una de sus áreas, con la justificación de su necesidad o conveniencia, y la relación con el planeamiento urbanístico; las infraestructuras terrestres de acceso a la instalación existentes o que se deriven de la ejecución de planes o proyectos aprobados, así como el estudio de las que se consideren necesarias en función del volumen del tráfico previsto y de su evolución; y el ámbito territorial que pueda ser afectado por el establecimiento de las servidumbres aeronáuticas. b) Plano general de situación de la instalación y de cada una de las áreas de su zona de servicio, así como planos del espacio territorial afectado por las servidumbres aeronáuticas. c) Estudio de la incidencia de la instalación en el ámbito territorial circundante. d) Estimación de las magnitudes económicas del desarrollo de la instalación previsto por el Plan Director.

Finalmente, se prevé que cuando se trate de instalaciones de titularidad pública, la aprobación del Plan Director comportará la declaración de utilidad pública, a los efectos expropiatorios, de los bienes y derechos de titularidad privada comprendidos dentro de la delimitación de la zona de servicio.

3. LA LEY DEL SUELO DE LA COMUNIDAD DE MADRID

3.1. Introducción

Pero la instalación de un aeródromo para drones en un edificio o en un terreno no se puede ceñir a la regulación del Derecho aeronáutico. El Derecho urbanístico tiene mucho que decir por el sencillo motivo de que la instalación aeronáutica hay que ubicarla en algún sitio, aunque afirmar esto parezca una obviedad innecesaria. En las siguientes líneas vamos a desarrollar los aspectos urbanísticos que pueden afectar a los drones.

Hay que comenzar advirtiendo que, desde la perspectiva actual, las CCAA tienen competencia exclusiva en materia de urbanismo. En Madrid hay que considerar la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo, de la Comunidad de Madrid[28].

---

27 Ver apartados 3, 4, 6 y 8 del artículo 12 citado.

28 Ver Fernández, T.R y Fernández Torres, J.R: *Derecho Urbanístico de Madrid,* Iustel, Madrid, 2004 y Velasco Caballero, F: *Derecho urbanístico de la Comunidad de Madrid*, Instituto de Derecho Local. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 2016.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La hipótesis que se podría plantear legítima y abiertamente es si el dueño de un inmueble rústico o urbano podría instalar un aeródromo de drones libremente en su propiedad sin tener que pedir licencia alguna a ninguna Administración urbanística y sin importar la clasificación y calificación del suelo donde lo quiere situar. Esta idea podría matizarse de muchas maneras según el tipo de dron que quisiese operar en su terreno. Sobre esto último volveremos al final, pero ahora conviene retener la idea básica, aunque matizable, de que la proclamación solemne de que el propietario tiene derecho a gozar y disfrutar de una cosa sin más limitaciones que las establecidas en las leyes que establece el artículo 348 del Código civil de 1889 está superada desde hace casi setenta años en el plano del urbanismo[29].

Efectivamente, como ya se decía en el vieja Ley del Suelo de 1956 en su artículo 61, que encabezaba el capítulo 1.º de su Título II dedicado a la calificación del suelo y a su régimen urbanístico: «Las facultades del derecho de propiedad se ejercerán dentro de los límites y con el cumplimiento de los deberes establecidos en esta Ley o, en virtud de la misma, por los Planes de ordenación, con arreglo a la calificación urbanística de los predios»[30]. La Constitución española no hizo más que ratificar este planteamiento ya de forma generalizada al afirmar contundentemente en su artículo 33.2 que «la función social de estos derechos delimitará su contenido, de acuerdo con las leyes». Precisamente, en la actualidad, el artículo 9 de la Ley 9/2001 deja clara esta misma idea en nuestra Comunidad al regular el contenido urbanístico del derecho de propiedad del suelo y al disponer lo siguiente:

> *«1. La función social de la propiedad delimita el contenido de las facultades urbanísticas susceptibles de adquisición y condiciona su ejercicio. Los derechos y los deberes de la propiedad del suelo resultan de su clasificación y, en su caso, calificación urbanística. 2. El cumplimiento de los deberes es condición previa para el ejercicio de las facultades urbanísticas que se definen y regulan en la presente Ley. Tanto el cumplimiento de los deberes como el ejercicio de las facultades del derecho de propiedad deberán producirse en los términos dispuestos por esta Ley y, en virtud de la misma, por el planeamiento general, con arreglo al régimen de gestión de la actividad de ejecución por éste determinada. 3. La clasificación urbanística, la categoría del suelo y la calificación urbanística vinculan los terrenos, las construcciones y las edificaciones a los correspondientes destinos y usos y definen la función social de los mismos, completando la delimitación del contenido del derecho de propiedad. 4. La utilización del suelo, y en especial su urbanización y edificación, deberá producirse en la forma y con las limitaciones que la legislación de ordenación territorial y urbanística establezcan, de conformidad con la clasificación urbanística de los predios».*

Por tanto, la primera idea que hemos de retener es que el propietario de un inmueble o de un terreno no podrá instalar un aeródromo de drones, sea en una

29 El mismo comentario merece su artículo 350 cuando dice que «el propietario de un terreno es dueño de su superficie y de lo que está debajo de ella, y puede hacer en él las obras, plantaciones y excavaciones que le convengan, salvas las servidumbres, y con sujeción a lo dispuesto en las leyes sobre Minas y Aguas y en los reglamentos de policía».

30 Ver Fernández, T.R: *Manual de Derecho Urbanístico,* Civitas, Cizur Menor (Navarra), 2023.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

edificación urbana, sea en una finca rústica o urbanizable con o sin construcción, sin que la legislación o el planeamiento urbanístico o territorial lo autorice de acuerdo con las normas que vamos a ver a continuación o con las que se estime pertinente dictar para habilitar expresamente tal uso, cuestión esta última que nos permitirá adentrarnos en el debate final. Para reforzar esta idea hay que recordar aquí lo que pasó con el tema del subsuelo en su momento[31]. Por consiguiente, el viejo principio del Derecho de que el propietario de un terreno lo es desde los cielos hasta los infiernos está superado[32] y miremos hacia arriba o miremos hacia abajo, el propietario está sometido a una regulación que permita un uso no sólo rentable sino también ordenado y solidario de su propiedad.

3.2. Actuaciones en suelo urbano

El artículo 14.1 de la Ley 9/2001 nos define qué es el suelo urbano en general[33], aclarándonos su clasificación en el apartado 2 del citado precepto[34]. Obviamente las

31 Reus, M, en su artículo «¿Cuál es el alcance del derecho de subsuelo?», https://revistainmueble.economistjurist.es/cual-es-el-alcance-del-derecho-de-subsuelo/, nos explica que «Muchos propietarios tienen la creencia de que con la adquisición del terreno, y por tanto la propiedad del mismo, se puede actuar en el subsuelo sin ningún tipo de límite. Esta idea es errónea ya que como bien indica este artículo, sus facultades de explotación vendrá determinado por los aprovechamientos y usos que confiera la normativa a cada una de las parcelas ¿Hasta qué profundidad o altura alcanza el dominio de la finca?, y dentro de esta delimitación espacial ¿qué facultades o usos pueden ejercitarse dentro del mismo? Será el planeamiento urbanístico y la demás legislación sobre ordenación territorial la que determinará el alcance y los límites del derecho de propiedad».

32 Así, se ha dicho que «este concepto legal está codificado en la frase latina Cuius est solum, eius est usque ad coelum et ad inferos ("Quien posee la tierra, es de ellos hasta el cielo y hasta el infierno"), que aparece en el derecho romano medieval y es acreditado al glosador Accursius del siglo XIII; fue notablemente popularizado en el derecho anglosajón en Commentaries on the Laws of England (1766) de William Blackstone». Ver https://es.wikipedia.org/wiki/Derechos_a%C3%A9reos.

33 1. Tendrán la condición de suelo urbano los terrenos que, formando parte de una trama urbana, cumplan alguna de las siguientes condiciones: a) Que sean solares por ser aptos para la edificación o construcción y estar completamente urbanizados, estando pavimentadas las calzadas y soladas y encintadas las aceras de las vías urbanas municipales a que den frente y contando, como mínimo, con los servicios de abastecimiento de agua, evacuación de aguas residuales, suministro de energía eléctrica y alumbrado público conectados a las correspondientes redes públicas. b) Que cuenten con urbanización idónea para la edificación o construcción a que deba otorgar soporte y realizada en grado suficiente, que proporcione, en todo caso, acceso rodado por vía urbana municipal, abastecimiento de agua, evacuación de aguas residuales y suministro de energía eléctrica y alumbrado público. c) Que estén ocupados por la edificación o construcción al menos en las dos terceras partes de los espacios aptos para la misma, conforme a la ordenación que establezca el planeamiento urbanístico. d) Que estén urbanizados en ejecución del planeamiento urbanístico y de conformidad con sus determinaciones.

34 2. El planeamiento general diferenciará en el suelo urbano, cuando proceda, todas o alguna de las siguientes categorías primarias: a) Suelo urbano consolidado, integrado por los solares, así como las parcelas que, por su grado de urbanización efectiva y asumida por el planeamiento urbanístico, puedan adquirir la condición de solar, mediante obras accesorias y simultáneas a las de edificación o construcción. Serán también suelo urbano consolidado aquellos solares o parcelas que sean

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

zonas ya edificaciones forman parte natural de él como se deduce fácilmente del primer párrafo de su artículo 37.1[35].

Con respecto a lo que se conoce como suelo urbano consolidado la letra c) del artículo 17 de la Ley 9/2001, dedicado a los derechos y deberes de los propietarios de suelo urbano consolidado, señala que el contenido urbanístico del derecho de propiedad en suelo urbano consolidado comprenderá el derecho a «destinar la edificación a alguno de los usos legitimados por la ordenación urbanística en vigor». En el mismo sentido el artículo 19.1, sobre el régimen del suelo urbano consolidado, dispone que «en suelo urbano consolidado, los terrenos estarán legalmente vinculados a los usos previstos por la ordenación urbanística y, en su caso, a la construcción o edificación…».

En el caso del suelo urbano no consolidado el artículo 20.1.a) al regular su régimen establece que en el «suelo urbano no consolidado sólo podrán realizarse, mientras no cuente con ordenación pormenorizada establecida directamente por el planeamiento general o, en desarrollo de éste, por el correspondiente planeamiento de desarrollo, las obras correspondientes a infraestructuras, equipamientos y servicios públicos de las redes definidas por la ordenación estructurante del planeamiento general, así como las de infraestructuras y servicios públicos de la competencia de cualquiera de las Administraciones públicas y los servicios públicos prestados por compañías suministradoras que sean compatibles con la ordenación establecida en el planeamiento».

Por consiguiente, queda claro que, ni los edificios ya existentes, ni los terrenos que sean solares, ni los cuasisolares, ni las fincas que todavía no tengan las condiciones anteriores, pero se incluyan dentro del perímetro del suelo urbano, pueden albergar aeródromos para drones sin que se cumplan con los requisitos exigidos en los artículos 17, 19 y 20 arriba citados.

Según la categoría de dron podrá ser más o menos fácil adaptarse a estas exigencias legales. Ahora bien, para los de cierto tamaño parece lógico pensar que habrá que meditar más la implantación de sus instalaciones de forma generalizada en la ciudad.

---

objeto de actuaciones de dotación, aunque requieran de equidistribución de beneficios y cargas. b) Suelo urbano no consolidado, integrado por la restante superficie de suelo urbano y, en todo caso, aquellos terrenos que sean objeto de actuaciones de reforma o renovación de la urbanización. 3. Reglamentariamente se concretarán los criterios para valorar adecuadamente el grado de urbanización y de consolidación de los terrenos para la clasificación como suelo urbano, así como los criterios que sean de aplicación, en su caso, para distinguir entre las dos categorías establecidas.

35 Artículo 37. Determinaciones sobre la división del suelo. «1. La totalidad del suelo urbano de un término municipal deberá dividirse en áreas homogéneas, siendo cada una de ellas la pieza de referencia respecto a la cual se señalan las condiciones de la ordenación estructurante. Las áreas homogéneas del suelo urbano deberán delimitarse atendiendo a criterios de homogeneidad tipológica y funcional en sí mismas y respecto al conjunto del núcleo urbano y el territorio municipal. Respetando tales criterios, se justificará que, en la medida de lo posible, cada área homogénea de suelo urbano coincida en la mayor parte de su extensión con barrios o unidades tradicionales de la ciudad consolidada, y que sus límites sean elementos estructurantes de la ordenación urbanística. Sobre estas divisiones de suelo se aplicarán las zonas urbanísticas de ordenación pormenorizada u Ordenanzas, establecidas en el artículo 40».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Aquí, quizás, nos puede servir de referencia el caso de los helipuertos en la Comunidad autónoma de Madrid. A fecha de hoy, como se ha explicado en la prensa especializada, en la capital de Madrid su existencia es limitada[36]. Desde la perspectiva de las instalaciones, se señaló en su momento que dentro de la M-30, solo había ocho helipuertos privados[37]. Desde el punto de vista operativo los vuelos fuera del perímetro de la M30 de la capital se permiten, pero dentro de él AESA y ENAIRE han establecido importantes restricciones de vuelos privados debido a la proximidad del aeropuerto madrileño Adolfo Suárez (Barajas) y su zona de influencia con la capital y otros importantes núcleos urbanos[38]. Se advierte que en general, «no se autorizan vuelos privados[39] sobre la ciudad de Madrid porque está dentro del CTR (Control Traffic Region) de Madrid[40], un área de control que protege las entradas

36 https://ingenieriareal.com/especificaciones-tecnicas-para-helipuertos/ y https://www.elconfidencial.com/espana/madrid/2018-02-07/helipuertos-madrid-m30_151 el7925/. Se explica aquí que «según los últimos datos oficiales que maneja la Dirección General de Transportes, que ejerce las competencias de autorización e inspección de todos los aeródromos civiles y de uso restringido ubicados en la región, ya sean de titularidad pública o no. La Consejería de Transportes explica que inspecciona y controla dos tipos de helipuertos: de uso público y de uso restringido, pudiendo ser ambas instalaciones de titularidad pública o privada. La distinción se hace por el tipo de operación que soportan. Los primeros, los de uso público, son aquellos en los que se pueden realizar operaciones de transporte comercial, de pasajeros, mercancías y correo. Por ejemplo, los privados que están dentro de la M-30. El resto se consideran de uso restringido (sujetos a autorizaciones y limitaciones de horario). De estos últimos hay 93 en toda la región: 18 son instalaciones con un uso regular y permanente y 75 son helisuperficies para uso esporádico diseñadas para atender emergencias sanitarias. De los 18 helipuertos de uso permanente, ocho son públicos y están ubicados en los hospitales (como en el 12 de octubre o en la Fundación Alcorcón); ocho también públicos, destinados a la lucha contra incendios; uno está en la sede central de la DGT, y otro es privado y se utiliza para emergencias, el de Torre Picasso. «Todos estos están operativos, pero existen otra serie de instalaciones que por no cumplir con los requisitos normativos en vigor o por deseo de su titular se han dado de baja».

37 Dentro de la M-30 los helipuertos privados eran el que tenía el Banco de España (actualmente en desuso); el de Torrespaña, el de las torres del BBVA, el de la Mutua Madrileña, del edificio Picasso, el de los rascacielos gemelos KIO y el de Caja Madrid. Se explica que ·de todos ellos, «el único que actualmente se puede utilizar por tener todas las certificaciones en regla es el de Torre Picasso, «aunque no registró ninguna operación de vuelo privada en 2016».

38 Así, por ejemplo, se advierte que «si tiene un helicóptero privado o contrata un vuelo turístico, puede sobrevolar la Casa de Campo, pero no la plaza de España».

39 Se advierte, en primer lugar, que hay excepciones para los vuelos privados «si cuentan con la autorización pertinente» como «la toma de imágenes de la Vuelta Ciclista, de manifestaciones, o imágenes aéreas de alguna cadena televisiva por algún otro acontecimiento especial». Se advierte que «la Comunidad de Madrid valoró incluso la posibilidad de intentar fomentar estos vuelos privados y turísticos sobre la ciudad, pero se descartó finalmente tras estudiar "los protocolos de seguridad"». Por su carácter de servicio público no privado, evidentemente, sí «pueden sobrevolar la capital helicópteros de la Policía y de los servicios de emergencia y sanitarios». Se informa que el Ministerio de Transportes por ejemplo contabilizó en 2016 3.700 vuelos de helicópteros de uso restringido en la región: 2.894 en la lucha contra incendios y 866 por necesidades sanitarias. El de Torre Picasso no registró ninguna operación.

40 «Convive por cercanía con otro CTR, el de Colmenar Viejo, un área específica de control que protege las operaciones de la base militar de esa zona».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

y salidas de la zona de influencia de los cuatro aeropuertos y bases aéreas militares que están actualmente operativos en la Comunidad de Madrid: las bases áreas de Getafe y Torrejón de Ardoz, el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas y el aeródromo de Cuatro Vientos. Cuatro zonas de protección que incluyen unos 2.900 kilómetros cuadrados».

De esta manera contamos con un régimen muy estricto alejado de modelos más liberales tanto en Europa (Italia o Alemania) como en EE. UU., que toleran una oferta turística de vuelos sobre grandes ciudades.

Información más actualizada sobre los helipuertos existentes en la Comunidad de Madrid se puede encontrar en el Documento de Planificación de Inspecciones de Instalaciones Aeronáuticas para 2025[41] donde se explica que «la ordenación de las actuaciones de inspección aeronáutica se fundamenta en el criterio básico de la planificación como instrumento necesario, no sólo para organizar internamente la actividad de inspección, sino para dar seguridad al destinatario de tales actuaciones. Dentro de este proceso de planificación, el presente documento tiene por objeto definir el alcance de las inspecciones e identificar las infraestructuras que durante 2025 está previsto que sean objeto de inspección por parte del Área de Instalaciones Aeronáuticas de la Dirección General de Transportes y Movilidad de la Comunidad de Madrid».

3.3. Actuaciones en suelo urbanizable

El artículo 15 de la Ley 9/2001 define el suelo urbanizable como «los terrenos que el planeamiento general adscriba a esta clase de suelo, mediante su clasificación, por no proceder serlo a las clases de suelo urbano y no urbanizable de protección, y podrá ser objeto de transformación, mediante su urbanización o cualquiera de las otras formas previstas en la presente Ley, en las condiciones y los términos que dicho planeamiento determine, de conformidad con las Normas que reglamentariamente se establezcan. El planeamiento general diferenciará en el suelo urbanizable, cuando proceda, todas o alguna de las siguientes categorías primarias: a) Suelo urbanizable sectorizado, integrado por los terrenos que el planeamiento general prevea expresamente que deben transformarse en suelo urbano y que, a tales efectos, se dividen en recintos denominados sectores. b) Suelo urbanizable no sectorizado, integrado por los restantes terrenos adscritos a la clase de suelo urbanizable». Como su propio nombre indica, para poder activar su procedimiento de urbanización deben ser «sectorizados», para lo cual hay que aprobar expresamente el denominado «Plan de Sectorización».

41 Ver Dirección General de Transportes y Movilidad. Comunidad de Madrid. Área de Instalaciones Aeronáuticas y Transporte por Cable. Consejería de Vivienda, Transportes e Infraestructuras: Plan anual de inspecciones aeronáuticas 2025 (Documento de Planificación de Inspecciones de Instalaciones Aeronáuticas para 2025), 14/01/2025. Mediante este documento se da cumplimiento al artículo 11 del Real Decreto 98/2009, por el que se aprueba el Reglamento de Inspección Aeronáutica, relativo a la ordenación de las actuaciones de inspección aeronáutica.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Vamos a seguir este mismo esquema de la Ley a la hora de clasificar esta clase de suelo para ver los importantes matices que debemos considerar a efectos de poder plantearnos la ubicación en ellos de un aeródromo de drones. En principio, como es un suelo que no se ha transformado en suelo urbano, podríamos pensar que posee un régimen más liberal que el de este último que nos viene ya muy condicionado por sus características esenciales que hemos visto arriba. Es verdad que el suelo urbanizable al ser un terreno con nula o baja edificabilidad parece muy idóneo para instalar este tipo especial de aeródromos. Sin embargo, ese régimen liberal no existe. Esto no significa que no pueda ser técnicamente más apto para ello por sus características físicas, pero una cosa es el aspecto material y otra el jurídico. Aprovechamos, pues, para reiterar la idea que hemos señalado al principio: el dueño de una finca, por muy desprovista de construcciones que esté, no es libre para hacer con ella lo que le interese.

En relación con el suelo urbanizable sectorizado el artículo 21 de la Ley 9/2001 regula los derechos y deberes de la propiedad, disponiendo en su apartado 1.º que «el contenido urbanístico del derecho de propiedad en suelo urbanizable sectorizado comprenderá, además de los generales, los mismos derechos y deberes establecidos para el suelo urbano no consolidado en el artículo 18 de la presente Ley». Este último precepto, a su vez, dispone lo siguiente: «1. El contenido urbanístico del derecho de propiedad en suelo urbano no consolidado comprenderá, además de los generales, los siguientes derechos, cuyo ejercicio se verificará secuencialmente según proceda: a) Instar a la aprobación del pertinente planeamiento de desarrollo a fin de establecer la ordenación pormenorizada precisa para legitimar la actividad de ejecución del planeamiento. b) Instar a la delimitación de la correspondiente unidad de ejecución y al señalamiento del sistema de ejecución. c) Llevar a cabo la actividad de ejecución o, en todo caso, intervenir y participar en ella con arreglo al principio de distribución equitativa de beneficios y cargas, y en los términos y condiciones determinados en el Título III de la presente Ley, salvo en los casos en que aquélla deba realizarse por un sistema público de ejecución… 3. Culminado el proceso de ejecución del planeamiento, en la forma establecida en el artículo 71 de la presente Ley, los terrenos comprendidos en el correspondiente ámbito de actuación alcanzarán la categoría de suelo urbano consolidado y, en consecuencia, los derechos y deberes de la propiedad serán los establecidos en el artículo anterior». Con respecto a esta última apreciación recordemos lo señalado arriba sobre el artículo 17 c) y el reconocimiento del derecho/deber del propietario de «destinar la edificación a alguno de los usos legitimados por la ordenación urbanística en vigor». Por consiguiente, al final tenemos que hacer aquí la misma reflexión que antes. El propietario de suelo urbanizable sectorizado acaba dependiendo de lo que le marque el planificador.

Más interesante, y quizás complejo, es el régimen de actuaciones en el suelo urbanizable no sectorizado, dado que el legislador distingue varios supuestos.

En primer lugar, el artículo 25 de la Ley 9/2001 prevé la posibilidad de realizar actuaciones en suelo urbanizable no sectorizado que no requieren cambio en la categoría del suelo. De este modo, se prevé que en el suelo urbanizable no sectorizado podrán realizarse, en todo caso, en los términos y condiciones en cada caso prescritos en la citada Ley, los siguientes actos:

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

letra a): Las obras e instalaciones y los usos requeridos por las infraestructuras y los servicios públicos estatales, autonómicos o locales que precisen localizarse en terrenos con esta clasificación y categoría de suelo, así como los requeridos por las infraestructuras de distribución o transporte de energía y de telecomunicaciones, y sus construcciones estrictamente necesarias, para la prestación de servicios de utilidad pública o de interés general, con independencia de su titularidad pública o privada[42]. La amplia redacción de este precepto podría servir de base para justificar los aeródromos que aquí nos interesan.

letra b): Los que se legitimen mediante calificación urbanística o proyecto de actuación especial.

Las actuaciones en suelo urbanizable no sectorizado que requieren calificación urbanística se regulan en el artículo 26 de la Ley 9/2001[43]. En el apartado 1.º podemos encontrar una base para justificar la instalación de un aeródromo para drones al preverse que «en los términos que disponga el planeamiento urbanístico y, en su caso, el planeamiento territorial, podrá legitimarse, mediante la previa calificación urbanística, la realización de las siguientes construcciones, edificaciones e instalaciones con los usos y actividades correspondientes: … c) Las de carácter de infraestructuras. El uso de infraestructuras comprenderá las actividades, construcciones e instalaciones, de carácter temporal o permanente, necesarios para la ejecución y el mantenimiento de obras y la prestación de servicios relacionados con el transporte por cualquier medio de personas y mercancías…» Obsérvese que se usa la expresión «por cualquier medio» por lo tanto se puede cubrir perfectamente este tipo de aeródromos. Ahora bien, la cosa no es tan sencilla porque como acabamos de ver el precepto condiciona esta tolerancia a una serie de requisitos importantes:

1.º) «en los términos que disponga el planeamiento urbanístico y, en su caso, el planeamiento territorial». Por consiguiente, debe estar previsto previamente por el planificador.

2.º) «podrá legitimarse, mediante la previa calificación urbanística». Esto último, como explica el artículo 26.2 de la Ley 9/2001, supone cumplir unos requisitos de contenido y un procedimiento de tramitación y aprobación de las iniciativas de actuación sometidas a calificación urbanística que se regulan en los artículos 147[44]

---

42 Se modificó la letra a) por el art. 2.5 de la Ley 7/2024, de 26 de diciembre. Ref. BOE-A-2025-5522.

43 Se modifica por el art. 2.6 de la Ley 7/2024, de 26 de diciembre. Ref. BOE-A-2025-5522. *Téngase en cuenta la disposición transitoria 1 para la aplicación de la modificación*. Se añade el apartado 3 por el art. 10.1 de la Ley 7/2007, de 21 de diciembre. Ref. BOE-A-2008-4062.

44 CAPÍTULO II Intervención de la Comunidad de Madrid en actos de uso del suelo, construcción y edificación *Sección 1.ª Calificaciones urbanísticas* Artículo 147. Objeto. La calificación urbanística completa el régimen urbanístico definido por el planeamiento general y, en su caso, los planes de desarrollo, complementando la ordenación por éstos establecida, para una o varias parcelas o unidades mínimas, y autorizando, en su caso, un proyecto de edificación o uso del suelo conforme a lo establecido en la presente Ley, cuando estos actos pretendan llevarse a cabo en el suelo no urbanizable de protección y en el suelo urbanizable no sectorizado.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

y 148[45] de la Ley. Los ayuntamientos procurarán, a través de sus ordenanzas municipales, la tramitación conjunta del expediente de calificación urbanística y del correspondiente título habilitante, a fin de que ambos sean resueltos en el mismo acto. En cuanto a la necesidad de contar con el título habilitante debemos remitirnos a lo dicho arriba sobre el artículo 163. Hay que advertir que no cabe posibilidad de invocar el artículo 26.3 en el supuesto de la instalación de un aeródromo de drones ya que dice que no requerirán de calificación urbanística, siempre que el uso no esté expresamente prohibido por el planeamiento o normativa sectorial de aplicación. Ello se debe a que no figuran los aeródromos de ningún tipo en la lista de construcciones o instalaciones que allí se prevén como exceptuados de dicho procedimiento de calificación[46]. Finalmente, de cara a facilitar modificaciones futuras de instalacio-

45 Artículo 148. Órgano competente y procedimiento. 1. La calificación urbanística corresponde: a) Al Pleno del Ayuntamiento cuando se trate de las calificaciones previstas en el número 1 del artículo 29 de la presente Ley. b) Al Alcalde en el resto de supuestos. 2. El procedimiento para la calificación urbanística se ajustará a las siguientes reglas: a) Solo podrá iniciarse a instancia de interesado acompañada de documentación acreditativa, como mínimo, de la identidad del solicitante, la titularidad de derecho bastante sobre la o las unidades mínimas y completas correspondientes, la justificación de la viabilidad, incluso por razón de su impacto territorial y ambiental, y la determinación de las características del aprovechamiento pretendido y de las técnicas de las obras a realizar. b) Presentada la solicitud, la instrucción y resolución del procedimiento corresponderá al Ayuntamiento, el cual, en el plazo de un mes, emitirá informe técnico sobre la viabilidad urbanística de la actuación pretendida. En caso de que dicho informe resulte de carácter desfavorable, no procederá la continuación del procedimiento, adoptándose resolución desestimatoria de la solicitud. c) Informado favorablemente el expediente, se solicitarán los informes preceptivos o convenientes de todos los Organismos y Administraciones con competencia afectada por el objeto del procedimiento. d) La resolución definitiva deberá producirse y notificarse dentro del plazo máximo de tres meses, a contar desde la entrada de la solicitud o, en su caso, desde la subsanación o mejora de la documentación, caso de haberse practicado requerimiento al efecto dentro de los quince días siguientes a dicha entrada. El transcurso del plazo máximo sin notificación de resolución autorizará para entender desestimada la solicitud. 3. Si las obras y los usos o actividades de que se trate requieren declaración de impacto ambiental o, en su caso, informe o calificación ambientales, no podrá resolverse sobre la calificación urbanística hasta que no se haya producido el correspondiente pronunciamiento ambiental, quedando suspendido entre tanto el plazo para resolver. 4. La calificación urbanística legitima las obras de construcción o edificación y los usos o las actividades correspondientes, sin perjuicio de la necesidad de título habilitante de naturaleza urbanística en los términos de la presente Ley y de cualesquiera otras autorizaciones administrativas que, conforme a la legislación sectorial aplicable, sean igualmente preceptivas. 5. Las calificaciones urbanísticas caducan, cesando su efecto legitimador de las obras y usos, por cualquiera de las causas siguientes: a) El transcurso de un año desde su otorgamiento sin que se hubiera solicitado el título habilitante de naturaleza urbanística que corresponda y las restantes autorizaciones administrativas que fueran preceptivas. b) El transcurso del plazo de vigencia que se hubiera fijado en la propia calificación urbanística. 6. La caducidad por transcurso del plazo de vigencia de la calificación urbanística se entenderá sin perjuicio de la posibilidad de la prórroga del mismo. Se modifica por el art. 5.17 de la Ley 11/2022, de 21 de diciembre. Ref. BOE-A-2023-7343.

46 a) La instalación de invernaderos temporales y desmontables. b) La instalación de casetas de aperos no habitables, de una superficie total no superior a 15 metros cuadrados por parcela. c) Los proyectos de riego. d) La plantación de cualquier especie agrícola o silvícola. e) La instalación de comederos abrevaderos desmontables y portátiles. f) Los cerramientos perimetrales de fincas o parcelas. g) La instalación de silos y heniles, desmontables y portátiles. h) La nivelación de terreno

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

nes ya calificadas, el apartado 4.º prevé que aquellas actuaciones que cuenten con calificación urbanística, pero sean susceptibles de ampliación podrán llevarse a cabo sin necesidad de un nuevo procedimiento de calificación urbanística siempre que se trate del mismo uso o accesorio. Para ello, solicitarán o presentarán al ayuntamiento el título habilitante de naturaleza urbanística que se requiera para su lícito ejercicio. Las actuaciones a las que se refiere este precepto en ningún caso podrán afectar a parcelas diferentes a las que ya cuentan con calificación.

En segundo lugar, el artículo 27 regula las actuaciones en suelo urbanizable no sectorizado que requieren proyecto de actuación especial. Así, dispone su apartado 1.º que cuando justificadamente no sea factible su realización en suelo urbano o urbanizable sectorizado y siempre que el planeamiento territorial y urbanístico no lo prohíba, podrá legitimarse mediante la aprobación de un proyecto de actuación especial el establecimiento en suelo urbanizable no sectorizado de una serie de usos y actividades, con las construcciones, edificaciones e instalaciones que cada uno de ellos requiera, y siempre que no se trate de infraestructuras, instalaciones o servicios públicos. El contenido y procedimiento de tramitación y aprobación del proyecto de actuación especial, en tanto instrumento de ejecución, se regula en los artículos 149 y 150 de la Ley 9/2001. Hay que advertir que este supuesto no parece factible para el tipo de instalaciones aeronáuticas que aquí nos interesan porque en el listado de usos y actividades tampoco aparece reseñada esta posibilidad expresamente[47]. Quizás, apurando la interpretación del precepto podría autorizarse un aeródromo eventual o restringido para pruebas o fines científicos apoyándonos en la letra a),

y despedregado. i) Los sondeos para captación de agua. j) La instalación de huertos. k) La mejora de caminos rurales y caminos nuevos. l) La colocación de señalización, paneles, mesas interpretativas. m) Las instalaciones ganaderas (mangas, embarcaderos, etc.) siempre que las mismas sean desmontables. n) La instalación de colmenas desmontables y portátiles. ñ) Las instalaciones públicas para tratamientos de residuos. o) Las instalaciones de básculas puente públicas. p) Los circuitos públicos biosaludables. q) La instalación pública de punto verde. r) Las instalaciones desmontables para la comercialización de los productos provenientes de la propia explotación de la finca, así como las actividades vinculadas a esta última. s) Aquellas otras que puedan señalarse mediante orden del titular de la consejería competente en materia de ordenación del territorio y urbanismo.

47 a) Uso de equipamiento social, comprensivo, en las condiciones que fije el planeamiento general y, en su caso, el planeamiento territorial, de: 1.º Establecimientos e instalaciones para la defensa o seguridad pública. 2.º Actividades y servicios culturales, docentes, científicos, asistenciales, religiosos, funerarios y similares, y con carácter general, los de interés social. 3.º Instalaciones recreativas, de ocio y esparcimiento. 4.º Actividades y servicios propios de las áreas de servicio de las carreteras. b) Uso industrial, comprensivo, en las condiciones y con los requerimientos que establezca el planeamiento general y, en su caso, el planeamiento territorial, de: 1.º Los depósitos de residuos inertes, materiales, maquinaria y vehículos. 2.º Establecimientos industriales que, por los riesgos que comporten, precisen una localización aislada o que, por su vinculación con explotaciones extractivas, agropecuarias o forestales, deban ubicarse junto a éstas. c) Uso turístico, comprensivo, en las condiciones y con los requisitos que establezca el planeamiento general y, en su caso, el planeamiento territorial, de los establecimientos destinados al alojamiento temporal de personas dotados de equipamiento complementario adecuado, concebidos para satisfacer una oferta turística especializada en el suelo rural. d) Establecimientos para el desarrollo de infraestructuras relativas a tecnologías de la información, comunicación y digitalización tales como los centros de proceso de datos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

que lo prevé dentro del uso de equipamiento social, comprensivo, en las condiciones que fije el planeamiento general y, en su caso, el planeamiento territorial. Ahora bien, fuera del supuesto de querer instalar un centro de experimentación con drones, otros proyectos, ya con una perspectiva comercial, parecen no tener encaje.

3.4. Actuaciones en suelo no urbanizable de protección

El artículo 16 de la Ley 9/2001 configura el suelo no urbanizable de protección como los terrenos en que concurran alguna de una serie de circunstancias[48] que motivan su exclusión de su urbanización. El artículo 29 de la Ley 9/2001 al regular el régimen de las actuaciones en suelo no urbanizable de protección prevé tres opciones:

En primer lugar, en su apartado 1.º dispone que «en el suelo no urbanizable con algún tipo de protección sectorial, excepcionalmente, a través del procedimiento de calificación previsto en la presente ley, podrán autorizarse actuaciones específicas siempre que estén previstas en la legislación sectorial correspondiente y no estén prohibidas expresamente por el planeamiento regional territorial o urbanístico».

En segundo lugar, su apartado 2.º establece que, además, «en el suelo no urbanizable de protección podrán realizarse e implantarse, con las características resultantes de su función propia y de su legislación específicamente reguladora, las obras e instalaciones y los usos requeridos por los equipamientos, infraestructuras y servicios públicos estatales, autonómicos o locales que precisen localizarse en terrenos con esta clasificación. El régimen de aplicación sobre estas actuaciones será el mismo que se regula en los artículos 25 y 163 de la presente ley». El artículo 29 bis regula el régimen de ejecución de los actos previstos en el artículo 25.a) y en el 29.2, al disponer lo siguiente: «1. En caso de que el planeamiento urbanístico contenga la ordenación pormenorizada definitoria de las condiciones para la ejecución de los usos y construcciones o instalaciones precisas previstas en el artículo 25.a) y 29.2 de esta ley, la ejecución de estos actos podrá llevarse a cabo una vez aprobados los correspondientes proyectos de obras o servicios y, en su caso, una vez que cuenten con los corres-

48 a) Que deban incluirse en esta clase de suelo por estar sometidos a algún régimen especial de protección incompatible con su transformación de acuerdo con el planeamiento regional territorial o la legislación sectorial, en razón de sus valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales o culturales, de riesgos naturales acreditados en el planeamiento sectorial, o en función de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público… 2. El planeamiento regional territorial clasificará directamente los terrenos que, en todo caso, deban pertenecer a esta clase de suelo, que será completado, en su caso, por la clasificación realizada por el planeamiento general. 3. Si como consecuencia de incendio o agresión ambiental, sean cuales fueran sus causas, quedasen dañados el suelo, la vegetación y la fauna o sus hábitats, y los terrenos perdieran el valor que dio lugar a su protección, quedarán sujetos desde el mismo momento de la producción del daño a restitución medio ambiental. En todo caso, no podrá incluirse este suelo en ninguna otra clase, dentro de los treinta años siguientes al daño sufrido, salvo su previa autorización por Ley aprobada por la Asamblea de Madrid, en la que quede justificada la imposibilidad de dicha restitución medio ambiental.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

pondientes permisos y autorizaciones que prevea su legislación sectorial, siempre que otorguen a la empresa autorizada el derecho a realizar una instalación concreta en determinadas condiciones, debiendo en todo caso, contar con el correspondiente pronunciamiento exigido por la legislación ambiental… 3. En los supuestos previstos en los apartados anteriores será necesario contar con informe urbanístico municipal, en los términos establecidos en el artículo 160 g) de la ley[49]. Dicho informe deberá ser emitido en el plazo de un mes desde que sea solicitado, entendiéndose en sentido positivo, caso de no ser evacuado en dicho plazo. El informe versará, únicamente sobre la coordinación de la implantación de la infraestructura de la que se trate».

Al igual que ocurría en el caso del suelo urbanizable no sectorizado esta regulación podría justificar la instalación de los aeródromos para drones una vez que se cumpliesen todos los requisitos que se requieren.

Finalmente, en el apartado 3.º del citado artículo 29 se dispone que en el suelo no urbanizable de protección según el artículo 16.1.b)[50], y sin protección sectorial, previa comprobación de la calificación urbanística, en los términos que disponga el planeamiento urbanístico y, en su caso, el planeamiento territorial podrán legitimarse una serie de construcciones e instalaciones con los usos y actividades correspondientes, en los suelos rurales dedicados al uso agrícola, ganadero, forestal o cualquier otro vinculado a la utilización racional de los recursos naturales, por ser de interés público o social, por su contribución a la ordenación y el desarrollo rurales o porque hayan de emplazarse en el medio rural. Esa lista no cubre los usos aeronáuticos que aquí nos interesan.

3.5. Consideración de las ordenanzas y del planeamiento urbanístico

Si queremos tener una red ciudadana de transporte de mercancías y personas mediante drones que cuente con una serie más o menos amplia de puntos fijos donde operen estas aeronaves para su aterrizaje, estacionamiento y despegue, parece evidente que desde la perspectiva urbanística nos encontraremos con una determinación estructurante de la ordenación urbanística, ya que el artículo 35.2.b) de la Ley 9/2001 incluye dentro de ellas «la definición de los elementos estructurantes de los sistemas de redes públicas».

El artículo 36.1 de la citada Ley nos define precisamente las redes públicas al establecer que «se entiende por red pública el conjunto de los elementos de las redes de

49 Artículo 160. Actos no sujetos a título habilitante urbanístico. No requerirán título habilitante urbanístico los siguientes actos de transformación, construcción, edificación o uso del suelo, subsuelo o el vuelo: g) Las actuaciones contempladas en el artículo 29 bis, sin perjuicio del informe municipal señalado en dicho artículo.

50 «Que el planeamiento regional territorial y el planeamiento urbanístico consideren necesario preservar por los valores a que se ha hecho referencia en el punto anterior, por sus valores agrícolas, forestales, ganaderos o por sus riquezas naturales».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

infraestructuras, equipamientos y servicios públicos que se relacionan entre sí con la finalidad de dar un servicio integral. Los elementos de cada red, aun estando integrados de forma unitaria en la misma, son susceptibles de distinguirse jerárquicamente en tres niveles: a) Los que conforman la red supramunicipal, que son aquellos cuya función, uso, servicio y gestión se puede considerar predominantemente de carácter supramunicipal y, por tanto, propia de las políticas de la Administración General del Estado o de la Comunidad de Madrid. b) Los que conforman la red general, que son aquellos cuya función se limita al uso y servicio de los residentes en el municipio y gestión de su propio espacio, pero sin ser claramente adscribibles a ningún área homogénea, ámbito de actuación, sector o barrio urbano o rural concreto, ni tampoco al nivel supramunicipal. c) Los que conforman la red local, que son aquellos cuya función se puede limitar al uso, servicio y gestión predominante de los residentes en un área homogénea, ámbito de actuación, sector o barrio urbano o rural concreto».

El artículo 36.2 advierte que «el conjunto de los elementos de la red pública son susceptibles de distinguirse, a efectos de la presente Ley, desde el punto de vista funcional en los siguientes sistemas de redes: a) Redes de infraestructuras, que comprenden, a su vez: 1.º Red de comunicaciones», entre las que recoge las «aeroportuarias».

Las redes, como el resto de elementos que conforman la ciudad, deben plasmarse en los planes urbanísticos. Como es bien sabido la planificación urbanística es una de las claves del desarrollo de las urbes. Así lo reconoce expresamente el artículo 2.2.b) de la Ley 9/2001, al incluir la planificación urbanística como una de las actividades de la ordenación urbanística que aparece definida en su artículo 5 dedicado expresamente a la actividad de planeamiento urbanístico[51]. El planeamiento se manifiesta a través de la aprobación de los distintos tipos de planes que pasamos a repasar a continuación.

---

51 1. La actividad de planeamiento urbanístico es una potestad administrativa, cuyo ejercicio corresponde a la Administración urbanística que la tenga atribuida en cada caso de conformidad con la presente Ley. 2. La potestad de planeamiento urbanístico comprende las siguientes facultades: a) Elaborar, formular, tramitar y aprobar instrumentos de planeamiento urbanístico general y de desarrollo. b) Establecer el destino y uso del suelo y su régimen urbanístico de utilización mediante su clasificación con arreglo a esta Ley. c) Concretar, mediante su calificación, el régimen urbanístico del suelo con delimitación del contenido del derecho de propiedad. d) Determinar las condiciones, organizar y programar la actividad de ejecución, tanto la de urbanización, como la de edificación y construcción en general, así como la de conservación del patrimonio urbano y arquitectónico existente y, en su caso, su rehabilitación. 3. La potestad de planeamiento urbanístico se ejerce en coordinación con las atribuidas por la Ley a otras Administraciones para la gestión de intereses públicos específicos cuya realización condicione o limite el destino o la utilización del suelo o requiera la transformación o la ocupación de éste, integrando espacialmente todas las acciones públicas relevantes territorialmente y articulando éstas con las privadas. 4. Los sujetos privados participan en el ejercicio de la potestad de planeamiento urbanístico mediante: a) La formulación de iniciativas y propuestas, incluso en forma de proyectos de instrumentos de planeamiento, en los casos en que así esté expresamente previsto en la presente Ley. b) La intervención en los procedimientos de aprobación de los instrumentos de planeamiento mediante sugerencias y alegaciones. La formulación de iniciativas y propuestas, así como la de sugerencias y alegaciones, en ningún caso genera derecho a obtener su aprobación o estimación, pero sí a un pronunciamiento motivado sobre las mismas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En primer lugar, debemos partir de los Planes Generales, que según el artículo 41.1 de la citada Ley son los instrumentos básicos para formular las políticas urbanísticas municipales de conformidad con el planeamiento territorial. Abarcarán términos municipales completos. De acuerdo con el artículo 41.3.c) para cumplir su función y objeto, el Plan General habrá de articular la ordenación urbanística necesaria y previsible en los espacios susceptibles de desarrollo urbanístico, indicando el esquema global de usos del suelo y de las redes públicas. Por consiguiente, el trazado de una red de aeródromos para drones destinados al transporte de personas y mercancías a lo largo y ancho de la ciudad debería estar bien especificado en el Plan General de cada municipio madrileño que quiera contar con ello. A este respecto debe considerarse lo que dispone el artículo 42 sobre el contenido sustantivo[52].

52 1. El Plan General establecerá sobre la totalidad del término municipal todas las determinaciones estructurantes de la ordenación urbanística que se enumeran y regulan en el capítulo II de este Título, para lo cual cumplirán las siguientes precisiones: a) La totalidad del suelo municipal estará adscrito a todas o algunas de las clases y categorías de suelo, incluyendo los espacios que califique como elementos integrantes de cualquier red pública de infraestructuras, equipamientos o servicios públicos. b) Habrá de justificarse expresamente, para cada una de las redes públicas, la suficiencia y funcionalidad de los elementos que se califican como integrantes de la misma. Tal justificación se hará en relación con la densidad global máxima o techo de capacidad de carga sostenible del territorio en función del conjunto de los usos previstos y previsibles. Para ello: 1.º No se podrán contabilizar los elementos básicos supramunicipales situados en el municipio a efectos de cubrir las necesidades de servicio de la red correspondiente, salvo en las proporciones en que expresamente sea establecido por el planeamiento territorial que define dicho elemento. 2.º Deberá justificarse, en función de la dinámica y caracterización del municipio, la distinción entre los elementos de redes generales y de redes locales. Los elementos de carácter general serán los suficientes para satisfacer las necesidades a escala municipal y en ningún caso tendrán superficies inferiores a las resultantes de aplicar los estándares señalados en el número 5 del artículo 36 de la presente Ley. 3. Tanto en los suelos clasificados como suelo no urbanizable de protección como suelo urbanizable no sectorizado, el Plan General enumerará las actuaciones que, siendo admisibles de acuerdo al régimen normativo general, hayan de autorizarse mediante calificación urbanística, estableciendo, en su caso, las condiciones complementarias que deben observarse en la tramitación de aquéllas. Asimismo, el Plan General contendrá análogas determinaciones respecto a las actuaciones que requieran para su autorización proyecto de actuación especial. En todo caso, la regulación específica del Plan General se atendrá a lo dispuesto en los artículos 26 y 27 de la presente Ley. 4. En el suelo urbanizable no sectorizado, el Plan General contendrá las siguientes determinaciones: a) En lo que se refiere a la calificación de suelos como elementos integrantes de redes públicas, sólo podrán delimitarse expresamente aquellos que vengan definidos por el planeamiento territorial con carácter supramunicipal. Sin embargo, también con el carácter de determinaciones estructurantes, el Plan General podrá establecer, para el conjunto del suelo urbanizable no sectorizado o por áreas diferenciadas en que se divida éste, criterios en cuanto a la disposición de los elementos de las redes supramunicipales de infraestructuras, equipamientos o servicios públicos, así como estándares dimensionales de éstas que, en ningún caso, podrán ser inferiores a las que dispuestas en el número 5 del artículo 36 de la presente Ley. c) En cualquier caso, el Plan General establecerá en esta categoría de suelo la totalidad de las determinaciones de ordenación pormenorizada, en idénticos términos que, en el suelo no urbanizable de protección, a fin de asegurar la eficacia del ejercicio de las facultades urbanísticas en tanto no se promuevan iniciativas de sectorización de los terrenos. 5. En el suelo urbanizable sectorizado, el Plan General contendrá las siguientes determinaciones: a) Delimitación del área de reparto de cargas y beneficios. b) División en uno o varios sectores, de forma que todos los terrenos correspondientes a esta categoría urbanística pertenez-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El segundo tipo de plan en el que debemos detenernos es el denominado Plan de Sectorización. De acuerdo con el artículo 44 (Función), es un instrumento mediante el cual se establecen las determinaciones estructurantes de la ordenación urbanística, necesarias para valorar la procedencia de acometer la transformación urbanizadora de terrenos clasificados como suelo urbanizable no sectorizado. De esta manera, mediante la creación de sectores, completa la ordenación estructurante del correspondiente Plan General sobre el ámbito de suelo urbanizable no sectorizado que es objeto de una iniciativa de transformación. Las redes forman parte de su contenido sustantivo, tal y como aclara el artículo 45.3[53].

---

can a alguno de ellos. Respecto de los elementos integrantes de las redes públicas generales de infraestructuras, equipamientos y servicios, el Plan General deberá optar entre integrarlos como parte de un sector o considerarlos no pertenecientes a ninguno, resultando, en cada caso, los efectos diferenciados de ordenación y gestión que se contemplan en la presente Ley. El Plan General habrá de justificar expresamente la idoneidad de la delimitación de cada uno de los sectores, de acuerdo a lo establecido en el artículo 37 de la presente Ley. 6. La totalidad del suelo urbano deberá ser dividida por el Plan General en áreas homogéneas, y ámbitos de actuación de acuerdo a lo establecido en el artículo 37 de la presente Ley. Dentro de cada área y ámbito, con base en los objetivos y criterios urbanísticos y por aplicación del artículo 14 de la presente Ley, el Plan General habrá de adscribir la totalidad de los terrenos a las categorías primarias de suelo urbano consolidado o suelo urbano no consolidado. Hecho esto, sobre cada área homogénea y ámbito se establecerán las siguientes determinaciones: … c) La delimitación de todos aquellos elementos que sean necesarios para completar las redes públicas en la escala local. El Plan General habrá de justificar, con base en las limitaciones de la realidad urbanística existente en cada área que se aproxima lo más posible a los estándares establecidos en el número 6 del artículo 36 de la presente ley… e) La totalidad de las determinaciones de ordenación pormenorizada necesarias para legitimar la ejecución de los actos e intervenciones, incluyendo, al menos, las enumeradas en el número 4 del artículo 35 de la presente Ley. No obstante, se admitirá que el Plan General no establezca la completa ordenación pormenorizada sobre los siguientes ámbitos de suelo urbano: … 3.º Elementos calificados como integrantes de redes públicas supramunicipales o generales que, por tener notable dimensión y especial complejidad, requieran ser ordenados pormenorizadamente a través del Plan Especial correspondiente. 7. Además de las ya señaladas con carácter general y para cada clase de suelo, el Plan General deberá contener, cuando proceda, las siguientes determinaciones complementarias: a) El tratamiento, conforme a su legislación reguladora, de los bienes de dominio público no municipal …».

53 «3. En la calificación de elementos integrantes de las redes públicas supramunicipales y generales, el Plan de Sectorización cumplirá los siguientes requisitos: a) Considerará aquellos elementos supramunicipales que haya recogido el Plan General y que se encuentren interiores o adyacentes al sector. b) En el interior del sector, calificará los elementos de nivel municipal de cada una de las redes públicas necesarios como resultado de la ampliación de actividades y/o población que supone la sectorización. En todo caso, las superficies de los suelos calificados como integrantes de las redes generales en el interior del sector no serán inferiores a las resultantes de la aplicación de los estándares de los números 5 y 6 del artículo 36 de la presente Ley. c) Formarán asimismo parte del Plan de Sectorización aquellos elementos exteriores al sector e integrantes de las redes públicas de infraestructuras, equipamientos o servicios públicos que requieran definirse, ampliarse o reforzarse como consecuencia de la sectorización. A tales efectos, como criterio general el Plan de Sectorización optará preferentemente por establecer intervenciones de ampliación o mejora sobre elementos de redes generales ya definidos por el Plan General, antes que la calificación de nuevos suelos con tal destino; en todo caso, este criterio no eximirá al Plan de Sectorización de definir los nuevos elementos necesarios para asegurar las conexiones a las redes existentes, especialmente las de infraestructuras».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En tercer lugar, hay que hacer referencia al Plan Parcial que tiene como función, según el artículo 47.1, desarrollar el Plan General o el Plan de Sectorización para establecer la ordenación pormenorizada de ámbitos y sectores completos, tanto en suelo urbano no consolidado como en suelo urbanizable. Igualmente se prevé en el artículo 48.1.d) que «se localizarán las reservas de suelo destinadas a los elementos de las redes públicas locales, en posiciones tales que se optimice su nivel de servicio y, en el caso de los espacios dotacionales, contribuyan a la revalorización perceptual del espacio urbano»[54].

Por último, debemos recordar la existencia de los Planes Especiales, que según el artículo 50.1.a) tienen como función, entre otras, «definir, modificar, ampliar o proteger cualquier elemento integrante de las redes públicas de infraestructuras, equipamientos y servicios, en cualquier nivel jerárquico establecidos en el artículo 36, las infraestructuras y sus construcciones estrictamente necesarias para la prestación de servicios de utilidad pública o de interés general, con independencia de su titularidad pública o privada, o que por su legislación específica se definan como sistemas generales o lo equipare a las redes públicas de esta ley. Incluirán las completas determinaciones de su ordenación urbanística, incluidas su uso, edificabilidad y condiciones de construcción. En ningún caso generarán derecho a aprovechamiento urbanístico alguno en el plan especial. Lo expresado en este apartado será de aplicación sin perjuicio de lo establecido en los artículos 26 y 29 bis...» En su apartado 2.º se advierte que «los planes especiales, en desarrollo de las funciones establecidas en el apartado 1, podrán modificar la ordenación pormenorizada previamente establecida por cualquier otra figura de planeamiento urbanístico, debiendo justificar expresa y suficientemente, en cualquier caso, su congruencia con la ordenación estructurante del planeamiento general y territorial».

Finalmente, la Ley 9/2001, regula en su artículo 32 el régimen de las ordenanzas municipales que constituyen otro instrumento a tener muy en cuenta especialmente si lo que se desea es generalizar la tolerancia del acceso de los drones a las edificaciones privadas. Aquí nos interesa destacar en primer lugar su apartado 1.º que dispone que «todos los municipios deberán contar con Ordenanzas municipales de urbanización, instalaciones, edificación y construcción, cuya aprobación, publicación y entrada en vigor se producirá conforme a la legislación de régimen local». Su apartado 4.º añade que «las Ordenanzas municipales de instalaciones, edificación y

54 Se añade: «3. Cuando un sector en suelo urbanizable sea un desarrollo urbanísticamente aislado, el Plan Parcial incluirá además una propuesta de ordenación global indicativa del desarrollo de los sectores que previsiblemente puedan limitar por todos los lados con el propuesto, mostrando la racionalidad, funcionalidad y efectos de su eventual futura ampliación integrada en dicho conjunto superior y de su conexión con las redes municipales y supramunicipales que, en relación con las previstas en el planeamiento general, estructuren y delimiten el mismo. 4. El Plan Parcial, además del sector, habrá de ordenar, en su caso, los siguientes suelos destinados por el planeamiento general a redes públicas supramunicipales o generales, salvo que la Administración competente manifieste su intención de acometer su ordenación a través de un Plan Especial: a) Aquellos que se dispongan en el interior del sector. b) Aquellos que, situados adyacentes al sector, sean adscritos al mismo como resultado de la equidistribución respecto al correspondiente área de reparto».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

construcción regularán pormenorizadamente los aspectos morfológicos y estéticos, y cuantas otras condiciones no definitorias de la edificabilidad y destino del suelo, sean exigibles para la autorización de los actos de construcción, instalaciones y edificación, incluidas las actividades susceptibles de autorización en los inmuebles. En concreto: a) Deberán regular los aspectos relativos a la seguridad, funcionalidad, economía, armonía y equilibrio medioambientales, estética, ornato, calidad, conservación y utilización de los edificios y demás construcciones e instalaciones, así como los requisitos y las condiciones de los proyectos y de la dirección, ejecución y recepción de edificaciones y restantes construcciones e instalaciones, de conformidad con la legislación reguladora de la edificación. b) Podrán regular cuantos otros aspectos de la edificación y construcción no estén reservados por esta Ley al planeamiento urbanístico».

4. CONSIDERACIONES FINALES SOBRE EL RÉGIMEN QUE DEBERÍA APLICARSE A LOS AERÓDROMOS DE DRONES

Que los drones son aeronaves es una evidencia. Desde un punto de vista estrictamente fáctico nos encontramos ante objetos que vuelan, que aterrizan y que despegan, pudiendo potencialmente precisar en determinadas circunstancias una infraestructura terrestre que en mayor o menor medida recuerda la que se necesita para las aeronaves tradicionales. Esto se visualiza más claramente, por ejemplo, cuando hablamos de drones de determinado tamaño, como podrían ser los dedicados al transporte de personas o taxidrones. Desde el punto de vista jurídico es también una evidencia que lo son porque, en el fondo, la denominación *«dron»* es informal, ya que la normativa habla de *«aeronaves no tripuladas».* Así, el Reglamento Delegado (UE) 2019/945 de la Comisión, de 12 de marzo de 2019, sobre los sistemas de aeronaves no tripuladas y los operadores de terceros países de sistemas de aeronaves no tripuladas, define en su artículo 3.1 la «aeronave no tripulada» como *«cualquier aeronave que opere o esté diseñada para operar de forma autónoma o para ser pilotada a distancia sin un piloto a bordo».*

Ahora bien, como es bien sabido, y como ocurre con las aeronaves tradicionales, existen drones de todo tipo y tamaño, de ahí que la normativa sobre drones haya establecido el famoso tríptico de categorías (abierta, específica y certificada)[55] para imponer tres tipos distintos de régimen jurídico a efectos de regular igualmente operaciones que pueden ser muy diversas. Es por ello que sea legítimo plantearnos

55 Ver Díaz Díaz, E, Borrell González, y Albareda, C: «¿Qué normativa europea aplica a la "categoría específica" de vuelo de drones?», *Revista Aranzadi Doctrinal*, n.º 1, 2022; Díaz Díaz, E, Ruzafa Saceda, A y Albareda, C: «Operaciones de vuelo de UAS en categorías abierta y específica: "vuelos más allá de la línea de vista"», *Revista Aranzadi Doctrinal*, n.º 4, 2022; Díaz Díaz, E.: «Regulación europea y española sobre drones», *Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial*, n.º 1 (Septiembre), 2021, pp.95-121; «Uso legal de drones», *Mapping*, n.º 172, 2015, pp.42-54 y «Uso legal de drones. Una aproximación jurídica a las aeronaves no tripuladas», *Revista Aranzadi Doctrinal*, n.º 10, 2015, pp.191-211; González Botija, F: *Los drones y el derecho de la Unión Europea: (Reglamento (UE) n.º 2018/1139 y propuestas de EASA)*, Iustel, Barcelona, 2018.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

la duda de si este tipo de aparato, dadas sus características, debe ir siempre y en todo caso ligado al concepto de aeródromo consagrado tradicionalmente en el Derecho aeronáutico pese a ser indudablemente una aeronave.

A la hora de responder a esta pregunta hay que comenzar advirtiendo que el Derecho aeronáutico español ha seguido la misma filosofía que ha recogido el legislador comunitario al regular los drones. Es decir, tradicionalmente ha aceptado que el concepto genérico de aeródromo debía adaptarse a las características de los aparatos que tenía que regular. De ahí que ya el artículo 40 de la Ley de Navegación Aérea establezca que «reglamentariamente se clasificarán los aeropuertos y aeródromos, según las dimensiones y la índole de sus instalaciones y de las aeronaves que hayan de utilizarlos y el carácter de los servicios que presten». Como vimos arriba la misma norma realiza una clasificación según el tipo de aeródromo. De este modo, la reglamentación de desarrollo ha distinguido entre aeródromos eventuales, de uso restringido, de uso público y aeropuertos de interés general o no. Dentro de este de marco también se ha tenido en cuenta el tipo de aeronave. El ejemplo paradigmático lo tenemos con el caso de los helicópteros[56] que tienen una regulación especial en materia de aeródromos. Desde el plano estatal los Reales Decretos 1189/2011 y 1070/2015 arriba citados introducen una regulación especial para ellos[57]. El mismo

56 La misma reflexión se puede hacer para las aeronaves ultraligeras reguladas igualmente en el Real Decreto 1070/2015 en lo que se refiere al tema de los aeródromos.

57 Capítulo V. Helipuertos permanentes. Artículo 14. Establecimiento y modificaciones de helipuertos. 1. El establecimiento y modificaciones de los helipuertos autonómicos permanentes, ya sean de uso público o restringido, requerirá que, en cada caso, se haya emitido previamente el certificado de compatibilidad con el espacio aéreo de la infraestructura aeronáutica. 2. En ambos casos, para la emisión del certificado de compatibilidad con el espacio aéreo se tendrá en cuenta lo dispuesto en el artículo 12, letra a), exclusivamente en lo que resulte relevante para determinar dicha compatibilidad. Artículo 15. Apertura al tráfico de helipuertos. 1. La certificación de la compatibilidad del espacio aéreo de un helipuerto autonómico permanente, de uso público o restringido, previa a la autorización de su apertura al tráfico, sólo procederá cuando se haya emitido certificado favorable previo a su establecimiento o modificación. 2. Para la emisión del certificado de compatibilidad previo a la apertura al tráfico de un helipuerto autonómico permanente de uso público se tendrá en cuenta lo establecido en el artículo 10. 3. Para la emisión del certificado de compatibilidad previo a la apertura al tráfico de un helipuerto autonómico permanente de uso restringido bastará con comprobar, de conformidad con lo previsto en el artículo 20.3, el mantenimiento de los datos e información tenidos en cuenta en la emisión de los informes previos al establecimiento o a la modificación y, en su caso, el cumplimiento de las condiciones que en ellos se hubiesen establecido. Capítulo VI. Aeródromos eventuales. Artículo 16. Aeródromos eventuales. 1. Con carácter previo a la autorización del uso de los aeródromos autonómicos eventuales, incluidos los helipuertos eventuales, que se encuentren dentro de una zona controlada, restringida o peligrosa, o dentro de la zona de afección de otra infraestructura aeronáutica, se recabará el informe o certificado de compatibilidad, según corresponda, en los términos previstos, respectivamente, en los artículos 12 y 14. 2. Para la autorización del uso del resto de los aeródromos autonómicos eventuales, incluidos los helipuertos, bastará con informar a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea de su localización y de su período de utilización. Artículo 20. Procedimiento de emisión de informe o certificado de compatibilidad en relación con el resto de los aeródromos. 1. Los informes previos al establecimiento y modificaciones de los aeródromos de uso restringido y los informes previos al uso de los aeródromos eventuales, salvo que se trate de helipuertos, previstos, respectivamente, en los artículos 12 y 16.1, se tramitarán conforme a lo previsto en el artículo 19. 2. La tramitación de

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

legislador madrileño así lo ha reconocido en la Ley 9/2010 al dedicarle un capítulo especial al tema[58] y el Municipio de Madrid al regular la cuestión en el planeamiento general[59].

Parece entonces razonable seguir este mismo camino con los drones. Es decir, aunque la consecuencia lógica de que sean aeronaves es que, si operan desde un lugar más o menos estable ese sitio debería ser considerado como un aeródromo, dadas sus peculiaridades merecen una regulación y una terminología adaptada a sus circunstancias. No es lo mismo, obviamente, un dron de pequeño tamaño que hace un reparto puntual de mercancía de tamaño limitado que un drontaxi que pueda llevar varios pasajeros a bordo y que va a realizar operaciones regulares. Por consiguiente, convendría en primer lugar regular específicamente los aeródromos donde aterrizan los drones como un tipo especial dentro del cual habría que realizar, a su vez, una clasificación distinguiendo los distintos tipos de drones y operaciones que se quieran prever y la frecuencia de su uso. Por tanto, dichas instalaciones se pueden

---

los certificados de compatibilidad del espacio aéreo relativos al establecimiento y modificaciones de los helipuertos permanentes y de uso eventual, previstos, respectivamente, en los artículos 14 y 16.1, se ajustarán a lo dispuesto en el artículo 19.1. 3. La apertura al tráfico de un aeródromo de uso restringido o de un helipuerto permanente se informará o se certificará su compatibilidad con el espacio aéreo, respectivamente, de modo favorable sin necesidad de recabar el informe de la Comisión Interministerial entre Defensa y Fomento, siempre que el órgano competente de la Comunidad Autónoma identifique al titular de la infraestructura y al gestor del aeródromo y haga constar la correspondencia de la ubicación, uso y características aeronáuticas generales de la infraestructura con las que sirvieron de base para la evacuación del informe o certificado de compatibilidad previos a la autorización de su establecimiento. En otro caso, se procederá conforme a lo previsto en el artículo 19.1. El dictamen o informe emitido por el órgano competente de la Comunidad autónoma respecto a los extremos previstos en el párrafo anterior, permite acreditar dichos extremos ante la Dirección General de Aviación Civil. Ver también los artículos 3.2, 4.2 y 3, 9 a 13.

58 CAPÍTULO II. De los helipuertos competencia de la Comunidad de Madrid. Artículo 10. Autorización y excepciones. 1. La construcción, la modificación relevante, y apertura al tráfico de helipuertos ubicados en la Comunidad de Madrid, requerirán la obtención de las autorizaciones, previa y de apertura al tráfico, de la consejería competente en materia de transportes, además del certificado de compatibilidad del espacio aéreo previsto en el párrafo final del artículo 9.2 de la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea. El cierre de la instalación deberá ser previamente autorizado por la consejería competente en materia de transportes. 2. A los procedimientos de autorización de helipuertos les será de aplicación lo dispuesto en los apartados 3 y 4, del artículo 7 y el artículo 8. 3. Las superficies que se utilicen excepcionalmente para el aterrizaje y despegue de helicópteros, en relación con las operaciones especiales y siguiendo la normativa estatal sobre circulación aérea, no precisarán disponer de la autorización prevista en el párrafo anterior, aunque estarán sometidas a las competencias inspectoras y disciplinarias previstas en la presente ley. 4. Reglamentariamente se regulará el procedimiento y requisitos para obtener las autorizaciones previstas en este artículo».

59 Ver Área de Gobierno de Urbanismo, Medio Ambiente y Movilidad: Compendio de las Normas Urbanísticas del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid de 1997, actualizado a 24 de septiembre 2025. Artículo 7.15.24 Helipuertos (N-2). 1. Se entiende por helipuerto el aeródromo destinado exclusivamente a movimientos de helicópteros. 2. Los helipuertos podrán construirse en superficie o en plataforma elevada o en azoteas sobre edificios. Será de aplicación la legislación nacional e internacional que regule los elementos y espacios para el desarrollo de la actividad. 3. En todo caso, la instalación de un helipuerto precisará la obtención de la correspondiente licencia municipal, que deberá someterse al procedimiento de estudio de incidencia ambiental, de competencia municipal.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

clasificar según el carácter de los servicios que presten y el tipo o las características de la infraestructura y de la aeronave que opere en ella. La forma de denominar estas infraestructuras sería opinable, aunque la expresión genérica que usa el legislador madrileño: «instalaciones aeronáuticas», tiene la ventaja de que permite cubrir una amplia serie de supuestos si se entiende que el término «aeródromo» parece excesivo, especialmente en determinados casos. Si no se quiere mantener la regulación existente, resulta evidente que a cada categoría de instalación para operaciones aeronáuticas de llegada y salida de drones habría que dotarla de un régimen jurídico distinto, como ya ocurre en la actualidad con la distinción entre aeródromos permanentes o eventuales, públicos o privados[60], de uso restringido o público, de interés general o no, etc. Evidentemente los requisitos técnicos y jurídicos exigibles deberían variar en su justa proporción. Aquí el Derecho administrativo nos ofrece muchos medios y flexibilidad para dar cobertura a cada tipo de instalación imaginable. Los títulos habilitantes (declaraciones responsables, comunicaciones previas, autorizaciones administrativas), la exigencia o no de la emisión de informes o de instrumentos de planificación pueden variar en función de lo que se quiera hacer[61]. Resulta lógico establecer requisitos y exigencias elevadas en el caso de que se plantee diseñar una instalación cercana a lo que es un aeródromo permanente y de uso público donde aterrizan y despegan a diario múltiples drones de gran tamaño que transportan regularmente mercancías y personas y que también operen más allá de un ámbito estrictamente local. Ahora bien, a medida que nos acerquemos a localizaciones más modestas esas exigencias se deberían y podrían modular. Con todo, parece deseable que nunca se pierda la conciencia de que un control administrativo y una regulación deben existir, por mínimo que sean. Es decir, si un día se llega al escenario en donde los inmuebles privados en el ámbito ciudadano (edificaciones individuales o comunidades de propietarios) acaban formando parte de una red de movilidad urbana de drones no se debe olvidar que existen unos intereses de seguridad y de protección medioambiental[62] y de datos[63] que no se pueden perder de

60 Ver Orden 1957/1966, de 26 de octubre, sobre condiciones y normas para aeródromos privados

61 Ver Bustos Moreno, Y.B: «Regulatory needs for the implementation of urban air mobility in Spain. Innovative air movility noise impact in urban areas regulatory proposal», *Boletines del Observatorio Jurídico Aeroespacial,* n.º 12, 2023, pp. 143-165; «La implantación de vertipuertos en el ámbito urbano: Cuestiones jurídicas pendientes», *Anuario Jurídico Secciones del ICAM 2024* / coord. por Ester Mocholí Ferrándiz, 2024, pp. 29-44; «Aplicaciones de la inteligencia artificial conforme a la Ley de Movilidad Sostenible: Consideraciones en torno al régimen de responsabilidad civil acorde con la innovación», en *Inteligencia artificial y derecho de daños: Cuestiones actuales: Acorde al Reglamento (UE) 2024/1689* / coord. por Juan Antonio Moreno Martínez, Pedro José Femenía López, 2024, pp. 119-148; «Pending legal issues concerning the implementation of vertiports in urban areas», en *La Regolazione del Trasporto Pubblico Locale* / Francesco Gaspari (aut.), Paolo Sabra Piazza (aut.), 2024, pp. 361-380.

62 Ver Dopazo Fraguío, P: «Drones y medioambiente: principales aspectos técnicos y jurídicos para un uso respetable de estas aeronaves y sistemas operativos», *Revista Aranzadi de derecho ambiental*, n.º 50, 2021, pp.227-294.

63 Díaz Díaz, E: «El nuevo Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea y sus consecuencias jurídicas para las instituciones», *Revista Aranzadi Doctrinal,* n.º 6, 2016, pp.155-190

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

vista con respecto a las propiedades colindantes[64] para evitar daños, molestias e intromisiones inadmisibles en la intimidad[65]. Aunque una red de este tipo de aeródromos de drones pueda tener semejanza con otras redes públicas (telecomunicaciones, energéticas, etc.) no se debe perder de vista que esa red va indisolublemente ligada a un objeto que vuela, por muy pequeño que sea, lo cual marca una diferencia muy importante con respecto a esas otras redes que no debe pasar inadvertida si se quiere garantizar un urbanismo ordenado.

Por tanto, aunque hemos hecho arriba un esfuerzo para encajar dentro del marco jurídico actual los aeródromos para drones gracias a la redacción abstracta y general de los textos legales, la verdad es que lo ideal sería que el legislador autonómico madrileño regulase expresamente la cuestión con el fin de aportar más seguridad jurídica al sector y facilitar así su desarrollo económico de manera racional y ordenada en armonía con otros intereses sociales no menos legítimos. A ello habría que sumar otras razones que creo quedan perfectamente resumidas en la exposición de motivos de la Ley 3/2010 arriba citada[66]. Tampoco debe pasarse por alto el hecho de que determinados emplazamientos se van a revalorizar o pueden ser muy necesarios al tener unas características más o menos ideales o adecuadas para instalar un aeródromo o instalación para drones. Por ello es fácil concluir que, dadas las características especiales de estos aparatos, bien merecerían poseer una regulación especial que debería enmarcarse tanto en el marco del Derecho aeronáutico como del urbanístico[67].

Si empezamos por el primero, en línea con lo que hemos dicho más arriba sería deseable una modificación de la Ley 3/2010 que, como ha hecho con los helipuertos,

---

y Monterroso Casado, E y Díaz Díaz, E: «Responsabilidad civil y protección de datos en el uso de los drones», en *Inteligencia artificial y riesgos cibernéticos: responsabilidades y aseguramiento* / coord. por Alberto Muñoz Villarreal; Esther Monterroso Casado (dir.), 2019, pp.171-235; Dopazo Fraguío, P: «Actividades con aeronaves no tripuladas (drones): nuevo tratamiento jurídico y consideraciones sobre su impacto (riesgos operacionales y privacidad)», *Revista General de Derecho Administrativo,* n.º 58, 2021.

64 Y ello sin olvidar la necesidad de considerar la existencia del Código Técnico de Edificación y de que si se adapta un inmueble privado para instalar un espacio de aterrizaje y despegue de drones se debe contar con la pertinente licencia urbanística del Ayuntamiento.

65 Ver Díaz Díaz, E y Gonzalo Pascual, J: «La afección de los drones a los derechos fundamentales: Afección de la implementación de drones para uso civil a los Derechos Fundamentales de las personas recogidos en el Título I de la Constitución Española», *Revista Aranzadi Doctrinal*, n.º 4, 2023 y González Puente, C y González Botija, F: «Los drones y los derechos fundamentales en la UE», *RUE: Revista universitaria europea,* n.º 29, 2018, pp.77-114.

66 Ver González Botija, F: «Drones y carga: Presente y futuro», *Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial*, n.º 1 (Septiembre), 2021, pp.123-128.

67 En el ámbito de su uso por las policías locales ya existen múltiples ejemplos. Ver González Botija, F: «La regulación de los drones y las policías locales», *La Ley privacidad*, n.º 5, 2020 (Ejemplar dedicado a: COVID-19 ¿Hacia un rediseño de la privacidad?) y «Drones y policías locales», en *Régimen jurídico de las policías locales en el estado español* / Josep Ramon Fuentes i Gasó (dir.), José Luis Blasco Díaz (dir.), Jose Miguel Abdelkader Garcia (dir.), Joan Miquel Capell i Manzanares (dir.), Luciano José Parejo Alfonso (pr.), 2023, pp.1069-1096.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

incorporase en su articulado un régimen especial para las instalaciones para drones que respondiese a sus necesidades específicas.

La misma reflexión hay que hacer con la Ley del Suelo de Madrid. Como hemos visto las infraestructuras de drones se pueden instalar en cualquier tipo de suelo y convendría aclarar en qué casos concretos y en qué condiciones esto es aceptable. De hecho, la propia Ley 9/2001 ya hace referencia expresa a otras materias como las infraestructuras de distribución o transporte de energía y telecomunicaciones, y sus construcciones estrictamente necesarias para la prestación de servicios de utilidad pública o de interés general, con independencia de su titularidad pública o privada, al considerarlos explícitamente como usos compatibles y autorizables[68]. Lo mismo se podría hacer con los drones aceptando incluso su implantación en suelos no urbanizables. Sobre esto último hay que tener en cuenta que el mismo legislador estatal en el tercer párrafo del artículo 13.1 del Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana, al delimitar el contenido y facultades del derecho de propiedad del suelo en situación rural, advierte que «con carácter excepcional y por el procedimiento y con las condiciones previstas en la legislación de ordenación territorial y urbanística, podrán legitimarse actos y usos específicos que sean de interés público o social, que contribuyan a la ordenación y el desarrollo rurales, o que hayan de emplazarse en el medio rural». El Tribunal Constitucional en su Sentencia 86/2019, de 20 de junio, ha avalado la idea de que el legislador autonómico tiene cierto margen en esta cuestión al afirmar que «igualmente, cabe la autorización de "usos excepcionales", por el procedimiento y con las condiciones previstas en la legislación de ordenación territorial y urbanística, siempre "que sean de interés público o social, que contribuyan a la ordenación y el desarrollo rurales, o que hayan de emplazarse en el medio rural". Corresponde, en definitiva, al legislador urbanístico autonómico concretar los usos posibles en suelo rústico, así como determinar su consideración como ordinarios o no, respetando, en todo caso, los parámetros de vinculación o excepcionalidad fijados por el legislador básico estatal. Se ha de desestimar, por tanto, que el simple hecho de que un uso no figure como primario u ordinario del suelo rústico en el artículo 13.1 TRLSRU implique bien su exclusión, bien su necesaria consideración como excepcional».

68 Ver artículos 25, 29,2 y la Disposición adicional séptima de la Ley 9/2001. Véase también el grado de detalle que adopta la regulación de los planes parciales cuando en su artículo 48.2 dispone que «cuando se trate de un Plan Parcial en suelo urbanizable, además de las determinaciones contenidas en el número anterior, debe presentar para su aprobación inicial y posterior tramitación, los compromisos y garantías técnicas de sostenibilidad de las soluciones propuestas en los siguientes aspectos: a) Los estudios específicos necesarios y suficientes para la adecuada conexión, ampliación o refuerzo de todos y cada uno de las infraestructuras, equipamientos y servicios públicos municipales y supramunicipales cuya prestación haya de utilizar la población futura, integrando el supuesto de que llegue a ser residente permanente y, como mínimo, su integración en las redes escolar, educativa, asistencial, sanitaria, hospitalaria, deportiva, cultural, de ocio, comercio diario, servicios de seguridad interior, bomberos y los enlaces con las infraestructuras y servicios de carreteras o vías actuales, captación y depuración de agua, luz, teléfono, gas, residuos sólidos, correos, transportes públicos urbanos y regionales por carretera o ferrocarril».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Desde una perspectiva más amplia, tampoco se deben perder de vista las posibilidades que ofrece la Ley 9/1995, de 28 de marzo, de Medidas de Política Territorial, Suelo y Urbanismo. Esta norma contempla varios instrumentos de ordenación del territorio (el Plan Regional de Estrategia Territorial[69], los Planes Territoriales[70], los Planes Estratégicos Municipales[71]) que pueden ser objeto de desarrollo, en los dos primeros casos citados por actuaciones de interés regional[72]. También hay que destacar que el artículo 29 recoge los instrumentos urbanísticos de ordenación de las denominadas zonas de interés regional de actuación inmediata y la ejecución de dicha ordenación se llevarán a efecto, para toda o parte de la superficie que dichas zonas comprendan, mediante Planes Especiales, Programa de Actuación Urbanística y Proyectos de Alcance Regional[73], según proceda, formulados de conformidad con

69 Según su artículo 16 tendrá el siguiente contenido: a) Diagnóstico de los problemas y las oportunidades territoriales, en función y con relación a los objetivos estratégicos y las propuestas del propio Plan. b) Ordenación de los sistemas de ámbito o función regional o supramunicipales y, en general, de los estructurantes del territorio, contemplando, al menos, los siguientes aspectos: 1. Esquema de articulación territorial, integrado por el sistema de asentamientos e infraestructuras y por la estructura espacial de las actividades económicas… 3. Esquema de movilidad… 5. Infraestructuras regionales básicas, incluidas las correspondientes al sistema de telecomunicaciones, los pasillos para líneas de alta tensión, oleoductos y gaseoductos… 6. Dotaciones, equipamientos y servicios». El artículo 17 señala sus efectos, destacando que «sin perjuicio del carácter legal formal de las determinaciones del Plan Regional aprobadas por la Asamblea de Madrid, que prevalecerán en cualquier caso sobre cualesquiera otras de la planificación territorial o urbanística, todas las restantes tendrán la eficacia propia de las disposiciones reglamentarias, con el alcance concreto que en ellas se determine conforme a lo dispuesto en la letra b) del número 2 del artículo 16. De estas últimas sólo las relativas a las Zonas de Interés Regional podrán producir la directa modificación de las determinaciones del planeamiento urbanístico municipal».

70 De acuerdo con el artículo 18 bis.2. d) pueden ser su objeto la ordenación de la movilidad, infraestructuras básicas y redes de energía y comunicaciones de carácter supralocal de conformidad con la legislación sectorial vigente.

71 Artículo 18 quinquies. «1. Los Planes Estratégicos Municipales definen los elementos básicos para la organización y estructura del término municipal, sus objetivos estratégicos y el marco de referencia de todos los demás instrumentos urbanísticos del municipio. 2. El Plan estratégico municipal tiene el siguiente objeto: a) la determinación de los objetivos, áreas prioritarias y criterios de programación de la estrategia relativos a la organización y estructura del término municipal. b) la identificación, entre otros, de suelos que deben ser preservados del proceso de urbanización; de la estructura de la movilidad, infraestructuras básicas y redes de energía y comunicaciones de carácter municipal; esquema de los elementos estructurantes y del futuro desarrollo urbano que comprenderá… infraestructuras críticas de movilidad y de equipamientos comunitarios, así como la priorización de redes de servicios...».

72 De acuerdo con el artículo 19.2 el interés regional es aquel que, por su magnitud, proyección social o económica, o importancia para la estructuración territorial beneficie a la Región, implicando una necesaria utilidad pública cuya justificación deberá quedar recogida en la declaración de interés regional que se emita por la Consejería competente.

73 Artículo 33. Concepto, objeto y requisitos. 1. Los Proyectos de Alcance Regional son actuaciones territoriales que ordenan y diseñan, con carácter básico y para su inmediata ejecución, cualquiera de las siguientes actuaciones: a) Infraestructuras regionales de cualquier tipo, comprendiendo las construcciones e instalaciones complementarias precisas, que propicien la articulación territorial interna o con el exterior de la Comunidad de Madrid. b) Obras, construcciones o instalaciones,

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

la legislación aplicable. Cabe llegar aquí a la misma conclusión que hemos alcanzado arriba con la Ley 9/2001[74] e integrar en esta normativa el tema de los aeródromos para drones.

Finalmente, desde el plano estrictamente local sería interesante modificar los planes generales de los municipios de la Comunidad de Madrid para insertar dentro de ellos la correspondiente red de instalaciones o aeródromos para drones que, obviamente debería computarse a efectos del cumplimiento de los estándares urbanísticos que exige la Ley 9/2001[75] y que podría extenderse más o menos intensa-

incluida la urbanización complementaria que precisen, que sirvan de soporte a vivienda pública de emergencia, servicios públicos, dotaciones y equipamientos. c) Instalaciones para el desarrollo de actividades económicas que tengan por objeto la investigación, la producción, la distribución y la comercialización de bienes y servicios. d) Proyectos que supongan la implantación de actividades económicas que revistan interés por su relevancia en la creación de empleo, por la inversión que comporten o por la creación de riqueza para la región. Artículo 34. Función urbanística de ordenación. 1. Los Proyectos de Alcance Regional pueden comprender terrenos situados en uno o varios términos municipales y desarrollarse, respetando la legislación ambiental y sectorial de aplicación, en cualquier clase de suelo. Cuando el Proyecto de Alcance Regional prevea su implantación en suelo no urbanizable de protección o en suelo urbanizable no sectorizado, la declaración de interés regional implicará la innecesariedad de obtener la calificación urbanística o el proyecto de actuación especial previstos en la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid. 2. El suelo que en los Proyectos a que se refiere el número anterior se destine a uso dotacional público tendrá la calificación urbanística y pasará en todo caso a integrarse en los sistemas generales de la ordenación establecida por el planeamiento urbanístico municipal. Artículo 38. 3. Las determinaciones contenidas en los Proyectos de Alcance Regional aprobados definitivamente vincularán de forma directa y producirán efectos en los instrumentos de ordenación urbanística municipal o de los municipios afectados desde la publicación en el «Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid». Además, los referidos instrumentos de ordenación urbanística deberán incorporarlas mediante el procedimiento de pertinente aplicación. 4. En las actuaciones de iniciativa pública, la construcción y puesta en funcionamiento de las obras no estarán sujetas a licencias ni a actos de control municipal. En consecuencia, la aprobación del proyecto legitimará inmediatamente la ejecución de las actuaciones de carácter público, siendo sus determinaciones directamente aplicables.

74 Esta norma además dispone en su artículo 36.4 que «el sistema de redes supramunicipales solo podrá ser establecido por el planeamiento regional territorial o, en su defecto, por el planeamiento general, sin perjuicio de lo establecido en el artículo 50. En consecuencia, la definición de cualquier elemento de una red pública supramunicipal, localización, capacidad o cualesquiera otras características de los suelos que formen parte de las redes supramunicipales en un municipio serán las que resulten de las determinaciones establecidas por estos planeamientos en suelos urbanizables».

75 Su artículo 36 dispone lo siguiente: «5. El sistema de redes generales deberá definirse en la ordenación estructurante respecto al conjunto del municipio, de forma que cada una tenga las dimensiones y características suficientes para satisfacer adecuadamente las necesidades sociales actuales y potenciales. A tales efectos, y por referencia a la capacidad total máxima de los suelos urbanos no consolidados y urbanizables y respecto a un módulo de 100 metros cuadrados de superficie edificable de cualquier uso, excepto el industrial, deberán cederse 20 metros cuadrados por dicho concepto, cuyo destino será fijado por dichas necesidades. 6. El sistema de redes locales de un municipio se dimensionará respecto a cada ámbito de actuación o sector y unidad de ejecución atendiendo a las necesidades de la población prevista y de complementariedad respecto a las respectivas redes generales y supramunicipales. El planeamiento urbanístico podrá imponer condiciones de agrupación a las dotaciones locales de forma que se mejoren sus condiciones funcionales, sin que ello redunde en ningún caso en reducción de los estándares fijados en este artículo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

mente por todo tipo de suelo o por algunos, en función del modelo de ciudad que se quiere tener. Es decir, todo dependerá de la política de movilidad aérea urbana más o menos liberal o intensa que se desee tener. Al hilo de esto también se podría plantear la aprobación de un Plan Especial de ámbito municipal. En relación con todo esto hay que señalar que, un posible tema de discusión y debate podría ser aclarar qué régimen de alteración conllevaría la adopción de una red de instalaciones aeronáuticas para drones de diverso tamaño y configuración[76]

En todo caso, en cada ámbito de suelo urbano no consolidado o sector y/o unidad de ejecución de suelo urbanizable no destinados a uso industrial, se cumplirán las siguientes condiciones mínimas: a) La superficie total en el ámbito o sector y/o unidad de ejecución de elementos de las redes locales de equipamientos y/o infraestructuras y/o servicios será de 30 metros cuadrados por cada 100 metros cuadrados construidos.... 7. Por orden motivada del consejero competente en materia de ordenación urbanística, dictada previo informe de la Administración responsable del servicio afectado y de la Comisión de Urbanismo de Madrid, podrán reducirse las dimensiones mínimas para las redes locales hasta alcanzar valores iguales o superiores al 80 por 100 de los estándares establecidos en este artículo, sobre sectores en los que concurra cualquiera de los supuestos siguientes: a) Que tengan como uso característico el turístico, recreativo y/o residencial estacional, tipología edificatoria aislada y bajas densidad y edificabilidad, además de presentar autonomía suficiente respecto de cualesquiera otros. En tal caso, para admitirse la reducción de la superficie de redes locales, deberán preverse servicios y dotaciones privadas especialmente significativas o concurrir condiciones medioambientales excepcionales. b) Que se corresponda con una actuación para el establecimiento de complejos industriales aislados, en cuyo caso se aplicarán las mismas condiciones que en el apartado anterior... 8. Reglamentariamente podrán diferenciarse las dotaciones mínimas de suelo que, dentro de cada grupo de redes generales o locales hayan de destinarse a usos específicos, sean públicos o privados».

76 A este respecto se pueden tener en cuenta los siguientes preceptos de la Ley 9/2001: 1.º) Artículo 67. Disposiciones comunes a cualquier alteración de los Planes de Ordenación Urbanística. «1. Cualquier alteración de las determinaciones de los Planes de Ordenación Urbanística deberá ser establecida por la misma clase de Plan y observando el mismo procedimiento seguido para su aprobación, sin perjuicio de aquellas alteraciones que podrán llevarse a cabo por los Planes Parciales y los Planes Especiales, conforme a los artículos 47 y 50 de esta ley. La Comunidad de Madrid, en el desarrollo de sus competencias propias, y para el adecuado desarrollo de las redes públicas supramunicipales, podrán modificar cualquiera de las determinaciones urbanísticas establecidas por el planeamiento regional territorial o por el planeamiento municipal a los terrenos integrantes de una red pública supramunicipal de la Comunidad de Madrid. Estas modificaciones se aprobarán mediante un Plan Especial que se tramitará de acuerdo a lo previsto en el artículo 59.3 de esta ley, excepto en el caso de tratarse de usos ya previstos por el planeamiento y en el supuesto previsto en el artículo 36.2.c) 2.º. En el caso de redes supramunicipales de la Administración General del Estado, se podrá actuar de la misma manera que en el párrafo anterior. Asimismo, en congruencia con las finalidades establecidas en el artículo 50.1, el uso de cualquier elemento de las redes públicas locales o generales de un municipio, podrá ser modificado por un plan especial que justifique adecuadamente la necesidad del cambio de uso, así como la adecuada ponderación entre el uso que se elimina y el que se propone, excepto en el caso de tratarse de usos ya previstos por el planeamiento»; 2.º) Artículo 68. Revisión de los Planes de Ordenación Urbanística. «1. Se entenderá por revisión de un plan general, la adopción de nuevos criterios que afecten a la totalidad del suelo del término municipal»; 3.º) Artículo 69. Modificación de los Planes de Ordenación Urbanística. «1. Toda alteración del contenido de los Planes de Ordenación Urbanística no subsumible en el artículo anterior supondrá y requerirá su modificación. 2. Los Planes de Ordenación podrán modificarse en cualquier momento. Las modificaciones puntuales podrán variar tanto la clase como la categoría del suelo, en cuyo caso no requerirán de otro instrumento de planeamiento general».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

También cabe plantear una regulación sobre el tema en el nivel local que desarrolle la normativa de rango superior. Es interesante traer aquí a colación la normativa ya existente en el Municipio de Madrid donde en su el Título 1 sobre las Disposiciones generales e instrumentos para el desarrollo del Plan General, y dentro de su Capítulo 7.15 (sobre Condiciones particulares del uso dotacional para el transporte), existe la Sección Tercera dedicada específicamente al Transporte aéreo. Contiene una regulación que quizás puede facilitar la implantación de una red de aeródromos para drones[77]. Así, debemos destacar los siguientes preceptos:

1.º) su artículo 7.15.17 (Definición (N-1), el cual dispone que «los terrenos asignados al transporte aéreo son los que se destinan a albergar las instalaciones en edificios o en superficie que hacen posible el movimiento de las aeronaves, tanto en su vuelo como en tierra, así como el acceso a las mismas de pasajeros, mercancías y los servicios complementarios».

2.º) su artículo 7.15.18 (Aplicación y alcance (N-1), el cual establece que «1. Las condiciones que se señalan serán de aplicación a los terrenos que el planeamiento destine a tal fin y que se representan en la documentación gráfica del Plan General, en los Planos de Ordenación, o en sus instrumentos de desarrollo. 2. Todos los elementos calificados como uso dotacional para el transporte aéreo se consideran como sistema general y forman parte de la estructura general y orgánica del Plan General».

3.º) su artículo 7.15.21 (Condiciones de desarrollo (N-2), establece lo siguiente: «1. Para obras de nueva edificación o en edificios existentes no destinadas específicamente a las actividades del transporte aéreo, se requerirá la previa delimitación de las zonas especificadas en el art. 7.15.20[78]. 2. La actuación sobre los terrenos incluidos en el uso dotacional para el transporte aéreo precisará de la previa redacción del correspondiente Plan Especial que marcará los límites de las zonas definidas en el artículo anterior, concretará su ordenación y precisará el conjunto de servidumbres aeronáuticas que se deriven. El Plan Especial definirá las condiciones de desarrollo de sus infraestructuras, instalaciones y edificaciones, interponiendo para ello, cuando sea necesario, los planes, proyectos u otras figuras de planeamiento o instrumentos de ejecución que se consideren oportunos. 3. El Plan Especial incluirá necesariamente un estudio de transporte terrestre en el que se evaluarán la capacidad de los accesos terrestres, el impacto del tráfico generado por el aeropuerto y las medidas complementarias o correctoras necesarias para garantizar niveles de servicio y calidad ambiental adecuados en las redes y entorno próximo. 4. En tanto no se desarrolle el correspondiente Plan Especial, podrán autorizarse las actuacio-

77 También destacar el artículo 7.15.19 Servidumbres aeronáuticas y afecciones acústicas (N-2).

78 Artículo 7.15.20 Zonas (N-2) 1. Dentro del ámbito aeroportuario, se distinguen dos zonas: a) Zona de movimiento de aeronaves: Comprende los campos de vuelo, pistas y plataformas, las instalaciones e infraestructuras auxiliares de servicio y mantenimiento del lado aire. b) Zona de actividades aeroportuarias: Comprende el resto de los elementos y actividades que completan el intercambio con el lado tierra: pasajeros, carga, industrial, servicios, aviación general y abastecimiento energético.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

nes puntuales interiores al ámbito aeroportuario que sean complementarias de la infraestructura existente, así como las obras de reparación o adaptación necesarias en la zona de movimiento de aeronaves o las necesarias para el mantenimiento de la edificación existente en el resto. No obstante, cuando las características de la actuación lo aconsejen se redactará un Plan Especial en los términos del punto 2. También podrán concederse, en su caso, hasta el desarrollo de dicho Plan Especial, licencias para aquellas actividades ajenas a las propias aeroportuarias que dispongan de la autorización del órgano competente en materia aeroportuaria. 5. Todas las obras de edificación, así como las actividades calificadas ejercidas en suelos adscritos al uso dotacional para el transporte aéreo, estarán sujetas a la obtención de licencias municipales».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

LIBRO BLANCO DE VERTIPUERTOS DE SIAM

VERTIPORTS WHITEPAPER

Dña. Mar Charle Crespo
https://es.linkedin.com/in/marcharle
Gerente Técnico en INECO; Miembro de SIAM (Clúster Español de Movilidad Aérea Innovadora)
mar.charle@ineco.com

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. LIBRO BLANCO DE VERTIPUERTOS. 2.1. Introducción y objetivos del Libro Blanco de vertipuertos. 2.2. Metodología de trabajo. 2.2.1. Importancia del enfoque colaborativo. 2.3. Estructura del Libro Blanco. 2.4 Retos y oportunidades. 2.4.1 Retos. 2.4.2. Oportunidades. 3 PRÓXIMOS PASOS. 4. CONCLUSIONES. 5. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: El *Libro Blanco de Vertipuertos* es una iniciativa estratégica impulsada por el Clúster Español de Movilidad Aérea Innovadora (SIAM), con el respaldo técnico de Ineco, que establece las bases para el diseño, desarrollo y operación de vertipuertos en España y Europa. Estas infraestructuras son esenciales para habilitar la Movilidad Aérea Innovadora (IAM).

El documento recoge una visión integral sobre los retos técnicos, normativos, sociales y económicos que plantea la implementación de vertipuertos, y propone soluciones viables mediante un enfoque colaborativo y multidisciplinar. A través de talleres técnicos, mesas temáticas y sesiones plenarias, se han identificado desafíos clave como la integración urbana, la interoperabilidad tecnológica, la aceptación social y la sostenibilidad ambiental.

El libro se estructura en 14 capítulos que abordan desde las características de las aeronaves VTOL, el marco regulatorio, el diseño de infraestructuras, la planificación urbanística, hasta la hoja de ruta para su despliegue progresivo. Además, incluye un anexo jurídico elaborado por la Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial (AEDAE).

Este documento no solo proporciona una guía técnica y estratégica, sino que también consolida una comunidad experta en vertipuertos, fomenta la cooperación público-privada y promueve la innovación, la sostenibilidad y la transformación del modelo de transporte aéreo en España.

Palabras Clave: Libro Blanco de Vertipuertos, vertipuertos, Movilidad Aérea Innovadora, SIAM

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Abstract: *The Vertiports White Paper is a strategic initiative promoted by the Spanish Innovative Air Mobility Cluster (SIAM), with the technical support of Ineco, which establishes the foundations for the design, development, and operation of vertiports in Spain and Europe. These infrastructures are essential for enabling Innovative Air Mobility (IAM).*

The document provides a comprehensive overview of the technical, regulatory, social, and economic challenges posed by the implementation of vertiports and proposes viable solutions through a collaborative and multidisciplinary approach. Through technical workshops, thematic panels, and plenary sessions, key challenges have been identified including urban integration, technological interoperability, social acceptance, and environmental sustainability.

The White Paper is structured into 14 chapters covering topic s VTOL aircraft characteristics, regulatory frameworks, infrastructure design, urban planning, and the roadmap for their progressive deployment. It also includes a legal annex prepared by the Spanish Association for Air and Space Law.

Beyond its technical content, this document consolidates a community of experts, fosters public-private cooperation, and promotes innovation, sustainability, and the transformation of the air transport model in Spain

Key Words: *Vertiports White Paper, Vertiports, Innovative Air Mobility, SIAM.*

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevas tecnologías, junto con la necesidad de encontrar soluciones de transporte más ágiles, sostenibles y conectadas, está dando lugar a un nuevo paradigma de movilidad: la Movilidad Aérea Urbana (Urban Air Mobility, UAM). Este concepto emerge como una alternativa segura, eficiente y respetuosa con el medio ambiente, capaz de reducir los tiempos de desplazamiento, descongestionar los núcleos urbanos y mejorar la conectividad con zonas rurales.

En el año 2023, la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) definió la movilidad aérea urbana como un nuevo sistema de transporte aéreo seguro, protegido y más sostenible, para pasajeros y carga en entornos urbanos, habilitados por nuevas tecnologías e integrado en sistemas de transporte multimodal. Dicho transporte se realiza mediante aeronaves eléctricas de despegue y aterrizaje vertical (VTOL), pilotadas a distancia, con un piloto a bordo, o de manera remota, aunque esta última opción es algo que no se plantea en la fase inicial de implantación.

Junto a la UAM, surge el concepto de Movilidad Aérea Avanzada (Advanced Air Mobility, AAM), que amplía el alcance hacia entornos rurales y regionales, abordando necesidades de conectividad más allá de las áreas metropolitanas. En este ecosistema también se incorpora la Movilidad Aérea Innovadora (Innovative Air Mobility, IAM), que engloba tanto la UAM como la AAM, y añade tecnologías emergentes como la automatización, la inteligencia artificial y la gestión digital del tráfico aéreo.

Para que esta nueva movilidad se convierta en realidad, se necesita disponer de infraestructuras adecuadas para la operación de estas aeronaves de despegue y aterrizaje vertical, y que cuenten con zonas de estacionamiento, mantenimiento y carga de estos vehículos aéreos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El desarrollo de estas infraestructuras, denominadas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) como *vertiports* en inglés y por su traducción al español como vertipuertos, es crucial para el desarrollo de la UAM, debiéndose superar los obstáculos, de diseño y operación de forma segura, y de regulación de las autoridades implicadas.

El desarrollo de vertipuertos representa uno de los principales retos para la implementación de la UAM, tanto desde el punto de vista técnico como regulatorio. En este contexto, el Clúster Español de Movilidad Aérea Innovadora (SIAM) ha impulsado la elaboración del *Libro Blanco de Vertipuertos*, con el objetivo de establecer las bases para el diseño, desarrollo y puesta en marcha de estas infraestructuras clave para el ecosistema IAM, que incluye la UAM y la Movilidad Aérea Regional (RAM).

Dado que estas operaciones se llevarán a cabo en entornos complejos y altamente automatizados, uno de los desafíos más relevantes será mantener los niveles de seguridad que caracterizan al transporte aéreo convencional. Además, será necesario coordinar a todas las entidades implicadas para garantizar que los vertipuertos cumplan con los requisitos técnicos y operativos, evitando que se conviertan en un cuello de botella que limite el despliegue de la UAM.

Además, se deberá tener en cuenta los requisitos necesarios para la puesta en operación de estas infraestructuras, teniendo en cuenta todas las entidades involucradas, debiéndose garantizar que el *Libro Blanco de Vertipuertos* aborda estos aspectos y analiza los retos que enfrentamos en el camino hacia una movilidad aérea innovadora en España.

Finalmente, cabe destacar la relevancia que ha tenido el desarrollo de este documento para el impulso del sector IAM en nuestro país, marcando un hito para el futuro desarrollo de esta nueva forma de transporte.

2. LIBRO BLANCO DE VERTIPUERTOS

2.1. Introducción y objetivos del Libro Blanco de Vertipuertos

La «Mesa de Vertipuertos» nació como una iniciativa estratégica destinada a fomentar la colaboración entre los diferentes actores involucrados en la IAM, con el objetivo de generar ideas, identificar retos y desarrollar soluciones concretas que apoyasen la implementación de vertipuertos.

Bajo este marco colaborativo, se llevaron a cabo diversas actividades con el objetivo de construir una visión integral que pudiera plasmarse en el presente documento. La intención era que las aportaciones de la industria no se limitaran únicamente a los aspectos técnicos de diseño y operación, sino que también abordaran los desafíos regulatorios, las estrategias de financiación, las necesidades sociales, y los elementos relacionados con la sostenibilidad y la integración intermodal.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Se ha contado con la experiencia de los principales agentes del sector para dar respuesta a los retos que plantea la IAM, incluyendo:

- El diseño y operación segura de los vertipuertos.
- La adaptación normativa y regulatoria.
- La viabilidad económica y modelos de financiación.
- La aceptación social y el impacto en las comunidades.
- La sostenibilidad ambiental y energética.
- La integración con otros modos de transporte.

El *Libro Blanco de Vertipuertos* establece una serie de objetivos estratégicos orientados a facilitar el desarrollo normativo, tecnológico y social de estas infraestructuras en el contexto de la movilidad aérea urbana y regional. Los principales objetivos definidos son los siguientes:

1. Proporcionar una visión integral sobre el diseño, construcción y operación de vertipuertos, abordando los desafíos tecnológicos, los requisitos normativos emergentes y la adaptación de estas infraestructuras a las características específicas de las aeronaves de despegue y aterrizaje vertical (VCA/eVTOL), tanto en entornos urbanos como rurales.

2. Fomentar la colaboración público-privada, promoviendo sinergias entre administraciones públicas, industria, operadores y centros de investigación, con el fin de facilitar el desarrollo de modelos de negocio sostenibles y escalables para la operación de vertipuertos.

3. Establecer un marco regulatorio adaptado, mediante la formulación de recomendaciones normativas que garanticen la viabilidad técnica, la seguridad operacional y la flexibilidad necesaria para responder a la evolución de esta nueva forma de movilidad aérea.

4. Promover la aceptación social, integrando los vertipuertos en las comunidades locales de forma respetuosa, minimizando el impacto acústico, visual y sobre la privacidad, y fomentando procesos participativos en su planificación y despliegue.

5. Impulsar la innovación y la sostenibilidad, incentivando el uso de energías renovables, tecnologías avanzadas de gestión y automatización, y soluciones que reduzcan el impacto ambiental de las operaciones aéreas.

6. Definir una hoja de ruta para su implementación, estableciendo un plan claro, progresivo y viable para el despliegue de vertipuertos en España y en Europa, alineado con los objetivos estratégicos de movilidad sostenible y transformación digital del transporte.

2.2. Metodología de trabajo

La elaboración del *Libro Blanco de Vertipuertos* se ha basado en una **metodología colaborativa, estructurada y participativa**, orientada a garantizar que el conte-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

nido del documento refleje de forma rigurosa y representativa las perspectivas de los distintos actores implicados en el desarrollo de la Movilidad Aérea Innovadora (IAM) en España y Europa.

Este enfoque metodológico fue liderado por **SIAM**, con el respaldo técnico de **Ineco**, y se articuló a través de la iniciativa **«Mesa de Vertipuertos»**, concebida como un foro multidisciplinar de trabajo. En él participaron representantes de organismos reguladores, fabricantes de aeronaves eVTOL, operadores, consultoras, centros de investigación, autoridades aeronáuticas, universidades, entidades públicas e ingenierías, conformando un ecosistema completo de conocimiento y experiencia.

La metodología se estructuró en **fases sucesivas**, que incluyeron:

- Una **jornada institucional de presentación**, que permitió establecer los objetivos del Libro Blanco y convocar a los actores clave.
- La realización de **cuatro talleres técnicos mensuales**, cada uno centrado en un eje temático específico relacionado con el diseño, operación, regulación e integración de vertipuertos.
- La **organización de mesas temáticas** dentro de cada taller, en función de la especialización de los participantes, lo que garantizó la diversidad de enfoques y la profundidad técnica en las discusiones.
- **Sesiones plenarias de síntesis**, en las que se expusieron los principales retos, propuestas y consensos alcanzados por cada grupo de trabajo.

Toda la información generada fue recopilada, analizada y categorizada en una base de datos estructurada, lo que permitió asignar los contenidos a los capítulos correspondientes del Libro Blanco, asegurando la coherencia interna y la exhaustividad del documento.

La redacción técnica de los capítulos fue realizada por el equipo de expertos de Ineco, quienes estructuraron y desarrollaron las aportaciones recogidas, dotando al documento de un enfoque estratégico, normativo y operativo. Finalmente, el borrador fue sometido a una revisión colaborativa por parte de los asociados de SIAM y otros representantes del sector, lo que permitió validar las propuestas y garantizar que el contenido final respondiera a las necesidades reales del ecosistema IAM.

2.2.1. Importancia del enfoque colaborativo

El enfoque metodológico adoptado para la elaboración del *Libro Blanco de Vertipuertos* permitió obtener una serie de resultados cualitativos y estructurales que reflejan el valor del trabajo colaborativo y multidisciplinar en la definición de infraestructuras críticas para la Movilidad Aérea Innovadora (IAM).

Identificación de retos comunes: Gracias a la participación de expertos de distintos ámbitos, se logró una identificación transversal de los principales desafíos

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

técnicos, normativos, operativos y sociales asociados al diseño y despliegue de vertipuertos. Estos retos fueron agrupados en categorías como:

- Integración urbana y territorial.
- Seguridad operacional y normativa.
- Interoperabilidad tecnológica.
- Sostenibilidad ambiental.
- Aceptación social.

Generación de propuestas técnicas consensuadas: El trabajo en mesas temáticas permitió la formulación de propuestas, basadas en la experiencia de los participantes y en el análisis de casos internacionales. Estas propuestas sirvieron como base para la redacción de recomendaciones normativas y operativas en el Libro Blanco.

Sistematización del conocimiento: Toda la información generada durante los talleres fue estructurada en una base de datos temática, lo que facilitó su análisis y clasificación. Esta sistematización permitió:

- Asignar contenidos a capítulos específicos del documento.
- Detectar vacíos de información.
- Asegurar la coherencia interna del Libro Blanco.

Validación sectorial: El proceso culminó con una revisión colaborativa del borrador por parte de los asociados de SIAM y otros representantes del sector, lo que permitió validar las propuestas desde una perspectiva técnica, institucional y estratégica. Esta validación reforzó la legitimidad del documento como referencia sectorial.

Consolidación de una comunidad técnica: Más allá del contenido del Libro Blanco, el proceso metodológico contribuyó a la consolidación de una comunidad técnica especializada en vertipuertos, que podrá continuar colaborando en futuras fases de desarrollo normativo, implementación de proyectos piloto y generación de conocimiento.

2.3. Estructura del Libro Blanco

La información recopilada se estructuró en el Libro Blanco tratando de ofrecer una visión completa y detallada sobre el desarrollo, implementación y operación de vertipuertos en el contexto de la movilidad aérea innovadora. Siendo la estructura la siguiente:

Capítulo 1: Introducción. Presenta los objetivos, la metodología empleada y los grupos de trabajo participantes en la elaboración del Libro Blanco. Incluye un glosario de acrónimos y términos técnicos.

Capítulo 2: Aeronaves con capacidad de operación vertical. Describe las distintas tipologías de VCA, como eVTOL, híbridos y autónomos, así como las tecnologías que posibilitan su funcionamiento, capacidades operativas, rendimiento y retos para su integración en el espacio aéreo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Capítulo 3: Visión económica de los vertipuertos Analiza las oportunidades económicas, la cadena de valor, las externalidades y los modelos de negocio asociados a los vertipuertos, abordando estrategias de monetización, financiación e inversión.

Capítulo 4: Integración de la IAM en el espacio aéreo. Examina el rediseño necesario del espacio aéreo para la operación segura de las VCA, la coordinación con U-space, procedimientos de despeje de obstáculos y sistemas CNS requeridos.

Capítulo 5: El vertipuerto como infraestructura. Analiza los tipos de vertipuertos (urbanos, interurbanos, flotantes, integrados) y sus redes, así como el diseño y los subsistemas que los componen, incluyendo áreas de movimiento, instalaciones auxiliares y terminales de pasajeros.

Capítulo 6: Movilidad y planificación urbanística. Estudia la integración de los vertipuertos en el entorno urbano y regional, las normativas aplicables, las conexiones intermodales y su contribución a una red de transporte eficiente y sostenible.

Capítulo 7: Modo de operación de vertipuertos. Detalla los aspectos operativos clave, como la gestión de pasajeros, equipajes y carga, así como la planificación de contingencias y emergencias para garantizar operaciones seguras y eficientes.

Capítulo 8: Condicionantes y facilitadores. Analiza factores críticos para el éxito de los vertipuertos, como ubicación, avances tecnológicos, factores humanos, riesgos *(safety)*, seguridad *(security)*, ciberseguridad, protección de datos, impacto ambiental y experiencia del usuario.

Capítulo 9: Aceptación social. Aborda la percepción pública y las estrategias de comunicación para fomentar la aceptación de los vertipuertos, destacando la importancia de la participación ciudadana.

Capítulo 10: Marco regulatorio de los vertipuertos. Ofrece un análisis de la normativa y regulaciones aplicables en España y Europa, incluyendo licencias, certificación, estandarización y coordinación entre autoridades, resaltando la necesidad de un marco flexible.

Capítulo 11: Retos y soluciones. Presenta los principales desafíos técnicos, económicos y sociales para el desarrollo de vertipuertos, proponiendo soluciones innovadoras para su implementación y operación.

Capítulo 12: Hoja de ruta para la implementación. Define las etapas críticas, hitos y acciones necesarias para el despliegue exitoso de vertipuertos en España y Europa.

Capítulo 13: Conclusiones. Resume los puntos clave del documento y refuerza la importancia de los vertipuertos en la IAM.

Capítulo 14: Agradecimientos Reconoce la colaboración de entidades, empresas y expertos que contribuyeron al Libro Blanco.

Anexo: Incluye un análisis jurídico elaborado por la Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial (AEDAE) sobre aspectos regulatorios, normativos y urbanísticos relevantes para los vertipuertos, complementando la perspectiva de los capítulos principales.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.4. Retos y oportunidades

La implementación de vertipuertos y la movilidad aérea avanzada plantea una serie de retos complejos y multidimensionales, que abarcan aspectos técnicos, infraestructurales, normativos, sociales y ambientales. A medida que ciudades y regiones comienzan a explorar la integración de estos sistemas, se vuelve esencial identificar y comprender los desafíos que condicionan su despliegue, con el fin de garantizar una implementación segura, eficiente y sostenible.

En el Libro Blanco se analizan de forma integral los principales retos que afectan al desarrollo de vertipuertos y, al mismo tiempo, se proponen soluciones estratégicas y viables para superarlos. Mediante un enfoque interrelacionado, se establece una trazabilidad clara entre cada reto y las soluciones correspondientes, lo que permite visualizar cómo cada acción contribuye a mitigar uno o varios desafíos.

2.4.1. Retos

La introducción de vertipuertos no solo representa una oportunidad de crecimiento económico, sino una transformación estructural de la movilidad aérea urbana (UAM), que pasará de ser una innovación de nicho a una modalidad de transporte integrada. Esta evolución conlleva implicaciones directas en la planificación urbana, el valor del suelo, el mercado inmobiliario y la relocalización de la actividad económica en torno a estas nuevas infraestructuras.

Uno de los retos más críticos es la complejidad regulatoria e interoperabilidad, que exige una armonización normativa en múltiples niveles: desde la zonificación urbana local hasta la gestión del espacio aéreo en el ámbito europeo. La ausencia de estándares técnicos consolidados en cuanto a diseño, seguridad y operación de vertipuertos constituye una barrera significativa para su implementación.

En paralelo, la integración urbana y la escalabilidad de estas infraestructuras plantea desafíos técnicos y sociales. Las ciudades actuales no están preparadas para una implantación generalizada de vertipuertos, y aspectos como el ruido, la interferencia electromagnética o los riesgos de seguridad requieren soluciones específicas. El diseño debe ser modular y adaptable, capaz de integrarse tanto en entornos urbanos densos como en zonas rurales.

La aceptación social emerge como un factor determinante. Sin una participación ciudadana activa y bien gestionada, los proyectos pueden enfrentar resistencia local. La transparencia, los proyectos piloto y las evaluaciones de impacto basadas en datos serán esenciales para abordar preocupaciones sobre seguridad, privacidad y medio ambiente.

Finalmente, la incertidumbre tecnológica y energética asociada a la propulsión eléctrica plantea retos en cuanto a la infraestructura de carga, la capacidad de la red eléctrica y la sostenibilidad del ciclo de vida de las baterías. Sin una hoja de ruta energética clara, los beneficios ambientales de los vertipuertos podrían verse comprometidos por limitaciones operativas y económicas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.4.2. Oportunidades

A pesar de los retos que plantea la movilidad aérea avanzada, el desarrollo de vertipuertos ofrece una serie de oportunidades transformadoras que pueden redefinir el modelo de transporte urbano, impulsar la innovación y generar valor económico y social.

En primer lugar, los vertipuertos tienen el potencial de convertir la movilidad aérea urbana (UAM) en una modalidad de transporte integrada, pasando de ser una innovación de nicho a formar parte del sistema convencional. Esta transición puede dinamizar el mercado inmobiliario, revalorizar el suelo urbano y generar nuevos polos de actividad económica en torno a estas infraestructuras.

Desde el punto de vista normativo, el proceso de armonización regulatoria abre la puerta a modernizar los marcos legales existentes, promoviendo una integración más eficiente entre la planificación urbana, la gestión del espacio aéreo y las políticas de sostenibilidad. Esta evolución normativa puede facilitar la interoperabilidad entre distintos niveles de gobierno y acelerar la adopción de estándares internacionales.

En el ámbito del diseño y la infraestructura, los vertipuertos ofrecen la posibilidad de desarrollar soluciones modulares y escalables, capaces de adaptarse a diferentes entornos —desde azoteas urbanas hasta zonas rurales—, lo que permite una implementación flexible y progresiva.

La aceptación social, si se gestiona de forma proactiva, puede convertirse en un motor de legitimación y adopción temprana. La participación ciudadana, los proyectos piloto y las evaluaciones de impacto transparentes pueden fortalecer la confianza pública y facilitar la integración de estas infraestructuras en el tejido urbano.

Por último, el avance en tecnologías de propulsión eléctrica y energías renovables representa una oportunidad para reducir la huella ambiental del transporte aéreo. Con una planificación energética adecuada, los vertipuertos pueden convertirse en nodos sostenibles que contribuyan a los objetivos de descarbonización, eficiencia energética y transición ecológica**.**

3. PRÓXIMOS PASOS

El despliegue exitoso de vertipuertos y la consolidación de la movilidad aérea innovadora requieren una planificación estratégica integral y una ejecución coordinada entre los distintos actores implicados. A lo largo del Libro Blanco se identifican los principales retos y oportunidades que enfrentan tanto las entidades públicas como los agentes privados en el desarrollo de estas infraestructuras pioneras.

En esta fase crítica, resulta esencial definir una hoja de ruta clara y operativa, que articule las acciones necesarias en distintos niveles: desde la armonización normativa y el impulso a la innovación tecnológica, hasta la gestión de la aceptación social y el desarrollo de modelos de negocio sostenibles. Esta hoja de ruta debe ser-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

vir como guía para orientar la toma de decisiones, priorizar inversiones y garantizar que el despliegue de vertipuertos se realice de forma segura, eficiente y alineada con los objetivos de sostenibilidad y transformación urbana.

En el corto plazo, la prioridad será establecer un ecosistema operativo básico. La evolución normativa avanzará con rapidez, permitiendo habilitar operaciones iniciales y desarrollar proyectos piloto que sirvan como modelos de viabilidad. Estas primeras implementaciones actuarán como demostradores de confianza, mostrando a autoridades y ciudadanía que la movilidad aérea urbana es una solución real, segura y útil, más allá de su carácter innovador.

En el medio plazo, se iniciará la expansión operativa. La consolidación del marco U-Space permitirá integrar aeronaves tripuladas y autónomas en un sistema ágil y seguro. Las ciudades comenzarán a incorporar vertipuertos como nodos estratégicos de transporte, y surgirán modelos de negocio diversificados, incluyendo servicios logísticos, de pasajeros y de emergencias. Esta etapa estará marcada por la colaboración intersectorial, donde gobiernos, operadores y fabricantes trabajarán en sinergia para maximizar el impacto y la escalabilidad.

En el largo plazo, el sector deberá liderar la automatización completa de las operaciones y contribuir a la redefinición de los estándares globales de transporte aéreo. Los vertipuertos evolucionarán hacia infraestructuras inteligentes, capaces de adaptarse dinámicamente a las demandas urbanas, tecnológicas y energéticas. Las aeronaves autónomas configurarán redes interurbanas de transporte aéreo, transformando los flujos de personas y mercancías, y abriendo nuevas oportunidades en términos de conectividad, competitividad y desarrollo económico.

4. CONCLUSIONES

El *Libro Blanco de Vertipuertos* se configura como una herramienta clave para orientar el desarrollo de la movilidad aérea innovadora en España y Europa. Más allá de su contenido técnico, este documento representa un instrumento estratégico que permite alinear a los distintos actores del ecosistema —administraciones públicas, industria, operadores, centros de investigación y ciudadanía— en torno a una visión compartida.

Se pueden destacar dos aspectos, el impacto y la relevancia que supuso la propia elaboración del libro y por otra parte el propio impacto del *Libro Blanco de Vertipuertos.*

El proceso colaborativo que dio forma al *Libro Blanco de Vertipuertos* ha tenido un impacto significativo en la configuración del ecosistema de la Movilidad Aérea Innovadora (IAM), aportando valor más allá del contenido técnico del documento. Su relevancia estratégica se manifiesta en distintos niveles:

- Consenso multisectorial: La participación activa de representantes de organismos reguladores, operadores, industria, academia y administraciones públicas permitió alcanzar un consenso técnico y estratégico sobre los

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

principales retos y soluciones vinculados al desarrollo de vertipuertos. Este consenso refuerza la legitimidad del documento como referencia sectorial y facilita su adopción por parte de los distintos agentes implicados.

- Integración de conocimiento especializado: El proceso permitió recopilar, estructurar y validar conocimiento experto de forma sistemática, asegurando que el contenido del Libro Blanco refleje tanto la experiencia práctica como la visión institucional. Esta integración aporta profundidad, aplicabilidad y coherencia al documento.
- Fortalecimiento de la cooperación público-privada: La metodología empleada ha favorecido la creación de un entorno de colaboración entre el sector público y privado, clave para la implementación efectiva de vertipuertos. Esta cooperación facilita la alineación de intereses, la identificación de sinergias y el desarrollo de modelos de negocio sostenibles.
- Impulso a la planificación estratégica: El proceso colaborativo ha permitido construir las bases para una futura hoja de ruta compartida que oriente al desarrollo normativo, técnico y territorial de los vertipuertos. Esta planificación estratégica facilita la anticipación de necesidades, la coordinación de esfuerzos y la definición de prioridades para su despliegue progresivo.
- Consolidación de una comunidad técnica especializada: La iniciativa «Mesa de Vertipuertos» ha contribuido a la creación de una red de expertos que podrá continuar colaborando en futuras fases de desarrollo, implementación y evaluación. Esta red continúa trabajando a través del grupo GT3 de SIAM en el desarrollo de futuras ediciones de este Libro Blanco.

El propio impacto del Libro Blanco se proyecta en múltiples dimensiones, normativa, operativa, institucional y tecnológica, consolidándose como un documento de referencia para el sector.

- Impulso a la regulación emergente: El Libro Blanco recoge los retos y las necesidades de los futuros desarrollos normativos, sirviendo como punto de conexión entre los reguladores y los futuros operadores, permitiendo trabajar con criterios comunes en proyectos piloto y despliegues futuros.
- Articulación del ecosistema IAM: El proceso colaborativo que dio origen al documento ha fortalecido la conexión entre los distintos actores del ecosistema IAM, consolidando una comunidad técnica capaz de abordar los retos multidisciplinares que plantea la integración de aeronaves eVTOL en entornos urbanos y rurales.
- Fomento de la inversión y modelos de negocio: Al establecer una visión clara y estructurada sobre el futuro de los vertipuertos, el Libro Blanco genera confianza en el sector privado, favoreciendo la atracción de inversión y el desarrollo de modelos de negocio sostenibles, escalables y alineados con los objetivos de transición ecológica y digital.
- Apoyo a la planificación territorial y urbana: El documento proporciona criterios técnicos y estratégicos para la integración de vertipuertos en el

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

entorno urbano y rural, facilitando su incorporación en los planes de ordenación territorial, movilidad y sostenibilidad de las administraciones públicas.

- Promoción de la innovación y la sostenibilidad: El enfoque del Libro Blanco refuerza el compromiso con la innovación tecnológica, la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental, alineándose con las políticas europeas de descarbonización, digitalización y movilidad inteligente.

5. BIBLIOGRAFÍA

SIAM- INECO *Libro Blanco de Vertipuertos – Edición 1.2***.** Licencia CC BY-NC-ND 4.0.

EASA. (2022). *Vertiports prototype*. Obtenido de https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/prototype-technical-design-specifications-vertiports

EASA. (2023). UAM. Obtenido de https://www.easa.europa.eu/en/what-is-uam

Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Anexo 14: Volumen I Diseño y operaciones de aeródromos.

Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Anexo 14: Volumen II Diseño y operaciones de helipuertos.

Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Anexo 19: Gestión de la Seguridad.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

USO DE SUPERFICIES DE AGUA PARA AMARAJE Y DESPEGUE DE HIDROAVIONES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE OPERACIÓN

USE OF WATER SURFACES FOR SEAPLANE LANDING AND TAKEOFF OPERATIONS BY OPERATIONAL CATEGORY

D. Jesús Borja
jesusborja@hotmail.com
Asociación Española de Hidroaviación

D. Carles Algué
carles@voloveritas.com Volo Veritas

D. Yago Osset
yago.osset@aepal.aero
Asociación Española de Pilotos de Aeronaves Ligeras

D. Gerardo Morales Hierro
gerardo@surcar.eu
Surcar Airlines

Sumario: 1.- NORMATIVA DE REFERENCIA PARA AMARAJE Y DESPEGUE DE HIDROAVIONES EN SUPERFICIES DE AGUA, 1.1. Introducción, 1.2. Convenios internacionales, 1.2.1. Organización Marítima Internacional (OMI), 1.2.2. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), 1.3. Normativa europea, 1.3.1. Introducción, 1.3.2. Aeródromos en tierra y agua, 1.3.3. Lugares de operación distintos a aeródromos (operating sites), 1.3.3.1. Operaciones comerciales en «operating sites», 1.3.3.2. Operaciones no comerciales en «operating sites», 1.4. Normativa española, 1.4.1. Autorizaciones de apertura al tráfico aéreo de superficies de agua 1929-1930, 1.4.1.1. Real Orden de 2 de abril de 1929, 1.4.1.2. Real Orden de 2 de mayo de 1930, 1.4.1.3. Real Orden de 8 de abril de 1930, 1.4.1.4. Real Orden 17 de mayo de 1930, 1.4.2. Consideraciones jurídicas sobre normativa de larga data, 1.4.2.1. Principio jurídico de prioridad temporal, 1.4.2.2. Vigencia de normas preconstitucionales, 1.4.2.3. Compatibilidad con las libertades de la UE,

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

1.4.3. Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre navegación aérea, 1.4.4. Real Decreto 57/2002, reglamento de circulación aérea, 1.4.5. Ley 14/2014, de 24 de julio, de navegación marítima, 1.4.6. Ley 22/1988, de 28 de julio, de costas, 2. AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA DE SUPERFICIES DE AGUA PARA AMARAJE Y DESPEGUE DE HIDROAVIONES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE OPERACIÓN, 2.1. Lugar de operación o «operating site», 2.1.1. «Operating site» en el mar, 2.1.2. «Operating site» en pantanos, ríos, embalses, lagos y otros cuerpos de agua, 2.2. Hidroaeródromos, 2.2.1. Hidroaeródromo eventual, 2.2.2. Hidroaeródromo de uso restringido, 2.2.3. Hidroaeródromo de uso público, 3. CONCLUSIONES, 3.1. Conclusión 1. La aeronave, 3.2. Conclusión 2. Tipos de superficies, 3.3. Conclusión 3. Amerizajes y despegues en «operating sites», 3.4. Conclusión 4. «Operating sites» versus hidroaeródromo eventual, 3.5. Conclusión 5. Hidroaeródromos de uso restringido y de uso público, 3.6. Conclusión 6. Hidroaeródromos históricos autorizados.

Resumen: En este artículo se aborda el uso de superficies de agua en España para el amaraje y despegue de hidroaviones, repasando el contexto internacional, europeo y nacional. Explica cómo la hidroaviación fue clave en los primeros años de la aviación y, aunque hoy tiene un papel reducido en Europa, está resurgiendo con nuevas iniciativas. Se analizan los distintos marcos legales y administrativos que afectan a esta actividad y que condicionan dónde y cómo se puede operar.

Las conclusiones subrayan que un hidroavión en el agua se considera un buque, aunque continúa sujeto a la normativa aeronáutica. Las superficies de operación se dividen en dos grandes categorías según la nomenclatura de la propia normativa: los «operating sites», regulados a nivel europeo, y los hidroaeródromos, regulados por normativa nacional española. En el mar es posible realizar amarajes de forma libre bajo determinadas condiciones, mientras que en ríos, lagos o embalses siempre se requiere la autorización del gestor de la superficie de agua correspondiente. Para operaciones continuadas en una misma ubicación, sea cual sea el tipo de actividad, es necesaria la autorización de un hidroaeródromo —ya sea de uso restringido o de uso público— debidamente aprobado por la autoridad aeronáutica y con un gestor responsable de garantizar la seguridad y el cumplimiento de las normas.

Palabras Clave: hidroavión, hidroaeródromo, lugar de operación, superficies de agua, despegue y amerizaje, marco normativo.

Abstract: *The article examines the use of water surfaces in Spain for the landing and takeoff of seaplanes, reviewing the international, European, and national context. It explains how seaplane aviation played a key role in the early years of aviation and, although it now has a limited role in Europe, it is experiencing a resurgence with new initiatives. The text analyzes the different legal and administrative frameworks that govern this activity and determine where and how it can take place. The conclusions highlight that a seaplane on the water is regarded as a vessel, although it remains subject to aeronautical regulation. Operating surfaces are divided into two main categories, as defined in the regulatory framework: "operating sites", regulated at the European level, and water aerodromes, regulated under Spanish national law. On the sea, landings and takeoffs may be carried out freely under certain conditions, while in rivers, lakes, or reservoirs specific authorization from the water authority is always required. For continued operations at the same location, regardless of the type of activity, an authorization is required for a water aerodrome —either restricted-use or public-use— formally approved by the aeronautical authority and operated by a manager responsible for ensuring safety and regulatory compliance.*

Key Words: *seaplane, water aerodrome, operating site, water surfaces, takeoff and landing, regulatory framework.*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

1. NORMATIVA DE REFERENCIA PARA AMARAJE Y DESPEGUE DE HIDROAVIONES EN SUPERFICIES DE AGUA

1.1. Introducción

El primer vuelo controlado de un aparato más pesado que el aire fue el de los hermanos Wright en 1903, aunque durante los primeros años, volar no era más que un espectáculo de feria y fue la Primera Guerra Mundial la que impulsó un desarrollo de la industria. Las pistas de aterrizaje eran escasas y poco desarrolladas, en contraste con la gran disponibilidad de superficies de agua practicables como ríos, lagos y bahías naturales, por lo que los hidroaviones desempeñaron un papel fundamental en la aviación durante las primeras décadas del siglo XX. Muchas rutas comerciales de larga distancia se cubrían predominantemente con estos aviones, al disponer de áreas de amerizaje practicables en las imprescindibles escalas en posiciones remotas, alejadas de Europa o Norteamérica.

Tras el fin de la Segunda Guerra Mundial, con el desarrollo de motores más potentes y la construcción de aeropuertos en todo el mundo, los hidroaviones comenzaron a perder protagonismo frente a los aviones terrestres. No obstante, continuaron siendo útiles en misiones especializadas, como el rescate marítimo, la lucha contra incendios y el acceso a áreas remotas sin infraestructura aeroportuaria. Hoy en día la hidroaviación, tanto privada como comercial, es residual en Europa, en contraste con el uso más extendido que sigue teniendo en países como Canadá o Estados Unidos. En España el uso de hidroaviones se limita principalmente a labores de extinción de incendios, eventos de exhibición como los Splash-in que organiza la Asociación Española de Hidroaviación y algunas operaciones puntuales de aeronaves privadas.

Recientemente se ha autorizado el hidroaeródromo de Alange en Extremadura y otras superficies están en fase de aprobación, lo que representa un indicio positivo para el resurgimiento de esta actividad en nuestro país.

Este artículo analiza el marco legal vigente el uso de superficies de agua para la operación de hidroaviones: desde convenios internacionales hasta normativas europeas y españolas. Su objetivo es proporcionar claridad sobre los procedimientos y regulaciones aplicables a la autorización de superficies y en último término facilitar el desarrollo de la hidroaviación en España.

1.2. Convenios Internacionales

1.2.1. Organización Marítima Internacional (OMI)

La OMI es la agencia de las Naciones Unidas encargada de establecer estándares y normativas para el transporte marítimo internacional. La norma básica en navega-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ción marítima a nivel internacional es el Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes (RIPA), bajo la supervisión de la OMI[1].

Según el RIPA, el hidroavión amarado (mientras esté en el agua) es un buque y como tal tiene que cumplir las normas de tráfico marítimo.

Artículo 3, letra (a): «La palabra 'buque' designa toda clase de embarcaciones, incluidas las embarcaciones sin desplazamiento, las naves de vuelo rasante y los hidroaviones».

Artículo 3, letra (e): «La palabra 'hidroavión' designa a toda aeronave proyectada para maniobrar sobre las aguas».

Artículo 18, letra (e): «En general, un hidroavión amarado se mantendrá alejado de todos los buques y evitará estorbar su navegación. No obstante, en aquellas circunstancias en que exista un riesgo de abordaje, cumplirá con las Reglas de esta Parte».

Artículo 31: «Cuando a un hidroavión o a una nave de vuelo rasante no le sea posible exhibir luces y marcas de las características y en las posiciones prescritas en las reglas de la presente parte, exhibirá luces y marcas que, por sus características y situación, sean lo más parecidas posible a las prescritas en esas reglas».

1.2.2. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

La OACI es la agencia de las Naciones Unidas encargada de establecer estándares y normativas para la aviación civil internacional. La norma básica en transporte aéreo internacional es el Convenio sobre Aviación Civil Internacional, conocido como Convenio de Chicago, que establece estándares uniformes para la aviación internacional, con el foco puesto principalmente en el transporte internacional.

El Anexo 14 del Convenio define las normas técnicas de diseño y operación de aeródromos para transporte internacional que deberán cumplir los Estados firmantes. El Anexo 14, Volumen 1 (aeródromos) define un aeródromo como «Área definida de tierra o de agua (…) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves». Por lo tanto, el propio Anexo 14 debería ser válido a priori como referencia para diseñar un hidropuerto y su uso obligado si se trata de uno de transporte internacional.

Para las instalaciones no destinadas al transporte internacional, se deja a los Estados el desarrollo de normativas adecuadas a sus necesidades y condicionantes. No obstante, en España se publicó una trasposición del Anexo 14 en el Real Decreto 862/2009, convirtiéndolo en el reglamento básico para el diseño de aeródromos, cualquiera que sea su uso[2].

---

1 Instrumento de Adhesión de España al Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los abordajes, hecho en Londres el 20 de octubre de 1972. https://www.boe.es/buscar/pdf/1977/BOE-A-1977-15605-consolidado.pdf

2 Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo, por el que se aprueban las normas técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público y se regula la certificación de los aeropuertos de competencia del Estado. https://www.boe.es/buscar/pdf/2009/BOE-A-2009-9043-consolidado.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En 2016 se constituyó en la región Asia/Pacífica de OACI el *«Water Aerodromes Small Working Group»* (WASWG) —dando continuidad al previo APAC WAWG—. Este grupo partió de aceptar que, pese a que el Anexo 14 Volumen 1 incluya en su ámbito de aplicación los hidroaeródromos, en realidad su aplicación a superficies de agua es muy poco práctica y a menudo incluso carente de sentido. El grupo impulsa el desarrollo de un reglamento internacional referente específico para hidroaeródromos, basado en las mejores prácticas de países como Indonesia, Maldivas y EE.UU. Ha publicado ya una serie de recomendaciones de requisitos de operación y seguridad para estos aeródromos acuáticos (sin carácter vinculante), identificado como «borrador de regulaciones de aeródromos acuáticos». Este borrador tiene fuertes referencias al reglamento de hidropuertos de EE.UU. (FAA AC No.: 150/5395-1A), posiblemente el mejor documento de referencia en cuanto a diseño de hidroaeródromos, empleado para el diseño y autorización de numerosas instalaciones en Norteamérica.

1.3. Normativa europea

1.3.1. Introducción

La Dirección General de Movilidad y Transportes de la Comisión Europea (DG MOVE) es responsable de desarrollar y gestionar las políticas de transporte en la UE. Para los sectores aéreo y marítimo cuenta con dos agencias independientes: EASA (Agencia Europea de Seguridad Aérea, *European Aviation Safety Agency*) y EMSA (Agencia Europea de Seguridad Marítima, *European Maritime Safety Agency*). DG MOVE establece las directrices y normativas, mientras que EASA y EMSA se encargan de ejecutarlas y supervisar su cumplimiento en sus respectivos ámbitos.

La normativa marítima europea no hace referencia a hidroaviones o superficies de operación para este tipo de naves.

A continuación, se referencia la normativa aeronáutica europea de referencia para amaraje y despegue de hidroaviones en el agua.

1.3.2. Aeródromos en tierra y agua

El Reglamento 139/2014[3] es la norma básica para garantizar un nivel uniforme de seguridad en los aeródromos europeos.

En el artículo 2 se define aeródromo como:

> *Aeródromo: área definida (que incluye todas sus edificios, instalaciones y equipos) sobre tierra o agua, o estructura fija, fija en alta mar o flotante destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves;*

3 REGLAMENTO (UE) N.º 139/2014 DE LA COMISIÓN de 12 de febrero de 2014 por el que se establecen los requisitos y procedimientos administrativos relativos a los aeródromos, de conformidad con el Reglamento (CE) no 216/2008 del Parlamento Europeo y el Consejo. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014R0139

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

«Aerodrome» means a defined area (including any buildings, installations and equipment) on land or water or on a fixed, fixed offshore or floating structure intended to be used either wholly or in part for the arrival, departure and surface movement of aircraft;

Por otro lado, el Reglamento 1139/2018[4]sobre normas comunes en el ámbito de la aviación civil en Europa, en su consideración 7, recoge:

«No sería conveniente someter todos los aeródromos a unas normas comunes. Los aeródromos que no estén abiertos al uso público o aquellos que no se utilicen para el transporte aéreo comercial o los que carezcan de pistas pavimentadas instrumentales de más de 800 metros que no se utilicen exclusivamente para helicópteros que utilicen procedimientos de aproximación o de salida por instrumentos deben permanecer bajo el control reglamentario de los Estados miembros, sin que del presente Reglamento pueda derivarse para los otros Estados miembros la obligación de reconocer las medidas nacionales correspondientes».

«It would not be appropriate to subject all aerodromes to common rules. Aerodromes which are not open to public use or aerodromes which are not used for commercial air transport or which do not have paved instrument runways of more than 800 meters in length, and which are not used exclusively by helicopters using instrument approach or departure procedures, should remain subject to the regulatory control of the Member States, without any obligation on the other Member States to recognise the corresponding national measures».

1.3.3. Lugares de operación distintos a aeródromos *(operating sites)*

El Reglamento 965/2012[5] es la norma básica para garantizar la seguridad en las operaciones aéreas civiles dentro de la Unión Europea. Por su parte, el Reglamento 800/2013[6] modifica y amplía el anterior principalmente para incluir y definir con detalle las operaciones no comerciales.

---

4 REGLAMENTO (UE) 2018/1139 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de julio de 2018 sobre normas comunes en el ámbito de la aviación civil y por el que se crea una Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.º 2111/2005, (CE) n.º 1008/2008, (UE) n.º 996/2010, (CE) n.º 376/2014 y las Directivas 2014/30/UE y 2014/53/UE del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan los Reglamentos (CE) n.º 552/2004 y (CE) n.º 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CEE) n.º 3922/91 del Consejo. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018R1139

5 REGLAMENTO (UE) N.º 965/2012 DE LA COMISIÓN de 5 de octubre de 2012 por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos en relación con las operaciones aéreas en virtud del Reglamento (CE) n.º 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012R0965

6 REGLAMENTO (UE) N.º 800/2013 DE LA COMISIÓN de 14 de agosto de 2013 que modifica el Reglamento (UE) no 965/2012, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos en relación con las operaciones aéreas en virtud del Reglamento (CE) no 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013R0800

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Ambas normas diferencian entre aeródromo y «lugar de operación» *(operating site)*, concepto que aparece definido en el Anexo I del 965/2012, en el número 84:

«Lugar de operación»: un lugar, diferente de un aeródromo, seleccionado por el operador o por el piloto al mando para realizar operaciones de aterrizaje, despegue y/o carga exterior

«Operating site» means a site, other than an aerodrome, selected by the operator or pilot-in-command or commander for landing, take-off and/or external load operations».

1.3.3.1. Operaciones comerciales en «operating sites»

El Anexo IV del 965/2012 - Operaciones de Transporte Aéreo Comercial, regula el tipo de aeronaves que pueden operar en *«operating sites»*, en concreto el apartado (b) de la sección CAT.OP.MPA.105 recoge:

«El uso de zonas de operaciones se aplicará exclusivamente a:
1. aviones propulsados no complejos, y
2. helicópteros»
«The use of operating sites shall only apply to:
1. other-than-complex motor-powered aeroplanes; and
2. helicopters»

La definición de aeronave propulsada compleja la encontramos en el artículo 140 (b) del Reglamento 1139/2018

«Aeronave propulsada compleja» se entenderán como referencia al artículo 3, letra j), del Reglamento n.º 216/2008;

«Complex motor-powered aircraft» shall be understood as a reference to point (j) of Article 3 of Regulation n.º 216/2008;

Que a su vez remite al artículo 3j del Reglamento 216/2008[7] que define como aviones propulsados complejos aquellos que cumplan alguna de estas características:

- Masa máxima certificada de despegue superior a 5700 kg.
- Configuración máxima de más de 19 asientos de pasajeros.
- Certificado para operar con una tripulación mínima de dos pilotos.
- Equipado con motor(es) turborreactor o más de un motor turbohélice.
- Maximum certificated take-off mass exceeding 5700 kg.
- Maximum passenger seating configuration of more than nineteen.
- Certificated for operation with a minimum crew of at least two pilots.
- Equipped with (a) turbojet engine(s) or more than one turboprop engine.

7 REGLAMENTO (CE) N.º 216/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 20 de febrero de 2008 sobre normas comunes en el ámbito de la aviación civil y por el que se crea una Agencia Europea de Seguridad Aérea, y se deroga la Directiva 91/670/CEE del Consejo, el Reglamento (CE) n.º 1592/2002 y la Directiva 2004/36/CE. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008R0216

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Para operaciones comerciales de aeronaves complejas en superficies de agua sólo aplica el concepto «Aeródromo Adecuado» del CAT.OP.MPA.107 del Anexo IV del Reglamento 965/2012.

CAT.OP.MPA.107 Aeródromo adecuado. El operador considerará adecuado un aeródromo si, en el momento de uso previsto, el aeródromo está disponible y equipado con los servicios auxiliares necesarios, tales como servicios de tránsito aéreo (ATS), iluminación suficiente, comunicaciones, información meteorológica, ayudas a la navegación y servicios de emergencias.

CAT.OP.MPA.107. Adequate aerodrome. The operator shall consider an aerodrome as adequate if, at the expected time of use, the aerodrome is available and equipped with necessary ancillary services such as air traffic services (ATS), sufficient lighting, communications, weather reporting, navigation aids and emergency services.

1.3.3.2. Operaciones no comerciales en «operating sites»

En el Anexo VII del Reglamento 800/2013 para operaciones aéreas no comerciales se establece:

NCO.OP.100 Utilización de aeródromos y zonas de operación. El piloto al mando deberá utilizar exclusivamente aeródromos y lugares de operación adecuados al tipo de aeronave y de operación pertinentes.

NCO.OP.100. Use of aerodromes and operating sites. The pilot-in-command shall only use aerodromes and operating sites that are adequate for the type of aircraft and operation concerned.

1.4. Normativa Española

1.4.1. Autorizaciones de apertura al tráfico aéreo de superficies de agua 1929-1930

A final de la década 1920, España se encontraba en pleno esfuerzo por expandir y formalizar la infraestructura de navegación aérea, una actividad de creciente importancia. Entre 1929 y 1930 se establece y se publica en el boletín oficial la apertura de varios puertos marítimos para su uso en la navegación aérea general.

1.4.1.1. Real Orden de 2 de abril de 1929

Publicada en la Gaceta de Madrid, Núm. 92[8], autoriza la apertura al tráfico aéreo comercial y particular los Puertos Marítimos de Gran Canaria (hoy Las Palmas), Tenerife, Barcelona, Alicante, Cádiz, Vigo, Málaga y Palma de Mallorca, así como Bahías de Alcudia y Pollensa también en Mallorca.

8 https://www.boe.es/gazeta/dias/1929/04/02/pdfs/GMD-1929-92.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La orden también define la figura y las funciones de los jefes de los aeródromos en puertos marítimos, que deben encargarse de la gestión del tráfico aéreo, recaudación de derechos, inspección de aeronaves, auxilio en caso de accidentes y el suministro de combustible y lubricantes a las aeronaves.

1.4.1.2. Real Orden de 2 de mayo de 1930

Publicada en la Gaceta de Madrid, Núm. 122[9], declara abiertos al tráfico aéreo tanto comercial como particular los puertos marítimos de Huelva, Santander y Valencia.

1.4.1.3. Real Orden de 8 de abril de 1930

Publicada en la Gaceta de Madrid, Núm. 98[10], declara Gando en Gran Canaria aeropuerto nacional tanto terrestre como marítimo.

1.4.1.4. Real Orden 17 de mayo de 1930

Publicada en la Gaceta de Madrid, Núm. 137[11], declara aeropuerto nacional marítimo la bahía de Los Cristianos, en Tenerife.

1.4.2. Consideraciones jurídicas sobre normativa de larga data

Mediante estas reales órdenes varios puertos de distintas ciudades españolas quedaron habilitados para el tráfico aéreo tanto comercial como particular. El hecho de que estas normas no hayan sido derogadas, plantea la cuestión de si estas habilitaciones siguen vigentes, permitiendo potencialmente la operación de hidroaviones sin restricciones adicionales en los puertos autorizados hace casi un siglo.

1.4.2.1. Principio Jurídico de Prioridad Temporal («prior in tempore, potior in iure»)

El principio general del derecho *«prior in tempore, potior in iure»* establece que, en caso de conflicto de normativas, la más antigua prevalece, a menos que exista una derogación explícita. Dado que no hemos encontrado referencias a una normativa posterior que derogue específicamente estas reales órdenes se debe asumir que el marco legal de 1929-1930 sigue siendo aplicable, al menos hasta que sea expresamente modificado o derogado.

9 https://www.boe.es/datos/pdfs/BOE/1930/122/A00707-00707.pdf

10 https://www.boe.es/gazeta/dias/1930/04/08/pdfs/GMD-1930-98.pdf

11 https://www.boe.es/gazeta/dias/1930/05/17/pdfs/GMD-1930-137.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

1.4.2.2. Vigencia de normas preconstitucionales

La Constitución Española solo derogó automáticamente las normas que eran incompatibles con la misma. Ejemplos de normativa vigente de larga data incluyen el Código de Comercio de 1889 o la Ley Hipotecaria de 1946, que siguen plenamente vigentes en nuestro ordenamiento jurídico, lo que refuerza la lectura de que las normativas de 1929 y 1930 sobre hidroaviación sigan teniendo validez en la actualidad, siempre que no se contradigan con la legislación actual.

1.4.2.3. Compatibilidad con las libertades de la UE

Finalmente, las libertades fundamentales de la Unión Europea, como la libertad de empresa y la libre circulación de servicios, podrían respaldar la reactivación de estos puertos para el tráfico aéreo sin nuevas restricciones. Estos principios promueven un marco de actuación en el que se facilita la actividad económica, siempre que no exista normativa local o nacional que lo prohíba. Si las normativas de hidroaviación de 1929 y 1930 aún son válidas, se podrían usar en favor de las operaciones actuales de hidroaviones bajo el principio de libertad de empresa.

1.4.3. Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre navegación aérea

Según el artículo 45:

«Los aeródromos y aeropuertos que hayan de utilizar superficies de agua, dependientes de distintos Ministerios, serán establecidos previo acuerdo de todos ellos. Las zonas que no sean de utilización indispensable a los servicios de Marina serán atribuidas, con carácter exclusivo, a la navegación aérea, rigiéndose la disciplina y el servicio de embarcaciones por las disposiciones del Ministerio del Aire, en tanto no contraríen la legislación marítima vigente»[12].

Según el artículo 150:

Las aeronaves de transporte privado de Empresas, las de Escuelas de Aviación, las dedicadas a trabajos técnicos o científicos y las de turismo y las deportivas, quedarán sujetas a las disposiciones de esta Ley, en cuanto les sean aplicables, con las excepciones que a continuación se expresan:

Primera. No podrán realizar ningún servicio público de transporte aéreo de personas o de cosas, con o sin remuneración.

Segunda. Podrán utilizar terrenos diferentes de los aeródromos oficialmente abiertos al tráfico, previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

Según el artículo 39:

Las superficies dispuestas para la llegada y partida de aeronaves se clasifican en aeródromos y aeropuertos. Los primeros pueden ser permanentes y eventuales.

12 https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1960-10905#acuarentaycinco

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Se entiende por aeródromo la superficie de límites definidos, con inclusión, en su caso, de edificios e instalaciones apta normalmente para la salida y llegada de aeronaves. El aeródromo será eventual cuando su establecimiento obedezca a necesidades transitorias o sea designado para una utilización particular en circunstancias especiales.

1.4.4. Real Decreto 57/2002, reglamento de circulación aérea

7.1.4.2.6. Al aplicar las normas de 7.1.4.2.7., se tendrán en cuenta todos los factores que afecten de modo importante a la performance del avión (peso, altitud o altitud de presión, temperatura, viento, pendiente y condiciones de la pista, es decir, presencia de fango, agua, hielo, o una combinación de estos elementos, para aviones terrestres, y condiciones de la superficie del agua para hidroaviones).

7.2.5.3.1. Hidroaviones. Todos los hidroaviones en todos los vuelos irán equipados con:

a) un chaleco salvavidas, o dispositivo individual de flotación equivalente, para cada persona que vaya a bordo, situado en lugar fácilmente accesible desde el asiento o litera de la persona que haya de usarlo;

b) equipo para hacer las señales acústicas prescritas en el Reglamento Internacional para la Prevención de Colisiones en el Mar, cuando sea aplicable;

c) un ancla;

d) un ancla flotante, cuando se necesite para ayudar a maniobrar.

1.4.5. Ley 14/2014, de 24 de julio, de navegación marítima

Según la disposición adicional novena:

Disposición adicional novena. Disposiciones especiales en materia de navegación aérea.

La presente ley no será de aplicación a las aeronaves que se hallen sobre el agua, ni al personal y medios afectos a la actividad de éstas, que se sujetarán, a todos los efectos, al régimen establecido en la legislación aeronáutica y los tratados internacionales en la materia. Ello sin perjuicio del cumplimiento por las aeronaves de lo indicado en el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS 74/78) y en el Convenio sobre el reglamento Internacional para Prevenir Abordajes (COLREG-72) en lo que resulte de aplicación, cuando estén sobre el agua.

1.4.6. Ley 22/1988, de 28 de julio, de costas

Según el artículo 31:

La utilización del dominio público marítimo-terrestre y, en todo caso, del mar y su ribera será libre, pública y gratuita para los usos comunes y acordes con la naturaleza de aquél, tales como pasear, estar, bañarse, navegar, embarcar y desembarcar, varar, pescar,

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

coger plantas y mariscos y otros actos semejantes que no requieran obras e instalaciones de ningún tipo y que se realicen de acuerdo con las leyes y reglamentos o normas aprobadas conforme a esta Ley.

Los usos que tengan especiales circunstancias de intensidad, peligrosidad o rentabilidad y los que requieran la ejecución de obras e instalaciones sólo podrán ampararse en la existencia de reserva, adscripción, autorización y concesión, con sujeción a lo previsto en esta Ley, en otras especiales, en su caso, y en las normas generales o específicas correspondientes, sin que pueda invocarse derecho alguno en virtud de usucapión, cualquiera que sea el tiempo transcurrido.

2. AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA DE SUPERFICIES DE AGUA PARA AMARAJE Y DESPEGUE DE HIDROAVIONES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE OPERACIÓN

2.1. Lugar de operación o «Operating Site»

2.1.1 «Operating site» en el mar

Según el artículo 31 de la Ley de Costas, la utilización del mar y su ribera será libre pública y gratuita para comunes y acordes con la naturaleza de aquel como navegar cuando no tengan especiales circunstancias que se entiende por usos que tengan especiales circunstancias de intensidad, peligrosidad o rentabilidad[13]. Por tanto, en zonas de dominio público marítimo donde se permita la navegación a motor sin restricciones y el espacio aéreo no esté sujeto a limitaciones medioambientales el piloto, asegurándose que cumple con las reglas de vuelo y del espacio aéreo podrá, bajo su responsabilidad, amerizar y despegar acogiéndose a la definición de «Operating Site» que hace el Reglamento UE 965/2012[14]:

«"Operating site" o lugar de operación, un lugar, diferente de un aeródromo, seleccionado por el operador o por el piloto al mando para realizar operaciones de aterrizaje, despegue y/o carga exterior».

13 Un uso que no tiene especiales circunstancias de intensidad o peligrosidad y que se permite de forma libre y gratuita en nuestras costas es por ejemplo la navegación recreativa a motor o el uso de motos de agua. Del mismo modo, cuando los barcos son de paseo a turistas o las motos de agua de una empresa que las alquila, hay una actividad comercial moderada, razonable, que no hace un uso excesivo del recurso. Un ejemplo de actividad comercial con especiales circunstancias de rentabilidad y uso excesivo del recurso (la lámina de agua) podría ser por ejemplo un circuito balizado para su uso permanente y repetitivo por parte de las motos de agua.

14 REGLAMENTO (UE) N.º 965/2012 DE LA COMISIÓN de 5 de octubre de 2012 por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos en relación con las operaciones aéreas en virtud del Reglamento (CE) no 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012R0965

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La regulación europea permite el amerizaje libre en «operating sites» en el mar para uso no comercial independientemente del tipo de aeronave y para uso comercial exclusivamente si se hace con aeronaves no complejas[15].

2.1.2. «Operating site» en pantanos, ríos, embalses, lagos y otros cuerpos de agua

Este tipo de láminas de agua son gestionadas en España por las respectivas confederaciones hidrográficas. Cada uno de estos gestores, establece criterios distintos para navegar no sólo por cada cuenca, sino incluso dentro de cada una, en distintos pantanos, lagos o sectores fluviales. Los reglamentos de las distintas cuencas están desarrollados para embarcaciones, aunque nada prohíbe que se pueda solicitar el uso por parte de un hidroavión. Para poder operar en aguas interiores con la consideración de «operating site», hará falta pues la autorización específica del gestor de cuenca para esa superficie específica, por lo que no se podrá realizar un amerizaje libre como en el caso del mar.

2.2. Hidroaeródromos

2.2.1. Hidroaeródromo eventual

El Artículo 2, letra b), del Real Decreto 1189/2011[16], modificado por la disposición final primera del Real Decreto 1070/2015[17], define:

> *«Aeródromo eventual, la superficie apta para el uso de aeronaves que, a juicio del operador, reúne las condiciones mínimas para la seguridad de las operaciones y cuya utilización, salvo cuando se trate de las operaciones a que se refiere el artículo 1.2, no exceda de 40 operaciones anuales, sin sobrepasar 15 al mes.*

---

15 Según artículo 3j del Reglamento 216/2008 son aviones propulsados complejos aquellos que cumplan alguna de estas características: Masa máxima certificada de despegue superior a 5700 kg, más de 19 asientos de pasajeros, certificado para operar con una tripulación mínima de dos pilotos, equipado con motor(es) turborreactor o más de un motor turbohélice.

16 Real Decreto 1189/2011, de 19 de agosto, por el que se regula el procedimiento de emisión de los informes previos al planeamiento de infraestructuras aeronáuticas, establecimiento, modificación y apertura al tráfico de aeródromos autonómicos, y se modifica el Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo, por el que se aprueban las normas técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público y se regula la certificación de los aeropuertos de competencia del Estado, el Decreto 584/1972, de 24 de febrero, de servidumbres aeronáuticas y el Real Decreto 2591/1998, de 4 de diciembre, sobre la ordenación de los aeropuertos de interés general y su zona de servicio, en ejecución de lo dispuesto por el artículo 166 de la Ley 13/1996, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social. https://www.boe.es/boe/dias/2011/08/25/pdfs/BOE-A-2011-14118.pdf

17 Real Decreto 1070/2015, de 27 de noviembre, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad operacional de aeródromos de uso restringido y se modifican el Real Decreto 1189/2011, de 19 de agosto, por el que se regula el procedimiento de emisión de los informes previos al planeamiento de infraestructuras aeronáuticas, establecimiento, modificación y apertura al tráfico de aeródromos autonómicos, y la Orden de 24 de abril de 1986, por la que se regula el vuelo en ultraligero. https://www.boe.es/buscar/pdf/2015/BOE-A-2015-12893-consolidado.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Cuando el uso de la superficie exceda del previsto en el párrafo anterior, será considerado, a los efectos de este real decreto, como aeródromo de uso restringido».

Adicionalmente el artículo 2.2 del Real Decreto 1070/2015 aclara que los aeródromos eventuales deberán contar además con el permiso del propietario de la superficie.

Al contrario que el «operating site» definidos en los reglamentos europeos descritos en los apartados anteriores, no diferencia entre aeronaves complejas o no complejas, por lo que el «hidroaeródromo eventual» es la opción que le queda al operador comercial (por ejemplo, paseos turísticos) en el caso de que opere con aeronaves complejas, las únicas que no pueden operar en «operating sites».

2.2.2. Hidroaeródromo de uso restringido

A diferencia del eventual, el hidroaeródromo de uso restringido requiere de un gestor aeroportuario autorizado y de un permiso de apertura al tráfico. Están destinados a operaciones específicas y no está abierto al público general. Solo pueden utilizarlo aquellas aeronaves, pilotos u operadores autorizados por el gestor del aeródromo, que suele ser una entidad privada, una empresa o una asociación. En este tipo de aeródromos, se permite principalmente la aviación privada, vuelos recreativos, deportivos, turísticos, de instrucción o trabajos aéreos. Sin embargo, la aviación comercial (transporte de pasajeros o carga) no está permitida. Este tipo de aeródromos tiene normativas más flexibles que los de uso público, lo que los hace ideales para actividades que no requieren una infraestructura compleja o certificaciones adicionales.

La competencia para la autorización de apertura al tráfico de los aeródromos de uso restringido la ostenta la Dirección de Aeropuertos y Seguridad de la Aviación Civil de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), que al amparo de lo previsto en la Orden 1957 de 26 de octubre de 1966 y en el Real Decreto 1070/2015 debe acreditar el cumplimiento de las normas técnicas de seguridad operacional y autorizar al gestor aeroportuario mediante resolución en el BOE la apertura al tráfico del aeródromo.

El Real Decreto 1070/2015 establece la posibilidad de que el Director de Seguridad de Aeropuertos y Navegación Aérea de AESA adopte medios aceptables de cumplimiento cuando las características del aeródromo no se ajusten a las normas establecidas. En 2021 la Secretaría General de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) plantea una consulta a la Abogacía del Estado donde pedía determinar si los medios aceptables de cumplimiento para casos concretos de aeródromos de uso restringido pueden aplicarse también a los hidroaeródromos, dado que la normativa técnica específica de éstos está en fase de aprobación.

El informe llega a la conclusión de que, si bien no se han establecido de manera general los medios aceptables de cumplimiento para los hidroaeródromos de uso restringido, estos pueden ser adoptados mediante resolución del Director de Seguridad de Aeropuertos y Navegación Aérea de AESA en casos específicos. Esto siempre que se justifique técnicamente que las características del hidroaeródromo en cuestión no se ajustan a las normas establecidas, y que se garantice un nivel de seguridad equivalente al previsto en el Real Decreto 1070/2015.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.2.3. Hidroaeródromo de uso público

Al igual que los de uso restringido, los aeródromos de uso público requieren de un gestor aeroportuario autorizado y de un permiso de apertura al tráfico. A diferencia de los restringidos, están abiertos a cualquier aeronave y piloto que cumpla con las normativas aplicables. Su acceso es general, lo que permite tanto vuelos de aviación general como operaciones comerciales de pasajeros, carga y correo, ya sean regulares o chárter.

La Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) viene trabajando desde 2019 en unas normas técnicas de hidroaeródromos de uso público y de uso restringido, que permita autorizar estas instalaciones con las garantías necesarias de seguridad operacional.

En 2022 AESA presentó un borrador de normativa que se incluirá como Volumen III de las Normas Técnicas del RD862/2009, junto a los volúmenes existentes para aeródromos y helipuertos.

- Volumen I. Aeródromos.
- Volumen II. Helipuertos.
- Volumen III. Hidroaeródromos.

La normativa propuesta se presentó a un grupo de trabajo con personas vinculadas a este tipo de operaciones que tuvieron la oportunidad de aportar por escrito sus comentarios y recomendaciones que se analizaron y se debatirán en una reunión posterior. Además, se publicó en la web de AESA en octubre de 2022, con lo que se cumplió el primer requisito de este tipo de cambios en la normativa que es la consulta pública.

A continuación, la propuesta debe pasar por una revisión interministerial, lo que significa que otros ministerios o departamentos del gobierno que puedan verse afectados también deben supervisarla.

Una vez cumplido este trámite, la Abogacía del Estado revisa el texto para garantizar su conformidad con la legislación vigente y finalmente, la modificación del RD862/2009 y la inclusión del Volumen III Hidroaeródromos, debe ser aprobada por el Consejo de Ministros.

En resumen, la norma está elaborada pero aún no formalmente aprobada.

3. CONCLUSIONES

3.1. Conclusión 1. La aeronave

Un hidroavión, mientras esté en el agua, es considerado un buque y debe cumplir las normas marítimas. No obstante, su homologación, licencias y aeronavegabilidad están reguladas por la legislación aeronáutica.

Referencias: Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes (RIPA) y disposición adicional novena de la Ley 14/2014, de navegación marítima.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.2. Conclusión 2. Tipos de superficies

Las superficies de agua donde pueden amerizar y despegar los hidroaviones en España se clasifican en hidroaeródromos (regulados a nivel nacional o autonómico) y «operating sites» (lugares diferentes a aeródromos regulados por normativa europea).

Referencias: Reglamentos Europeos 139/2014, 965/2012 y 800/2013.

3.3. Conclusión 3. Amerizajes y despegues en «Operating Sites»

Tanto el operador como el piloto del hidroavión tienen la capacidad de seleccionar como «operating site» cualquier superficie de agua en la que consideren se puede operar de forma segura. Esta capacidad no exime al piloto u operador de contemplar cualquier otra normativa que pudiera aplicar a la operación o al lugar. Esta capacidad no se aplica a las aeronaves complejas cuando realizan operaciones comerciales.

En España la ley garantiza que la utilización del mar sea libre, pública y gratuita para usos acordes con la naturaleza de aquél como: navegar, embarcar o desembarcar. Si un operador de hidroaviones o el piloto de la aeronave seleccionan bajo su responsabilidad una superficie marítima en la que considere se puede operar de forma segura, podrá hacerlo sin necesidad de autorización previa y sin más restricciones que las que tendría en esa zona cualquier embarcación a motor.

El uso como «operating site» de superficies de agua diferentes al mar como lagos, ríos o pantanos, sí requiere la autorización previa del titular de la superficie (gestor de cuenca, confederación hidrográfica u otro).

Referencias: Reglamentos Europeos 139/2014, 965/2012 y 800/2013 y artículo 31 de la Ley 22/1988, Costas.

3.4. Conclusión 4. «Operating Sites» versus hidroaeródromo eventual

La normativa europea permite amarajes y despegues en «operating sites» para todas las aeronaves, excepto las complejas en operaciones comerciales. La normativa española prevé el uso de hidroaeródromos eventuales, que tampoco requieren autorización previa, pero que están limitados a 40 operaciones anuales y 15 mensuales. Se debe entender que el piloto que decida operar bajo el amparo del concepto de Operating Site, previsto en el Reglamento (UE) 965/2012, no está obligado a asumir las limitaciones establecidas para los aeródromos eventuales en la normativa nacional. Ello se debe a que esta normativa interna tiene un rango jurídico inferior al de un Reglamento europeo. Los Reglamentos de la Unión son de aplicación directa y gozan de primacía sobre cualquier disposición estatal, en virtud del principio de jerarquía normativa y del principio de primacía del Derecho de la Unión Europea, reconocido reiteradamente por el Tribunal de Justicia de la Unión Europea.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Por tanto, ninguna norma de rango inferior puede modificar, restringir o desvirtuar el contenido ni la finalidad de una disposición de rango superior.

Referencias: Reglamentos Europeos 139/2014, 965/2012 y 800/2013, artículo 2, letra b), del Real Decreto 1189/2011, modificado por la disposición final primera del Real Decreto 1070/2015, y artículo 2.2 del Real Decreto 1070/2015.

3.5. Conclusión 5. Hidroaeródromos de uso restringido y de uso público

Tanto los hidroaeródromos restringidos como los de uso público requieren contar con un gestor aeroportuario y autorización de apertura al tráfico de la Autoridad Aeronáutica. Los primeros se autorizan para usos específicos como aviación privada, vuelos recreativos, deportivos, turísticos, de instrucción o trabajos aéreos, pero no aviación comercial (transporte de pasajeros o carga). Los hidroaeródomos de uso restringido no están abiertos al público y solo pueden ser utilizados por aeronaves, pilotos u operadores autorizados por el gestor aeroportuario. Por otro lado, los hidroaeródromos de uso público están abiertos a cualquier aeronave y piloto que cumpla con las normativas aplicables y permiten todo tipo de vuelos, incluidas operaciones comerciales de pasajeros, carga y correo.

Referencias: Uso restringido: Orden 1957 de 26 de octubre de 1966, el Real Decreto 1070/2015. Uso público: Real Decreto 862/2009 Volumen III, Hidroaeródromos (pendiente de aprobación).

3.6. Conclusión 6. Hidroaeródromos históricos autorizados

En 1929 y 1930 se publicaron varias Reales Órdenes por las que quedaron autorizadas las operaciones tanto particulares como comerciales de hidroavión en: Puerto de Las Palmas, Bahía de Gando (Gran Canaria), Puerto de los Cristianos (Tenerife), Puerto de Barcelona, Puerto de Alicante, Puerto de Cádiz, Puerto de Vigo, Puerto de Málaga, Puerto de Huelva, Puerto de Santander, Puerto de Valencia, Puerto de Palma de Mallorca y las bahías de Alcudia y Pollensa (Mallorca). Estas autorizaciones no han sido derogadas por lo que potencialmente podrían ser aprovechadas jurídicamente como hidroaeródromos regulados, siendo las autoridades portuarias las que asumieran de forma directa o indirecta el papel de gestor de estos aeródromos.

Referencias: Real Orden de 2 de abril de 1929, publicada en la Gaceta de Madrid Núm. 92, Real Orden de 2 de mayo de 1930, publicada en la Gaceta de Madrid Núm. 122, Real Orden de 8 de abril de 1930, publicada en la Gaceta de Madrid Núm. 98 y Real Orden de 17 de mayo de 1930, publicada en la Gaceta de Madrid Núm. 13.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

OPERACIONES EN LA ESTRATOSFERA – CONTEXTO Y MARCO LEGAL

STRATOSPHERIC OPERATIONS - CONTEXT AND REGULATORY FRAMEWORK

D. Jose Luis Gato Burgoa
Senior Expert en Certificación de Vehículos No Tripulados (Airbus DS)
jose.gato@airbus.com / ORCID 0009-0001-1784-5566

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 1.1. Contexto regulatorio. 1.2. Operaciones en la Estratosfera. 1.3. Usos comerciales de las operaciones HAO. 2 OPERACIONES HAO EN LA ACTUALIDAD. 2.1. Google Loon 2.2. Stratodynamics HiDRON. 2.3. Zephyr – HAPS. 2.4. New Shepard – Turismo espacial. 2.5 EOS-X – Turismo estratosférico. 3. MARCO REGULATORIO. 3.1. Retos. 3.2. Organización de Aviación Civil internacional (OACI). 3.3. Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) 4. CONCLUSIONES. 5. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: En este artículo se presenta una descripción general de los diferentes tipos de operaciones que pueden llevarse a cabo en la estratosfera, mencionando algunos de los ejemplos más representativos, así como las diferentes iniciativas de organismos internacionales a cargo de la definición de la normativa aplicable.

Palabras Clave: Estratosfera, Normativa, Higher Airspace Operations (HAO).

Abstract: *This article presents an overview of the existing stratospheric operations, provides some representatives examples, and identify proposed initiatives coming from the international regulatory organizations in charge.*

Key Words: *Stratosphere, Regulation, Higher Airspace Operations (HAO).*

1. INTRODUCCIÓN

Una serie de avances tecnológicos, tales como nuevos materiales más ligeros y resistentes, la miniaturización de los componentes electrónicos, grandes mejoras en el diseño de baterías y placas solares o la introducción de la Inteligencia Artificial han permitido que aparezca en el mercado una nueva generación de vehículos dedicados a la explotación comercial de la estratosfera.

Sin embargo, el marco regulatorio internacional a día de hoy no contempla aún estos casos y no ofrece la flexibilidad necesaria para acomodar estas nuevas opera-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ciones y estas nuevas tecnologías. Esto impone la necesidad de avances en la regulación internacional de la estratosfera.

1.1. Contexto regulatorio

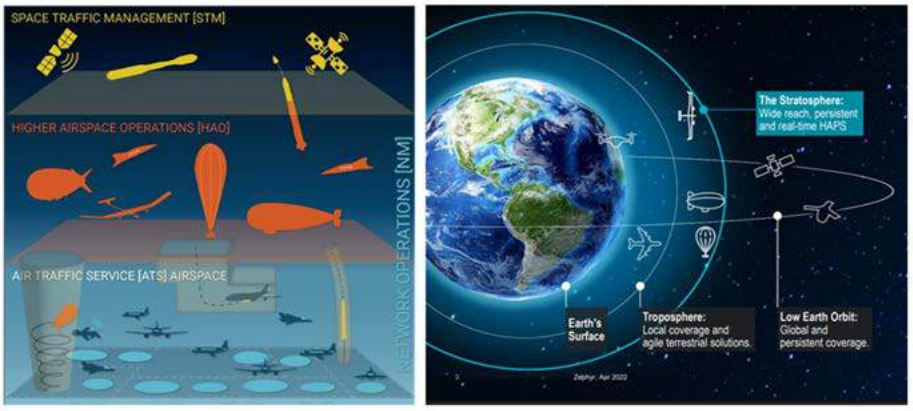
A finales de la Segunda Guerra Mundial, y en previsión del exponencial aumento del tráfico aéreo civil, tuvo lugar el Convenio sobre Aviación Civil Internacional, también conocido como Convenio de Chicago, pasando a ser el tratado normativo más importante en relación al derecho internacional público aéreo.

Dos décadas más tarde, y con el nacimiento de la exploración espacial, surgió la necesidad de establecer un marco jurídico del derecho internacional público del espacio, a través del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre.

Sin embargo, a día de hoy, la porción del cielo situada entre los 16 km y los 100 km de altitud continúa sin estar regulada. Se trata de la estratosfera, y hasta hace no mucho, su uso civil se limitaba a observaciones científicas, principalmente meteorológicas.

1.2. Operaciones en la estratosfera

En el ámbito aeronáutico ha surgido un nuevo concepto, conocido como *Higher Airspace* (HA) que hace referencia al volumen del espacio aéreo por encima de 55.000 pies (unos 16 km), que es la altitud hasta la que se proporcionan a las aeronaves comerciales la mayor parte de los servicios por parte de los controladores aéreos, y que está por debajo de los 100 km, que es donde se considera el comienzo del espacio exterior.



Las operaciones que tienen lugar en este *Higher Airspace,* se denominan HAO *(Higher Airspace Operations)*, y comprenden, entre otros, vuelos suborbitales, pseudo satélites, vuelos supersónicos e hipersónicos, globos aerostáticos estratosféricos o cohetes sonda.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Estas actividades emergentes tendrán un impacto considerable en la aviación mundial en un futuro próximo, y por tanto han de poder integrarse en el ecosistema existente, manteniendo los altos niveles de seguridad aérea y de sostenibilidad requeridos en este campo.

1.3. Usos comerciales de las operaciones HAO

En general, una gran cantidad de los servicios que se ofrecen a través de operaciones en la estratosfera, pueden realizarse con una aeronave en la atmósfera o por un satélite desde el espacio. Pero las HAO surgen como una óptima combinación entre la flexibilidad de las aeronaves y la persistencia de los satélites.

Frente a un satélite, el vehículo estratosférico es más barato de producir y operar, y puede desplegarse de una manera mucho más rápida y flexible. Al volar a unas altitudes mucho menores que un satélite, pueden cubrirse áreas específicas de una manera más eficiente, y sus trayectorias pueden ser fácilmente modificadas.

La principal ventaja competitiva frente a una aeronave que opere en la atmósfera es la duración del vuelo. Mientras que, en un avión, el tiempo transcurrido entre el despegue y el aterrizaje se mide en horas, en una HAO, el tiempo en el aire puede llegar a medirse en meses.

Asimismo, el impacto medioambiental debido al consumo de combustible es mucho más reducido, especialmente para aquellas plataformas HAO basadas en energía solar o en globos aerostáticos.

Los principales campos de aplicación para la explotación comercial de los vuelos estratosféricos que se contemplan en estos momentos son:

- Telecomunicaciones: como una solución intermedia entre una antena terrestre y un satélite de comunicaciones, plataformas volando en la estratosfera pueden utilizarse como repetidores de la señal, permitiendo de esta manera proporcionar cobertura sobre zonas muchas más amplias que las que alcanzaría una antena terrestre, y a una fracción del coste de un satélite de comunicaciones.

  Del mismo modo, ofrecen la posibilidad de proporcionar, de una forma económica y viable, cobertura en áreas remotas carentes de una red terrestre adecuada, que de otro modo estarían aisladas, o sobre zonas marítimas alejadas de la costa.
- Topografía y Cartografía: equipados con una gran variedad de sensores a bordo, estas plataformas aéreas permiten un mapeo de alta resolución para topografía, y a través las imágenes captadas generar mapas, modelos 3D, y datos detallados del terreno utilizando técnicas de fotogrametría. Esto da lugar a la creación de mapas detallados y modelos de terreno precisos.
- Monitorización y Detección: la información recopilada a través de los sensores embarcados permite realizar actividades de agricultura de precisión, tales como monitoreo de cultivos y optimización de recursos, detección de plagas o análisis del suelo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

También pueden ser usados para actividades de gestión ambiental, tales como evaluación de áreas naturales, estudios de impacto ambiental, control forestal o monitorización de la erosión.

- Gestión de Desastres: tras un desastre, y especialmente si las infraestructuras terrestres se han visto gravemente afectadas, la flexibilidad de estas HAO, permite reaccionar rápidamente y establecer una red de comunicaciones que permita un intercambio de información fiable y oportuno entre los servicios de emergencia, las comunidades afectadas y las autoridades pertinentes para mejorar el conocimiento de la situación, así como apoyar los esfuerzos de búsqueda y rescate, y más tarde los de reconstrucción.
- Vigilancia: estas plataformas son ideales para realizar tareas de vigilancia y reconocimiento tanto en el ámbito de la seguridad civil como en el militar. Sensores con la capacidad de detección e identificación de objetivos son utilizados para estas misiones.
- Turismo espacial/estratosférico: el sector privado ofrece la oportunidad, a unos pocos privilegiados, de experimentar la ingravidez durante unos minutos, o de observar desde una gran altitud la curvatura de la Tierra a través de las ventanas panorámicas de una cápsula suspendida de un globo.

2. OPERACIONES HAO EN LA ACTUALIDAD

La denominación de HAO da cabida a una gran variedad de sistemas y operaciones. Desde globos de hidrógeno, hasta cohetes, pasando por aeronaves propulsadas por energía solar, todos ellos son capaces de operar en la estratosfera.

Una serie de proyectos han tomado forma estos últimos años, convirtiéndose en pioneros de la explotación comercial de la estratosfera. Algunos de los ejemplos más representativos se describen a continuación.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.1. Google Loon

En 2013, Google, de la mano de su proyecto *Loon,* comenzó a explorar el uso de globos estratosféricos para poder sustituir instalaciones terrestres de fibra óptica o antenas de telefonía móvil a la hora de proporcionar acceso a internet.

El diseño de *Loon* se basa en globos aerostáticos sin ningún sistema de propulsión, pero capaces de ascender o descender utilizando los vientos favorables en la estratosfera y de esta manera navegar de forma controlada.

Una flota de globos estratosféricos, actuando como repetidores, en vuelos de más de cien días de duración, permite ofrecer acceso a internet en zonas rurales, remotas o faltas de infraestructura.

Haciendo uso de esta tecnología, también es posible situar una flota de globos de manera que proporcione conectividad de emergencia en zonas que hayan sufrido desastres naturales que hayan dañado las infraestructuras terrestres, tal y como ocurrió tras el huracán de Puerto Rico en 2017, en el que miles de personas pudieron conectarse a internet a través de la red de *Loon*.

El Proyecto *Google Loon* finalizó en 2021 sin llegar a tener éxito comercial, pero la tecnología involucrada y las operaciones consideradas siguen siendo un prometedor segmento del mercado con un gran margen de crecimiento.

2.2. Stratodynamics HiDRON

Históricamente, los globos sonda meteorológicos fueron los primeros vehículos en hacer uso de la estratosfera. Como una evolución orientada al mismo uso, han surgido nuevos diseños como el sistema HiDRON de la empresa Stratodynamics.

Se trata de un planeador no tripulado y autónomo, que asciende hasta la estratosfera embarcado en un globo. Una vez que el globo alcanza la altitud deseada, el vehículo HiDRON se separa de él y comienza un planeo controlado, monitorizado por un piloto desde tierra hasta que se realiza el aterrizaje de forma automática. Durante el periodo de descenso, los instrumentos de medición situados en el planeador recopilan la información científica.

Esto ofrece un método de medición de fenómenos medioambientales en la estratosfera más dinámico y controlable que los globos sonda tradicionales, que están enteramente en manos de los vientos dominantes en cada momento.

2.3. Zephyr – HAPS

El concepto HAPS hace referencia a los *High Altitude Platform Systems*, también conocidos como pseudo-satélites. Estos vehículos son capaces de permanecer en la estratosfera durante meses, navegando a muy baja velocidad a unas altitudes por encima del resto de aeronaves comerciales, proporcionando servicios de conectividad de telecomunicaciones y capacidades de observación de la Tierra.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Un ejemplo de HAPS es el Zephyr, una aeronave ultraligera remotamente tripulada, con un peso total inferior a los 75 kg y una envergadura de 25 m, diseñada para volar por encima de los 60.000 pies (unos 18 km) de forma continuada.

Está propulsada por dos motores eléctricos alimentados a través de células solares. Durante el día, la energía solar impulsa los motores y recarga las baterías de a bordo. Durante la noche, los motores se alimentan de esas baterías. De esta manera, ha sido capaz de establecer un record de vuelo persistente en la estratosfera durante 67 días consecutivos, siendo su objetivo de diseño el vuelo continuado durante 200 días.

Para el seguimiento y control del vuelo, existe una Estación de Control Remota en tierra, desde la que el piloto monitoriza los parámetros del vuelo y se comunica con la aeronave por medio de una conexión vía satélite. El vehículo aéreo está altamente automatizado, y el vuelo nominal puede llevarse a cabo sin la intervención directa del piloto. El rol humano está centrado en monitorizar el correcto desarrollo de la misión y en reaccionar ante situaciones de emergencia si se diera el caso.

2.4. New Shepard – Turismo espacial

La empresa Blue Origin ha desarrollado el concepto New Shepard. Se trata de un vehículo reutilizable de despegue y aterrizaje vertical, controlado automáticamente sin necesidad de un piloto a bordo. Consiste en un cohete que es capaz de elevar hasta unos 100 km una cápsula presurizada que puede albergar hasta seis pasajeros.

La cápsula, en el apogeo, se separa del cohete y desciende suspendida de tres paracaídas. Por otro lado, el cohete, de forma automática regresa a la zona de aterrizaje, para posarse de forma vertical sobre sus cuatro patas. Esto permite reutilizar el cohete para posteriores lanzamientos, permitiendo de esta manera reducir el coste de acceso al espacio evitando la basura espacial.

Al tratarse de vuelos suborbitales, los pasajeros y la carga pueden experimentar en torno a 10 minutos de ingravidez, antes de regresar a la Tierra. Gracias a ello, se ofrecen servicios de turismo espacial o de instrumentación científica.

A mediados de 2025 ya son 75 las personas que han podido experimentar como turista espacial, uno de estos vuelos suborbitales.

2.5. EOS-X – Turismo estratosférico

Existe otro concepto de turismo en la estratosfera, algo menos exigente para los pasajeros, ya que, en vez de utilizar cohetes, consiste en una cápsula presurizada, suspendida de un enorme globo de hidrógeno de unos 170 metros de alto.

Esto permite una experiencia en unas condiciones similares a las de la cabina de un avión comercial, es decir, sin fuertes aceleraciones y en un ambiente presurizado y acondicionado. En realidad, no puede considerarse turismo espacial, ya que no se superan los 30 km de altitud, mientras que la frontera con el espacio está fijada en torno a los 100 km.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La cápsula presurizada da cabida a 8 pasajeros junto con un capitán. A una velocidad de ascenso de unos 18 km/h los pasajeros pueden ascender hasta los 30 km y más tarde descienden hasta completar un vuelo cuya duración ronda las seis horas.

3. MARCO REGULATORIO

3.1. Retos

Uno de los grandes desafíos a día de hoy es la ausencia de un límite jurídico entre el espacio aéreo, donde los Estados pueden ejercer soberanía sobre su territorio de acuerdo la Convención de Chicago, y el espacio exterior, en el que no existe la soberanía nacional, tal y como queda reflejado en el Tratado del Espacio Ultraterrestre.

Se hace necesaria, por tanto, una regulación que cubra las operaciones en la estratosfera de manera eficaz y flexible, capaz de garantizar la igualdad de condiciones en términos de seguridad, protección, acceso equitativo al espacio aéreo y capacidad para acomodar o integrar a los participantes actuales y futuros sin afectar desproporcionadamente a la aviación existente en la actualidad.

Ejemplos de retos regulatorios para los que hay que encontrar soluciones viables pueden ser:

- Cómo coordinar la legislación aérea y la espacial.
- Cómo asegurar un acceso justo y equitativo al *Higher Airspace* (HA).
- Cómo definir el nivel adecuado de seguridad aérea para los diferentes tipos de vehículos y operaciones que tienen lugar en la estratosfera.
- Cómo integrar la futura regulación de HAO con la existente de drones.

Es una gran incógnita la fecha a partir de la cual las operaciones comerciales en la estratosfera serán habituales, pero para poder responder a todos estos desafíos, será necesario, a lo largo de los próximos años, un enfoque coordinado y colaborativo entre las instituciones de aviación y espacio, los organismos de investigación y la industria.

Uno de los principales riesgos es que algunos Estados, en ausencia de una apropiada coordinación mundial, desarrollen sus propias reglas sobre HAO, creando estándares «de facto», que puedan ser difíciles de modificar y armonizar posteriormente. Es por ello que organismos internacionales como OACI o EASA han comenzado sus actividades de reglamentación de la estratosfera.

3.2. Organización de Aviación Civil internacional (OACI)

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) a través de la Resolución A41-9 de su Asamblea, ha reconocido el rápido crecimiento de las operaciones

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

estratosféricas (HAO) y su crucial importancia para la evolución de la aviación civil.

Uno de los principales objetivos de OACI es que la aviación civil internacional pueda desarrollarse de manera segura y ordenada y que los servicios internacionales de transporte aéreo puedan establecerse sobre una base de igualdad de oportunidades y realizarse de modo sano y económico.

Con la ausencia actual de un marco legal internacional que cubra la estratosfera, podría darse el caso de una regulación fragmentada, con diferentes aproximaciones dependiendo de cada país, perjudicando de esta manera el crecimiento de este nuevo mercado, dificultando la innovación, pudiendo introducir complejidad innecesaria, dificultando las operaciones transfronterizas o comprometiendo la seguridad en vuelo de las operaciones.

Por ello, OACI está impulsando la elaboración de diferentes conceptos con el propósito de facilitar este tipo de operaciones estratosféricas, mediante un marco mundial armonizado, teniendo en cuenta los marcos y las prácticas regionales.

OACI ha requerido a los Estados miembros que aseguren que el uso compartido por parte de todos los usuarios del espacio aéreo y de ciertas instalaciones y servicios no afecte de manera desproporcionada la regularidad, protección medioambiental y eficiencia de las operaciones civiles y militares.

3.3. Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA)

Siguiendo las directrices de OACI y con el objetivo de su implementación en Europa, la Agencia Europea de Seguridad Aérea ha creado un grupo de trabajo sobre reglamentación para explorar los aspectos regulatorios de las *Higher Airspace Operations* (HAO). Las principales conclusiones de este grupo se resumen a continuación.

Se consideran HAO aquellas operaciones de transporte aéreo llevadas a cabo por diferentes tipos de aeronaves o vehículos de transporte en el volumen del espacio aéreo por encima de la altitud hasta la que se proporcionan la mayor parte de los servicios de tráfico aéreo a día de hoy (típicamente por encima del FL550, es decir 55.000 pies).

El desarrollo de HAO tendrá impacto entre los diferentes actores tanto de la aviación civil tradicional como de la comunidad espacial, sin olvidar la participación del mundo militar.

Las principales cuestiones a tener en cuenta por el regulador serán:

- Prevenir y reducir los riesgos asociados al impacto de estas operaciones en *safety*, *security* o el medio ambiente.
- Definir de forma apropiada las competencias, en un contexto en el que existen competencias compartidas y en paralelo.
- Asegurar la interoperabilidad tanto a nivel regional como a nivel global.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Las operaciones en el espacio se mantienen bajo la competencia y responsabilidad de cada uno de los Estados Miembros. Sin embargo, operaciones tales como HAPS (pseudo-satélites), vuelos supersónicos o hipersónicos serán cubiertos por la regulación civil aeronáutica y en Europa serán responsabilidad de EASA. Dado que muchos de los vehículos serán no tripulados, deberán considerarse las posibles sinergias con la regulación aplicable a drones.

Una pequeña fracción de las HAO propuestas a día de hoy podrían tener cabida dentro de la Regulación Básica de EASA existente, pero para proporcionar una solución global a todos los posibles escenarios, gran parte de los reglamentos deben ser adaptados o complementados, en particular aquellos relacionados con aeronavegabilidad, licencias al personal, aeródromos, medio ambiente, etc.

Y, por último, para dar una respuesta rápida y flexible a aquellos productos suficientemente maduros y preparados para volar, EASA abre la puerta al uso del concepto «sandbox», es decir a entornos temporales y controlados donde la industria pueda probar productos y servicios innovadores en el mundo real bajo supervisión regulatoria. Esto permite la innovación sin la exigencia de cumplir completamente con las normativas existentes. Gracias a ello los Estados Miembros pueden acelerar la aprobación de este tipo de vuelos y facilitar la explotación comercial de los servicios que ofrecen.

4. CONCLUSIONES

De la mano de las innovaciones tecnológicas de las últimas décadas, la explotación comercial de la estratosfera se está convirtiendo en una realidad, y es un segmento del mercado con un gran margen de crecimiento. Por todo ello han surgido las *Higher Altitude Operations* (HAO).

A día de hoy, los Estados ejercen soberanía sobre el espacio aéreo situado sobre su territorio hasta el límite inferior del espacio ultraterrestre, generalmente considerado en torno a los 100 km de altitud, (aunque solo algunos Estados han incorporado expresamente este umbral en sus legislaciones espaciales nacionales). El reto que en breve debe afrontarse consiste en regular expresamente las actividades que se desarrollen a gran altitud, así como definir de forma precisa el alcance de la soberanía de los Estados.

Existe una gran variedad tanto de vehículos como de tipo de operaciones a realizar, y por tanto es un gran desafío dar cabida a todos ellos en un marco regulatorio común. Organismos internacionales como OACI o EASA han comenzado el desarrollo de este marco regulatorio, lo que permitirá en los años venideros la explotación de manera habitual de servicios de telecomunicaciones, observación de la Tierra o turismo espacial prestados desde la estratosfera.

La evolución tecnológica ha abierto este nuevo campo, y es ahora cuando la evolución regulatoria es necesaria, para poder ofrecer a la sociedad, en un corto plazo de tiempo, estos nuevos servicios.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

5. BIBLIOGRAFÍA

European Concept for Higher Airspace Operation version 1.0

https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/D4.3_ConOps_1.0_public.pdf

HAPS Advantages in an Era of Satellite Connectivity

https://hapsalliance.org/wp-content/uploads/formidable/12/2025_HAPSAlliance_Reference_Architecture_Advantages_Satellite_Connectivity_TWG_Whitepaper.pdf

Research Study on High- Altitude Pseudo-Satellites

https://www.frontex.europa.eu/assets/EUresearchprojects/2023/FX_HAPS_WP1_-_Market_Report_V4.pdf

A Strategic Framework for Higher Airspace operations (HAO)

https://www.icao.int/sites/default/files/Meetings/a42/Documents/WP/wp_213_en.pdf

Proposal for a Roadmap on Higher Airspace Operations (HAO)

https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137741/en

Regulatory perspectives on emerging higher airspace users

https://www.eurocontrol.int/article/regulatory-perspectives-emerging-higher-airspace-users

Convention on International Civil Aviation (Doc 7300/9)

https://www2023.icao.int/publications/Documents/7300_9ed.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

OPERACIONES ESPACIALES Y AVIACIÓN COMERCIAL: UN RIESGO SILENCIOSO EN EL ESPACIO COMPARTIDO

SPACE OPERATIONS AND COMMERCIAL AVIATION: A SILENT RISK IN A SHARED SPACE

D. Iván García Luengo

Experto en Seguridad Aeroespacial/ Ministerio de Defensa.
Profesor Asociado GGA UAM. Junta Directiva AEDAE
ivangluengo@yahoo.es/
https://www.linkedin.com/in/ivan-garcia-luengo-1a13b688

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN 2. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES ESPACIALES EN EL ESPACIO AÉREO. 2.1. La naturaleza del problema. 2.2. Lanzamientos espaciales. 2.3 Reentradas atmosféricas. 2.3.1. Tipos de reentradas 2.3.2. Normativa aplicable. 3 ACCIONES MITIGADORAS. 4. DOS CASOS REALES. 4.1. El Cohete SX5 LONG MARCH. 4.2. StarSship de SpaceX. 5. PROPUESTAS. 6. CONCLUSIONES. 7. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: El nexo entre la seguridad aérea (*flight safety*) y las operaciones espaciales se ha convertido en un tema candente a los ojos del público y en una cuestión seria para los profesionales de la seguridad «aeroespacial». En la época del *New Space*, las misiones espaciales son cada vez más frecuentes y plantean riesgos serios para la seguridad aérea, especialmente en las fases de despegue, ascenso hacia la órbita baja terrestre (LEO) y el reingreso en la atmósfera, sobre todo si esta es descontrolada.

Este artículo señala y analiza los riesgos que para la aviación comercial internacional suponen las operaciones espaciales realizadas desde la superficie terrestre, o, mejor dicho, desde el interior de la atmósfera terrestre. Igualmente, se proponen unas recomendaciones para la creación de una normativa *ad hoc.*

Palabras Clave: Lanzamientos espaciales. reentradas atmosféricas, operaciones aéreas en gran altitud (HAO), gestión del tráfico aéreo (ATM), gestión del tráfico espacial (STM), conciencia situacional espacial (SSA), Vigilancia, Seguimiento y Control.

Abstract: *The link between flight safety and space operations has become a hot topic in the public eye and a serious issue for «aerospace» safety professionals.*

In the New Space's era, space missions are becoming increasingly frequent and pose serious challenges to aviation safety, especially during takeoff, ascent to low Earth orbit (LEO), and re-entry into the atmosphere, particularly if turned uncontrolled.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

This article aims to depict and analyze the risks to international commercial aviation posed by space operations carried out from the Earth's surface, or better said, from within the Earth's atmosphere. Final recommendations for the creation of ad hoc regulations are also proposed.

Key Words: *Space launches, spacecraft atmospheric reentries, higher-airspace operations (HAO), Air Traffic Management (ATM), Space Traffic Management (STM), Space Situational Awareness (SSA), and Surveillance, Tracking and Control.*

1. INTRODUCCIÓN

«Un buen plan hoy es mejor que un plan perfecto mañana». **General George S. Patton, Jr en la 2.ª Guerra Mundial**.

La llegada de las empresas privadas al ecosistema espacial en lo que se conoce como la era del *New Space* ha aumentado exponencialmente el número de misiones que salen de, o bordean la atmósfera terrestre acelerando el ritmo de lanzamientos espaciales[1]. Se han ampliado los ámbitos de actuación de dichas empresas y las hay enfocadas en la observación terrestre para temas tan dispares como la agricultura, el medio ambiente, las comunicaciones globales y la seguridad. Incluso, el turismo espacial a través de vuelos suborbitales; o a la minería espacial y gestión de residuos orbitales: la sostenibilidad espacial.

Las previsiones indican que los viajes cuasi espaciales serán tan habituales y accesibles como los viajes aéreos en un futuro, por lo que nuevos sistemas, vehículos o naves poblarán la región cercana al espacio ultraterrestre.

Por otro lado, y dentro de nuestra atmósfera, el transporte aéreo sigue creciendo[2] con nuevos tipos de operaciones aéreas. Y lo hace por el único eje en el que puede hacerlo, el vertical. A las ya tradicionales, se les unen los sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS), las aeronaves con capacidad de despegue y aterrizaje vertical (VCA)[3] y los sistemas de plataformas de gran altitud o *High Altitude Platform Systems* (HAPS) quienes han traspasado los límites de la tropopausa y se han adentrado en la estratosfera con las denominadas operaciones de vuelo en el alto espacio aéreo o *Higher Airspce Operations*[4] (HAO).

---

1 https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2023/a77/a77crp_1add_6_0_html/our-common-agenda-policy-brief-outer-space-es.pdf

2 https://actualidadaeroespacial.com/en-los-proximos-20-anos-se-preve-una-demanda-de-mas-de-42-000-aviones-nuevos/

3 VCA: Aeronave con Capacidad de Despegue Vertical, *VTOL-capable aircraft,* donde VTOL es Despegue y Aterrizaje Vertical. Ver Easy Access Rules for small category VCA - Revision from October 2024 — Available in pdf, online & XML format | EASA

4 European concept for higher airspace operation (ECHO) | EUROCONTROL

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El tránsito de los vehículos espaciales dentro de la atmósfera terrestre, tanto en su camino de ida al espacio ultraterrestre tras el lanzamiento desde cualquier punto en la atmósfera terrestre como en su viaje de regreso una vez se produce la reentrada en la atmósfera supone una amenaza para la aviación, especialmente para las aeronaves en vuelo. Dicha amenaza implica un riesgo de colisión para los aviones en vuelo[5]y a pesar de que la probabilidad de impacto es muy pequeña, el riesgo no debe ser desdeñado[6].

La realidad es que los sistemas espaciales[7] del espacio ultraterrestre y las aeronaves del tráfico aéreo comparten cada vez más un espacio cada vez más congestionado. A nivel jurídico, el espacio aéreo[8] y el espacio ultraterrestre[9] son dos entidades totalmente diferentes. Mientras que el espacio aéreo está claramente regulado y vinculado a la soberanía estatal, el espacio ultraterrestre se concibe como un entorno abierto o *global commons*, compartido y aún carente de una normativa global uniforme. *Lato sensu*, esta diferencia plantea desafíos crecientes en la era del New Space, donde las fronteras entre ambos espacios se difuminan por el auge de lanzamientos comerciales y satélites en órbita terrestre baja (LEO).

La existencia de un marco espacial y temporal compartido por las operaciones aéreas y las espaciales, colisiona con la existencia de una normativa jurídica para la gestión del tráfico aéreo (ATM) para la aviación, mientras que, para las operaciones espaciales rige el *Space Traffic Management* (STM). Dicha ausencia hace que sea de extrema urgencia la creación de un régimen jurídico «ad hoc» para dicha región intermedia (parte de las capas altas de la atmósfera exterior y capas bajas de la órbita LEO).

Como defiende la Organización de las Naciones Unidas (ONU o simplemente NN UU) los retos a los que se enfrenta el ser humano solo pueden afrontarse mediante una mayor cooperación internacional, siendo *«preciso combinar las normas vinculantes con las no vinculantes»*[10].

---

5 https://outerspaceinstitute.ca/osisite/wp-content/uploads/Montreal-Recommendations-on-Aviation-Safety-and-Uncontrolled-Space-Object-Reentries.pdf

6 Debido a su velocidad relativa de impacto, incluso los desechos pequeños o ligeros que pueden ser inofensivos para las personas en tierra podrían dañar fatalmente una aeronave en vuelo o en el mejor de los casos, significar una emergencia en vuelo.

7 Los términos objeto y vehículo espaciales son utilizados indistintamente en este artículo. Véase https://enciclopedia-joskat.webnode.es/products/los-vehiculos-espaciales.

8 *guiasjuridicas.es* - Documento. Disponible en: https://guiasjuridicas.laley.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAEADVQwU6EQAz9m7lpANe9zQXWRBM1ZheN1wJdmDhM12lB8Ost4E4ymb72vfZ1vgeMc4mT2Ig1Bapd7zAIGZ4Dhbm3ZRzQCFRsEwO1DOAPVNu7_QLciCVUWqDYYMxnmxkhAX9Etun9LjXc0c8rjK4FcRRyiFs71zT24TNZTprt08yMGFkJ9sO1OhxN59ruWa9sfGB2XFCQSP5JpRXRV3kornm_WFvCcr6gfUGBDR4htKg1Roh19wYK1PvQL_vdAl-mZa47z5pclWfwjP_sfBBRQ5WE04pN7fU9gGABHkNzXaWHSeUn94slPapjv7q-SZNsZxy_B_0iBr_1WBV_haPuvXEBAAA=WKE

9 Marchan, J. Derecho Internacional del Espacio. Teoría y Política (1990) 2.ª Edición. Civitas. Madrid.

10 https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2023/a77/a77crp_1add_6_0_html/our-common-agenda-policy-brief-outer-space-es.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Reconociendo la complejidad del asunto a nivel jurídico, algo debe permanecer inalterable: la colaboración y coordinación civil-militar para salvaguardar la seguridad en el ámbito aéreo y espacial[11].

Los lanzamientos espaciales repercuten significativamente en la disponibilidad y seguridad del espacio aéreo, lo que requiere estrategias sólidas para mitigar los riesgos. El conocimiento compartido de la situación (SSA), que abarca la capacidad de rastrear, predecir y comprender el entorno espacial, es crucial para la integración segura de las operaciones espaciales con la aviación y otros usuarios del espacio aéreo.

Y fíjense, nos referimos al espacio ultraterrestre, pero, stricto sensu, lo importante hoy en día se queda dentro, o por debajo de, las órbitas terrestres más comunes utilizadas por los satélites y otros vehículos espaciales y los llamados pseudo-satélites (HAPS). ¿Qué sucederá mañana cuando el hombre utilice regularmente el espacio cislunar y el interplanetario?[12].

El presente artículo tiene por objeto analizar el potencial impacto que las operaciones espaciales, pueden tener sobre las aeronaves en vuelo. Especialmente, las fases de lanzamiento y reentrada atmosférica no controladas. Se examinan los protocolos actuales de actuación, los vacíos normativos existentes, y se proponen medidas concretas para mitigar este riesgo emergente.

La estructura del análisis se articula en torno a cinco ejes: (I) identificación de los riesgos operativos; (II) reflexión jurídica de la normativa existente; (III) acciones llevadas a cabo por las autoridades aeronáuticas para mitigar el riesgo; (iv) estudio de dos casos reales; y (v) propuestas normativas, operativas y técnicas.

Nota aclaratoria: Este artículo se ha realizado *ex profeso* para una audiencia especializada en el ámbito jurídico y se olvida de la geopolítica y, ni tan siquiera, valora asuntos capitales como intereses estratégicos y de defensa de los Estados. Las conclusiones son igualmente válidas para la aviación civil general y la aviación militar.

2. EL IMPACTO DE LAS OPERACIONES ESPACIALES EN EL ESPACIO AÉREO

«El cielo no es el límite cuando no se conoce el alcance del riesgo». —**Anónimo**.

La expansión de las actividades espaciales al albor del *New Space*[13] ha modificado sustancialmente la configuración del espacio aéreo, generando una superposición

11 (espacio aéreo inferior, espacio aéreo superior, espacio exterior para algunas de ellas) y transición entre distintos espacios aéreos, distintos regímenes jurídicos (aviación/espacio)

12 Espacio cislunar es el comprendido entre la Tierra y la Luna, mientras que el espacio interplanetario es el comprendido entre planetas (La Tierra- Marte, por ejemplo) Véase https://hackernoon.com/lang/es/la-gobernanza-espacial-nos-allana-el-camino-para-la-exploracion-cislunar-responsable-y-sostenible

13 El *New Space* es considerado como una nueva atapa en la historia espacial (que comienza en la primera década del s XXI y sigue viva hoy) donde comienza otra carrera espacial, pero esta vez

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

funcional entre las trayectorias de vehículos espaciales y las rutas de aeronaves comerciales. El impacto de las operaciones espaciales sobre el espacio aéreo no se limita a la fase de lanzamiento, sino que se extiende al ascenso, la separación de etapas, y la ulterior reentrada atmosférica. Por supuesto que cualquier fallo crítico, no previsto, generará una urgencia temporal que exige de medidas rápidas.

2.1. La naturaleza del problema

Existen dos hechos irrefutables que justifican el análisis, y son:

1. *«Todo lo que sube, acaba bajando»*[14] Este principio, aunque aparentemente trivial, encierra una verdad física y operativa fundamental: toda acción humana que se dirige hacia el espacio atraviesa la atmósfera terrestre, ya sea en su fase de ascenso, descenso o ambas. En el contexto de la seguridad aérea, esto implica que cualquier objeto espacial (cohete, cápsula, etapa de propulsión o satélite) interactúa inevitablemente con el espacio aéreo gestionado por las autoridades aeronáuticas.

   Este artículo se centra en las dos fases[15] más críticas desde el punto de vista de la seguridad aérea:

   – Lanzamiento y ascenso posterior: momento en que el vehículo espacial atraviesa capas densas de la atmósfera, pudiendo interferir con rutas aéreas comerciales o militares.

   – Reentrada atmosférica: fase en la que el objeto espacial regresa a la atmósfera, ya sea de forma controlada (cápsulas tripuladas, etapas reutilizables) o no controlada (fragmentos de satélites, basura espacial).

   Dichas fases son las más proclives a que un vehículo espacial o fragmentos de este, puedan causar algún daño a una aeronave en la atmósfera terrestre.

2. La existencia de una brecha vertical operativa y tecnológica entre los sistemas que vigilan y controlan las aeronaves dentro de la atmósfera o *Air Traffic Management* (ATM) y aquellos que gestionan la vigilancia y seguimiento de los vehículos espaciales en el entorno ultraterrestre o *Space Traffic Management* (STM), los cuales, tras despegar desde la Tierra[16] y, posteriormente, reingresan en la atmósfera terrestre —sea por la finalización de sumisión, o por alguna causa imprevista—.

---

abierta a empresas privadas de todo el mundo, que se han enfocado en distintas áreas espaciales, que ha traído, entre otros, la reducción de costes de las misiones espaciales.

14 En alusión a la Ley de la Gravitación Universal, enunciada por Newton, en 1687.

15 Ambas fases son gestionadas por los denominados *Launch and Re-entry Operators* (LRO), cuya actividad debe coordinarse con los sistemas de gestión del tráfico aéreo (ATM) para evitar colisiones, cierres de rutas o incidentes operacionales. La seguridad aérea (safety) exige una planificación precisa y una comunicación fluida entre los actores espaciales y aeronáuticos

16 Sea desde la superficie de la Tierra, o en niveles altos de la Troposfera, embarcados en grandes aviones de transporte que los lancen al espacio ultraterrestre.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Esta discontinuidad se manifiesta en varios niveles:

- Altitud: mientras que el espacio aéreo gestionado por la aviación civil se extiende hasta aproximadamente los 20 km, los vehículos espaciales operan por encima de los 100 km, en lo que se considera espacio exterior. El tramo intermedio —entre 20 y 100 km— queda en una zona gris de gestión compartida y limitada cobertura radar.
- Tecnología de seguimiento: los radares aeronáuticos convencionales no están diseñados para seguir trayectorias balísticas o hipersónicas. Por su parte, los sistemas espaciales (como los del Centro de Operaciones de Vigilancia Espacial-COVE) se enfocan en objetos orbitales, pero no siempre integran sus datos con los sistemas de tráfico aéreo civil.
- Normativa y jurisdicción: la legislación aeronáutica y espacial opera bajo marcos distintos. La Organización para la Aviación Comercial Internacional (OACI) regula el espacio y la navegación aérea, mientras que los tratados espaciales internacionales (como el Tratado del Espacio Exterior de 1967. (OST, 1967) rigen las actividades más allá de la atmósfera. Esta separación dificulta la creación de protocolos conjuntos para la gestión de trayectorias que cruzan ambos dominios.

La vigilancia y el control en el espacio aéreo es responsabilidad de cada país[17]. Si bien cada uno cuenta con sus propios sistemas y capacidades, podemos generalizar aceptando que los radares primarios de vigilancia aérea (PSR) 3D de largo alcance son posicionados estratégicamente por la geografía de cada Nación en la superficie terrestre tienen un alcance vertical de hasta 100.000 pies, aproximadamente 30.480 metros[18].

Una vez compilados y fusionados todos los datos obtenidos por ellos, se genera una Imagen Aérea Reconocible o *Recognized Air Picture* (RAP) que le sirve al Comandante Aéreo para tener un conocimiento preciso de la situación aérea o *situational awareness* (SA).

Esta SA se ve interrumpida por la brecha vertical anteriormente descrita, y no será hasta el inicio de LEO cuando se pueda hablar del conocimiento compartido de la situación espacial o *Space Situational Awareness* (SSA) Nos encontramos ya en el espacio ultraterrestre, donde la vigilancia del espacio ultraterrestre o *Space Surveillance and Tracking* (SST) generalmente comienza a una altura de 100 kilómetros sobre el nivel del mar». Esta altitud se conoce como la línea de *Kármán*[19] y marca el

17 De acuerdo con lo firmado por los propios Estados en el Convenio de Chicago de 1944. chicago_conv.pdf

18 Distintos son los Radares de control de tráfico aéreo (ATC): normalmente operan en la banda E y son capaces de detectar aeronaves a altitudes inferiores a 25.000 pies (7.620 metros) dentro de un rango de 40 a 60 millas náuticas (75 a 110 km) de su aeropuerto, según www.Radartutorial.eu

19 Ver «Guerra espacial. Medios y protagonistas». Disponible en: https://www.revistaejercitos.com/articulos/guerra-espacial-medios-y-protagonistas/

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

límite entre la atmósfera terrestre y el espacio ultraterrestre» según la Federación Aeronáutica Internacional (FAI)[20].

La posibilidad de colisiones entre vehículos espaciales y aeronaves no está cubierta, en ese volumen del espacio aéreo[21]. Siguiendo el Anexo 11[22] de la OACI, dicho espacio se categorizaría como espacio aéreo no controlado. Algo que no admite discusión alguna con el estado actual de la tecnología que no es capaz de detectar y seguir cualquier vuelo en tránsito desde las capas más altas de la atmósfera terrestre hasta el espacio exterior a nivel suborbital (y viceversa).

Bajo los principios de seguridad y eficiencia del sistema de control de tránsito aéreo y por la misma razón que, una aeronave en vuelo no puede estar sujeta al control de tránsito aéreo (ATC) por dos agencias de control distintas y en el mismo volumen de espacio aéreo al mismo tiempo, para preservar la seguridad de todos los usuarios aeroespaciales se debe unificar la conciencia situacional a través de un único sistema de vigilancia y control aeroespacial.

Todo cuanto se acaba de ver, crea la brecha en la gestión del tráfico espacial, que requiere una mayor cooperación internacional para garantizar la seguridad y sostenibilidad del espacio, y que, en definitiva, no puede garantizar la *safety*[23] para todas las aeronaves en vuelo hoy en día.

Acabamos este apartado echando un vistazo *in house*. En España, el SST consta de un radar casi estático que opera en la banda L y que es capaz de detectar «objetos» espaciales entre los 200 y los 2.000 kilómetros de altura. Es el S3TR[24] . Según los datos ofrecidos por el Centro de Observación y Vigilancia Espacial (COVE) *«el radar tiene una orientación sur y una elevación optimizada para captar el mayor número de objetos que atraviesan su campo de visión. Hay que tener en cuenta que los objetos que orbitan la tierra en órbita terrestre baja (LEO) pasan una o dos veces al día a través de ese campo de visión. Es un radar de vigilancia no de seguimiento, es decir, la orientación es fija y va captando todos los objetivos que atraviesan ese campo de visión. Por contrapartida, un radar de tracking o seguimiento sigue un objeto concreto con una antena orientable, lo que permite tener datos más concretos de un objeto u orientar el haz del radar hacia direcciones que no son fijas»*.

---

20 También la ONU se pronunció al respecto, al decir que «la determinación de la delimitación del espacio ultraterrestre entre los 100 km y los 110 km sobre el nivel del mar se basaba en aspectos amplios, entre ellos, características científicas, técnicas y físicas, a saber, las capas atmosféricas, la altitud máxima que podían alcanzar las aeronaves, el perigeo de los vehículos espaciales en órbita y la línea de Kármán».

21 También puede favorecer al aumento de la basura espacial. (Ajena a este artículo)

22 https://elearning.worldaviationato.com/wp-content/uploads/2018/11/7-REGLAMENTACI%C3%93N-DEL-TR%C3%81NSITO-A%C3%89REO-Y-SERVICIOS-DE-TR%C3%81NSITO-A%C3%89REO_1.pdf.

23 Aunque no es objeto de estudio en este análisis, la *security* también se ve afectada.

24 El SSTSR español se denomina S3T *(Spanish Space Surveillance and Tracking Radar)*, y está ubicado en la BA de Morón, Sevilla.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.2. Lanzamientos espaciales[25]

La fase de lanzamiento y ascenso de un vehículo espacial representa uno de los momentos más críticos[26]desde el punto de vista de la seguridad aérea. Durante esta etapa, el cohete atraviesa el espacio aéreo gestionado por las autoridades aeronáuticas, ascendiendo a velocidades supersónicas y transportando toneladas de combustible y carga útil. Cualquier fallo técnico, estructural o de navegación puede desencadenar la destrucción del vehículo, liberando cientos o miles de fragmentos que se dispersan de forma incontrolada[27].

Estos fragmentos, al no seguir trayectorias predecibles, pueden:

- Impactar con aeronaves en vuelo, especialmente si el lanzamiento ocurre en zonas de tráfico aéreo denso.
- Caer sobre la superficie terrestre, provocando daños materiales, incendios o incluso riesgos para la población civil.

Además, el crecimiento del número de lanzamientos impulsado por el *New Space* ha incrementado la frecuencia de cierres de espacio aéreo, afectando la eficiencia del transporte aéreo internacional.

La probabilidad de que fragmentos impacten en aeronaves sigue siendo baja, pero no despreciable. Estudios recientes estiman que hay un 26 % de probabilidad anual de que restos de cohetes reingresen en zonas de alta densidad aérea. En aeropuertos muy transitados, el riesgo directo se estima en una de cada 430.000 operaciones, lo que obliga a tomar medidas preventivas más robustas[28].

Una parte fundamental en el diseño[29] y análisis de una misión espacial se refiere a la fase del lanzamiento. Dentro de los sistemas de lanzamiento espaciales (SLS)[30], los vehículos de lanzamiento pueden clasificarse en varias categorías. Una de ellas los distingue en función de la configuración de sus etapas[31]:

- De una etapa a órbita o *Single-Stage-to-Orbit* (SSTO): Vehículos que alcanzan la órbita sin desprenderse de ninguna parte de su estructura. Extremadamente difíciles de conseguir con la tecnología actual.

---

25 Crisp, N., Smith, K., Hollingsworth, P. «Small Satellite Launch to LEO: A Review of Current and Future Launch Systems». Manchester: The University of Manchester.

26 En 1978, el satélite Cosmos 954, quedó fuera de control tras su lanzamiento debido a un fallo en el sistema y se precipitó sobre la atmosfera terrestre, cayendo sobre territorio canadiense.

27 https://aviaciondigital.com/riesgo-basura-espacial-aviacion-estudio-ubc/

28 Estudio de la Universidad de *British Columbia*, publicado en la revista *Scientific Reports*.

29 Ver: Space Mission Design: The new SMAD, 4th ed. (James R. Wertz et al.) (Space Technology Library, 2011)

30 Space Launch System (SLS)

31 De Brown, C. *Elements of Spacecraft Design* (2002) American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.
En Chapter 2: System Engineering | *GlobalSpec*, disponible en: https://www.globalspec.com/reference/28345/203279/chapter-2-system-engineering

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- Cohetes multietapa: Constan de dos o más etapas que se desechan a medida que el cohete asciende, lo que hace que el vehículo sea más ligero y eficiente a medida que se desplaza hacia arriba.
- Vehículos de lanzamiento reutilizables o *reusable launch vehicles* (RLV): Diseñados para ser lanzados, recuperados y reutilizados, reduciendo significativamente el coste del acceso al espacio y el impacto medioambiental. El transbordador espacial y el Falcon 9 de SpaceX son ejemplos de este tipo.
- Vehículos de lanzamiento desechables o *expendable launch vehicles* (ELV): Una vez utilizados, estos vehículos no pueden recuperarse ni reutilizarse. Están formados por la carga útil que desea transportarse y las etapas propulsoras que se desprenden y se pierden en el Espacio Ultraterrestre. Una vez allí, el cuerpo principal utiliza pequeños propulsores para realizar los desplazamientos previstos en el espacio. En las misiones tripuladas, el cuerpo principal regresa a la Tierra, ya sea aterrizando o cayendo en el mar; en caso contrario, se queda en el espacio.

  La mayoría de los lanzamientos históricos han sido del tipo ELV[32].

Asimismo, en función de su arquitectura[33] de lanzamiento encontramos vehículos de:

- Despegue vertical y aterrizaje horizontal (VTHL).
  - Es el método más utilizado históricamente (desde el X-37B[34] y Dream Chaser[35]) por ser el más práctico y eficiente. Estas naves espaciales despegan en posición vertical desde una plataforma, impulsadas por la inmensa potencia de un cohete para liberarse de la gravedad terrestre. Tras completar su misión en el espacio, vuelven a entrar en la atmósfera y utilizan su forma aerodinámica para planear y realizar un aterrizaje controlado y sin propulsión en una larga pista de aterrizaje.
- Despegue horizontal y aterrizaje horizontal (HTHL).
  - Este tipo de modelo de despegue y aterrizaje horizontal (HTHL) está preparado para despegar y posteriormente aterrizar por sus propios medios desde una pista. Sin duda, representa el ideal definitivo de las operaciones aeroespaciales, muy similares a las realizadas por las compañías aéreas

32 Un ejemplo de ELV es el Cohete Electron, el primer cohete fabricado por la empresa Rocket Lab

33 Hace referencia a como los vehículos espaciales empiezan y acaban aterrizando en la superficie terrestre.

34 El Boeing X-37B es un avión espacial robótico reutilizable VTHL operado por la Fuerza Espacial de los Estados Unidos (USSF). este vehículo no tripulado se lanza verticalmente dentro de la carena protectora de carga útil de un cohete convencional, como un Atlas V o un Falcon Heavy. Después de su misión, vuelve a entrar en la atmósfera y realiza un aterrizaje totalmente autónomo en una pista de aterrizaje. De «Space plane: Mysterious US military plane returns to Earth» - *BBC New*s, disponible en: https://www.bbc.com/news/world-us-canada-29669205

35 El DreamChaser, por su parte, es una nave reutilizable de la empresa *Sierra Nevada Corporation* del tipo VTHL. «SpaceDev Dream Chaser» - Wikipedia, la enciclopedia libre, disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/SpaceDev_Dream_Chaser

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

en la actualidad. Lamentablemente, el estado actual de la tecnología no ha logrado superar todos los problemas físicos que este tipo de operaciones presenta, por lo que la operación de los vehículos HTHL de una sola etapa en órbita sigue estando fuera de nuestro alcance[36].

Una solución intermedia consiste en utilizar un vehículo espacial que no tenga que llevar consigo todo su oxidante[37]. Es el caso del SpaceShipTwo de Virgin Galactic,[38]que se lleva embarcado en una nave nodriza de doble fuselaje y propulsión a chorro hasta su altitud de lanzamiento (50.000 pies, equivalentes a más de 15 kilómetros) donde el aire es más fino[39].

Justo después de la separación, el piloto encendía el motor cohete con el que alcanzaba velocidades hipersónicas[40] Tras completar su misión, el X-15 descendía planeando hasta aterrizar en una pista larga y plana.

Por su parte, la Agencia Espacial Europea (ESA) está en pleno desarrollo del prototipo Invictus[41]. Y como ya se ha dicho anteriormente, la industria aeroespacial busca seguir la estela de la aviación comercial y ya se proyec-

---

36 A pesar de lo dicho en este párrafo, el concepto HTHL ha tenido éxito en una ingeniosa adaptación de dos etapas: Una primera etapa realizada por un avión de transporte reutilizable que carga la nave «espacial». Una vez alcanzada la altura apropiada vehículos como el SpaceShipTwo de *Virgin Galactic* y el *Stratolaunch Talon*-A han hecho viable el perfil HTHL para misiones menos exigentes, como el turismo suborbital y la investigación hipersónica.

37 El oxidante es el componente del propelente que proporciona el oxígeno necesario para que el combustible arda en el proceso de combustión. Un propelente líquido puede estar compuesto de un combustible líquido como el hidrógeno y un oxidante líquido como el oxígeno. El problema radica en la falta de oxígeno en el espacio ultraterrestre.

38 Empresa dedicada al turismo espacial a través de la realización de vuelos suborbitales Ver Home / *Virgin Galactic*, disponible en https://www.virgingalactic.com/

39 El SpaceShipTwo es lanzada para volar hasta la alta atmósfera (a más de 80 kilómetros de altitud) propulsado por su motor cohete durante aproximadamente un minuto. Después de que el motor se apaga, los pasajeros experimentan varios minutos de ingravidez A continuación, SpaceShipTwo planea usando su sistema de reentrada feathering hacia la Tierra para aterrizar en una pista de aterrizaje.
El primer exponente de este tipo de lanzamiento en vuelo o «air lunch» fue el North American X-15, un avión cohete reutilizable que era transportado bajo el ala de un bombardero B-52 Stratofortress, que una vez alcanzaba una altitud de aproximadamente 13.700 metros (45.000 pies), era liberado en vuelo.
Justo después de la separación, el piloto encendía el motor cohete con el que alcanzaba velocidades hipersónicas y con el que llegó a

40 La velocidad hipersónica es aquella que superior a Mach 5, es decir, más de cinco veces la velocidad del sonido, lo que equivale aproximadamente a unos 6.150 km/h. Concretamente, El X15 alcanzó hasta Mach 6.7 con su motor alcanzando en dos ocasiones más de 100 kilómetros de altitud (línea de Kármán, comienzo del espacio ultraterrestre como sabemos).

41 Invictus es un prototipo de avión espacial hipersónico diseñado por la ESA para despegar desde una pista convencional y alcanzar velocidades superiores a cinco veces la del sonido. Este vehículo reutilizable despegará en 2031. «Europe working to launch 'Invictus' hypersonic space plane by 2031» (video) | *Space*, disponible en https://www.space.com/space-exploration/launches-spacecraft/europe-working-to-launch-invictus-hypersonic-space-plane-by-2031-video

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

tan (a largo plazo, no nos dejemos engañar[42]) los vuelos de largo recorrido o *long haul*[43] a velocidades hipersónicas realizando un «salto» suborbital. Esto implicaría que un vehículo espacial despegara desde un puerto espacial, acelerara hasta alcanzar velocidades hipersónicas por encima de la atmósfera y luego planeara de vuelta para aterrizar en un destino al otro lado de la Tierra reduciendo drásticamente los tiempos de viaje.

Los vehículos VTHL y RLV presentan riesgos adicionales, ya que interactúan con el espacio aéreo tanto en el ascenso como en el retorno por lo que plantean doble riesgo. En cambio, los SSTO (una sola etapa hasta órbita) tienden a tener trayectorias más limpias, pero concentran todo el riesgo en una única fase de propulsión.

Desde este artículo se considera que, en un futuro a medio y largo plazo la gran mayoría de operaciones espaciales serán del tipo RLVO y SSTO. Pero, además dichos lanzamientos, al igual que los aterrizajes, se producirán en pistas de vuelo algún puerto espacial (HTHL).

En definitiva, hablaremos de aviones o naves espaciales reutilizables: un único vehículo que, tras despegar de una pista de aterrizaje, volará hasta el espacio ultraterrestre.

2.3. Reentradas atmosféricas[44]

Los objetos que se encuentran en órbitas bajas pertenecientes a LEO, llamadas *very low Earth orbit*[45] (VLEO) están continuamente expuestos a pequeñas fuerzas aerodinámicas de frenado por las capas superiores de la atmósfera terrestre que pueden provocar que el objeto vaya perdiendo altura y atravesando así capas cada vez más densas de la atmósfera, incrementándose así la fuerza de frenado.

Al igual que anteriormente aceptamos los 100-120 km de la Línea Kármán como el límite entre la finalización del espacio aéreo y el comienzo del espacio ultraterrestre, consideraremos que la reentrada atmosférica se inicie a esa altura. A esta altitud, la atmósfera es muy tenue, pero suficiente para empezar a generar resistencia aerodinámica que va paulatinamente desacelerando el vehículo espacial. Esa fricción creciente genera calor en aumento. Es a los aproximadamente 80 kilómetros de altura cuando comienza la fase crítica de la reentrada donde se alcanza una mayor temperatura (más de 1.500 ºC) y, por consiguiente, el máximo rozamiento.

---

42 Quedan aspectos que resolver, muchos relacionados con safety: ¿qué aceleración/ desacelerarión o g's están dispuestas a aceptar los pasajeros? Y la «aeronave espacial», ¿qué material se utilizará que sea resistente para soportar las tensiones térmicas y mecánicas, pero ligero y capaz de ser reutilizado en los vuelos frecuentes?

43 Vuelos intercontinentales de más de siete horas de duración realizados en la actualidad por el Airbus A350 y el Boeing 787.

44 El apasionante mundo de la dinámica de la reentrada se puede seguir en Dinámica de Reentrada: Física, Espacio | StudySmarter

45 ESA - ESA seeks space applications ideas in Very Low Earth Orbit

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La velocidad del vehículo disminuye drásticamente desde más de 27.000 km/h a valores subsónicos debido a la fricción del aire[46]. Esto hace que se genere una enorme cantidad de energía, que provoca que los objetos se quemen en gran medida o incluso completamente. De hecho, así sucedería de no llevar la estructura los Sistemas de Protección Térmica o *Termal Protección System* (TPS) que absorben, disipan o resisten el calor como escudos térmicos ablativos,[47] materiales cerámicos y compuestos de carbono extremadamente resistentes al calor[48].

Aproximadamente entre el 10 y el 40 % de la masa de un satélite puede resistir el reingreso, dependiendo de los materiales que se utilizaron en su construcción[49],[50]. Otro factor a tener muy en cuenta para el éxito de la reentrada a la atmósfera terrestre es el ángulo de reentrada a la misma[51]. Se verá de forma somera al ver las reentradas no controladas en la página siguiente y entenderán el porqué.

Veamos a continuación, los tipos de reentradas atmosféricas.

2.3.1. Tipos de reentradas

Una reentrada se puede predecir, o no. Por ello, se distingue entre:

1. Las reentradas controladas.

   Es el aterrizaje de la primera etapa de un vehículo lanzador donde todos los parámetros están controlados. Así, el vehículo espacial se posiciona de forma que el escudo térmico queda enfrentado al flujo de aire en el descenso[52]; el ángulo de reentrada debe de estar dentro de una ventana óptima entre los 5° y los 7° respecto al horizonte terrestre[53]; se produce una desaceleración

46 El calentamiento aerodinámico es el principal problema que se enfrentan los vehículos espaciales de reentrada atmosférica. El calor inducido por una reentrada a velocidades mayores a Mach 20 es suficiente para destruir la estructura del vehículo.

47 Los materiales ablativos se queman de forma controlada, llevándose el calor consigo. «Sistemas ablativos de reentrada atmosférica» | Noticias de la Ciencia y la Tecnología (Amazings® / NCYT®), disponible en https://noticiasdelaciencia.com/art/51696/sistemas-ablativos-de-reentrada-atmosferica

48 El diseño aerodinámico del vehículo también juega un rol importante y ayuda a distribuir el calor y reducir la velocidad.

49 El titanio o el acero inoxidable, ambos con puntos de fusión altos, son materiales extraordinariamente resistentes que ayudan a que gran parte de estas componentes lleguen a la superficie.

50 Ver ESA - «Al límite: cómo se funde un satélite», disponible en https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Al_limite_como_se_funde_un_satelite

51 Ver «El ángulo de reentrada: La clave para el regreso seguro de una nave espacial a la Tierra» | N*oticias de la Ciencia y la Tecnología* (Amazings® / NCYT®), disponible en https://noticiasdelaciencia.com/art/54836/el-angulo-de-reentrada-la-clave-para-el-regreso-seguro-de-una-nave-espacial-a-la-tierra

52 La maniobra de *flip maneouver* reorienta al vehículo espacial para el descenso y la reentrada.

53 Si el ángulo de reentrada fuese demasiado empinado (>8°), se produciría sobrecalentamiento y fuerzas G letales. Si, por el contrario, fuese demasiado plano (<4°), el vehículo puede rebotar en la atmósfera y perderse en el espacio.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

progresiva y un descenso que continua hasta que entra en la atmósfera, momento en el que se despliegan las aletas y los dispositivos de control o *grid fins* que guían al vehículo ya bien dentro de la atmósfera se despliegan los paracaídas en preparación final del aterrizaje.

Finalmente, se produce el último encendido para activar los sistemas de aterrizaje con retrocohetes en los vehículos de aterrizaje vertical. De gran importancia para el tema de la seguridad que nos ocupa, en la fase de planeamiento de la misión se diseñó una zona específica de la superficie terrestre con unas coordenadas conocidas donde se producirá el impacto[54].

De acuerdo con las normas internacionales, conocidos los tiempos y el área de impacto, los servicios marítimos y aéreos son informados y los pertinentes avisos son emitidos para que el tráfico marítimo y aéreo evite su paso por esta zona durante el periodo de tiempo estipulado denominada huella de escombros o de residuos.

2. Las reentradas incontroladas[55], descontroladas o no controladas.

   Puede suceder que, lo que inicialmente era una entrada controlada, se descontrole por alguna razón no prevista (podemos considerarla equivalente a una aproximación y aterrizaje de emergencia en una aeronave) Habiendo visto anteriormente los exigentes requisitos que deben cumplirse en una reentrada controlada, resulta obvio que todos ellos se tornarían en interrogantes en caso de producirse por algún supuesto no previsto.

   Este tipo de entradas son las más peligrosas para los usuarios del espacio aéreo pues el desconocimiento de, tanto la zona[56], como el momento exacto del impacto imposibilita la emisión de cualquier prohibición o advertencia[57],[58].

2.3.2. Normativa aplicable

«Es mejor actuar y arrepentirse que no actuar y arrepentirse». Nicolás Maquiavelo.

La finalidad de este apartado es repasar la normativa aplicable en la integración del tráfico espacial y el tráfico aéreo (si la hubiere) Junto a ello, se va a incidir en

54 De acuerdo con las normas internacionales, conocidos los tiempos y el área de impacto, los servicios marítimos y aéreos son informados y los pertinentes avisos son emitidos para que el tráfico marítimo y aéreo evite su paso por esta zona durante el periodo de tiempo estipulado denominada huella de escombros o de residuos.

55 The risk of casualties from uncontrolled re-entry of spacecraft and orbital stages. J. Space Safet. Eng (2024)

56 Esa zona se denominada huella de escombros o de residuos. Generalmente, pertenece al Océano Pacífico.

57 Como la emisión de un NOTAM (*Notice to Air Mission*, en su nueva denominación)

58 Los dos casos analizados en este artículo se produjeron por sendas entradas no previstas o descontroladas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

algunas de las deficiencias del régimen jurídico actualmente aplicable con la finalidad de plantear posibles cambios que permitan corregir los defectos.

El término *safety* se emplea tanto para seguridad aérea (*flight safety*) y la espacial *(space safety)* estudiándose por separado.

Sin embargo, la amenaza que las operaciones espaciales suponen a las operaciones aéreas no está contemplado en ninguno de los dos ámbitos. Una prueba de ello es que la *Federal Aviation Administration* (FAA) de los Estados Unidos (EE. UU) en su Circular Consultiva 450.101-1[59] deja claro que *«el contenido de esta circular consultiva es de carácter informativo y no constituye una normativa. Esta guía no es legalmente vinculante por sí misma y la FAA no la utilizará como base independiente para tomar medidas coercitivas afirmativas u otras sanciones administrativas»*.

Y no es difícil el entenderlo, pues ni siquiera existe un acuerdo a escala mundial sobre la delimitación física entre el espacio aéreo y el espacio ultraterrestre, lo que pone trabas a la definición de si algunos vehículos y operaciones están relacionados con la aviación o con el espacio.

A nivel jurídico, el espacio aéreo y el espacio ultraterrestre son dos figuras totalmente diferentes. Como refleja González Ferreiro, E. (2024) *«En puridad, el espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, jurídicamente son catalogados como res communis, es decir, que existe libertad de exploración y utilización pero que en sí no pueden ser objeto de apropiación por reivindicación de soberanía, uso, ocupación ni de ninguna otra manera, de conformidad con el artículo II del Tratado del Espacio de 1967»*.

En lo que afecta a la regulación del espacio ultraterrestre, la Luna y otros cuerpos celestes, la normativa está cimentada en una serie de instrumentos internacionales aprobados en el seno de las Naciones Unidas liderados por el Tratado del Espacio de 1967 (OST, 1967) y los convenios que lo desarrollan y complementan. A ellos, se le suman otros acuerdos internacionales de naturaleza bilateral y multilateral. Pero, toda la normativa gira en torno al Tratado del Espacio.

No obstante, el *corpus iuris spatialis* tiene carencias y una falta de actualización frente a la frenética evolución de la tecnología espacial. A modo de ejemplo, adolece de una norma legal que en el ámbito espacial regule la prioridad de paso entre dos vehículos espaciales, o la obligación de desvío en caso de existir riesgo de colisión (lo que se conoce como la realización de una maniobra evasiva) Si en el peor de los casos, dicha colisión se llegara a producir, no establece de una forma taxativa la responsabilidad[60] sobre la misma.

---

59 https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_450.101-1.pdf

60 A efectos de responsabilidad, solo existe el Convenio sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales, de 1972. Si bien, El artículo VII del Tratado establece que los Estados parte son responsables internacionalmente por los daños que sus objetos espaciales causen, ya sea en la Tierra, en el espacio ultraterrestre o en otros cuerpos celestes. Esta disposición consolida el principio de responsabilidad objetiva, en virtud del cual los Estados deben responder por los daños causados por sus actividades espaciales sin necesidad de demostrar culpa o negligencia. Pero falta por determinar la responsabilidad ante un choque en órbita o en vuelo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Por su parte, en el ámbito de la aviación internacional (sea civil o militar) el espacio aéreo está claramente regulado y vinculado a la soberanía estatal[61]. La gestión del tránsito aéreo (ATM) está recogida por la OACI, y para ello se apoya en los pilares de Comunicaciones, Navegación y Vigilancia o *Surveillance*, en inglés (CNS) para garantizar la seguridad aérea de todos los usuarios del espacio aéreo.

La OACI dedica uno de sus 19 anexos a los servicios de tráfico aéreo (ATS) Concretamente, el Anexo 11[62] se refiere al establecimiento del espacio aéreo y a las unidades y servicios necesarios para promover un flujo seguro, ordenado y rápido del tráfico aéreo. Su objetivo es garantizar que los vuelos en rutas aéreas internacionales se realicen en condiciones uniformes diseñadas para mejorar la seguridad y la eficiencia de las operaciones de aviación.

Las normas y prácticas recomendadas o *Standards and Recommended Practices* (SARPs) del Anexo 11 se aplican en aquellas partes del espacio aéreo sobre el territorio soberano de un Estado contratante de la OACI en las que se prestan ATS y, cuando un Estado contratante acepta la responsabilidad de prestar servicios de tráfico aéreo sobre alta mar, puede aplicar estas SARP de manera coherente con la adoptada para el espacio aéreo sobre su territorio soberano.

Con carácter general, para proteger a los distintos usuarios del espacio aéreo se tiende a la segregación del mismo, lo que acarrea que numerosos usuarios no puedan acceder al mismo durante un cierto tiempo. Es decir, la protección va a costa de un uso eficiente del espacio aéreo, El ejemplo más reciente aconteció con la integración de los UAS[63] en espacio aéreo no segregado.

Sin embargo, a medida que la industria y las operaciones de UAS han madurado, la normativa ha evolucionado y hoy los UAS comparten el mismo espacio aéreo no segregado con la aviación tripulada, sin comprometer la seguridad aérea[64].

Siguiendo a Sánchez Mayorga[65] (2022) «El dotar a la actividad espacial de la adecuada regulación, resulta una necesidad que se viene demandando desde hace años para el uso del espacio desde que se atisbó este nuevo orden actual, hoy más que nunca».

---

61 Convenio de Chicago de 1944. El Artículo 1 establece que cada Estado contratante tiene soberanía plena y exclusiva sobre el espacio aéreo situado sobre su territorio. Por su parte, el Artículo 2 define lo que se considera «territorio» de un Estado para los fines del Convenio, abarcando las áreas terrestres y las aguas territoriales adyacentes. Ver chicago_conv.pdf

62 OACI. (2018). Anexo 11 Servicios de tránsito aéreo. Organización de Aviación Civil Internacional, Montreal. Recuperado de Annex 11 - Air Traffic Services | ICAO Store.

63 Circular ICAO 328-AN/190, disponible en https://certificacionyequipos.altertechnology.com/wp-content/uploads/2023/12/Circular-328_ICAO_en.pdf

64 En España, en lo que respecta al ámbito de la aviación civil, los organismos que se ocupan de la seguridad son el Comité Nacional de Seguridad para la Aviación Civil, creado por Real Decreto 550/200616, y la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, creada por Real Decreto 184/200817.

65 https://aedae-aeroespacial.org/wp-content/uploads/2022/09/Revista-AEDAE_2022_digital-27-09.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Así pues, distintos modelos de normativas particulares estancas, pero ninguna enfocada a la influencia que las operaciones espaciales tienen sobre las aéreas en materia de seguridad aérea. Ese vacío normativo conjunto es de carácter global, porque son varios los países que tienen su propia legislación[66].

3. ACCIONES EMPLEADAS EN LA ACTUALIDAD POR AUTORIDADES CIVILES Y MILITARES PARA MITIGAR LOS RIESGOS DE COLISIÓN ENTRE VEHÍCULOS ESPACIALES Y AERONAVES

Este capítulo aborda las medidas aplicadas para mitigar las afecciones creadas por los vehículos espaciales sobre las aeronaves que operan dentro de la atmósfera terrestre y salvaguardar la seguridad de las operaciones aéreas.

Para poder hacerse una idea inicial, es primordial conocer y cuantificar dicho riesgo. La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) utiliza maniobras de evitación si el riesgo de colisión se identifica con suficiente antelación y el riesgo es alto. Su política para naves espaciales tripuladas[67], todas con propulsión a bordo, como el Transbordador Espacial y la Estación Espacial Internacional o *International Space Station* (ISS) requiere la planificación de maniobras de evitación si la probabilidad de colisión es:

- > 1 / 100,000 y la maniobra no entraría en conflicto con los objetivos de la misión.
- > 1 / 10,000 y la maniobra no pondría más en peligro a la tripulación.

Las operaciones de lanzamiento de un vehículo espacial y su posterior reentrada atmosférica introducen riesgos de colisión con las aeronaves dentro de la atmósfera terrestre. Evidentemente cualquier fallo crítico que se produzca en el lanzamiento como en su posterior ascenso siempre se considera como no previsto. El tiempo de reacción es crítico, las medidas que se puedan tomar han de ser inmediatas. Lo mismo sucede con una reentrada en la atmósfera terrestre no prevista y que se produce con una falta de control y solo se puede prever. Todos estos supuestos se contemplan innegociablemente en la fase de diseño y planeamiento de la misión. Se preparan y entrenan escenarios como abortos en lanzamiento, fallos de propulsión o reentrada fuera de curso.

La FAA norteamericana y la Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea (EASA) de Europa abordan dichas situaciones de distinta manera. A continuación, veremos las diferentes medidas que viene aplicando la FAA en estos supuestos:

66 Por ejemplo, los EE.UU. cuentan con el Sistema de Coordinación del Tráfico Espacial (TraCSS) cuyo objetivo es garantizar que los operadores espaciales puedan navegar y operar con seguridad.

67 Como las cápsulas *Crew Dragon* de SpaceX y la Estación Espacial Internacional o International Space Station (ISS)

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.1. Cierres del espacio aéreo

Los lanzamientos de vehículos espaciales desde la superficie de la Tierra requieren el cierre del espacio aéreo a lo largo de la trayectoria de lanzamiento para proteger a los usuarios del espacio aéreo de los peligros potenciales de los vehículos de lanzamiento y los restos que se van desprendiendo en su ascenso al espacio ultraterrestre. Igualmente, sucede con las reentradas atmosféricas controladas.

Se trata de un cierre estático con carácter temporal y unas coordenadas fijas que originan cambios de ruta con el consiguiente aumento del tiempo de vuelo, y por ende mayor consumo de combustible. Estos cierres se materializan a través de la emisión y publicación de un NOTAM con las coordenadas y duración de la zona afectada.

Dentro del mismo, se crearían áreas de peligro para las aeronaves o *Hazard Areas*[68] (AHA). Zonas cerradas designadas alrededor de las trayectorias de lanzamiento y reentrada previstas para proteger a las aeronaves de las operaciones espaciales en sus fases de lanzamiento o reentrada a la Atmósfera de vehículos espaciales. Dentro de ellas se prohíbe el vuelo de aeronaves en el periodo descrito en el NOTAM.

Si se tratara de un fallo crítico no previsto en el vehículo espacial, produciéndose la destrucción total o parcial de éste; tras la comunicación del operador espacial a la FAA de la existencia de un riesgo real de peligro por la caída de desechos espaciales o *space debris* en una zona o área concreta, se activaría la *Debris Response Area*[69] (DRA), un área adicional a la AHA de respuesta a los escombros o desechos espaciales.

Evidentemente, el periodo de tiempo en el que la DRA permanece activa es siempre menor al de la AHA. Sus efectos para la navegación aérea son los mismos: desviaciones de aeronaves en vuelo y retrasos para las aeronaves en tierra. (Suponiendo que no afecte a ningún aeropuerto, lo que supondría el cese de las operaciones en el mismo) Tanto AHA, como DRA pertenecen al grupo de las restricciones temporales de vuelo o *Temporary Flight Restrictions*[70] (TFR).

Por su parte, EASA no establece directamente zonas equivalentes a las Aircraft Hazard Areas (AHA) como lo hace la FAA en EE. UU., pero sí que establece restricciones temporales de espacio aéreo cuando hay operaciones espaciales, especialmente cuando hay riesgos para la aviación civil. Entonces, ello exige la publicación urgente de un NOTAM que puede incluir restricciones en forma de Zonas peligrosas (D), Zonas restringidas (R) o Espacios aéreos temporalmente reservados (TRA) y (TSA).

---

68 Resources - Notices - FAA - FAASTeam - *FAASafety.gov*, disponible en https://www.faasafety.gov/spans/noticeView.aspx?nid=13231

69 https://www.faa.gov/space/airspace_integration/debris_response_areas

70 https://www.faa.gov/uas/getting_started/temporary_flight_restrictions

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.2. Interrupciones de los vuelos

Otra opción posible para las operaciones aéreas que aún no estén en el aire es la de retrasar el vuelo, con todas las consecuencias que ello acarrea para la aviación comercial como el coste que dicho retraso supone a los operadores y a los pasajeros. De forma inmediata a recibir los detalles de la reentrada, casi sin margen de maniobra si se tratase de un fallo crítico tras el despegue, se calcularían las posibles trayectorias y zonas estimadas de caída de los fragmentos. La diferencia de velocidad entre los fragmentos y una aeronave puede superar los **5.000 km/h,** lo que convierte cualquier impacto en un evento catastrófico. La responsabilidad directa de definir estas zonas recae en la autoridad nacional de aviación civil del Estado miembro, como la Agencia Estatal para la Seguridad Aérea (AESA) en el caso de España. (bajo supervisión y armonización de EASA) quien emite las restricciones temporales en coordinación con ENAIRE (gestor del espacio aéreo español) para proteger las aeronaves dentro del espacio aéreo asignado.

En resumen, el uso del espacio aéreo se ve negado a los operadores y usuarios, originando retrasos y un aumento de los tiempos de vuelo para la aviación comercial y general, lo que repercute en los horarios, los costes operativos y el medioambiente.

4. DOS CASOS REALES

En este apartado veremos cronológicamente dos casos reales ocurridos en el último lustro donde la navegación aérea internacional se vio afectada por sendas reentradas incontroladas en la atmósfera terrestre de vehículos espaciales que, por su enorme tamaño y masa no se desintegraron completamente y llegaron a la superficie terrestre.

4.1. Long March[71]

El 4 de noviembre de 2022[72], el cohete chino Long March 5B (CZ-5B) reingresó a la atmósfera terrestre de manera incontrolada[73]. Se sabía que el cohete no se

71 Ver «La reentrada descontrolada de un cohete chino provoca el cierre temporal de parte del espacio aéreo español» (*microsiervos.com*), disponible en https://www.microsiervos.com/archivo/aerotrastorno/reentrada-cohete-chino-cierre-espacio-aereo-espanol.html#:~:text=La%20reentrada%20descontrolada%20del%20cohete%20Larga%20Marcha%205B,restos%20del%20cohete%20se%20desintegran%20en%20la%20atm%C3%B3sfera.

72 El 31 de octubre de 2022, China lanzó una nueva nave no tripulada que trasladó el tercer y último módulo de laboratorio Mengtian hacia su estación espacial Tiangong. El cohete, un Long March 5B (CZ-5B) fue lanzado desde de la base de lanzamiento de Wenchang, ubicada en la provincia sureña de Hainan.

73 https://www.elconfidencial.com/espana/cataluna/2022-11-04/restringidos-vuelos-cataluna-objeto-espacial_3517795/

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

iba a desintegrar por completo y los restos llegarían a la superficie Terrestre. Las previsiones mostraban la posibilidad de que dicha reentrada afectara a una parte del espacio aéreo europeo, incluyendo a España. Por ello, la Agencia de Seguridad Aérea Europea (EASA) publicó un boletín de seguridad horas antes de la reentrada a la atmósfera terrestre del cohete chino donde recomendaba la publicación por parte de dichos países de unas restricciones en el espacio aéreo en un espacio comprendido entre 70 y 120 kilómetros a cada lado de la trayectoria estimada del objeto.

En el caso de España, Enaire como gestor de Navegación Aérea del Espacio Aéreo de soberanía Española y siguiendo las recomendaciones de EASA y las directrices de la célula interministerial liderada por el Departamento de Seguridad Nacional (DSN), ordenó el cierre temporal de parte del espacio aéreo español y de los aeropuertos pertenecientes a dichas áreas estableciendo una franja de seguridad de 100 kilómetros a ambos lados de la órbita del vehículo espacial (lo que quedase de él, tras su reingreso en la atmósfera terrestre) para garantizar la seguridad. AESA declaró en las zonas potencialmente afectadas (Cataluña, Baleares, Navarra, Aragón y las Islas Canarias) el *Rate 0*[74] que implica un cierre total del espacio aéreo y aeropuertos afectados. Ello implicó desvíos de vuelos ya en el aire, así como la cancelación de las operaciones aéreas en los aeropuertos pertenecientes a dicha zona.

Tras el paso del cohete por nuestro espacio aéreo, Enaire levantó dichas prohibiciones. Igualmente hicieron el resto de los países europeos que se vieron afectados. Finalmente, los restos del cohete cayeron en el océano Pacífico sin causar daños mayores.

En definitiva, la reentrada no controlada del cohete Long March 5B provocó el cierre temporal de gran parte del espacio aéreo en España y Francia, retrasando más de 645 vuelos, Todo ello tuvo un coste económico estimado[75] de 1,29 millones de euros[76].

4.2. Starship

El 16 de enero de 2025 a las 22:37 UTC se produjo el lanzamiento de la séptima misión de prueba de la Starship[77] de la compañía SpaceX desde el centro de lanza-

74 Una de las medidas aplicables y descritas en el catálogo de las FUA Restrictions https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2024-11/eurocontrol-fua-amc-cadf-operations-manual-20-0.pdf

75 Nunca se han publicado cifras oficiales.

76 Esto sin contar los costes indirectos, como pérdida de productividad, impacto en conexiones internacionales, y efectos sobre la reputación de los operadores. Si se incluyen estos factores, algunos expertos estiman que el coste total podría superar los 3 millones de euros.

77 La denominación de los modelos de Space han sufrido numerosos cambios desde el comienzo hasta nuestros días. Starship 2 y Starship 3: las futuras versiones del cohete más grande del mundo - Eureka, disponible en https://danielmarin.naukas.com/2024/04/08/starship-2-y-starship-3-las-futuras-versiones-del-cohete-mas-grande-del-mundo/

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

miento de Starbase (en Boca Chica, Texas) Dicha misión estaba compuesta por un cohete y una nave espaciales. Ambos recuperables y reutilizables en un futuro, si nada extraño sucedía.

Tras el lanzamiento exitoso, la Starship comenzó su impotente ascenso dentro de su corredor de lanzamiento designado hasta que, a los 7 minutos y 40 segundos los motores Raptor de la S[78]33 comenzaron a apagarse. Segundos después, a los 8 minutos y 25 segundos, la telemetría se congeló cuando la nave estaba a 146 kilómetros de altitud y a 21.317 km/h, (con una inclinación orbital 26, 4.º).

El apagado prematuro de sus motores de la Starship, dio origen a una fuga de combustible que provocó un incendio en la parte trasera del vehículo llevándole a su desintegración.

Los restos de la S33 se observaron cayendo sobre las islas Turcas y Caicos, al norte de la República Dominicana. Numerosos vídeos de habitantes de la zona como a bordo de los propios aviones que transitaban por allí captaron la reentrada de los restos, incluido el momento de la explosión del vehículo. Fueron varios los reportes efectuados por los pilotos de vuelos que sobrevolaban la zona a sus agencias de control de tránsito Aéreo (ATC) sobre el avistamiento.

Los aviones en vuelo por aquella zona fueron avisados del suceso y varios fueron desviados para evitar la zona de caída de los restos.

Por su parte, el propulsor Super Heavy B[79]14 tuvo un ascenso limpio y una separación en caliente de la segunda etapa según lo planeado (a 64 kilómetros de altitud y unos 4.300 km/h). Aterrizó con éxito en la torre de lanzamiento.

Dicho lanzamiento había sido planificado contemplando las posibles contingencias, inclusive la aparición de fallos críticos en la misión que desembocara en su explosión y destrucción antes de salir de la atmósfera y llegar al espacio ultraterrestre, con lo que los fragmentos del vehículo no se desintegrarían en la reentrada a la atmósfera, sino que caerían esparcidos en la superficie terrestre. En cualquier caso, es obligatoria la emisión y publicación de un aviso a navegantes o *Notice to Airmen*[80] (NOTAM) avisando a los usuarios del espacio aéreo de las zonas posiblemente más afectadas, donde el vuelo queda prohibido temporalmente.

La gravedad del asunto es que SpaceX había comunicado a la FAA que el único área contemplado donde podrían caer restos de la nave en caso de fallo y posterior reentrada a la Tierra era sobre Madagascar, por lo que la FAA emitió un NOTAM previo al lanzamiento activando una DA sobre Madagascar (África) Finalmente, los restos de la explosión ocurrida sobre el mar Caribe cayeron en la zona del golfo de Mexico, lo que obligó a la FAA a activar zonas de respuesta y desviar con carácter de urgencia casi 500 operaciones aéreas.

78 La S denota *Ship*.

79 La B hace referencia a *Booster*.

80 Se hace notar que la denominación de NOTAM ha cambiado hace un par de años a *Notice to Air Mission.*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

5. PROPUESTAS

«Un buen plan hoy es mejor que uno perfecto mañana». —**George S. Patton**.

En este tramo final del artículo se presentan diversas medidas de *lege ferenda*, encaminadas a mejorar la seguridad «aeroespacial» a tenor de todo lo expuesto, especialmente con el vacío legal. Su implementación significaría un verdadero cambio de paradigma en la gestión de las operaciones «aéreas» y «espaciales» con el único objetivo estratégico de minimizar el impacto de los lanzamientos espaciales y reentradas en la Atmósfera terrestre en la aviación comercial internacional. Se presentan en función de su eje o área de aplicación:

1. Normativa internacional armonizada con estándares globales.

   La primera propuesta pasa por reconocer que, desde el punto de vista de seguridad *safety*, hemos de hablar de la continuidad entre el aire y el espacio, y considerar un único ámbito aeroespacial donde se incluyen las HAO[81] como las espaciales de las capas más bajas de la órbita LEO. Éstas pasarán a denominarse operaciones aeroespaciales.

   La armonización normativa en el seno de la OACI y la ONU permitiría establecer estándares globales sobre la gestión del espacio aeroespacial compartido. Con ello, se creará una normativa global y única aplicable para gestionar el tráfico aeroespacial, a tenor de lo que se ha expuesto en 2.3.2. y en línea con la Estrategia de Seguridad Aeroespacial Nacional (ESAN) 2025[82] que considera «la *conveniencia de entender la seguridad aeroespacial como un* ámbito único *por motivos de eficacia para afrontar amenazas y mitigar riesgos, comunes e interdependientes en el espacio aéreo y en el espacio ultraterrestre»*[83].

   Esto exige unos cambios normativos imprescindibles mínimos. La creación de una normativa jurídica *ad hoc*, que debe ser ágil y escalable, de forma que permita una implantación rápida y progresiva y que vaya engordando en consonancia con los avances tecnológicos y cuando se disponga de más datos sobre sucesos acaecidos y de su fiabilidad[84].

---

81 Se debe discutir sobre si HAO debe ocuparse también de la seguridad de los ocupantes de los vuelos espaciales (por ejemplo, en un vuelo de reentrada), o si este aspecto seguirá siendo competencia de los Estados, como en la actualidad. En cualquier caso, esto quedaría para después y no se trata en este artículo.

82 Ver la ESAN 2025 en https://www.boe.es/eli/es/o/2025/07/29/pjc845

83 A sabiendas de que esta propuesta volvería a traer temas ya manidos (que no resueltos) del tipo de, ¿dónde termina el ámbito aéreo y comienza el espacial? ¿no eran dos dominios claramente diferenciados? No obstante, se quiere recordar que, desde el punto de vista de la seguridad o safety, el ámbito aeroespacial es único y se debe hablar del continuo aire-espacio

84 Los tipos de operaciones previstos en el espacio aéreo superior pueden ser múltiples y muy diferentes, por lo que suscitan cuestiones tales como las relacionadas con las distintas categorías de vehículos, las diferentes propósitos/misiones, distintas velocidades, energías (riesgos), previsibi-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Igualmente, debe ser única, de modo que el mismo tipo de vehículo no tenga que adherirse a diferentes conjuntos de normas. Su contenido inicial debe ser sencillo y con el principal objetivo de tratar de evitar las colisiones en el aire y el espacio entre naves, vehículo u objetos espaciales y aeronaves en el espacio aéreo comprendido entre los 20 kilómetros de altitud y los niveles bajos de LEO (VLEO) a unos 200 kilómetros de altitud. En ningún caso, la norma jurídica no debe contradecir principios del Derecho aéreo, y el Derecho espacial. Por ello, debe tener en cuenta el mayor riesgo de las HAO en comparación con la aviación tradicional, y su similitud con las operaciones espaciales[85].

Semejante reto requiere desde ya un enfoque coordinado y de colaboración entre las instituciones aeronáuticas y espaciales, los organismos de investigación y la industria. quienes formarán grupos de trabajo o working groups (WG) o tasked forces (TF) para trabajar en la preparación de dicha normativa en competencias de safety y gestión de riesgos (Risks Management)[86]

2. Sistema de vigilancia y seguimiento espacial, de alerta temprana y predicción.

   Se requiere con carácter de urgencia, la creación un sistema único de vigilancia, seguimiento y control aeroespacial ad hoc, que permita cerrar la actual brecha vertical en la vigilancia y seguimiento (y futuro control) para gestionar de forma segura las operaciones aeroespaciales.

   Dicho sistema estará compuesto por una combinación de radares espaciales en tierra y de satélites con radares de vigilancia y seguimiento en las capas bajas de LEO y permitirá una conciencia situacional unificada, compilación de la SA y la SSA.

   Por otro lado, las herramientas de predicción de trayectorias y zonas de impacto deben ser accesibles para aerolíneas y controladores aéreos. Ello permitiría una gestión más eficiente del riesgo. Un ejemplo de ello es *Space Data Integrator* (SDI) de la FAA, el cual puede adatarse al contexto europeo, conforme al principio de prevención.

   Además, mientras el estado del arte no consiga mejorar el alcance vertical de los radares primarios (PRS) y cerrar el gap vertical, se dispondrá de una flota de UAS con radares de vigilancia y seguimiento embarcados[87]que per-

---

lidad, maniobrabilidad y altitudes, distintas fases del vuelo (espacio aéreo inferior, espacio aéreo superior, espacio exterior para algunas de ellas) y transición entre distintos espacios aéreos, distintos regímenes jurídicos (aviación/espacio)

85 En este ámbito será necesaria una conciliación entre el régimen de la aviación, que responsabiliza al operador, y el régimen espacial, que responsabiliza a los Estados de lanzamiento

86 Alguno de ellos serían Grupo Operativo HAO de la EASA, formado por un grupo operativo informal (Task Force) de expertos en HAO; la FAA; la OACI; la ONU, NASA y ESA; el *Space Safety Institute* (SSI); la *European Space Policy Institute* (ESPI) y EUROCONTROL: SESAR JU.

87 Una especie de aviones de Alerta temprana y control aerotransportado (AWACS) de la OTAN. Fuerzas Armadas | Ejército del Aire: *AWACS*, un superavión espía a 9.000 metros de altura, disponible en

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

manezcan largos periodos de tiempo en vuelo a gran altitud (por encima de los 20 kilómetros o 67.000 pies) con gran autonomía de vuelo y velocidad de crucero cercana a la velocidad del sonido (0.95 Mach).

Este nuevo sistema permitirá alcanzar una imagen compuesta o *composite picture* de la SA y la SSA, que será consolidada y a la que se integrará la Meteorología Espacial o *Space Weather* para convertirse en *la Integrated, Consolidated and Composited AeroSpatial Picture* (IC2ASP).

Los vehículos espaciales que, en tránsito y los pseudo satélites o HAPS que, lo usen como destino final[88], además de las aeronaves que pudieran hacerlo, estarán sujetos a una serie de requisitos obligatorios entre los que se destaca la garantía de alcanzar y mantener una separación basada en el rendimiento o performance[89]. Además, los operadores espaciales tendrán la obligación de emplear una telemetría precisa y transmitida en tiempo (cuasi) real[90].

3. Utilización progresiva[91] de tecnologías disruptivas.

   El empleo de las tecnologías disruptivas en este contexto con carácter global y de forma colaborativa es una exigencia técnica, jurídica e incluso estratégica para garantizar la seguridad en la era espacial, para la toma de decisiones. Podemos destacar:

   – Automatización: Introducción de sistemas autónomos para reducir cargas de trabajo (por ende, minimizando el error humano), mejorar el tiempo de respuesta y facilitar la toma de decisiones, con la salvaguarda de no permitir que se pueda tomar decisiones autónomas en situaciones complejas sin la intervención humana. En definitiva, mejorando la eficiencia del sistema completo.

---

https://www.eldebate.com/espana/defensa/20230218/awacs-superavion-espia-9-000-metros-altura_94620.html

88 Nos referimos al turismo orbital suborbital. «El turismo espacial suborbital: ¿un privilegio para millonarios o el futuro de los viajes?» - Aviación Digital, disponible en https://aviaciondigital.com/turismo-espacial-suborbital-nueva-frontera-aeronautica/

89 *Performance Based Navigation* (PBN) o Navegación Basada en Prestaciones ya es utilizada de forma paulatina en la aviación comercial. Se trata de un sistema de navegación aérea desarrollado por la OACI que se basa en las capacidades de la aeronave y en el uso de la navegación por satélite para crear rutas más eficientes y seguras. PBN establece requisitos globales en términos de precisión, integridad, disponibilidad, continuidad y funcionalidad que deben cumplir las aeronaves para operar en un espacio aéreo específico.

90 La telemetría proporciona datos vitales sobre el comportamiento de los sistemas de la nave, en función de los parámetros medidos. Referido a la seguridad, hablamos de los datos proporcionados por los radioaltímetros, que miden la altitud de una aeronave sobre la superficie, elemento crucial durante el descenso y el aterrizaje. También, los receptores GPS/GNSS que proporcionan datos de posición, altitud y velocidad. Todo ello debe de llegar a la estación que controla la misión con un retraso menor a 0.001 segundos, es decir menor a 1 milisegundo.

91 En función de su estado de maduración.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- *Big data:* Para la integración de datos, el empleo de análisis de *big data* anticipa problemas de tráfico y mejora la planificación de la Ventana de lanzamiento, así como la gestión inteligente de rutas aéreas.
- Inteligencia Artificial[92] (IA): Implementación de algoritmos de IA para optimizar rutas y tiempos de vuelo.
- *Block Chain*: Para mantener la trazabilidad y coordinación los lanzamientos, las trayectorias y los distintos eventos espaciales, facilitando la trazabilidad jurídica y la coordinación entre operadores. Esta tecnología permite establecer responsabilidades *ex lege* en caso de daño, y agilizar los procesos de compensación entre las partes afectadas.

4. Mejora en el diseño de vehículos espaciales.

   Se recomienda fomentar el desarrollo de tecnología, sistemas y materiales que permitan la total desintegración en las reentradas atmosféricas. El uso de materiales que se desintegren completamente en la atmósfera contribuiría a reducir el riesgo de impacto con aeronaves, conforme al principio de *non nocere* y al deber de diligencia técnica.

5. Coordinación interinstitucional reforzada mediante la cooperación y la interoperabilidad centrada en el intercambio de datos.

   Es imperativo trabajar con servicios de datos automatizados[93] y establecer canales permanentes de comunicación entre agencias espaciales (ESA, NASA, Roscosmos, CNSA, etc.), autoridades aeronáuticas (AESA, EASA, FAA, etc.) y proveedores de servicios de navegación aérea (ANSP, en inglés). La creación de centros de gestión conjunta del espacio aeroespacial permitiría una respuesta *ex tempore* ante emergencias orbitales, conforme al principio de cooperación institucional para reducir los riesgos de colisiones.

   Uno de esos canales internacionales para el intercambio global de datos ha de fijarse y aplicar las capacidades del SDI de la FAA y aplicar la *interface* del *System Wide Information Management* (SWIM) de la Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea (EUROCONTROL)[94] Esta herramienta debe incluir módulos dedicados a transmisiones de lanzamiento (telemetría, zonas de riesgo, ventanas dinámicas, etc.). Para una mayor rapidez en el despliegue del sistema por los distintos ATM nacionales, se debe asegurar la interoperabilidad con cada una de las naciones parte, vía su Organismo responsable en asuntos de seguridad aérea (EASA y FAA, respectivamente para Europa y los EE. UU.

92 https://www.hispaviacion.es/wp-content/uploads/2024/12/REDAE_DIGITAL_N4_dic_2024.pdf

93 Al Estilo de Eurocontrol en el ECHO2. European Concept for Higher Altitude Operations (ECHO 2) (ECHO 2) | *EUROCONTROL*, disponible en https://www.eurocontrol.int/project/european-concept-higher-altitude-operations

94 *EUROCONTROLstore.icao.int*, disponible en https://www.eurocontrol.int/concept/system-wide-information-management?utm_source=chatgpt.com

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

6. Protocolos de exclusión aérea dinámicos

Trabajar en mejorar la eficiencia en el uso del espacio mediante la creación de cierres dinámicos y geográficamente limitados del espacio aéreo por medio de la implementación de zonas de exclusión aérea temporales y adaptativas, basadas en datos orbitales en tiempo real. Se pueden tomar como referencia las fórmulas aplicadas en el Cielo Único Europeo (SES) y el Uso Flexible Avanzado del Espacio Aéreo (AFUA)[95].

A los actuales NOTAMS donde se incluyen las AHA y DRA, según se ha visto anteriormente, habría que dotarles de unos corredores y volúmenes «elásticos» (reservables y liberables progresivamente) que se transmiten a las aeronaves en vuelo por medio del Sistema de Direccionamiento e Informes de Comunicaciones de Aeronaves (ACARS, por sus siglas en inglés) y del sistema de Comunicaciones por Enlace de Datos Controlador-Piloto[96] (CPDLC, igualmente en inglés) por las respetivas autoridades aeronáuticas[97]. Adicionalmente, se realizaría un ruteo eficiente del tráfico para desviar flujos de manera óptima, minimizando las demoras y el consumo de combustible durante las ventanas de lanzamiento y reentrada[98].

Durante las fases de pre-lanzamiento, y posteriormente pre-reentrada atmosférica se activarían una serie de pequeñas áreas temporalmente restringidas al viuelo (TRAs en el caso de Europa con una duración de 2 minutos cada una, escalonadas a lo largo de la trayectoria proyectada[99]. De esta manera, se reduciría el elevado impacto económico en la aviación comercial.

Debe integrarse por pleno derecho o *ipso iure* en los sistemas de planificación de vuelos, así como en las pantallas de los controladores aéreos de área (ACC).

Esta medida permitiría reducir el impacto sobre rutas comerciales sin comprometer la operatividad del tráfico aéreo, y posteriormente reducir

95 Flexible Use of Airspace (FUA) AMC/CADF Operations Manual | EUROCONTROL) Y TAMBIÉN EN European concept for higher airspace operation (ECHO) | EUROCONTROL

96 El ACARS se utiliza para enviar y recibir mensajes entre la aeronave y las estaciones terrestres, como las aerolíneas y los controladores de tráfico aéreo. Por su parte, el CPDLC se opera sobre ACARS para permitir una comunicación digital de texto directa y eficiente entre el piloto y el control de tráfico aéreo (ATC)

97 En Europa, nos referimos al EUROCONTROL/Network Manager. The Network Manager - Mobility and Transport - European Commission, disponible en https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/single-european-sky/network-manager_en

98 Un buen espejo en el que fijarse es el de Eurocontrol y el espacio aéreo de ruta libreo Free Route Airspace (FRA) eurocontrol.intOACI, disponible en https://www.eurocontrol.int/concept/free-route-airspace?utm_source=chatgpt.com

99 La Crew Dragon de SpaceX tarda aproximadamente 12 minutos desde que inicia la reentrada hasta el amerizaje

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

la carga de trabajo del controlador aéreo. El objetivo es alcanzar una mejor integración con el control de tráfico aéreo.

7. Formación y concienciación

   La inclusión de módulos sobre riesgos espaciales en la formación de pilotos, controladores y gestores de operaciones aéreas es *per se* una medida preventiva esencial. Asimismo, la difusión de buenas prácticas y protocolos de actuación ante eventos espaciales inesperados contribuiría a fortalecer la cultura de seguridad.

   Del mismo modo, la realización de ejercicios de simulación de escenarios con eventos inesperados de reingresos incontrolados (al estilo del cohete chino CZ 5B visto con anterioridad en este artículo).

8. Reestructuración del espacio aéreo

   Sin duda la propuesta de mayor calado y la de mayor dificultad para su materialización pues requiere de un tiempo al tener que crearse o ajustarse manuales de gran importancia para la seguridad aérea. Sin embargo, no es estrictamente vinculante para la realización de las anteriores. Consistiría en la división del espacio aéreo en tres partes. A saber:

   – Del nivel medio del mar o *Mean Sea Level* (MSL) a nivel de vuelo o *Flight Level* (FL) 550. En esta zona irían todas las operaciones aéreas con el estado actual de la tecnología[100].

   – De FL 550[101] a los 200 kilómetros de altitud, se correspondería al espacio aéreo superior o espacio cercano (también llamado espacio contiguo, mesoespacio[102] o espacio cercano) Se trataría de una zona de convivencia[103];

   – Por encima de los 200 kilómetros de altitud hasta el infinito o *Unlimited* (UNL) Sería el nuevo espacio aeroespacial superior en el que se aplicaría una futra gestión del tráfico en el espacio aéreo superior (HATM).

---

100 Habría que recordar la excepción que supuso el Concorde, un avión supersónico de transporte de pasajeros que estuvo en servicio entre 1976 y 2003 y que tenía un techo operativo de 18.300 m (FL 640) y por lo tanto debe considerarse como HAO.

101 FL550 ≈ 16.764 metros).

102 La denominación de mesoespacio tiene una base científica, al hacerse coincidir el límite casi exactamente con la mesosfera.

103 Las HAO, (18 km como altitud máxima de los aviones, 160 km como altitud mínima de los satélites) incluyen todas aquellas operaciones (HAPS, vuelos supersónicos e hipersónicos, vuelos suborbitales, lanzamientos embarcados o *air launchs* y lanzamientos verticales en órbita, y reentrada desde órbita) que se llevan a cabo en el actual espacio aéreo superior, es decir, por encima de los niveles de vuelo en los que hoy en día se controlan las aeronaves tradicionales, pero todavía no en el espacio exterior.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

6. CONCLUSIONES

«La seguridad no es producto del azar, sino resultado de la previsión y del orden». — **Aristóteles***.*

La interacción entre la aviación comercial y las operaciones espaciales ha dejado de ser una hipótesis remota para convertirse en una realidad operativa que exige una respuesta jurídica y técnica *in actu*.

De lo expuesto a lo largo de este artículo se pueden extraer diversas conclusiones desde el punto de vista operativo y normativo. Sin duda la más fundamental y que debemos no olvidar nunca es que *safety* es una línea roja con la que no se juega ni se negocia. Dicha seguridad se ve amenazada por los lanzamientos espaciales y por las posteriores reentradas a la Atmósfera Terrestre. En la actualidad esa amenaza se ha visto disparada por el aumento en el número de lanzamientos espaciales en el contexto de la era del *New Space*.

De la misma forma, las operaciones aéreas han incrementado con la aparición de nuevos usuarios del espacio aéreo. Los UAS que ya estaban, han dejado de ser aeronaves que circulan a bajas alturas y hoy día han formado los HAPS, que utilizan los niveles altos de la troposfera, e incluso asoman a la estratosfera en vuelos suborbitales, en forma de HAO.

Con estos dos focos interactuando se ha puesto de manifiesto la fragilidad de tratar el tráfico aéreo y espacial como sistemas separados. Por ello, desde el punto de vista de la seguridad *safety*, hemos de hablar de la continuidad entre el espacio aéreo y el ultraterrestre. Y aceptar el ámbito aeroespacial para tratar de la seguridad aeroespacial. Porque el problema no reside únicamente en la ausencia de una normativa jurídica que hable de la amenaza que las operaciones espaciales suponen para la aviación, sino que la posibilidad del impacto físico es real y va en aumento.

Para garantizar operaciones seguras y eficientes, es necesario disponer de una conciencia situacional unificada y compartida que englobe la SA y la SSA. Esto se consigue disponiendo de un sistema global de vigilancia y seguimiento, y preparado para suministrar control en un futuro. Un sistema que permita un continuo en la cobertura radar y satelital sin existencia de la actual brecha vertical.

La creación y aplicación de una norma jurídica global que se aplique a las aeronaves y los vehículos espaciales dentro de la zona comprendida entre FL 550 y los 200 kilómetros de altitud cuyo espíritu sea preservar lo máximo posible la seguridad aeroespacial.

La fusión y el intercambio de datos en tiempo real entre *stakeholders* civiles y militares, públicos y privados, en especial las autoridades aeronáuticas y espacial es la piedra angular para garantizar la trazabilidad de los objetos espaciales especialmente en sus fases de lanzamiento y reentrada atmosférica.

Por tanto, es urgente establecer dicha normativa jurídica, la cual ha de ser global, proactiva y ágil. De forma que englobe tanto a las operaciones aéreas y a las espaciales de VLEO, y que pueda anticiparse a los nuevos escenarios que las tecnologías

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

disruptivas traigan. Debe ser escalable e ir incorporando nuevos capítulos, así como posteriores desarrollos de protocolos vinculantes que regulen otros aspectos y que igualmente admita la mejora continua.

Con respecto a la idea de reconocer una zona intermedia entre el espacio aéreo y el ultraterrestre, aunque teóricamente es una propuesta atractiva, en la práctica son más los obstáculos a los que se enfrenta que las ventajas que tal propuesta podría aportar. Por ello, resulta improbable que se llegue a reconocer alguna vez en el Derecho internacional la delimitación del espacio suprayacente en tres regiones, incluyendo una zona intermedia. Si bien, existen los precedentes de la creación del *Upper Information Region* (UIR) y la Reducción de la separación vertical mínima o *Reduced Vertical Separation Minimum* (RVSM)[104].

En definitiva, la seguridad de la aviación comercial en un entorno cada vez más influido por las operaciones espaciales no puede depender del azar ni de la improvisación. Debe ser el resultado de una planificación rigurosa, una legislación proactiva y una cooperación efectiva entre todos los actores implicados. La seguridad prevaleció en el pasado, lo hace en el siglo XXI y lo hará mucho más allá, Utilicemos todas las herramientas disponibles.

7. BIBLIOGRAFÍA

Actualidad Aeroespacial. (s.f.). «La Nasa optimiza el cohete SLS para Artemisa II con mejoras de seguridad, comunicación y rendimiento». Recuperado de https://actualidadaeroespacial.com/la-nasa-optimiza-el-cohete-sls-para-artemisa-ii-con-mejoras-de-seguridad-comunicacion-y-rendimiento/

Actualidad aeroespacial. «Los retos de la seguridad en la era espacial». (2025). Recuperado de https://actualidadaeroespacial.com/los-retos-de-la-seguridad-en-la-era-espacial/

Agencia Estatal de Boletín Oficial del Estado. (2025). *Orden PJC/845/2025, de 29 de julio, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Seguridad Nacional de 14 de julio de 2025, por el que se aprueba la Estrategia de Seguridad Aeroespacial Nacional*. Recuperado de https://www.boe.es/eli/es/o/2025/07/29/pjc845

Ailor, W.H (2020) «Large Constellation Disposal Hazards, Center for Space Policy and Strategy, The Aerospace Corporation», El Segundo, California, USA, January 2020. En *Hazards of reentry disposal of satellites from large constellations - ScienceDirect*.

104 RVSM es un término usado en aviación para denominar la separación vertical requerida entre dos aeronaves que pasa de 2000 pies (600 metros) a 1000 pies (300 metros) entre niveles de vuelo FL290 y FL410 (entre 29000 y 41000 pies). Esto permite un mayor uso de un determinado espacio aéreo (espacio aéreo RVSM) ¿Qué es RVSM? — Sigma Aviation, disponible en https://es.sigmaaviation.com/blog-1/qu-es-rvsm-por-qu-es-importante-qu-debo-hacer-para-cumplir

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

AIS, The International Association for the Advancement of Space Safety. (2013). «Safety design for space operations». *BH*. Recuperado de https://iaaspace.org/wp-content/uploads/iaa/Scientific%20Activity/debris7.pdf

Asamblea General de las Naciones Unidas. (2023). *Documento A/AC.105/1285*. Recuperado de https://docs.un.org/es/A/AC.105/1285

Byers, M., Wright, E., Boley, A., & Byers, C. (2022). «Unnecessary risk created by uncontrolled rocket reentries». *Nature Astronomy*, 6, 1093-1097.

Cole, J.K., Young, L.W., & Jordan-Culler, T. (1997). «Hazards of falling debris to people, aircraft, and watercraft (Sandia Report SAND97-0805-UC-706)». *Sandia National Laboratories*.

De Persis, C., & Lemmens, S. (2023). «Destructive re-entry analysis tools: state of the art, latest advances, and open points». En *Proceedings of the 12th IAASS International Space Safety Conference «Making Space Travel Safer»* (pp. 746-756). IAASS.

ESA. (2025). INVICTUS – Europe's new hypersonic test platform. Recuperado el 9 de agosto de 2025 de ESA - INVICTUS – Europe's new hypersonic test platform

Estrategia de Seguridad Aeroespacial (ESAN) (2025) Recuperado de https://www.boe.es/eli/es/o/2025/07/29/pjc845

Federal Aviation Administration. (2018). *Draft Spaceport Camden Environmental Impact Statement*.

García Luengo, I. (2023). «Gestión del tráfico espacial». *Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial*, 3 (diciembre), 423-447. Recuperado de R.E.D.A.E._2023_COLOR_OK_compressed-3.pdf

JAXA. (2016). *Manual for Re-entry Survivability Anaysis* (JAXA-CAA-109029). Tsukuba, Japón.

NASA. (2021). *Process for limiting orbital debris* (NASA-STD-8719.14C). NASA Technical Standard.

North Atlantic Systems Planning Group. (2024). Operational guidance material for commercial space operations (CSO) in the North Atlantic Region (Doc 013, 1st ed.).

OACI. (2018). Anexo 11: Servicios de tránsito aéreo. Organización de Aviación Civil Internacional. Recuperado de Annex 11 - Air Traffic Services | ICAO Store

Pardini, C., & Anselmo, L. (2013). «Re-entry predictions for uncontrolled satellites: results and challenges». En *Proceedings of the 6th IAASS International Space Safety Conference «Safety is Not an Option»*. ESA SP-715.

Pardini, C., & Anselmo, L. (2018). «Assessing the risk and uncertainty affecting the uncontrolled re-entry of manmade space objects». *Journal of Space Safety Engineering*, 5, 46-62.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Pardini, C., & Anselmo, L. (2021). «The kinetic casualty risk of uncontrolled re-entries». En *Proceedings of the 11th IAASS International Space Safety Conference «Managing Risk in Space»* (pp. 336-346). IAASS.

Patera, R. (2008). «Hazard analysis for uncontrolled space vehicle reentry». *Journal of Spacecraft and Rockets*, 45, 1031-1041.

Revista Ejércitos. (s.f.). «El Ejército del Aire y del Espacio: Una perspectiva pluridimensional». Recuperado de https://www.revistaejercitos.com/articulos/el-ejercito-del-aire-y-del-espacio-una-perspectiva-pluridimensional/

Sánchez Mayorga, J.L. (2022). «El espacio en el actual contexto estratégico». *Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial*, 2 (septiembre). Recuperado de https://aedae-aeroespacial.org/wp-content/uploads/2022/09/Revista-AEDAE_2022_digital-27-09.pdf

SpaceX. (2020). *Falcon user's guide*. Recuperado de https://www.spacex.com/vehicles/falcon-9/

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

EL *COMPLIANCE* COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA EN EL SECTOR AEROESPACIAL

COMPLIANCE AS A STRATEGIC TOOL IN THE AEROSPACE SECTOR

Dña. Silvia Vela Ruiz
https://www.linkedin.com/in/silviavelaruiz
Abogada.
legaireaviacion@gmail.com

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. LA CULTURA DEL *COMPLIANCE* Y SU EVOLUCIÓN JURÍDICA EN ESPAÑA. 3. EL SECTOR AEROESPACIAL COMO ECOSISTEMA REGULATORIO COMPLEJO. 4. RIESGOS PENALES ESPECÍFICOS DEL SECTOR AEROESPACIAL. 5. *COMPLIANCE* Y CONTROL DE EXPORTACIONES EN EL MARCO EUROPEO E INTERNACIONAL. 6. ESTÁNDARES, CERTIFICACIONES Y SISTEMAS DE GESTIÓN. 7. *COMPLIANCE* EN LA CADENA DE SUMINISTRO Y SUBCONTRATISTAS. 8. CULTURA ÉTICA Y FORMACIÓN EN ORGANIZACIONES TECNOLÓGICAS. 9. TENDENCIAS Y RETOS DEL *COMPLIANCE* AEROESPACIAL. 10. CONCLUSIONES. 11. BIBLIOGRAFÍA. 12. NORMATIVA DE REFERENCIA Y ESTANDARES APLICABLES.

Resumen: El sector aeroespacial se enfrenta a desafíos regulatorios cada vez más complejos, derivados tanto de la innovación tecnológica como del refuerzo normativo a nivel nacional e internacional. En este contexto, los programas de cumplimiento normativo *(compliance)* se consolidan como herramientas clave para garantizar la sostenibilidad jurídica, reputacional y operativa de las organizaciones. Este artículo analiza las particularidades del *compliance* en el ámbito aeroespacial, destacando los riesgos específicos, el marco normativo aplicable, los estándares de gestión, las mejores prácticas internacionales y las tendencias regulatorias emergentes. Desde una perspectiva penal, se examinan los delitos más frecuentes en el sector, tales como la corrupción, el fraude, la malversación, la manipulación de precios de mercado, el contrabando o el tráfico de influencias, así como los mecanismos de prevención aplicables. Finalmente, se plantean propuestas de mejora y líneas de investigación futura. El *compliance* constituye un activo estratégico esencial para competir en un entorno globalizado, complejo y tecnológicamente avanzado.

Palabras Clave: *compliance*, sector aeroespacial, aviación, defensa, espacio, responsabilidad penal, exportaciones, certificaciones, delito, sostenibilidad, reputación, riesgo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Abstract: *The aerospace sector faces increasingly complex regulatory challenges, stemming both from technological innovation and from the strengthening of regulations at national and international levels. In this context, compliance programs are consolidating as key tools to ensure the legal, reputational, and operational sustainability of organizations. This article analyzes the particularities of compliance in the aerospace field, highlighting specific risks, the applicable regulatory framework, management standards, international best practices, and emerging regulatory trends. From a criminal law perspective, it examines the most frequent offenses in the sector, such as corruption, fraud, embezzlement, market price manipulation, smuggling, or influence peddling, as well as the applicable prevention mechanisms. Finally, proposals for improvement and lines of future research are outlined. Compliance constitutes an essential strategic asset to compete in a globalized, complex, and technologically advanced environment.*

Key Words: *compliance, aerospace sector, aviation, space, defence, criminal liability, exports, certifications, crime, sustainability, reputation, risk.*

1. INTRODUCCIÓN

El sector aeroespacial representa uno de los ámbitos industriales más complejos, regulados y estratégicos. Su carácter transversal, —que abarca desde la aviación civil y comercial hasta la defensa, la exploración espacial y la tecnología satelital—, la alta inversión en I+D, la participación de múltiples actores internacionales y la sensibilidad de la información que maneja, lo convierten en un entorno especialmente expuesto a riesgos legales, éticos y reputacionales.

En este contexto, el cumplimiento normativo o *compliance* ha dejado de ser una mera herramienta de control interno para convertirse en un elemento esencial de la estrategia empresarial. En particular, el *compliance* penal se presenta como un instrumento clave para prevenir la comisión de delitos en el seno de las organizaciones, garantizar la integridad corporativa y proteger tanto la reputación como la viabilidad operativa de las empresas del sector.

La creciente presión regulatoria, unida a la sensibilidad de los proyectos aeroespaciales —que a menudo implican contratos públicos, transferencia de tecnología, exportaciones de productos de doble uso o colaboración con gobiernos extranjeros—, ha elevado el nivel de exigencia en materia de cumplimiento. Las empresas no solo deben cumplir con la legislación nacional, sino también con marcos normativos internacionales como el Reglamento (UE) 2021/821 sobre productos de doble uso, el régimen estadounidense ITAR (International Traffic in Arms Regulations), o los estándares de la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) y la Agencia Espacial Europea (ESA).

Desde la reforma del Código Penal español en 2010, que introdujo la responsabilidad penal de las personas jurídicas, y su posterior desarrollo en 2015, el *compliance* ha adquirido una dimensión jurídica ineludible. Las organizaciones que operan en sectores de alta exposición, como el aeroespacial, deben contar con modelos de prevención de delitos que no solo sean eficaces, sino también verificables, actualizados y alineados con las mejores prácticas internacionales. La ausencia de estos meca-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

nismos puede derivar en consecuencias graves: sanciones penales, inhabilitaciones para contratar con la administración, exclusión de licitaciones internacionales y, sobre todo, un daño reputacional difícilmente reparable.

Sin embargo, el *compliance* no debe entenderse únicamente como el cumplimiento de una obligación legal o un escudo frente a la responsabilidad penal. En el sector aeroespacial, donde la innovación, la seguridad y la confianza son activos estratégicos, el *compliance* se configura como un factor de competitividad y de sostenibilidad. Las organizaciones que integran una cultura ética sólida, que promueven la transparencia y que gestionan sus riesgos de forma proactiva, están mejor posicionadas para su continuidad, para atraer inversión, establecer alianzas internacionales y participar en proyectos de alto valor añadido.

Esta realidad exige un enfoque integral del *compliance*, que abarque no solo la matriz empresarial, sino también la cadena de suministro, los subcontratistas, los socios tecnológicos y los canales de distribución. Asimismo, requiere una inversión sostenida en formación, tecnología y cultura organizativa, así como una visión estratégica que sitúe el cumplimiento normativo en el centro de la toma de decisiones.

El presente artículo tiene como objetivo analizar el papel del *compliance* penal como herramienta estratégica en el sector aeroespacial, abordando su evolución normativa, los riesgos específicos del sector, los estándares aplicables, y las tendencias que marcarán el futuro del cumplimiento en esta industria clave para la soberanía tecnológica, la seguridad global, y la defensa nacional.

2. LA CULTURA DEL *COMPLIANCE* Y SU EVOLUCIÓN JURÍDICA EN ESPAÑA

Desde la reforma del Código Penal español en 2010, que introdujo la responsabilidad penal de las personas jurídicas, el *compliance* ha evolucionado de forma significativa. La reforma de 2015 estableció los requisitos mínimos de un modelo de prevención eficaz. Esta evolución ha impulsado una cultura de cumplimiento que va más allá de la mera legalidad, integrando principios éticos y de buen gobierno en la gestión empresarial.

La cultura del cumplimiento normativo en España ha experimentado una transformación profunda en las últimas dos décadas, especialmente considerando que se trata de una práctica voluntaria vinculada a la ética empresarial con implicaciones penales directas para las personas jurídicas. Esta evolución ha sido impulsada, principalmente, por las reformas del Código Penal de 2010 y 2015, que introdujeron y desarrollaron el régimen de responsabilidad penal de las empresas.

La reforma de 2010 supuso un punto de inflexión al incorporar por primera vez en el ordenamiento jurídico español la posibilidad de que una persona jurídica pudiera ser penalmente responsable por los delitos cometidos en su seno. Esta novedad obligó a las organizaciones a replantearse su estructura de control interno, ya que la ausencia de mecanismos de prevención podía derivar en consecuencias penales, económicas y reputacionales.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Posteriormente, la reforma de 2015 concretó los requisitos que debe reunir un modelo de prevención eficaz para que la empresa pueda quedar exenta o vea atenuada su responsabilidad penal. Entre estos requisitos se encuentran la identificación de actividades de riesgo, la implantación de protocolos y controles financieros, la existencia de un órgano de supervisión autónomo y la formación continua del personal. Esta normativa sentó las bases para el desarrollo de programas de *compliance* penal en todos los sectores, incluido el aeroespacial, donde los riesgos son especialmente elevados.

Diferentes reformas del código penal en 2019, 2022 y 2023, ampliaron significativamente el alcance de la responsabilidad penal de las personas jurídicas en España, abarcando nuevos delitos, como el delito de terrorismo, delito de acoso sexual laboral, o las conductas de maltrato animal.

La aprobación de la Ley 2/2023, de 20 de febrero, reguladora de la protección de las personas que informen sobre infracciones normativas y de lucha contra la corrupción, ha supuesto un nuevo hito en la consolidación del *compliance* en España. Esta norma, que traspone la Directiva (UE) 2019/1937 del Parlamento Europeo y del Consejo (conocida como Directiva *Whistleblowing*), refuerza la obligación de las organizaciones —tanto públicas como privadas— de contar con sistemas internos de información eficaces, seguros y confidenciales.

La Ley 2/2023 establece que las entidades con más de 50 trabajadores, así como todas las administraciones públicas, deben disponer de un canal interno de denuncias que permita comunicar, de forma segura y anónima si se desea, cualquier infracción del Derecho de la Unión o del ordenamiento jurídico interno que pueda ser constitutiva de delito o infracción administrativa grave o muy grave. Además, impone la obligación de proteger al informante frente a cualquier tipo de represalia, directa o indirecta, lo que refuerza la cultura de transparencia y la detección temprana de irregularidades.

Para el sector aeroespacial, donde la confidencialidad, la seguridad y la integridad de los procesos son fundamentales, esta ley representa una oportunidad para fortalecer los mecanismos de control interno y fomentar una cultura ética sólida. La implementación de canales de denuncia eficaces no solo cumple con la normativa vigente, sino que también permite detectar y corregir desviaciones antes de que se conviertan en riesgos legales o reputacionales.

En definitiva, la evolución jurídica del *compliance* en España ha pasado de la recomendación a la quasi obligación, y de la prevención a la responsabilidad. En un sector tan expuesto como el aeroespacial, es una condición indispensable para operar con seguridad y confianza. Pero, además, el desarrollo normativo ha reconfigurado la forma en que se concibe la imputación penal de las personas jurídicas, desplazando el foco desde la mera comisión de delitos por individuos vinculados a la empresa, hacia la evaluación estructural de sus sistemas de prevención. Como señala Hoyos Duque (2025), el fundamento de la responsabilidad penal corporativa puede residir tanto en la comisión de delitos como en la ausencia o ineficacia de un programa de *compliance*, lo que implica que la imputación penal se articula no solo

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

en torno a hechos delictivos concretos, sino también en torno a la capacidad de la organización para prevenirlos mediante mecanismos adecuados.

3. EL SECTOR AEROESPACIAL COMO ECOSISTEMA REGULATORIO COMPLEJO

El sector aeroespacial, a diferencia de otros sectores industriales, está sujeto simultáneamente a múltiples niveles de regulación: normativa nacional, legislación europea, tratados internacionales, estándares técnicos y requisitos contractuales específicos. Las empresas deben cumplir con regulaciones de seguridad, medioambientales, de defensa, de protección de datos y de comercio internacional.

Adicionalmente, el sector aeroespacial opera en un entorno normativo en constante evolución. Esta complejidad regulatoria no es casual: responde a la naturaleza crítica de las actividades que se desarrollan en este ámbito, muchas de las cuales tienen implicaciones directas en la seguridad nacional, la defensa, la soberanía tecnológica, la protección del medio ambiente y la integridad de los mercados internacionales.

Esta superposición de marcos normativos exige a las organizaciones una capacidad de adaptación jurídica y operativa muy superior a la media, así como una estructura de *compliance* sólida capaz de anticipar, interpretar y aplicar correctamente disposiciones de muy diversa procedencia, además de ser adaptable a un entorno cambiante.

En el plano nacional, las empresas deben cumplir con la legislación española en materia de defensa, contratación pública, protección de datos, prevención del blanqueo de capitales, seguridad industrial, medio ambiente y responsabilidad penal de las personas jurídicas. A ello se suma la normativa sectorial específica, como la Ley 48/1960 sobre Navegación Aérea, el Real Decreto 750/2014 sobre certificación de aeronaves civiles, o la Ley 9/2014 General de Telecomunicaciones, entre otras.

A nivel europeo, destacan los reglamentos y directivas de la Agencia de la Unión Europea para el Programa Espacial (EUSPA) y de la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA), que establecen requisitos técnicos, operativos y de seguridad para aeronaves, operadores, fabricantes y proveedores de servicios. Asimismo, el Reglamento (UE) 2021/821 sobre productos de doble uso impone estrictos controles a la exportación de tecnología sensible, lo que afecta directamente a muchas empresas del sector.

En el plano internacional, el cumplimiento de tratados como el Convenio de Chicago de 1944 (que rige la aviación civil internacional), el Tratado del Espacio Exterior de 1967, o los acuerdos multilaterales sobre control de armamento y no proliferación (como el Régimen de Control de Tecnología de Misiles – MTCR) es indispensable para operar en mercados globales. Además, las empresas que colaboran con socios estadounidenses deben cumplir con regulaciones extraterritoriales como el ITAR (International Traffic in Arms Regulations) y el EAR (Export Administration Regulations), cuya infracción puede acarrear sanciones severas, incluso fuera del territorio de EE. UU.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

A esta maraña normativa se suman los requisitos contractuales impuestos por clientes institucionales —como el Ministerio de Defensa, la Agencia Espacial Europea o la Comisión Europea—, que suelen incluir cláusulas específicas de cumplimiento, integridad, trazabilidad y control de calidad. En muchos casos, el acceso a licitaciones o subvenciones está condicionado a la existencia de un sistema de *compliance* robusto y certificado.

Por tanto, el sector aeroespacial no solo opera en un entorno regulatorio complejo, sino que lo hace bajo un escrutinio constante por parte de autoridades nacionales e internacionales. Esta realidad convierte al *compliance* en una función estratégica, que debe estar integrada en todos los niveles de la organización y contar con recursos suficientes para garantizar su eficacia. La capacidad de navegar este ecosistema normativo con solvencia no solo reduce riesgos legales, sino que también constituye una ventaja competitiva en un mercado globalizado, exigente y altamente tecnificado.

4. RIESGOS PENALES ESPECÍFICOS DEL SECTOR AEROESPACIAL

Entre los riesgos penales destacan la corrupción en la contratación pública, el tráfico de influencias, el blanqueo de capitales, los delitos fiscales, la revelación de secretos y los delitos medioambientales. La identificación y evaluación de estos riesgos es esencial para diseñar controles eficaces y prevenir conductas ilícitas.

Un ejemplo paradigmático de estos riesgos lo constituyen los casos Rolls Royce y Airbus, resueltos mediante acuerdos de enjuiciamiento diferido (Deferred Prosecution Agreements, DPAs) en Reino Unido y EE. UU., evidenciando la dimensión internacional de la corrupción en el sector aeroespacial y la necesidad de cooperación jurídica transnacional (Ontiveros Alonso, Miguel (2021)).

Entre los delitos más relevantes en este ámbito destacan:

(i) Corrupción en la contratación pública: dada la frecuente participación de entidades públicas en proyectos aeroespaciales, tanto a nivel nacional como europeo, existe un riesgo elevado de prácticas corruptas, como el pago de comisiones ilegales, la manipulación de licitaciones o el tráfico de influencias. Estos delitos están tipificados en los artículos 419 a 427 del Código Penal español y pueden acarrear graves consecuencias penales y reputacionales.

(ii) Blanqueo de capitales y financiación del terrorismo: las operaciones internacionales, la complejidad de las estructuras societarias y la participación de jurisdicciones de riesgo pueden facilitar el uso del sector como canal para operaciones ilícitas. La Ley 10/2010 y su reglamento de desarrollo imponen obligaciones estrictas en materia de diligencia debida, identificación del cliente y comunicación de operaciones sospechosas.

(iii) Delitos fiscales y contra la Hacienda Pública: la planificación fiscal agresiva, la facturación falsa o la ocultación de ingresos pueden derivar en delitos tipificados en

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

los artículos 305 y siguientes del Código Penal. En sectores con grandes contratos y operaciones transfronterizas, estos riesgos se ven amplificados.

(iv) Revelación de secretos y apropiación indebida de información confidencial: el desarrollo de tecnología sensible, la participación en programas de defensa o la colaboración con agencias espaciales implica el manejo de información clasificada o protegida. La filtración o uso indebido de esta información puede constituir delito conforme a los artículos 197 y 278 del Código Penal.

(v) Delitos medioambientales: las actividades industriales asociadas a la fabricación de componentes aeroespaciales, o los daños en caso de accidente, pueden generar impactos ambientales significativos. El incumplimiento de la normativa ambiental puede derivar en responsabilidad penal conforme al artículo 325 del Código Penal.

(vi) Manipulación de precios de mercado: en el contexto de licitaciones públicas, adquisiciones estratégicas o fusiones entre grandes actores del sector, pueden producirse prácticas que alteren artificialmente los precios o condiciones del mercado. Estas conductas, que pueden incluir acuerdos colusorios o abuso de posición dominante, están tipificadas en el artículo 284 del Código Penal y pueden ser objeto de sanción tanto penal como administrativa por parte de la CNMC o la Comisión Europea.

(vii) Contrabando y exportación ilícita de tecnología: el comercio internacional de componentes aeroespaciales está sujeto a estrictos controles, especialmente cuando se trata de productos de doble uso o tecnología militar. La exportación sin licencia, la falsificación de documentación o el desvío de productos a destinos no autorizados puede constituir delito de contrabando conforme a la Ley Orgánica 12/1995, de represión del contrabando, y dar lugar a responsabilidad penal de la persona jurídica.

La identificación y evaluación de estos riesgos debe formar parte del mapa de riesgos penal de cualquier organización del sector. Un programa de *compliance* eficaz debe incluir protocolos específicos para cada uno de estos ámbitos, así como mecanismos de detección temprana, canales de denuncia, formación especializada y auditorías periódicas. Solo así es posible garantizar una gestión ética, legal y sostenible de la actividad empresarial en un entorno tan exigente como el aeroespacial.

5. *COMPLIANCE* Y CONTROL DE EXPORTACIONES EN EL MARCO EUROPEO E INTERNACIONAL

El cumplimiento en materia de exportaciones es crítico en el sector aeroespacial, especialmente cuando se trata de productos, tecnologías o servicios que pueden tener un uso dual —civil y militar— o que están sujetos a restricciones por motivos de seguridad nacional, política exterior o prevención de la proliferación de armas. Las normativas como el Reglamento (UE) 2021/821 y los controles del ITAR y EAR en Estados Unidos exigen a las empresas implementar procedimientos rigurosos para evitar sanciones y restricciones comerciales.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En el contexto europeo, el marco normativo principal lo constituye el Reglamento (UE) 2021/821, de 20 de mayo de 2021, por el que se establece un régimen de control de las exportaciones, el corretaje, la asistencia técnica, el tránsito y la transferencia de productos de doble uso. Este reglamento sustituye y refunde el anterior Reglamento (CE) 428/2009, incorporando nuevas exigencias en materia de transparencia, trazabilidad, diligencia debida y evaluación del riesgo de desvío o uso indebido de los productos exportados.

El Reglamento 2021/821 impone a los exportadores la obligación de obtener licencias específicas para la exportación de determinados bienes y tecnologías, especialmente aquellas que puedan ser utilizadas en la fabricación de armas, sistemas de vigilancia, o en actividades que vulneren los derechos humanos. Además, introduce el concepto de «controles basados en el riesgo», que obliga a las empresas a realizar una evaluación proactiva del destino, el uso final y el usuario final de los productos exportados, incluso cuando no estén expresamente incluidos en los anexos del reglamento.

En paralelo, las empresas que operan en mercados internacionales deben tener en cuenta las regulaciones extraterritoriales impuestas por terceros países, especialmente Estados Unidos. El régimen ITAR (International Traffic in Arms Regulations) y el EAR (Export Administration Regulations) regulan la exportación de productos y tecnologías de defensa y de uso dual desde EE. UU., pero también afectan a empresas extranjeras que integren componentes, software o know-how de origen estadounidense en sus productos. El incumplimiento de estas normas puede derivar en sanciones económicas, prohibiciones de exportación, inclusión en listas negras y pérdida de acceso a mercados estratégicos.

Para las organizaciones del sector aeroespacial, esto implica la necesidad de contar con un programa de *compliance* específico en materia de comercio exterior, que incluya:

- Un sistema de clasificación de productos conforme a los códigos de control aplicables (ECCN, CN, TARIC, etc.).
- Procedimientos de verificación del uso final y del usuario final.
- Protocolos de solicitud, gestión y archivo de licencias de exportación.
- Formación especializada para el personal implicado en operaciones internacionales.
- Mecanismos de control interno para evitar el desvío, la reexportación no autorizada o el acceso indebido a tecnología sensible.

Además, el cumplimiento en este ámbito debe estar alineado con otras áreas del *compliance*, como la prevención del blanqueo de capitales, la protección de datos, la ciberseguridad y la integridad contractual. La interconexión de estos riesgos exige una visión holística del cumplimiento, donde el control de exportaciones no se gestione de forma aislada, sino como parte de una estrategia global de integridad corporativa.

En definitiva, el *compliance* en materia de exportaciones además de una exigencia legal, es una condición indispensable para operar en el sector aeroespacial con legitimidad. La correcta implementación de estos controles refuerza la reputación de la organización, reduce su exposición a sanciones y facilita su participación en proyectos colaborativos de alto valor tecnológico.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

6. ESTÁNDARES, CERTIFICACIONES Y SISTEMAS DE GESTIÓN

La adopción de estándares como ISO 37301 (sistemas de gestión de *compliance*), ISO 37001 (anticorrupción) o EN 9100 (ISO9001 de calidad para el sector aeroespacial) refuerza la credibilidad de las organizaciones. Estas certificaciones no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también son valoradas en licitaciones y colaboraciones internacionales.

En el sector aeroespacial, donde la seguridad, la calidad y la trazabilidad son requisitos fundamentales, la adopción de estándares internacionales y sistemas de gestión certificados constituye una herramienta esencial para garantizar el cumplimiento normativo, la eficiencia operativa y la confianza de los stakeholders. Estos estándares no solo facilitan la integración de buenas prácticas, sino que también actúan como elementos de prueba ante posibles responsabilidades penales o contractuales.

Desde la perspectiva del *compliance* penal, destacan especialmente las siguientes normas:

UNE-ISO 37301:2021, sobre sistemas de gestión de cumplimiento normativo *(compliance management systems)*, que establece los requisitos para diseñar, implementar, mantener y mejorar un sistema eficaz de cumplimiento. Esta norma sustituye a la anterior ISO 19600 y se caracteriza por su enfoque basado en riesgos, su estructura adaptable a cualquier tipo de organización y su orientación hacia la mejora continua.

UNE 19601:2017, específica para el contexto español, que recoge los requisitos de los sistemas de gestión de *compliance* penal. Esta norma está alineada con el Código Penal español y con las exigencias jurisprudenciales del Tribunal Supremo, y permite a las organizaciones demostrar que han adoptado medidas razonables para prevenir la comisión de delitos en su seno.

ISO 37001:2016, sobre sistemas de gestión antisoborno, que proporciona un marco para prevenir, detectar y abordar el soborno en todas sus formas. Esta norma es especialmente relevante en el sector aeroespacial, donde la contratación pública, los acuerdos internacionales y la participación en consorcios pueden generar situaciones de riesgo.

En el ámbito específico de la industria aeroespacial, también son fundamentales los estándares de calidad y seguridad técnica, como:

EN 9100, que adapta la ISO 9001 a las exigencias del sector aeroespacial y de defensa. Esta norma es ampliamente utilizada por fabricantes, proveedores y operadores, y establece requisitos rigurosos en materia de trazabilidad, control de procesos, gestión de riesgos y mejora continua.

AS 9110 y AS 9120, que complementan la EN 9100 para organizaciones de mantenimiento y distribución respectivamente, asegurando que los procesos cumplen con los requisitos técnicos y regulatorios del sector.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La certificación conforme a estas normas no solo aporta valor reputacional, sino que también puede ser exigida como requisito de acceso a licitaciones, subvenciones o colaboraciones internacionales. En muchos casos, los clientes institucionales —como la Agencia Espacial Europea (ESA), la Comisión Europea o el Ministerio de Defensa— incluyen cláusulas contractuales que obligan a los proveedores a contar con sistemas de gestión certificados.

Además, estos estándares permiten a las organizaciones integrar el *compliance* en su estructura operativa, facilitando la coordinación entre departamentos, la documentación de procesos, la auditoría interna y la rendición de cuentas.

Pero lo más importante es que la existencia de un sistema de gestión certificado puede servir como elemento eximente o atenuante en caso de procedimientos penales, siempre que se demuestre su eficacia real y no meramente formal.

7. *COMPLIANCE* EN LA CADENA DE SUMINISTRO Y SUBCONTRATISTAS

El cumplimiento debe extenderse a toda la cadena de valor. Las empresas principales son responsables de supervisar que sus proveedores y subcontratistas cumplan con los estándares éticos y legales. Esto implica cláusulas contractuales, auditorías y formación conjunta para garantizar un ecosistema íntegro.

En el sector aeroespacial, la complejidad técnica de los proyectos, la especialización de los procesos y la dimensión internacional de las operaciones hacen que la cadena de suministro y los subcontratistas desempeñen un papel esencial en la ejecución de contratos y la prestación de servicios. Sin embargo, esta interdependencia también genera una exposición significativa a riesgos, que deben ser gestionados mediante políticas de *compliance* sólidas y transversales.

La responsabilidad penal de las personas jurídicas, tal como establece el Código Penal español, no se limita a los actos cometidos directamente por sus administradores o empleados, sino que puede extenderse a conductas realizadas por terceros que actúen en nombre o beneficio de la empresa. Esto incluye a proveedores, contratistas, agentes comerciales y socios tecnológicos. Por tanto, el diseño de un programa de *compliance* eficaz debe contemplar mecanismos de control y supervisión sobre toda la red de colaboradores externos.

Entre los riesgos más frecuentes en la cadena de suministro aeroespacial se encuentran:

- (i) Corrupción y soborno en procesos de contratación, especialmente en países con altos índices de riesgo.
- (ii) Falsificación de certificaciones o documentación técnica, que puede comprometer la seguridad de los productos.
- (iii) Incumplimiento de normativas medioambientales o laborales, con impacto reputacional y legal.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- (iv) Uso de materiales o componentes no autorizados, lo que puede vulnerar regulaciones de exportación o estándares de calidad.
- (v) Participación en prácticas anticompetitivas, como acuerdos de precios o reparto de mercados.

Para mitigar estos riesgos, las organizaciones deben implementar políticas de *compliance* extendido, que incluyan:

- Cláusulas contractuales de cumplimiento normativo, que obliguen a los proveedores a respetar los códigos éticos, las leyes aplicables y los estándares técnicos exigidos.
- Procesos de *due diligence* previos a la contratación, que evalúen la reputación, la solvencia, el historial legal y los sistemas de gestión del proveedor.
- Auditorías periódicas y mecanismos de verificación documental, especialmente en contratos críticos o de larga duración.
- Formación conjunta en *compliance*, ética empresarial y prevención de delitos, dirigida tanto al personal interno como a los colaboradores externos.
- Canales de denuncia accesibles para toda la cadena de valor, que permitan detectar irregularidades de forma temprana.

Por ejemplo, en el contexto de los programas financiados por instituciones europeas o internacionales, como los proyectos de la ESA o los consorcios del programa Horizonte Europa, el cumplimiento normativo de todos los socios es una condición indispensable para la continuidad del proyecto y la recepción de fondos. La falta de diligencia en la selección o supervisión de subcontratistas puede derivar en la exclusión del consorcio, la devolución de subvenciones o incluso en procedimientos penales.

Por tanto, el *compliance* en la cadena de suministro no debe entenderse como una delegación de responsabilidades, sino como una extensión del sistema de integridad corporativa. En el sector aeroespacial, donde la colaboración es la norma y la trazabilidad es crítica, garantizar el cumplimiento normativo en todos los eslabones de la cadena es imprescindible.

8. CULTURA ÉTICA Y FORMACIÓN EN ORGANIZACIONES TECNOLÓGICAS

Fomentar una cultura ética es clave para la eficacia del *compliance*. La formación continua, la comunicación interna y el ejemplo del liderazgo son pilares fundamentales.

En el sector aeroespacial, donde la innovación tecnológica avanza a un ritmo vertiginoso y las decisiones estratégicas suelen implicar altos niveles de complejidad y riesgo —por ejemplo, en el uso de inteligencia artificial, la gestión de datos sensibles o la colaboración con gobiernos extranjeros— la existencia de una cultura ética sólida no es un complemento deseable, sino una necesidad estructural. La eficacia de cualquier programa de *compliance* depende, en última instancia, del comportamiento de las personas que integran la organización. Por ello, fomentar valores

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

como la integridad, la responsabilidad, la transparencia y el respeto a la legalidad debe ser una prioridad transversal.

La cultura ética no se puede imponer ni se limita a la existencia de un código de conducta. Se construye a través de la coherencia entre el discurso y la práctica, del ejemplo que ofrecen los líderes, de la forma en que se gestionan los dilemas éticos y de la capacidad de la organización para escuchar, corregir y aprender. En este sentido, el tono desde la cúpula *(tone at the top)* es determinante: los órganos de administración y la alta dirección deben actuar como referentes éticos, promoviendo activamente el cumplimiento normativo y sancionando cualquier desviación, por leve que sea.

Un pilar fundamental de esta cultura es la formación continua. No basta con una sesión inicial de *onboarding* o con la firma de un código de conducta. El personal debe recibir formación periódica, adaptada a su función, nivel de responsabilidad y exposición al riesgo. Esta formación debe incluir no solo aspectos legales, sino también dilemas éticos reales, análisis de casos prácticos, simulaciones y herramientas para la toma de decisiones responsables.

Además, en un entorno tan regulado y tecnológicamente avanzado como el aeroespacial, la formación debe extenderse a áreas como:

- (i) Control de exportaciones y productos de doble uso.
- (ii) Protección de información clasificada y ciberseguridad.
- (iii) Prevención de conflictos de interés y corrupción.
- (iv) Gestión de denuncias internas y protección del informante.
- (v) Cumplimiento de estándares internacionales y certificaciones.

La formación debe ser evaluable, documentada y actualizada conforme a los cambios normativos y tecnológicos. Asimismo, debe estar integrada en los procesos de recursos humanos, incluyendo la selección, promoción y evaluación del desempeño.

Por último, es esencial que la organización disponga de canales de comunicación abiertos y seguros, que permitan a los empleados plantear dudas éticas, reportar irregularidades o sugerir mejoras sin temor a represalias. La gestión adecuada de estos canales, en línea con lo establecido por la Ley 2/2023, refuerza la confianza interna y permite detectar desviaciones antes de que se conviertan en crisis.

En definitiva, la cultura ética y la formación continua son los cimientos sobre los que se construye un sistema de *compliance* eficaz.

9. TENDENCIAS Y RETOS DEL *COMPLIANCE* AEROESPACIAL

Entre las tendencias destacan la digitalización del *compliance*, el uso de inteligencia artificial para la detección de riesgos y la integración del *compliance* en la estrategia empresarial. Los retos incluyen la gestión de la ciberseguridad, la adaptación a nuevas normativas y la coordinación internacional en proyectos colaborativos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El *compliance* en el sector aeroespacial se encuentra en un proceso de transformación acelerada, impulsado por la digitalización, la globalización de los riesgos, el endurecimiento de los marcos regulatorios y la creciente exigencia de transparencia por parte de clientes, inversores y autoridades. Esta evolución plantea tanto nuevas oportunidades como retos significativos para las organizaciones que operan en este entorno.

(i) Tendencias emergentes

Una de las principales tendencias es la digitalización del *compliance*, que implica el uso de tecnologías avanzadas para automatizar procesos, mejorar la trazabilidad y facilitar la detección temprana de riesgos. Herramientas como la inteligencia artificial, el análisis predictivo, los sistemas de gestión documental y los canales de denuncia digitales están transformando la forma en que se diseñan, implementan y supervisan los programas de cumplimiento.

En paralelo, se observa una creciente integración del *compliance* en la estrategia empresarial, pasando de ser una función reactiva a convertirse en un eje transversal de la toma de decisiones. Las organizaciones más avanzadas están incorporando criterios de cumplimiento en sus procesos de innovación, desarrollo de productos, selección de socios y expansión internacional, lo que les permite anticiparse a los riesgos y operar con mayor seguridad jurídica.

Otra tendencia relevante es la armonización internacional de estándares, especialmente en el ámbito de la defensa, la seguridad y la exportación de tecnología. La convergencia entre normas europeas, estadounidenses y multilaterales está generando un entorno más exigente, pero también más predecible para las empresas que apuestan por la excelencia en cumplimiento.

Asimismo, se está consolidando el enfoque de *compliance* basado en valores, que va más allá del cumplimiento formal de la ley y promueve una cultura organizativa centrada en la ética, la sostenibilidad y el respeto a los derechos humanos. Este enfoque es especialmente relevante en proyectos aeroespaciales con impacto social, medioambiental o geopolítico.

(ii) Retos actuales

A pesar de estos avances, el sector aeroespacial enfrenta importantes desafíos en materia de *compliance*. Uno de los más complejos es la gestión de la ciberseguridad y la protección de datos, especialmente en entornos colaborativos donde se comparten sistemas, plataformas y tecnologías sensibles. La exposición a ciberataques, fugas de información o accesos no autorizados puede comprometer no solo la seguridad operativa, sino también la legalidad de las operaciones.

Otro reto clave es la adaptación a normativas cambiantes, tanto a nivel nacional como internacional. La evolución constante de los marcos regulatorios —como el Reglamento (UE) 2021/821, las actualizaciones del ITAR/EAR o las nuevas directivas sobre sostenibilidad y gobernanza— exige una vigilancia normativa permanente y una capacidad de respuesta ágil por parte de los equipos de *compliance*.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

También persiste la dificultad de coordinar el cumplimiento en proyectos multinacionales, donde participan empresas de distintos países, con diferentes culturas jurídicas y niveles de madurez en *compliance*. La gestión de riesgos transnacionales, la armonización de políticas internas y la supervisión de socios estratégicos son tareas complejas que requieren experiencia, recursos y liderazgo.

Por último, el sector debe afrontar el reto de atraer y retener talento especializado en *compliance*, capaz de combinar conocimientos jurídicos, técnicos y estratégicos. La escasez de profesionales con formación específica en cumplimiento penal, comercio internacional y regulación aeroespacial limita la capacidad de muchas organizaciones para desarrollar programas eficaces y sostenibles.

10. CONCLUSIONES

El *compliance* penal en el sector aeroespacial es una inversión estratégica. Su correcta implementación fortalece la reputación, mejora la competitividad y garantiza la sostenibilidad a largo plazo. En un entorno tan exigente y globalizado, volar alto requiere hacerlo con integridad y responsabilidad.

El *compliance* penal ha dejado de ser una herramienta reactiva para convertirse en un elemento estratégico esencial en el sector aeroespacial. En un entorno caracterizado por la alta regulación, la innovación tecnológica, la colaboración internacional y la sensibilidad de la información manejada, contar con un sistema de cumplimiento normativo eficaz es imprescindible.

A lo largo de este artículo se ha puesto de manifiesto cómo la evolución jurídica en España —desde la reforma del Código Penal hasta la reciente Ley 2/2023— ha consolidado un marco normativo que exige a las organizaciones adoptar una actitud proactiva en la prevención de delitos. Esta exigencia se ve reforzada por la complejidad regulatoria del sector aeroespacial, donde confluyen normas nacionales, europeas e internacionales, así como estándares técnicos y contractuales de alto nivel.

Los riesgos penales específicos del sector —corrupción, contrabando, manipulación de mercado, blanqueo, entre otros— requieren una gestión especializada, basada en mapas de riesgos actualizados, controles internos robustos y una cultura ética transversal. En este sentido, el *compliance* debe extenderse a toda la cadena de suministro, incluyendo subcontratistas, socios tecnológicos y proveedores estratégicos.

Asimismo, la adopción de estándares internacionales como ISO 37301, UNE 19601 o EN 9100 refuerza la credibilidad de las organizaciones y facilita su acceso a mercados globales, además de servir de atenuante o eximente de riesgos penales. La formación continua, el liderazgo ético y la digitalización de los sistemas de cumplimiento son factores clave para garantizar la eficacia de estos programas.

Mirando al futuro, el *compliance* en el sector aeroespacial deberá afrontar retos como la ciberseguridad, la protección de datos, la gestión de riesgos transnacionales y la adaptación a nuevas exigencias regulatorias en materia de sostenibilidad, inteligencia artificial y gobernanza. Superar estos desafíos exigirá una visión estratégica, recursos adecuados y un compromiso firme.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En definitiva, el *compliance* penal no es un fin en sí mismo, sino un medio para construir organizaciones más responsables, resilientes y competitivas. En el sector aeroespacial, donde la excelencia técnica debe ir acompañada de una conducta ejemplar, el cumplimiento normativo es la base sobre la que se construye la confianza, la reputación y el liderazgo a largo plazo.

11. BIBLIOGRAFÍA

Ayala de la Torre, J. M. (2025). «Autoría y participación en el delito de la persona jurídica». *Revista de Derecho de la UNED* (RDUNED), 34. https://revistas.uned.es/index.php/RDUNED/article/view/44317

Ballesteros Sánchez, J., *Compliance empresarial: la labor de empresa más allá de los bienes jurídico-penales. Perspectiva española (Business Compliance: Company's Duties Beyond Legal Goods Protected by Criminal Law. Spanish Perspective)* (July 10, 2020). DERECHO PENAL Y CRIMINOLOGÍA, No. 111, Volumen XLI, JULIO-DICIEMBRE DE 2020, SSRN: https://ssrn.com/abstract=3864486

Blanco Cordero, I. (2023). «Responsabilidad penal de la persona jurídica extranjera por los delitos cometidos en España». *Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología*. https://bdjur.stj.jus.br/server/api/core/bitstreams/cc1231f4-50a3-45e8-b1b1-277427bc0bc2/content

Hoyos Duque, T. (2025). «¿De qué se acusa a la persona jurídica? Relaciones entre responsabilidad penal corporativa, nemo tenetur y compliance». *Nuevo Foro Penal*, 21(104). https://doi.org/10.17230/nfp21.104.7

Ontiveros Alonso, M. (2021). «Los acuerdos de enjuiciamiento diferido como ejemplos de cooperación jurídica internacional: los casos Rolls Royce y Airbus: una oportunidad perdida para España». *Revista General de Derecho Penal*, Iustel.

Osuna Martínez-Boné, F. & Rueda Álvarez, J. C. (2015). «Responsabilidad penal de las personas jurídicas tras la LO 1/2015 y medidas para evitarla: corporate compliance». *La Toga Digital*. https://www.revistalatoga.es/responsabilidad-penal-personas-juridicas/

Rodríguez Domínguez, L. (2021). «Responsabilidad penal de las personas jurídicas. Situación actual en España». *Revista Javeriana de Derecho y Ciencias Sociales*, Universidad de Salamanca. https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/vnijuri/article/download/35419/26966/141884

Vela Ruiz, S. *Tinku.es*. (2024). «Las claves legales para empresas del sector aeroespacial». https://tinku.es/las-claves-legales-para-empresas-del-sector-aeroespacial/

VLex España. (2016). «Cuestiones fundamentales de la responsabilidad penal de las personas jurídicas y los programas de cumplimiento normativo (compliance)». https://vlex.es/vid/cuestiones-fundamentales-responsabilidad-penal-772395973

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

12. NORMATIVA DE REFERENCIA Y ESTÁNDARES APLICABLES

(i) Normativa española

- Código Penal español (Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre), artículo 31 bis.
- Ley 2/2023, de 20 de febrero, sobre protección de informantes y lucha contra la corrupción.
- Ley 10/2010, de 28 de abril, de prevención del blanqueo de capitales y financiación del terrorismo.
- Ley Orgánica 3/2018, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales (LOPDGDD).
- Ley 9/2017, de Contratos del Sector Público.
- Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea.
- Ley 48/1960, de Navegación Aérea.
- Real Decreto 750/2014, sobre procedimientos de certificación de productos aeronáuticos.
- Ley 24/2011, de contratos del sector público en defensa y seguridad.
- Real Decreto 1512/2018, Reglamento de la AESA.
- Real Decreto 1036/2017, sobre utilización civil de aeronaves pilotadas por control remoto.
- Real Decreto 664/1999, régimen de control de exportaciones de material de defensa y doble uso (Trade Control).

(ii) Normativa europea

- Reglamento (UE) 2018/1139, sobre normas comunes en aviación civil y EASA.
- Reglamento Delegado (UE) 2019/945 y Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 sobre UAS.
- Directiva (UE) 2019/1937, protección de informantes (Whistleblowing Directive).
- Directiva (UE) 2014/24, sobre contratación pública.
- Directiva (UE) 2014/25, sobre sectores especiales.
- Reglamento (UE) 2021/821, sobre control de exportaciones y productos de doble uso.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- Reglamento (UE) 2024/1157, sobre debida diligencia en sostenibilidad corporativa (CSDDD).
- Reglamento (UE) 2023/2854, Cyber Resilience Act.

(iii) Normativa internacional

- Convenio de Chicago de 1944 y sus Anexos (OACI).
- Convenio de Montreal de 1999.
- Convención de Naciones Unidas contra la Corrupción (UNCAC, 2003).
- Convención OCDE sobre Soborno de Funcionarios Públicos Extranjeros (1997).
- Convenio de Budapest sobre ciberdelincuencia (2001).
- Normas OTAN (STANAG).
- ITAR (International Traffic in Arms Regulations, EE. UU.).
- EAR (Export Administration Regulations, EE. UU.).

(iv) Normas y estándares de gestión

- ISO 37001:2016, sistemas de gestión antisoborno.
- ISO 37301:2021, sistemas de gestión de *compliance*.
- ISO 31000:2018, gestión de riesgos.
- ISO/IEC 27001:2022, seguridad de la información.
- Principios Rectores de Naciones Unidas sobre Empresas y Derechos Humanos (2011).
- Directrices de la OCDE para Empresas Multinacionales (actualizadas 2023).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

INECO, A BORDO DE LA MOVILIDAD AÉREA DEL FUTURO

INECO, ON BOARD THE FUTURE OF AIR MOBILITY

Dra. María Eva Ramírez Rodríguez, D. Antonio Águila Martínez-Casariego, D. Ernesto de la Fuente Cantarino, Dña. Marta Gabaldón Hontana

https://www.linkedin.com/in/maria-eva-ramirez/
Space Consultant and Project Manager
eva.ramirez@ineco.com / ORCID: 0009-0003-9040-8711

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. INECO Y LA TRANSFORMACIÓN DE LA MOVILIDAD. 2.1. Infraestructura aeroportuaria: diseño, expansión y modernización. 2.2. Navegación Aérea: digitalización, eficiencia y seguridad. 2.2.1. Un espacio aéreo cada vez más congestionado. 2.2.2. U-Space y movilidad aérea innovadora. 3. EL ESPACIO COMO NUEVA FRONTERA. 3.1. Adaptabilidad de procesos de innovación. 3.2. Ineco y el Espacio: Tecnología, Seguridad, y Futuro. 4. RETOS Y OPORTUNIDADES. 5. CONCLUSIONES. 6. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: El sector aeroespacial está experimentado un proceso de transformación acelerado, impulsado por el desarrollo de nuevas tecnologías, la aparición de alternativas de transporte innovadoras y la implementación de directrices orientadas a la sostenibilidad, la eficiencia y la protección del medio ambiente. Los vehículos aéreos no tripulados, tales como los drones o las nuevas plataformas de alta altitud, comparten espacio con operaciones aéreas convencionales, lo que requiere unos procedimientos de integración particulares. Este nuevo escenario plantea múltiples retos, tanto en términos de adaptación a las necesidades emergentes como de cumplimiento de criterios, normativas y procedimientos vigentes. Ineco, como consultora especializada en transporte, ha participado y participa activamente en el desarrollo de estos nuevos modelos de movilidad y en la evaluación de su impacto en el ecosistema actual. En este artículo se analiza el papel de Ineco en este contexto, identificando los principales desafíos y explorando las oportunidades que se presentan de cara al futuro.

Palabras Clave: vertipuertos, estratopuertos, puertos espaciales, Ineco, movilidad aérea, HAO.

Abstract: *In recent years, the aerospace sector has undergone an accelerated transformation, driven by the development of new technologies, the emergence of innovative transportation alternatives, and the implementation of guidelines focused on sustainability, efficiency, and environmental protection. The Unmanned Aerial Vehicle, such as drones or*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

the new high-altitude platforms, share airspace with conventional operations, requiring specific integration procedures. This new scenario presents multiple challenges, both in terms of adapting to emerging needs and complying with existing criteria, regulations, and procedures. Ineco, as a transport consultancy, has been actively involved in the development of these new mobility models and in assessing their impact on the current ecosystem. This article examines Ineco's role in this context, identifying the main challenges and exploring the opportunities that lie ahead.

Key Words**:** *vertiports, stratoports, space ports, Ineco, air mobility, HAO.*

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el sector espacial está viviendo una revolución, con la presencia de nuevos actores privados sobre el tablero de juego que están dinamizando y agilizando la manera con la que hasta ahora se afrontaban los retos en el espacio aéreo. Uno de ellos es el desarrollo de tecnologías relacionadas con los vuelos estratosféricos y las plataformas HAPS *(High-Altitude Platform System/High Altitude Pseudo Satellite)*, que está experimentando un impulso importante. Estas plataformas, ubicadas en la estratosfera, se están consolidando como una alternativa intermedia entre los satélites y los drones, ofreciendo aplicaciones en comunicaciones, observación terrestre, control fronterizo y emergencias, y siendo claves para el desarrollo de tecnologías duales. Desde Europa se están impulsando ensayos, programas de investigación, y numerosas iniciativas públicas y privadas para consolidar el uso de estas tecnologías, y se trabaja para fortalecer las infraestructuras que puedan actuar como bases de lanzamiento, tanto para vuelos estratosféricos como para actividades espaciales comerciales. Si bien es cierto que actualmente las Operaciones de baja altitud (LLO) están más consolidadas, se espera que las solicitudes de vuelo de HAPS sigan aumentando, y con ello, la experiencia y el conocimiento de estas se vean ampliado en los próximos años, dando lugar a un área de actividad específica.

Ineco, empresa pública referente de ingeniería y consultoría, es un actor clave en el desarrollo de soluciones tecnológicas para la movilidad sostenible. Con más de 55 años de experiencia y presencia en más de 50 países, Ineco está presente en todos los sectores del transporte, desempeñando un papel clave en la planificación, diseño, ejecución, puesta en servicio y mantenimiento de las principales infraestructuras de transporte de España y también fuera de ella. Su accionariado está compuesto por entidades públicas responsables de la gestión de los complejos sistemas de transporte en España: ENAIRE (45,85 %), proveedor nacional de servicios de navegación aérea y actor relevante en la integración de los nuevos modos de movilidad aérea, ADIF (20,69 %), gestor de la infraestructura ferroviaria; ADIF Alta Velocidad (20,68 %), gestor de la infraestructura ferroviaria de alta velocidad; Renfe Operadora (12,78 %), operador ferroviario nacional; y, por su propia naturaleza, Ineco es pionera en la adopción de nuevas tecnologías a los distintos sectores del transporte, reafirmando así su compromiso con la innovación en sectores estratégicos como el transporte aéreo, la gestión del espacio aéreo y la digitalización de infraestructuras.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Gracias a su dilatada experiencia en diseño del espacio aéreo, a sus capacidades en el uso de servicios y aplicaciones basadas en programas espaciales como Galileo, EGNOS, Copernicus o SST *(Space Surveillance and Tracking)* y a su relación con entidades del sector como Enaire, AESA, DGAC, INTA, MITMS o AEE, Ineco está preparada para aportar soluciones en el ámbito de los estratopuertos y las operaciones HAO *(Higher Airspace Operations)*.

2. INECO Y LA TRANSFORMACIÓN DE LA MOVILIDAD AÉREA

La actividad de Ineco en lo que respecta a la movilidad aérea, se estructura en tres pilares, relacionados con infraestructuras aeroportuarias, navegación aérea convencional e innovadora, y espacio.

2.1. Infraestructura aeroportuaria: diseño, expansión y modernización

La planificación y gestión de infraestructuras aeroportuarias constituye un eje estratégico en la movilidad global. Los nuevos retos en movilidad se traducen en nuevas necesidades en las infraestructuras existentes, y muchas requieren una modernización para adecuarse a los nuevos escenarios. Ineco, con un conocimiento técnico profundo en análisis, diseño e implantación de soluciones, y con capacidad de adaptación a normativas locales e internacionales, ha trabajado en las siguientes líneas de actuación, que han permitido desarrollar metodologías extrapolables a distintos contextos geográficos y regulatorios:

- Estudios de planificación y diseño en aeropuertos de alta complejidad operativa: Casablanca, Heathrow, los doce aeropuertos mexicanos de la red de GAP (Grupo Aeroportuario del Pacífico) y el nuevo aeropuerto de Kastelli en Grecia.
- Ampliación de infraestructuras en entornos con alta demanda de tráfico aéreo, como las ampliaciones de aeropuertos: Fujairah, (en Emiratos Árabes), Kuwait, Lima, Schiphol, Abu Dabi, o el aeropuerto de Newark.
- Modernización de terminales en los aeropuertos de Cali, Cartagena de Indias, Chiclayo, Costa Rica, el Dorado o Montego Bay.
- Puesta en explotación de sistemas de gestión aeroportuaria en Barcelona, Madrid y Málaga, así como en países en desarrollo.
- Contribución a planes nacionales de infraestructura aeroportuaria, con énfasis en la sostenibilidad y la resiliencia, como es el caso de Nepal y los aeropuertos de Colombia, Panamá, Costa Rica, Argelia, Egipto.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.2. Navegación aérea: digitalización, eficiencia y seguridad

2.2.1. Un espacio aéreo cada vez más congestionado

La navegación aérea se enfrenta al reto de gestionar un espacio aéreo cada vez más congestionado, sin comprometer los estándares que garanticen la eficiencia y la seguridad en vuelo. Ineco ha participado en la organización del espacio aéreo español realizando el diseño de los procedimientos de vuelo que conectan todos los aeropuertos del territorio nacional con diferentes puntos. También ha dado apoyo en la gestión operativa del espacio aéreo y en la digitalización de sistemas CNS *(Communication, Navigation, Surveillance)*.

Las principales líneas de innovación incluyen:

- Diseño de procedimientos de vuelo y reorganización del espacio aéreo, con aplicación en múltiples regiones del mundo.
- Mejora de la gestión operativa de torres y centros de control, con introducción de nuevas tecnologías como A-CDM *(Airport Collaborative Decision Making)*, A-SMGCS *(Advanced Surface Movement Guidance and Control System)*.
- La introducción de tecnología GNSS *(Global Navigation Satellite System)* para mejorar la precisión y fiabilidad de las operaciones.
- El desarrollo de sistemas avanzados de control de tráfico aéreo como SACTA o ICARO ([3]), o el sistema de comunicación por voz COMETA.
- El desarrollo de plataformas de gestión automatizada y simulaciones radioeléctricas para evaluar el impacto en sistemas CNS.
- La digitalización de las comunicaciones aeronáuticas, con el objetivo de mejorar la interoperabilidad y la eficiencia operativa, con la participación en el programa SESAR *(Single European Sky ATM Research)*, un proyecto de la Comunidad Europea para el desarrollo e implantación del futuro sistema común de gestión del tráfico aéreo, y que tiene como objetivo la implantación de una red de gestión del tráfico aéreo ATM europea con altas prestaciones. En el marco de este programa se desarrolla, tecnológica y operacionalmente, el futuro sistema de gestión de tráfico aéreo europeo ([4]).

2.2.2. *U-Space* y movilidad aérea innovadora

El concepto *U-space* ([1]) representa un conjunto de servicios y procedimientos basados en un alto nivel de digitalización y automatización de funciones con el objetivo de proporcionar, de forma regulada y coordinada en Europa, un acceso seguro y eficiente al espacio aéreo a un gran número de UAS (*Unmanned Aircraft System*), así como su convivencia con aeronaves tripuladas en determinados espacios aéreos. Es obvio que la integración segura, protegida y eficiente de los UAS en el espacio aéreo requiere la introducción de normas y procedimientos especí-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ficos adicionales con un alto grado de automatización y digitalización facilitando al mismo tiempo la libre circulación de los servicios vinculados a los UAS y de los proveedores de servicios en la Unión.

Ineco ha participado en varios proyectos relacionados con la integración y operación de drones, tales como DACUS[1]; desarrollando un modelo de capacidad-demanda para U-Space identificando la máxima capacidad teniendo en cuenta el riesgo de colisión, AURA[2], integrando ATM y U-Space analizando aspectos de seguridad y de factor humano, AMU-LED[3]; que tiene como objetivo demostrar la integración segura de todo tipo de operaciones de drones en entornos urbanos para lograr ciudades más sostenibles e inteligentes, y el proyecto TERRA[4], que engloba la definición de requisitos operacionales y funcionales, el análisis de la aplicabilidad de tecnologías CNS/ATM, una propuesta de arquitectura, y una prueba de concepto, con el fin de posibilitar operaciones complejas de drones con un elevado nivel de automatización en todo tipo de ambientes operacionales, incluidas las áreas urbanas.

Otros proyectos como DOMUS o recientemente U-Elcome, han posicionado y permitido a Ineco adquirir un conocimiento del sector dron para que pueda proporcionar asesoramiento a entidades como EASA, Enaire, AESA o DGAC en esta materia.

Por otra parte, Ineco ha impulsado la creación de la primera asociación de movilidad aérea innovadora en España, el clúster SIAM *(Spanish Innovative Air Mobility*), que ha permitido integrar y representar las necesidades del sector de los servicios aéreos innovadores ante organismos gubernamentales españoles y europeos, así como fomentar el desarrollo tecnológico a través de la colaboración entre centros de investigación, el tejido productivo, empresas del sector y administraciones públicas. Este foro también persigue fomentar la dotación de infraestructuras que permitan operar vehículos autónomos en el entorno urbano. La creación de SIAM ha facilitado la entrada de la innovación en el mercado aéreo a través de la colaboración en la creación de nuevos modelos de negocio.

Las reuniones y discusiones de este grupo han dado lugar al Libro Blanco sobre Vertipuertos de SIAM ([2]), que describe un marco estratégico para el desarrollo y la integración de vertipuertos en el contexto de la Movilidad Aérea Innovadora (IAM), incluyendo la Movilidad Aérea Urbana y Regional. Explora las dimensiones técnicas, regulatorias, económicas y sociales de los vertipuertos, destacando el papel de las aeronaves VTOL *(Vertical Take-Off and Landing)* en la transformación del transporte urbano. El documento destaca la importancia de la colaboración público-privada, la regulación adaptable y la aceptación social, y presenta un análisis detallado del diseño de infraestructuras, la integración del espacio aéreo, el impacto ambiental y los modelos de negocio. Incluye además una propuesta de hoja de ruta para guiar la implementación, y posiciona a España como un potencial líder en infraestructuras de movilidad aérea sostenibles y avanzadas.

1 *https://www.sesarju.eu/projects/dacus*

2 *https://www.eurocontrol.int/project/air-traffic-management-u-space-project*

3 *https://www.ineco.com/ineco/proyectos/amu-led*

4 *https://www.ineco.com/ineco/proyectos/terra-investigacion-europea-sobre-drones*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3. EL ESPACIO COMO NUEVA FRONTERA

El espacio aéreo superior (por encima de FL550) ya no es exclusivo de cohetes espaciales, vehículos militares o misiones gubernamentales, sino que alberga una gama cada vez mayor de vehículos, incluyendo globos, plataformas de gran altitud (HAPS) y aeronaves supersónicas e hipersónicas. Hoy en día, las misiones abarcan un amplio espectro, desde soluciones para mejorar la conectividad y la vigilancia hasta el transporte de pasajeros y los servicios satelitales. Esto requiere contar con vehículos espaciales con capacidades operativas muy diferentes, lo que plantea un nuevo reto para la gestión del espacio aéreo y el tráfico espacial. El fuerte desarrollo tecnológico espacial que ha acontecido en los últimos años, la llegada del *New Space* y la necesidad de los países de contar con soberanía propia para lanzamientos espaciales en el hostil clima internacional actual, han provocada la aceleración en el desarrollo de las capacidades espaciales, sin el que no se concibe el transporte en el futuro. Esto ha motivado la puesta en marcha de nuevas infraestructuras y la creación de espacio puertos de manera global.

En España, el ecosistema actual es especialmente propicio para el desarrollo y operación de infraestructuras que cubran las nuevas necesidades que la evolución del sector transporte conlleva. La creación de la Agencia Espacial Española en 2023 ha motivado la activación por parte de numerosas administraciones de potentes iniciativas relacionadas con la industria, la infraestructura y la tecnología aeroespacial, intensificando los estudios, informes y acciones de promoción exterior como destino de inversiones en el sector.

Las localizaciones de estos *estrato/espacio-puertos*, además de ser estratégicas para la seguridad de la nación, tienen como requisitos técnicos el estar alejados de zonas habitadas y de nodos importantes de tráfico aéreo para minimizar los riesgos en caso de incidente durante los lanzamientos, cercanía al mar, ubicación cercana al Ecuador, y la ausencia de vientos en las capas altas, al mismo tiempo que se asegura una infraestructura de transporte tal que permita el fácil acceso a las mismas y un ecosistema de empresas y centros de investigación que aporten la capacidad necesaria. Como parte de estas infraestructuras, cabe destacar el Estratopuerto de Teruel o el de Fuerteventura (Canarias Stratoport for HAPS & UAS), que ya se encuentran operativos, así como el Centro de Vuelos Experimentales ATLAS, en Jaén, que constituye el primer centro de vuelos civil de España dedicado íntegramente a la experimentación de tecnologías y sistemas de aviones no tripulados UAS.

Santa María (en las Islas Azores) se está postulando como un estratopuerto de referencia para Europa, por lo que las iniciativas españolas, que cumplen todos los requisitos y tienen operadores establecidos como Elson Space España o SCEYE, deberían recibir el apoyo institucional adecuado para consolidar su liderazgo.

Además, las actividades de empresas como GMV, B2SPACE, SCEYE, ELSON SPACE España, smartHAPS y la presencia de actores internacionales como Thales Alenia Space y Skydweller, conforma un ecosistema creciente junto con Airbus, Aerovironment o Prismatic (BAE Systems).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Por otro lado, Centros de investigación como UC3M, U. Córdoba y CATEC, junto con el potencial de INTA, aportan capacidad de I+D, apoyados por financiación regional, nacional (PERTE Aeroespacial) y europea (NextGenerationEU, FEDER, ESA).

Por último, la naturaleza dual de estos vehículos e infraestructuras les confiere un carácter esencial en el complejo escenario geopolítico que afrontamos. Este doble uso se refiere a tecnologías o bienes que tienen o pueden ser susceptibles de tener aplicaciones tanto civiles como militares. En el ámbito espacial, este término es particularmente relevante, ya que muchas de las tecnologías desarrolladas para fines pacíficos pueden ser utilizadas de forma simultánea o directamente con fines militares, y viceversa.

La pugna entre las potencias por dominar el espacio también está directamente relacionada con mantener su hegemonía en el sistema internacional. Cada una busca asegurar el dominio defensivo de que, en caso de conflicto, pueda neutralizar la capacidad de mando, control, comunicaciones, inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR) de su adversario. Sin satélites operativos, la defensa de cualquier nación se ve gravemente mermada frente a las armas de precisión, como actualmente ha ocurrido en el conflicto de Rusia con Ucrania y la criticidad de las redes de comunicaciones satelitales suministradas por proveedores privados y no gubernamentales. Esta realidad refuerza la premisa de que quien controle el espacio exterior tendrá una ventaja crucial en cualquier conflicto en la Tierra.

3.1. Adaptabilidad de procesos e innovación

Ineco, como parte de la asistencia técnica que presta al Departamento de Coordinación Operativa (COOP) de ENAIRE, participa activamente en numerosas iniciativas y aspectos operacionales para la integración de estos vuelos de una manera segura, adaptativa e innovadora:

- En ECHO2, el programa europeo dentro de SESAR para dar apoyo a ENAIRE en la definición del concepto de operaciones de los vuelos estratosféricos incluyendo, como parte de las operaciones, un módulo para la monitorización en tiempo real de lanzamientos espaciales y procedimientos de integración operativa terrestre y aire-tierra.
- En la integración de *New Entrants* en España.
- Como punto de contacto en el Estratopuerto del Parque Tecnológico de Fuerteventura (PTF), desde donde se están impulsando proyectos aeronáuticos y aeroespaciales que aprovechen el potencial de la isla.
- En el apoyo a la Coordinación de las operaciones y solicitudes HAO desde el Centro de Vuelos Experimentales de Villacarrillo (Jaén) desde 2022. Hasta la fecha, se han coordinado unas 34 solicitudes para operar desde este centro. Estas solicitudes corresponden mayormente a globos medianos y pesados estratosféricos, y un avión solar. Este año 2025, se han coordinado 7 solicitudes. Hay varias en camino y se espera un incremento notable dado el inicio de actividad de los estratopuertos de Teruel y de Fuerteventura.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.2. Ineco y el espacio: tecnología, seguridad y futuro

Ineco desempeña un papel destacado en el sector espacial europeo a través de tres líneas principales de actuación:

- Gestión de operaciones: Ineco gestiona la operación, el mantenimiento de primer nivel y los servicios de alojamiento del Centro de Servicios GNSS Europeo (GSC), garantizando la fiabilidad y continuidad de los servicios de navegación por satélite.
- Aplicación de tecnologías basadas en el espacio al transporte y las infraestructuras, con proyectos para EUSPA, ESA y EC como ACCEPTA, FilGAPP, GRAIL, EGUS, ERSAT GGC, RAILGAP los Centros de Información de Galileo (GIC) en Brasil y Méjico y zona del Caribe, GATE4Rail, etc., para facilitar la llegada de esta tecnología y fomentar el desarrollo de soluciones y aplicaciones para un gran número de sectores apoyando proyectos complejos. Además, participa en estudios de mercado, iniciativas regulatorias (EGNOS, Galileo), actividades de observación terrestre con Copernicus y programas de Conciencia Situacional Espacial, incluyendo la vigilancia espacial (SST).
- Consultoría técnica especializada a las Administraciones y otros organismos públicos tales como ENAIRE, Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible, o la Agencia Espacial Española (AEE), en todos los componentes del Programa espacial europeo Galileo, EGNOS, Copernicus, Secure SATCOM y SST *(Space Surveillance and Tracking)*.

4. RETOS Y OPORTUNIDADES

La consolidación del concepto de operación en el espacio aéreo superior es un reto en sí mismo. Aunque en los últimos años el número de este tipo operaciones se ha visto incrementado en España, y a pesar de la disponibilidad actual de infraestructuras destinadas a estos operadores como son el estratopuerto de Fuerteventura y el estratopuerto de Teruel, el concepto de operación aún está en sus primeras fases.

España, debido principalmente a su situación geográfica estratégica y a las buenas condiciones climatológicas, lidera el puesto para el despegue de todas estas operaciones en la Europa continental. Sin embargo, aún quedan muchas cosas por hacer, como establecer escenarios seguros y eficientes, determinar y mitigar las afecciones de dichas operaciones, determinar procedimientos de coordinación entre el ATM y los nuevos entrantes y más temas que tendrá que cubrir la regulación, EASA ya está trabajando en un draft que se espera para finales de 2027 *«HAO EU Regulatory Framework»*.

Es fundamental que la introducción de estas operaciones se haga de manera coordinada con la gestión del tráfico aéreo, con procedimientos y escenarios seguros para su integración en el espacio aéreo de manera que se minimice el impacto sobre el mismo, creando áreas de ascenso/descenso y corredores de conexión con estratopuertos. Esta nueva forma de gestión requerirá nuevas estrategias en cuanto al método de comunicaciones y seguimiento del vehículo, así como a los proveedores de servicios necesarios para implementarlo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Existen numerosos tipos de vehículos que podrán realizar operaciones HAO, (del orden de 27 categorías) de vehículos: tripulados o no tripulados con diversos perfiles de vuelo, como globos, dirigibles, aviones supersónicos/hipersónicos, vehículos suborbitales, reentrada de vehículos, cohetes de sondeo, etc. y cada uno de ellos requiere un procedimiento específico para su operación (ver Figura 1), y unas condiciones climatológicas y atmosféricas particulares. Será necesario adaptar los procedimientos a las nuevas normativas europeas (EASA), así como una coordinación civil y militar, especialmente relevante debido al uso dual del espacio y de estas naves.

Es necesario además evaluar las consecuencias de estas operaciones sobre el medio ambiente y la sostenibilidad de estos vuelos.

El crecimiento de estas operaciones HAO ha sido tan acelerado que muchos de los *New Entrants* y partes interesadas aún no son conocedoras de la normativa, la regulación o los procedimientos que tienen que seguir, lo que supone una barrera importante a la hora de entrar en el sector de manera efectiva.

Ineco ofrece su experiencia y capacidad para apoyar en la definición del marco regulatorio, en la realización de estudios para la selección de ubicación para los lanzamientos a la estratosfera y reentradas (definición pasillos aéreos), definición de procedimientos operativos específicos, análisis de necesidades operativas especiales, tramitación de solicitudes de lanzamiento, coordinación con aviación comercial, estrategia de gestión y control de operaciones en espacio cercano (entre espacio aéreo y exterior).

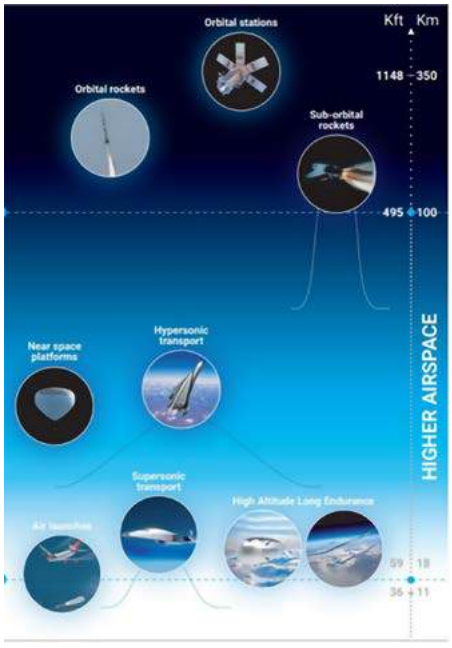


Figura 1: Tipos de operaciones en el espacio aéreo superior (fuente: [6]).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

5. CONCLUSIONES

La movilidad aérea y espacial vive un momento especialmente interesante gracias a las nuevas tecnologías y a la aparición de nuevos modelos de transporte que están cambiando el escenario de las operaciones convencionales. Tal es el caso de los pseudosatélites y las plataformas de alta altitud, que irrumpen como una alternativa más flexible, fácil de desplegar y mantener que los satélites convencionales, lo que se traduce, entre otras cosas, en menores costes operativos.

Ineco es testigo directo de esta transformación. Siendo referente en la consultoría para el transporte, está presente en el diseño, expansión y modernización de infraestructuras, en el desarrollo de la navegación y la movilidad aéreas innovadora, así como en la adaptabilidad de procesos participando, como parte de la asistencia técnica que presta al Departamento de Coordinación Operativa de ENAIRE, en numerosas iniciativas y aspectos operacionales para la integración de vuelos suborbitales de una manera integrada.

Los desafíos que se plantean ante este nuevo escenario abren la puerta a múltiples oportunidades de innovación y desarrollo: la definición de un marco regulatorio, los estudios para seleccionar ubicaciones de lanzamientos a la estratosfera y reentradas, el diseño de nuevos procedimientos operativos, o el análisis de necesidades específicas, son sólo algunos ejemplos de aspectos que aún deben ser consolidados. Ineco, gracias a su experiencia y capacidad, se presenta como actor clave y parte activa en la construcción de estos nuevos modelos de movilidad aérea y espacial.

6. BIBLIOGRAFÍA

[1] «U-SPACE y el rol de ENAIRE» https://www.enaire.es/servicios/drones/todo_lo_necesario_para_volar_tu_dron/uspace_y_el_rol_de_enaire

[2] SIAM. *Libro Blanco de Vertipuertos*. Edición Digital 1.2. febrero 2025

[3] «Implantación de los Sistemas SACTA, ÍCARO Y COMETA». https://www.ineco.com/ineco/proyectos/implantacion-de-los-sistemas-sacta-icaro-y-cometa

[4] SESAR: Delivery the Digital Europena Sky. https://www.sesarju.eu/

[5] ECHO 2- European Concept for Higher Altitude Operations Phase 2: Towards the integration between Air Traffic Management and Higher Altitude Operations. https://www.sesarju.eu/projects/ECHO2

[6] E. Echo Project, «European Higher Airspace. Principles and Assumptions», Mar. 2021. https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-06/eurocontrol-echo-principles-assumptions.pdf

[7] Díaz Díaz, E., «Doble uso civil y militar en el ámbito espacial: un análisis desde la legislación de España y Europa», *Anuario Jurídico Secciones del ICAM 2025*, pp. 61-75, Editorial SEPIN 2025.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

EL AEROPUERTO DE TERUEL EN LA VANGUARDIA TECNOLÓGICA: ENSAYOS Y EXPERIMENTACIÓN EN EL SECTOR AEROESPACIAL

TERUEL AIRPORT AT THE FOREFRONT OF TECHNOLOGY: AEROSPACE TESTING AND EXPERIMENTATION

Dr. Alejandro Ibrahim Perera
Director General del Aeropuerto de Teruel
Presidente de AERA

Dña. Inés Villa Martínez
Directora de AERA

Sumario: 0. RESUMEN EJECUTIVO. 1.INTRODUCCIÓN. 2. EL PAPEL DE LOS ENSAYOS EN EL DESARROLLO AEROESPACIAL. 2.1 Tipos de ensayos físicos. 2.1.1 Ensayos estructurales. 2.1.2 Ensayos ambientales. 2.1.3 Ensayos de propulsión. 2.1.4 Ensayos de compatibilidad electromagnética (EMC). 2.1.5 Vuelos de prueba. 3. EVOLUCIÓN DEL AEROPUERTO DE TERUEL. 3.1 Breve historia y reconversión como plataforma de industria aeroespacial. 3.2 Modelo de gestión. 3.3 Análisis de las ventajas estratégicas y logísticas de la localización. 4.CLÚSTER AERA COMO COHESIÓN DEL SECTOR. 4.1 Estructura. 4.2 Objetivo. 5. EL CASO DE PLD SPACE Y SU IMPACTO. 5.1 PLD Space y el Aeropuerto de Teruel. 5.2 Ensayos Miura 1. 5.3 Ensayos Miura 5. 6. CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS. 7. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: En este artículo se analiza el papel estratégico del Aeropuerto de Teruel como infraestructura clave para ensayos y desarrollo tecnológico en el sector aeroespacial. Se destaca cómo el aeropuerto, gracias a sus condiciones geográficas y operativas, se ha convertido en un centro de referencia para pruebas de motores y lanzadores espaciales, operadores de vuelos estratosféricos de ala fija y dirigibles, así como innovación aeronáutica con mantenimiento, estacionamiento y reciclado de aviones. Además, se examina la función del Clúster Aeronáutico, Espacial y Defensa de Aragón, AERA, en la cohesión y dinamización del sector aeroespacial en Aragón, impulsando la innovación

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

y la colaboración público-privada. Se profundiza también en el impacto de PLD Space, cuyos proyectos Miura 1 y Miura 5 han posicionado a Teruel como un nodo esencial para la autonomía y competitividad tecnológica europea en el ámbito espacial.

Palabras clave: Aeropuerto de Teruel, ensayos aeroespaciales, lanzadores ligeros, AERA Clúster, PLD Space, propulsión espacial, innovación tecnológica, autonomía estratégica europea, HAPS.

Abstract: *This article evaluates Teruel Airport's critical role as a specialized test facility within the aerospace industry, emphasizing its favorable geographic, regulatory, and infrastructural attributes that enable complex propulsion and launcher subsystem validation, fixed-wing and airship stratospheric flight operations, as well as aeronautical innovation with aircraft maintenance, parking and recycling. It also details the role of the Aragon Aeronautical, Space and Defense Cluster (AERA) in the cohesion and revitalization of the aerospace sector in Aragon, promoting innovation and public-private collaboration. Furthermore, the article examines PLD Space's contribution through its Miura 1 and Miura 5 launch vehicle programs, which leverage Teruel's capabilities to advance Europe's strategic autonomy in space launch systems and reinforce the region's competitive positioning in the global aerospace landscape.*

Key Words**:** *Teruel Airport, aerospace testing, small launch vehicles, AERA Cluster, PLD Space, space propulsion, technological innovation, european strategic autonomy, HAPS.*

0. RESUMEN EJECUTIVO

Se analiza la transformación estratégica del Aeropuerto de Teruel, una infraestructura que ha evolucionado de manera paradigmática desde su concepción inicial para desmantelamiento de aeronaves, evolucionando a un centro de mantenimiento, reparación y revisión (MRO) y estacionamiento de aeronaves, hasta convertirse en un nodo de innovación y experimentación aeroespacial de relevancia crítica en el panorama europeo. Esta metamorfosis es el resultado de una confluencia única de factores geográficos, un modelo de gestión pública y ágil, y una estrategia proactiva de diversificación industrial orientada a la alta tecnología.

Las capacidades de vanguardia del aeropuerto se centran en el desarrollo de tecnologías de propulsión espacial, habiendo albergado desde 2014 campañas de ensayos estáticos para los motores del lanzador suborbital Miura 1 y, más recientemente, para el futuro cohete orbital Miura 5 de la compañía española PLD Space. Estas instalaciones han demostrado su idoneidad para la verificación y validación de sistemas en un entorno controlado y seguro, un paso fundamental para mitigar los riesgos inherentes a la industria espacial. Además, el ecosistema de Teruel ha atraído a otros actores globales, como la empresa estadounidense Sceye, para el desarrollo y producción de aeronaves estratosféricas (HAPS), y Airbus, que ha reforzado su presencia con una tercera nave de logística aeronáutica.

El potencial de crecimiento del aeropuerto es sustancial, con planes de ampliación de la superficie aeroespacial y la construcción de nuevos hangares e instalaciones especializadas, incluyendo un macro-hangar para la producción de dirigibles HAPS y una nave última nave de 5,000 metros cuadrados para Airbus. Estos proyectos con-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

solidan Al Aeropuerto de Teruel no solo como un centro de ensayos, sino también como un polo de producción y desarrollo de tecnologías de vanguardia. Un elemento clave para este crecimiento es la reciente creación de un laboratorio de investigación e innovación en colaboración con el Instituto Tecnológico de Aragón (ITA), enfocado en la descarbonización del transporte aéreo y la aviación sostenible, lo que refuerza su posicionamiento como un actor estratégico en la agenda de I+D+i europea.

En conclusión, el Aeropuerto de Teruel representa un caso de éxito único de cómo una infraestructura regional puede desempeñar un papel crucial en la cadena de valor de una industria global. Su modelo de gestión flexible, combinado con sus ventajas competitivas intrínsecas, lo posiciona como un pilar fundamental para la autonomía tecnológica de Europa en el sector espacial y aeronáutico en los próximos años.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas dos décadas, el sector aeroespacial ha experimentado una transformación radical impulsada por el auge del NewSpace (un nuevo paradigma caracterizado por la participación creciente de actores privados, el abaratamiento de tecnologías espaciales y modelos de negocio más ágiles), la aparición de empresas privadas con creciente capacidad tecnológica, junto con la necesidad de autonomía estratégica de las naciones. Esta evolución está reconfigurando las dinámicas de la exploración espacial, el transporte orbital y el desarrollo de tecnologías de vanguardia, posicionando a Europa en un momento crítico para recuperar y fomentar la industrialización técnica y especializada frente a la fuerte competencia actual de Estados Unidos y China y próximamente la de India.

En este contexto, el papel de las infraestructuras de ensayo, experimentación y validación tecnológica se vuelve crucial. Antes de que un sistema aeroespacial entre en operación debe superar rigurosas pruebas y controles de calidad tanto en tierra como en condiciones de vuelo para prácticamente todos sus componentes y subsistemas, ya sea un lanzador orbital, un motor de propulsión o un componente estructural. Estos ensayos permiten verificar el cumplimiento de requisitos técnicos, normativos y de seguridad, y son esenciales para mitigar riesgos en una industria donde los errores pueden tener consecuencias catastróficas tanto económicas como humanas.

En España, uno de los actores que está emergiendo con fuerza en este ecosistema de validación es el Aeropuerto de Teruel, una plataforma inicialmente concebida para mantenimiento y estacionamiento de aviones de todo tipo, pero que en los últimos años ha reorientado su estrategia evolucionando hacia un sector de innovación y experimentación en ensayos aeroespaciales (Ibrahim, 2025b). Esto se debe tanto a las características intrínsecas de la zona estratégica en la que se encuentra como a su baja densidad aérea, su modelo de gestión público y su superficie disponible, convirtiéndose así en un entorno ideal para el desarrollo de tecnologías espaciales, incluyendo bancos de pruebas de motores cohete, infraestructuras criogénicas. Próximamente, el Aeropuerto de Teruel también contará con infraestructura de

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

desarrollo de la metodología operativa aeroespacial con el Centro Integral de Entrenamiento y Movilidad del Ejército del Aire y del Espacio (CIEMA) en colaboración con el Ministerio de Defensa del Gobierno de España donde está previsto realizar una inversión de 42 millones de euros.

Un claro ejemplo de esta evolución es la colaboración con PLD Space, una empresa española pionera en el diseño y fabricación de cohetes reutilizables. Desde 2018, PLD Space realiza en Teruel las pruebas estáticas de los motores de sus cohetes y ha convertido estas instalaciones en una pieza clave para el desarrollo del Miura 1 (suborbital) y el futuro Miura 5 (orbital). Esta relación ha impulsado inversiones públicas y privadas, ampliaciones de instalaciones y el posicionamiento de Teruel como un polo emergente de la nueva industria espacial europea.

> *«La colaboración entre PLD Space y el Aeropuerto de Teruel es un ejemplo de cómo infraestructuras locales pueden convertirse en nodos estratégicos para la innovación tecnológica en Europa».*
>
> **(Diario de Teruel, 2024)**.

En este artículo se analiza el papel del ensayo y la experimentación en el sector aeroespacial actual, con especial énfasis en el caso del Aeropuerto de Teruel como ejemplo de vanguardia en tecnología aeroespacial. Se abordarán los tipos de ensayos realizados, la infraestructura existente y proyectada, así como las perspectivas estratégicas a medio plazo, en el marco de la evolución del mercado europeo de lanzadores ligeros. Así, este artículo se sitúa en la intersección entre política industrial, innovación tecnológica y desarrollo territorial, examinando un caso paradigmático de cómo infraestructuras regionales pueden jugar un papel clave en la soberanía tecnológica europea.

2. EL PAPEL DE LOS ENSAYOS EN EL DESARROLLO AEROESPACIAL

El desarrollo de sistemas aeroespaciales exige superar rigurosas fases de evaluación antes de alcanzar el entorno operativo. Los ensayos, tanto en tierra como en condiciones simuladas o reales de vuelo, son etapas imprescindibles para garantizar la funcionalidad, seguridad y fiabilidad de componentes, subsistemas y vehículos completos. Este proceso, conocido como «Verification & Validation (V&V)», constituye una de las fases más críticas del ciclo de vida de una misión espacial (National Aeronautics and Space Administration [NASA], 2007).

Dado el entorno extremo al que están expuestos los vehículos espaciales (vacío, temperaturas extremas, vibraciones intensas, radiación y aceleraciones), es imposible validar sus capacidades únicamente mediante simulación. Por ello, los ensayos físicos permiten verificar que el diseño cumple con los requisitos técnicos y normativos exigidos por los clientes, agencias espaciales y organismos de certificación. En este contexto, disponer de infraestructuras capaces de albergar campañas de ensayo complejas es un factor estratégico y fundamental.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.1. Tipos de ensayos físicos

Los ensayos aplicados al desarrollo aeroespacial abarcan una amplia variedad de pruebas específicas. A continuación, se describen los principales tipos de ensayos empleados en la industria aeroespacial contemporánea.

2.1.1. Ensayos estructurales

Estos ensayos permiten verificar que la estructura de un componente o vehículo resiste las cargas que sufrirá durante el lanzamiento, operación y posible recuperación. Se realizan sobre materiales, subconjuntos o estructuras completas. Las pruebas más comunes incluyen tracción, compresión, fatiga, cargas dinámicas y análisis de fallo. Se realizan también ensayos de 'carga última', que determinan el límite máximo antes de la falla estructural (*European Cooperation for Space Standardization* [ECSS], 2011).

Por ejemplo, antes de validar un tanque de combustible, este se somete a pruebas de presión internas para simular condiciones de lanzamiento y funcionamiento prolongado. La validación estructural es esencial para cualquier componente crítico, incluidos los tanques, soportes, carcasas, alas o estructuras primarias.

2.1.2. Ensayos ambientales

En el entorno espacial, donde no es posible realizar ajustes ni mantenimiento, los ensayos son esenciales para validar la fiabilidad de los sistemas. Destacan los ensayos térmico-vacío (simulación del espacio exterior para validar materiales y componentes), de vibración (reproducción de las condiciones del lanzamiento con plataformas multi-eje) y de shock (simulación de impactos o separaciones de etapas con ondas transitorias).

2.1.3. Ensayos de propulsión

En cuanto a la propulsión, los motores son uno de los subsistemas más críticos, ya sean de combustible sólido, líquido o híbrido. Estos deben someterse a pruebas estáticas para verificar su ignición en condiciones controladas, el empuje sostenido, la estabilidad de combustión y la seguridad operativa ante presiones internas.

En el caso de motores criogénicos o híbridos, también se ensayan líneas de alimentación, válvulas, cámaras de combustión y sistemas de inertización. Las instalaciones deben incluir bancos de prueba de alta seguridad, zonas de contención, control remoto y telemetría en tiempo real (*International Standard Organization* [ISO], 2003).

Un ejemplo práctico es la campaña de ensayos de motores del Miura 1 realizada por PLD Space en Teruel desde 2018, que permitió validar sus sistemas de propulsión híbrida en condiciones reales de uso (PLD Space, 2020).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.1.4. Ensayos de Compatibilidad Electromagnética (EMC)

Los sistemas espaciales deben asegurar que los distintos subsistemas electrónicos puedan operar simultáneamente sin interferencias. Para ello, se realizan ensayos de emisión electromagnética y susceptibilidad según protocolos estandarizados (ECSS, 2022).

Esto es especialmente importante en vehículos que integran sistemas de navegación, control, telemetría y comunicaciones, donde una interferencia puede comprometer la misión.

2.1.5. Vuelos de prueba

Constituyen la validación final del sistema y proporcionan datos de rendimiento cruciales bajo condiciones reales, incluyendo vibraciones, cargas térmicas y la respuesta aerodinámica del vehículo durante su trayectoria. La telemetría en tiempo real es fundamental para monitorizar el estado de todos los subsistemas a bordo. Los datos recopilados también son esenciales para afinar los modelos de simulación y realizar ajustes finales en el diseño y en el software de vuelo. La certificación del vehículo para misiones operativas no es posible sin la exitosa culminación de una serie de vuelos de prueba que demuestren su fiabilidad y seguridad. Finalmente, cada vuelo de prueba es una inversión crítica para minimizar los riesgos en las futuras misiones comerciales o científicas.

Por ejemplo, el vuelo suborbital del Miura 1 realizado en Huelva en 2023 sirvió para validar en vuelo la funcionalidad de sistemas previamente ensayados en tierra (PLD Space, 2023). Este tipo de ensayos requieren coordinación con agencias aeronáuticas, zonas de exclusión (NOTAM), y sistemas de seguimiento y recuperación (Agencia Estatal de Seguridad Aérea [AESA], 2024).

3. EVOLUCIÓN DEL AEROPUERTO DE TERUEL

El Aeropuerto de Teruel ha experimentado una transformación profunda desde su creación, pasando de ser un aeródromo con fines logísticos y aeronáuticos a consolidarse como una infraestructura estratégica para el desarrollo de tecnologías espaciales. Esta evolución no ha sido casual, sino resultado de una planificación pública acertada, una ubicación geográfica privilegiada y una creciente demanda de espacios para ensayos aeroespaciales en el contexto europeo.

3.1. Breve historia y reconversión como plataforma de industria aeroespacial

Inaugurado a las operaciones aéreas en marzo de 2013, el Aeropuerto de Teruel fue concebido inicialmente como una plataforma de estacionamiento, manteni-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

miento y reciclado de aeronaves de gran tamaño. Su modelo de negocio se basaba en el almacenamiento de aviones fuera de servicio, así como en actividades de desmantelamiento, siendo la mayor plataforma MRO (del inglés *Maintenance, Repair and Overhaul*) de Europa, y apoyo a empresas logísticas del sector aeronáutico. En este contexto, compañías como Tarmac Aerosave se establecieron como socios clave desde los primeros años de funcionamiento.

Sin embargo, la necesidad de diversificar el uso de la infraestructura y el auge del sector espacial en España, especialmente en torno al desarrollo de microlanzadores y tecnologías de propulsión, impulsaron una reconversión progresiva del aeropuerto hacia usos duales: aeronáuticos (conservándose la actividad MRO) y aeroespaciales. A partir de 2018, con la llegada de PLD Space, comenzaron las primeras campañas de pruebas de motores cohete en sus instalaciones, marcando un punto de inflexión. Desde entonces, el Aeropuerto de Teruel ha reforzado su rol como entorno de ensayos para vehículos espaciales reutilizables, con nuevas inversiones públicas, ampliación de superficies y adaptación normativa para acoger actividades de mayor complejidad técnica.

Además de PLD Space, el Aeropuerto de Teruel ha atraído en los últimos años a otras empresas relevantes del sector aeroespacial, ampliando su ecosistema industrial y tecnológico. Destaca la presencia de Sceye, compañía estadounidense especializada en aeronaves estratosféricas (HAPS, *High Altitude Platform Stations*), que ha anunciado la instalación de su sede europea en Teruel, incluyendo un hangar, nave de producción y plataforma de lanzamiento para sus sistemas de vigilancia aérea. Esta iniciativa supone una inversión estimada superior a 25 millones de euros y la creación de más de un centenar de empleos directos, consolidando a Teruel como un polo emergente en tecnologías aeroespaciales avanzadas.

Otra empresa con presencia significativa es la británica Elson Space Engineering, que desarrolla sistemas aeroespaciales y participa en proyectos de ingeniería y pruebas para plataformas de alta altitud, reforzando la capacidad de diseño y validación de prototipos. Por otra parte, el gigante europeo Airbus mantiene instalaciones de almacenamiento, mantenimiento y ensayos no destructivos en Teruel, habiendo ampliado recientemente su capacidad con la incorporación de una tercera nave industrial, que emplea a alrededor de 150 personas (Lorente, 2025).

Asimismo, la empresa francesa Tarmac Aerosave, pionera en el aeropuerto en el sector MRO, continúa operando en el estacionamiento, mantenimiento y reciclaje de aeronaves, aportando una base sólida en servicios aeronáuticos que complementan las actividades espaciales. Finalmente, firmas locales como Delsat Aeronautics integran el ecosistema a través de proyectos de I+D con drones y tecnologías asociadas, fomentando la innovación en aplicaciones aéreas no tripuladas (Heraldo de Aragón, 2023).

Esta convergencia de actores consolida a Teruel no solo como un espacio para ensayos de propulsión y lanzadores, sino como un conglomerado aeroespacial diversificado, capaz de atraer inversión, talento y proyectos que contribuyen a la autonomía tecnológica nacional y europea.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.2. Modelo de gestión

El modelo de gestión del Aeropuerto de Teruel constituye uno de los pilares fundamentales que han permitido su transformación en un centro tecnológico de referencia para la industria aeroespacial. A diferencia de la mayoría de los aeropuertos españoles, cuya gestión recae en el ente público nacional de Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA), el Aeropuerto de Teruel está gestionado por un Consorcio público integrado por el Gobierno de Aragón (60 %) y el Ayuntamiento de Teruel (40 %). Esta estructura de gestión facilita una mayor agilidad administrativa y una capacidad de adaptación a las necesidades específicas del sector aeroespacial.

Gracias a esta organización, el Aeropuerto de Teruel puede promover y ejecutar proyectos de inversión con mayor rapidez, adaptando la infraestructura y los servicios a las demandas emergentes del mercado aeroespacial, especialmente en el ámbito de los ensayos de motores y vehículos espaciales. Además, esta gestión permite establecer alianzas estratégicas y convenios de colaboración con empresas privadas e instituciones de investigación, fortaleciendo el ecosistema tecnológico. El respaldo institucional se ha traducido en una política de captación de fondos tanto autonómicos como europeos, que han financiado la ampliación y modernización de las instalaciones. Ejemplos de ello son la creación de zonas específicas para el ensayo de propulsión y la habilitación de espacios para futuros proyectos de integración y lanzamiento de microlanzadores. Esta flexibilidad y visión estratégica han sido claves para atraer y consolidar empresas como PLD Space, Sceye y Airbus, así como para fomentar la colaboración público-privada que impulsa la innovación.

En definitiva, el modelo de gestión del Aeropuerto de Teruel combina la capacidad de toma de decisiones cercana al territorio con la visión de futuro necesaria para posicionar la infraestructura como un referente competitivo a nivel europeo, impulsando no solo el desarrollo industrial sino también la generación de empleo cualificado y la transferencia tecnológica.

3.3. Análisis de las ventajas estratégicas y logísticas de la localización

La ubicación del Aeropuerto de Teruel es un factor determinante en su evolución como enclave estratégico para la industria aeroespacial. Situado en la provincia de Teruel, en la comunidad autónoma de Aragón, el emplazamiento combina características geográficas, climáticas y logísticas altamente favorables para actividades de ensayo, experimentación y operación de tecnologías espaciales.

- **Baja Densidad de Tráfico Aéreo:** La falta de congestión del espacio aéreo en Teruel es una ventaja decisiva. Permite a las empresas realizar vuelos de prueba, ensayos de vuelo y maniobras de entrenamiento sin las restricciones y demoras que se enfrentan en aeropuertos con alto tráfico de

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

pasajeros o carga. Esta flexibilidad operativa es un activo inestimable para empresas dedicadas a la experimentación con prototipos y vehículos no convencionales.

- **Condiciones Climáticas Óptimas:** La climatología del entorno es excepcionalmente adecuada para la conservación y el ensayo de aeronaves y sistemas espaciales. Con un clima seco semi-desértico y más de 242-260 días de sol al año, las condiciones son ideales para actividades de mantenimiento, almacenamiento de larga estancia y campañas de ensayo al aire libre. Además, la altitud de 1,100 metros sobre el nivel del mar puede ser un factor relevante para ciertos tipos de pruebas de propulsión.
- **Amplia Superficie Disponible:** Con una extensión de 550 hectáreas y zonas disponibles para futuras ampliaciones además de una pista de 2,825 metros de longitud, el Aeropuerto de Teruel ofrece un espacio único en el contexto europeo. Esta disponibilidad de terreno es crucial para la construcción de nuevas instalaciones especializadas y para albergar proyectos que requieren una gran huella física, como es el caso de los bancos de pruebas de motores de cohetes o los hangares para dirigibles estratosféricos como los HAPS.

Desde el punto de vista logístico, el Aeropuerto cuenta con accesos terrestres por carretera con la A-23 (que conecta desde Sagunto hasta el túnel de Somport que da paso a Francia) y con la N-234 (conectando desde Sagunto hasta Burgos). La conexión por ferrocarril se puede realizar desde municipios cercanos, lo cual permite el transporte de grandes componentes, equipos técnicos y materiales peligrosos como los combustibles de ensayo. Cabe destacar que el Aeropuerto de Teruel se encuentra a tan solo 150 kilómetros por autovía de Zaragoza, que es el principal nodo logístico del corredor del Ebro. Esta ubicación estratégica sitúa al aeropuerto dentro de un radio de 300 kilómetros que incluye algunas de las ciudades más relevantes del suroeste europeo, como Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao y Toulouse. Esta proximidad permite una conexión eficiente con los principales centros industriales y logísticos del país, y favorece la integración del aeropuerto en las cadenas de suministro europeas.

Por último, cabe señalar el valor estratégico del entorno territorial, combinando un fuerte respaldo institucional por parte del Gobierno de Aragón, disponibilidad de suelo industrial y una creciente red de formación técnica y científica. En particular, la colaboración con entidades como el Instituto Tecnológico de Aragón (ITA), universidades como la Universidad de Zaragoza y centros del Ministerio de Defensa refuerza la posición del aeropuerto dentro de un ecosistema de innovación orientado al desarrollo de capacidades nacionales en materia aeroespacial.

3.4. Infraestructura actual

La pista principal tiene una longitud de 2.825 metros con una orientación 18-36 y una anchura operativa de 45 metros, ampliada a 60 metros si se consideran los

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

márgenes laterales. Estas dimensiones permiten el uso de aeronaves de gran envergadura, incluidas las de categoría E. En cuanto a las plataformas, la superficie destinada a estacionamiento sobre pavimento rígido supera las 11 hectáreas, equipada para soportar la exposición prolongada a fluidos aeronáuticos y productos de mantenimiento. A ello se suman más de 120 hectáreas adicionales de superficie sin pavimentar, habilitada para el almacenamiento prolongado de aeronaves en condiciones de estacionamiento activo o conservación. Esta área tiene capacidad para albergar hasta 400 aviones, convirtiéndola en una de las mayores zonas de estacionamiento de Europa. El recinto también integra una zona industrial de aproximadamente 330.000 m^2, reservada para la implantación de empresas vinculadas a la industria aeronáutica, aeroespacial y de innovación tecnológica. (Aeropuerto de Teruel, 2025b)

Entre las infraestructuras más representativas destaca el hangar doble para A380, diseñado para acoger simultáneamente dos Airbus A380, o bien hasta seis aeronaves como por ejemplo los Airbus A321. Su estructura principal alcanza los 200 metros de ancho por 100 de profundidad, con una altura de 39 metros. La puerta frontal, de 184 metros de ancho y 27 de alto, ha sido diseñada con un sistema modular que facilita el acceso de aeronaves de gran tamaño. El hangar cuenta con más de 16.000 m^2 de superficie útil, a los que se suman aproximadamente 2.500 m^2 de oficinas técnicas y 3.600 m^2 adicionales destinados a talleres. Frente al edificio se extiende una plataforma de maniobras propia de unos 25.000 m^2 (Aeropuerto de Teruel, 2023a). Además del hangar principal, el aeropuerto dispone de varias instalaciones gestionadas por Tarmac Aerosave, empresa responsable de las actividades de mantenimiento, conservación y reciclaje de aeronaves.

Junto a estas infraestructuras, el aeropuerto ha comenzado a incorporar instalaciones vinculadas a nuevas tecnologías aeroespaciales. Entre ellas destaca el futuro hangar de Sceye, empresa estadounidense que ha iniciado la construcción de una nave de 27.000 m^2 y unos 57 metros de altura máxima, destinada a la fabricación de dirigibles estratosféricos para misiones científicas y de observación y que estará terminada a principios de 2027 (Aeropuerto de Teruel, 2025a). Este tipo de estructura conocida como estratopuerto es pionera y única en Europa y se utilizará para desarrollar tecnologías HAPS, que son *hubs* aéreos en la estratosfera a 20km de altitud, donde pueden permanecer durante meses sobre la misma zona de la superficie terrestre, proporcionando menos latencia y mejor detalle de observación que otras tecnologías ya existentes como los satélites de baja órbita terrestre (Ibrahim, 2025a).

También existen instalaciones complementarias como una plataforma específica para helicópteros (con una superficie de unos 2.750 m^2), un edificio terminal, zonas administrativas, espacio para aviación ejecutiva y una red de viales internos que conectan todos los puntos del complejo.

Por último, dentro del espacio aeroportuario se aloja un banco de pruebas de motores cohete líquidos, gestionado por la empresa PLD Space, reforzando la apuesta del aeropuerto por convertirse en un nodo de referencia para el sector aeroespacial nacional y europeo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

4. CLÚSTER AERA COMO COHESIÓN DEL SECTOR EN ARAGÓN

En Aragón, el Clúster de Aeronáutica, Espacio y Defensa (AERA) actúa como eje entre el tejido industrial, académico, gubernamental y tecnológico del sector aeroespacial. El papel de AERA es facilitar la cooperación entre empresas de distinto tamaño, impulsa la I+D+i, fomenta la captación de fondos, y busca convertir los proyectos aislados en una estrategia regional que pueda competir a escala europea.

AERA cumple una doble función de coordinación y de impulso. Coordina actores diversos alineándolos con objetivos comunes y, por otro lado, es catalizador de iniciativas detectando oportunidades emergentes (como HAPS, lanzadores ligeros o movilidad aérea avanzada), atrayendo a la inversión y contribuyendo a que Aragón pueda ofrecer un entorno favorable para la industria aeroespacial y de defensa nacional e internacional.

4.1. Estructura

El Clúster AERA se organiza como una asociación empresarial sin ánimo de lucro que se sitúa en Zaragoza en el Centro Europeo de Empresas e Innovación de Aragón (CEEIA). Su estructura general está basada una Asamblea General y una Junta Directiva encargada de la toma de decisiones estratégicas y la coordinación de las distintas actividades operativas del clúster. La Junta está presidida por un representante del sector empresarial, y cuenta con miembros de diferentes áreas técnicas de las especializaciones industriales presentes en AERA. Esta estructura permite una representación de los intereses del conjunto del ecosistema aeroespacial aragonés.

El clúster cuenta con una gerencia profesional que actúa como enlace entre los miembros del clúster, las instituciones públicas, los centros tecnológicos y los programas europeos. Esta gerencia se encarga de gestionar proyectos de I+D+i colaborativos, impulsar la participación en convocatorias nacionales e internacionales, y canalizar la cooperación entre los distintos agentes del sector.

Asimismo, AERA se estructura funcionalmente en torno a temas de actualidad en el sector aeroespacial, como sostenibilidad, defensa, espacio, tecnologías duales, digitalización y formación, en las que los socios pueden participar activamente. Esto permite alinear las capacidades de los miembros con las oportunidades emergentes del mercado y las políticas públicas nacionales y europeas, del mismo modo que facilitan la transferencia de conocimiento entre empresas, universidades y centros de investigación.

4.2. Objetivo

El Clúster AERA tiene como misión principal articular un entorno que permita a Aragón consolidarse dentro de la cadena de valor aeroespacial nacional y europea.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Para ello, AERA no solo se encarga de reunir a los principales actores del sector, sino también de impulsar y promover proyectos atractivos para recibir inversiones tecnológicas y fomentar la marca Aragón como territorio competitivo en innovación aeroespacial. AERA actúa como dinamizador ya que conecta a empresas emergentes con grandes industriales, el sector académico y privado, y al ámbito local con redes internacionales, especialmente en aquellos segmentos considerados clave para la autonomía estratégica europea, como la propulsión espacial, los sistemas no tripulados o las plataformas estratosféricas.

Otro de sus objetivos principales es la generación de oportunidades para sus miembros, ya sea mediante el acceso a programas europeos (como *Horizon Europe*) la promoción de nuevos modelos de colaboración público-privada, o el impulso de consorcios orientados al desarrollo de productos y servicios con alto valor añadido. Este enfoque posibilita que empresas de tamaño medio y pymes puedan participar en proyectos inaccesibles sin la colaboración con el clúster. AERA desempeña un papel de articulación entre administraciones, entidades reguladoras y el sector privado, trasladando las necesidades de las empresas en materia de normativa, inversión, formación especializada o infraestructuras críticas, como es el caso del Aeropuerto de Teruel. Esta función de representación colectiva fortalece la influencia del sector aeroespacial aragonés en la configuración de políticas públicas.

En definitiva, el objetivo de AERA no es solo facilitar el crecimiento de sus miembros, sino contribuir a crear un tejido industrial fuerte y adaptable, tecnológicamente avanzado y alineado con los retos estratégicos del espacio europeo: sostenibilidad, digitalización, defensa y autonomía operativa.

5. EL CASO PLD SPACE Y SU IMPACTO

La empresa PLD Space desempeña un papel clave en la consolidación del Aeropuerto de Teruel como infraestructura estratégica para el ensayo y desarrollo de tecnologías espaciales. Su unión a la plataforma en 2018 coincidiendo con una fase novedosa del ecosistema nacional de microlanzadores y, desde entonces, la compañía ha desplegado en Teruel una base operativa destinada a la validación de motores, integración de vehículos y pruebas de subsistemas críticos. A través de sus programas Miura 1 y Miura 5, PLD Space ha ayudado a la especialización técnica del aeropuerto, atrayendo inversión y generando actividad industrial de alto valor añadido y posicionando a Teruel como referente en el acceso europeo al espacio.

5.1. PLD Space y el aeropuerto de Teruel

PLD Space es una empresa fundada en el año 2011 con sede en Elche (Alicante) y desde el año 2018 tiene su plataforma de ensayos de motores para cohetes en el Aeropuerto de Teruel (PLD Space, 2018). Esta empresa pionera en el sector del «NewSpace» en España decidió ampliar en casi diez veces su área espacial, durante 25 años prorrogables, en Teruel en 2023 (Aeropuerto de Teruel, 2023) debido a las

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

facilidades que ofreció el Aeropuerto de Teruel en comparación con las complicaciones e inconsistencias burocráticas y de planificación de la Generalitat Valenciana y la FIRA Alacant, como puede leerse en un medio de comunicación alicantino:

> *«Con el paso del tiempo, pese al cambio de colores en las carteras gubernamentales de la región, el nuevo Consell y las nuevas autoridades ilicitanas parecían dispuestas a promover lo acordado [la ubicación del centro de ensayos de PLD Space] en mayo de 2023. Sin embargo, el tiempo pasa y en lugar de buscar soluciones la situación se estanca poniendo en brete a la compañía ante la imposibilidad de esperar a que haya una ejecución concreta.*
>
> *[…]*
>
> *Las facilidades burocráticas que la compañía encuentra en Teruel no reciben el mismo feedback en nuestra provincia (…) Si los movimientos establecidos por las administraciones hacían presagiar una colaboración público-privada, el cajón en el que han metido la consideración de PLD Space puede poner en riesgo que la empresa europea referente en la industria aeroespacial abandone nuestros fueros, rumbo hacia donde sí les traten con ese mimo que merecen».*

(Brugos, mayo de 2025).

Como ya se había adelantado, es esta facilidad y voluntad de cooperación público-privada entre el Consorcio y las empresas del sector lo que sitúa al Aeropuerto como un buen candidato para albergar un conglomerado potente de investigación y ensayo en tecnologías aeroespaciales. Más allá del apartado burocrático, PLD Space también vio Teruel con buenos ojos por todos los motivos expuestos sobre la situación geográfica y climática, pudiendo realizar pruebas y ensayos sin muchas restricciones legales o complicaciones operativas por motivos de espacio aéreo y densidad de población de la zona.

5.2. Ensayos Miura 1

PLD Space ha llevado a cabo en el Aeropuerto de Teruel la totalidad de la campaña de ensayos terrestres de su primer lanzador suborbital, el Miura 1. Estas pruebas comenzaron en 2018 y se extendieron durante varias fases, incluyendo desde validaciones de componentes individuales hasta ensayos completos del motor y del vehículo integrado. Teruel se convirtió así en el centro de pruebas fundamental para verificar la capacidad técnica del proyecto antes de su primer vuelo. Entre los ensayos más importantes se encuentran las pruebas estáticas de encendido del motor TEPREL-B (PLD Space, 2020).

Este centro de ensayos permitió a PLD Space ajustar el diseño del sistema de propulsión como el software de control, siendo un paso imprescindible antes del lanzamiento exitoso del Miura 1 en mayo de 2023 desde la base de El Arenosillo (Huelva), haciendo historia al ser el primer lanzamiento de un cohete espacial privado en Europa (PLD Space, 2023). La experiencia acumulada en Teruel no solo validó los subsistemas del vehículo, sino que sirvió también para entrenar a los equipos operativos y establecer procedimientos de seguridad aplicables al Miura 5.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Gracias a esta fase de pruebas, el Aeropuerto de Teruel demostró su capacidad como entorno operativo perfecto para ensayos espaciales de alta complejidad dentro del ecosistema europeo de lanzadores ligeros.

5.3. Preparación de Miura 5

El Miura 5 es el proyecto más ambicioso de PLD Space hasta la fecha: un lanzador orbital reutilizable diseñado para poner pequeños satélites en órbita terrestre baja (LEO). Con capacidad para transportar hasta 540 kilogramos de carga útil, este vehículo representa el paso definitivo de la compañía hacia el mercado global de microlanzadores, que demanda soluciones flexibles, asequibles y sostenibles para misiones comerciales, científicas y gubernamentales.

El cohete tendrá una longitud aproximada de 30 metros, un diámetro de 2 metros y estará propulsado por cinco motores TEPREL-C en su primera etapa. PLD Space desarrolla el MIURA 5 como una solución totalmente europea para el acceso independiente al espacio, destacando por un diseño modular, operaciones simplificadas y procesos de recuperación de etapas similar al modelo de SpaceX, pero a menor escala.

En el Aeropuerto de Teruel, la compañía está ejecutando parte clave de la campaña de ensayos previos al vuelo inaugural de MIURA 5, previsto actualmente para 2027 desde el puerto espacial europeo de Kourou, en la Guayana Francesa. Entre las actividades realizadas en Teruel destacan las pruebas de validación de motores, integración estructural de subsistemas y evaluación de las condiciones operativas del vehículo. La infraestructura instalada para MIURA 1 ha sido ampliada para dar soporte a las mayores necesidades logísticas, técnicas y de seguridad que implica un lanzador orbital.

Aunque la integración final del vehículo se llevará a cabo en las instalaciones de Huelva y Kourou, Teruel actúa como centro de pruebas de referencia para subsistemas y como plataforma de entrenamiento de equipos técnicos. Esta sinergia entre localizaciones permite a PLD Space optimizar recursos y mantener una alta cadencia de desarrollo sin comprometer los plazos ni los estándares de calidad y tanto las autoridades del Consorcio del Aeropuerto de Teruel como la dirección de PLD Space han reiterado su compromiso con el fortalecimiento de esta colaboración.

A futuro, PLD Space prevé ampliar su presencia en Teruel con nuevos bancos de prueba, estructuras de integración para lanzadores de mayor tamaño y zonas de ensayo para sistemas de recuperación y reutilización. Estos desarrollos estarían en línea con los objetivos de la Agencia Espacial Española y del PERTE Aeroespacial, y posicionan al aeropuerto como un nodo permanente del tejido industrial del sector espacial en España.

La consolidación del programa Miura 5 no solo impulsa el posicionamiento internacional de PLD Space, sino que reafirma el papel del Aeropuerto de Teruel como infraestructura crítica para la autonomía espacial europea.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

6. CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS

El desarrollo del sector aeroespacial en Aragón muestra un alto potencial de consolidación como nodo estratégico dentro del ecosistema nacional y europeo. Infraestructuras como el Aeropuerto de Teruel, el impulso coordinado desde el Clúster AERA y la implicación de empresas como PLD Space refuerzan un modelo de colaboración público-privada orientado a tecnologías clave para la autonomía estratégica europea, como lanzadores ligeros, sistemas no tripulados o soluciones de movilidad aérea avanzada. Este entorno técnico y regulatorio favorable está atrayendo inversión y posicionando a Aragón y en especial el Aeropuerto de Teruel como espacio idóneo para actividades de ensayo, integración y validación.

A medio plazo, la región está bien situada para liderar proyectos vinculados a iniciativas europeas como Horizon Europe, el IRIS^2 o el PERTE Aeroespacial, facilitando el acceso a financiación y fortaleciendo la competitividad industrial. Además, la integración de capacidades locales en redes internacionales, el refuerzo del talento especializado y la creación de consorcios tecnológicos permiten convertir a Aragón en un polo de innovación aeroespacial con impacto directo sobre el empleo cualificado, la transferencia de conocimiento y la proyección global del tejido industrial.

7. REFERENCIAS

Aeropuerto de Teruel. (2023a, 24 de julio). «*Comienza la concesión de la zona aeroespacial del aeropuerto de Teruel»,* https://www.aeropuertodeteruel.com/es/medios/noticias/comienza-la-concesion-de-la-zona-espacial-del-aeropuerto-de-teruel

Aeropuerto de Teruel. (2023b, 19 de julio). «*Comienza la concesión del hangar para dos A380 del Aeropuerto de Teruel*». https://www.aeropuertodeteruel.com/es/medios/noticias/comienza-la-concesion-del-hangar-para-dos-a380-del-aeropuerto-de-teruel

Aeropuerto de Teruel. (2025a, 11 de marzo). «*Comienza la obra del hangar y nave de producción en el Aeropuerto de Teruel*». https://www.aeropuertodeteruel.com/es/medios/noticias/comienza-la-obra-del-hangar-y-nave-de-produccion-en-el-aeropuerto-de-teruel

Aeropuerto de Teruel. (2025b). «Plano general». Recuperado el 24 de septiembre de 2025 de https://www.aeropuertodeteruel.com/es/aeropuerto/plano-general

Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). (2024, 12 de noviembre). *Guía sobre requisitos y limitaciones al vuelo de UAS en función del lugar de operación (zonas geográficas de UAS).* https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/UAS-OPS-DT01_Ed.02_Zonas.geograficas.UAS.del.RDUAS.pdf

Brugos, J. (2025, 7 de mayo). «*PLD Space, empresa de referencia aeroespacial en Europa, firmó con Teruel». AQUÍ Medios de Comunicación.* https://aquimediosde-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

comunicacion.com/2025/05/07/pld-space-empresa-de-referencia-aeroespacial-en-europa-firmo-con-teruel/

Cadena SER. (2024, 26 de agosto). «*El nuevo hangar construido por Tarmac Aerosave en el Aeropuerto de Teruel, recibió su primer avión A380 el pasado jueves día 22 de agosto».* https://cadenaser.com/aragon/2024/08/26/el-nuevo-hangar-construido-por-tarmac-aerosave-en-el-aeropuerto-de-teruel-recibio-su-primer-avion-a380-el-pasado-jueves-dia-22-de-agosto-ser-teruel/

European Cooperation for Space Coordination (ECSS). (2011, 20 de marzo). ECSS-E-HB-32-20A Part 1A - Structural materials handbook. https://ecss.nl/hbstms/ecss-e-hb-32-20-part-1a-structural-materials-handbook-part-1-overview-and-material-properties-and-applications-20-march-2011/

European Cooperation for Space Coordination (ECSS). (2022, 18 de enero). ECSS-E-ST-20-07C Rev.2 – Electromagnetic Compatibility. https://ecss.nl/standard/ecss-e-st-20-07c-rev-2-electromagnetic-compatibility-3-january-2022/

Heraldo de Aragón. (2023, 1 de febrero). «*El aeropuerto de Teruel generará 2.800 empleos como enclave estratégico mundial para la industria aeroespacial».* https://www.heraldo.es/noticias/aragon/teruel/2023/02/01/aeropuerto-teruel-enclave-estratetigo-industria-aeroespacial-empleos-empresas-1628243.html

Ibrahim, A. (2025a, 22 de septiembre). «*Dirigibles siglo XXI: del transporte sostenible a plataformas estratosféricas HAPS*». *Diario de Teruel*. https://www.diariodeteruel.es/opinion/dirigibles-siglo-xxi-del-transporte-sostenible-a-plataformas-estratosfericas-haps

Ibrahim, A. (2025b, 18 de marzo). *«El espacio desde Teruel». Diario de Teruel*. https://www.diariodeteruel.es/opinion/el-espacio-desde-teruel

International Organization for Standardization (ISO). (2003). *Space systems — Safety requirements (ISO 14620)*. https://www.iso.org/standard/67837.html

Lorente, M. (2025, 14 de abril). «*La empresa Airbus incorporará una tercera nave en el Aeropuerto de Teruel*». *Cadena SER Teruel.* https://cadenaser.com/aragon/2025/04/14/la-empresa-airbus-incorporara-una-tercera-nave-en-el-aeropuerto-de-teruel-ser-teruel/

National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2007). «*NASA systems engineering handbook»* (NASA/SP-2007-6105 Rev1). https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20080008301/downloads/20080008301.pdf

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022). «*The space economy in figures: How space contributes to the global economy»*. https://www.oecd.org/space/space-economy-in-figures-2022.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

PLD Space. (2018, 2 de agosto). «*PLD Space firma una concesión por 25 años para pruebas de motores de cohete en el Aeropuerto de Teruel».* https://www.pldspace.com/news/pld-space-firma-una-concesion-por-25-anos-para-pruebas-de-motores-cohete-en-el-aeropuerto-de-teruel.html

PLD Space. (2020, 26 de febrero). «*PLD Space realiza con éxito un ensayo completo de motor cohete para la misión MIURA 1»*. https://www.pldspace.com/news/pld-space-realiza-con-exito-un-ensayo-completo-de-motor-cohete-para-la-mision-Miura-1.html

PLD Space. (2023, 7 de octubre). «Primer lanzamiento Miura-1». https://www.pldspace.com/Miura-1.html

PLD Space. (2025, 11 de junio). «PLD Space acelera la fase de ensayos de los motores TEPREL-C de su lanzador MIURA 5». https://www.pldspace.com/news/pld-space-acelera-la-fase-de-ensayos-de-los-motores-teprel-c-de-su-lanzador-Miura-5.html

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

JURISDICTIONAL GAPS IN NEAR SPACE – LEGAL PERSPECTIVES ON REGULATING THE FINAL FRONTIER

LAGUNAS JURISDICCIONAL EN EL ESPACIO CERCANO – PERSPECTIVAS LEGALES EN LA REGULACIÓN DE LA FRONTERA FINAL

Master thesis of International Law at the University of Western Australia

Ms. Melanye Bridget Wawrik

Legal Research Fellow – Air and Space Law,
Lawyer and Academic
Bachelor of Arts in Art, Language Studies, & Literature (Spanish/Latin American/Latino Literature), Juris Doctor, LL.M in International Law, and Graduate Diploma in Legal Practice
melwawrik@gmail.com
https://orcid.org/0009-0008-7949-7107
https://www.linkedin.com/in/melbw/

Summary: 1. INTRODUCTION 2. BACKGROUND – RESEARCH QUESTION, DESIGN AND METHODS 3. LITERATURE REVIEW OF LEGAL GAPS IN NEAR SPACE 3.1 Introduction to Literature Review 3.2 Air Law 3.3 Space Law 3.4 Hybridisation of Air and Space Law 3.5 New Unique Regimes for Near Space/Suborbital Space 3.6 Area-Based Approach 4. EVALUATION OF SCHOLARSHIP IN NEAR SPACE REGULATIONS 4.1 Introduction to Literature Evaluation 4.2 Air Law 4.3 Space Law 4.4 Hybridization 4.5 Unique Regimes 4.6 Area Based 5 CHALLENGES AND OPTIONS FOR NEAR SPACE JURISDICTION 5.1 Introduction to Challenges 5.2 Options for Resolving the Jurisdictional Gap 5.2.1 Option 1 – Add an Amendment to an Existing Treaty - OST or Chicago Convention 5.2.2 Option 2 – Create a New Legal Instrument 5.2.3 Option 3 – Include Near Orbit as an Area to be Governed by Neighbouring Regimes 5.3 Viewpoints and Counterarguments 5.4 Moving Towards a Sustainable Space Industry 6. CONCLUSION 7. BIBLIOGRAPHY.

Abstract: The space race is back in full swing and this time it is driven by the space economy which is in rapid development. One of these developing fields is that of the suborbital/ near space domain. This area is located above commercial airspace, but below outer space where orbits can be maintained. As this area is undefined and unre-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

gulated in international law, which poses a problem as modern technology advances. There are four main activities that are undertaken in this area both currently or in the near future: space tourism, commercial activities, scientific exploration and national defence activities. The activities in the suborbital/ near space are unique by nature and therefore demand an equally versatile approach to what laws and regulations should apply. The approach should be framed around the existing international space treaties such as Article 1 of the Outer Space Treaty, whilst also taking into account developments such as the Artemis Accords and the UN Sustainable Development Goals. This thesis aims to discuss the jurisdictional gap in the suborbital and near orbit space by conducting a review of the academic literature pertaining to the subject, analysing the various options in the scholarship and making suggestions for the most viable options based on the legal research literature.

Key Words: Jurisdictional Gaps, near space, suborbital space, air law, space law, sustainable space industry.

Resumen: *La carrera espacial ha vuelto con toda su fuerza, y esta vez está impulsada por la economía espacial, que se encuentra en rápido desarrollo. Uno de los campos que está evolucionando dentro de este ámbito es el dominio suborbital o espacio cercano. Esta zona se sitúa por encima del espacio aéreo comercial, y por debajo del espacio ultraterrestre donde pueden mantenerse las órbitas. Dado que esta zona no está definida ni regulada por el Derecho internacional, ello plantea un problema a medida que avanza la tecnología moderna. Actualmente, o en un futuro próximo, se desarrollan cuatro principales actividades en esta zona: turismo espacial, actividades comerciales, exploración científica y actividades de defensa nacional. Las actividades en el espacio suborbital o cercano son únicas por naturaleza y, por tanto, requieren un enfoque igualmente versátil en cuanto a las leyes y regulaciones que deben aplicarse. Este enfoque debería basarse en los tratados espaciales internacionales existentes —como el Artículo 1 del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre—, teniendo también en cuenta desarrollos recientes como los Acuerdos de Artemisa y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Este Trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo analizar la brecha jurisdiccional en el espacio suborbital y cercano a la órbita, mediante una revisión de la literatura académica relacionada con el tema, el análisis de las diferentes propuestas doctrinales y la formulación de sugerencias sobre las opciones más viables basadas en la investigación jurídica existente.*

Palabras clave: *Lagunas Jurisdiccionales, espacio cercano, espacio suborbital, derecho aéreo, derecho espacial.*

1. INTRODUCTION

In the last decade it has become clear that emerging space race now involves public and private sectors in contrast to the past where state actors were primarily undertaking the space activities. One issue arises, however, when the activities which form a part of this new space era are undertaken in the suborbital or near space,[1] an area of space above air space but below outer space with no governing

1 Suborbital/ Near Space area has no legal delimitation and is generally known to be below the 'Kármán Line' however this is not a constant as it depends heavily on the density of the air, Lyall,

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

or regulatory system. In terms of space governance generally this area is not considered a part of outer space which is governed by the outer space law[2] nor is it considered air space which is governed by air space law[3] either. This poses a unique legal jurisdictional gap. Each nation may have its own distinctive reasons as to why, some choose to turn to international space law to be the main governance of the near space/suborbital area and others choose to take the alternative and treat it as national air space. These differences are usually due to the nature of the state's borders and whether the specific activity will cross over to a neighbouring state's air space or remain within its own boarders that constitute either entailing national air space or international space activity. The Committee of Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS)[4] has, since its commencement, had this particular issue on its agenda. Currently there is a specific working group called the *Working Group on the Definition and Delimitation of Outer Space of the Legal Subcommittee,*[5] attempting to tackle that issue. In the meantime, near space is undefined and therefore unregulated in international law, which presents a problem for technological advances, as it creates uncertainties of the legalities of the activities and explorations being undertaken in the area. In near space there are four main activities which are undertaken in that domain, whether presently or planned for the

F., & Larsen, P. B. (2016). The air/space boundary question. In *Space law: A treatise* (pp. 168-170). Routledge Taylor & Francis Group. The Fédération Aéronautique Internationale or the World Sports Air Sports Federation, put a statement in 2018 that, "the Kármán line is the 100km altitude used by FAI and many other organisations to mark the "boundary" of space", however acknowledges that there are recent scientific developments which would bring it from 100km to the 80km above sea level mark due to the discovery of variations in the density of the atmosphere. Fédération Aéronautique Internationale. (2018, November 30). *100km altitude boundary for astronautics*. https://www.fai.org/news/statement-about-karman-line; Fédération Aéronautique Internationale. (2004, June 21). *The Kármán line: The border between air and space*. https://www.fai.org/page/icare-boundary.

2 Space Law is a series of international laws, treaties and principles that make up the framework the governs and regulates human activities in space. The main treaties are; United Nations. (1967). *Treaty on principles governing the activities of states in the exploration and use of outer space, including the moon and other celestial bodies*. 610 UNTS 205.; United Nations. (1968). *Agreement on the rescue of astronauts, the return of astronauts and the return of objects launched into outer space*. 672 UNTS 119.; United Nations. (1972). *Convention on international liability for damage caused by space objects*. 961 UNTS 187.; United Nations. (1975). *Convention on registration of objects launched into outer space*. 1023 UNTS 15.; United Nations. (1979). *Agreement governing the activities of states on the moon and other celestial bodies*. 1363 UNTS 3.; United Nations General Assembly. (1963). *Declaration of legal principles governing the activities of states in the exploration and use of outer space* (GA Res 1962 [XVIII], UN Doc A/RES/1962[XVIII]).

3 Air Space and Aviation Law are a series of international laws, treaties and principles that make up the framework the governs and regulates airspace and the operations of aircrafts. The main treaty is the 'Chicago Convention', United Nations. (1944). *Convention on international civil aviation*. 15 UNTS 295.

4 United Nations. (1958). *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (UN Doc A/RES/1348[XIII]).

5 Working Group on the Definition and Delimitation of Outer Space of the Legal Subcommittee, *Report on the Delimitation of Outer Space*, UN Doc A/AC.105/C.2/2023/DEF (3 April 2023).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

future, and these are space tourism, commercial activities, scientific exploration and national security defence activities.[6] It is therefore necessary to further investigate the subject and explore the possible solutions in order to address the jurisdictional gap. In terms of this dissertation the focus will be to explore the possible legal frameworks in which the legal freedoms already embedded in international law could be applied to 'Near Space' as well. In international law the *Treaty on Principles Governing the Activities in the Exploration and Use of Outer Space in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies* (OST),[7] is the legal instrument which sets out the principles on activities undertaken in space. Article 1 OST stipulates it is,

> *for the benefit and in the interest of all countries of all, irrespective of their degree of economic or scientific development [...and it] shall be free for exploration and use by all States without discrimination of any kind [...] free of access of all areas [...with the protection of the] freedom of scientific investigation [... and lastly that] States shall facilitate and encourage international scientific cooperation.*[8]

It does not however cover 'Near Space' as part of the outer space domain formally, even though there is no official definition of where outer space begins in the treaty itself. It is therefore possible that it could be covered as part of either outer space or air space law. The scope of this dissertation will focus on the international law and the jurisdictional gap in near space. The aim is to identify a suitable framework for the near space domain which will allow for the protection of the freedoms in Article 1 of the OST. However, as there is scholarship in this area, the literature is reviewed to draw out the proposed options. The potential solutions include (1) an amendment or reform in the existing instruments, (2) to create new legal instrument or (3) approaches to be taken towards a near orbit area to be governed by a neighbouring regime, be it air or outer space law. The structure will commence with the expansion of the research question, design, the theoretical lens and the methodological approach. This will be followed by a review of the scholarly literature on the subject, an analysis and synthesis of the options available and finally a conclusion and recommendations moving forward.

---

6 Space Tourism – 'recreational space travel, either on established government-owned vehicles such as the Russian Soyuz and the International Space Station (ISS) or on vehicles fielded by private companies'. Encyclopedia Britannica. (2024, October 24). *Space tourism*. https://www.britannica.com; Department of Defence (Australia). (2020, September 22). *First launch from Australia to the edge of space*. https://www.defence.gov.au/news-events/news/2020-09-22/first-launch-australia-edge-space; NASA. (2021, December 16). *NASA selects nine space technologies for commercial suborbital flight tests*. https://www.nasa.gov/technology/nasa-selects-nine-space-technologies-for-commercial-suborbital-flight-tests/; NASA. (2023, September). *Suborbital research*. NASA Science. https://science.nasa.gov/researchers/suborbital.

7 United Nations. (1967). *Treaty on principles governing the activities of states in the exploration and use of outer space, including the moon and other celestial bodies*. 610 UNTS 205, art. 1.

8 United Nations, *Op. Cit.*, art. 1.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2. BACKGROUND – RESEARCH QUESTION, DESIGN AND METHODS

The existing published literature on the subject of Near Space/ Suborbit will be analysed to ascertain the options to fill the jurisdictional gap in this area with the aim to identify the most viable option to fill in the gap. The focus is on the freedom of scientific investigations and the securing of peace which features in Article 1 of the OST, which are also featured in the Sustainable Development Goals (SDGs) 16 – Peace Justice and Strong Institutions and 9 – Industries, Innovations and Infrastructures.[9] It is relevant to frame the protections of Article 1 in this manner as that is also the position recently taken by COPOUS in the *Space 2030* Agenda,[10] where the intent is to have the four main objectives in order to have space as a driver of sustainable developments. The four main objectives are, (1) Space Economy which is to say to enhance space derived economic benefits, (2) Space Society and to unlock the potential of space to improve quality of life, (3) Space Accessibility to improve the access to space for all for the achievements of the SDGs, and lastly (4) Space Diplomacy which is a driver for building partnerships and strengthen international cooperation. When seeking to find a legal solution that protects the freedoms stipulated in Article 1 of the OST, those four objectives that are directly derived from the SDGs and in the attempt to target them towards space, are taken into consideration. The research is based on qualitative analysis of the existing literature and is a desk-based investigation. Additionally, the research will briefly draw on examples to illustrate potential solutions from international Law of the Sea (LoS),[11] *Antarctic Treaties*[12] and Aviation Law on occasions to construct approaches in juxtaposition to other areas of international law where similar attempts to protect the same rights stipulated in Article 1 were successfully protected. What follows is to then identify the literature that then attempts to also fill in the jurisdictional gap and to extract the reasons why those scholars thought it was important to address the issue and the manner in which it was approached.

The design of this research is to firstly identify relevant literature which touches upon the subject and to review it to extract and analyse the findings of the scholars. The other portion of the research is based on searching primary sources of law such as UN legislation treaties etc, working groups, committees and declarations which are related to the subject of outer space, and suborbit/near space. Those materials come from the UN Office of Outer Space and the UN online data bases and digital libraries. In the same manner secondary sources such as books and handbooks of

9 United Nations General Assembly. (2015, October 21). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development* (GA Res 70/1, UN Doc A/RES/70/1).

10 United Nations General Assembly. (2021, December 18). *Report of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (GA Res 76/3, UN Doc A/RES/76/3).; United Nations Office for Outer Space Affairs. (2021). *The "Space 2030" agenda: Space as a driver of sustainable development* [Report].

11 United Nations. (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea*. [1983] ATS 31.

12 United Nations. (1959). *Antarctic Treaty*. 402 UNTS 71.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

law that pertains to outer space, air space and LoS were searched and utilized to reach a deeper understanding of the nature of those regimes in juxtaposition to the outer space regime to be able to draw similarities which would potentially benefit the protection of the rights in Article 1 in the near orbit domain. Online dictionaries and encyclopedias are also utilised in order to define certain terms to provide clarity. Similarly, there were some instances where grey literature and other scientific communication was read and taken into consideration but not utilised as sources for the dissertation, rather applied as extra information as to ascertain what certain popular culture of different regions have in relation to the issue as well, as to take legal culture in consideration. This is important to consider as it provides a broader understanding of the legal, political and current affairs in terms of near space activities globally.

In order to identify and locate the literature, specific terms were utilised in the numerous data bases and journal publications in which information was sought out. These terms where '*Suborbital law, Suborbital Space, Near Space, Near Orbit, Near Space law, and Near Orbit Law'* and in addition the articles' citations were searched as well thereafter to reveal a wider map of the research already done on this topic. The data bases utilised were Hein Online as well as their Air and Space data base, Westlaw, Lexis Nexus, JSTOR, Oxford Academic Journals, Kluwer Law Online, and ProQuest. The few journals that specialise in space law that were utilised are the following: Spanish Journal of Air and Space Law, The European Journal of International Law, Air and Space Law Journal, Journal of Space Law, Acta Astronautica, and Annals of Air and Space Law. The data bases were used to access online books in air and space law along with the specified terms to find journal articles that may not be in the specific journals listed. These journal publication and data bases were chosen because they are reliable, and peer reviewed which makes them legitimate sources to utilise in this type of investigation.

The literature materials selected for the review were published in last two decades as to be relevant to the technology and activities taking place currently or in the near future. The literature is presented in subsections based on the recommendations and subsequently chronologically within those sections in order to illustrate the evolution of the legal suggestions. An appendix table is included at the end to better demonstrate the evolution of the literature encompassing the suborbit in the last two decades, from various perspectives and regions of the world.

Following the analysis of the scholarship a list of possible available options for a near space jurisdiction is presented. Then there is an avenue to be able to identify viable options for filling in the jurisdictional gap and their viability in the mist of the geopolitical climate the global society currently find itself in and if those options are viable. The goal is to then analyse each option to identify and expand on the strengths and weaknesses posed in each of those suggestions. The method will be to consider the arguments and options presented by the scholarship with the criteria of those options protecting the freedoms protected by Art 1 of the OST. Lastly the dissertation will compare proposals made by experts and deduct the best way forward in terms of near space and addressing this jurisdictional gap, which will also

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

draw upon the suggestions of the SDGs as mentioned previously. Once the literature is reviewed and analysed and the options posed are presented then three proposed options will be presented with an indication of the most viable versus the most ideal option followed by a conclusion.

3. LITERATURE REVIEW OF LEGAL GAPS IN NEAR SPACE

3.1. Introduction to Literature Review

It is necessary to review the existing literature to understand what scholars have previously identified as the main issues as to why a particular regime or area of law would be suitable to apply to near space. The literature that encompasses orbital and near orbit flights showcases several viable options. Over the decades there have been suggestions of where the scope of the activities undertaken in the near orbit space fall in the law. These recommendations range from including the suborbital activities in air law, space law, a combination of air and space law, and unique suggestions which embrace a completely different regime. The literature additionally shed light on the theoretical approaches appropriate when considering the applicability of the available law. The sections below explore this literature and aim to provide a comprehensive overview of the viewpoints and opinions over the last two decades showcasing the evolution and developments of the suggestions towards regulating the sub/near orbit.

3.2. Air Law

International Air Law is the first most obvious option that come to mind when considering what regime would most appropriately be able to encompass the legalities of activities undertaken in the near orbit. The International Civil Aviation Organization (ICAO)[13] is an example that occurs when such a suggestion is given, due to its global endorsement, but also because of the fact that it has already started to consider and even define suborbital flights. In an article titled 'Suborbital Flights and ICAO',[14] Professor Peter van Fenema introduces the topic by stating that the 'note will briefly describe a number of issues of air and space law connected with the operation of suborbital flights and the (regulatory) role ICAO could play'.[15] The article refers to a working paper by the ICAO from the 175th Council Session[16] on

13 International Civil Aviation Organization. (2024, October 22). *ICAO website*. https://www.icao.int/Pages/default.aspx

14 Van Fenema, P. (2005). Suborbital flights and ICAO. *Air and Space Law, 30*(6), 396-411.

15 Van Fenema, P. *Op. Cit*., 396.

16 International Civil Aviation Organization. (2005, May 30). *Concept of suborbital flights* (Working paper C-WP/12436, 175th Session).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

the Concept of Sub-Orbital Flights from 2005 in which the Secretary General to the Council had presented. The note firstly points out the issue that there is no specific and agreed upon definition of a suborbital flight or outer space,[17] and how that is the starting point of the regulatory ambiguity. The article continues by outlining the characteristics of suborbital flights that are relevant to whether the ICAO interest or actions can be triggered under its mandates,[18] while also providing the definition of an aircraft which is, 'any machine that can derive support in the atmosphere from the reactions of the air other than the reactions of the air against the earth's surface'.[19] It is then that the note touches on the vehicle's functionality and purpose, as relevant to the issue of whether the ICAO would be a relevant authority to regulate the industry. The note then states that the main reasoning as to why the ICAO should be the regulatory body is due to the fact that the suborbital vehicles would be 'users of air space'[20] and that even if, 'all space objects pass through controlled air space on their way to uncontrolled outer space makes it appropriate for ICAO to be involved in the development of safety procedure and practice guaranteeing the safety of flight in both environments and for all users'.[21] The question as to which stage should the 'air traffic manager transfer the management of the flight of a space object to the space traffic manager?',[22] is proposed with a final conclusion that the ICAO should be the managing body for suborbital flights.

In the following article, 'Regulating Sub-Orbital Flights Traffic: Using Air Traffic Control as a Model?',[23] by Fabio Tronchetti the author is primarily concerned with the need to establish a systematic approach to dealing with the traffic caused by suborbital flights as to avoid interferences or potential collisions when traversing through airspace and then in outer space. The article commences by stating that there is a need for the establishment of a 'sub-orbital flight traffic control mechanism'[24] and suggests as to how that could be accomplished. Tronchetti describes what a suborbital flight entails by pointing out what the ICAO has defined it as, mainly 'a flight to a very high altitude which does not involve sending the vehicle into orbit'.[25] The article follows with an analysis as to the applicability of air and space law for such vehicles. The author then alludes to the fact that air law is based mainly on the concept that nations have sovereignty over the air space above their

17 Van Fenema, *Op. Cit.*, 396-397.

18 Van Fenema, *Op. Cit.*, 400.

19 Van Fenema, *Op. Cit.*, 400, International Civil Aviation Organization. (1944). *Convention on international civil aviation*, 15 UNTS 295, as amended by the 1994 Protocols.

20 Van Fenema, *Op. Cit.*, 401.

21 Van Fenema, *Op. Cit.*, 403.

22 Van Fenema, *Op. Cit.*, 403.

23 Tronchetti, F. (2011). Regulating sub-orbital flights traffic: Using air traffic control as a model? *Proceedings of the International Institute of Space Law, 54*, 176-186.

24 Tronchetti, *Op. Cit.*, 176.

25 Tronchetti, *Op. Cit.*, 177.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

territories while space law on the other hand operates on the basis of the complete opposite notion in the absence of sovereignty.[26] The fact that there is no legal determination of the physical boundaries defining where air space ends and outer space begins, the author points out that, 'the status of the zone between 80km to 110km, which is the area which the sub-orbital vehicle is supposed to reach, remains controversial'.[27] Tronchetti explains that the applicability of the law would then be based on the delimitation of the boundaries of which are constructed by the spatial or functional approaches. The spatial being that of a clear definition of the spatial dimensions in which the suborbit exists and the functional by means of the nature of the activities taking place. However, the latter approach can be problematic in certain circumstances where there are activities that require both the vehicles to be defined as an aircraft and space object. Tronchetti in this instance purposes that, 'the result of this reasoning would be that both air and space law should apply to regulate a single sub-orbital journey'.[28] This is a sensible suggestion in the absence of a legal framework in the suborbit, that both air and space law would apply, however it is pointed out in the article that this line of thinking is widely rejected by other scholars since it is too complex to apply two regimes to one journey. It is also suggested that others prefer simply apply space law while others argue that the majority of the activity takes place in the air space of the national territories and that therefore should be regulated by air law.[29] Tronchetti moves on to explain and compare in some details the existing air traffic regulations and then the lack of outer space traffic regulations. The proposal then is a suborbital flights traffic control mechanism which considers the journey of the vehicles and where it is likely to cause traffic. Ultimately the conclusion is to establish a mechanism that mirrors the air model that then could be applied to both the suborbit and outer space.[30]

In the next article titled, 'Suborbital Flights: Applicable Law',[31] Professor Gabriella Sgrosso aims to identify whether national or international law would be most appropriate to apply to Suborbital flights.[32] This is done though a thorough exploration of the different types of vehicles that are known to perform in the near orbit area. The article identifies four categories of vehicles as, Suborbital flights, Spaceplanes, Hybrid Spaceplanes and Spacecrafts.[33] Sgrosso does this by applying a func-

26 Tronchetti, *Op. Cit.*, 178.

27 Tronchetti, *Op. Cit.*, 178.

28 Tronchetti, *Op. Cit.*, 178.

29 Tronchetti, *Op. Cit.*, 178.

30 Tronchetti, *Op. Cit.*, 186.

31 Catalano Sgrosso, G. (2014). Suborbital flights: Applicable law. *Proceedings of the International Institute of Space Law, 57*, 467-478.

32 Catalano Sgrosso, *Op. Cit.*, 467.

33 Suborbital flight – 'flights in which a spacecraft climbs to altitudes higher than 100km but its trajectory intersects the atmosphere or surface of the gravitating body from which it was launched so that that it does not complete an orbital revolution', Catalano Sgrosso, *Op. Cit.*, 467- 486.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

tional criterion in order to identify the 'international air law provisions that are best suited to regulate the first types of spaceplanes'.[34] The author then suggests that for the hybrid vehicles that are in the first stage of the flight air law should apply but there after once in orbit, space law should apply in those cases. Lastly for the spacecrafts, the author makes a distinction that if there is a mission is to be carried out in space, space law should apply, however points out that if the vehicles have been, 'developed by the private industry for commercial exploitation purposes [should] be considered aircrafts'.[35] The article concludes with the best practice in regulating these types of vehicles and the different activities should sign, 'specific cooperation agreements among the parties and applying private law',[36] suggesting that at there would be increasing transportation and insurance sector cooperation in order to address the issue of liability. Overall, these three authors make the case that considering the well-established air law regimes it is better fitted to extend its regulatory framework to include the emerging suborbital activities.

3.3. Space Law

In a book that seeks to bring together science and law in space named, *Promoting Productive Cooperation Between Space Lawyers and Engineers*,[37] the fifth chapter is titled, 'Suborbital Spaceflight: Legal Aspects',[38] and is composed by scholar Yuri Takaya-Umehara, who sheds light on the legal aspects that encompass the legal status of the suborbit. The author commences with chapter pointing out the fact that there are legal challenges when it comes to the different types of suborbital vehicles, the legal framework applicable to such vehicles internationally and the need to further develop the regulatory framework mainly the Space Traffic Management

Spaceplanes – planes that can 'take-off like a plane without using a rocket launcher, as it is not designed to be placed in orbit, even if it might reach suborbital altitude for a few seconds', Catalano Sgrosso, *Op. Cit.*, 468 - 469.
Hybrid Spaceplanes – 'this group of vehicles includes multistage hybrid aerospace systems: some of their components have the characteristics of an aircraft and carry out their mission in airspace while others have the characteristics of a space object and carry out their mission in orbit', Catalano Sgrosso, *Op. Cit.*, 473.
Spacecrafts – 'this group of aerospace planes includes those craft having features more similar to space objects: vertical take-off, launch from ground-based launchers, placement in orbit – where their mission is carried out – and return to Earth performing a horizontal landing, sometimes in another State', Catalano Sgrosso, *Op. Cit.*, 474.

34 Catalano Sgrosso, *Op. Cit.*, 467.

35 Catalano Sgrosso, *Op. Cit.*, 467.

36 Catalano Sgrosso, *Op. Cit*, 485.

37 Nakarada Pecujlic, A., & Tugnoli, M. (Eds.). (2019). *Promoting productive cooperation between space lawyers and engineers*. IGI Global.

38 Takaya-Umehara, Y. (2019). "Suborbital spaceflight: Legal aspects". In A. Nakarada Pecujlic & M. Tugnoli (Eds.), *Promoting productive cooperation between space lawyers and engineers* (pp. 64-80). IGI Global.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

(STM)[39] systems.[40] Umehara then moves on to explain the types of suborbital flights and vehicles from a legal point of view, pointing out the legal differences between public or private vehicle and whether it is a plane or rocket type. This is followed by outlining the applicable international frameworks to suborbital flights and the definitional issues of the terms 'suborbital flight', 'outer space', 'space object', and 'space tourist.' The author then moves on to explaining the procedural characteristics of private suborbital flights by outlining the responsibilities both internationally and of the States. However, the main recommendations of the chapter lie in the analysis of the STM systems. Umehara explains that the development of an international regulatory framework needs to be in the form of the STM system. It is emphasised that the STM is,

> *a concept to provide a framework for the safety, stability and sustainability of space activities in the future, including technical as well as regulatory elements [and] it aims to provide appropriate means for conduction space activities without harmful interference, supporting the universal freedom to the use outer space under the OST.*[41]

It is pointed out that it first emerged in the 1980s formed by the American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA),[42] a concept that continuously develops over the years in order to promote safety in space exploration. Umehara moves on to explain in detail the key STM components as knowledge of the orbital environment, standard formats for data exchange, best practices, ownership and operation characteristics of spacecraft and flights, and lastly the space traffic control services. The paper proceeds to explain how these aspects have challenges to face in terms of being applied to the suborbit if the STM systems would be applied to the Low Earth Orbit (LEO)[43] suborbital flights. Those challenges are mainly LEO is a congested area, and that it would inevitably need to coordinate with the Air Traffic Management (ATM) systems, this would take significant international cooperation. Another significant aspect is pointed out as a key challenge, is the management of space debris in the LEO region and the need for an Active Debris Removal (ADR)[44] system which would target

---

39 Murakami, D., *et al*. (2019). «Space traffic management with a NASA UAS traffic management (UTM) inspired architecture». In AIAA SciTech 2019 Forum. American Institute of Aeronautics and Astronautics. https://technology.nasa.gov/patent/TOP2-294; NASA. (2024, October 24). *Space traffic management (STM) architecture*. https://technology.nasa.gov/patent/TOP2-294; European Commission. (2024, October 24). *STM factsheet*. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/space-traffic-management_en.

40 Takaya-Umehara, *Op. Cit.*, 65.

41 Takaya-Umehara, *Op. Cit.*, 71.

42 Takaya-Umehara, *Op. Cit.*, 71.

43 LEO – "region of space where satellites orbit closest to Earth's surface. There is no official definition of this region, but it is usually considered to be between 160 and 1,600 km (about 100 and 1,000 miles) above Earth" Encyclopedia Britannica. (2024, September 4). *Low Earth orbit.* Encyclopedia Britannica. (2024, September 4). *Low Earth orbit*. https://www.britannica.com

44 Active Debris Removal is reported on in an international Interdisciplinary Congress with UNNOSA – United Nations Office for Outer Space Affairs. (2012). *Active debris removal: An essential mechanism for ensuring the safety and sustainability of outer space* (UN Doc A/AC.105/C.1/2012/CRP.16).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

the removal of not only debris but also decommissioned and dysfunctional satellites. After analysing the ADR system through a legal perspective, Umehara deducts that the, 'STM is not only for a safety in space transportation but for the suitable use of the LEO environment',[45] and that it is because of the non-binding nature of the STM and its lack of restriction by existing space treaties. The suggestion is then that the STMs need further development and coordination, 'among the existing regulatory framework under ICAO, International Telecommunications Union (ITU), and other regional or national administrations',[46] in order to develop a STM specialized organisation similar to the ICAO but that specialises in Space Situational Awareness (SSA) in the suborbital and outer space regions.[47] The author then concludes with the final thoughts that such a system would only be viable if there is an involvement by the various private companies and entities which are highly invested in space activities as to ensure that when the STM framework is established the rules of the STM are in fact implemented.[48] Overall the author here presents a great suggestion to implement STM as the system that should similar to the air traffic control system, regulate that of the sub-orbit and outer space, this would then fall under the space law regime providing much needed consistency for activities currently being undertaken in the area but also as a legal guide for what technology is yet to emerge.

3.4. Hybridisation of Air and Space Law

The concept of hybridisation of the two adjacent legal regimes is another approach to the issue of jurisdiction in the area. It could resolve the problem if the distinction is made as to whether air or space law applies. This was identified by scholar Michael Chatzipanagoiotis in the article, 'Criminal and Disciplinary Issues Pertaining to suborbital Space Tourism Flights'.[49] The author is particularly interested in the jurisdictional issues in space tourism flights which are mainly undertaken in the suborbital area. In particular, should a crime take place in the suborbital flight, the issue of distinction of jurisdiction arises. Chatzipanagoiotis points out that the problem lies in the issue of delimitation of outer space and points that there are two theories that will help with the distinction mainly being that of spatialism and functionalism.[50] In terms of spatial theory, the 'boundary has to be fixed to determine

45 Takaya-Umehara, *Op. Cit.*, 73.

46 Takaya-Umehara, *Op. Cit.*, 73.

47 Takaya-Umehara, *Op. Cit.*, 73.

48 Takaya-Umehara, *Op. Cit.*, 74.

49 Chatzipanagiotis, M. (2007). Criminal and disciplinary issues pertaining to suborbital space tourism flights. *Proceedings of the International Institute of Space Law, 50*, 215-225.

50 Spatialist Approach is defined as, "space/air boundary defined in physical terms" and Functionalist Approach is defined as, "less concerned about physical factors but stresses the purpose for which an instrumentality exists and for which it is being employed at the relevant time", Lyall & Larsen, *Op. Cit.*, 169.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

where airspace end and where outer space begins',[51] and that with the functional theory on the other hand 'space law governs the legal relations of space activities, wherever they may be conducted'.[52] Furthermore the article points out that there is a need for a clear definition of the terms '*space activity'* and '*space object'* to further be able to properly apply a functionalist approach.[53] This lack of clear definitions and delimitations results in the necessity to have to combine both theoretical approaches as well as need to apply both regimes instead of the one. Chatzipanagoiotis ultimately concludes that both air and space law regimes apply to suborbital flights, unless the vehicles are exclusively rocket propelled and that it then 'creates legal inconsistencies which result in legal insecurity and hinger innovation'.[54] This particular issue then calls for a hybridisation in the legal regimes that is catered particularly to vehicles traveling in the near orbit.[55] The author closes with final remarks that point out that both regimes share the element of criminal jurisdiction and disciplinary actions and therefore the hybridisation should be viable. Chatzipanagoiotis suggests that there four actions that need to take place in order to achieve this: (1) creating national legislation establishing the criminal jurisdiction; (2) vesting powers to the commander of the vehicle with disciplinary powers as per the *Tokyo Convention*;[56] (3) any acts that considered endangering the life and safety or lack of good behaviour to be declined by the international air law; and (4) that security measures should be adopted as per Annex 17 of the Chicago Convention.[57]

In the *Handbook of Space Law* in the chapter titled, 'Legal Aspects of Private Manned Spaceflight',[58] and the article 'The integrated approach – Regulating private human spaceflight as space activity, aircraft operation, and high-risk adventure tourism',[59] Frans von der Dunk is primarily concerned with the legal aspects that pertain to the use of private spaceflights in space tourism and the need to develop a cohesive system that would combine the different elements of the hybridising nature of the activity. Von der Dunk in the chapter commences by addressing definitional issues for the terms 'suborbital' and 'outer space' and then explores the differences between the applicable legal regimes, being air and space law. He explores the

51 Chatzipanagiotis, *Op. Cit.*, 215.

52 Chatzipanagiotis, *Op. Cit.*, 215-216.

53 Chatzipanagiotis, *Op. Cit.*, 216.

54 Chatzipanagiotis, *Op. Cit.*, 224.

55 Chatzipanagiotis, *Op. Cit.*, 224.

56 International Civil Aviation Organization. (1963). *Convention on offences and certain other acts committed on board aircraft*, 704 UNTS 219 (entered into force December 4, 1969).

57 Chatzipanagiotis, *Op. Cit*, 224, United Nations. (1944). *Convention on international civil aviation*. 15 UNTS 295., annex 17.

58 Von Der Dunk, F. (2015). "Legal aspects of private manned spaceflight". In F. Von Der Dunk & F. Tronchetti (Eds.), *Handbook of space law* (pp. 662-716). Edward Elgar Publishing.

59 Von Der Dunk, F. G. (2013). "The integrated approach: Regulating private human spaceflight as space activity, aircraft operation, and high-risk adventure tourism". *Acta Astronautica, 92*(2), 199-208.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

legal issues of the private suborbital manned spaceflights versus the private orbital manned spaceflights and then draws a comparative analysis both of those issues. This then provides the necessary perspective which illustrates the need for a better traffic management system considering the technological advancements and the potential for all three areas to become congested with traffic. On the other hand, the article is more centred on the need to present an integrated approach of air, space, and high-risk adventure tourism (HAT)[60] laws and regulations which will if applied bring cohesion to the regulations of private human spaceflights. In this his analysis of HAT, von der Dunk explains that, the future of the tourism laws will largely rely on the concept of 'informed concept' and mainly draw on national jurisdictions laws which deal with similar high-risk touristic activities.[61] Von der Dunk comments that, 'all three existing sectors to a certain extent enjoy their specialised legal regimes, each of which has its relevance',[62] and that there should be an integration of the various laws in order to establish a comprehensive, consistent and cohesive legal framework for the regulation of private manned spaceflights and tourism. The article concludes with the solution to applying a space law approach to establish the framework for the HAT can only be achieved if various issues within space law are resolved and only if it borrows guidance from air law regulatory bodies such as ICAO and other applicable elements alongside the laws of HAT. Only then can it, 'offer the best balance between the general public interest in safe, environmentally benign and peaceful space activities and the interest of an infant industry yet to take off'.[63] This analysis is particularly insightful as it includes the ideas of bringing in existing laws for the protection of tourist into consideration which is a significant activity that commercial flights are aiming to achieve.

Continuing the topic of space tourism, scholar Upasana Dasgupta her article 'Legal Issues on Sub-Orbital Space Tourism: International and National Law Perspectives',[64] dedicates a section of the article to the applicability of the law whether air or space law, and to the authorisation and regulatory framework, liability and national laws regarding space tourism. Dasgupta in this section points out the spatialist and the functionalist theory and states that according to the functionalist approach, 'a fixed boundary is irrelevant, and space is where space activity takes place',[65] and that in terms of the spatialist approach, 'an easily determinable boundary at a certain level

60 High-risk adventure tourism is not defined, however 'adventure tourism' is defined by Adventure Travel Trade Association (ATTA) in a report by United Nations World Tourism Organization - UNWTO as, "domestic or international, and like all travel, it must include an overnight stay, but not last longer than one year." United Nations World Tourism Organization. (2014, October). *Global report on adventure tourism* (Vol. 9, p. 10). UNWTO.

61 Von Der Dunk, *Op. Cit.*, 206.

62 Von Der Dunk, *Op. Cit.*, 207.

63 Von Der Dunk, *Op. Cit.*, 208.

64 Dasgupta, U. (2013). Legal issues on sub-orbital space tourism: International and national law perspectives. *Annals of Air and Space Law, 38*, 237-281.

65 Dasgupta, *Op. Cit.*, 245.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

above sea level should be agreed upon to demarcate between airspace and outer space'.[66] The author then moves to referring to space tourism from the perspective of national domestic governance and for space tourism, '*innocent passage*'[67] would then become an issue. Dasgupta claims that, 'States are so adamant on not allowing transit rights over their sovereign airspace without agreement for aircraft, it is unlikely that they will allowed "innocent passage" for point to point suborbital vehicles which will primarily fly over airspace'.[68] This is a valid point to consider as there are currently no agreements and it the issue of what and who is allowed in the near orbit that is currently an international issue. Dasgupta's ultimate position is that whichever regime is made applicable, 'the existing body of law will need to be adapted accordingly keeping in mind the hybrid nature of the vehicles'.[69] The authors concluding remarks state that neither systems are sufficient to adequately cover the nature of these vehicles in the near orbit and that it is therefore necessary to have a different regime which encompasses features of both air and space law and that this hybridising regime would have to governed by a third party.[70]

The next article titled, 'The Mission (IM)Possible: Towards a Comprehensive Legal Framework Regulating Safety Issues of Point to Point Suborbital Flights',[71] touches base on other issues pertaining to the space tourism issue in suborbital space and point to point flights (P2P). Paulina E. Sikorska in the first section expresses concerns over safety issues, the potential political impact in space law generally and the issue of delimitation. In the second section Sikorska discusses the fact that there is a lack of definition for *'Space passenger'* and unification of world standards for spaceports.[72] The author also touches on space debris and the weaponization of space and how concerning that is generally. In the third chapter there is a comprehensive analysis of 'four international space law conventions and the suitability of their usage to safeguarding the safety of commercial P2P flight'.[73] The fourth chapter is dedicated to presenting various fictitious scenarios which present concerning position if the vehicles where to crash due to pilot error.[74]

66 Dasgupta, *Op. Cit.*, 245.

67 Definition of Innocent Passage – UNCLOS is defined in Article 19 (1) as "Passage is innocent so long as it is not prejudicial to the peace, good order or security of the coastal State. Such passage shall take place in conformity with this Convention and with other rules of international law." Articles 17-19 stipulate the right of innocent passage and what it entails and does not entail. United Nations. (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea* ([1983] ATS 31), arts. 17-19.

68 Dasgupta, *Op. Cit.*, 249.

69 Dasgupta, *Op. Cit.*, 250.

70 Dasgupta, *Op. Cit.*, 279.

71 Sikorska, P. E. (2014). "The mission (im)possible: Towards a comprehensive legal framework regulating safety issues of point-to-point suborbital flights". *Jurisprudence, 21*(4), 1055-1078.

72 Sikorska, *Op. Cit.*, 1056.

73 Sikorska, *Op. Cit.*, 1056.

74 Sikorska, *Op. Cit.*, 1056.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

The author finally concludes with the point of view that in order to safe guard the P2P the international community should strive to have hard law implemented, but also concedes that meanwhile soft law may be a temporary solution.[75] The solution is presented by suggesting that the ICAO create an additional annex along with a comprehensive convention provided by COPUOS to lead by working groups for near space. The author suggest a radical option to establish an 'International Space Transportation Organization (ISTO)'[76] which would solely deal with suborbital flights which ideally would work together with ICAO and COPUOS, but admits the difficulties of establishing such a framework in a short time period considering the rapid technological advancements, and settles for a temporary soft law hybridization approach in order to provide safety and liability measures to the current space tourism industry. The suggestion to temporarily rely on soft law to be able to manage the regulation of near space while the legal framework catch up is a sound line of reasoning as establishing a new regime and hard laws such as treaties or setting up completely new regulatory bodies take a lot of political cooperation and may take years in the making. However, establishing a working group within COPOUS is a necessity in order to move towards establishing any legal consistencies in the near space.

In a policy memorandum titled, 'Policy Analysis: Air versus Space, Where do Suborbital Flights Fit Into International Regulation?',[77] scholars Thomas Cheney and Lauren Napier, again express concern about how there are no clear consensus regarding how to regulate the suborbital flights. The paper also deals with the issues of inadequacies of the legal definitions referring to suborbital space, which in turns creates a further difficulty in identifying the delimitation of where space begins and lastly addresses the 'problem of "antiquated" treaties'[78] and identifies that there are overlapping regimes with a sizable gap to consider. The paper discusses the inadequacy of the definitions of the terms, 'Space Object', 'Aircraft', 'Air Space', and 'Outer Space'. The paper then moves on to expanding on the terms, 'Astronaut', Space Tourist, 'Space Flight Participant' and 'Passenger', through spatial and functional theoretical approaches. The scholars advise that there are five possible policy options that being; (1) an aviation-based approach; (2) a space-based approach; (3) leaving it to the States to legislate national legislation; (4) to integrate and harmonize the overlapping regimes and; (5) to leave it to the experts to create and committee that dedicated itself to suborbital flights.[79] The recommendation put forwards by the scholars was that the hybridisation of the regimes would ultimately be the ideal approach. This would be a, 'harmonized (or integrated) approach where both ICAO

75 Sikorska, *Op. Cit.*, 1056.

76 Sikorska, *Op. Cit.*, 1071.

77 Cheney, T., & Napier, L. (2015). "Policy analysis: Air versus space, where do suborbital flights fit into international regulation?" *Journal of Science Policy & Governance, 7*(1), 1-13.

78 Cheney & Napier, *Op. Cit.*, 1.

79 Cheney & Napier, *Op. Cit.*, 9-10.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

and UNOOSA/COPUOS share the duties of regulating suborbital flight'.[80] However there is a recognition that this is not an option in the near future due to the various obstacles which that would pose[81] and therefore propose that the most feasible solution is in fact to have experts and scholars in, 'aviation and space fields to consider how to create and implement international regulations for suborbital flights'[82] and those suggestions should be implemented through the ICAO and that UNOOSA/COPOUOS should carry this endeavour out with representatives in those expert fields. Consulting the experts in the field which are both from scientific and legal backgrounds would result in the construction of a cohesive regime that is targeted towards both protecting the rights and freedoms that international law safeguards while also taking into account the activities that are viable and safe in the near orbit. Over all the authors in the literature that advocated for an integration, hybridized or harmonization of the legal existing legal regimes in order to protect the interest of those that are going to be either tourists or otherwise partaking in the activities in near space. Without these sorts of basic protections of rights and freedoms the emerging space industry will suffer, when there are no clear indications of what rules and regulations there is a present risk of non-compliance with international norms by both states and stakeholders.

3.5. New Unique Regimes for Near Space/Suborbital Space

The idea of creating a new and unique regime for near orbit and suborbital space is explored in the article 'Prometheus Unbound? Proposal for a New Legal Paradigm for Air Law and Space Law: Orbit Law',[83] by C. Brandon Halstead. In this article the proposal is clear, a new unique regime for the near orbit and it should be called '*Orbit Law'*. Which is an interesting proposal because by name it sounds like it would only include orbiting activities which are technically taken in outer space and not in the suborbit/near orbit area. However, as the paper explains it would include both creating a unique area that could include some of air, suborbit and space area. In 2010 when this paper was written the expert made a bold statement that this new proposal would,

> *synergize the functional/spatial demarcation of flight and recommend new legal guidelines blended from existing air laws and space law [...] relying on orbital status rather*

80 Cheney & Napier, *Op. Cit.*, 10.

81 The obstacles the authors present are due to, "the disposition of States towards national interest and given the lethargy of the United Nations to get new regulations passed –no less agreed upon – by the many number of members residing in COPOUS", Cheney & Napier, *Op. Cit.*, 10.

82 Cheney & Napier, *Op. Cit.*, 10.

83 Halstead, C. B. (2010). "Prometheus unbound: Proposal for a new legal paradigm for air and space law: Orbit law". *Journal of Space Law, 36*(1), 143–206.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

than air-space segregation to determine the applicable legal principles applied to such flight[s].[84]

This article commences by detailing the history of air and space law and the issue of delimitation and then moves on to examine the spatial and functionalist approaches. It then explains in detail what the new '*Orbit Law'* regime would look like and what it is set out to protect, mainly science, liabilities and what the ramifications of suborbital flights have within the regime. The article maintains that, 'Orbit Law would initially apply existing principles of international air law to all suborbital flights, while governing all orbital and inter-orbital flights under current space law principles'.[85] This initial suggestion to establish a Near Orbit law is interesting and on principle sounds like a viable option, it would have to be further elaborated and discussed upon at the international level in treaties, conventions and other regulations would have to passed established. This would take significant amount of time but is a attainable in the long run.

In the article 'Regulating Private Human Suborbital flight at the international and European Level: Tendencies and Suggestions',[86] by experts Tanja Masson-Zwaan and Rafael Moro-Aguilar, the authors ultimately suggest that the best way forward is to come to the resolution that suborbital flights are their own notion and that only, 'a new legal regime would be able to combine notions of both air and space law, in order to resolve the current deficiencies of each discipline'.[87] The scholars make a valid point that space law does not have enough accommodating features to include suborbital crafts, simultaneously air law poses its own difficulties in being able to deal with the vehicles in question.[88] The discussion of the definition of the term '*aircraft'* is brought up in light of the *Chicago Convention*,[89] and how again it does not accommodate suborbital vehicles. Two solutions are analysed and proposed in the article, and they are based on the case studies of the United States (US) versus the European (EU) approach. The US approach is that which is governed and regulated by licensing through the Office of Commercial Space Transportation of the Federal Aviation Administration (FAA/AST) which then results in facilitating the development of the innovations in suborbit.[90] On the other hand EU approach is to regard the activities in suborbit to be considered aviation and therefore leave the regulations to the European Aviation Safety Agency (EASA).[91] The scholars come to this

84 Halstead, *Op. Cit.*, 146.

85 Halstead, *Op. Cit.*, 205.

86 Masson-Zwaan, T., & Moro-Aguilar, R. (2013). Regulating private human suborbital flight at the international and European level: Tendencies and suggestions. *Acta Astronautica, 92*(2), 243-254.

87 Masson-Zwaan & Moro-Aguilar, *Op. Cit.*, 243.

88 Masson-Zwaan & Moro-Aguilar, *Op. Cit.*, 243.

89 United Nations. (1944). *Convention on international civil aviation*. 15 UNTS 295

90 Masson-Zwaan & Moro-Aguilar, *Op. Cit.*, 243.

91 Masson-Zwaan & Moro-Aguilar, *Op. Cit.*, 243.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

conclusion after exploring the ramifications of both those options, that it is advisable that neither of those options would be preferable and in order to avoid '*flags of convenience*'[92] as seen in the shipping[93] industry a completely new regime should be established. The solution presented in this article was to create a new regime which should be 'based on the main premises of space law while using some of the building blocks in air law'.[94] These suggestions presented provide the scaffolding needed to be able to establish a new regime that does not hinder the aviation industry with further responsibility of regulating suborbital flights and builds upon the space law principles. This would then protect the freedoms provided in the OST and allow for the sustainable development of the activities in the suborbital space.

The brief article by scholar Jinyuan Su titled, 'Near Space as a *sui generis* Zone: A tri-Layer Approach of Delimitation',[95] a viewpoint is presented where there is an expressed concern for the lack of boundary delimitation and the difficulties it presents. The author states that the note, 'predicts that the advent of Near Space Vehicles (NVSs), which could remain stationary and conduct certain activities in near space, would require a clarification of both their applicable law and the legal boundary between air space and outer space'.[96] The note explains in some details that there are issues that arise when NVSs and the arbitrary nature of the applicable law in various instances and activities that take place in the near orbit space. Su urges that there is a need to establish a sui generis[97] zone, meaning a zone that is uniquely identified as its own region. It is pointed out that this is particularly the case when there are technologies that seem to operate both as free floating and as manoeuvring vehicles with propulsion mechanisms, there by not falling into the category of an aircraft or a space object.[98] This then becomes a dilemma for the application for the functionalist or spatial approaches as to what law applies.

---

92 '*Flags of* Convenience' is a term that derives from the fact that in UNCLOS Article 94 (1) stipulates that "Every State shall effectively exercise its jurisdiction and control in administrative, technical and social matters over ships flying its flag," and that actors will register vessels according to the activities undertaken which will be convenient to their affairs. Above n 67, art 94. In the book, *The International Law of the Sea* by Yoshifumi Tanaka it is described as, "no generally agreed definition 'flag of convenience' or 'open registry' States refer, in essence, to States that permit foreign shipowners, having very little or virtually no real connection with those States, to register their ships under the flag s of those States." Tanaka, Y. (2015). *The international law of the sea* (2nd ed.). Cambridge University Press.; Churchill, W. S., & Lowe, A. W. (1988). *Law of the sea*. The Macmillan Press.; Organisation for Economic Co-operation and Development. (1973). Study of flags of convenience. *Journal of Maritime Law and Commerce, 4*, 231-254.

93 Masson-Zwaan & Moro-Aguilar, *Op. Cit*., 252.

94 Masson-Zwaan & Moro-Aguilar, *Op. Cit*., 252.

95 Su, J. (2013). Near space as a sui generis zone: A tri-layer approach of delimitation. *Space Policy, 29*(2), 90-92.

96 Su, *Op. Cit*., 91.

97 *'Sui generis' – adjective* of his, her, its, or their own kind; unique. Macquarie Dictionary. (2024, October 24). *Sui generis*. https://www.macquariedictionary.com.au

98 Su, *Op. Cit*., 91.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Su then claims that 'the traditional bi-layer approach of delimitation would most likely categorize the entirety of near space as either air space or outer space',[99] and not a combination of both. This paradoxical situation then calls for a 'tri-layer' approach where it is necessary to draw a line as to give clear indication of what is classified as near space and the legal regime that applies. Su touches on the security ramifications of establishing such a regime and ultimately suggested that establishing as 'near space law' as a separate branch for the purposes of regulating such activities. Su states that;

> *from a security perspective, because of its proximity to the land territory in relation to outer space, the limitation of military activities in near space should only be more stringent than in space law, which allows passive military activities while prohibiting Weapons of Mass Destruction in Earth orbits. Reference could be made as to the Antarctic Treaty., by preserving near space exclusively for peace purposes.*[100]

This is especially the case since there are many scientific activities which take place in the near orbit and safeguarding those activities. The brief note concludes with the warning that 'future debates will center on the conflict between the expansion of State sovereignty and the maintenance of freedom of explorations and use of near space',[101] but that nevertheless there needs to be a compromised proposal for the establishment of near space law. Again, the establishment of a regime for the near space is necessary and the author here brings up valid points that if the scientific activities that are stationary in the near orbit, this is not a case of innocent passage as seen in suborbital flight, the rules need to be clearly stipulated so that there are no ambiguities that then lead to unnecessary conflicts. This is yet another example of a situation where the establishment of an international regime would safeguard the freedoms that are guaranteed in outer space but not in near orbit while also clearly protecting the rights and privacy of the states below.

The next article deals with the issue of transportation in suborbital space titled, 'International Suborbital Passenger Transportation: An Analysis of the Current Legal Situation of Transit and Traffic Rights and its Appropriate Regulation',[102] by Benjamyn Ian Scott. Here Scott focuses on analysing both air and space regimes in the context of a proposed international suborbital passenger transportation system (ISPT).[103] Scott explores the complexities of regulating the suborbital area and ultimately concludes that, 'neither air nor space law is suitable',[104] claiming why in the

99 Su, *Op. Cit.*, 91.

100 Su, *Op. Cit.*, 91.

101 Su, *Op. Cit.*, 91.

102 Scott, B. I. (2015). "International suborbital passenger transportation: An analysis of the current legal situation of transit and traffic rights and its appropriate regulation". *Issues in Aviation Law and Policy, 14*(2), 277-312.

103 Scott, *Op. Cit.*, 277.

104 Scott, *Op. Cit.*, 278.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

end the article will explore new regime as a solution.[105] In the article the transit and traffic rights are identified and case studies of nations collaborations are explored namely UK-Australia, UK-US, and US-Australia. In the end Scott concludes that the aim of the 'paper was to show which legal regime regulates the emerging area of commercial suborbital activities, with a specific focus on ISPT'.[106] Based on the research undertaken the proposed solution would be a new regime that will, 'allow for the law to best reflect the needs of this industry as it would be constructed with its unique characteristics'.[107] Scott also states that air and space law are a 'state-centric activity',[108] and that this new area of law needs to be commercial-industry based instead, allowing for further developments not dependent on limited state funding or needs. Such a regime that consults the industry stake holders and commercial entities would result in the creation of the law being constructed in a manner in which it would understand how the technology works and what can and cannot be achieved in the suborbit and near space. It is to say without a clear understanding of how the technology works and what possibilities exist the near orbit it would be hard to legislate any meaningful legal regime that will not hinder the potentials of the industry.

In the article 'World Apart: The Legal Challenges of Suborbital Flights in Outer Space',[109] by Roy Balleste. In this article Balleste the issue of delimitation and informs the readers that this question was in fact on the COPUOS agenda since 1977[110] and that it has recently been addressed again in 2010, however it resulted in limited success for the ICAO.[111] Then Balleste states that it is necessary to undertake further analysis of the vehicles in suborbital space in order to be able to adequately address the question of delimitation.[112] This is so that jurisdiction can be over the activity rather than the area in question. Balleste points out that nation states, 'could create an entirely new regime to govern suborbital flights',[113] and moves on to Article 1 of the OST and how there are still concerns that generally jurisdiction in space is an issue and that therefore, 'jurisdiction should apply to the use of suborbital vehicles in outer space instead of jurisdiction applying over apportion of outer space itself'.[114] The article touches on the nature of the environment of outer space and the physical nature of the vehicles in suborbit though the spatial and functionalist approaches. Finally, the article then

105 Scott, *Op. Cit.*, 278.

106 Scott, *Op. Cit.*, 308.

107 Scott, *Op. Cit.*, 309.

108 Scott, *Op. Cit.*, 310.

109 Ballesté, R. (2017). "Worlds apart: The legal challenges of suborbital flights in outer space". *New York University Journal of International Law and Politics, 49*(4), 1033-1061.

110 Ballesté, *Op. Cit.*, 1037.

111 Ballesté, *Op. Cit.*, 1037.

112 Ballesté, *Op. Cit.*, 1038.

113 Ballesté, *Op. Cit.*, 1041.

114 Ballesté, *Op. Cit.*, 1042.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

concludes with a statement that alludes to the fact that outer space is the final frontier and that in order to be able to adequality produce laws that will be better catered to it, the policy makers need to be just as innovative as the engineers designing the vehicles traveling to space and the suborbit, it requires a law that has 'new horizons'.[115] This again showcases the need to work alongside the scientific community in order to better understand the nature of the area which needs legislating.

In the journal article, 'Commercial Suborbital Flights – Air or Space Law',[116] by scholars Iva Savić and Nika Petrić, express their main concerns with the commercial aspect of the suborbital flights and the nature of its regulation. The scholars attempt to answer the question as to whether to apply air or space law while applying the spatialist and functionalist approaches respectively.[117] The scholars begin with identifying the definitions and current regulations of a suborbital flights. Then they move on to space law regulations and the definition of a space object. They claim that, 'from a spatialist viewpoint, there is no clear indication in international law on the delimitation of airspace and outer space that would permit a conclusion to the applicability of either air law or space law'.[118] On the other hand they make the argument that when considering the functionalist approach, 'the application of air law would prevail since airspace would be the main centre of activities s of suborbital vehicles in the course of earth-to-earth transpiration'.[119] The scholars then move on to point out that there is no commercial space regulation treaty and that COPUOS would be the adequate body to be responsible for such an endeavour. They then consider air law regulation and the distinction between an aircraft and a spacecraft while considering the regulatory systems within air law such as ICAO and Standards and Recommended Practices (SARPs).[120] The authors pose the problem that there is in fact a jurisdiction issue that needs to be resolved between the two competing regimes and propose that it could potentially be resolved if it were to hinge on the activity. They highlight that other experts such as Masson-Zwaan have previously pointed out that if a functionalist approach were to be applied, space tourism could be considered air law[121] while if it were a space activity it should be governed by space law.[122] The authors makes some concluding remarks that suggest the starting point should be establishing the delimitation line between the two regimes and that therein lies the solution to the jurisdictional gap. The article closes with the call for

115 Ballesté, *Op. Cit.*, 1061.

116 Savić, I., & Petrić, N. (2020). "Commercial suborbital flights: Air or space law?" *Zagrebačka pravna revija, 9*(3), 230-250.

117 Savić & Petrić, *Op. Cit.*, 230.

118 Savić & Petrić, *Op. Cit.*, 239.

119 Savić & Petrić, *Op. Cit.*, 239.

120 International Civil Aviation Organization. (2023). *Standards and recommended practices (SARPs*). ICAO.

121 Savić & Petrić, *Op. Cit.*, 248.

122 Savić & Petrić, *Op. Cit.*, 247.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

a new regime to be constructed to accommodate the commercial suborbital flights which could potentially be governed by ICAO and UNCOPUOS under a new convention.[123] Establishing a new regime that is governed by the two adjacent air and space governing bodies is a plausible suggestion for it is a logical progression and it is also a space that is found between the two and would always have to interact with one or both areas depending on the activity. Over all the scholars in that propose a new regime seem to understand the hardships that come with the establishment a completely new area of law but after careful analysis still conclude that the need outweighs the obstacles to achieve the rule of law in near space.

3.6. Area-Based Approach

Adopting an area-based model is the final approach explored by the scholarly literature. One example of this arises from a chapter of a book called, *Sovereignty and Jurisdiction in Airspace and Outer Space: Legal Criteria for Spatial Delimitation.*[124] The author Professor Gbenga Oduntan, in the book seeks to address issues of jurisdiction in air and outer space. The chapter titled, 'The Never Ending Dispute: Legal Theories on the Spatial Demarcation Boundary Plane Between Airspace and Outer Space',[125] is of particular interest for the purposes of this literature review. This chapter seeks to explore the demarcation between airspace and outer space for the purpose, 'to determine where in spatial terms exclusive sovereignty ends and where the province of all mankind begins'.[126] Oduntan beings with explaining that is it of legal significance the line of demarcation, or in this case the lack thereof for purposes of suborbital activities. The chapter provides extensive explanations of a plethora of theories that pertain to the subject area in some detail as to give the readers a comprehensive understanding of the jurisdictional issues. The first theory presented is, '*The no-present-need-theory'*, which is summarised as the idea that there is no present need to establish demarcation line because no States are taking active political steps towards it. Oduntan however after careful analysis is of the view point that, it is indeed necessary to establish a demarcation line and that, 'thus, it would appear that the only thing that the idea that there is no need to establish a spatial boundary demarcation plane has in its favour is that none has been established as yet'.[127] It is followed by the '*The presents need school*' which is the converse to the previous concept that of which, 'consists of states and scholars who recognise the desirability

123 Savić & Petrić, *Op. Cit*., 247.

124 Oduntan, G. (2011). *Sovereignty and jurisdiction in the airspace and outer space: Legal criteria for spatial delimitation*. Taylor & Francis Group.

125 Oduntan, G. (2011). "The never ending dispute: Legal theories on the spatial demarcation boundary plane between airspace and outer space". In *Sovereignty and jurisdiction in the airspace and outer space: Legal criteria for spatial delimitation* (pp. 282-313). Taylor & Francis Group.

126 Oduntan, *Op. Cit*., 282.

127 Oduntan, *Op. Cit*., 289.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

and, perhaps, even inevitability of the legal determination of the spatial demarcation boundary plane between airspace and outer space'.[128] The authors findings on this theory are that seeing that presently no state has presented a cohesive solution to the issue at hand, it is futile that there is a strong view towards addressing the issue, particularly if it is unclear how it can be achieved. Then the chapter moves on to explain the criteria of space activities which is constructed as the 'functional approach' which is based on the use and purpose of the activities irrespective of the area in which it takes place. The author is of the idea that, 'despite its attractions, the criterion-of-space-activities view must be rejected in its entirety',[129] as it is not helpful towards, 'determining the precise beginning of outer space or a spatial demarcation line between airspace and outer space'.[130] Oduntan then moves on to explain the 'The aerodynamic lift theory', which entails a criteria that where aerodynamic lift is no longer sustaining a flight that is where airspace ends. Oduntan points out that because it is widely accepted by the science community it has also become acceptable in the legal community.[131] However he does in the end deduct that because of the advancement in technology it is not necessary the best way to differentiate the spatial area, furthermore the demarcation should not be subject to the vessel but rather the region itself as that would not remain as a permanent in the law otherwise. An interesting point of view that was debated in *The Bogota Declaration* in 1976[132] is presented. In this declaration the author explains that, the Latin American states, declared that they were of the viewpoint that the 'segments of orbit of geostationary satellites are not in outer space but are an integral part of the territory below',[133] this view was ultimately rejected by the international community. Oduntan briefly describes the '*usque ad infinitum theory*'[134] which essentially is the idea that states have sovereignty to the point of infinity in space, the author warns about this theory not only being in violation of international law but also, 'both meaningless and dangerous abstraction'.[135] Then 'The national security and effective control theory' is described as the idea that, 'state sovereignty should extend as far out as the subjacent state could exercise effective control',[136] which he considers to be, 'an affront on the principles of equality of nations and is, therefore, rejected'.[137] Next 'the lowest point of orbital flight theory' is the notion that, 'sovereignty should extend to the

128 Oduntan, *Op. Cit.*, 290.

129 Oduntan, *Op. Cit.*, 297.

130 Oduntan, *Op. Cit.*, 297.

131 Oduntan, *Op. Cit.*, 289.

132 Declaration of the First Meeting of Equatorial Countries. (1976, December 3). *Bogota Declaration*.

133 Oduntan, *Op. Cit.*, 301.

134 *'ad infinitum'* - to infinity; endlessly; without limit. Macquarie Dictionary. (2024, October 25). *Ad infinitum*. https://www.macquariedictionary.com.au

135 Oduntan, *Op. Cit.*, 306.

136 Oduntan, *Op. Cit.*, 306.

137 Oduntan, *Op. Cit.*, 306.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

lowest height at which an object requires to enter into orbit and circle the earth',[138] and Oduntan states that, 'the lure of this theory previously was probably based on the nearly total acquiescence of states to the placement of satellites in space',[139] but seeing how that was never made a point of contestation this theory quickly dissipated. '*The theories of arbitrary distances*' are the last school of thought explained where, legal scholars made suggestions that were largely arbitrary and not necessarily based on any particular factor. The author presents a few examples historically which were not based on science or regions spatiality. These proposals would be problematic and unconstructive. In the final portion of the chapter headed, 'Developing a conclusive theory on a legal spatial demarcation boundary plane between airspace and outer space',[140] a proposal is made to deal with the near space domain. The author expresses that it would be appropriate to adopt a '*buffer zone*'. The general concept is constructed as outer space demarcation line be at 100 miles above sea level, that the lower demarcation line for airspace be that of 45 miles above sea level and thus leaving a buffer zone proposed at the 45 miles above sea level mark and that it would an area of innocent passage. The chapter effetely lays out the foundation of the theoretical frameworks that make up the various approaches to dealing with the suborbital area and the proposed buffer zone creates a spatial characteristic that can be permanent by nature.

The subsequent literature reviewed is a submission that was presented to the United Nations Office of Outer Space Affairs (UNOOSA)[141] by The Space Safety Law & Regulation Committee of the International Association for the Advancement of Space Safety (IAASS), titled 'Suborbital Flights and the Delimitation of Air Space Vis-à-Vis Functionalism, Spatialism and State Sovereignty'[142] by Scholars Paul Stephen Dempsey and Maria Manoli. The paper aims to examine the relationship aspects of the definition and the delimitation in terms of air and outer space.[143] Thereby proposing a solution to clarifying the jurisdictional line between the two regimes and attempting to address the suborbital area. The authors commence by describing the major differences between the two areas legally. It is pointed out that, 'the differences in the rules that govern air space and outer space constitute a major impediment to the achievement of an integrated solution, unless the international community achieves consensus on the issue of delimitation'.[144] They move on to say that it is

138 Oduntan, *Op. Cit.*, 306.

139 Oduntan, *Op. Cit.*, 306.

140 Oduntan, *Op. Cit.*, 310.

141 United Nations Office For Outer Space Affairs. (2024, October 22). *UNOOSA website*. https://www.unoosa.org

142 Dempsey, P. S., & Manoli, M. (2017, September 12). *Suborbital flights and the delimitation of air space vis-à-vis space: Functionalism, spatialism and state* (Report No. OOSA/2017/19, p. 1). United Nations Office for Outer Space Affairs.

143 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, p. 2.

144 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, p. 10.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

necessary to define the term 'suborbital flight' which will in turn allow the States to ascertain the agency that is best suited to help oversee the activities, deal with international liabilities and over all regulations,[145] this would be similar to what is seen in the air space model. The submission in the next two sections explore the functionalism approach and spatialism approach as a means to determine which law applies. In the functionalism analysis portion of the paper, the definitions of 'aircraft', 'space object' and 'aerospace vehicle' are defined. The aircrafts' definition derives from the *Chicago Convention of 1944,*[146] while the space object is not defined in, 'none of the five space law conventions define precisely what is contemplated by a space object',[147] and aerospace vehicle has no clear definition. The authors then take the opportunity to present that the IAASS for the purposes of the submission embraced the definition of 'suborbital flight' as 'a flight up to an altitude at which the vehicle does not reach orbital velocity'[148] and 'suborbital vehicle' as 'any vehicle conducting suborbital flights'.[149] They also pointed out that in 2016 that the Range Safety Group (RSG)[150] had introduced a definition for suborbital flight as 'any flight of a launch vehicle, rocket, or missile that does not achieve orbital insertion'.[151] The RSG also defined 'suborbital rocket' as 'rocket-propelled vehicle intended to perform a suborbital mission whose thrust is great than its lifts for most of the rocket-powered portion of its flight'.[152] However the authors point out that these definitions present, 'no univocal link between the altitude reached by suborbital flights and air space/outer space limits exist'[153] and would therefore pose potential national security issues and propose that it would be better suited to have a special regime established for the region in question. The submission then moves to a spatial analysis of the relationship of sovereignty in relation to air space above land and territorial seas and the established notion that there is no sovereignty in the air space above the high seas.[154] The next section is of particular interest as it also establishes the notion that in outer space there is also a lack of sovereignty as per agreements made in the *Chicago Con-*

145 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 10-11.

146 United Nations. (1944). *Convention on international civil aviation*. 15 UNTS 295.

147 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 16.

148 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 18.

149 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 18

150 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 18; Range Commanders Council, Range Safety Group. (2016, August). *Common risk criteria standard for national test ranges* (Document 321-16, p. A6).

151 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 18.

152 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 18.

153 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 19.

154 *'high* seas' – UNCLOS is defined in article 86 as 'The provisions of this Part apply to all parts of the sea that are not included in the exclusive economic zone, in the territorial sea or in the internal waters of a State, or in the archipelagic waters of an archipelagic State. This article does not entail any abridgement of the freedoms enjoyed by all States in the exclusive economic zone in accordance with article 58'. This is followed by Article 87 which stipulates the Freedoms of the High Seas. United Nations. (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea* ([1983] ATS 31), arts. 86-87.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

vention but also through the protected freedoms stipulated by the OST. In this section the authors ultimately point out that the issue with a spatial approach is that there is no general consensuses of a demarcation line between the two regimes lie and that is the main issue to consider for suborbital activities. The next section is concerned with examining how COPUOUS deals with the legal question at hand and they sum up their analysis by stating that, 'the Legal Subcommittee of COPUOUS has made significant progress with regards to the methodology appropriate to resolving the problem of delimitation, yet with no tangible resolution'.[155] They also point out that the Legal Subcommittee in the last decade when the paper was presented in 2017, has been dealing with the issues of definition and delimitation of outer space to no avail and that on the other hand the ICAO had 'shifted the discussion towards a holistic aerospace approach to air space delimitation as well as regulation of suborbital space'.[156] In the final portion of the paper there is call out for an establishment of a unified legal regime as it would ultimately help the further development of the suborbital industry if the law was clearly defined. This clear definition would help the industry design around the law, rules and regulations rather than the other way around which further complicated the issue creating a paradoxical problem to resolve. Two suggestions are presented for consideration as way forward one to rely on ICAO in an air space model or two to draw on the principles provided by the laws of the sea as model for delimitation in space. The latter option is what the paper seems to suggest is the better option as it moves on to further extrapolate on what that means and essentially by looking at the *Law of the Sea Convention 1982*.[157] They propose that a 'Near Space' can be constructed as an analogy to the Exclusive Economic Zone (EEZ)[158] from the LoS and the '*Contiguous Zone*'[159] as established in the United Nations Convention on the Law of the Seas (UNCLOS) Maritime and Airspace Zones. In the end the submission presents that the Near Space Zone (NSZ) is the path forward as a new regime for air and space law and that it could resolve several issues that are present in the area, such as the any emerging technological, commercial or military activities since clear boundaries can be ascertained. The submission proposes clear jurisdictional zones for air space, near space and out space. 'Air Space Zone' is defined as 'below 50 km (or alternatively below 18km)'[160] 'Outer Space Zone' is identified as 'above

155 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 32.

156 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 33.

157 United Nations. (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea* ([1983] ATS 31), arts. 17-19.

158 EEZ – UNCLOS is defined in Articles 55 as "Specific legal regime of the exclusive economic zone The exclusive economic zone is an area beyond and adjacent to the territorial sea, subject to the specific legal regime established in this Part, under which the rights and jurisdiction of the coastal State and the rights and freedoms of other States are governed by the relevant provisions of this Convention." United Nations. (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea* ([1983] ATS 31), arts. 55-75.

159 *Contiguous Zone* – UNCLOS is defined in Article 33 as, 'a zone contiguous to its territorial sea, described as the contiguous zone', United Nations. (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea* ([1983] ATS 31), arts. 33.

160 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 46.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

120 km (or, alternatively above 160km)',[161] and 'Near Space Zone' is then demarcated as 'between 50-120km (or alternatively, 18-160km)'.[162] The authors conclude with a final closing thought that there could be a new regime altogether made for Near Space and be identified as an 'Aerospace Law' if neither air law or space law apply, but that ultimately there needs to be a clear, 'delineation of which legal regime applies',[163] so that it can enhance safety and pave the way for further developments in the field. This area-based approach to take an approach similarly taken in another well-established area of law such as the LoS is plausible approach. Negotiations of an EEZ type of area is an attainable concept. While there is also a clear suggestion that a new regime of law should be establish, this is certainly a starting point.

The following article examined in this literature review has a similar approach to the previously presented submission. In the article titled, 'The Exclusive Utilization Space: A New Approach to the Management and Utilization of the Near Space',[164] by Hao Liu and Fabio Tronchetti, the new approach presented is based on a model of the EEZ from the Law of the Sea. This poses a completely new take on the regulation of the near space and all the suborbital activities taking place there, by implementing an Exclusive Utilization Space (EUS). The article starts off with the issue of delimitation and then legal regimes of the near space area. The authors then move on to explain the EEZ, how it works and the core elements of the regime and then make a comparison to see if the EUS would then be a viable option. The article continues by exploring why the EUS is necessary, the main features it would entail, a proposal for the EUS and finally where the EUS should be set up legally. The article thoroughly explains the benefits of such a regime and the details of why it is the best suggestion forward in order to deal with that currently has a jurisdictional gap. The main take aways from this article are that the EUS should be established between the 18k to the 100km range and that the state below it should not establish it as its territory but rather its exclusive utilisation space and that other nations should still, as they do in the ocean with the EEZ, enjoy the right of passage. The article concludes with the suggestion that this new regime should be in discussion with the ICAO to open a discussion how this area is to be managed going forward should the concept be implemented.[165] Again, thus approach is not only sound and achievable but also a concept widely accepted and understood by all nations whether spacefaring nations or not as the LoS is one of the oldest international laws and the widely accepted. In particular

161 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 46.

162 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 46.

163 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 46.

164 Liu, H., & Tronchetti, F. (2019). "The exclusive utilization space: A new approach to the management and utilization of the near space". *University of Pennsylvania Journal of International Law, 40*(3), 537-585.; Liu, H., & Tronchetti, F. (2019). Regulating near-space activities: Using the precedent of the exclusive economic zone as a model? *Ocean Development and International Law, 50* (2-3), 91-116.

165 Liu, H., & Tronchetti, F. (2019). "The exclusive utilization space: A new approach to the management and utilization of the near space". *University of Pennsylvania Journal of International Law, 40*(3), 537-585.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

this article not only establishes the exact parameters but also a name that is relatable and easy to digest for those that would then have to be persuaded to adopt it.

The final piece of literature that explores an area-based approach is, 'Near Space Activities – The Search for a New Legal Regime',[166] by scholars Mini Gupta and Tommaso Sgobba. The two authors also presented a brief editorial paper titled, 'Proposing an International Convention for an Intermediate Region Between Airspace and Outer Space Instead of the "Kármán Line",[167] where the same line or reasoning for the argument presented in the original article was revised two years later. For the purposes of this literature review, the details of analysis provided by the original article will be explored in order to deliver a comprehensive understanding of the argument presented. The article commences with the bold statement that, 'the underlying State has the greatest interest in preserving the Near Space above its territory, and that similar to the EEZ a specific legal regime for Near Space is needed'[168] the authors point out that the proposed solution that is presented is based on an 'intermediate zone' that is similar to that of the law of the sea. The article is presented as a six-part thesis in which each section is designed to provide the reader with a brief introduction that provides scaffolding leading to the proposal at the end. Section two the emerging technologies; Sub-orbital Vehicles and High – Altitude Platforms. Section three the issues of definition and delimitation are explained while also discussing the theories; Spatialist, Functionalist, Aerodynamic Lift and Lowest Point of Orbital Flight. Section four delivers various key points of the Near Space regime while providing details of the draft Convention submitted by the IAASS to UN COPUOS,[169] which was previously explored in this literature review. Section five further develops on the EEZ analogy. The paper concludes that a type EEZ solution within a Near Space regime would be of significance in the current technological advancement as, 'existing solutions are unable to account for the regulation problems of emerging technologies'.[170] The paper explores the proposed draft Convention for a Near Space Regime and alludes to an EEZ type solution drawing analogies between the two concepts, however it does not give a new or specific area-based regime but rather emphasises the need for the new regime while advocating for the already proposed Convention that calls for an intermediate region to be established in international law. All in all, the literature presented for the near-space area effectively explain both the reasoning and the physical proposed parameters of where the

166 Gupta, M., & Sgobba, T. (2020). "Near space activities: The search for a new legal regime". *Air and Space Law, 45*(7), 587-598.

167 Sgobba, T., & Gupta, M. (2022). "Proposing an international convention for an intermediate region between airspace and outer space instead of the "Karman line."" *Journal of Space Safety Engineering, 9*, 127-1128.; Fédération Aéronautique Internationale. (2018, November 30). *100km altitude boundary for astronautics*. https://www.fai.org/news/statement-about-karman-line; Fédération Aéronautique Internationale. (2004, June 21). *The Kármán line: The border between air and space*. https://www.fai.org/page/icare-boundary.

168 Gupta & Sgobba, *Op. Cit.*, 587.

169 Gupta & Sgobba, *Op. Cit.*, 594.

170 Gupta & Sgobba, *Op. Cit.*, 598.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

suborbit/near space would be in and how it would be regulated. The correlations to the law of the sea while also working alongside the air and space law regimes tie in together as all the areas are related and every one of those areas would be affected. The literature reviewed has provided the foundation for the understanding of many aspects that need to be considered when analysing the four options towards resolving the jurisdictional gap in suborbital/ near space.

4. EVALUATION OF SCHOLARSHIP IN NEAR SPACE REGULATIONS

4.1. Introduction to Literature Evaluation

The following section is dedicated to the critical analysis and synthesis of the various options presented in the literature review. To understand how the arguments presented in the literature contribute to the overall concept of addressing the jurisdictional gaps in the near space, the strengths and limitations will be extracted. There are numerous options presented that cover several perspectives and needs, which demand careful consideration that explore the jurisdictional gap and the demand to address the legality and what is the best way forward.

4.2. Air Law

The first category of options presented is based on existing air law regime. These suggestions are based on the ICAO adopting the responsibility to regulate, the air traffic control systems to be used as a model and allowing for private law generally to govern the activities in air space. Air law provides for both international and national regulatory frameworks. The suggestion that the ICAO, a UN specialized agency organization, take leadership in the regulation of suborbital activities entails that it would have to extend its regulatory framework to include the suborbital vehicles as aircrafts. Which as suggested can be introduced through *Chicago Convention* Article 44[171] objectives that allows for such an interpretation. From the perspective of the functionalist theory if the vehicle can sustain itself and the main area of activity would be in airspace as it would be in only briefly in outer space, then air law would apply. This concept is also highly contingent on whether the flight is taken in national boundaries within the state or if there if it becomes an international flight. Taking those parameters into consideration if there is a P2P flight that is transporting passengers from one state to the next then it is highly likely that air law is applicable. On the other hand, it could be argued that if the flight which does not intend to cross foreign airspace and the objective was to enter space then air law would not apply,

171 United Nations. (1958). *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (UN Doc A/RES/1348[XIII]), art 44.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

in the same breath if that same flight was only briefly in space meaning the activity was mainly taking place in the airspace, then air law would apply. The ICAO and air law framework generally would apply to flights which are intended for space tourism and for commercial transportation, however, it would not pertain to vehicles which are not able to sustain aeronautic abilities. As seen in article 44 it is intended to promote the development of international civil aeronautics,[172] in which case the ICAO will have jurisdiction over those particular activities. This may resolve some but not all jurisdictional issues of suborbital space, since there are other activities such as scientific endeavours such a weather ballons and other modes of suborbital transportation which are not necessary on aircrafts but rather those that return to earth in free fall. There are many strong arguments that would support the existing aviation frameworks to include the near orbit vehicles and activities since it is well established and proven to function as seen in the civil aviation system. The limitation of the air law frameworks to include the regulation of the suborbital vehicles and other related activities is that it would potentially over burden the system. Unless the aviation system is replaced with suborbital commercial passenger travel, the civil aviation has already enough to oversee as it is, and at the risk of overwhelming the system, an alternative should be considered. Other suggestions that private laws within the nations would apply to the suborbital flights are currently applicable, as states can legislate over their national activities and vehicles that transit in the suborbit, this would be beneficial to the progression of technology and industries involved in science activities and suborbital travel. Yet the question remains as to where the jurisdiction lies in terms of international activities, which ultimately causes inconsistencies, as it is hard to create uniformity across various jurisdictions, which in the end would hinder the suborbital activities for nations with smaller land boundaries. Lastly in terms of air law proposals is the ICAO, ANSP or similarly newly established to organization, such as a World Space Organization (WSO)[173] dedicated to managing a STM which is highly modelled after the ATC, is going to be necessary regardless as technology and activities take flight in the near orbit. Considering that space objects or suborbital vehicles need to travel through the air space initially irrespective of the agency that manages the proposed STM, there would have to coordinated collaborations between the existing aviation agencies and any newly established one.

4.3. Space Law

The next category is the space law approach, in this approach the suggestion is that of a STM to become responsible for the traffic in the near orbit as well as in outer space.[174] As there is no actively established STM at the international level that can facilitate the activities which take place in the near orbit or thereafter, an organiza-

172 United Nations. (1958). *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (UN Doc A/RES/1348[XIII]), art. 44 (i).

173 Tronchetti, *Op. Cit.*, 176.

174 Takaya-Umehara, *Op. Cit.*, 64.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

tion which stems from UNOOSA would have to be established. The previous suggestions of a WSO to be established in order to govern such an endeavour, was framed in the air law perspective, however it is also applicable that space law be the governing regime provided the UNOOSA/COPUOS take leadership in the establishment of said STM. The proposed WSO could draw its authority from, the UN Economic and Social Council (ECOSOC) as a specialised agency similar to the ICAO if framed in air space, or if framed in a space law perspective, the UN General Secretariat (UNSECGEN) similar to UNOOSA. Though this is purely addressing the issue of traffic management, it would start to take a 'ground up' approach towards the establishment of jurisdiction in the suborbit for the vehicles and activities which are tracking place, while simultaneously providing a much-needed service to an issue in outer space which requires immediate action as space traffic is becoming an overwhelming issue at present. The drawback from this idea is that it would still require much needed conversations and negotiations at the international level and ultimately the establishment of an organization to regulate and manage the systems, and this can take significant amount of time.

4.4. Hybridization

The following category of suggestions are constructed on the notion of the combination of the air and space law existing options to address the jurisdiction that lies between both regimes. This alternative presents various viable options that since both regimes are presently available can be adopted to be able to appropriately regulate the near orbit in together. The literature review started off with a criminal law perspective that appropriately pointed out one aspect of the jurisdictional issue in suborbital space. Criminal law as pointed out is both applicable in air and space law, however it is not clear as to which one at present would apply in terms of suborbital flights and activities. As previously mentioned, if the functionalist approach is applied then it could be constructed that air law would apply and then the jurisdiction would lie in aviation if there were to be a crime committed in a suborbital flight, even if there was a brief entry into outer space. However, in this particular case the author suggested that there be national legislation drafted that will enforce the criminal law applicable, adding an additional layer of the hybrid nature of the approach at settling the jurisdictional issue[175]. In which the suggestion was made to add to disciplinary powers to existing *Tokyo Conventions*[176] further and adopting security measures by way of the *Chicago Convention* Annex 17,[177] further empowering the aviation argument. The ultimate proposition is posed that there should be a completely new regime established to adequately address the jurisdictional problem in the suborbit. However since it is not likely, a hybrid approach is advised, which is heavily based on air law as it is a more elaborated regime in terms of criminal law in compa-

175 Chatzipanagiotis, *Op. Cit.*, 215.

176 Dasgupta, *Op. Cit.*, 245.

177 United Nations. (1958). *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (UN Doc A/RES/1348[XIII]).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

rison to space law, and it is reasoned at that ultimately space law tends to follow the examples set by air law.[178] Similarly the suggestion that the laws that apply to HAT and those to the suborbit in terms of private law become harmonisation in order to create a unifying space to further develop the jurisdictional gap.[179] The implications would be that both air and space law regimes would have to integrate including those of HAT to address the issue, at the risk of having too many agencies attempting to resolve the same issue, there would have to be a clear indication of which regime should govern the activity. This again provides an avenue for the development of laws applicable and may lead ultimately to a new regime or at least a cohesive framework. However, the setbacks may lie in the fact that since it is particularly aimed at the protection of space tourism, it could lead to isolation of the issue and not resolve the jurisdictional gap as a whole, in addition it only resolves one particular activity in the area. Another suggestion was proposed that in the absence of any regulation there be cooperation between the ICAO and UNOOSA/COPUOS via the advice of experts in the scientific field to establish a hybrid regime as to allow progression in the field.[180] The suggestions that generally the air and space regimes can come together to govern the near orbit is in principle practicable but in practice more complex for deciding which regime will apply in what aspect are details that entail a significant amount of negotiation and consultation. This is particularly the case when recommendations that call for a third party or the establishment of an ISTO[181] be implemented, which can lead to further confusion as to the regime that holds jurisdiction.

4.5. Unique Regimes

The idea that a new and unique regime should be established for the purposes to address the near orbit area is one that resonates as it is a completely different area with activities that could only take place there. One suggestion that stands out is to establish a regime that hinges on the orbital status of the activity instead of depending on the actual spatial area in which it is taking place or the functionality of the activity.[182] This is a practical suggestion for it removes the issue of demarcation of air and space, which at the present moment is not legally clearly defined. Throughout the literature review the experts in various manners express the maximum *sui generis*, indicating that a new regime alternative to the existing laws is the way forward in order to address the suborbital activities and other near orbit endeavours. This is because as the technology advances the activities will increase, potentially causing a residual effect of over burdening of those systems designed to address other

178 Chatzipanagiotis, *Op. Cit.*, 224.

179 Von Der Dunk, *Op. Cit.*, 199.

180 Cheney & Napier, *Op. Cit.*, 1.

181 Sikorska, *Op. Cit.*, 1055.

182 Halstead, *Op. Cit.*, 143.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

important aspects of air and space law. This includes a suggestion of establishing an ISPT[183] which would be a pivotal system towards the establishment of a unique regime that focuses on addressing the suborbit. While all those suggestions of new and unique regimes presented are viable options and could be the foundations of a new regime for the near orbit in the long run, and though they are the preferable and most obvious solutions at times, it is necessary to also take into consideration that treaties and international negotiations take a significant amount of time to establish little lone establishing an entirely new set of laws that will pertain to an area that is already semi governed by two other established frameworks. At the risk of these negotiations never taking place or falling apart considering the current geopolitical climate at the international level and that negatively affecting the progress, perhaps in this case it is more effort that it is going to be worth and a simpler solution based on the area in which it is applicable is in fact more preferable.

4.6. Area Based

The final recommendations emerge out of the concept that the near orbit should be governed based on the area it takes place in and present various options that are similarly adopted in other international legal regimes. This adaptation would entail an adoption of a governance regime resembling that seen in the law of the sea. This is to say that the jurisdiction would then lie with the nation state below. The first suggestion is the application of a 'buffer zone' which would clearly identify the boundaries of air and space law, and the remaining would constitute near orbit.[184] There is also another proposition that a whole new Aerospace Law be established in order to govern the 'near space zone', these suggestions are highly based around the idea of spatiality and the need to regulate the space not the activity.[185] The ideas are good considering there is a demand to protect the rights of both the potential passengers in the area but also the scientific undertakings in the area, while still addressing the sovereign rights of the nation states that lie below. There are a couple of other experts which express the suggestions that an area-based governance system be put in place that resembles the EEZ from the law of the sea in order to again protect the sovereign rights of the states below while still providing space for the protection of certain freedoms which are protected but space law.[186] One set of experts further elaborated on the EUS which was meticulously broken down in order to explain what it would look like and what benefits and ramifications of such an establishment would result.[187] Considering that at present it is a system that works in the LoS, which is a well-established regime, this could be a viable option going forward. The jurisdiction

183 Scott, *Op. Cit.*, 277.

184 Oduntan, *Op. Cit.*, 282.

185 Dempsey & Manoli, *Op. Cit.*, 1.

186 Gupta & Sgobba, *Op. Cit.*, 587.

187 Liu & Tronchetti, *Op. Cit.*, 574.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

taking this spatial approach would resolve itself for it would both define where outer space starts and where air space ends, while simultaneously apply air law allowing nations to have jurisdiction over their near orbit zones. Alternatively, space law could also apply instead of air law making the jurisdiction govern by space law while also granting the nation states a level of utilisation of the zone. While these approaches provide a number of practical solutions they do not come without limitations. This would require many nations again to cooperate and to negotiate which regime would apply if not a completely new one. The framework is straight forward however, and it is likely that most nations would agree that if it is similar to the EEZ then it is a notion that is well known and that is an advantage point to leverage the idea upon.

5. CHALLENGES AND OPTIONS FOR NEAR SPACE JURISDICTION

5.1. Introduction to Challenges

This final portion is reserved for the discussion of the findings for the jurisdictional gap in the suborbit/near orbit space. Overall, a plethora of authors from across the globe presented on a variety of angles that showcase the necessity to create or embed a regulatory framework for the use and activities of the suborbit. Ideas that ranged from the adoption of established neighbouring regimes to take leadership, hybridizing those regimes, regulating the area instead of the activities, to the establishment of a new unique regimes altogether in the attempt to resolve the problem. Within those examples, the issues and limitations regarding potential regulation implementation via those avenues were previously explored. After careful analysis a recurring theme is that the most thorough of suggestions will require lengthy negotiations and are not preferable for that reason. The technology is fast approaching and an effective solution in a timely manner is fundamental. If regulating near orbit takes any longer the space industry will be impacted. The current geopolitical climate and recent conflicts will add to the inability to negotiate and focus on the advancement of implementation of new treaties or regimes in international law.

In the same line of reasoning if the suborbit is added to the air law regime for a timely implementation, the system is threatened to become overburdened and possibly not given the attention it requires due to that factor. There is also the possibility that since air space entails the national jurisdiction to the nation below, clarifications as to what will constitute safe passage and whether scientific endeavours are allowed to transpire in the area. While on the other hand if the suborbit becomes a part of outer space, then the issue of delimitation needs to be addressed clearly and in manner in which the rules clearly indicate that is the case, regardless that too comes with ramifications of enacting STM systems that will better coordinate with ATC and ATSs to ensure safety in the air and suborbit. Lastly implementing the area-based approach in terms of time management might be the way forward provided the examples of the law of the sea are taken and again negotiations about

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

what neighbouring regime will take leadership, since it would entail a contingency to the national jurisdiction. While it resolves a jurisdictional issue it will take a creative approach as to who is to be made responsible for managing and regulating the area. However this approach could be quicker and would effectively cover the jurisdiction, yet the question remains as to whether it would cover the protection of the freedoms granted in Article 1 of the OST. Nevertheless, to effectively and clearly set out the rules and regulations in the near orbit area, will allow the technology and industry to provide for the equitable sustainable advancement across the globe, a regulatory framework that is consistent of what principles govern the suborbital activities needs to be established. This in turn will provide guidance to the type of technological development that is encouraged and tolerated in the area. All the options that were presented seem to indicate that they will be inevitably lengthy and will take a significant amount of negotiation, so perhaps the practical way forward is to see what will effectively cover the basis of the activities which are taking place presently or are in the plans to be undertaken soon.

5.2. Options for Resolving the Jurisdictional Gap

There are three potential options that can be considered as potential recommendations based on both the scholarly literature reviewed and the aim to protect the freedoms that are provided by Article 1 of the OST. These are mainly; (1) To benefit all countries equitably, (2) free to explore and access all areas equitably with no discrimination, (3) Freedom of scientific investigation, (4) International cooperation which is facilitated and encouraged by all States.[188] The protections of these freedoms also align with the four core objectives of the *Space 2030 Agenda* put out by UNOOSA which are; (1) Space Economy, in terms of encouraging and enhancing space based economic benefits (2) Space Society, unlocking space to improve quality of life on Earth (3) Space Accessibility, and improving that access to all for the better achievement of the SDGs (4) Space Diplomacy, to help build partnerships and generally strengthen international cooperation.[189] These are as follow below:

5.2.1. Option 1 – Add an Amendment to an Existing Treaty - OST or Chicago Convention

The addition of an amendment to an existing regime seems to be the most obvious option, the opinions seem to lean towards air space more than outer space. However, it seems that the amendment would bring equal amount of work and would be equally as hard to enforce and enact for several reasons.

188 United Nations. (1967). *Treaty on principles governing the activities of states in the exploration and use of outer space, including the moon and other celestial bodies*. 610 UNTS 205, art. 1.

189 United Nations General Assembly. (2021, December 18). *Report of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (GA Res 76/3, UN Doc A/RES/76/3).; United Nations Office for Outer Space Affairs. (2021). *The "Space 2030" agenda: Space as a driver of sustainable development* [Report].

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

The benefits of this approach are that in either circumstance there is an opportunity to add an amendment to an already established framework and adding the suborbital activities to its framework gives rise to the ability to assign certain regulations to existing agencies and collaboration. This type of solution is evolutionary and logical by nature to follow. An addition to the OST to include the suborbit would cover all bases of protection of the freedoms and are essentially a pathway towards the *Space 2030 Agenda* objectives to also become embedded into the OST. It has been decades since the OST has been revisited and at the moment space is a topic of interest globally, if there ever is a chance for the international community to revisit this treaty it is now. Equally, adding an amendment to the *Chicago Convention*[190], is a quick and effective way to ensure that nations will jump on board for there is the fact that the aviation system works and is equitable for all nations. States are less likely to become suspicious of the amendment and are more likely to agree that there is a need to cover suborbital flights if there is a chance that there are aeronautic activities which need to be covered. There it can be specified if the activities are covered if briefly coming into space and the intentions of the activities. This option would also cover the freedom of science and access, economic successes and the promotion of industry, but perhaps not those of the *Space 2030 Agenda* in its entirety.

The limitations of this would be that adding an amendment to the OST entails that nations would have to sign on to it, and this is a treaty where though 115 countries are signatories to the treaty, 22 have signed but have not ratified it to their countries. This is an example of how if nations do not get together and sing up to an amendment or expressly deny the amendment, they do not have accept it, this poses a risk to the establishment of the suborbit and would again leave it in limbo. On the other hand, adding an amendment to the *Chicago Convention*,[191] the same risk is posed since it is an amendment, yet generally the convention is widely accepted and adhered to in the civil aviation sector, making it a more customary practice. Rendering it less limiting than, the expressed denials the OST and related treaties have. None the less, amendments are not a very clear option, should said amendment is not expressly accepted. Lastly as commented previously about adding it to air law, it would have to be managed by the ICAO and this is something that has been proposed previously and no action has come of it yet, just a suggestion that, 'Annexes to the Chicago Convention would in principle be amenable to their regulation',[192] should the activity constitute something that falls under international air law mandate, which the ICAO has not done so as of yet.

5.2.2. Option 2 – Create a New Legal Instrument

This would be a *'Near Orbit Treaty'* which would encompass the definition of what near orbit is and what activities are allowed in the space. The treaty itself would

190 United Nations. (1958). *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (UN Doc A/RES/1348[XIII]).

191 United Nations, *Op. Cit.*

192 Van Fenema, *Op. Cit.*, 411; "International Civil Aviation Organization". (2005, May 30). *Concept of suborbital flights* (Working paper C-WP/12436, 175th Session), 8.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

have to stipulate what agency, or office would have jurisdiction and to what extent the nations below have a say in their suborbital space if any.

The benefits of this approach are that it can be constructed from the offset to establish the principles, freedoms and allowed activities in the area. This would also constitute the area as its own regime and would be standing on its own. It would bring many opportunities for the scholars, experts, scientist and the industries to have an input towards the forging of such an instrument. This would allow for the establishment of agencies, sub-committees and other avenues of regulations to come into force in order to address those gaps we see in the near orbit today, such as those presented in the literature, criminal activities, space tourism, civil passenger laws and traffic management. There are many more aspects of the gaps in the jurisdiction that could be covered or negotiated to be covered in neighbouring treaties if there is a clear definition of what constitutes a suborbital activity and then the jurisdiction can be adequality applied to either air or outer space law. A new instrument has the potential to be crafted to accommodate the protection those freedoms expressed in the OST while simultaneously fulfilling the core objectives of the *Space 2030 Agenda*.

The limitations of this would be that this is a very ambitious task. It would require a significant amount of international cooperation and if done accurately, should not be rushed and well lobbied to ensure its success. Unfortunately, in the climate that the globe finds itself in today both figuratively and physically, time is of the essence, and this option is a timely one, and therefore the least likely to be adopted, though potentially the best option.

5.2.3. Option 3 – Include Near Orbit as an Area to be Governed by Neighbouring Regimes

The recommendation to add suborbit as a space between air and outer space that can be accessed but is subject to one of the neighbouring regimes regulatory frameworks for that area is something the international community understands. This is to say it is extremely similar to that of the LoS's EEZ, and this is a framework that has proven world-wide to function. Of course, it is not exactly the same and that is obvious for it is not based on the ocean at a state's boarder but over the air space of every nation. The air space is synonymous to the territorial waters as the outer space would be to the high seas, rendering the suborbit the EEZ equivalent. This concept is also one that nations would more likely accept to be adequate for regulating as most space fairing nations have exclusive economic zones or at the very least understand the implications of the consequences of infringing those exclusive rights.

The benefits of this approach are that again it can be amended into the existing air law frameworks and can be negotiated certainly quicker than forging into force a brand-new treaty. It could also appeal to nations as they could extend their sovereign rights higher towards the sky at least in principle, since in practice would imply a significant effort to enforce. The area-based regime could come in the form of a EEZ type zone or as suggested in the literature, EUS or a buffer zone. This would at the

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

very least cover the basis on the implication of where the jurisdiction lies and how to move forward in filling the gap. On the other hand, with some level of creative craft, the zone could be constructed as to being an extension of space into the suborbit and therefore would cover more protection of freedoms for science and this could very well entail that it is helping the achievement of the *Space 2030 Agenda* and simultaneously extending those freedoms into the suborbit and still allowing nations to have some level of ease in that area. It is however a slightly contradictory since no one has any exclusive rights in space, but exceptions could be made if it is entailed that it is not quite outer space but that the basic principles still apply, hence the creative crafting.

The limitations of this would be that though it is a manner to resolve the gap, the goal to protect the freedoms in Article 1 of the OST there would have to be a level of creativity to make sure that nations continue to allow for the free access and scientific exploration. It could very well be the case that if there is a regime that to an extent gives nations the idea that they have exclusivity over a region that it could be constructed as full sovereignty. This would have to be very clearly broken down and all nations would have to come to the table to accept it in order to ensure that exploration, access and industry can flourish in the suborbit. This would also have to be proceeded with some caution in order to be able to continue the path towards a sustainable future space industry. This is a sound option but demands some precision in order to implement this as an addition to the air space, and even more creativity if added on to the space regime. This perhaps is a viable option if enough international careful attention and crafting is devoted towards this endeavour.

5.3. Viewpoints and Counterarguments

The recommendations provided which were modelled around the OST and SDGs targeted towards space such as *Space 2030 Agenda*, and heavily influenced by the literature provided by the scholars over the past couple of decades. The research was intentionally broad and varying in both perspectives towards the filling of gaps in the jurisdictions and from where the scholars where based, further providing evidence of how this issue affects the international community as a whole. Though not one idea in particular is entirely correct nor without shortcomings, there is a significant amount of effort that drove experts to point out the fact that there is a jurisdictional gap and that it is in fact an issue. It is also the fact that the recommendations put forth are not without fault however, it was done with the attempt to synthesis the available literature into one area in order to paint a picture of the available options and to raise awareness of the several issues at stake should there not be any actions taken in the short term. Conversely some might argue that the suborbit under regulated has come this far and therefore there is not much of a point to bother regulating the space. That it can continue to be utilized until there is a demand which forces the international community to do so, legally. This is not an advisable course of action, to await a tragedy or otherwise negative event to transpire in order to drive the international community to take action which, over the

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

course of the century seems to be norm. In this particular case the international community is seeking to advance science, technology, economy and diplomacy for the sustainable advancement of humanity as a whole, the time to enact and regulate the suborbit has arrived.

5.4. Moving Towards a Sustainable Space Industry

There is no one SDG that is aimed directly at space in isolation, however as illustrated above there is an agenda that UNOOSA brought out this very year of 2024 that states four core objectives which are targeted directly to space. If in terms of resolving the jurisdictional gap near space the same lens are taken towards the strive of a sustainable future and the protection of freedoms stipulated by OST Article 1, then the international community is headed into the right direction. The protection of the freedoms in the OST are the key towards maintaining peace and the economic empowerments of States and the driver of innovation and scientific exploration. In order to ensure that the advancement is done sustainably it is vital to explore any possible avenue and consider that it will take time but that it needs to be secured and not merely left to the industry to figure out or left to customary practices, clear and consistent rules must be embedded in an internationally accessible framework.

6. CONCLUSION

In conclusion the suborbital/near space domain's jurisdictional gap requires prioritization in terms of discerning what regulatory framework is best suited. Over the past two decades many have voiced their opinions on the various aspects as to why the suborbital activities and the area in general require attention and clarity as to jurisdiction. This dissertation aimed to explore the various options presented by the scholarly literature in order to determine what the best path forward would entail, and which would be the most realistic avenue to achieve the goal. It is pivotal for the future of space exploration and tourism and the expansion of the suborbital flight industry to consider carefully what the next steps are in this area. A jurisdictional gap implies that there are many liabilities and other crucial stifling factors in terms of progression. It is for the progress of and benefit the global society that the freedoms of Article 1 of the OST are protected in the suborbit. This would not only ensure the advancement of the core objectives of the *Space 2030 Agenda*, but also generally benefit all states equitably. At the moment there is no law, and that jurisdictional gap poses a threat to progression. In light of the many issues faced as a global society the progression of science in the suborbit is indispensable to combat climate change and other climatic issues which cannot be solved from a terrestrial standpoint. Finally, extending the jurisdiction of the OST down towards the suborbit is can only bring more benefits than setbacks, for as the space industry starts to take off, the possibilities for the elaboration of the regime to grow to the level of complexity as air space law and the LoS have done since their origins.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

7. BIBLIOGRAPHY

7.1. Books

Churchill, W. S., & Lowe, A. W. (1988). *Law of the sea*. The Macmillan Press.

Hodgkinson, D., & Johnston, R. (2017). *International air carrier liability*. Routledge.

Oduntan, G. (2011). *Sovereignty and jurisdiction in the airspace and outer space: Legal criteria for spatial delimitation*. Taylor & Francis Group.

Tanaka, Y. (2015). *The international law of the sea* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Von der Dunk, F., & Tronchetti, F. (Eds.). (2015). *Handbook of space law*. Edward Elgar Publishing.

7.2. Journal Articles, Conference Papers & Reports

Balleste, R. (2017). «Worlds apart: The legal challenges of suborbital flights in outer space». *International Law and Politics, 49*(1033), 1033-1050.

Catalano Sgrosso, G. (2014). «Suborbital flights: Applicable law». *Proceedings of the International Institute of Space Law, 57*, 467-480.

Chatzipanagiotis, M. (2007). «Criminal and disciplinary issues pertaining to suborbital space tourism flights». *Proceedings on the Law of Outer Space, 50*, 215-230.

Cheney, T., & Napier, L. (2015). «Policy analysis: Air versus space, where do suborbital flights fit into international regulation?» *Journal of Science Policy & Governance, 7*(1), 1-12.

Dasgupta, U. (2013). «Legal issues on sub-orbital space tourism: International and national law perspectives». *Annals of Air and Space Law, 38*, 237-260.

Gupta, M., & Sgobba, T. (2020). «Near space activities: The search for a new legal regime». *Eleven Journals, 7*, 587-600.

Halstead, C. B. (2010). «Prometheus unbound: Proposal for a new legal paradigm for air and space law: Orbit law». *Journal of Space Law, 36*(1), 143-160.

Liu, H., & Tronchetti, F. (2019). «Regulating near-space activities: Using the precedent of the exclusive economic zone as a model?» *Ocean Development and International Law, 50*(2-3),91-110.

Liu, H., & Tronchetti, F. (2019). «The exclusive utilization space: A new approach to the management and utilization of the near space». *University of Pennsylvania Journal of International Law, 40* (3), 537-560.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Lyall, F., & Larsen, P. B. (2016). «The air/space boundary question». In *Space law: A treatise* (pp. 250-270). Routledge Taylor & Francis Group.

Masson-Zwaan, T., & Moro-Aguilar, R. (2013). «Regulating private human suborbital flight at the international and European level: Tendencies and suggestions». *Acta Astronautica, 92*(2), 243-250.

Murakami, D., *et al***.** (2019). «Space traffic management with a NASA UAS traffic management (UTM) inspired architecture». In *AIAA SciTech 2019 Forum*. American Institute of Aeronautics and Astronautics. https://technology.nasa.gov/patent/TOP2-294

Organisation for Economic Co-operation and Development. (1973). «Study of flags of convenience». *Journal of Maritime Law and Commerce, 4*, 231-254.

Range Commanders Council, Range Safety Group. (2016, August). *Common risk criteria standard for national test ranges* (Document 321-16).

Savić, I., & Petrić, N. (2020). «Commercial suborbital flights: Air or space law?» *Zagrebačka pravna revija, 9*(3), 230-245.

Scott, B. I. (2015). «International suborbital passenger transportation: An analysis of the current legal situation of transit and traffic rights and its appropriate regulation». *Issues on Aviation Law and Policy, 14*(2), 277-300.

Sgobba, T., & Gupta, M. (2022). «Proposing an international convention for an intermediate region between airspace and outer space instead of the "Karman line"». *Journal of Space Safety Engineering, 9*, 127-135.

Sikorska, P. E. (2014). «The mission (im)possible: Towards a comprehensive legal framework regulating safety issues of point-to-point suborbital flights». *Jurisprudence, 21*(4), 1055-1075.

Su, J. (2013) «Near space as a *sui generis* zone: A tri-layer approach of delimitation». *Space Policy, 29*(2), 90-100.

Takaya-Umehara, Y. (2019). «Suborbital spaceflight: Legal aspects». In *Promoting productive cooperation between space lawyers and engineers* (pp. 64-80). IGI Global.

Tronchetti, F. (2011). «Regulating sub-orbital flights traffic: Using air traffic control as a model?», *Proceedings of the International Institute of Space Law, 54*, 176-185.

Van Fenema, P. (2005). «Suborbital flights and ICAO». *Air and Space Law, 30* (6), 369-380.

Von der Dunk, F. G. (2013). «The integrated approach: Regulating private human spaceflight as space activity, aircraft operation, and high-risk adventure tourism». *Acta Astronautica, 92*(2), 199-210.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

7.3. Treaties, Conventions & Agreements

International Civil Aviation Organization. (1944). *Convention on international civil aviation*, 15 UNTS 295.

International Civil Aviation Organization. (1963). *Convention on offences and certain other acts committed on board aircraft*, 704 UNTS 219.

United Nations. (1967). *Treaty on principles governing the activities of states in the exploration and use of outer space, including the moon and other celestial bodies*, 610 UNTS 205.

United Nations. (1968). *Agreement on the rescue of astronauts, the return of astronauts and the return of objects launched into outer space*, 672 UNTS 119.

United Nations. (1972). *Convention on international liability for damage caused by space objects*, 961 UNTS 187.

United Nations. (1975). *Convention on registration of objects launched into outer space*, 1023 UNTS 15.

United Nations. (1979). *Agreement governing the activities of states on the moon and other celestial bodies*, 1363 UNTS 3.

United Nations. (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea* ([1983] ATS 31).

United Nations. (1959). *Antarctic Treaty*, 402 UNTS 71.

7.4. Official Documents (UN, GA Resolutions, ICAO, UNOOSA, etc.)

Dempsey, P. S., & Manoli, M. (2017). *Suborbital flights and the delimitation of air space vis-à-vis space: Functionalism, spatialism and state* (Report No. OOSA/2017/19). United Nations Office for Outer Space Affairs.

International Civil Aviation Organization. (2005, May 30). *Concept of suborbital flights* (Working paper C-WP/12436, 175th Session).

International Civil Aviation Organization. (2023). *Standards and recommended practices (SARPs)*.

United Nations. (1958). *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (UN Doc A/RES/1348[XIII]).

United Nations. (2012). *Active debris removal: An essential mechanism for ensuring the safety and sustainability of outer space* (UN Doc A/AC.105/C.1/2012/CRP.16). United Nations Office for Outer Space Affairs.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

United Nations General Assembly. (1963). *Declaration of legal principles governing the activities of states in the exploration and use of outer space* (GA Res 1962 [XVIII], UN Doc A/RES/1962[XVIII]).

United Nations General Assembly. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development* (GA Res 70/1, UN Doc A/RES/70/1).

United Nations General Assembly. (2021). *Report of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (GA Res 76/3, UN Doc A/RES/76/3).

United Nations World Tourism Organization. (2014, October). *Global report on adventure tourism* (Vol. 9). UNWTO.

Working Group on the Definition and Delimitation of Outer Space of the Legal Subcommittee. (2023, April 3). *Report on the delimitation of outer space* (UN Doc A/AC.105/C.2/2023/DEF).

7.5. Other (Websites, Dictionaries, Encyclopedias)

Department of Defence (Australia). (2020, September 22). *First launch from Australia to the edge of space*. https://www.defence.gov.au/news-events/news/2020-09-22/first-launch-australia-edge-space

Encyclopedia Britannica. (2024, October 24). *Space tourism*. https://www.britannica.com

Encyclopedia Britannica. (2024, September 4). *Low Earth orbit*. https://www.britannica.com

European Commission. (2024, October 24). *STM factsheet*. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/space-traffic-management_en

Fédération Aéronautique Internationale. (2004, June 21). *The Kármán line: The border between air and space*. https://www.fai.org/page/icare-boundary

Fédération Aéronautique Internationale. (2018, November 30). *100km altitude boundary for astronautics*. https://www.fai.org/news/statement-about-karman-line

Macquarie Dictionary. (2024, October 24). *sui generis*. https://www.macquariedictionary.com.au

Macquarie Dictionary. (2024, October 25). *ad infinitum*. https://www.macquariedictionary.com.au

NASA. (2020, October 23). *Artemis Accords: Principles for a safe, peaceful, and prosperous future*. https://www.nasa.gov/specials/artemis-accords/index.html

NASA. (2021, December 16). *NASA selects nine space technologies for commercial suborbital flight tests*. https://www.nasa.gov/technology/nasa-selects-nine-space-technologies-for-commercial-suborbital-flight-tests/

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

NASA. (2023, September*). Suborbital research NASA science.* https://science.nasa.gov/researchers/suborbital

NASA. (2024, October 24). *Space traffic management (STM) architecture*. https://technology.nasa.gov/patent/TOP2-294

United Nations Office for Outer Space Affairs. (2024, October 22). *UNOOSA website*. https://www.unoosa.org

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

LA AGENCIA ESPACIAL ESPAÑOLA Y LOS RETOS REGULATORIOS DEL ESPACIO

THE SPANISH SPACE AGENCY AND THE SPACE REGULATORY CHALLENGES

Dña. Ana María Marín

D. Carlos García Sacristán

D. Rafael Moro Aguilar

Agencia Espacial Española (AEE)

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. LA AGENCIA ESPACIAL ESPAÑOLA. 2.1 Creación y condición jurídica. 2.2 Beneficios de la creación de la Agencia Espacial Española. 2.3 Objetivos de la AEE. 3. LA AEE Y LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN MATERIA ESPACIAL. 4. LA AEE Y LA GOBERNANZA DEL ESPACIO. 5. LA AEE Y LA SOSTENIBILIDAD DE LAS ACTIVIDADES ESPACIALES. 6. LA AEE Y LOS RETOS REGULATORIOS DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE. 6.1 La AEE y la Comisión sobre la utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS). 6.2 La AEE y la Ley Espacial Europea. 6.3. La AEE y la reforma del Registro Español de Objetos Espaciales. 6.4. La AEE y la Ley del Espacio española. 6.5 La AEE y el Derecho Espacial. 7. CONCLUSIÓN. 8. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: En un contexto de actividades espaciales crecientes, tanto en cantidad como en tipos y complejidad. han surgido nuevos retos regulatorios cada vez mayores, tanto a nivel nacional como a nivel europeo e internacional. La AEE encara todos estos retos con optimismo y dispuesta a desempeñar un papel decisivo en abordarlos y en resolverlos, en nombre del gobierno de España, en beneficio del sector espacial español, y de la sociedad española en general.

Palabras clave: Agencia Espacial Española (AEE), Estatuto de la AEE, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Ministerio de Defensa, Cooperación internacional, Gobernanza del espacio, Sostenibilidad del espacio, retos regulatorios, Derecho del espacio, COPUOS, ATLAC, Ley Espacial Europea, Registro Español de Objetos Espaciales, Ley del Espacio española, Diplomacia espacial.

Abstract: *In a context of increasing activities in outer space, in quantity but also in types of activities and complexity, there is also an increase in the regulatory challenges at the national, European, and international levels. The AEE is facing this situation with optimism and is*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

expecting to play a decisive role in addressing and solving those challenges on behalf of the Spanish Government, the Spanish space sector, and the Spanish society in general.

Keywords: *Spanish Space Agency (AEE), Statute of the Spanish Space Agency, Ministry of Science, Ministry of Defense, International Cooperation, Space Governance, Space Sustainability, regulatory challenges, Space Law, COPUOS, ATLAC, European Space Act, Spanish Registry of Space Objects, Spanish Space Law, Space Diplomacy.*

1. INTRODUCCIÓN

Los últimos años han visto un aumento significativo de las actividades espaciales, tanto de carácter comercial como de otros tipos. Este crecimiento ha incluido nuevos tipos de misiones, nuevas tecnologías y nuevos actores, lo que ha planteado situaciones nuevas para las que el marco regulatorio se está mostrando insuficiente, tanto a nivel nacional y europeo como internacional. Asimismo, el espacio es cada vez más relevante para la acción de Gobierno, aportando productos y servicios críticos para la seguridad y la gestión de emergencias, apoyando con datos científicos la respuesta ante el reto del cambio climático y apoyando al Gobierno en la toma de decisiones en base a datos (científicos, pero también relacionados con la seguridad o la situación en crisis internacionales) obtenidos de forma autónoma. La AEE encara el reto de abordar estos retos con optimismo y con la disposición de desempeñar un papel decisivo en resolverlos, trabajando en nombre del Gobierno de España, para el beneficio del sector espacial, del Gobierno y de la sociedad española en general.

A nivel nacional la AEE ha cumplido ya un papel importante en la reforma del registro nacional de objetos espaciales, regulado originalmente por medio de un Real Decreto aprobado en 1995. La Agencia lidera asimismo la elaboración del borrador de anteproyecto de una ley nacional de actividades espaciales para nuestro país. Dicha normativa responde entre otros motivos a la necesidad de proporcionar una adecuada seguridad jurídica al creciente sector espacial privado español.

A nivel europeo, la AEE está jugando un papel decisivo en la elaboración —y su futura aplicación en España— de la futura Ley del Espacio Europea *(EU Space Act)* que se ha hecho pública este año. Esta regulación responde a los tres pilares de seguridad, resiliencia y sostenibilidad, así como al objetivo de evitar una fragmentación regulatoria entre los distintos estados miembros.

A nivel internacional, la AEE también tiene un papel muy importante en el fomento de la gobernanza del espacio, en la cooperación internacional, y en la sostenibilidad de las actividades espaciales. Destaca la celebración de acuerdos bilaterales por parte de la AEE con otras agencias espaciales, así como su presencia visible en todos los foros de cooperación multilateral en materia espacial, como la ESA, la UE, el ESPI, COPUOS, los congresos IAC, IADC, los Acuerdos Artemisa, etc.

En el ámbito de Naciones Unidas en particular, la AEE tiene una presencia muy relevante en COPUOS como parte de la delegación española, contribuyendo a resolver los importantes retos regulatorios que el espacio plantea a nivel global, tales como la proliferación de desechos espaciales, la creciente necesidad de un sistema

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

de gestión del tráfico espacial, la coordinación entre los países a la hora de desarrollar actividades lunares, y el futuro modelo jurídico internacional para la explotación de los recursos espaciales.

2. LA AGENCIA ESPACIAL ESPAÑOLA

2.1. Creación y condición jurídica

La Agencia Espacial Española (AEE) tiene el estatus de «Agencia Estatal» según el Derecho español, por lo cual está dotada de personalidad jurídica, patrimonio y tesorería propios, y autonomía funcional y de gestión[1].

Su Estatuto fue aprobado mediante una norma de carácter administrativo, pero de rango legal: Real Decreto 158/2023, aprobado por el Gobierno el 7 de marzo de 2023[2].

Su creación había sido repetidamente solicitada durante años por todo el sector espacial español, tal y como se expresa en el citado Real Decreto. En efecto, la dispersión de competencias entre diferentes organismos y ministerios suponía para los administrados una complicación difícil de justificar. La Agencia tiene nivel de Subsecretaría, el nivel administrativo uno, lo que refleja el resultado del compromiso político y la importancia de su papel.

El Estatuto de la AEE determina los objetivos a perseguir, los resultados a obtener, y la gestión a desarrollar: «Constituye el objeto propio de la AEE la utilización del espacio en beneficio, conocimiento y seguridad de la sociedad española, el establecimiento, fomento y coordinación de todas aquellas actividades y políticas que permitan la investigación, el desarrollo tecnológico e industrial y la innovación en el ámbito espacial... y una política nacional que sirva de guía tanto al sector público como al privado»[3].

Por lo que respecta a la estructura de la AEE, en su Estatuto se establecen un Consejo Rector como órgano colegiado de gobierno de la AEE, y un Director al frente que representa a la Agencia[4]. En mayo de 2024, se designó a Juan Carlos Cortés como director de la Agencia Espacial Española.

De acuerdo con su Estatuto, «la AEE integrará y coordinará funciones que actualmente están distribuidas entre diferentes entidades... aunando la representación nacional en los foros de su competencia, y aportando coordinación y apoyo a los ministerios con competencias en el ámbito espacial»[5].

---

1 Ley 40/2015, Régimen Jurídico del Sector Público.

2 Real Decreto 158/2023, de 7 de marzo, por el que se aprueba el Estatuto de la Agencia Estatal «Agencia Espacial Española» (AEE).

3 Real Decreto 158/2023.

4 Real Decreto 158/2023.

5 Real Decreto 158/2023.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La AEE está adscrita a dos Ministerios: al de Ciencia, Innovación y Universidades, y al de Defensa, ya que se han aunado los principales ámbitos que contribuyen a la actividad espacial: en Ciencia, Innovación, Tecnología, y Defensa.

En efecto, el espacio ultraterrestre se considera como un ámbito de importancia estratégica y muy relevante en materia de seguridad y defensa; por ello, también están involucrados los diferentes organismos civiles y militares con competencias en la seguridad aeroespacial nacional.

Cabe concluir reseñando que la Agencia, igual que las de otros países europeos, es una agencia que se encarga de la elaboración de estrategias, así como de la planificación, implementación y gestión de programas. La AEE no tiene como objetivo la ejecución directa de los proyectos ni compite con el sector privado, sino que pone las condiciones de contorno para que el sector espacial crezca y se desarrolle de forma sostenible y orientada al beneficio de la sociedad. Asimismo, la AEE nació con vocación de servicio al país y al sector, y con vocación de cooperación internacional, nacional y regional. Se encarga de coordinar las actividades nacionales y aporta una voz única para España en los foros internacionales.

2.2. Beneficios de la creación de la Agencia Espacial Española

La creación de una agencia espacial en España se ha percibido tanto dentro como fuera del país como una señal de progreso. Es una muestra del compromiso del Estado con este sector cada vez más importante y de creciente peso económico, y también un reconocimiento público de la importancia que las actividades espaciales tienen para muchos aspectos de la vida diaria en nuestros días.

El mayor beneficio que aporta la AEE es que coordina las actividades de los sectores involucrados en la exploración y el uso del espacio ultraterrestre, promoviendo objetivos a largo plazo y el beneficio global para la sociedad. Esto lo consigue manteniendo un contacto constante y fluido con todos los actores relevantes:

1. La ciencia y la investigación (universidades, centros de investigación).
2. El sector industrial y comercial (empresas privadas).
3. El sector institucional y público (Gobierno, reguladores, defensa nacional).
4. Los usuarios, tanto públicos como privados.
5. Las entidades que generan profesionales para el sector.
6. Los colectivos de expertos del sector, como por ejemplo del Derecho espacial.
7. La sociedad en general, con la que interactúa a través de numerosas acciones de divulgación tanto espacial como de ciencia, tecnología e innovación en general.

Desde su creación, la Agencia Espacial Española ha realizado un esfuerzo continuo por dinamizar e impulsar el desarrollo y la consolidación del sector espacial español.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Este esfuerzo se ha sustentado, principalmente, sobre las líneas de impulso a la creación de empresas privadas dedicadas a las distintas áreas y actividades relacionadas con el sector espacial, y la promoción de ciencia excelente de y desde el espacio.

El sector espacial nacional se encuentra en una trayectoria ascendente y positiva desde hace varios años. Nuestro sector industrial es competitivo a nivel global y es capaz de desarrollar sistemas espaciales completos. Hay empresas en toda la cadena de valor, y tenemos un sector científico de primer nivel capaz de incorporarse a los proyectos europeos más ambiciosos. Por otra parte, España invierte, en proporción a su economía y su población, un porcentaje menor que sus vecinos europeos más importantes del sector espacial, como Francia, Italia, Alemania o Reino Unido. En palabras del director de la AEE, Juan Carlos Cortés, «Está claro que España ha hecho sus deberes en materia espacial pero la complacencia no es buena».

Desde el punto de vista científico, la Agencia impulsa la investigación básica de y desde el espacio. Asimismo, promueve a nivel nacional las actividades de I+D+i en el ámbito tecnológico espacial, promoviendo la colaboración entre los distintos actores del sector.

Desde el punto de vista comercial o industrial, la AEE fomenta a la vez que supervisa las actividades del sector privado, incluyendo el llamado *New Space:* cohetes lanzadores, satélites comerciales, espaciopuertos, estaciones terrenas, y las múltiples aplicaciones que tiene la tecnología espacial en la vida diaria (navegación por satélite, comunicaciones por satélite, observación remota de la Tierra, nuevos materiales, etc.)

Mencionemos por último que la Agencia financia y apoya directamente a proyectos en áreas de desarrollo tecnológico de interés nacional, buscando la excelencia tecnológica, así como la autonomía estratégica en tecnologías y capacidades clave para España.

2.3. Objetivos de la AEE

La Agencia Espacial Española (AEE) tiene como fines principales el fomento, ejecución y desarrollo de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación en el ámbito espacial; promover la seguridad y defensa nacional; fomentar las aplicaciones satelitales y el uso de datos provistos por satélites en la Administración Pública; potenciar la industria espacial nacional y su impacto tecnológico y económico en la sociedad española; coordinar la política espacial española a nivel nacional e internacional; y contribuir a las políticas y programas espaciales de los organismos internacionales de los que España es miembro[6].

Más en concreto, se distinguen los siguientes objetivos de la AEE:

1. Diseñar y coordinar la Estrategia Espacial Nacional, implementándola a través de planes y programas que asignen eficientemente los recursos públicos.

6 Real Decreto 158/2023.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2. Apoyar las prioridades reflejadas en la Estrategia de Seguridad Nacional, la Estrategia de Seguridad Aeroespacial Nacional, y la Directiva de Defensa Nacional, en el marco de sus competencias.
3. Fomentar la utilización comercial del espacio, impulsando la tecnología, aplicaciones y sistemas espaciales, así como la colaboración público-privada en este ámbito.
4. Financiar y coordinar programas y actividades científicas, tecnológicas y de innovación en el ámbito espacial, estableciendo líneas de apoyo económico-financiero a la industria espacial para el desarrollo de tecnologías y capacidades estratégicas de interés nacional.
5. Elaborar un catálogo de capacidades tecnológicas e industriales estratégicas en el ámbito de los sistemas espaciales y sus aplicaciones, en coordinación con otros departamentos.
6. Desarrollar actuaciones en I+D+i en sistemas espaciales, gestionando y ejecutando los planes y programas que determine la Estrategia Espacial Nacional.
7. Fomentar la formación de personal investigador y técnico en sus áreas de competencia, colaborando con organismos públicos de investigación, universidades y empresas, además de promover la divulgación científica relacionada con el espacio.
8. Representar los intereses del Estado ante organismos nacionales e internacionales en materia espacial, actuando como interlocutor nacional ante entidades como la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Agencia de la Unión Europea para el Programa Espacial (EUSPA) y cualquier otra organización internacional con competencias en espacio.
9. Promover el ecosistema de inversión privada en el sector espacial, colaborando con departamentos ministeriales competentes para fomentar la participación de fondos tecnológicos, capital riesgo e inversores en compañías emergentes, apoyando a las empresas españolas, y protegiendo la propiedad intelectual e industrial.

Además, la Agencia trabajará estrechamente con organizaciones científicas y educativas para inspirar a futuras generaciones de exploradores y científicos, asegurando que haya profesionales para cubrir las crecientes necesidades del sector y para que los avances en el espacio beneficien a toda la humanidad.

Desde el punto de vista jurídico, la Agencia puede impulsar la elaboración de normas legales, así como también la adopción de estándares técnicos a nivel nacional.

3. LA AEE Y LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN MATERIA ESPACIAL

España es activa en el ámbito del espacio desde el inicio de la Carrera espacial, desde los años 60 del siglo XX, gracias a la Cooperación Internacional en materia espacial. La implicación de España en las actividades espaciales internacionales se

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

hizo mediante su participación en los programas estadounidenses Mercury, Gemini, y Apolo a través de infraestructuras como Maspalomas, Fresnedillas y Robledo de Chavela; y mediante su participación en la entonces naciente Organización Europea para la Investigación Espacial (ESRO). España es asimismo miembro fundador de la ESA, que ha celebrado en 2025 sus 50 años desde su nacimiento.

La Agencia Espacial Española nace con un claro papel de cooperación internacional e integración, aunando esfuerzos para promover la exploración y el desarrollo de tecnologías avanzadas que permitan ampliar el conocimiento sobre el Universo, y también fomentar la cooperación entre países, compartiendo recursos y conocimientos para superar desafíos comunes.

En consecuencia, la AEE será el canal para comunicar y canalizar el papel de España en los diversos foros internacionales en que participa nuestro país.

A nivel multilateral, destacan las siguientes actividades e iniciativas en las que participa la AEE:

- La AEE ostenta la representación española en la ESA, representando a España en todos los comités técnicos y de gestión, en particular en las Conferencias Ministeriales donde se suscriben las contribuciones financieras de los Estados Miembros.
- Representa asimismo a España en numerosos comités de programas espaciales de la Unión Europea, y en particular en la Agencia de la Unión Europea para el Programa Espacial EUSPA.
- Participa en COPUOS y en sus dos subcomisiones, como se verá también más abajo, al analizar los retos regulatorios a nivel internacional. La AEE participa asimismo en los foros de cooperación existentes dentro del marco de COPUOS, como por ejemplo el equipo de acción ATLAC para la coordinación en materia de actividades lunares, o el grupo asesor de planificación de misiones SMPAG para la coordinación en materia de defensa planetaria.
- La Agencia Espacial Española participa en las reuniones del G20 de líderes de economía espacial, donde se han debatido entre otros temas el uso del espacio para afrontar la crisis climática y la transformación digital.
- La AEE representa a España en los Acuerdos Artemisa, a los que España se incorporó en 2023, y que están orientados a establecer unos principios comunes que rijan las actividades espaciales más allá de la órbita terrestre, buscando que estas sean sostenibles y se eviten interferencias entre las misiones de distintos países.
- La AEE ha ingresado en 2025 como miembro en el Instituto Europeo de Política Espacial (ESPI). Se trata de un centro de investigación independiente, con sede en Viena, que desde su creación en 2003 proporciona una visión sobre los aspectos de la política espacial europea a medio y largo plazo. Su misión es desarrollar estrategias, actuar como plataforma para investigadores de la política espacial, y apoyar las presidencias de la Conferencia Espacial Interparlamentaria Europea.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- La AEE participa en la Conferencia Interparlamentaria Europea del Espacio apoyando a la delegación de parlamentarios españoles. España presidirá esta conferencia en 2026, y la AEE colaborará en su organización.
- La AEE representa a España en los principales eventos internacionales de espacio, como el Congreso Internacional de Astronáutica (IAC) o el Space Symposium.

A nivel bilateral, se han firmado varios acuerdos de cooperación con agencias homólogas de otros países, tanto europeos (Italia, Grecia) como de otros continentes (Colombia, Sudáfrica, Corea del Sur). Estos acuerdos establecen un marco legal para colaborar en el desarrollo de proyectos espaciales, abarcando ámbitos tan diversos como la ciencia, la observación de la Tierra, las telecomunicaciones, la vigilancia espacial, la educación o la divulgación. En estos acuerdos las agencias se comprometen a trabajar juntas para identificar proyectos y tecnologías de interés común, y ponerlos en marcha utilizando cada una su propia financiación.

Finalmente, la Agencia Espacial Española es una herramienta para el Gobierno, ya que la Diplomacia espacial es utilizada para conseguir objetivos nacionales: promover la cooperación con otros países, contribuir a la imagen de España en el exterior como país avanzado y con relevancia geopolítica, etc. Por tanto, las actividades que desarrolla la Agencia no solo están destinadas al sector espacial y a los usuarios de sus productos y servicios, sino también a apoyar las acciones del Gobierno en otros ámbitos internacionales que no necesariamente están relacionados directamente con el espacio.

4. LA AEE Y LA GOBERNANZA DEL ESPACIO

Desde el punto de vista funcional, la Agencia Espacial nacional participa en la Gobernanza del espacio, tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

Recordemos que, según su Estatuto, «la AEE integrará y coordinará funciones que actualmente están distribuidas entre diferentes entidades... aunando la representación nacional en los foros de su competencia, y aportando coordinación y apoyo a los ministerios con competencias en el ámbito espacial»[7].

A nivel nacional la AEE nace con un claro papel integrador que queda fuera de toda duda ya que en un principio aúna como voz única el papel en el ámbito del espacio de múltiples ministerios. La AEE lidera la integración y coordinación del sector espacial en España, con competencias como la elaboración de una Estrategia y Política Espacial Nacional y el diseño del borrador de anteproyecto de la primera Ley de Actividades Espaciales española. La AEE asiste, coordina, y fomenta la colaboración y comunicación entre todos los agentes interesados, a fin de asegurar la cohesión y evitar duplicidades y conflictos; y formula e implementa la política espacial nacional.

7 Real Decreto 158/2023.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La Agencia Espacial Española tiene tres objetivos en materia de gobernanza espacial nacional, tal y como ha declarado su Director, Juan Carlos Cortés: «Diseñar una Política Espacial Nacional —que fijará objetivos y prioridades—, redactar la Estrategia Estatal Espacial —que discutiremos con todos los actores del sector, tanto públicos como privados, de forma que la estrategia no sea la estrategia de la agencia sino la estrategia estatal—, y presentar el borrador de anteproyecto de Ley de Espacio».

En este sentido recordemos que se ha aprobado la Estrategia de Seguridad Aeroespacial Nacional (ESAN) por parte del Consejo de Seguridad Nacional el 14 de julio de este año 2025[8].

La ESAN 2025 sigue considerando, como su predecesora de 2019, la conveniencia de entender la seguridad aeroespacial como un ámbito único por motivos de eficacia para afrontar amenazas y mitigar riesgos, comunes e interdependientes en el espacio aéreo y en el espacio ultraterrestre. Sin embargo, en un contexto de creciente competencia a todos los niveles, este enfoque integrado requiere reconocer simultáneamente que el espacio representa un dominio diferenciado, donde se ha producido una intensificación de las amenazas a servicios esenciales para la Seguridad Nacional.[9]

Las particularidades del dominio espacial con respecto al aéreo requieren de una adaptación de la terminología empleada habitualmente. En este sentido, y en coherencia con las definiciones que propone Naciones Unidas, podríamos aplicar el concepto de *«safety»* a la seguridad operacional espacial, entendiendo esta como el resultado de las medidas destinadas a prevenir daños accidentales o involuntarios que impiden el funcionamiento nominal y mitigar los daños que podrían sufrir los activos espaciales, incluidos todos sus segmentos. Por otro lado, el término *«security»* haría referencia a la seguridad entendida como la protección frente a las amenazas a los sistemas espaciales en todos sus segmentos, con objeto de evitar daños deliberados.[10]

Esta línea ha sido seguida en el Estatuto de la Agencia Espacial Española, que tiene cometidos de apoyar tanto la supervisión de la seguridad operacional, *«safety»*, como la seguridad, *«security»*, siempre en coordinación con los organismos nacionales competentes.[11]

La ESAN 2025 recomienda una serie de medidas o acciones a seguir para la consecución de los objetivos estratégicos de garantizar tanto la seguridad operacional como la seguridad frente a amenazas del espacio aéreo español y de la infraestructura espacial española. En casi todas esas medidas, encaminadas a mejorar las capa-

8 https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2025-16214.

9 ESAN 2025, «Resumen Ejecutivo».

10 ESAN 2025, «Introducción».

11 ESAN 2025, «Introducción». Igualmente, las Fuerzas Armadas (FAS), a través del Mando del Espacio (MESPA) del Ejército del Aire y del Espacio, tienen competencias en los ámbitos de «*security*», en particular, sobre los sistemas espaciales de interés gubernamental.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

cidades de seguridad y defensa espacial, la AEE está incluida entre los organismos nacionales implicados.[12]

A nivel internacional, recordemos que entre los objetivos de la Agencia se encuentra el de coordinar la política espacial española a nivel internacional, y contribuir a las políticas y programas espaciales de los organismos internacionales de los que España es miembro, como la ESA, la UE o la ONU.

En consecuencia, la AEE participa en los distintos foros internacionales de cooperación y de gobernanza en materia espacial como COPUOS, agencias espaciales regionales, Acuerdos Artemisa, Unión Europea y la ESA.

Mencionar por último que, aunque centrada siempre en el espacio ultraterrestre, la Agencia Espacial tiene competencias hacia otros asuntos relacionados con el espacio exterior, como por ejemplo las infraestructuras y actividades del sector espacial que se desarrollan en tierra (estaciones terrenas, bases de lanzamiento, instalaciones para ensayos de sistemas espaciales, ciencia espacial realizada desde tierra) y actividades que transitan por el espacio además de por la atmósfera (lanzamientos, reentradas, retorno a la Tierra de vehículos espaciales), siempre respetando las competencias de los Ministerios con competencias en la gestión del espacio aéreo.

La AEE también puede abordar temas no estrictamente espaciales pero relacionados, como son las ciencias de la Tierra, el uso en la Administración Pública de los datos provistos por satélites, la promoción de la experimentación en microgravedad tanto en el espacio como en tierra, el desarrollo de nuevos materiales que tengan aplicaciones tanto espaciales como terrestres, la utilización por parte de la industria aeroespacial de productos y tecnologías de doble uso, etc.

5. LA AEE Y LA SOSTENIBILIDAD DE LAS ACTIVIDADES ESPACIALES

La Sostenibilidad es uno de los ejes principales de actividad de la Agencia Espacial, que cumple un papel clave en promover un medio espacial sostenible a largo plazo.

A nivel interno, da a conocer y aplica las normas internacionales que existen en materia de reducción de los desechos espaciales y de sostenibilidad de las actividades espaciales a largo plazo (COPUOS, 2007, 2019).

A nivel internacional, las agencias espaciales nacionales se pueden especializar en proveer ciertos servicios o determinadas actividades de utilidad a la región del mundo en la que residen.

Un ejemplo de esta actividad regional se puede ver en el proyecto europeo EUSST, coordinado por la AEE, que monitoriza los objetos en órbita terrestre y ofrece servicios de evitación de colisiones a cientos de operadores de satélites, además de

12 ESAN 2025, «Introducción».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

proporcionar alertas de fragmentaciones en órbita y de reentrada de objetos en la atmósfera. España ha desarrollado el sistema español de vigilancia espacial S3T *(Spanish Space Surveillance and Tracking)*, gestionado directamente por la AEE y que gestiona el centro de operaciones S3TOC y el radar de vigilancia S3TSR. Esta capacidad, que se espera que derive en un futuro sistema español de gestión del tráfico espacial (STM *Space Traffic Management*), coopera con otros sistemas nacionales europeos para ofrecer un servicio a la comunidad internacional, y en particular a los operadores europeos.

España participa activamente en el programa de conocimiento del medio espacial (*Space Situational Awareness, SSA*) de la Agencia Espacial Europea (ESA), orientado a garantizar la operación segura de los activos espaciales europeos. La iniciativa incluye el desarrollo de tecnologías y sistemas para la detección de desechos espaciales, su seguimiento y retirada, así como sistemas para evitar colisiones en órbita, de predicción y monitorización de meteorología espacial o la detección y caracterización de asteroides potencialmente peligrosos para la Tierra, así como medidas para desviar su trayectoria.

A nivel internacional, en los próximos años hará falta una coordinación creciente de todas las agencias nacionales a fin de asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las actividades espaciales. En este sentido, la AEE participa en el Comité Interagencias de Coordinación en materia de Desechos Espaciales (IADC por sus siglas en inglés), un foro importante para lograr un consenso internacional sobre las medidas a adoptar para la reducción de los desechos espaciales, que lleva desde 2002 proponiendo una serie de directrices en esta materia para que las sigan las agencias espaciales nacionales e internacionales que participan en dicho Comité[13]. Las directrices incluyen medidas bien conocidas y seguidas como la «Regla de los 25 años» para desorbitar satélites situados en órbitas bajas, la retirada de los satélites de la órbita geoestacionaria cuando terminan su vida activa, y el diseño sostenible de los satélites.

También en este contexto, España es signataria de los Acuerdos Artemisa desde 2023, los cuales establecen principios para la exploración espacial responsable, incluyendo la transparencia, el uso pacífico del espacio, y la eliminación segura de objetos espaciales. La adhesión a estos principios permite operar de manera más segura y previsible en el entorno espacial.

Por otra parte, España está liderando a nivel europeo tecnologías avanzadas de sostenibilidad espacial, como la retirada activa de objetos de órbita (ADR – *Active Debris Removal*), mantenimiento en órbita (IOS – *In-Orbit Servicing*) y estudios del impacto ambiental de las reentradas de objetos en la atmósfera. Misiones como CAT y DRACO, lideradas por empresas españolas y financiadas por la AEE a través de la ESA, son buena prueba de ello. La AEE también está promoviendo actividades en otras áreas de sostenibilidad, como el diseño sostenible (EcoDesign) y la evaluación del impacto ambiental de la vida completa de los productos (LCA - *Life Cycle Assessment*).

13 Se puede encontrar la versión más reciente de estas directrices en el documento de COPUOS A/AC.105/C.1/2025/CRP.9, disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2025/aac_105c_12025crp/aac_105c_12025crp_9_0_html/AC105_C1_2025_CRP09E.pdf.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Finalmente, la AEE participa en los foros internacionales donde se analizan las mejores prácticas y necesidades regulatorias para promover la sostenibilidad en el espacio, como el Grupo de Trabajo de la COPUOS de Sostenibilidad a Largo Plazo (LTS) o CONFERS.

6. LA AEE Y LOS RETOS REGULATORIOS DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE

6.1. La AEE y la Comisión sobre la utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS)

Existen varios retos jurídicos y regulatorios a nivel global en el horizonte, como el ya mencionado de la sostenibilidad, asociado al crecimiento de los desechos espaciales entre otros aspectos; el aumento del número de objetos en órbita, en especial con la llegada de las grandes constelaciones, y la problemática que estas plantean; la presencia creciente de misiones privadas; las posibilidades de prestar servicios a objetos situados en órbita, y de retirar de forma activa desechos espaciales; el impacto de la creciente población orbital en las observaciones astronómicas; y el uso y la explotación de los recursos espaciales.

COPUOS es la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos de Naciones Unidas. Se trata de un órgano dependiente de la Asamblea General. Consta de dos subcomisiones, una dedicada a asuntos científicos y técnicos (SACT) y otra dedicada a examinar asuntos jurídicos (SAJ). Las funciones de secretaría de COPUOS las desempeña la Oficina para Asuntos del Espacio Ultraterrestre de Naciones Unidas (UNOOSA).[14]

La AEE participa activamente en COPUOS y en sus dos subcomisiones, así como con la UNOOSA de forma bilateral.

Un tema muy relevante que está incluido dentro del programa de COPUOS es el de la gestión del tráfico espacial (STM por sus siglas en inglés). Con el aumento en el número de Estados y de operadores en las órbitas terrestres, y la proliferación de desechos o basura espacial, crece la congestión de algunas de estas órbitas, sobre todo las órbitas bajas y la órbita geoestacionaria, así como el riesgo de colisiones entre los objetos espaciales. Se hace necesario un sistema de STM y una serie de reglas de tráfico para evitar colisiones y otros accidentes en órbita.

La Academia Internacional de Astronáutica ha definido STM como el conjunto de normas técnicas y regulatorias destinadas a promover el acceso al espacio ultraterrestre, las operaciones en el espacio, y el retorno desde el espacio a la Tie-

14 https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/comm-subcomms.html.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

rra, en todo momento de forma segura y libre de interferencias físicas o de radio interferencias[15].

Hay una serie de delegaciones en COPUOS que opinan que ya es hora de abordar una serie de cuestiones cada vez más urgentes y dar los primeros pasos concretos para conseguir una gestión del tráfico espacial. Igual que la gestión del tráfico aéreo es un elemento crucial de la aviación en nuestros días, también va siendo necesario establecer un régimen de gestión del tráfico espacial, si queremos garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las actividades espaciales, así como el libre acceso desde y hacia el espacio ultraterrestre, para todos los Estados y demás agentes espaciales. En la actualidad hay un grupo de trabajo de Sostenibilidad a Largo Plazo (LTS – *Long Term Sustainability*) en el que se están desarrollando todos estos debates.

Está previsto que se constituyan en 2026 un grupo de estudio de los aspectos técnicos de este tema en la Subcomisión Científica y Técnica de COPUOS, y otro grupo de estudio de los aspectos jurídicos en la Subcomisión Jurídica. Ambos grupos, tras recabar toda la información que estimen oportuna en materia de STM, prepararán sendos informes de investigación sobre el tema, redactados por expertos representantes de todas las regiones del mundo. Con el tiempo, podría desarrollarse en la Subcomisión Jurídica de COPUOS un conjunto de principios jurídicos recomendatorios sobre STM.

Otro tema de gran trascendencia es el de la explotación de los recursos espaciales, que está siendo ahora mismo objeto de análisis y desarrollo en COPUOS, en concreto por parte de un grupo de trabajo dentro de la Subcomisión Jurídica. El resultado que se espera del Grupo de Trabajo es una declaración de principios jurídicos aplicables a las actividades de explotación de los recursos espaciales que, tras su adopción en COPUOS, sea aprobada por la Asamblea General de Naciones Unidas.

Todo el mundo está de acuerdo en que se necesita un marco internacional, pero persisten algunas discrepancias fundamentales en COPUOS acerca de cuáles deben ser las bases del modelo. Estados Unidos y algunos otros países del grupo occidental opinan que la libertad de utilización del espacio ultraterrestre contenida en el Tratado del Espacio ya de por sí incluye la posibilidad de apropiación y uso de los recursos espaciales que se hallen en los cuerpos celestes, tales como agua, minerales, etc. Otras delegaciones no excluyen la explotación de los recursos espaciales, pero recuerdan que el espacio ultraterrestre es una zona común y no sujeta a la jurisdicción de ningún Estado, por lo que cualquier regulación que se haga de su uso debería ser de carácter internacional.

Sí que parece haber consenso con respecto a otros principios que deberán regir esta actividad, sea cual sea el modelo elegido. Todo el mundo está de acuerdo en que la explotación de los recursos espaciales debe hacerse de forma segura, responsable, y sostenible. Deberá ser respetuosa con el medio ambiente de los cuerpos celestes y también con el de la Tierra, y compatible con el principio de no apropiación de los propios

15 IAA, «Cosmic Report on Space Traffic Management» (SG 5.3), 2005: https://iaaspace.org/publications/iaa-cosmic-studies/#Pub-Stud-C5.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

cuerpos celestes y que no impida la exploración e investigación científica de estos. También deberá estar basada en la coordinación y en el intercambio constante de información entre todas las partes implicadas; y deberá estar destinada a fines pacíficos.

La AEE defiende todos estos principios sobre los cuales hay consenso en COPUOS y participa en el debate sobre el futuro modelo internacional de regulación de la explotación de los recursos espaciales.

Mencionemos por último el establecimiento en 2024 en COPUOS del Grupo de acción relativo a consultas de actividades lunares (ATLAC en inglés)[16]. Es un foro de consultas entre los Estados que garantice que las cada vez más numerosas actividades lunares no interfieran entre sí, y que en el curso de su desarrollo se respeten los principios del Tratado del Espacio, así como el medio ambiente lunar, el patrimonio cultural situado en la Luna, y los intereses de los demás Estados y operadores. Se prevé además una sinergia y una coordinación entre el ATLAC y el Grupo de Trabajo sobre modelos de explotación de los recursos espaciales, dada la relación entre las áreas de acción de ambos grupos.

La AEE participa activamente en todos estos grupos, en coordinación con la Representación Permanente de España ante la ONU en Viena, defendiendo los intereses nacionales y asegurando la adecuada visibilidad de España en estos foros internacionales.

6.2. La AEE y la Ley Espacial europea

En junio de este año, la Comisión Europea presentó públicamente su iniciativa legislativa en el ámbito espacial: la propuesta de Ley del Espacio europea, o *EU Space Act*. Se trata de un conjunto de normas diseñadas para abordar, para toda la Unión Europea, los retos de seguridad, de resiliencia y de sostenibilidad a los que se enfrentan en la actualidad las actividades y las operaciones espaciales[17].

La idea detrás de esta iniciativa es evitar la fragmentación del mercado europeo de servicios espaciales, y eliminar las barreras entre países dentro del Mercado Único europeo debidas a las diferencias entre las legislaciones existentes o bien, en el caso de muchos países miembros, a la falta de una legislación espacial interna. Para ello se propone un marco regulatorio armonizado para las actividades espaciales para los 27 Estados miembros. El propósito último es asegurar la competitividad del sector espacial europeo dentro del contexto del comercio internacional, facilitándoles a las empresas, en particular a las *start-ups* y a las pequeñas y medianas empresas, que operen a través de las fronteras internas europeas, y de este modo que puedan crecer en tamaño y desarrollarse.[18]

16 https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/atlac/index.html.

17 https://defence-industry-space.ec.europa.eu/newsroom/consultations/targeted-consultation-eu-space-law_en; https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space-act_en.

18 https://defence-industry-space.ec.europa.eu/newsroom/consultations/targeted-consultation-eu-space-law_en; https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space-act_en.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En la actualidad, los servicios espaciales, y los servicios derivados de datos obtenidos desde el espacio, se utilizan cada vez más en una pluralidad de sectores de la economía. Sirven de apoyo a la ejecución de las políticas públicas, la operación de empresas de todos los ramos, y facilitan en general las vidas y las actividades de los ciudadanos. Los servicios y los datos espaciales también dan apoyo en las áreas de seguridad y defensa, y contribuyen a hacer realidad la agenda política de la UE, al hacer posible las transiciones verde y digital, a la vez que resultan esenciales para mantener la resiliencia de las infraestructuras y los servicios críticos. El espacio es un área crítica para asegurar la autonomía estratégica de la UE y de sus Estados miembros.[19]

La Ley del Espacio europea abarca por tanto tres pilares fundamentales:

- Seguridad: fomenta un tráfico espacial seguro, frente al riesgo creciente de colisiones e interferencias entre satélites y otros objetos en el espacio, y de daños causados por los desechos espaciales. Para ello, la Ley introduce unas normas claras para el seguimiento de los objetos espaciales tanto activos como inactivos, y para la reducción de los desechos espaciales, contribuyendo así a mantener el acceso seguro e ininterrumpido de Europa al espacio.
- Resiliencia: protege las infraestructuras y los activos espaciales, tanto a nivel de la UE como a nivel nacional, frente a posibles amenazas exteriores (especialmente los ciberataques). Para ello, se proponen en la Ley una serie de requisitos de ciberseguridad que protejan la infraestructura espacial europea y garanticen la continuidad de la actividad económica dependiente del espacio.
- Sostenibilidad: garantiza la sostenibilidad de las operaciones espaciales, y mantiene la capacidad de la UE de recurrir a largo plazo al sector espacial como una fuente importante de servicios y de crecimiento económico. Para ello, los operadores deberán evaluar y en su caso reducir el impacto medioambiental que puedan tener sus actividades espaciales, al tiempo que se beneficiarán de las innovaciones y tecnologías emergentes en este campo, como por ejemplo la prestación de servicios en órbita o la retirada activa de desechos espaciales.

Esta nueva normativa se aplicará a todos los operadores, tanto europeos como provenientes de fuera de la UE, que ofrezcan servicios dentro del Mercado único europeo. Los requisitos legales se exigirán a los operadores de una forma proporcionada, dependiendo de las dimensiones y del perfil de riesgo de cada uno, asegurando de esta manera un marco regulatorio equitativo y favorable a la innovación.[20]

Existe un proceso de consulta pública ahora mismo abierto, hasta el 24 de noviembre de 2025, y durante el mismo cualquier persona puede proporcionar comentarios y correcciones a la Comisión en el sitio web previsto para ello[21]. La AEE está

19 https://defence-industry-space.ec.europa.eu/newsroom/consultations/targeted-consultation-eu-space-law_en.

20 https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space-act_en.

21 https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13971-EU-Space-Act-new-rules-for-safe-resilient-and-sustainable-space-activities_en.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

preparando una serie de alegaciones en la materia que se entregarán a la Comisión Europea a través de los canales adecuados.

Una vez agotada esta consulta pública, la iniciativa seguirá su curso en el marco de un procedimiento legislativo ordinario que se desarrollará conjuntamente en el Parlamento y en el Consejo europeos[22].

Esta normativa europea, que afectará a las normativas nacionales que regulan las actividades espaciales, estableciendo requisitos para la obtención de la licencia necesaria para cualquier actividad espacial que opere en el ámbito europeo, deberá de tenerse en cuenta en la elaboración de la propuesta de anteproyecto de Ley del Espacio nacional.

La AEE tendrá un papel importante una vez que se apruebe esta legislación, ya que su puesta en práctica dependerá en gran medida de que sea aplicada por cada Estado miembro de la Unión. Los operadores espaciales no podrán proporcionar servicios espaciales en el Mercado Único europeo a menos que hayan obtenido una autorización por parte de alguno de los Estados miembros para poder llevar a cabo actividades espaciales. Esta autorización dependerá entre otros de que los operadores demuestren su cumplimiento con los requisitos de la Ley del Espacio europea. Así mismo, la admisión de operadores de fuera de la UE para prestar servicios en un país de la UE como España, requiere coordinación entre el operador y la autoridad competente nacional.[23]

Las autoridades nacionales competentes tendrán todas las competencias de autorización, supervisión, investigación, corrección y sancionadoras que sean necesarias para ejercitar las funciones y tareas que les encomienda el Artículo 29 de la propuesta legislativa. Entendemos que la AEE será la autoridad competente a nivel nacional español para autorizar y supervisar las actividades de los operadores españoles, así como el organismo que tendrá las competencias de verificar las autorizaciones o licencias extendidas a operadores de países de la UE que pretendan operar y prestar servicios en España. La AEE se vislumbra pues como la entidad autorizadora en España de actividades espaciales privadas también desde el punto de vista de la Ley del Espacio europea, dada su experiencia y su conocimiento técnico del sector.

Junto a la presencia de la autoridad competente nacional, la *EU Space Act* prevé también la presencia de órganos o entidades técnicas cualificadas en materia de actividades espaciales, dedicados a evaluar que cada operador cumpla con los requisitos que se establecen en la Ley. Tal órgano técnico cualificado emitirá informes técnicos que decidirán la adecuación o no de cada operador a la normativa vigente. Los estados miembros deben pues nombrar órganos técnicos cualificados para emitir certificados técnicos sobre las actividades espaciales. Las autoridades nacionales competentes deberán coordinarse con estos órganos y tener en cuenta sus informes.[24]

---

22 https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space-act_en.

23 Propuesta de Ley del Espacio europea, Título III, Aspectos de gobernanza, Capítulo I, Gobernanza en los Estados miembros, Sección 1, Autoridades competentes.

24 Propuesta de Ley del Espacio europea, Título III, Aspectos de gobernanza, Capítulo I, Gobernanza en los Estados miembros, Sección 2, Órganos Técnicos Cualificados acerca de las actividades espaciales.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Dicha entidad cualificada puede ser un órgano independiente, o bien puede ser una sección o departamento inscrito dentro de la autoridad competente nacional. Es posible que dicha entidad técnica cualificada en España forme parte también de la AEE.

Mencionemos por último que la ciberseguridad de los sistemas espaciales deberá coordinarse con la ciberseguridad de entidades y sistemas críticos en general, conforme a las directivas europeas que ya existen en materia de ciberseguridad[25]. En consecuencia, las autoridades nacionales competentes en materia espacial en cada Estado miembro, como la AEE en España, deberán coordinarse con sus autoridades nacionales competentes encargadas de la ciberseguridad.

6.3. La AEE y la reforma del Registro Español de Objetos Espaciales

La AEE ha cumplido ya un papel importante en la reforma del registro nacional de objetos espaciales, regulado originalmente por medio del Real Decreto 278/1995, de 24 de febrero. La reforma tiene en cuenta tendencias recientes en las actividades espaciales como el creciente número de satélites promovidos u operados por entidades privadas, el lanzamiento de grandes constelaciones de satélites, y el lanzamiento de satélites pequeños por parte de universidades y otros tipos de entidades[26].

Asimismo, con el avance de la técnica y con el fruto de la experiencia adquirida, se ha constatado que los datos que se aportan con las solicitudes de inscripción de objetos lanzados al espacio ultraterrestre son insuficientes para identificar de manera inequívoca los objetos inscritos, por lo que es preciso ampliar el conjunto de los datos y parámetros previstos en el Real Decreto 278/1995 con vistas a las nuevas solicitudes de inscripción[27].

La Agencia Espacial Española, dadas las competencias que le confieren sus Estatutos, deberá asumir una nueva competencia respecto al Registro Español, gestionada hasta el momento por el Ministerio de Industria y Turismo[28]. En este sentido, se le encargará a la Agencia Espacial Española, tras el periodo transitorio necesario, que asuma la competencia y gestión de las inscripciones en el referido Registro, sin perjuicio de las competencias del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación. La inscripción de un satélite se hará mediante la cumplimentación de la hoja de inscripción y su presentación a través de la sede electrónica asociada a la Agencia Espacial Española[29].

Se establece asimismo que, en el caso de cualquier variación de las condiciones acreditadas en el momento de la solicitud de inscripción, la entidad propietaria o

25 Directiva (UE) 2022/2555 y Directiva (UE) 2022/2557.

26 Preámbulo de la reforma del R.D. 278/1995 de 24 de febrero.

27 Preámbulo de la reforma del R.D. 278/1995 de 24 de febrero.

28 Preámbulo de la reforma del R.D. 278/1995 de 24 de febrero.

29 Preámbulo de la reforma del R.D. 278/1995 de 24 de febrero, y artículo 5.2 del R.D. reformado.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

titular del objeto inscrito deberá comunicarlas inmediatamente a la Agencia Espacial Española a través de la sede electrónica asociada a la AEE[30].

Todas las solicitudes de inscripción en el Registro Español con motivo del lanzamiento de un objeto al espacio ultraterrestre y que haya entrado en órbita terrestre o más allá, exceptuando, en cuanto a los datos a consignar, las relativas a inscripciones de objetos espaciales que puedan afectar a la seguridad y defensa nacional de España, deberán acompañarse de los datos que se incluyen en la hoja de inscripción del Anexo de este real decreto y se presentarán en formato electrónico, a través de la sede electrónica asociada a la AEE.[31]

Las empresas e instituciones que estén en posesión de los datos sobre los objetos estarán obligadas a comunicarlos a la AEE, la cual podrá, a su vez, recabar de aquéllas cuanta información complementaria estime necesaria para llevar a cabo la inscripción. Las comunicaciones se extenderán también a las modificaciones que experimenten los datos relativos a los objetos espaciales inscritos y, en particular, al caso de que hayan dejado de estar en órbita terrestre[32].

La AEE transmitirá a la Dirección General de Diplomacia Económica del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación las modificaciones de los datos del Registro para su comunicación formal al Secretario General de las Naciones Unidas para su inclusión en el Registro de dicho Organismo[33].

6.4. La AEE y la Ley del Espacio española

En cuanto a la regulación nacional, la AEE está trabajando en la primera normativa espacial española, coherente con los Tratados internacionales en los que España es parte. La AEE está impulsando el desarrollo de una ley nacional que regule las actividades espaciales, la llamada ley del Espacio.

Existen muchos y poderosos motivos para elaborar esta nueva legislación. Es necesaria en primer lugar para ofrecer seguridad jurídica a los operadores espaciales españoles, así como a los europeos y demás operadores extranjeros que deseen proporcionar servicios espaciales en España. Todos ellos sienten el actual vacío de una normativa clara para poder desarrollar sus actividades en nuestro país.

En segundo lugar, es de esperar que la formación de un marco jurídico estable atraiga las inversiones tanto españolas como extranjeras que ayuden a promover la industria aeroespacial española, y que generen puestos de trabajo en el sector.

En tercer lugar, la posibilidad de que se produzcan lanzamientos espaciales desde territorio español hace imperativo el garantizar la seguridad física de las activida-

30 Artículo 5.5 del R.D. reformado.

31 Artículo 6 del R.D. reformado.

32 Artículo 7 del R.D. reformado.

33 Artículo 7 del R.D. reformado.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

des de lanzamiento de objetos al espacio que se desarrollen desde espaciopuertos y desde otras bases y lugares situados en España. Ello se hará adoptando las medidas de seguridad que sean necesarias durante el lanzamiento, e imponiendo el adecuado aseguramiento de los riesgos a los operadores.

En cuarto lugar, resulta conveniente que España se sume a la lista cada vez más extensa de países que han promulgado leyes espaciales nacionales, lista que incluye a muchos Estados vecinos como Francia, Portugal, Reino Unido, Italia, etc. con el fin de no quedar nuestro país en desventaja dentro de nuestro entorno geográfico.

Finalmente, existen razones de carácter internacional también para proceder a elaborar una legislación espacial nacional. Por ser parte en los Tratados de Naciones Unidas en materia espacial, y por ser miembro de la Comisión para el Uso Pacífico del Espacio Ultraterrestre, España ha adquirido una serie de compromisos y obligaciones internacionales que deben ahora reflejarse en la legislación interna en el campo espacial.

En particular, el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre impone una obligación muy clara a los Estados que son partes en el mismo, que es la de autorizar y controlar de manera constante las actividades espaciales que desarrollen todas las entidades —públicas, privadas y no gubernamentales— que se hallan bajo su jurisdicción, a fin de asegurarse de que dichas actividades se realizan en conformidad con las disposiciones del Tratado del Espacio[34]. En consecuencia, el Estado español debe garantizar que las actividades de los operadores sometidos a su jurisdicción cumplan con lo dispuesto en el Tratado. La mejor manera de hacer cumplir este requisito es mediante la promulgación de una legislación nacional propia y de los mecanismos para implementarla y supervisar su cumplimiento.

Otras obligaciones internacionales asumidas por España derivadas del Tratado del Espacio son: la obligación de asistir a los astronautas de otros Estados que por razones de emergencia u otras aterrizasen o se hallasen en territorio español, así como la de devolverles a sus estados de origen[35]; la obligación de restituir también aquellos objetos espaciales o partes componentes que aterricen en territorio español[36]; la posible responsabilidad internacional por daños a terceros causados por un objeto espacial español, lo que supone la necesidad de imponerles a los operadores unos requisitos de seguridad máxima durante el lanzamiento, de contratación de seguros que cubran los riesgos, y del eventual reembolso de indemnizaciones que en su caso hubiera tenido que pagar el gobierno español[37]; y la obligación de registrar los cohetes, satélites, y otros objetos lanzados al espacio, tal y como hemos visto en el epígrafe anterior[38].

34 Artículo VI del Tratado del Espacio de 1967.

35 Artículo V del Tratado del Espacio de 1967.

36 Artículo V del Tratado del Espacio de 1967.

37 Artículo VII del Tratado del Espacio de 1967.

38 Artículo VIII del Tratado del Espacio de 1967.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Finalmente, sería apropiado tener en cuenta en la Ley del Espacio las diversas declaraciones de principios jurídicos, líneas directrices, y otras recomendaciones en materia espacial elaboradas en COPUOS y adoptadas más tarde por la Asamblea General de Naciones Unidas, en casi todos los casos con el apoyo prestado en su momento por el Gobierno español. Aunque se trata de normas no vinculantes, son de gran utilidad para regular varios aspectos concretos de las actividades espaciales, como la teleobservación de la Tierra, el uso de fuentes de energía nuclear en el espacio, la reducción de los desechos espaciales, o la sostenibilidad a largo plazo de las actividades espaciales.

La AEE se encuentra en la actualidad impulsando la creación de esta ley espacial nacional, habiendo preparado un primer borrador de anteproyecto que servirá de base para la elaboración de la legislación, que debería aprobarse a lo largo de 2026. A su vez, dicha legislación puede designar a la Agencia Espacial como entidad responsable de autorizar y supervisar a las empresas y organizaciones privadas, como sucede en otros países de nuestro entorno.

6.5. La AEE y el Derecho Espacial

Todos estos retos van a requerir un avance significativo no solo en la regulación espacial, sino también en los conceptos subyacentes del Derecho espacial. La AEE está comprometida con trabajar no solo en la regulación, sino también en promover el avance del Derecho espacial en España y en el ámbito internacional.

España cuenta con un importante colectivo de expertos y organizaciones de derecho espacial, con la AEDAE (Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial) siendo un buen ejemplo, y la Agencia colabora ya con esta comunidad para promover los avances en el Derecho espacial. La Agencia tiene la intención de poner en marcha programas oficiales para avanzar el conocimiento en Derecho espacial en España, promoviendo la investigación y la ampliación del conocimiento en este campo. España debe liderar no solo en ciencia y tecnología, sino también en Derecho espacial.

Asimismo, existe la necesidad de promover la formación de talento en el ámbito del Derecho espacial, ya que el nuevo entorno regulatorio conllevará la demanda de expertos en estas regulaciones. Los actores del sector espacial, y en particular las empresas, requerirán de apoyo profesional, tanto en sus plantillas como externo, para gestionar los nuevos conceptos legales derivados de las nuevas tecnologías, así como para cumplir con las nuevas regulaciones nacionales e internacionales. Desde la Agencia vamos a trabajar para promover las vocaciones y la formación de profesionales cualificados que puedan dar solución a esta demanda que se va a generar en los próximos años.

Por tanto, la AEE va a ser no solo la promotora de los avances de la tecnología y las ciencias espaciales, sino también de los avances de la regulación, del Derecho espacial y del colectivo de los investigadores y profesionales del Derecho espacial.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

7. CONCLUSIÓN

El espacio cada vez tiene un impacto mayor en la economía, en la acción del Gobierno y en la sociedad en general. Esto genera cada vez más retos para el sector espacial, tanto tecnológicos como programáticos y regulatorios. En un entorno cada vez más complejo y que cambia con mayor velocidad, hace falta una coordinación a nivel país para asegurar que se fijan objetivos a largo plazo y que se persiguen con una gestión eficaz y eficiente de los recursos públicos. La Agencia Espacial Española (AEE) cubre esta función.

La AEE tiene como principal objetivo la utilización del espacio en beneficio, conocimiento y seguridad de la sociedad española. Para lograrlo, desarrolla estrategias, políticas y programas que promuevan la investigación, el desarrollo tecnológico e industrial y la innovación en el ámbito espacial, coordinando las actividades a nivel nacional y proporcionando una voz única a España en los foros y organizaciones internacionales del espacio.

En la actualidad el sector espacial está afrontando numerosos retos, pero uno de ellos es sin duda el regulatorio. El avance de las tecnologías, la aparición de nuevos conceptos como las constelaciones o los lanzadores reutilizables, y la cada vez mayor importancia de los actores privados en la promoción de misiones hacen que se requiera la actualización de la regulación. El Registro de Objetos Espaciales está en proceso de actualización, pero aun así hace falta establecer una regulación nacional que asegure un crecimiento sostenible del sector y el cumplimiento de las obligaciones derivadas de los Tratados Internacionales de los que España es signatario.

Asimismo, la evolución internacional de las regulaciones, como la *Space Act* en la Unión Europea, y los debates en foros internacionales en COPUOS sobre aspectos como los recursos espaciales o la gestión del tráfico espacial requieren una acción coordinada a nivel nacional. La AEE desempeña esa labor, participando en todos los foros relevantes y liderando a nivel nacional el establecimiento de una regulación que cubra todos los retos y apoye un desarrollo ordenado y sostenible del sector espacial.

Los próximos años van a traer muchos cambios en el sector espacial a nivel global, y la AEE va a trabajar, en colaboración con todos los actores del sector, para que España salga fortalecida de esta evolución, y que esa fortaleza se traduzca en mayores beneficios para la sociedad.

8. BIBLIOGRAFÍA

8.1. Artículos

Díaz Díaz, E. (2023) «Objeto y fines de la Agencia Espacial Española: alcance normativo», *Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial* número 3, pp. 303-332. https://aedae-aeroespacial.org/wp-content/uploads/2024/01/R.E.D.A.E._2023_COLOR_OK_compressed-3.pdf .

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Gandullo Zamora, V. (2025). «La Agencia Española en el nuevo orden», *revista NAVIGARE del Instituto Iberoamericano de Derecho Aeronáutico y del Espacio*. https://derechoaeroespacial.org/navigare-not33 .

García Sacristán, C. y Moro Aguilar, R. (2025). «Actividades en los cuerpos celestes – marco regulatorio», *presentación realizada por la Agencia Espacial Española en nombre de la Delegación de España, Subcomisión de Asuntos Jurídicos de COPUOS*, 13 de mayo de 2025. https://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/lsc/2025/Technical_Presentations/Tuesday13May/1_-_Spain_Technical_Presentation_for_2025_COPUOS_LSC_-_Rafael_Moro_Spain_rev3.pdf .

González Ferreiro, E.C. (2023). «Principales ítems que debería incluir la ley espacial española», *Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial* número 3, pp. 371-421. https://aedae-aeroespacial.org/wp-content/uploads/2024/01/R.E.D.A.E._2023_COLOR_OK_compressed-3.pdf .

González Ferreiro, E.C. (2023), «Statute of the Spanish Space Agency», en *Boletín n.º 10 O.J.A*. pp. 13-32. https://aedae-aeroespacial.org/wp-content/uploads/2023/04/Boletin-10-OJA-Marzo-2023.pdf .

Harillo Gómez-Pastrana, R. (2023) «Aproximación al Estatuto de la Agencia Espacial Española», *Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial número* 3, pp. 333-350. https://aedae-aeroespacial.org/wp-content/uploads/2024/01/R.E.D.A.E._2023_COLOR_OK_compressed-3.pdf .

Medina Castro, J. (2023) «La perspectiva administrativa del Estatuto de la Agencia Espacial Española», *Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial* número 3, pp. 351-369. https://aedae-aeroespacial.org/wp-content/uploads/2024/01/R.E.D.A.E._2023_COLOR_OK_compressed-3.pdf .

Moro Aguilar, R. (2021) «Necesidad de una legislación en materia espacial para el cumplimiento de nuestras obligaciones internacionales», *Boletín n.º 4 O.J.A*., pp. 23-24. https://aedae-aeroespacial.org/boletin-4-diciembre-2021/.

Moro Aguilar, R. (2025) «Noticias de la Subcomisión de Asuntos Jurídicos de COPUOS», *Boletín n.º 19 O.J.A*., pp. 37 y siguientes. https://aedae-aeroespacial.org/wp-content/uploads/2025/07/AEDAE-JULIO-2025.pdf .

8.2. Legislación

- Real Decreto 158/2023, de 7 de marzo, por el que se aprueba el Estatuto de la Agencia Estatal «Agencia Espacial Española» (AEE).
- Ley 40/2015, Régimen Jurídico del Sector Público.
- Estrategia de Seguridad Aeroespacial Nacional (ESAN) aprobada por el Consejo de Seguridad Nacional el 14 de julio de 2025.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- Propuesta de Ley del Espacio europea, Título III, Aspectos de gobernanza, Capítulo I, Gobernanza en los Estados miembros, Sección 1, Autoridades competentes.
- Propuesta de Ley del Espacio europea, Título III, Aspectos de gobernanza, Capítulo I, Gobernanza en los Estados miembros, Sección 2, Órganos Técnicos Cualificados acerca de las actividades espaciales.
- Propuesta de reforma del R.D. 278/1995 de 24 de febrero.
- Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre (o Tratado del Espacio) de 1967.

8.3. Cibergrafía

- Sitio web de la Agencia Espacial Española (AEE): https://www.aee.gob.es/.
- Sitio web de la Academia Internacional de Astronáutica (IAA), informe sobre la gestión del tráfico espacial: «Cosmic Report on Space Traffic Management» (SG 5.3), 2005: https://iaaspace.org/publications/iaa-cosmic-studies/#Pub-Stud-C5.
- Sitio web del sistema de *Space Surveillance and Tracking* de la Unión Europea (EU SST): https://www.eusst.eu/.
- Sitio web del *Action Team on Lunar Activities Coordination* (ATLAC): https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/atlac/index.html.
- Sitio web de la Comisión Europea, *Targeted Consultation*: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/newsroom/consultations/targeted-consultation-eu-space-law_en.
- Sitio web de la Comisión Europea, *EU Space Act*: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space-act_en.
- Sitio web de la Comisión de las Naciones Unidas sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS) y de sus dos subcomisiones: https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/comm-subcomms.html.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

REARME E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA: RECONFIGURACIÓN GLOBAL, MARCO NORMATIVO Y DESAFÍOS PARA LA DEFENSA EUROPEA Y ESPAÑOLA

REARMAMENT AND TECHNOLOGICAL INNOVATION: GLOBAL RECONFIGURATION, REGULATORY FRAMEWORK, AND CHALLENGES FOR EUROPEAN AND SPANISH DEFENSE

Dr. Efrén Díaz Díaz
www.efrendiaz.es
Abogado. Doctor en Derecho.
Responsable de las Áreas de Tecnología y Derecho Espacial del Bufete Mas y Calvet
efrendiaz@mascalvet.com

Dña. Lucía Jiménez López
Abogada. Colaboradora del Bufete Mas y Calvet

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. RECONFIGURACIÓN GLOBAL, REARMES ESTRATÉGICOS E INVERSIONES EN DEFENSA. 3. EVOLUCIÓN REGULATORIA Y TRANSFORMACIONES CLAVES EN USOS DUALES. 3.1. Modificaciones relevantes de la orden ecm/551/2025. 4. REARME A NIVEL NACIONAL: PLAN ESTRATÉGICO Y PRINCIPALES DIFICULTADES. 5. LA ESTRATEGIA DE SEGURIDAD AEROESPACIAL NACIONAL (ESAN 2025) COMO EJE DE LA AUTONOMÍA ESTRATÉGICA. 5.1. Un enfoque estratégico alineado con el rearme y la innovación. 5.2. Implicaciones jurídicas y regulación futura. 6. CONCLUSIONES. 7. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: Este estudio analiza el rearme global y la innovación tecnológica en un contexto de transformación geopolítica y militar, con impacto en la Unión Europea y España. La competencia entre potencias como Rusia, Ucrania, EE.UU., China e Israel impulsa inversiones en defensa, destacando el desarrollo de drones, inteligencia artificial y tecnologías espaciales. Conflictos como la guerra en Ucrania (2022) y el conflicto Israel-Hamás (2023) aceleran estas dinámicas. La UE regula productos de doble uso mediante

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

el Reglamento UE 2021/821 y la Orden ECM/551/2025, mientras España alinea su marco normativo con la Ley 53/2007 y el Real Decreto 679/2014. Sin embargo, la burocracia y la falta de homogeneidad en licencias limitan la competitividad, especialmente de las PYMEs. La UE promueve estrategias como el Joint White Paper for European Defence Readiness 2030 y la porcupine strategy para Ucrania, mientras España enfrenta retos en financiación y agilidad para consolidar su autonomía estratégica.

Palabras Clave: rearme, innovación tecnológica, defensa, tecnologías de doble uso, autonomía estratégica, seguridad aeroespacial.

Abstract: *This study analyzes global rearmament and technological innovation in a context of geopolitical and military transformation, with impacts on the European Union and Spain. The competition between major powers such as Russia, Ukraine, the United States, China, and Israel is driving investments in defense, highlighting the development of drones, artificial intelligence, and space technologies. Conflicts such as the war in Ukraine (2022) and the Israel-Hamas conflict (2023) are accelerating these dynamics. The EU regulates dual-use products through EU Regulation 2021/821 and Order ECM/551/2025, while Spain aligns its regulatory framework with Law 53/2007 and Royal Decree 679/2014. However, bureaucracy and the lack of homogeneity in licensing limit competitiveness, particularly for SMEs. The EU promotes strategies such as the Joint White Paper for European Defence Readiness 2030 and the porcupine strategy for Ukraine, while Spain faces challenges in financing and agility to consolidate its strategic autonomy.*

Key Words: *rearmament, technological innovation, defense, dual-use technologies, strategic autonomy, aerospace security.*

1. INTRODUCCIÓN

El panorama internacional en todas sus vertientes se encuentra marcado por una acelerada transformación geopolítica, tecnológica y militar. El rearme y las inversiones se han convertido en una constante global, impulsados por conflictos crecientes. La competencia estratégica entre grandes potencias y la creciente relevancia de la innovación tecnológica en ámbitos como la inteligencia artificial, los drones, el espacio, la ciberdefensa o la guerra electrónica es una realidad que no solo afecta a los países directamente involucrados en los enfrentamientos, como Rusia y Ucrania, sino que también repercute en bloques regionales y organizaciones internacionales. Obliga a replantear estrategias de seguridad, marcos normativos y prioridades presupuestarias, así como a entender la nueva configuración de los conflictos armados, en los que la desinformación, la asimetría, el nuevo dominio aeroespacial y la distancia digital de los agresores son parte del tablero geopolítico.

En este contexto, la Unión Europea y, particularmente, España, se ven desafiadas a adaptar su industria, sus políticas regulatorias y sus estructuras de cooperación, para abordar obstáculos estructurales y burocráticos que limitan su capacidad competitiva frente a otros actores globales. El presente estudio analiza la evolución de este actual proceso de rearme, las normativas que lo regulan y las implicaciones estratégicas, políticas y económicas para el futuro inmediato.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2. RECONFIGURACIÓN GLOBAL, REARMES ESTRATÉGICOS E INVERSIONES EN DEFENSA

Ante una escena política, comercial y militar de incertidumbre y actores diametralmente opuestos, todos los países están tomando conciencia de la necesidad de refrendar el *status quo* internacional con una potencia militar adecuada y suficiente, en particular mediante inversiones en defensa en las que se están destinando cantidades y recursos económicos y materiales sin precedentes, ya que los Estados buscan asegurar su soberanía estratégica, su independencia tecnológica y su capacidad disuasoria frente a amenazas crecientes.

Esta situación se incardina en la concurrencia de diversos factores, algunos particularmente clave como la guerra iniciada con la invasión rusa en 2022, la cual ha provocado una transformación radical en las estructuras militares de ambos países y del resto de actores. Lo que se inició como un enfrentamiento «convencional» ha devenido en un motor de rearme y de innovación tecnológica que está redefiniendo la industria de defensa de Rusia y Ucrania y, por ende, la de Europa y la del resto del mundo.

Rusia constituye, con mucha diferencia, el país europeo más armado y ha activado una economía de guerra enfocada casi por completo en cumplir sus objetivos bélicos, sustentada por una movilización industrial masiva (su gasto del PIB se sitúa en el 6 %, frente al 1,9 % del PIB de la UE en 2024[1]). La producción de municiones se ha quintuplicado en algunos centros industriales, y ya llega a producir más munición en tres meses que la OTAN en un año y ocupa al 20 % del empleo manufacturero en la industria de defensa. La innovación tecnológica se basa en los combates con drones y robótica avanzada, guerra electrónica y sistemas cuánticos. Todo esto se soporta por su capacidad de producción en el sector primario y la modificación de sus países de destino.

Por otro lado, Ucrania ha demostrado una capacidad de adaptación y de resiliencia extraordinaria. En apenas tres años, su industria de defensa ha escalado desde una producción cercana a los 1.000 millones de USD en 2022 hasta unos 35.000 millones en 2025[2]. Ha surgido un ecosistema diversificado que incluye ya más de 500 empresas de defensa y más de 300.000 trabajadores activos. El sector privado se ha consolidado como motor de innovación, superando en eficiencia a las empresas estatales, aunque sus capacidades de inversión se encuentran limitadas al depender en gran medida de apoyos económicos externos.

En este clima, Ucrania ha logrado una autosuficiencia notable en drones, para finales de 2024 se estimaba que hasta el 96 % de los UAV utilizados por sus fuerzas armadas eran de fabricación nacional, y se ha duplicado la producción anual a 4,5 millones de unidades en 2025. En materia de innovación, Ucrania se ha convertido

1 Consejo de la Unión Europea. (s.f.). *La política de defensa de la UE en cifras* https://www.consilium.europa.eu/es/policies/defence-numbers/

2 Kuzmuk, K., & Scarazzato, L. (2025, 21 febrero). *The transformation of Ukraine's arms industry amid war with Russia*. SIPRI. https://www.sipri.org/commentary/topical-backgrounder/2025/transformation-ukraines-arms-industry-amid-war-russia

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

en un líder global en guerra tecnológica. Sus *startups,* vinculadas a la plataforma estatal Brave1, han permitido experimentación directa entre ingenieros y fuerzas del frente, con aceleración de los ciclos de desarrollo y adaptación de equipos como drones terrestres y sistemas EW (guerra electrónica).

En otra parte de Oriente Próximo, el ataque perpetrado por Hamás el 7 de octubre de 2023 contra Israel desató una respuesta militar sin precedentes dirigida a Gaza. Este conflicto ha generado un impacto regional en expansión; algunas repercusiones siguen manifestándose a lo largo de 2025, mientras que otras continúan incubándose para emerger a más largo plazo. El choque ha ido desestabilizando gradualmente los equilibrios de poder en la región y ha hecho saltar líneas rojas que antes prevalecían. Además, ha puesto de manifiesto ante la comunidad internacional que la cuestión palestina sigue plenamente vigente, y que los acuerdos de normalización alcanzados entre Israel y algunos países árabes —impulsados primero durante la administración de Joe Biden y continuados bajo Donald Trump (ÁlvarezOssorio, 2024)— no lograron marginar la causa palestina ni impedir el estallido de esta nueva confrontación[3].

Las facciones palestinas han desarrollado diversas tácticas de defensa adaptadas a su contexto. Una de las estrategias más destacadas es el uso de una extensa red de túneles, conocida como el «Metro de Gaza»[4], que permite el movimiento de combatientes, almacenamiento de armas y ejecución de ataques sorpresivos. Estos túneles se extienden por toda la Franja de Gaza, incluyendo áreas urbanas, lo que dificulta su detección y destrucción sin afectar a la población civil. Además, se ha informado sobre el uso de drones para misiones de reconocimiento y ataques (shebab, dron kamikaze, shehab ababil[5] con tres versiones…), incluyendo la captura de drones israelíes en territorio palestino. En el ámbito de la guerra electrónica, existen indicios de que las facciones palestinas han intentado interferir con las comunicaciones y sistemas de navegación israelíes, aunque la magnitud y efectividad de estas acciones no están completamente claras. Estas tácticas reflejan un enfoque adaptativo y asimétrico frente a las capacidades tecnológicas superiores de Israel.

Israel emplea drones avanzados como el Hermes 900 y el Harop para misiones de vigilancia y ataques de precisión. Además, utiliza inteligencia artificial para procesar grandes volúmenes de datos, seleccionar objetivos y gestionar la logística, implementando sistemas como «Gospel» y «Fire Factory» que pueden manejar centenares

3 Meneses, R. (2025). *Oriente Medio ante los proyectos de reconfiguración en 2025*. En Instituto Español de Estudios Estratégicos, *Panorama Estratégico 2025*Ministerio de Defensa, Secretaría General Técnica. Recuperado de https://publicaciones.defensa.gob.es/panorama-estrategico-2025-revistas-pdf.html

4 Reuters. (2023, October 26). «The Hamas tunnel city beneath Gaza - a hidden frontline for Israel». Reuters. https://www.reuters.com/world/middle-east/hamas-tunnel-city-beneath-gaza-hidden-frontline-israel-2023-10-26

5 Trevithick, J. (2021, mayo 13). «Palestinian militants are now launching suicide drones at Israel». *The War Zone*. https://www.thedrive.com/the-war-zone/40601/palestinian-militants-are-now-launching-suicide-drones-at-israel

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

de objetivos en tiempo real. Israel mantiene una estructura tecnológica de defensa integrada con sistemas como *Iron Dome* (interceptando cohetes y morteros de corto alcance 4-70km), *David's Sling* (actúa a 40-300km interceptando cohetes pesados, misiles de crucero, drones y aviones), *Arrow* (2 y 3) (aunque no utilizado en su guerra contra Palestina) y el láser *Iron Beam*, junto con capacidades cibernéticas y de guerra electrónica. El sistema Arrow 3, desarrollado en colaboración con Estados Unidos, es capaz de interceptar misiles balísticos fuera de la atmósfera terrestre y proporciona una capa superior de defensa contra amenazas de largo alcance[6].

Por otro lado, Estados Unidos y China están inmersos en una intensa competición estratégica que abarca lo económico, lo tecnológico y lo militar. En el terreno de las importaciones y exportaciones, el gobierno estadounidense, ha impuesto restricciones estrictas a la exportación de semiconductores, inteligencia artificial y tecnologías cuánticas hacia China. En respuesta, Pekín ha reforzado su agencia de «Made in China 2025», que ha invertido miles de millones en semiconductores nacionales, inteligencia artificial y proyectos de autosuficiencia tecnológica, donde, entre otros, busca desarrollar capacidades contraespaciales diversas: misiles antisatélite de ascenso directo, sistemas co-orbitales, interferencia por red, y armas de energía dirigida desde tierra[7].

A mayor abundamiento, China está consolidando su liderazgo en el espacio exterior mediante tecnologías avanzadas como satélites repostables y sistemas de posicionamiento inteligente, reorganización interna para responder con agilidad a amenazas espaciales, estrategias con IA y experimentación rápida, junto con una defensa antimisiles espacial ambiciosa (*Golden Dome*). Sobre la Tierra, mantiene una potente disuasión nuclear y moderniza activamente su arsenal estratégico terrestres, navales y aéreos. Esta combinación refuerza su superioridad tecnológica militar en un entorno donde el control del espacio es vital para la seguridad y defensa nacionales.

Además, posee un instrumento de disuasión cada vez más potente, pues el arsenal nuclear chino no solo avanza en número, sino que también se diversifica, al fortalecer tu triada nuclear a través del desarrollo de misiles terrestres, submarinos y bombarderos estratégicos. También han aumentado las instalaciones de enriquecimiento de uranio, con nuevas plantas que permitirían aumentar la producción de materiales fisibles y sostener la expansión de ojivas previstas para la próxima década[8].

---

6 Swope, C., Bingen, K. A., Young, M., & LaFave, K. (2025, abril 25). *Space Threat Assessment 2025*. Center for Strategic and International Studies (CSIS). https://www.csis.org/analysis/space-threat-assessment-2025

7 El Economista. (26 de mayo de 2025). El nuevo plan Made in China ya está aquí: Pekín reta a EE. UU. para asaltar el trono de la industria más avanzada. elEconomista.es.

8 Stockholm International Peace Research Institute. (2024, 17 de junio). «Role of nuclear weapons grows as geopolitical relations deteriorate. new SIPRI» https://www.sipri.org/media/press-release/2024/role-nuclear-weapons-grows-geopolitical-relations-deteriorate-new-sipri-yearbook-out-now

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En la otra orilla atlántica, Estados Unidos ha activado su propia ofensiva tecnológica: el CHIPS and Science Act canaliza unos 106 mil millones de dólares hacia la fabricación e investigación de semiconductores, con fondos adicionales para IA, computación cuántica, infraestructuras de innovación regional, centros de investigación y cadenas de suministro más seguras[9]. Asimismo, líderes del sector como el CEO de IBM han pedido aumentar la financiación federal en IA, al destacar su papel crucial para mantener la competitividad tecnológica de EE. UU.[10].

Ante este contexto internacional de inestabilidad donde las principales potencias están mostrando una supremacía militar y tecnológica sin precedentes y donde el rearme es el protagonista, parece claro que es el momento de que la Unión Europea tome acción. El refuerzo a Ucrania, aunque necesario, no es suficiente para avanzar en un rearme que termine con un sistema de defensa que no solo se base en la disuasión, sino que, como a continuación se expondrá, se necesitan avances reales en tecnologías de combate directo y amplio, reducciones de la burocracia comunitaria que nos permitan la creación de un mercado sólido mediante inversiones a nivel europeo y mediante el impulso de los mercados nacionales.

En marzo de 2025, la Comisión Europea lanzó el «*Joint White Paper for European Defence Readiness 2030*» que indicaba como prioridad las siguientes áreas:

- Un sistema integrado y multicapa de defensa antiaérea y antimisiles que contrarresta amenazas como misiles de crucero, balísticos e hipersónicos, aviones y drones.
- Un sistema de artillería moderna y misiles de largo alcance que realiza ataques terrestres precisos de largo alcance, conocido como *deep precision strike.*
- Un plan estratégico de munición y misiles, que incluye reservas clave y capacidad industrial para garantizar su reposición rápida, basado en la iniciativa «Ammunition Plan 2.0».
- Un sistema integral de drones y contradrones, remoto o autónomo, que opera en múltiples dominios (aire, tierra, superficie, subacuático) para vigilancia y conciencia situacional con tecnología avanzada.
- Una movilidad militar integrada en toda la UE, con corredores terrestres, puertos y aeropuertos optimizados junto a apoyos logísticos, que permite el traslado ágil de tropas y equipo entre Estados miembros y socios.
- Un enfoque integral de IA, computación cuántica, ciberdefensa y guerra electrónica, que abarca desde la protección del espectro electromagnético y

9 Swayne, M. (2025, 3 de julio). «Quantum, AI and space anchor Pentagon's deep tech convergence strategy». *The Quantum Insider*. https://thequantuminsider.com/2025/07/03/quantum-ai-and-space-anchor-pentagons-deep-tech-convergence-strategy/

10 Times of India. (2025, mayo 6). «IBM CEO Arvind Krishna makes a request to Trump administration, says both IBM and I personally strongly advocate» ... *Times of India*. https://timesofindia.indiatimes.com/technology/tech-news/ibm-ceo-arvind-krishna-makes-a-request-to-trump-administration-says-both-ibm-and-i-personally-strongly-advocate-/articleshow/120959998.cms

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

la libertad de acción en el ciberespacio hasta el desarrollo conjunto de capacidades ofensivas como disuasión, con la colaboración activa de los Estados miembros.

- Los habilitadores estratégicos son capacidades esenciales que respaldan las operaciones militares, como aeronaves de transporte y repostaje, inteligencia, vigilancia, comunicaciones seguras y protección del espacio. La protección de infraestructuras críticas implica salvaguardar sistemas clave como redes de energía, comunicaciones y combustible militar para garantizar la resiliencia y eficacia operativa frente a amenazas emergentes[11].

Adicionalmente, también se hace énfasis en la necesidad de fortalecer el mercado de defensa, no solo en el plano europeo sino en cada país, con la idea de complementar y multiplicar los esfuerzos de los Estados Miembros, para facilitar la colaboración, el desarrollo, la producción y la comercialización de los sistemas de armas a fin de incrementar la oferta y la amplitud del mercado, y apoyar las infraestructuras de doble uso, útiles para la movilidad las comunicaciones, la navegación y la observación espacial.

La interoperabilidad de mecanismos y sistemas entre los Estados Miembros también subsanaría la deficiencia en materia de capacidad, pues la mayoría de los proyectos que nacen del seno de la UE y de la OTAN superan la capacidad individual de los Estados miembros. Por tanto, una acción coordinada que se beneficie del apoyo de todo el conjunto de instrumentos de la UE facilitaría, entre otros, una contratación pública rentable y aceleraría el aumento de la capacidad industrial europea en materia de defensa con mayor refuerzo de nuestra base tecnológica.

Por otro lado, desde febrero de 2022, los Estados Miembros han facilitado 59.600 millones de euros en apoyo militar a Ucrania, incluidos 6.100 millones de euros a través de la *European Peace Facility*. Este respaldo ha sido fundamental para sostener la resistencia ucraniana, que ha demostrado una defensa extraordinariamente sólida y determinante frente a la agresión rusa.

Para consolidar esta posición, la UE está impulsando una estrategia de defensa denominada *«porcupine strategy»* —o «estrategia del puercoespín»— que consiste en reforzar la capacidad defensiva de Ucrania mediante el suministro masivo de municiones (incluyendo hasta 1,5 millones de proyectiles de artillería), sistemas antiaéreos, drones, misiles y entrenamiento militar ampliado (más de 75 000 soldados formados). Esta estrategia está vinculada al marco «Readiness 2030», una iniciativa para movilizar hasta 800 mil millones de euros destinados a modernizar la defensa europea y apoyar directamente a Ucrania[12].

---

11 European Union. (2025, 19 de marzo). *Joint White Paper on European Defence Readiness 2030: Military mobility is an essential enabler*. European Commission Newsroom. https://ec.europa.eu/newsroom/mytent_t/items/889453/

12 European Commission. (2025, 10 de julio). *EU assistance to Ukraine*. European Commission. https://commission.europa.eu/topics/eu-solidarity-ukraine/eu-assistance-ukraine_en

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Además de medios económicos, también se le va a dotar de sistemas de defensa aérea, drones, equipamiento y entrenamiento para las brigadas ucranianas, agilidad en la movilidad militar, soporte directo en su defensa y acceso reforzado a los activos y servicios espaciales de la Unión Europea, incluidos los del Programa Espacial de la UE en posicionamiento, navegación y sincronización temporal, comunicaciones y observación de la Tierra.

La posición estratégica de Ucrania no solo es clave para su propio destino, sino que su resultado afecta directamente a la seguridad y estabilidad de toda la Unión Europea. Ucrania se encuentra ahora en la primera línea continental de defensa y su capacidad de disuasión será crucial, más allá de cualquier alto el fuego o acuerdo de paz temporal, ya que su caída podría iniciar un movimiento de dominó muy preocupante.

Este repunte del rearme no solo intensifica las tensiones geopolíticas, sino que también activa un entramado regulatorio complejo, conformado por normas internacionales, comunitarias y nacionales destinadas a controlar el flujo de armas y tecnologías sensibles.

3. EVOLUCIÓN REGULATORIA Y TRANSFORMACIONES CLAVES EN USOS DUALES

El marco regulatorio de los usos duales civiles y militares halla sus cimientos en el Reglamento CE 1334/2000, el cual, tras normativas de décadas anteriores, estableció un innovador régimen comunitario para controlar las exportaciones, el tránsito, el corretaje y la transferencia de productos y tecnologías de doble uso.

En 2007, con la aprobación del Reglamento (CE) 1183/2007, se procedió a sustituir completamente los anexos del reglamento original y a actualizar de forma efectiva las listas de productos con base en normas clave como el Acuerdo de Wassenaar o el MTCR (Régimen de Control de Tecnología de Misiles). Posteriormente, en 2009, el Reglamento (CE) 428/2009 refundió y armonizó todo el régimen comunitario en materia de doble uso y otorgó mayor eficacia y uniformidad a los controles europeos, al introducir un sistema unificado de licencias —individuales y globales— y autorizaciones generales aplicable en todos los Estados Miembros.

Este sistema fue nuevamente transformado con la entrada en vigor del ahora vigente Reglamento (UE) 2021/821, que actúa como una norma europea de directa aplicación y un alto contenido técnico, especialmente el recogido en su Anexo I, que detalla exhaustivamente los productos de doble uso sujetos a control. Esta actualización introdujo importantes avances: amplió los controles a productos de doble uso, entre ellos las tecnologías emergentes como la cibervigilancia, fortaleció la obligación de diligencia debida para los exportadores, amplió el impacto de la cláusula *catchall* y mejoró la colaboración entre los Estados Miembros y la Comisión. Además, habilita a la Comisión para actualizar periódicamente la lista de

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

productos controlados mediante reglamentos delegados, como los adoptados en 2022/1, 2023/66, 2023/996 o el último de 2024/2547, que regula la lista actualmente en vigor; estos instrumentos permiten que el Anexo I se mantenga actualizado progresivamente con los compromisos adquiridos en foros internacionales.

El marco normativo español para el control del comercio exterior de material de defensa y productos de doble uso se ha desarrollado en estrecha alineación con la legislación europea, y se ha adaptado sucesivamente a los compromisos internacionales y a las necesidades cambiantes del entorno global. Este proceso ha implicado una evolución normativa que, desde la Ley 53/2007, ha sido complementada y actualizada mediante diversos reales decretos y reglamentos.

La Ley 53/2007, de 28 de diciembre, sobre el control del comercio exterior de material de defensa y de doble uso, que reguló un marco global para el control del comercio, establece los principios fundamentales sobre la exportación, transferencia, tráfico e intermediación de estos productos. Además de crear instrumentos de control (licencias, autorizaciones y mecanismos administrativos), profundiza en el concepto de material de doble uso, pues amplía el control más allá del material puramente militar o de defensa, e incorpora tecnología con un posible uso dual y asimismo reguló una coordinación institucional más eficiente: la colaboración entre Ministerios, Agencias y Autoridades Competentes y dotó de más funciones a la Junta Interministerial Reguladora del Comercio Exterior de Material de Defensa y de Doble Uso (JIMDDU).

El Real Decreto 2061/2008, de 12 de diciembre, actualizó y adaptó dicho reglamento para reforzar los controles y alinearlos con los compromisos internacionales y las nuevas realidades del comercio global.

Este fue derogado por el Real Decreto 679/2014, de 1 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento de comercio exterior de materia de defensa, de otro material, de productos y tecnologías de doble uso. Esta norma, vigente en la actualidad con posteriores modificaciones, consolida y actualiza normativas previas, incorpora disposiciones internacionales y europeas relevantes, como las convenciones sobre armas químicas, biológicas y nucleares, el Tratado sobre el Comercio de Armas, y diversas directivas y reglamentos de la Unión Europea, y adapta el sistema de control a las nuevas realidades del comercio global. Entre otros y por destacar las modificaciones más relevantes:

- En lo relativo a la JIMDDU, se agrupan funciones y queda la nueva adscripción en el Ministerio de Economía y Competitividad, al cambiar a su vez, los presidentes y los vicepresidentes.
- Las nuevas autorizaciones generales del transpuesto Reglamento (UE) 1232/2011 facilitan la exportación de productos y tecnologías de doble uso a ciertos países sin necesidad de licencias individuales.
- Se incorporan a la legislación española las Directivas europeas 2010/80/UE, 2012/10/UE, 2012/47/UE y 2014/18/UE, junto con la actualización de la Lista Común Militar de la Unión Europea de marzo de 2014, que actualiza la lista de productos relacionados con la defensa.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- Se actualizan los anexos relacionados con los modelos de licencias, la inscripción en el REOCE y los documentos de control. El anexo II se divide en dos partes: II.1 para armas de fuego de uso civil y II.2 para material antidisturbios. Detalla los procedimientos para evaluar las solicitudes de licencias y establece las categorías de productos sujetos a control, con base en criterios como el destino y el usuario finales. También se revisan las listas de productos sujetos a control conforme a los cambios en los foros internacionales de control y no proliferación.
- Se simplifican los trámites de los regímenes aduaneros para evitar dobles autorizaciones para un mismo procedimiento.
- Enfatiza la obligación de las empresas de notificar a las autoridades competentes sobre cualquier operación que involucre productos de doble uso que puedan ser utilizados para fines militares, de defensa o en actividades que contravengan la política exterior del país. Este es un aspecto muy relevante en la práctica, pues requiere una mayor diligencia, control y trazabilidad de las exportaciones por parte de las empresas.

El Real Decreto 494/2020, de 28 de abril, modificó el Real Decreto 679/2014 para intensificar los controles en la exportación de material de defensa y otros materiales sensibles, con atención a la sensibilidad de las operaciones y los intereses nacionales.

Se regula la función de la Junta Interministerial Reguladora del Comercio Exterior de Material de Defensa y de Doble Uso (JIMDDU) para establecer mecanismos de seguimiento y verificación adicionales, incluidos controles en destino que requieren informar previamente a gobiernos, destinatarios y usuarios finales, para garantizar así la seguridad jurídica de las empresas.

También se agiliza la tramitación del «certificado de último destino» emitido por la Dirección General de Armamento y Material para facilitar la gestión entre jurisdicciones.

Tras dicha modificación, se culmina la evolución con la Orden más actual, la Orden ECM/551/2025, de 30 de mayo, por la que se modifican los anexos I.1, III.1, III.3, III.4 y III.5 del Reglamento de control del comercio exterior de material de defensa, de otro material y de productos y tecnologías de doble uso, aprobado por el Real Decreto 679/2014, de 1 de agosto. En esta norma se produce una revisión e incorporación más exhaustiva e integral supeditada a los actuales cambios geopolíticos y a los novedosos avances tecnológicos.

3.1. Modificaciones relevantes de la Orden ECM/551/2025

Esta norma modifica varios anexos del Reglamento de 2014 de control del comercio exterior con los siguientes fines:

- Transponer la Directiva Delegada (UE) 2025/290, para actualizar el anexo I.1. Incorpora la Lista 1 sobre sustancias químicas prohibidas por la Convención sobre la Producción, el Almacenamiento y el Empleo de Armas Químicas y sobre su destrucción contra armas químicas, y también nue-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

vos productos de alto riesgo, especialmente aquellos usados en artefactos explosivos improvisados y armamento, a través de los anexos I.1 y III.1.

- Anexo I.1: en el material de defensa se incluyen las categorías:
  - **ML1:** Armas con cañón de ánima lisa con un calibre inferior a 20 mm, otras armas de fuego y armas automáticas con un calibre de 12,7 mm (calibre de 0.50 pulgadas) o inferior y accesorios, y componentes diseñados especialmente para ellas, que añaden categorías de armas específicas y su munición.
  - **ML2.** En su misma línea, pero para calibres superiores a 20 mm y 12,7 mm.
  - **ML5:** Sistemas de dirección de tiro, vigilancia y aviso, y sistemas relacionados, equipo de ensayo y de alineación y de contramedidas, según se indica, diseñados especialmente para uso militar, así como los componentes y accesorios diseñados especialmente para ellos.
  - **ML6:** Vehículos terrenos y componentes (vehículos terrenos y componentes para ellos, diseñados especialmente o modificados para uso militar, otros vehículos que están acondicionados con materiales o componentes para proporcionarles protección balística a nivel III…)
  - **ML7:** Agentes químicos, «agentes biológicos», «agentes antidisturbios», materiales radiactivos, equipo relacionado, componentes y materiales.
  - **ML8:** «Materiales energéticos» y sustancias relacionadas (por ejemplo, berilio, hidracina, carbonaros…).
  - **ML9:** Buques de guerra (de superficie o subacuáticos), equipos navales especiales, accesorios, componentes y otros buques de superficie.
  - **ML10:** «Aeronaves», «vehículos más ligeros que el aire», «vehículos aéreos no tripulados» («VANT»), motores de aviación y equipo para «aeronaves», equipos asociados, y componentes, según se indica, diseñados especialmente o modificados para uso militar.
  - **ML11:** Equipos electrónicos, «vehículos espaciales» y componentes no especificados en ninguna otra parte de este anexo, según se indica.
  - **ML12:** Sistemas de armas de energía cinética de alta velocidad y equipo relacionado, según se indica, y componentes diseñados especialmente para ellos.
  - **ML13:** Equipos blindados o de protección, construcciones, componentes y accesorios...
  - **ML14:** «Equipos especializados para el entrenamiento militar» o la simulación de escenarios militares, simuladores diseñados especialmente para el aprendizaje del manejo de armas de fuego u otras armas especificadas en los artículos ML1 o ML2, y componentes y accesorios diseñados especialmente para ellos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- **ML15:** Equipos de formación de imagen o de contramedida, según se indica, diseñados especialmente para uso militar y componentes y accesorios diseñados especialmente para ellos.
- **ML16:** Piezas de forja, piezas de fundición y productos semielaborados, diseñados especialmente para los productos especificados en los artículos ML1, ML2, ML3, ML4, ML6, ML9, ML10, ML12 o ML19.
- **ML17:** Equipos misceláneos, materiales y «bibliotecas», y componentes diseñados especialmente para ellos.
- **ML18:** Equipo de 'producción', instalaciones de ensayo ambiental y componentes…
- **ML19:** Sistemas de Armas de Energía Dirigida, equipos relacionados o de contramedida y modelos de ensayo, y componentes diseñados especialmente para ellos. Por ejemplo, sistemas de haces de partículas capaces de destruir un objetivo o hacer abortar la misión de un objetivo, componentes de acelerador «calificados para uso espacial» cuando están diseñados para sistemas de armas de energía dirigida.
- **ML20:** Equipos criogénicos y «superconductores», componentes y accesorios diseñados especialmente para ellos.
- **ML21:** Equipo lógico destinado al «desarrollo», la «producción», el funcionamiento o el mantenimiento de equipos, materiales o del propio equipo lógico especificados en la Lista Común Militar y en este anexo. Aquel diseñado especialmente para uso militar y diseñado especialmente para la modelización especialmente para la modelización, la simulación o la evaluación de sistemas de armas militares, de escenarios de operaciones militares, los destinados a determinar los efectos de las armas de guerras convencionales, nucleares, químicas o biológicas, el diseñado para aplicaciones de Mando, Comunicaciones, Control e Inteligencia (C3) o de Mando, Comunicaciones, Control, Informática e Inteligencia, o para la realización de ciberoperaciones ofensivas militares.
- **ML22:** «tecnología» se va a establecer como una cláusula abierta cuando se indica que «tecnología distinta establecida en el subartículo ML22.b, «necesaria» para el «desarrollo», la «producción», el funcionamiento, la instalación, el mantenimiento, la reparación, la revisión o la restauración de los materiales especificados en la Lista Común Militar y en el Anexo I.1. También se añadiría «tecnología» «necesaria» para el diseño de las instalaciones completas de producción, el montaje de componentes en ellas, y el funcionamiento, mantenimiento y reparación de dichas instalaciones para los materiales especificados en la Lista Común Militar y en el anexo I.1, aunque los componentes de tales instalaciones de producción no estén especificados, y la «tecnología» «necesaria» para el «desarrollo» y la «producción» de armas pequeñas, aunque se use para la fabricación de reproducciones de armas pequeñas antiguas, y «tecnología» necesaria exclusivamente para la incorporación de los «biocatalizadores».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- Se modifican los anexos III.1, III.3, III.4, III.5;
  - Se modifica el punto 1 de la letra a) de la categoría 7 del anexo III.1, añadiendo agentes nerviosos para la guerra química.
  - Se añade la siguiente entrada al final del anexo III.3, como sigue:

1C903	«Materiales energéticos», y sustancias relacionadas, según se indica: c. Nitrocelulosa (CAS 9004-70-0). d. 2,4,6-Trinitrotolueno (TNT) (CAS 118-96-7). *Nota técnica: A los efectos de 1C903, los materiales energéticos y sustancias relacionadas, incluyen los productos descritos, así como aquellos derivados de éstos para la fabricación final de explosivos».*

  - Se añade la siguiente entrada al **anexo III.4,** como sigue:

1C903	«Materiales energéticos», y sustancias relacionadas, según se indica: c. Nitrocelulosa (CAS 9004-70-0). d. 2,4,6-Trinitrotolueno (TNT) (CAS 118-96-7). *Nota técnica: A los efectos de 1C903, los materiales energéticos y sustancias relacionadas, incluyen los productos descritos, así como aquellos derivados de éstos para la fabricación final de explosivos».*

El anexo III.5 regulador de la lista de productos sometidos a control en la exportación no incluidos en el Anexo I del Reglamento (UE) 2021/821 también ha tenido modificaciones. Comienza indicando que cualquier tecnología necesaria para el desarrollo, producción o utilización de productos regulados en las categorías 1 a 9 está sujeta a los controles correspondientes, incluso si esa tecnología también se aplica a productos no regulados. Sin embargo, no se controla la tecnología que sea la mínima estrictamente necesaria para la instalación, funcionamiento, mantenimiento o reparación de productos no sometidos a control o cuya exportación ya ha sido autorizada.

En exportaciones, se controlan diversos productos sensibles relacionados con la tecnología y en sus diversas vertientes: Polvos de «aleaciones de alta entropía» o de «metales y aleaciones refractarios», que tengan una superficie modificada con «inoculantes», tecnología para el desarrollo de sistemas de revestimiento, para el desarrollo o producción de equipos de fabricación aditiva, equipos relacionados con la computación cuántica, circuitos integrados, impresión 3D, equipos de semiconductores, inteligencia artificial, explosivos, ingeniería de superficies.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

4. REARME A NIVEL NACIONAL: PLAN ESTRATÉGICO Y PRINCIPALES DIFICULTADES

El concepto de defensa en todas sus vertientes está tomando actualmente un papel crucial en el terreno político y económico de todas las potencias. Como se ha expuesto anteriormente, desde la Unión Europea se están aprobando reformas legislativas con gran impacto en las empresas nacionales que deben interpretar e implementar en sus procedimientos y *modus operandi* en materia de doble uso civil y militar.

En el plano nacional, España ha apostado con fuerza: se ha comprometido a elevar el presupuesto de defensa al 2 % del PIB para este año mediante un plan de 10.500 millones de euros, concentrado en reforzar telecomunicaciones, ciberseguridad y equipamiento militar[13]. Para ello, se ha creado la Dirección General de Estrategia e Innovación de la Industria de Defensa y adscrita a la Secretaría de Estado de Defensa. Entre sus principales funciones estaría la planificación y desarrollo de la política industrial de defensa, el impulso de su internacionalización mediante la representación en foros internacionales[14].

Estos esfuerzos se cristalizan en el crecimiento del tejido empresarial, el cual ya ha demostrado ser ágil y competente. En el periodo 2020-2024, solo España se hizo con aproximadamente el 3 % del mercado mundial de armamento y aumentó sus exportaciones en un 29 % respecto al quinquenio anterior. El sector de ventas derivadas de consorcios internacionales, es relevante, especialmente en programas clave como el Spainsat NG, un consorcio que aglutina a Airbus Defence & Space, Thales Alenia Space, diversas empresas del sector espacial español y entidades públicas como el Ministerio de Defensa y la ESA[15].

Sin embargo, cuando las empresas españolas quieren salir al mercado internacional se encuentran con obstáculos y dificultades pues, por ejemplo, aunque tengamos un marco comunitario (Reglamento 2021/821) que establece los parámetros para el control de las transferencias de productos de doble uso, no ofrece unas directrices totalmente homogeneizadas sobre la aprobación o denegación de licencias para la exportación de productos. Además se siguen procesos diferentes que, en comparación por ejemplo con el país francófono, sus licencias generales están sujetas a un control *expost*, por lo que una vez que han sido otorgadas (y tras la

13 Jones, S. (2025, 22 de abril). «Spain unveils €11 bn plan to reach long-delayed Nato defence spending target». *The Guardian*. https://www.theguardian.com/world/2025/apr/22/spain-nato-defence-spending

14 Carrasco, B. (2024, 11 de septiembre). «Defensa crea una nueva dirección general para potenciar la industria y ganar peso en los programas de la UE y la OTAN». *Infodefensa*. https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4990052/defensa-crea-nueva-direccion-general-potenciar-industria-ganar-peso-programas-europeos

15 Infodefensa / Cadena SER. (2025, 7 de marzo). «Las empresas de armamento saborean el rearme europeo: el negocio de la guerra, en cifras» [Audio]. *Cadena SER*. https://cadenaser.com/nacional/2025/03/07/las-empresas-de-armamento-saborean-el-rearme-europeo-el-negocio-de-la-guerra-en-cifras-cadena-ser/

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

pertinente preinscripción), las empresas pueden realizar múltiples exportaciones sin necesidad de permisos individuales, Además, también cuentan con un procedimiento oficial *«off-licence»*[16], que permite a las empresas solicitar por adelantado una opinión formal sobre si un producto está sujeto al régimen de doble uso, lo que aporta certeza y claridad legal por adelantado. En España, por el contrario, toda la responsabilidad recae en el sujeto exportador, quien deberá basarse en la normativa y criterios técnicos disponibles, por lo que tendrá más margen de equivocación y ralentiza el proceso.

Esta disparidad a la hora de conceder licencias también se refleja en las prohibiciones y/o sanciones políticas, pues es plausible que después de haber firmado un contrato con un país o que incluso ya se haya llevado a término el objeto del contrato, se deniegue la licencia o se revoquen las autorizaciones una vez aprobadas.

El Sistema Conjunto de Radio Táctica (SCRT) forma parte de un programa especial de modernización de las radios tácticas del Ejército de Tierra (con un presupuesto de 350 millones de euros). Para ello las empresas españolas Aicox y Telefónica han entregado 1.500 unidades y estaban listas para nacionalizar el 90 % de la producción, sin embargo, la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) ha retrasado el proyecto más de un año debido a motivos políticos. A pesar de las modificaciones solicitadas por el Ministerio de Defensa, aunque este plantea que la radio debe ser nacional lo antes posible para tener soberanía estratégica, aseguran las empresas que no existe una alternativa real sin la tecnología israelí, por lo que ahora mismo este proyecto está en *stand-by* sin poderse cumplir el objeto contractual.

Ante esta situación, si bien las empresas podrían blindarse a través de cláusulas de control de exportaciones que invoquen la «fuerza mayor» en situaciones donde los proveedores no pueden cumplir con la entrega debido a restricciones impuestas por las autoridades de sus países[17], genera pérdidas no solo económicas sino reputacionales que recaen firmemente en las empresas.

Esto evidentemente, genera una gran incertidumbre a la hora de vertebrar proyectos, sobre todo los multimillonarios, pues cuando en España se solicita una licencia de exportación no hay visibilidad sobre el proceso ni sobre el resultado de la solicitud, a lo que se le suma que debido a la carga de trabajo de la JIMDU, en algunos casos se tarda más de diez meses en procesar las solicitudes, por lo que, pueden existir proyectos multimillonarios que se encuentran en un limbo hasta su resolución, y esta una vez que llega podría ser sin justificación.

Sin embargo, este control exhaustivo de las exportaciones sigue frenando la competitividad de las empresas que a menudo, carecen de los recursos necesarios

16 Direction générale des Entreprises. (2024, 6 de diciembre). «Mon bien est-il à double usage?». *Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique*. https://www.entreprises.gouv.fr/espace-entreprises/s-informer-sur-la-reglementation/mon-bien-est-il-double-usage

17 Escuela de Práctica Jurídica. (2025). *Problemática de las exportaciones de material de defensa y tecnologías de doble uso* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=p6CAoqOTqdY

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

para afrontar los requisitos legales. En España, las PYMEs constituyen el 85 % de las empresas del sector, pero el dominio real del mercado recae en cuatro grandes compañías[18] -Airbus, Navantia, Indra y GDELS-Santa Bárbara Sistemas- que concentra el 70 % de las ventas en 2022[19]. Esta estructura concentra oportunidades en unos pocos jugadores y deja a las PYMEs con escasas posibilidades, agravado por los complejos procesos de catalogación requeridos por el Ministerio de Defensa, que implican auditorías y certificaciones técnicas onerosas —un obstáculo aun mayor para empresas con recursos limitados—.

Además, la falta de acceso a financiación es otro freno grave: muchas PYMEs pierden oportunidades ante exigencias ESG y la necesidad de licencias específicas incluso para procesos logísticos básicos, como la devolución de material desde el extranjero, lo que complica operaciones esenciales y reduce su competitividad[20].

Así, las grandes compañías del sector pueden asumir los costes de cumplimiento normativo con ayuda de asesoramiento legal y técnico especializado, las PYMES al no disponer de tal cantidad de recursos, están más expuestas a cometer infracciones administrativas o incluso enfrentarse a responsabilidad penal.

No debemos olvidar la relevancia de las PYMES, estas son imprescindibles en todas las cadenas de suministro y en todos los mercados, aportando tecnología, investigación y agilidad que las grandes compañías necesitan.

5. LA ESTRATEGIA DE SEGURIDAD AEROESPACIAL NACIONAL (ESAN 2025) COMO EJE DE LA AUTONOMÍA ESTRATÉGICA

La Estrategia de Seguridad Aeroespacial Nacional (ESAN) 2025, recientemente aprobada, es un documento estratégico integral que refleja la creciente complejidad y la naturaleza crítica de los dominios aéreo y espacial para la seguridad nacional de España, y completa el contexto y marco anteriormente analizado. Aprobada por el Consejo de Seguridad Nacional el 14 de julio de 2025 y publicada a través de la Orden PJC/845/2025 de 29 de julio[21], esta es la segunda estrategia nacional en este ámbito y sucede a la versión de 2019.

---

18 Aesmide. (2025, 29 de abril). **«**El 85 % de la industria española de Defensa depende de pymes que esperan participar del nuevo gasto militar**»**. *Aesmide*.

19 Así es la industria de defensa en España: cuatro gigantes y muchas pymes dentro de un sector exportador. (2025, marzo). Huffington Post España

20 Reuters. (2025, 27 de marzo). **«**Santander's Botin wants EU to let banks use buffers for defence investment**»**. *Reuters*. https://www.reuters.com/business/finance/santanders-botin-wants-eu-let-banks-use-buffers-defence-investment-2025-03-27/

21 Consejo de Seguridad Nacional (España). (2025). *Estrategia de Seguridad Aeroespacial Nacional (ESAN) 2025*. (Orden PJC/845/2025, de 29 de julio, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Seguridad Nacional de 14 de julio de 2025). *Boletín Oficial del Estado*, (187), 105613. [BOE-A-2025-16214], https://www.boe.es/eli/es/o/2025/07/29/pjc845.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La ESAN 2025 surge en un contexto de acelerada transformación geopolítica y creciente inestabilidad global. La guerra de agresión rusa a Ucrania ha evidenciado crudamente las carencias y vulnerabilidades de España y Europa. El nuevo paradigma estratégico se caracteriza por un paso de la cooperación internacional a la intensa competición entre potencias de distinto signo, lo que obliga a España a reforzar sus capacidades y reducir las dependencias estratégicas.

5.1. Un enfoque estratégico alineado con el rearme y la innovación

La Estrategia adopta un enfoque integrado de la seguridad aeroespacial para afrontar riesgos comunes e interdependientes, pero reconoce simultáneamente que el Espacio Ultraterrestre constituye un dominio operacional diferenciado donde las amenazas a servicios esenciales se han intensificado.

En línea con las tendencias de rearme global, la seguridad ya no es disociable de la política industrial. La ESAN 2025 se articula en tres objetivos estratégicos, siendo clave el Objetivo Estratégico 2: Mejorar las capacidades de seguridad y defensa aérea y espacial. Este objetivo busca la autonomía operativa de España y se apoya directamente en el Plan Industrial y Tecnológico para la Seguridad y la Defensa (abril de 2025), que busca impulsar la innovación en torno a las tecnologías duales.

La Estrategia subraya la necesidad de desarrollar capacidades de vigilancia, protección y respuesta ante amenazas que incorporan las más avanzadas tecnologías. Esto incluye la intensificación de la carrera por la supremacía tecnológica mundial mediante:

- *Tecnologías disruptivas*: Impulsar el desarrollo de tecnologías como la Inteligencia Artificial (IA), computación cuántica y robótica, las cuales son aplicables a sistemas espaciales y de defensa.
- *Nuevos vectores de amenaza*: Abordar la proliferación y evolución tecnológica de drones (cuyo uso militar y terrorista ha crecido exponencialmente, incluyendo el empleo letal de drones comerciales), munición merodeadora, y misiles hipersónicos y de precisión.
- *Ciberseguridad y espionaje*: Reforzar la protección y resiliencia del sector frente a ciberataques (incluyendo el riesgo en infraestructuras terrestres y sistemas en órbita) y el espionaje, que ahora utiliza técnicas avanzadas como el Non-Earth Imaging (NEI) para recopilar información crítica.

5.2. Implicaciones jurídicas y regulación futura

Desde una óptica legal, la ESAN 2025 aporta claridad conceptual al diferenciar la «seguridad operacional» *(safety)* —que se centra en riesgos accidentales— de la «seguridad» *(security)* —que aborda riesgos y amenazas deliberadas, como acciones hostiles—.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La Estrategia subraya la necesidad de una adaptación normativa continua para proteger los intereses nacionales en este entorno competitivo. Un pilar clave es la futura Ley de Infraestructuras y Actividades Espaciales de España (L.A. 1), cuya propuesta es responsabilidad de la Agencia Espacial Española (AEE). Esta ley es crucial para:

- Regular la actividad espacial, los requisitos y actividades de seguridad y defensa.
- Ofrecer seguridad jurídica a los actores públicos y privados.
- Alinear la normativa nacional con la futura regulación europea, como la propuesta de Reglamento sobre la seguridad, resiliencia y sostenibilidad de las actividades espaciales *(EU Space Act)*.

En definitiva, la ESAN 2025 impulsa medidas para fortalecer la Base Industrial y Tecnológica de la Defensa (BITD) en el ámbito aeroespacial, entendiendo que la seguridad aeroespacial es un imperativo jurídico y político cuyo éxito dependerá de la capacidad de España para lograr autonomía estratégica y soberanía tecnológica en este dominio.

6. CONCLUSIONES

El panorama global, caracterizado por una creciente incertidumbre geopolítica, tecnológica y militar, está impulsando un efecto dominó en el que las potencias mundiales intensifican sus inversiones en defensa y en innovación tecnológica. Este proceso, como se desprende del análisis normativo y jurídico realizado, está generando transformaciones presupuestarias, normativas y estratégicas en los Estados, que reordenan sus prioridades para garantizar su soberanía y capacidad disuasoria frente a amenazas emergentes.

El rearme se consolida como una tendencia irreversible, en la que la innovación tecnológica se erige como el principal diferenciador estratégico. Dominar áreas como la inteligencia artificial, la computación cuántica y el control satelital será decisivo para la supremacía militar en las próximas décadas. En este contexto, la Unión Europea, alineada con iniciativas como el *Joint White Paper for European Defence Readiness 2030*, subraya la necesidad de desarrollar un sistema integrado de defensa antiaérea y antimisiles, artillería moderna, reservas de munición, drones avanzados, movilidad militar y capacidades en ciberdefensa y guerra electrónica. Para ello, la UE y sus Estados miembros, incluido España, deben priorizar el fomento de pymes especializadas en estas tecnologías, apoyando su consolidación y competitividad en el mercado. Herramientas como un órgano consultivo similar al modelo francés, que esclarezca la aplicación de normativas sobre productos de doble uso, resultarían clave para agilizar sus operaciones y reducir la incertidumbre jurídica.

Asimismo, es fundamental armonizar la concesión de licencias entre los Estados miembros para eliminar asimetrías competitivas que obstaculizan el desarrollo del mercado común de defensa. La disparidad en la interpretación y aplicación de normativas, como las establecidas en el Reglamento (UE) 2021/821 y en la legislación

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

española (Ley 53/2007 y Real Decreto 679/2014), complica los proyectos conjuntos entre empresas de distintos países y genera inseguridad en iniciativas multimillonarias. En España, esta problemática se agrava cuando proyectos estratégicos, como el Sistema Conjunto de Radio Táctica (SCRT), se ven paralizados por decisiones políticas no relacionadas con criterios estratégicos, lo que ocasiona pérdidas económicas y daños reputacionales para las empresas, especialmente las pymes, que representan el 85 % del sector de defensa español, pero enfrentan barreras burocráticas y limitaciones financieras.

La seguridad y la defensa trascienden el ámbito militar para convertirse en un pilar estratégico que integra estabilidad política, innovación tecnológica y crecimiento económico. Las inversiones de la UE, como los 800 mil millones de euros previstos en el marco *Readiness 2030* y el apoyo a Ucrania a través de la *European Peace Facility*, deben traducirse en un impulso al tejido empresarial de defensa, fomentando la creación de empleo y la proliferación de empresas innovadoras.

El reto para Europa y España radica en transformar esta coyuntura en una oportunidad para fortalecer su autonomía estratégica, reducir dependencias externas y consolidar un mercado de defensa competitivo, innovador y cohesionado. Esto requiere una cooperación efectiva entre los Estados miembros, la eliminación de trabas burocráticas —como los prolongados plazos de la JIMDDU, que pueden superar los diez meses— y una inversión decidida en innovación tecnológica, espacial, militar e industrial, como así propone la reciente Estrategia de Seguridad Aeroespacial Nacional (ESAN 2025). Solo así se podrá garantizar no solo la protección frente a amenazas emergentes, sino también un papel protagonista en el nuevo equilibrio geopolítico global que se está configurando.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aesmide. (2025, 29 de abril). «El 85 % de la industria española de Defensa depende de pymes que esperan participar del nuevo gasto militar». *Aesmide*.

Consejo de la Unión Europea. (s.f.). «La política de defensa de la UE en cifras» https://www.consilium.europa.eu/es/policies/defence-numbers/

Direction générale des Entreprises. (2024, 6 de diciembre). «Mon bien est-il à double usage?». *Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique*. https://www.entreprises.gouv.fr/espace-entreprises/s-informer-sur-la-reglementation/mon-bien-est-il-double-usage

El Economista. (26 de mayo de 2025). «El nuevo plan Made in China ya está aquí: Pekín reta a EE. UU. para asaltar el trono de la industria más avanzada». *elEconomista.es*.

Escuela de Práctica Jurídica. (2025). *Problemática de las exportaciones de material de defensa y tecnologías de doble uso* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=p6CAoqOTqdY

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Estrategia de Seguridad Aeroespacial Nacional (ESAN) 2025. *Consejo de Seguridad Nacional* (España). (Orden PJC/845/2025, de 29 de julio, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Seguridad Nacional de 14 de julio de 2025). Boletín Oficial del Estado, (187), 105613. [BOE-A-2025-16214], https://www.boe.es/eli/es/o/2025/07/29/pjc845.

European Commission. (2025, 10 de julio). «EU assistance to Ukraine. European Commission». https://commission.europa.eu/topics/eu-solidarity-ukraine/eu-assistance-ukraine_en

Huffington Post, «Así es la industria de defensa en España: cuatro gigantes y muchas pymes dentro de un sector exportador». (2025, marzo). Huffington Post España

Infodefensa / Cadena SER. (2025, 7 de marzo). «Las empresas de armamento saborean el rearme europeo: el negocio de la guerra, en cifras» [Audio]. *Cadena SER*. https://cadenaser.com/nacional/2025/03/07/las-empresas-de-armamento-saborean-el-rearme-europeo-el-negocio-de-la-guerra-en-cifras-cadena-ser/

Jones, S. (2025, 22 de abril). «Spain unveils €11 bn plan to reach long-delayed Nato defence spending target». *The Guardian*. https://www.theguardian.com/world/2025/apr/22/spain-nato-defence-spendingCarrasco, B. (2024, 11 de septiembre). Defensa crea una nueva dirección general para potenciar la industria y ganar peso en los programas de la UE y la OTAN. Infodefensa. https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4990052/defensa-crea-nueva-direccion-general-potenciar-industria-ganar-peso-programas-europeos

Kuzmuk, K., & Scarazzato, L. (2025, 21 febrero). «The transformation of Ukraine's arms industry amid war with Russia». *SIPRI*. https://www.sipri.org/commentary/topical-backgrounder/2025/transformation-ukraines-arms-industry-amid-war-russia

La Ley 53/2007, de 28 de diciembre, sobre el control del comercio exterior de material de defensa y de doble uso

Meneses, R. (2025). «Oriente Medio ante los proyectos de reconfiguración en 2025. En Instituto Español de Estudios Estratégicos», *Panorama Estratégico* 2025Ministerio de Defensa, Secretaría General Técnica. Recuperado de https://publicaciones.defensa.gob.es/panorama-estrategico-2025-revistas-pdf.html

Real Decreto 2061/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de control del comercio exterior de material de defensa, de otro material y de productos y tecnologías de doble uso.

Reglamento (CE) n.º 1183/2007 del Consejo, de 18 de septiembre de 2007, que modifica y actualiza el Reglamento (CE) n.º 1334/2000 por el que se establece

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

un régimen comunitario de control de las exportaciones de productos y tecnología de doble uso.

Reglamento (CE) n.º 1334/2000 del Consejo, de 22 de junio de 2000, por el que se establece un régimen comunitario de control de las exportaciones de productos y tecnología de doble uso.

Reglamento (CE) n.º 428/2009 del Consejo, de 5 de mayo de 2009, por el que se establece un régimen comunitario de control de las exportaciones, la transferencia, el corretaje y el tránsito de productos de doble uso.

Reglamento (UE) 2021/821 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de mayo de 2021 por el que se establece un régimen de la Unión de control de las exportaciones, el corretaje, la asistencia técnica, el tránsito y la transferencia de productos de doble uso

Reuters. (2023, October 26). «The Hamas tunnel city beneath Gaza - a hidden frontline for Israel». *Reuters*. https://www.reuters.com/world/middle-east/hamas-tunnel-city-beneath-gaza-hidden-frontline-israel-2023-10-26

Reuters. (2025, 27 de marzo). «Santander's Botin wants EU to let banks use buffers for defence» *investment. Reuters*. https://www.reuters.com/business/finance/santanders-botin-wants-eu-let-banks-use-buffers-defence-investment-2025-03-27/

Stockholm International Peace Research Institute. (2024, 17 de junio). Role of nuclear weapons grows as geopolitical relations deteriorate. new SIPRI https://www.sipri.org/media/press-release/2024/role-nuclear-weapons-grows-geopolitical-relations-deteriorate-new-sipri-yearbook-out-now

Swayne, M. *(2025, 3 de julio). «Quantum, AI and space anchor Pentagon's deep tech convergence strategy. The Quantum Insider».* https://thequantuminsider.com/2025/07/03/quantum-ai-and-space-anchor-pentagons-deep-tech-convergence-strategy/

Swope, C., Bingen, K. A., Young, M., & LaFave, K. (2025, abril 25). «Space Threat Assessment 2025. Center for Strategic and International Studies (CSIS)». https://www.csis.org/analysis/space-threat-assessment-2025

Times of India. (2025, mayo 6). «IBM CEO Arvind Krishna makes a request to Trump administration, says both IBM and I personally strongly advocate» ... *Times of India*. https://timesofindia.indiatimes.com/technology/tech-news/ibm-ceo-arvind-krishna-makes-a-request-to-trump-administration-says-both-ibm-and-i-personally-strongly-advocate-/articleshow/120959998.cms

Trevithick, J. (2021, mayo 13). «Palestinian militants are now launching suicide drones at Israel». *The War Zone*. https://www.thedrive.com/the-war-zone/40601/palestinian-militants-are-now-launching-suicide-drones-at-israel

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

BIOGRAFÍA DE LOS AUTORES

Efrén Díaz Díaz

- Abogado, Doctor en Derecho por la Universidad de Navarra.
- Máster Internacional Universitario en *Protección de Datos, Transparencia y Acceso a la Información*, con Premio de la «Cátedra Google de Privacidad, Sociedad e Innovación» (Universidad San Pablo CEU). Acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación – ENAC.
- Autor del Código Geoespacial del Boletín Oficial del Estado (BOE) de España.
- Miembro del Grupo de Trabajo de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE).
- Experto INSPIRE Maintenance and Implementation en la *Infrastructure for Spatial Information in the European Community* (European Comission).
- Miembro Corporativo del Centre for Spatial Law and Policy (United States of America).
- «EU Data Spaces» Working Group. ISO/TC 211, Geographic information. Spain Member (CIB Resolution 2022-27).
- EU Defence Innovation Scheme (EUDIS). Mentor de asesoramiento empresarial para PYME del Fondo Europeo de Defensa (FED).
- European Centre For Space Law (ECSL). Delegate Member for Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial.
- Executive Course on Space Law and Regulations at ESA ESTEC (2023).
- Vocal del Comité Técnico de Normalización AEN/CTN 148 de Información Geográfica Digital de UNE.
- Secretario General de la Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial (AEDAE).
- Miembro del Consejo Asesor de la Sección de Derecho Aeronáutico y Espacial del Ilustre Colegio de la Abogacía de Madrid.
- Perfil en LinkedIn: https://www.linkedin.com/in/efrendiaz/

Lucía Jiménez López

- Abogada.
- Colaboradora del Bufete Mas y Calvet.
- Máster habilitante en la Profesión de Abogado.
- Erasmus+ en Durham University.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

CONFLICTOS ARMADOS EN LA ÓRBITA: ANÁLISIS JURÍDICO DEL USO MILITAR DEL ESPACIO Y SU REGULACIÓN EN EL DERECHO INTERNACIONAL

ARMED CONFLICT IN ORBIT: LEGAL ANALYSIS OF THE MILITARY USES OF OUTER SPACE AND ITS REGULATION IN INTERNATIONAL LAW

Dña. Martina Elia Vitoloni, LLM
Doctoranda en Derecho Aeroespacial
McGill Institute of Air and Space Law
martina.eliavitoloni@mail.mcgill.ca
https://www.linkedin.com/in/martina-e/
https://orcid.org/0009-0008-5398-4791

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. TRATADO DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE. 2.1. Control armamentístico. 2.2. Fines pacíficos. 3. REGLAS DE DERECHO INTERNACIONAL. 3.1. Amenaza o uso de la fuerza. 3.2. Legítima Defensa. 3.3. Medidas que no constituyen amenaza o uso de la fuerza. 4. DERECHO INTERNACIONAL HUMANITARIO. 5. CAPACIDADES CONTRAESPACIALES. 5.1. Jamming. 5.2. Spoofing. 5.3. Uso de fuerza cinética. 6. CONCLUSIONES. 7. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: El Tratado del Espacio Ultraterrestre de 1967 (TEU) fue concebido como un instrumento para prevenir conflictos y guerras en el espacio, estableciendo que su uso y exploración debe ser llevado a cabo con fines pacíficos. En particular, el Artículo IV del TEU prohíbe la colocación en órbita de armas nucleares y de destrucción masiva, además establece que la Luna y los cuerpos celestes deben ser utilizados exclusivamente con fines pacíficos. No obstante, las tensiones geopolíticas y el avance tecnológico sugieren una creciente probabilidad del desplazamiento de una guerra al espacio.

El uso militar del espacio ha estado presente desde el principio de la década del 50' cuando arranco la carrera espacial. Con el avenimiento de nuevas tecnologías, los Estados han desarrollado nuevos mecanismos que pueden ser utilizados contra otros satélites en el contexto de una guerra, como interferencias (*jamming*), suplantación de señales (*spoofing*) y el uso de fuerza cinética contra objetos espaciales, que podrían ser utilizadas como herramientas ofensivas en conflictos armados.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Este trabajo tiene como propósito aportar claridad sobre el marco normativo existente y evaluar su aplicabilidad en un contexto de militarización y potencial conflicto espacial. Para ello, se explorará la normativa vigente en el ámbito del derecho internacional humanitario y su aplicabilidad a las actividades espaciales, se analizará el uso de *jamming*, *spoofing*, y uso de fuerza cinética como agresión, y se examinará el papel y las obligaciones de los Estados neutrales que proporcionan servicios satelitales a partes involucradas en un conflicto armado. Este análisis busca contribuir al desarrollo de un marco jurídico más robusto y adaptado a las realidades del entorno espacial contemporáneo.

Palabras Clave: conflicto armado, espacio ultraterrestre, carta Naciones Unidas, derecho internacional humanitario, contracapacidades espaciales.

Abstract: *The 1967 Outer Space Treaty (OST) is an instrument designed to prevent wars and conflicts in outer space by establishing that its use and exploration must be conducted for peaceful purposes. In particular, Article VI OST prohibits the placement in orbit of nuclear and mass destruction weapons. In addition, it indicates that the Moon and other celestial bodies must be used for peaceful purposes exclusively. Notwithstanding, geopolitical tensions and technological developments suggest an increased probability of conflict in space.*

Outer space has been used for military purposes since the beginning of the space race in the 50s. With new technologies at hand, states have developed new mechanisms that can be utilized against other satellites during conflict, such as jamming, spoofing, and ASAT.

This article seeks to provide clarity concerning the applicable framework and evaluate its applicability in a context of militarization and potential conflict in outer space. For this purpose, this article explores the existing rules on international humanitarian law and its application to space activities. The article will further explore counter capabilities such as jamming, spoofing and ASAT as aggression, examining the role and obligations of neutral states providing services through satellites to the parties involved in a conflict. This analysis seeks to contribute to the development of a robust framework adapted for the realities in the current space environment.

Key Words: *armed conflict, outer space, United Nations Charter, International Humanitarial Law, counterspace capabilities.*

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto de la Guerra Fría, la carrera espacial se convirtió en un campo de competencia entre las superpotencias mundiales, con un enfoque particular en el desarrollo de tecnología espacial con aplicaciones militares. Antes del lanzamiento del Sputnik 1, tanto Estados Unidos como la Unión Soviética (URSS) habían identificado el potencial de los satélites para el espionaje[1]. Sin embargo, con el lanzamiento de Sputnik por parte de la URSS, se produjo un cambio significativo en el paradigma de la exploración espacial. Según Bin Cheng, el lanzamiento de Sputnik 1 y la consiguiente falta de reacción de otros Estados significó la formación instantánea de cos-

1 Gangale, T. (2009). *The development of outer space: sovereignty and property rights in international space law* (Praeger).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

tumbre internacional, estableciendo que el espacio ultraterrestre no está sujeto a la soberanía de ningún Estado[2]. Desde entonces, los Estados han explotado la ventaja que les ofrece el espacio exterior en asuntos militares, como la capacidad de observar la Tierra desde el espacio con el objetivo de recolectar inteligencia.

En este contexto, se destaca la relevancia del Tratado del Espacio Ultraterrestre (TEU), firmado en 1967, el cual, según algunos autores, puede ser considerado como la carta magna del espacio[3]. Este tratado representó un hito significativo al ser el primero en establecer normas y regulaciones para las relaciones entre Estados en este nuevo escenario: el espacio ultraterrestre. El TEU se destaca actualmente como uno de los tratados que ha recibido el mayor número de ratificaciones en el ámbito del derecho internacional, con un total de 116 ratificaciones registradas hasta julio de 2025[4].

Tal como lo indica el nombre del documento en cuestión, el tratado fue concebido como un tratado de principios, cuyo objetivo era contener los principios esenciales encargados de regular las actividades espaciales. Con el avance de la capacidad espacial de los Estados, se esperaba que estas normas se desarrollaran en mayor profundidad y especificidad en tratados subsecuentes[5].

Han transcurrido más de cuarenta años desde la conclusión del último Acuerdo y la realidad geopolítica actual demuestra que la conclusión de un nuevo tratado espacial no se encuentra en la agenda internacional. A pesar de esta realidad, los principios del Tratado del Espacio Ultraterrestre continúan guiando las acciones de los Estados. El rápido avance tecnológico ha implicado el desarrollo de capacidades de ataque y contrataque espacial. Entre estas capacidades, destacan las denominadas armas ASAT (anti-satélites), que implican el empleo de la fuerza cinética para destruir un satélite. Además, los Estados han desarrollado capacidades que dependen de frecuencias y señales, con el propósito de incapacitar temporalmente la operatividad de satélites. Algunas de estas capacidades incluyen la interferencia *(jamming)* y la suplantación de señales *(spoofing)*.

El desarrollo de estas capacidades y la actual inestabilidad geopolítica, junto con la diversidad de actores en la arena espacial hacen necesario preguntarse: ¿Cuáles son las normas que aplican en caso de conflicto armado cuando hay objectos espaciales involucrados?

Este ensayo comenzara analizando las reglas concernientes al uso de armas en el espacio bajo el Tratado del Espacio Ultraterrestre. Luego analizará las reglas

---

2 Cheng, B. (1998). *Studies in International Space Law,* (Oxford University Press).

3 Jakhu, R. (2017). «Evolution of the Outer Space Treaty», en A. Leley (ed) *Fifty Years of the Outer Space Treaty: Tracing the Journey* (13-19). Pentagon Press.

4 Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. (2024). Status of international agreements relating to activities in outer space as of 1 January 2024 (COPUOS 62nd Sess., UN Doc A/AC.105/C.2/2024/CRP.3). https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2024/aac_105c_22024crp/aac_105c_22024crp_3_0_html/AC105_C2_2024_CRP03E.pdf

5 Marchisio, S. (2017). «Article IX». en S. Hobe, B. Schmidt-Tedd, & K.-U. Schrogl (Eds.), *Cologne commentary on space law* (Vol. 1, 551-590). (Carl Heymanns Verlag).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

generales de derecho internacional concernientes al conflicto armado. Particular foco se pondrá sobre tres tipos de potenciales armas espaciales: *jamming*, *spoofing* y ASAT. Concluyendo con un análisis que intentara proveer claridad sobre el régimen legal aplicable.

2. TRATADO DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE

Tal como fue previamente mencionado, el TEU nació en el marco de la Guerra Fría. De esta manera, era esencial que incluyera una cláusula que prohibiera el emplazamiento de armas en el espacio. No obstante, a diferencia de otros tratados como la Convención de Chicago, el TEU no diferencia entre usos civiles y usos militares del espacio.

Al analizar las discusiones que se dieron en la redacción del tratado, resulta claro que los redactores tenían la intención de prevenir que las guerras por territorios que se dieron en nuestro planeta se transportaran al espacio exterior[6] . De esta manera, el Artículo II del tratado refleja esta voluntad prohibiendo la apropiación nacional del Estado por reivindicación de soberanía o cualquier otro medio.

Sin embargo, a los efectos de asegurarse que el espacio ultraterrestre no se convertiría en un campo de batalla los redactores decidieron que era fundamental incluir un artículo referido al control de armas.

El Artículo IV del tratado indica:

> *«Los Estados Partes en el Tratado se comprometen a no colocar en órbita alrededor de la Tierra ningún objeto portador de armas nucleares ni de ningún otro tipo de armas de destrucción en masa, a no emplazar tales armas en los cuerpos celestes y a no colocar tales armas en el espacio ultraterrestre en ninguna otra forma.*
>
> *La Luna y los demás cuerpos celestes se utilizarán exclusivamente con fines pacíficos por todos los Estados Partes en el Tratado. Queda prohibido establecer en los cuerpos celestes bases, instalaciones y fortificaciones militares, efectuar ensayos con cualquier tipo de armas y realizar maniobras militares. No se prohíbe la utilización de personal militar para investigaciones científicas ni para cualquier otro objetivo pacifico. Tampoco se prohíbe la utilización de cualquier equipo o medio necesarios para la exploración de la Luna y de otros cuerpos celestes con fines pacíficos».*

De este artículo se desprenden dos análisis, el primero referido al control armamentístico y el segundo refiere a la definición de fines pacíficos.

2.1. Control armamentístico

El primer párrafo del Artículo IV establece una prohibición, algunos autores indican que el hecho de que esta disposición no ha sido violada desde la entrada en vigor

6 Gangale, T. (2009) *Op. Cit.* 11.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

del TEU indica que dicha disposición se ha convertido en costumbre internacional[7]. Este párrafo establece de manera clara que está prohibida la colocación de armas nucleares o de destrucción masiva en órbita, cuerpos celestes y el espacio exterior en general.

En lo que respecta a las armas nucleares, la intención de los redactores detrás de esta provisión se vincula con la prohibición de la colocación de bombas nucleares en el espacio. Otros tratados, particularmente el Tratado de Prohibición Parcial de Ensayos Nucleares, específicamente prohíben la detonación de armas nucleares en ciertas áreas del planeta, pero extienden esta prohibición al espacio exterior. El Artículo IV TEU da un paso hacia atrás en la cadena de hechos y prohíbe la simple colocación de este tipo de armas en el espacio.

En 2024, se presentó ante el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas una provisión en respuesta a los numerosos rumores que sugerían la posible colocación de un arma nuclear en órbita por parte de Rusia[8]. Sin embargo, Rusia vetó esta resolución en dos ocasiones, argumentando que su contenido era una mera repetición del Artículo IV TEU, el cual ya resulta vinculante[9].

A pesar de ser una oportunidad para clarificar las disposiciones del derecho espacial, particularmente en lo que respecta al control de armas, el hecho de que Rusia haya vetado la resolución contribuye igualmente a la consolidación del TEU. Las declaraciones de la delegación rusa indican que esta disposición es costumbre internacional. En consecuencia, si el primer párrafo del Artículo IV es reconocido como costumbre, la disposición resulta vinculante no solo para los Estados parte del Tratado, sino también para toda la comunidad internacional.

En lo referente a la noción de armas de destrucción masiva, si bien el Artículo IV no ofrece una definición explícita de dicho término, se puede señalar que dichas armas comprenden «armas que pueden causar una extensa devastación y pérdidas de vidas, especialmente cuando se trata de armas químicas, biológicas o nucleares»[10].

Finalmente, otro aspecto de este párrafo a considerar es la indicación de que es necesario que las armas se coloquen en órbita. De acuerdo con Gorove indica, los

---

7 Schrogl, K.-U. y Neumann J. (2017). «Article IX». en S. Hobe, B. Schmidt-Tedd, & K.-U. Schrogl (Eds.), *Cologne commentary on space law* (Vol. 1, 285-350). (Carl Heymanns Verlag).

8 Sanger, D. E., Barnes, J. E., & Cooper, H. (2024, February 14). «Russia advances on space-based nuclear weapon draw U.S. concerns». *The New York Times*. https://www.nytimes.com/2024/02/14/us/politics/intelligence-russia-nuclear.html
Bertrand, N., Herb, J., & Perez, E. (2024, February 16). «Exclusive: Russia attempting to develop nuclear space weapon to destroy satellites with massive energy wave, sources familiar with intel say». *CNN*. https://www.cnn.com/2024/02/16/politics/russia-nuclear-space-weapon-intelligence/index.html

9 United Nations. (2024, April 24). Security Council fails to adopt first-ever resolution on arms race in outer space, due to negative vote by Russian Federation. UN Press. https://press.un.org/en/2024/sc15678.doc.htm

10 Schrogl, K.-U. y Neumann J. (2017), *Op. Cit*. 305.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

misiles balísticos intercontinentales no se encuentran comprendidos dentro del ámbito de aplicación de este Artículo[11].

En consecuencia, si un Estado colocara en órbita un arma que no califica como arma nuclear o de destrucción masiva, dicho Estado no se incurriría en una violación del TEU.

2.2. Fines pacíficos

El primer párrafo del Artículo IV pone el énfasis en tipos de armas que se encuentran prohibidas, mientras que el segundo párrafo aborda el concepto de fines pacíficos. Nuevamente el tratado falla en proveer definiciones. Por lo que surge el interrogante, ¿qué es lo que se entiende por fines pacíficos?

Existen dos respuestas a esta pregunta. En primer lugar, se encuentran quienes sostienen que fines pacíficos significa fines no militares. Según esta posición, el Artículo IV prohibiría aquellas actividades en la Luna y cuerpos celestes que tengan fines militares. En segundo lugar, están quienes proponen una interpretación más restringida, entendiendo fines pacíficos como no-agresivos[12].

Esta última postura es la adoptada por Estados Unidos y otros países que han desarrollado capacidades militares en el espacio. Además, como se ha mencionado anteriormente, desde el inicio de la carrera espacial, los Estados han utilizado el espacio ultraterrestre con fines militares. Por lo tanto, al considerar la práctica de los Estados como regla de interpretación, se puede establecer que la interpretación correcta de fines pacíficos en el contexto del TEU significa fines no agresivos[13].

La interpretación se ve respaldada en gran medida por el Manual MILAMOS. Este Manual elaborado por un grupo de expertos provenientes de distintas regiones del mundo, provee claridad en cuanto a las reglas aplicables a los usos militares del espacio en tiempo de paz[14]. En consecuencia, se reconoce la legitimidad de los usos militares del espacio y se rechaza la interpretación de fines pacíficos como fines no militares.

En lo que respecta al ámbito de aplicación de este segundo párrafo, es posible establecer que solamente la Luna y los cuerpos celestes deben ser destinados exclusivamente a fines pacíficos. De esta manera, al excluir al espacio ultraterrestre de

11 Gorove, S. (1973). Arms control provisions in the Outer Space Treaty: A scrutinizing reappraisal. *Georgia Journal of International and Comparative Law*, 3(1), 114-123.

12 Beard, J. y Stephens, D. (2024) *The Woomera Manual on the International Law of Military Space Operations* (Oxford University Press).

13 La convención de Viena sobre el Derecho de Tratados indica en su Artículo 31(3)b que la práctica de los Estados sirve como elemento de interpretación. Para un mayor recuento de la práctica estatal respecto al uso militar del espacio ver Beard, J. Y Stephens, D. (2024) Regla 3.

14 Jakhu R., Freeland S. (2022) *McGill Manual on International Law Applicable to Military Uses of Outer Space* (Centre for Research in Air and Space Law).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

esta disposición, el TEU indica que este vacío del espacio puede ser utilizado para fines no pacíficos.

Particularmente, en los cuerpos celestes se prohíbe la colocación de bases, instalaciones, fortificaciones y la realización de ensayos con cualquier tipo de armas. Aquí es posible apreciar una primera diferencia entre los cuerpos celestes y el espacio. Mientras que en el primero está prohibido realizar cualquier tipo de ensayo con armas, en el segundo tal prohibición se limita a armas nucleares y de destrucción masiva. Por ende, se impone un régimen más restrictivo en los cuerpos celestes.

No obstante, el Artículo IV no prohíbe la utilización de personal militar en cuerpos celestes con fines de investigación o cualquier otra actividad que tenga fines pacíficos. De igual manera, permite la utilización de aquellos instrumentos que sean necesarios para explorar los cuerpos celestes de manera pacífica.

Esta interpretación de fines no pacíficos como fines no agresivos y la diferencia de régimen entre cuerpos celestes y el vacío del espacio, ha dado lugar a cuestionar si el TEU permite actos con fines agresivos en el vacío ultraterrestre. No obstante, este cuestionamiento falla al considerar el tratado en su totalidad. En particular, el Artículo III TEU. La siguiente sección analizará las consecuencias que se derivan de este Artículo.

3. REGLAS DE DERECHO INTERNACIONAL

Las actividades espaciales están sujetas a normas generales de derecho internacional. En este sentido el Artículo III TEU, indica que dichas actividades deben realizarse conforme al derecho internacional, incluida la Carta de las Naciones Unidas, en interés del mantenimiento de la paz y seguridad internacional. Este Artículo reafirma la noción de que el Derecho Espacial no es un cuerpo legal aislado, sino que forma parte de un conjunto de normas más amplio: Derecho Internacional[15].

Por tanto, las disposiciones del Tratado deben complementarse con disposiciones que surgen de otros tratados aplicables entre las partes, costumbre internacional y principios generales del derecho. Es decir, normas provenientes de las fuentes del derecho internacional como lo indica el Artículo 38(1) del Estatuto de la Corte Internacional de Justicia[16].

Es especialmente relevante la mención a la Carta de las Naciones Unidas. Este documento contiene una serie de principios esenciales para el mantenimiento de la paz y seguridad internacional. En relación con el conflicto armado hay ciertas disposiciones que es esencial tener en cuenta.

---

15 Jakhu, R., Freeland, S., & Chen, K. (2018). «The sources of international space law: Revisited». *German Journal of Air and Space Law*, 67(4), 606-667.

16 Statute of the International Court of Justice, 26 June 1945, 33 U.N.T.S. 993.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.1. Amenaza o uso de la fuerza

En primer lugar, el Artículo 2(4) establece la prohibición de la amenaza o el uso de la fuerza, norma reconocida como *jus cogens* por la Corte Internacional de Justicia en *Nicaragua*[17]. No existe una definición clara de lo que significa el uso de la fuerza. Al hablar del uso de la fuerza la Corte indicó en *Nicaragua* que es necesario distinguir la forma más grave de uso de la fuerza —ataque armado— de aquellas formas menos graves[18]. La falta de definiciones genera incertidumbre con respecto a la determinación de qué constituye un uso de la fuerza que no sea un ataque armado.

Por un lado, se indica que el uso de la fuerza debe referirse a un ataque armado[19]. Por el otro lado, el Manual Woomera explica que el Artículo 2(4) es generalmente interpretado como uso de fuerza armada o fuerza física[20]. Esta interpretación puede tener ciertas consecuencias para el derecho espacial, ya que un gran número de capacidades espaciales que no implican necesariamente el uso de la fuerza física.

A los efectos de asegurar la correcta protección de actividades espaciales, es necesario considerar la prueba de los efectos de un acto para determinar si puede ser considerado un uso de la fuerza. En consecuencia, en lugar de hacer énfasis en el uso de fuerza física, la prueba se centra en los efectos del acto, es decir, las casualidades, el nivel destrucción, y el impacto en el Estado afectado[21]. En el proceso de redacción de Woomera distintos Estados proporcionaron observaciones, y expresaron su opinión favorable sobre la pertinencia del test de efectos para la inclusión del uso de la fuerza no cinética en el espacio[22].

En el ámbito del derecho internacional, la calificación de una acción como uso de la fuerza conlleva implicaciones de gran relevancia. Esta acción no solo constituye una violación a la Carta de Naciones Unidas y costumbre internacional, sino que también prohíbe recurrir a ciertas defensas legales, tales como contramedidas[23]. En conclusión, resulta esencial para el mantenimiento de la seguridad internacional poder calificar ciertos actos realizados mediante el uso de objetos espaciales como uso de la fuerza.

---

17 International Court of Justice. (1986, June 27). *Military and paramilitary activities in and against Nicaragua (Nicaragua v. United States of America), Merits*, Judgment, 1986 I.C.J. 14, ¶ 191.

18 International Court of Justice. (1986) *Military and paramilitary activities in and against Nicaragua*.

19 Simma, B., *et al.* (2024). *The Charter of the United Nations: A commentary*. (Oxford University Press).

20 Beard, J. Y Stephens, D. (2024). *Op. Cit.* Regla 4.

21 Beard, J. Y Stephens, D. (2024). *Op. Cit.* Regla 4.

22 Beard, J. Y Stephens, D. (2024). *Op. Cit.* Regla 4.

23 Para una explicación del funcionamiento y requisitos de las contramedidas en Derecho Internacional ver Comisión de Derecho Internacional (2001) Responsabilidad del Estado por Hechos Internacionalmente Ilícitos. https://legal.un.org/ilc/publications/yearbooks/spanish/ilc_2001_v2_p2.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.2. Legítima defensa

La Carta de Naciones Unidas reconoce en su Artículo 51 el derecho inherente a la legitima defensa en caso de ataque armado. La figura de legítima defensa es figura compleja en derecho internacional. No obstante, en el presente artículo solo se ofrecerá una breve explicación al respecto.

El derecho a actuar en legítima defensa es parte del *jus ad bellum*, es decir aquellas reglas que determinan cuando un Estado puede recurrir al uso legítimo de la fuerza[24]. De esta manera, un Estado puede recurrir al uso de la fuerza en respuesta a un ataque por parte de otro Estado. Sin embargo, es importante destacar que este derecho no es absoluto. La capacidad de un Estado víctima de un ataque para actuar en legítima defensa está condicionada a la ausencia de acción por parte del Consejo de Seguridad de Naciones Unidas.

3.3. Medidas que no constituyen uso de la fuerza

El Artículo 41 de la Carta refiere a ciertas medidas que el Consejo de Seguridad puede adoptar pero que no son consideradas uso de fuerza. Entre dichas medidas, se incluye la posibilidad de interrumpir total o parcialmente las comunicaciones. Si bien al momento en el que se concluyó la Carta los sistemas de comunicación espacial no se encontraban desarrollados como en la actualidad, de igual manera debe considerarse a las comunicaciones satelitales como incluidas en esta disposición.

La Corte Internacional de Justicia ha indicado que cuando un tratado implementa términos genéricos, tales como «comunicaciones», es necesario interpretar dichos términos de acuerdo al significado que tienen al momento en el que es necesario realizar dicha interpretación[25]. Asimismo, la Corte ha establecido que es posible recurrir al conocimiento científico actual para la interpretación de tratados[26]. Por estas razones, se puede afirmar que el Artículo 41 de la Carta refiere igualmente a los sistemas de comunicación espaciales.

En virtud de lo anterior, todas aquellas acciones que impliquen la interrupción total o parcial de comunicaciones espaciales, tales como *jamming* y *spoofing*, no pueden ser calificadas como uso de la fuerza.

---

24 Kolb, R. (2014) *Advanced introduction to international humanitarian law* (Edward Elgar Publishing)

25 International Court of Justice. (2003, November 6). Oil platforms (Iran v. United States of America), judgment. 2003 I.C.J. Rep. 161.
International Court of Justice. (2010, April 20). Pulp mills on the river Uruguay (Argentina v. Uruguay), judgment. 2010 I.C.J. Rep. 14.

26 International Court of Justice. (1999, December 13). Kasikili/Sedudu Island (Botswana v. Namibia), judgment, merits. 1999 I.C.J. Rep. 1045.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

4. DERECHO INTERNACIONAL HUMANITARIO

En contraste con el uso de la fuerza y la legítima defensa, las reglas de Derecho Internacional Humanitario forman parte del *jus in bello*, es decir, son un conjunto de normas que regulan como los Estados deben comportarse en el contexto de un conflicto armado[27].

Al abordar el tema del conflicto armado y las aplicaciones espaciales, no solo debemos circunscribirnos a los conflictos que tienen lugar en el espacio, sino que también debe considerarse la influencia de las tecnologías satelitales en los conflictos armados en la Tierra.

Un claro ejemplo de esta situación puede observarse en la invasión de Rusia a Ucrania. La empresa estadounidense SpaceX puso a disposición de Ucrania la constelación Starlink para facilitar servicios de telecomunicaciones. Ucrania empleó esta constelación para la comunicación de sus fuerzas armadas. En respuesta a esta situación Rusia manifestó que el uso de Starlink para comunicaciones militares convertía los satélites de SpaceX en objetivos militares legítimos que podían ser atacados por las fuerzas rusas. Ante estas declaraciones SpaceX procedió a limitar el uso de la constelación únicamente a comunicaciones civiles.

Este reciente ejemplo ilustra cómo satélites pueden desempeñar un papel en conflictos armados terrestres. No solo mediante la provisión de telecomunicaciones, sino también a través de la provisión de imágenes satelitales. De esta manera resulta imperativo tener en consideración las reglas de Derecho Internacional Humanitario que rigen en caso de conflicto armado.

Durante un conflicto armado, únicamente los Estados implicados en el conflicto pueden ser objeto de ataque. Inclusive si un Estado es parte de un conflicto armado, únicamente aquellos objetos que califiquen como militares deben ser atacados. Un objeto puede ser clasificado como militar dependiendo de su uso, naturaleza, ubicación y destino. Adicionalmente la captura o destrucción del mismo debe afectar la campaña militar de un Estado y proveer una ventaja militar a su opositor. Esta norma forma parte del cuerpo de Derecho Internacional Humanitario Internacional y ha sido codificada en el Protocolo Adicional I de la Convención de Ginebra[28].

De este modo el Estado debe en primer lugar identificar los objetivos militares del Estado opositor. Esta obligación, denominada Principio de Distinción, tiene una doble implicación. Por un lado, el Estado debe asegurarse de atacar únicamente objetivos militares del otro Estado. Por otro lado, el Estado debe asegurar la separación de sus activos civiles de sus activos militares de la mejor manera posible[29].

---

27 Kolb, R. (2014)

28 Protocol Additional to the Geneva Conventions of 12 August 1949, and relating to the Protection of Victims of International Armed Conflicts (Protocol I), 8 June 1977, 1125 U.N.T.S. 3.

29 Kolb, R. (2014).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

A modo de ejemplo, debería asegurarse que la población civil no se encuentre en las inmediaciones de las trincheras donde se hallan los miembros de las fuerzas armadas. No obstante, al trasladar esta premisa al ámbito espacial, las fronteras se tornan menos nítidas. En la actualidad, numerosos satélites exhiben una doble funcionalidad, ofreciendo servicios tanto civiles como militares de manera simultánea. Un ejemplo notable de este tipo de satélites es GPS el cual provee geoposicionamiento tanto a las fuerzas armadas de los Estados Unidos y como a la población civil, aunque con una calidad reducida[30].

En ciertas circunstancias no es posible realizar distinción alguna. En tales casos, se deben considerar una serie de factores, tales como las ventajas de dirigir un ataque a ese objetivo, las consecuencias y daños colaterales en la población civil. Este análisis constituye un test de ponderación, y el resultado de dicha ponderación debe guiar la decisión del Estado[31]. Por ejemplo, en el contexto de una constelación que proporciona servicios civiles y únicamente los transmisores de un satélite particular de dicha constelación ofrecen servicios militares, eliminar dicho satélite podría generar una ventaja significativa —cortar el acceso a comunicaciones militares— y el daño colateral a la sociedad civil sería mínimo —la pérdida de un satélite en una constelación no afectaría la provisión de servicios en general—. No obstante, en el caso de que la destrucción de un satélite implicara un daño colateral excesivo, que exceda la ventaja militar a obtener, entonces el Estado debería no llevar a cabo el ataque. De no ser así, el acto no sería considerado legitimo bajo el Derecho Internacional.

Otras reglas del Derecho Internacional Humanitario que deben ser consideradas son las reglas de neutralidad. A pesar de que existen convenciones que han codificado estas reglas, estos instrumentos cuentan con una delimitación territorial clara, sea en tierra o en el mar[32]. Sin embargo, es posible emplear dichas convenciones para comprender el funcionamiento del estado de neutralidad. En un conflicto armado el Estado no solo debe distinguir entre objetivos civiles y objetivos militares, sino que también debe distinguir entre Estados beligerantes y Estados neutrales. Aquellos Estados que no son partes del conflicto gozan de la protección que deriva de su carácter neutral, lo que impide el ataque a su territorio o bienes. Paralelamente, todo Estado neutral tiene la obligación de no intervenir en el conflicto ni de proporcionar ayuda que pueda ejercer una influencia significativa en el desarrollo del conflicto[33].

Como fue mencionado previamente, Rusia denunció que Estados Unidos, a través de la constelación Starlink, perdía su estado neutral al proporcionar servicios de

---

30 Schorgl, K.-U. *et al* (2020) *Handbook of Space Security* (2nd ed) (Springer).

31 Kolb, R. (2014).

32 Convention (V) Respecting the Rights and Duties of Neutral Powers and Persons in Case of War on Land, oct. 18, 1907, 36 Stat. 2310, 205 Consol. T.S. 299.
Convention (XIII) Concerning the Rights and Duties of Neutral Powers in Naval War, oct. 18, 1907, 36 Stat. 2415, 205 Consol. T.S. 395.

33 Clapham, A. (2014) *The Oxford handbook of international law in armed conflict* (Oxford University Press).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

telecomunicación a las fuerzas armadas de Ucrania, lo que volvía dichos satélites objetivos militares legítimos de acuerdo con el derecho internacional. Este tipo de circunstancias resulta particularmente relevante en el contexto actual donde cada vez más actores privados llevan adelante distintos tipos de actividades espaciales con el objetivo de obtener ganancias. Sin embargo, las actividades de estos actores privados son atribuibles a los Estados en virtud del Artículo VI TEU, lo que conlleva implicaciones similares a las anteriormente mencionadas.

5. CAPACIDADES CONTRAESPACIALES

A medida que las tensiones geopolíticas aumentan, los Estados desarrollan nuevas estrategias para defender sus intereses en órbita. Estas capacidades contraespaciales suelen ser definidas como «capacidades, técnicas o activos que pueden utilizarse contra otro objeto espacial o un componente de un sistema espacial para negarlo, perturbarlo, degradarlo, dañarlo o destruirlo deliberadamente de forma reversible o irreversible, con el fin de obtener una posición de ventaja sobre un adversario»[34]. El presente artículo se centrará principalmente en tres capacidades contraespaciales: *jamming*, *spoofing*, y uso de fuerza cinética.

5.1. Jamming

Jamming implica aquellos casos en los que los inhibidores de los objetos satelitales generan ruido en la exacta frecuencia de otro satélite con el propósito de «saturarlo» de ruido. El propósito es bloquear o interferir en la señal que es emitida por el satélite[35].

De esta manera, *jamming* utiliza el espectro electromagnético a los efectos de interferir las actividades del adversario. No obstante, el TEU no contiene una disposición que prohíba las interferencias perjudiciales. En este sentido, el Artículo IX del TEU indica que cuando un Estado considera que su actividad puede crear un obstáculo capaz de perjudicar las actividades de otro Estado, dicho Estado debe celebrar consultas con el otro Estado. Sin embargo, este Artículo del TEU no ha sido puesto en práctica en los casi 60 años del tratado. Adicionalmente, si uno analiza la práctica de los Estados, ha habido un gran número de operaciones de *jamming*. Un caso reciente es el *jamming* llevado a cabo por Rusia contra los satélites Starlink[36].

---

34 United Nations Institute for Disarmament Research. (2023). «Un léxico para la seguridad en el espacio ultraterrestre». https://unidir.org/wp-content/uploads/2023/08/UNIDIR_A_Lexicon_for_Outer_Space_Security_Spanish.pdf

35 United Nations Institute for Disarmament Research. (2023).

36 Isaac, M., & Shane, S. (2024, May 24). «Russia, in new push, increasingly disrupts Ukraine's Starlink service». *The New York Times*. https://www.nytimes.com/2024/05/24/technology/ukraine-russia-starlink.html

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Si bien estos hechos permiten establecer un argumento a favor de la legalidad del *jamming* bajo el TEU, también es posible sostener su ilegalidad en virtud de la obligación de actuar con debida consideración a los intereses de otros Estados, establecida en el artículo IX. No obstante, al considerar los factores políticos que influyen en las decisiones estatales, se concluye que es improbable que las principales potencias espaciales califiquen el *jamming* como una violación del TEU.

Esta acción conllevaría dos consecuencias: por un lado, implicaría una condena explícita del comportamiento del Estado adversario; por otro, restringiría las propias opciones del denunciante al limitar su capacidad para emplear el *jamming* como una herramienta contraespacial. Además, reconocer públicamente haber sido víctima de *jamming* revelaría la vulnerabilidad de sus activos espaciales frente a ataques. En consecuencia, se puede inferir que los Estados optarán por no denunciar tales incidentes o evitarán pronunciarse sobre la legalidad de esta práctica.

Adicionalmente, es necesario considerar las regulaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Esta organización se encarga de asignar las radiofrecuencias que pueden ser utilizadas por cada país. En el Artículo 45 de su Constitución, se menciona particularmente la obligación de no causar interferencia perjudicial a las comunicaciones o servicios radioeléctricos de otros Estados.

Si bien la Constitución en sí misma no define lo que se considera como «interferencia perjudicial», este término se encuentra definido en los Reglamentos de Radiocomunicaciones, los cuales son vinculantes para todos los Estados miembros de UIT. El Artículo 1.169 de los Reglamentos establece que interferencia perjudicial se define como «interferencia que compromete el funcionamiento de un servicio de radionavegación o de otros servicios de seguridad, o que degrada gravemente, interrumpe repetidamente o impide el funcionamiento de un servicio de radiocomunicación explotado de acuerdo con el Reglamento»[37]. En consecuencia, la interferencia se encuentra prohibida únicamente cuando se degrade gravemente, de manera repetida o que impida completamente el funcionamiento de un servicio de comunicación.

De este modo, es posible calificar el *jamming* como una interferencia perjudicial según la definición anteriormente expuesta. ¿Cuál es el mecanismo que se proporciona ante este tipo de interferencias? La UIT proporciona un mecanismo de coordinación en donde el Estado afectado puede presentar un reclamo. Una vez que se determina que la interferencia es perjudicial, UIT insta al Estado que causo dicha interferencia a cumplir con su obligación de no interferir de manera perjudicial. No obstante, la UIT carece de mecanismos para ejecutar sus decisiones, lo que hace que este proceso sea ineficaz.

Otro aspecto para considerar del régimen de UIT es el Artículo 48 de su Constitución. Este Artículo el cual estipula que las «instalaciones» (léase satélites u objetos espaciales) militares conservan su completa libertad de actuar fuera de las normativas

37 International Telecommunication Union. (s. f.). *Regulaciones radiocomunicaciones*. https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.43.48.es.301.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

de UIT. Por lo que, si el *jamming* fuera llevado a cabo a través de una instalación militar, la vía que proporciona UIT para reclamar ante tal acción no estaría disponible.

En este sentido, se evidencia cómo la evolución de las prácticas espaciales ha ocasionado que el sistema internacional se encuentre completamente obsoleto, al punto que los Estados no disponen de un recurso efectivo al cual recurrir en caso de ser víctimas de *jamming.*

5.2. Spoofing

El *Spoofing* implica suplantar la señal que se recibe a los efectos de engañar al sistema, enviando así información falsa al oponente[38]. La suplantación de señal puede ser utilizada de distintas maneras, por ejemplo, emisiones de televisión, también se puede utilizar para desviar o redirigir aviones. La preocupación más significativa asociada con el *spoofing* radica en su capacidad de afectar los sistemas de geoposición satelital como GPS[39].

Las consideraciones legales previamente discutidas para casos de *jamming* son igualmente aplicables a los casos de *spoofing*. No obstante, la comunidad aeronáutica ha expresado un interés particular en prevenir este tipo de actividades.

A diferencia del espacio ultraterrestre, el espacio aéreo de un Estado se encuentra bajo su plena soberanía. En consecuencia, si un avión utilizara un sistema de geoposicionamiento para seguir su trayecto, y dicho sistema fuera víctima de una operación de *spoofing*, existe la posibilidad de que dicha aeronave ingrese en un espacio aéreo para el cual no se encuentra autorizada. Esta situación podría acarrear consecuencias significativas, tales como un posible ataque por parte del Estado que ha sido violado en su espacio aéreo, a menos que se logre establecer comunicación con el piloto.

A pesar de las graves consecuencias potenciales derivadas de una operación de *spoofing*, aún no se han desarrollado mecanismos legales en el ámbito del derecho espacial que permitan a los Estados protegerse a sí mismos de estas amenazas. En este sentido, se plantea la posibilidad de que los Estados puedan mostrar reticencia a la hora de calificar como ilegales estas operaciones, ya que, de hacerlo, se estaría eliminando la posibilidad de incurrir en tales prácticas.

5.3. Uso de fuerza cinética

Las capacidades contraespaciales que utilizan fuerza cinética se conocen comúnmente como «hard kill» ya que implican la destrucción del objeto[40]. Estas capacidades

38 United Nations Institute for Disarmament Research. (2023).

39 Larsen, P. (2021). «Will harmful interference bring GPS down?» *Journal of Air Law and Commerce, 86*(1), 3-66.

40 Bourbonniere, M. (2006). «The ambit of the law of neutrality and space security». *Proceedings of the Legal Subcommittee on Outer Space, 49*, 326-337.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

conllevan la aplicación de fuerza física, ya sea para aniquilar directamente el objeto, o para causar una denotación en proximidad al objeto espacial del adversario[41].

Dentro de esta categoría es posible encontrar las denominados capacidades anti-satelitales (ASAT) las cuales básicamente consisten en el lanzamiento de un misil sea desde la tierra (ascenso directo) o desde la órbita (co-orbital).

A diferencia de las capacidades previamente discutidas, resulta claro que la conducción de ASAT implicaría un uso de la fuerza. Por un lado, claramente se trata de un uso de la fuerza física y, por el otro lado, implica un ataque armado. De esta manera, llevar a cabo un ASAT contra otro Estado constituiría una violación a disposiciones de la Carta de Naciones Unidas.

Además del impacto que tienen en la paz y seguridad internacional, conlleva otras consecuencias perjudiciales. Es necesario considerar la velocidad a la que el misil lanzado viaja e impacta al otro objeto. El propósito final de estas acciones es la destrucción, ya sea completa o parcial, de otro objeto espacial. Como resultado de ello, se genera una nube de desechos espaciales que, debido a su impacto, viajan a una velocidad considerable.

La generación de estos desechos espaciales representa un riesgo significativo, especialmente cuando se ubican en la órbita baja, donde se encuentran miles de satélites. De esta manera, se plantea la necesidad de evaluar si la generación de desechos espaciales derivada de la implementación de operaciones ASAT y la subsiguiente destrucción de un objeto espacial constituiría una violación de derecho internacional.

Uno de los problemas más significativos a los que se enfrenta la comunidad espacial es la basura espacial y la ausencia de una regulación adecuada.

Actualmente, podemos citar algunos ejemplos, como las Directrices de 2002 sobre Reducción de Desechos Espaciales del IADC (2002), el Código de Conducta Europeo sobre Mitigación de Desechos Espaciales (2004) y las Directrices de 2007 para para la Reducción de Desechos Espaciales, elaboradas por la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de COPUOS[42]. Sin embargo, estos documentos no son de carácter vinculante para los Estados y su adopción es voluntaria.

Por ejemplo, La Directriz 4 de la SACT se refiere particularmente a la generación intencional de desechos espaciales y otras actividades perjudiciales. Claramente las operaciones ASAT entrarían en esta categoría. Esta directiva no prohíbe este tipo de operaciones, sino que indica que deberían ser evitadas, y en caso de ser llevadas a cabo, deben realizarse a una altitud baja con el fin de limitar la permanencia en órbita de los desechos generados[43].

---

41 United Nations Institute for Disarmament Research. (2023).

42 United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. (2007). *Directrices para la reducción de desechos espaciales*. https://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/sd/COPUOS-GuidelinesS.pdf

43 United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. (2007) *Op. Cit.* Directriz 4.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Por lo tanto, no existe una disposición específica que prohíba la generación de desechos como resultado de una operación ASAT. Desde una perspectiva legal, existe la posibilidad de fundamentar una demanda basada en la obligación de actuar con debida consideración a los intereses de otros Estados indicada en el Artículo IX TEU. Sin embargo, es probable que esta demanda no prospere. Varios Estados han realizado operaciones ASAT contra sus propios objetos espaciales, generando grandes cantidades de desechos espaciales, sin que ningún Estado haya expresado preocupación por la naturaleza ilegal de estas actividades[44].

En consonancia con el *jamming* y el *spoofing*, se evidencia una alta probabilidad de que los Estados no se manifiesten abiertamente en contra de la ilegalidad de este tipo de operaciones. Por tanto, se concluye que la violación del derecho internacional solo sería evidente en el caso de un uso de capacidades ASAT contra el objeto espacial de otro Estado. Además, este acto podría ser calificado como un uso de la fuerza, o un ataque armado, lo que daría lugar a la legítima defensa, contramedidas u otros mecanismos disponibles en el derecho internacional.

6. CONCLUSIONES

En el contexto del derecho espacial, las actividades militares en órbita deben ser consideradas como legítimas, ya que el Tratado del Espacio Ultraterrestre (TEU) no contiene una prohibición explícita en este sentido. Siempre que un Estado no coloque un arma de destrucción masiva o un arma nuclear en órbita, sus actividades militares serán consideradas en cumplimiento del derecho internacional.

A pesar de que el TEU contiene un único artículo referido a actividades militares, es necesario entender que el Tratado no vive en un vacío. En este sentido, las normas del derecho espacial deben interactuar constantemente con otras del derecho internacional, tales como las que rigen los conflictos armados internacionales.

El conjunto de las reglas aplicables a las actividades espaciales permite esclarecer las implicaciones legales del empleo de ciertas capacidades contraespaciales que han sido desarrolladas por los Estados.

De esta manera, aquellas capacidades que no conllevan consecuencias físicas, tales como lo son el *jamming* y el *spoofing*, suelen encontrar un vacío legal en el ámbito del derecho internacional. Ante dichos escenarios los Estados cuentan con limitada protección en el contexto legal. En este sentido, los propios Estados, en aras de preservar su libertad de acción, han optado por mantener una postura de silencio respecto a la legalidad de tales medidas. Es pertinente señalar que tanto el *jamming* como el *spoofing* pueden acarrear consecuencias de gravedad que repercuten en la población en general, lo que plantea la interrogante de si la comunidad internacional está esperando a que ocurra un desastre causado por estas medidas para reaccionar.

44 Schorgl, K.-U. *et al* (2020).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En contraste, en el contexto de las capacidades contraespaciales que implican el uso de fuerza cinética tales como las operaciones ASAT, la situación es distinta. Aunque cuando este tipo de operaciones se lleva a cabo contra objetos satelitales propios no existe evidencia de la ilegalidad de dichas acciones, no se puede descartar las consecuencias significativas que podrían surgir si estas operaciones se realizaran contra otro Estado. Esta acción podría ser considerada como un acto de agresión o un uso de la fuerza, lo que, aunque no constituiría una violación directa del TEU, infringiría las disposiciones de la Carta de Naciones Unidas e, indirectamente, del Artículo III del TEU.

Por consiguiente, resulta imperativo establecer un marco normativo que regule estas conductas en el espacio, a la luz del impacto potencial que podrían tener en la estabilidad global. La posibilidad de un conflicto espacial y su escalamiento no solo afectaría a los Estados involucrados, sino que podría tener consecuencias devastadoras para toda la humanidad, comprometiendo infraestructuras esenciales y la seguridad mundial.

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1. Libros

Beard, J. y Stephens, D. (2024) *The Woomera Manual on the International Law of Military Space Operations* (Oxford University Press).

Cheng, B. (1998). *Studies in International Space Law,* (Oxford University Press).

Clapham, A. (2014) *The Oxford handbook of international law in armed conflict* (Oxford University Press).

Gangale, T. (2009). *The development of outer space: sovereignty and property rights in international space law* (Praeger).

Jakhu, R. (2017). «Evolution of the Outer Space Treaty», en A. Leley (ed) *Fifty Years of the Outer Space Treaty: Tracing the Journey* (13-19). Pentagon Press.

Jakhu R., Freeland S. (2022) *McGill Manual on International Law Applicable to Military Uses of Outer Space* (Centre for Research in Air and Space Law).

Kolb, R. (2014) *Advanced introduction to international humanitarian law* (Edward Elgar Publishing)

Marchisio, S. (2017). «Article IX». en S. Hobe, B. Schmidt-Tedd, & K.-U. Schrogl (Eds.), *Cologne commentary on space law* (Vol. 1, 551-590). (Carl Heymanns Verlag)

Schorgl, K.-U. *et al* (2020) *Handbook of Space Security* (2nd ed) (Springer).

Schrogl, K.-U. y Neumann J. (2017). Article IX. en S. Hobe, B. Schmidt-Tedd, & K.-U. Schrogl (Eds.), *Cologne commentary on space law* (Vol. 1, 285-350). (Carl Heymanns Verlag).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Simma, B., *et al***.** (2024). *The Charter of the United Nations: A commentary*. (Oxford University Press).

7.2. Sentencias

- International Court of Justice. (1999, December 13). Kasikili/Sedudu Island (Botswana v. Namibia), judgment, merits. 1999 I.C.J. Rep. 1045.
- International Court of Justice. (1986, June 27). *Military and paramilitary activities in and against Nicaragua (Nicaragua v. United States of America), Merits*, Judgment, 1986 I.C.J. 14, 191.
- International Court of Justice. (2003, November 6). Oil platforms (Iran v. United States of America), judgment. 2003 I.C.J. Rep. 161.
- International Court of Justice. (2010, April 20). Pulp mills on the river Uruguay (Argentina v. Uruguay), judgment. 2010 I.C.J. Rep. 14.

7.3. Revistas jurídicas

Bourbonniere, M. (2006). «The ambit of the law of neutrality and space security». *Proceedings of the Legal Subcommittee on Outer Space, 49*, 326-337.

Gorove, S. (1973). «Arms control provisions in the Outer Space Treaty: A scrutinizing reappraisal». *Georgia Journal of International and Comparative Law*, 3(1), 114-123.

Jakhu, R., Freeland, S., & Chen, K. (2018). «The sources of international space law: Revisited». *German Journal of Air and Space Law*, 67(4), 606-667.

Larsen, P. (2021). «Will harmful interference bring GPS down?», *Journal of Air Law and Commerce, 86*(1), 3-66.

7.4. Artículos de prensa

Bertrand, N., Herb, J., & Perez, E. (2024, February 16). «Exclusive: Russia attempting to develop nuclear space weapon to destroy satellites with massive energy wave, sources familiar with intel say». *CNN*. https://www.cnn.com/2024/02/16/politics/russia-nuclear-space-weapon-intelligence/index.html

Isaac, M., & Shane, S. (2024, May 24). «Russia, in new push, increasingly disrupts Ukraine's Starlink service». *The New York Times*. https://www.nytimes.com/2024/05/24/technology/ukraine-russia-starlink.html

Sanger, D. E., Barnes, J. E., & Cooper, H. (2024, February 14). «Russia advances on space-based nuclear weapon draw U.S. concerns». *The New York Times*. https://www.nytimes.com/2024/02/14/us/politics/intelligence-russia-nuclear.html

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

7.5. Tratados

- Convention (XIII) Concerning the Rights and Duties of Neutral Powers in Naval War, Oct. 18, 1907, 36 Stat. 2415, 205 Consol. T.S. 395.
- Convention (V) Respecting the Rights and Duties of Neutral Powers and Persons in Case of War on Land, Oct. 18, 1907, 36 Stat. 2310, 205 Consol. T.S. 299.
- Protocol Additional to the Geneva Conventions of 12 August 1949, and relating to the Protection of Victims of International Armed Conflicts (Protocol I), 8 June 1977, 1125 U.N.T.S. 3.
- Statute of the International Court of Justice, 26 June 1945, 33 U.N.T.S. 993.

7.6. Documentos oficiales instituciones

- Comisión de Derecho Internacional (2001)Responsabilidad del Estado por Hechos Internacionalmente Ilícitos. https://legal.un.org/ilc/publications/yearbooks/spanish/ilc_2001_v2_p2.pdf
- Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. (2024). Status of international agreements relating to activities in outer space as of 1 January 2024 (COPUOS 62nd Sess., UN Doc A/AC.105/C.2/2024/CRP.3). https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2024/aac_105c_22024crp/aac_105c_22024crp_3_0_html/AC105_C2_2024_CRP03E.pdf
- International Telecommunication Union. (s. f.). *Regulaciones radiocomunicaciones*. https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.43.48.es.301.pdf
- United Nations. (2024, April 24). Security Council fails to adopt first-ever resolution on arms race in outer space, due to negative vote by Russian Federation. UN Press. https://press.un.org/en/2024/sc15678.doc.htm
- United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. (2007). *Directrices para la reducción de desechos espaciales*. https://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/sd/COPUOS-GuidelinesS.pdf
- United Nations Institute for Disarmament Research. (2023). *Un léxico para la seguridad en el espacio ultraterrestre*. https://unidir.org/wp-content/uploads/2023/08/UNIDIR_A_Lexicon_for_Outer_Space_Security_Spanish.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

LA EQUIPARACIÓN DE CIBERATAQUE A ATAQUE ARMADO CONFORME A LA EVOLUCIÓN Y DESARROLLO DE UN NUEVO CONCEPTO DE «DAÑOS» Y SU APLICACIÓN EN EL EJERCICIO DEL DERECHO A LA LEGÍTIMA DEFENSA

THE EQUIVALENCE OF CYBERATTACKS TO ARMED ATTACKS IN LINE WITH THE EVOLUTION AND DEVELOPMENT OF A NEW CONCEPT OF «DAMAGE»AND «HARM» AND ITS APPLICATION IN THE EXERCISE OF THE RIGHT TO SELF-DEFENSE.

Dña. Violeta Inés Gandullo Zamora
www.linkedin.com/in/violeta-gandullo-71658267
Legal Space Counsel
vgandullo@gmail.com

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. CONVENCIÓN REGULATORIA; CIBERSEGURIDAD APLICADA A ESPACIO 2.1. Ciberataques, Daños e Interferencias, una aproximación desde el Derecho Internacional y el entorno espacial. 2.1.1. Operaciones cibernéticas dirigidas contra la infraestructura cibernética. 2.1.2 Operaciones cibernéticas dirigidas contra objetos físicos dependientes de sistemas informáticos 3. LA EQUIPARACIÓN CON EL ATAQUE ARMADO. 4.EL SPOOFING Y EL JAMMING. 5. CONCLUSIONES. 6. GLOSARIO. 7. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: En este artículo exponemos como la ciberseguridad es un tema de creciente interés y su aplicación al espacio necesita de la evolución de conceptos como el tradicional delito de daños y de alguna normativa como parte de la normativa recogida en el Manual de Tallin para adecuarse a su entorno natural. La seguridad, y en particular la ciberseguridad, nunca puede ser absoluta. Por muchas medidas que una organización implemente nunca estará completamente protegida. En sectores como la aviación y el espacio, la incertidumbre es inherente y persistente.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

No obstante, una forma eficaz de comprender el estado actual de la ciberseguridad en estos ámbitos es analizar cómo podrían quedar expuestos los sistemas frente a posibles ciberataques. Para ello, es fundamental someter periódicamente los sistemas, controles y procedimientos de recuperación a pruebas desde la perspectiva del atacante.

La estrategia de ciberseguridad, tanto en el sector aéreo como en el espacial, debe contemplar las inversiones necesarias para atender, mantener y priorizar las áreas de mejora identificadas a través de un análisis riguroso de riesgos.

Palabras Clave: Derecho especial, ciberseguridad, Derecho Internacional, política espacial.

Abstract: *This article presents why cybersecurity is an increasingly popular topic and how applying it to space necessitates adapting evolving concepts, such as those outlined in the Tallinn Manual regarding traditional criminal damage and certain regulations, to its natural environment. Security—and specifically cybersecurity—can never be absolute. No matter how many measures an organization implements, it will never be fully protected. In sectors such as aviation and space, uncertainty is inherent and ongoing.*

However, an effective way to understand the current state of cybersecurity in these fields is to analyze how systems might be exposed to potential cyberattacks. This requires regularly testing systems, controls, and recovery procedures from an attacker's perspective.

The cybersecurity strategy in both the aviation and space sectors must include the necessary investments to address, sustain, and prioritize improvement areas identified through a thorough risk analysis.

Key Words: *Space Law, Cibersecurity, International Law, Space Policy.*

1. INTRODUCCIÓN

El sentido último de toda norma jurídica es dar respuesta a las necesidades de la sociedad en el momento histórico en que surge. En este sentido, el Derecho y sus normas son el reflejo de la época que los vio nacer, pues responden —en su forma y contenido— a las circunstancias y demandas de su tiempo. Sin embargo, las sociedades evolucionan, surgen nuevas realidades y, con ellas, nuevas necesidades. Esto puede hacer que determinadas normas y conceptos jurídicos dejen de corresponderse con la realidad o se tornen obsoletos.

En la actualidad, millones de personas utilizan a diario los servicios y la información que proporciona el ciberespacio, generando una creciente e intensa dependencia de sus infraestructuras. En los últimos años, han emergido múltiples amenazas dirigidas contra esta red interconectada, altamente vulnerable. Un ataque eficaz contra dichas infraestructuras podría incluso paralizar por completo el funcionamiento de un país.

Las amenazas cibernéticas presentan características sustancialmente distintas a las amenazas convencionales contra la seguridad nacional: pueden tener objetivos diversos, ser perpetradas por actores de muy distinta naturaleza —como el crimen organizado, grupos terroristas o incluso Estados—, implican costes reducidos y su trazabilidad resulta extremadamente compleja, como se expondrá a lo largo del texto.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El ciberespacio puede definirse como la red interdependiente de infraestructuras de tecnologías de la información, que incluye Internet, otras redes de telecomunicaciones, sistemas informáticos, procesadores integrados y controladores de industrias e infraestructuras críticas. Este entorno digital permite a personas e instituciones compartir e intercambiar información, y ha transformado radicalmente la velocidad y alcance de las comunicaciones a nivel global. Por ello, se ha convertido en un componente esencial para el funcionamiento de la economía, la política y la cultura de todas las naciones del planeta[1].

De manera análoga, toda Política de Defensa refleja la manera en que una sociedad se organiza para cumplir con la función de defensa del Estado, atendiendo a las particularidades culturales, históricas, geográficas y geopolíticas de cada nación. En este marco, el desarrollo técnico ha cobrado una relevancia creciente en la formulación de dichas políticas, especialmente en lo relativo a la defensa y la seguridad internacional.

La carrera espacial, por su parte, fue una consecuencia directa de la Guerra Fría, reflejo de la competencia por la primacía espacial entre las dos superpotencias del momento: la desaparecida URSS y los Estados Unidos. Con el fin de evitar que se repitiera un conflicto armado de proporciones similares a las dos Guerras Mundiales, los cinco grandes tratados internacionales sobre el espacio exterior se redactaron con una clara intención pacificadora. En la actualidad, el desarrollo tecnológico en el ámbito espacial ha generado importantes beneficios para la humanidad: desde los sistemas de posicionamiento global hasta los enlaces satelitales de comunicaciones, ampliamente utilizados con fines civiles y militares en todo el mundo.

No obstante, estas capacidades tecnológicas, incluidas las de carácter militar, forman parte del ciberespacio y, como tal, son también vulnerables a ciberataques. Es, por tanto, imprescindible garantizar una protección jurídica adecuada, mediante una regulación actualizada que responda a las realidades del presente. Ello puede exigir la redefinición de conceptos tradicionales del Derecho, como el delito de daños o la noción de interferencia, cuestiones que serán abordadas en el desarrollo del texto.

2. CONVENCIÓN REGULATORIA; CIBERSEGURIDAD APLICADA AL ESPACIO

Las nuevas amenazas y riesgos globales han dado lugar a una visión más amplia del concepto de seguridad, abarcando no solo la Defensa Nacional, sino también dimensiones económicas, tecnológicas y ambientales. Esta evolución ha ampliado

1 Ciberespacio: definición, aplicaciones y límites | Ciberseguridad. En lenguaje general, el ciberespacio se define como un espacio virtual, que no es real. Es un medio desde el cual se envían correos electrónicos de una computadora a otra. Es una tecnología interconectada muy extendida.
El ciberespacio es el mundo de la computadora virtual que podría ser un objeto que flota alrededor de una red o sistema informático. El ciberespacio ahora también se ha extendido a las redes informáticas mundiales.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

los tradicionales marcos de Seguridad Internacional. Si bien los Estados siguen siendo los únicos actores dotados de legitimidad para emplear la fuerza en conflictos inter, infra y supraestatales, se integran cada vez más en agendas multilaterales orientadas por el principio de cooperación, especialmente en el contexto de los regímenes de gobernanza regional. Esta tendencia responde, entre otros factores, al aumento en la demanda de operaciones de paz por parte de las Naciones Unidas y a la aparición de amenazas con proyección verdaderamente global.

En este contexto, y con el propósito de prevenir la militarización del espacio ultraterrestre, la Organización de Naciones Unidas estableció un marco jurídico específico para regular su uso con fines exclusivamente pacíficos y en beneficio de toda la humanidad. Este conjunto normativo, conocido como *Corpus Iuris Spatialis*, está compuesto por los cinco grandes tratados del espacio:

Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes (1967); Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre (1968); Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales (1972); Convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre (1975);Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes (1979, en vigor desde 1984).

Estos tratados constituyen el eje central del Derecho Espacial internacional, actuando como su verdadera columna vertebral.

El artículo 1 del Convenio sobre la Responsabilidad de 1972 define el «daño» como la pérdida de vidas humanas, lesiones personales u otros perjuicios a la salud, así como la pérdida o afectación de bienes pertenecientes a Estados, personas físicas o jurídicas, u organizaciones internacionales intergubernamentales. No obstante, limitar el daño a lo estrictamente material —aunque la expresión «otros perjuicios a la salud» pueda, según parte de la doctrina, incluir daños morales, lucro cesante o daño emergente— pone en riesgo la vigencia futura del concepto. Si el Derecho pretende mantenerse útil y pertinente frente a los desafíos del tiempo, debe evolucionar junto con la realidad a la que sirve, como ya se ha señalado: toda norma jurídica es producto de la sociedad en la que nace.

Por otro lado, el Manual de Tallin[2], aunque no vinculante, se ha convertido en un referente fundamental para el análisis de la aplicabilidad del Derecho Interna-

2 https://ccdcoe.org/research/tallinn-manual/ The Tallinn Manual has become an influential resource for legal advisers and policy experts dealing with cyber issues. Emerging State practice and the taking of public positions on international cyber law many States since the Manual's publication necessitates an update of the 2017 edition. Accordingly, in 2021, the CCDCOE has launched the Tallinn Manual 3.0 Project, a five-year venture that will involve the revision of existing chapters and the exploration of new topics of importance to States. In addition to State practice and States' official statements on international law, the activities and statements of international fora, such as those at the UN and regional levels, academic scholarship, and multi-stakeholder initiatives involving governments, industry, and civil society will be consid-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

cional Público a los conflictos cibernéticos. Entre sus 200 reglas, aborda cuestiones como el uso de mercenarios digitales, la protección de infraestructuras críticas (por ejemplo, hospitales o centrales nucleares) y otras amenazas emergentes. Esta obra, elaborada bajo los auspicios de la OTAN —una organización regional que agrupa a Estados de Europa y América del Norte en el campo de la defensa colectiva—, pone de manifiesto una necesidad tanto jurídica como estratégica: encuadrar las acciones ofensivas y defensivas en el ciberespacio dentro de un marco normativo coherente. Este nuevo entorno operacional, eminentemente tecnológico, requiere reglas claras ante posibles escenarios de ciberguerra, como podría ocurrir si se intensifican conflictos como el de Rusia-Ucrania o el de Palestina en la Franja de Gaza.

En este sentido, es crucial redefinir el concepto de «daño» más allá del impacto físico, y abordar la equiparación entre ciberataque y ataque armado, con base en los elementos que este texto desarrollará.

El Derecho Espacial, como rama especializada del Derecho Internacional Público, también comparte su carácter dinámico. Al igual que el Derecho Internacional en su conjunto, se adapta a los nuevos contextos. Por ello, junto a las normas propias del Derecho Espacial, es necesario identificar y aplicar aquellas disposiciones del Derecho Internacional que resulten pertinentes en el ámbito del ciberespacio. Sin embargo, dicha aplicación requiere en muchos casos de ajustes interpretativos, así como de consultas y cooperación entre Estados.

Ya hemos visto cómo el Derecho Espacial define el daño. Veamos ahora cómo el Manual de Tallin define el ciberataque, considerando que las infraestructuras espaciales —como ya se mencionó— son susceptibles tanto de ataques cinéticos como de ataques provenientes del llamado «cuarto dominio»: el ciberespacio. Este tipo de ataques, aunque no impliquen una destrucción física inmediata, pueden tener consecuencias estratégicas graves, capaces de comprometer la seguridad de un Estado o de una coalición internacional.

---

ered. The CCDCOE will provide project management and research support and offer technical and policy consultancy.

Ley 8/2011 - Infraestructura Críticas: «Son las infraestructuras estratégicas, que proporcionan servicios esenciales y cuyo funcionamiento es indispensable y no permite soluciones alternativas, por lo que su perturbación o destrucción tendría un grave impacto sobre los servicios esenciales». Las Infraestructuras Críticas son el objetivo más deseado de los atentados terroristas, los ataques cibernéticos de particulares e incluso ataques híbridos por parte de gobiernos y servicios de inteligencia, de ahí que necesiten una protección más avanzada. Texto consolidado - Real Decreto 704/2011

La finalidad de la OTAN es garantizar la libertad y la seguridad de sus países miembros por medios políticos y militares. POLÍTICOS: la OTAN promueve valores democráticos y permite que los miembros se consulten y cooperen en cuestiones relacionadas con la defensa y la seguridad para solventar problemas, fomentar la confianza y, a largo plazo, evitar conflictos.

MILITARES: la OTAN tiene un compromiso de resolución pacífica de controversias. Cuando los esfuerzos diplomáticos no dan fruto, la fuerza militar emprende operaciones de gestión de crisis. Estas operaciones se llevan a cabo bajo la cláusula de defensa colectiva del tratado fundacional de la OTAN (Artículo 5 del Tratado de Washington) o por mandato de las Naciones Unidas, por sí sola o en cooperación con otros países y organismos internacionales. (nato.int).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La definición de «ataque cibernético» contenida en el artículo 51.2 del Manual de Tallin establece que se trata de:

> *«toda operación cibernética, ya sea ofensiva o defensiva, que razonablemente se espere que cause lesiones o la muerte a personas, o daños o destrucción a objetos».*

Esta definición se asemeja estructuralmente a la recogida en el artículo 49 del Protocolo Adicional I a los Convenios de Ginebra, donde los ataques se describen como:

> *«actos de violencia contra el adversario, ya sea en defensa o en ofensiva».*

Ambas definiciones conservan una fuerte vinculación con el concepto tradicional de violencia física (cinética). Sin embargo, esta perspectiva resulta insuficiente en el caso de los ciberataques, ya que muchos de ellos no producen daños tangibles inmediatos, pero sí pueden afectar gravemente la funcionalidad de sistemas críticos, con consecuencias incluso superiores a las de una agresión convencional.

Por tanto, mantener una definición de «ataque» o «daño» basada exclusivamente en criterios físicos o materiales implica distorsionar la realidad actual. El Derecho debe ir más allá, adaptándose a las nuevas formas de amenaza que impone el ciberespacio, si quiere seguir siendo eficaz en la protección jurídica de los Estados y sus ciudadanos.

2.1. Ciberataques, daños e interferencias, una aproximación desde el Derecho Internacional y el entorno espacial

Un ciberataque puede definirse como cualquier intento deliberado de acceder sin autorización a redes, sistemas informáticos o dispositivos digitales, con el propósito de robar, manipular, deshabilitar o destruir datos, aplicaciones u otros activos digitales. Los actores detrás de estos ataques —tanto estatales como no estatales— pueden actuar con diversas motivaciones: criminales, políticas, personales o ideológicas.

Las técnicas empleadas para perpetrar ciberataques son variadas: desde el uso de malware (como *ransomware*, troyanos o spyware), hasta estafas de ingeniería social o el robo de credenciales de acceso. En función de la motivación, estos ataques pueden clasificarse en tres grandes categorías: criminales, políticas y personales. Los ciberataques con motivación política se vinculan generalmente a la ciberguerra, el ciberterrorismo o el «hacktivismo». En el contexto de la guerra entre Rusia y Ucrania, por ejemplo, ambos Estados han sufrido ataques cibernéticos dirigidos contra infraestructuras críticas. En estos casos, el objetivo no es sólo el daño físico, sino también el debilitamiento estratégico, moral o funcional del adversario.

Otras motivaciones, menos comunes, pero igualmente relevantes, incluyen el espionaje corporativo, el activismo vigilante (cuando se explotan vulnerabilidades para advertir de su existencia) o incluso el entretenimiento, por parte de individuos que buscan el desafío técnico sin un propósito destructivo claro.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Un ciberataque, por tanto:

- Es un intento malicioso de acceder sin autorización a sistemas digitales con la intención de causar daño, interrumpir servicios o robar información.
- Puede tener consecuencias significativas para individuos, empresas y Estados: desde pérdidas económicas hasta afectaciones reputacionales y operativas.
- Abarca distintas formas como *ransomware*, ataques DDoS, phishing, ingeniería social, piratería informática o malware.

En este contexto, las infraestructuras espaciales no son una excepción. Los satélites y demás activos espaciales pueden ser blanco de ciberataques no sólo cinéticos sino también no físicos, a través de interferencias o alteraciones en sus sistemas de control, navegación o comunicación. Por ello, resulta clave determinar el umbral de daño a partir del cual un ciberataque pueda ser considerado un ataque armado, lo que habilitaría al Estado afectado a invocar el Derecho Internacional Humanitario (DIH) y, en su caso, ejercer su derecho a la legítima defensa.

Según el Manual de Tallin 2.0, un ciberataque se define como «toda operación cibernética, ofensiva o defensiva, que razonablemente se espera que cause lesiones o la muerte a personas, o daño o destrucción de objetos». Esta definición se asemeja a la del artículo 49 del Protocolo Adicional I a los Convenios de Ginebra, donde se define ataque como «todo acto de violencia contra el adversario, ya sea ofensivo o defensivo». Sin embargo, esta vinculación con el daño físico plantea una limitación: ¿puede un ciberataque sin consecuencias físicas visibles (pero con graves efectos funcionales o estratégicos) ser considerado un ataque armado?

Es aquí donde conceptos como interferencia y ruido blanco adquieren relevancia. En sentido físico, la interferencia se refiere a la superposición de ondas electromagnéticas que puede distorsionar o interrumpir la transmisión de información. En el ámbito de las telecomunicaciones, y especialmente en el espacial, este fenómeno puede producirse de forma accidental o intencionada (por ejemplo, como medio de sabotaje).

El ruido blanco, definido como una señal aleatoria con distribución de potencia constante en todas las frecuencias, es capaz de enmascarar o bloquear señales específicas. En manos de actores maliciosos, puede ser utilizado para ocultar interferencias dirigidas o interrumpir la recepción de datos cruciales. De esta forma, se transforma en una herramienta de ciberataque dirigida contra la operatividad de activos espaciales.

Por tanto, ¿puede considerarse daño la afectación funcional de un satélite si ésta se resuelve reiniciando el sistema? ¿Debe entenderse como ataque armado una interferencia temporal o únicamente si es total y persistente? La mayoría de los autores coinciden en que existe «daño» cuando se requiere la sustitución de componentes o se compromete significativamente la funcionalidad del sistema, aunque no haya destrucción física.

Evitar interferencias perjudiciales constituye uno de los principios rectores en el régimen de radiocomunicaciones. En este ámbito, la Unión Internacional de

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Telecomunicaciones (UIT), organismo especializado de las Naciones Unidas, desempeña un papel clave. La UIT asigna el espectro de radiofrecuencias y las órbitas satelitales, y regula su uso para evitar conflictos entre sistemas de distintos Estados.

El artículo 45 (1) de la Constitución de la UIT establece que:

> *«Todas las estaciones, cualquiera que sea su finalidad, deberán establecerse y operar de forma que no causen interferencias perjudiciales a los servicios de radiocomunicaciones de otros Estados Miembros...».*

El artículo 1166 del Reglamento de Radiocomunicaciones precisa que la interferencia perjudicial se produce cuando:

> *«La energía no deseada [...] genera una degradación del rendimiento, mala interpretación o pérdida de información que podría haberse obtenido en ausencia de dicha energía».*

De esta forma, el concepto de interferencia perjudicial está vinculado al efecto en el receptor —y no en la fuente emisora— y se evalúa en términos relativos, dependiendo de la distancia, la intensidad de la señal y la capacidad del sistema receptor.

Los casos de ciberataques contra Georgia (2008) y Estonia (2007) son ilustrativos: aunque las interrupciones fueron de corta duración (en torno a 40 minutos), impidieron el funcionamiento de sistemas críticos, como el acceso al correo electrónico de altos funcionarios. A pesar de no causar daños materiales visibles, las consecuencias operativas fueron graves. Estos casos evidencian la necesidad de establecer un umbral mínimo de daño (daños de minimis) que permita calificar una operación cibernética como ataque armado, habilitando así la respuesta en el marco del Derecho Internacional Humanitario.

Finalmente, en una sociedad cada vez más dependiente del ciberespacio —la llamada «cibersociedad»— emergen nuevos conceptos como ciberguerra, ciberterrorismo y ciberataque, que exigen una actualización del marco jurídico internacional. Para ello, debe distinguirse entre:

El análisis diferenciado de estas situaciones será esencial para definir el tipo de respuesta legítima disponible conforme al Derecho Internacional.

2.1.1. Operaciones cibernéticas dirigidas contra la infraestructura cibernética

Las operaciones cibernéticas que se dirigen contra infraestructuras virtuales —como sitios web sin conexión directa con infraestructuras físicas críticas— difícilmente cumplen con los requisitos para ser consideradas como «ataques cibernéticos» en el sentido del Manual de Tallin.

En el conflicto entre Rusia y Georgia de 2008, los ciberataques dirigidos contra sitios web gubernamentales georgianos generaron una pérdida temporal de capa-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

cidades informativas y comunicativas, afectando tanto al aparato estatal como a la población civil. Estos ataques incluyeron corrupción de archivos, desfiguración de páginas web *(defacement)* y denegación de servicio (DDoS), dejando inoperativos portales institucionales por horas. Además, se desplegó una intensa campaña de ciber propaganda orientada a moldear la opinión pública a favor de las posiciones de Rusia, Osetia del Sur y Abjasia.

Un precedente relevante es el caso de Estonia en 2007, considerado el primer gran ciberconflicto interestatal. La cronología de los hechos fue la siguiente:

- 15 de abril: El gobierno estonio decide trasladar el Monumento del Soldado de Bronce en Tallin, provocando tensiones diplomáticas con Rusia.
- 16 de abril: A las 22:00h comienzan los ciberataques. En la primera semana, todos los sitios web gubernamentales y de partidos políticos quedaron bloqueados.
- 2 de mayo: Los principales medios de comunicación fueron desconectados, imposibilitando informar al exterior.
- 9 de mayo: Se produjo el ataque más severo: el sistema bancario fue bloqueado, los cajeros dejaron de funcionar y los portales financieros colapsaron.
- 15 de mayo: Las universidades y otras instituciones siguieron siendo blanco de ataques sistemáticos.
- 19 de mayo: Los ataques cesaron. Estonia acusó al gobierno ruso, aunque no se pudo demostrar su implicación.

Estos ataques interrumpieron gravemente las funciones básicas del Estado, pero no provocaron daños físicos directos a personas ni a bienes materiales. Por tanto, se considera que se sitúan por debajo del umbral de «daño emergente» necesario para calificar como «ataques cibernéticos» en el sentido del Derecho Internacional Humanitario (DIH). Como afirma Schmitt, «la práctica estatal no respalda la noción de que la causalidad de los inconvenientes esté prohibida en el DIH».

El caso estonio fue también la primera vez que un Estado miembro de la OTAN solicitó apoyo por un ataque dirigido contra su infraestructura digital, en un momento en que la organización carecía aún de protocolos específicos frente a ciberataques. Ambos conflictos demuestran una evolución del paradigma bélico hacia un entorno digital donde la ciberseguridad desempeña un rol creciente, dejando atrás exclusivamente el concepto de guerra material tradicional.

2.1.2. Operaciones cibernéticas dirigidas contra objetos físicos dependientes de sistemas informáticos

El análisis jurídico se complica cuando las operaciones cibernéticas afectan a sistemas informáticos de los que depende la funcionalidad de objetos físicos. El Grupo Internacional de Expertos del Manual de Tallin no alcanzó una posición unánime en este punto.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En cuanto a la interferencia cibernética, es relevante destacar lo siguiente: algunos expertos sostuvieron que no toda pérdida de funcionalidad implica daño. Sin embargo, la mayoría consideró que, si la restauración funcional requiere la sustitución de componentes físicos, entonces puede hablarse de «daño» en el sentido jurídico. Existieron discrepancias sobre si reinstalar un sistema operativo sería suficiente para alcanzar ese umbral.

Este debate se vincula directamente con el régimen jurídico de las interferencias en las radiocomunicaciones. Según el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT:

Interferencia permisible (art. 1167): aquella que cumple con criterios técnicos definidos o acuerdos bilaterales/multilaterales.

Interferencia perjudicial (art. 1169): la que pone en peligro la operación de servicios de radionavegación o interrumpe, obstruye o degrada repetidamente otros servicios de radiocomunicaciones.

El umbral de interferencia perjudicial varía según el tipo de servicio. En servicios de seguridad o radionavegación, el umbral es bajo: basta con que su funcionamiento se vea «en peligro». En otros servicios, se requiere una afectación grave o sostenida.

Las causas de estas interferencias pueden ser múltiples: potencia de transmisión excesiva, frecuencias inadecuadas, errores de orientación de antenas, asignaciones incorrectas de frecuencia o energía no deseada procedente de fuentes electromagnéticas no radio comunicacionales (como motores o bobinas de inducción).

En este contexto, se entiende que la funcionalidad técnica de objetos físicos (como el hackeo de satélites) puede verse comprometida sin que haya daño estructural, pero que, si la recuperación funcional requiere reemplazo físico o intervención compleja, podría considerarse daño bajo el DIH.

Por último, cabe recordar que la OTAN fue pionera en reconocer la necesidad de adaptar su arquitectura defensiva a este nuevo entorno estratégico. Como se ha señalado, los ciberataques han dejado de responder exclusivamente a motivaciones económicas o intelectuales: su finalidad es ahora también política, lo que implica riesgos interestatales en todos los dominios —tierra, mar, aire, espacio y ciberespacio—, con especial énfasis en las operaciones contra sistemas espaciales como satélites.

2.2. Deterioro de la funcionalidad sin daño físico y el concepto de ciberataque

Las operaciones cibernéticas pueden afectar objetos físicos[3] mediante una variedad de métodos de interferencia, que pueden ser totales o parciales, tempo-

3 Aquí objetos físicos entendidos como; edificios, infraestructuras, comunicaciones y armamento.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

rales o permanentes. Un ejemplo ilustrativo sería una operación cibernética ejecutada por el Estado A con el fin de desactivar temporalmente un radar anti-sigilo del Estado B, permitiendo así que una aeronave furtiva realice una misión de reconocimiento en el territorio del Estado X. Supóngase que dicha interferencia hace que el radar de B quede inaccesible para su personal militar durante un periodo de 40 minutos, impidiendo su uso operativo. A primera vista, esta situación podría asemejarse a los ataques de denegación de servicio sufridos por Georgia y Estonia: interrupciones sin destrucción física.

Ahora bien, si la misma operación provocara una inaccesibilidad de cuatro días, durante los cuales se completan exitosamente múltiples misiones de reconocimiento, estaríamos ante una situación cualitativamente distinta. Según el Manual de Tallin, esta acción no constituiría formalmente un «ciberataque» si no existiera daño físico y si no fuera necesario un mantenimiento material del radar. Sin embargo, desde una perspectiva militar operativa, sostener que una interferencia prolongada de estas características no equivale a un ataque resulta difícilmente defendible. En algún punto entre los 40 minutos y los cuatro días, la magnitud de la interferencia debería calificar como un acto hostil en términos jurídicos.

En consecuencia, se impone una revisión del concepto de ciberataque. Este documento propone entenderlo como toda actividad nociva en el ciberespacio dirigida a degradar, interrumpir, negar o destruir información o sistemas informáticos, incluso si no produce daño físico directo. Ello exige ampliar también la noción de daño, pues las nuevas formas de interferencia —que afectan funciones críticas sin destruir infraestructura— evidencian las limitaciones del paradigma tradicional centrado exclusivamente en la destrucción, lesión o pérdida física.

El concepto clásico de «daño emergente» resulta insuficiente a mi juicio. La Ley de los Conflictos Armados, concebida en una era anterior a la cibernética, no previó medios de guerra no cinéticos. Por ello, es imperativo reinterpretar el artículo 30 del Manual de Tallin, ampliando su definición de ciberataque para incluir casos de neutralización funcional sin daño material.

De hecho, los medios y métodos de guerra que no resultaron en la liberación de fuerzas cinéticas violentas estaban más allá de la contemplación cuando se redactaron los Protocolos Adicionales. En este sentido, el concepto del *«daño emergente»* entendido en este caso como la pérdida real, inmediata, constatable y verificable que se produce en los bienes o derechos del Estado perjudicado basado únicamente en *«daño, destrucción, lesión o lamentablemente, la muerte»* se queda corto y obsoleto a mi ver.

España ofrece un precedente útil al establecer un listado de infraestructuras críticas cuya afectación mediante medios cibernéticos puede ser calificada como ataque en sentido pleno. Este enfoque ilustra la necesaria evolución conceptual, que puede producirse por dos vías:

Mediante un tratado internacional —aunque la actual coyuntura geopolítica dificulta su adopción—, o mediante el desarrollo de normas consuetudinarias derivadas de una práctica estatal generalizada y aceptada como derecho.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Como alternativa flexible y realista, se propone recurrir a instrumentos de soft law[4], es decir, normas no vinculantes como directrices, recomendaciones o declaraciones, que —sin tener fuerza obligatoria— ejercen presión normativa y facilitan la adaptación del Derecho Internacional a los avances científico-técnicos. Su utilidad es particularmente clara en el contexto del Derecho Espacial, donde el ritmo de innovación exige marcos legales ágiles y detallados.

El profesor José María Cano Bejarano resume acertadamente la gravedad de estas amenazas:

> *«La vulnerabilidad estratégica que suponen comprende especialmente dos campos: por un lado, los ataques contra los sistemas que regulan infraestructuras básicas, como el sabotaje de los servicios públicos o la interrupción de la energía eléctrica, asestan un serio golpe a la seguridad de una sociedad avanzada».*

No obstante, debe evitarse equiparar toda afectación funcional con daño jurídico, pues ello podría obstaculizar legítimas operaciones en infraestructuras civiles con uso dual (civil-militar), especialmente en el ámbito espacial. El Derecho Espacial, desde sus orígenes marcadamente militares, ha reconocido este carácter dual, que se manifiesta hoy tanto en el uso civil de tecnologías estratégicas como en la participación de actores privados y la integración de capacidades espaciales en misiones de seguridad y defensa. El uso militar de redes sociales (Twitter, Facebook) durante conflictos armados ilustra también esta convergencia.

La creciente participación del sector privado —evidenciada, por ejemplo, en los Acuerdos Artemis y en el lanzamiento de misiones como Artemis I— refuerza la coexistencia de activos civiles y militares en el espacio, consolidando su carácter dual permanente.

Esta realidad plantea una conclusión ineludible: la dependencia estructural de las sociedades contemporáneas de las infraestructuras tecnológicas —especialmente en sus vertientes cibernéticas— se ha convertido en una vulnerabilidad crítica. Por

---

4 Diccionario Jurídico LEY El principio de Soft Law o Ley Suave, es el derivado del desarrollo de principios y prácticas del derecho internacional de carácter no vinculante previstos en instrumentos tales como recomendaciones o declaraciones, proclamas, normas uniformes y directrices aceptados por la mayoría de los Estados. Oposición al «hard law» o derecho duro o positivo. El soft law al no formar parte del ordenamiento local de un país, el mismo no es vinculante, salvo que haya sido incorporado de manera expresa a través de dispositivos legales, sean estas leyes o normas con rango de ley.
En ese mismo sentido lo expresa Altamirano, cuando menciona que «El soft law no es vinculante. La valla que eleva el principio de legalidad impide que estos instrumentos sean directamente aplicables, claro está, excepto que formen parte de la ley interna del país o bien sean referidas por aquellas como normas de reenvío. En consecuencia, sin no existe una norma que establezca la obligación del juez de tener en cuenta la norma en cuestión, la misma será un parámetro o aspiración, pero no es ley. Claro está que tienen influencia, relevancia y son una fuente indirecta de conocimiento del instituto de que se trate». Altamirano, Alejandro C. «El soft law. ¿Es fuente de Derecho?» *Informe publicado en el boletín tributario* N.º 2. febrero 2015. Instituto Guatemalteco de Derecho tributario – IGDT. Página 7. Esta información puede consultarse ingresando a la siguiente dirección web:www.igderechotributario.com (recuperado el 08.09.2017).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ello, urge cristalizar, en el plano normativo, una nueva definición de ciberataque y de daño, que reconozca este nuevo entorno operativo.

Por infraestructura tecnológica debemos entender aquellos sistemas físicos y virtuales cuya incapacidad o destrucción afecta gravemente la seguridad, la economía, la salud pública o el medio ambiente de un Estado.

El surgimiento de ciberataques a estas infraestructuras críticas ya figura en la agenda de seguridad nacional y ha motivado la creación de organismos especializados en ciberdefensa. Las implicaciones jurídicas de tales actos son múltiples y abarcan desde la imputación de responsabilidad internacional hasta la tipificación de nuevas categorías de agresión asimétrica…

Y además, surge la cuestión del uso dual de algunas ciber estructuras, el derecho espacial se caracteriza por su uso dual, no olvidemos que la carrera espacial tiene un eminente origen y carácter militar y más allá de la prohibición de la instalación de armas de destrucción masiva en el espacio ultraterrestre, la luna y otros cuerpos celestes y de la prohibición entre otras, de llevar a cabo maniobras militares en los mencionados ámbitos, ese carácter dual está ahí y por todos es conocido el uso de las redes sociales Facebook, Twitter por parte del sector castrense para compartir información militar de uso relevante durante los conflictos.

El uso dual refleja de varias maneras en lo teniente al Derecho Espacial.

Con el avance de la ciencia y la tecnología, la utilización dual, civil y militar del espacio ultraterrestre se convierte entonces en un tema crítico para los Estados. En lo civil, en razón del inmenso potencial que tienen las aplicaciones espaciales para el desarrollo socioeconómico y cultural como son los sistemas de posicionamiento global (GPS), y en lo estratégico, por lo que significa en términos de soberanía y preservación de la integridad territorial, como son las imágenes de alta resolución para la observación de la masa terrestre, zonas limítrofes y espacios aéreos y marítimos. Nuevas dimensiones se han agregado a estos objetivos iniciales, adaptando los programas espaciales a la defensa del territorio, vigilancia de la zona económica exclusiva, seguridad territorial, prevención del crimen, integración de áreas remotas a través de los satélites de comunicación, difusión de las tecnologías de la información a través de iniciativas como la banda ampliada, defensa de los derechos medioambientales como la polución marítima, protección de los suelos y administración apropiada de las fuentes de agua como el deshielo de los páramos, monitorización de las costas marítimas y prevención y mitigación de los desastres naturales.

No olvidemos también que nada impide que las tripulaciones lanzadas al espacio estén compuestas íntegramente por personal militar y que algunas armas se reactiven a través de sistemas como el GPS y el Glonass y así, el GEI determinó que lo más adecuado era considerar a todos estos objetivos duales cómo objetivos militares[5].

En cualquier caso, una gran dependencia de las infraestructuras civiles y una cada vez mayor dependencia de las actividades cibernéticas, pero sobre sobre

5 The Law of cyberwarfare Michael N. Schmitt.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

todo de una dependencia casi absoluta de toda infraestructura tecnológica en todas las aéreas de nuestra sociedad puede entenderse como un punto de debilidad y hacen necesaria una cristalización en forma de costumbre internacional o, a través de un principio o regla de Soft law de un nuevo concepto de ciberataque y de daño.

Entendemos como Infraestructura tecnológica *los sistemas físicos y virtuales y las declaraciones bajo la jurisdicción de un Estado que son tan vitales que su incapacidad o destrucción pueden debilitar la seguridad, la economía, la salud o la seguridad públicas de un Estado o Medio ambiente*.

Debemos pasar entonces a analizar en este apartado cuáles son las consecuencias legales de la interferencia dañina.

Las consecuencias jurídicas relacionadas con las interferencias perjudiciales toman dos caminos diferentes, dependiendo de si se deben evitar ex ante, o qué consecuencias jurídicas siguen ex post después de que se hayan causado las interferencias perjudiciales...

En varios casos, las reglas ex ante están redactadas como obligaciones estrictas. El Artículo 45 (1) de la Constitución de la UIT exige que «[t]odas las estaciones [...] deben establecerse y explotarse de manera que no causen interferencias perjudiciales [...]». Además, según el artículo 15.1 del Reglamento de Radiocomunicaciones:

> *«Se prohíbe a todas las estaciones realizar transmisiones innecesarias, o la transmisión de señales superfluas, o la transmisión de señales falsas o engañosas, o la transmisión de señales sin identificación...».*

La redacción del régimen ex post es más suave. De conformidad con el Artículo 36 de la Constitución de la UIT:

> *«Los Estados miembros no aceptan ninguna responsabilidad frente a los usuarios de los servicios internacionales de telecomunicaciones, en particular en lo que respecta a reclamaciones por daños y perjuicios».*

En particular, la UIT deberá «coordinar esfuerzos para eliminar las interferencias perjudiciales entre estaciones de radio de diferentes países». En el artículo 15 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT se define un procedimiento de coordinación detallado. Indica que la interferencia perjudicial no se considera realmente una violación de una obligación inmutable, cuando dice:

> *«Es esencial que los Estados Miembros ejerzan la máxima buena voluntad y asistencia mutua en la aplicación de las disposiciones del Artículo 45 de la Constitución y de esta Sección para la solución de los problemas de interferencia perjudicial»...)* Art. 15.22 14 Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

El artículo 15 del Reglamento de Radiocomunicaciones vincula obligaciones de reparación y responsabilidad por los daños resultantes en la relación entre los Estados Miembros de la UIT.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En muchos casos, la interferencia perjudicial resulta de acciones no deliberadas. Sin embargo, puede haber razones intencionales. Se puede utilizar para suprimir señales de radio no deseadas. La interferencia intencional se lleva a cabo emitiendo energía electromagnética en la misma frecuencia que la onda portadora de la estación no deseada para distorsionarla o suprimirla por completo. La interferencia intencional también se denomina «interferencia», aunque este término no se utiliza en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT. Las razones para las interferencias son, como ya hemos apuntado múltiples desde razones ideológicas para impedir la difusión de transmisiones en formación de otro Estado o grupo ideológico hasta razones militares para suprimir los servicios de radiocomunicación, navegación y vigilancia (radar) de un adversario y en estas últimas nos estamos centrando en nuestro escrito.

La UIT no distingue entre interferencia perjudicial no deliberada y deliberada. En el marco de la UIT, la interferencia se considera interferencia perjudicial cuando tiene efectos en otro Estado superando los niveles definidos en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Según la definición del Artículo 45 de la Constitución de la UIT, la interferencia perjudicial y el procedimiento de coordinación asociado se limitan a los casos en que el efecto de la interferencia tiene efecto en otro Estado. Cuando una estación de radiodifusión extranjera queda bloqueada dentro de las fronteras nacionales sin exceder el nivel crítico de interferencia perjudicial (según se define en el Reglamento de Radiocomunicaciones) en otro Estado, no entra dentro del régimen del Artículo 45. Los intentos de prohibir la interferencia de emisoras extranjeras por motivos políticos e ideológicos fracasaron, teniendo en cuenta la libertad de información. Sin perjuicio de la libertad de información, la Constitución de la UIT no es el instrumento adecuado para salvaguardar o hacer cumplir la libertad de información. El régimen de telecomunicaciones establecido en las Constituciones de la UIT se refiere a «cualquier transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escrituras, imágenes y sonidos o inteligencia de cualquier naturaleza por cable, radio, sistemas ópticos u otros sistemas electromagnéticos», pero no a la información transmitida. El procedimiento en caso de interferencia perjudicial del artículo 15 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT también menciona sólo los parámetros técnicos de la transmisión de radio, no el contenido de la información.

> *«En la solución de estos problemas se tendrán debidamente en cuenta todos los factores involucrados, incluidos los factores técnicos y operativos pertinentes, tales como: ajuste de frecuencias, características de las antenas transmisoras y receptoras, tiempo compartido, cambio de canales dentro de la transmisión multicanal».*

Con la creciente importancia de las redes celulares, la interferencia local por razones de seguridad se ha convertido en una práctica común, por ejemplo, en instalaciones gubernamentales para impedir el acceso a teléfonos celulares e Internet. Estos tipos de interferencias no suelen traspasar fronteras y el Artículo 45 de la Constitución de la UIT no es aplicable.

Por el contrario, las autoridades nacionales pueden ejercer o autorizar este tipo de interferencia basándose en sus poderes nacionales para detener las comunicaciones de conformidad con el Artículo 34(2) de la Constitución de la UIT.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

«Los Estados miembros […] se reservan el derecho de cortar, de conformidad con su legislación nacional, […] cualesquiera telecomunicaciones privadas que puedan parecer peligrosas para la seguridad del Estado o del país, para sus leyes, para el orden público o para la decencia».

Esta disposición no se limita a las comunicaciones por cable y se aplica igualmente a las interferencias. En dichos casos, la interferencia puede calificarse como interferencia de radio permisible según el Artículo 34 (2) de la Constitución de la UIT. Lo mismo se aplica a la interferencia de señales de navegación de los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite en tiempo de paz, siempre que la interferencia se limite al propio territorio del Estado que emite la señal perturbadora.

Debemos, por tanto, analizar alguna de las conclusiones sacadas hasta el momento relativas al concepto de interferencia perjudicial también se utiliza para las actividades espaciales, pero su significado no es tan preciso como en el caso de las telecomunicaciones.

El artículo IX del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre (OST) utiliza el término «interferencia dañina» dos veces. En ambos casos se trata de un procedimiento de consulta entre las partes en el tratado. Artículo IX OST (indicando que se lee cada frase u oración).

Frase: «En la exploración y utilización del espacio ultraterrestre […] los Estados Partes en el Tratado se guiarán por el principio de cooperación y asistencia mutua y llevarán a cabo todas sus actividades en el espacio ultraterrestre […] teniendo debidamente en cuenta los intereses correspondientes de todos otros Estados Partes en el Tratado».

Segunda frase: «Los Estados Partes en el Tratado realizarán estudios del espacio ultraterrestre […] y realizarán su exploración de manera que se evite su contaminación nociva y también los cambios adversos en el medio ambiente de la Tierra resultantes de la introducción de materia extraterrestre y, cuando sea necesario, adoptará las medidas adecuadas a tal efecto».

Frases tercera y cuarta: «Si un Estado Parte en el Tratado tiene motivos para creer que una actividad o experimento planificado por él o por sus nacionales en el espacio ultraterrestre […] causaría una interferencia potencialmente perjudicial en las actividades de exploración y utilización pacíficas del espacio ultraterrestre […] podrá solicitar consulta sobre la actividad o experimento».

Frases tercera y cuarta: «Si un Estado Parte en el Tratado tiene motivos para creer que una actividad o experimento planificado por él o sus nacionales en el espacio ultraterrestre […] causaría una interferencia potencialmente perjudicial en las actividades de otros Estados Partes en la exploración pacífica y uso del espacio ultraterrestre […] celebrará consultas internacionales apropiadas antes de llevar a cabo cualquier actividad o experimento planeado por otro Estado Parte en el espacio ultraterrestre […] causaría una interferencia potencialmente perjudicial con las actividades de exploración y utilización pacíficas del espacio ultraterrestre […] podrá solicitar consulta sobre la actividad o experimento».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Las frases tercera y cuarta mencionan interferencias que causan injerencias perjudiciales. Deben leerse en el contexto de las dos frases anteriores. Sólo una posible violación de los principios consagrados en la primera o segunda frase da lugar a que los procedimientos de consulta sean considerados «injerencias perjudiciales». Los procedimientos de consulta de las frases tercera y cuarta se aplican «como método para hacer cumplir las obligaciones establecidas en las dos primeras frases». Esto requiere una mirada más más tenta a los principios contenidos en la primera y segunda oración.

La segunda frase del Artículo IX es la disposición central de la OST para la protección del medio ambiente. Los casos de contaminación nociva del espacio ultraterrestre y/o de cambios adversos en el medio ambiente de la Tierra, como se menciona en esta segunda frase, se consideran, por tanto, interferencia nociva.

Sin embargo, el contexto de la primera frase permite una interpretación más amplia de «interferencia perjudicial», es decir, la realización de actividades espaciales sin tener debidamente en cuenta los intereses correspondientes de otros Estados. Lo que significa «debida consideración» a los intereses correspondientes de otros Estados el significado es amplio y vago. Los intereses, en mi humilde opinión, no son derechos. Los intereses correspondientes implican que todos los Estados que realizan actividades espaciales tienen los mismos intereses (entendido aquí, según mi humilde opinión, como el mismo ánimo o intención) en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, sobre una base de igualdad. Pero la sustancia de estos intereses no se define en la primera frase. Se puede argumentar razonablemente que las comunicaciones por radio con objetos espaciales entran dentro de estos intereses. Las palabras «debida consideración» deben leerse como un calificativo como una «consideración en un grado apropiado a las exigencias del caso particular». Si bien la amplitud de este concepto de debida consideración por los intereses de los demás permite aplicarlo ampliamente, su vaguedad limita fuertemente su eficacia.

Es interesante observar que la sección 6 de la Declaración de principios jurídicos que rigen las actividades de los Estados en la exploración y uso del espacio ultraterrestre, los precursores del Tratado sobre el espacio ultraterrestre, utiliza una redacción similar a la del artículo IX OST, excepto que la segunda oración sobre la protección del medio ambiente desaparece. En dicha Declaración, el significado de interferencia se centró más en la no observancia de la debida consideración a los intereses correspondientes de los demás Estados, mientras que la literatura actual vincula el artículo IX OST principalmente con la protección del medio ambiente.

El concepto de evitar interferencias perjudiciales en las comunicaciones por radio está bien establecido y definido en el Artículo 45 de la Constitución de la UIT y el Reglamento de Radiocomunicaciones conexo. La interferencia de radio es un efecto físico entre las ondas electromagnéticas que puede provocar la distorsión o pérdida de la información transmitida. El Reglamento de Radiocomunicaciones contiene disposiciones detalladas sobre los niveles permisibles, aceptables y perjudiciales de interferencias de radio y establece parámetros técnicos integrales para evitar las interferencias de radio, también para los servicios de radiocomunicaciones espaciales. El propósito de estas regulaciones es garantizar que los servicios de radio estén libres del efecto de energía no deseada, es decir, libres de interferencias de radio dañinas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El artículo IX OST también utiliza el término «interferencia dañina» aunque no explícitamente, pero su origen no tiene sus raíces en la propiedad física de las ondas electromagnéticas. Según el artículo IX OST, una actividad que potencialmente causa interferencia perjudicial da lugar a un procedimiento de consulta.

Esta consulta sobre interferencia perjudicial surge tras casos de posible contaminación nociva (ambiental) o de incumplimiento de la «debida consideración» o Due Regard, al interés correspondiente de otros Estados. Si bien la literatura actual vincula el Artículo IX OST principalmente con la protección ambiental, el incumplimiento del «debido respeto» posiblemente pueda aplicarse a una gama más amplia de casos, también a la interferencia perjudicial de los servicios radio espaciales. Sin embargo, el Artículo 45 OST y el Reglamento de Radiocomunicaciones que se relacionan con los servicios radio espaciales son lex specialis y proporcionan parámetros técnicos mucho más precisos que la redacción amplia del Artículo IX OST.

Las actividades cibernéticas añaden otro nivel de complejidad a las comunicaciones. Las actividades cibernéticas son impulsadas por medios cibernéticos, ya que se enrutan de una computadora a otra a través de redes basadas en IP. Las actividades cibernéticas no autorizadas tienen como objetivo las computadoras y pueden comprometer la protección de la información, manipular, borrar o hacer mal uso de la información, desactivar la computadora objetivo o manipular las funciones de control de las aplicaciones físicas.

Las redes basadas en IP juegan un papel crucial en las actividades cibernéticas: son parte de la infraestructura de telecomunicaciones, al mismo tiempo, están compuestas por dispositivos con tecnología informática. En la medida en que las redes basadas en IP comprendan transmisiones de datos inalámbricas, pueden estar sujetas a interferencias de radio perjudiciales en el sentido del Artículo 45 de la Constitución de la UIT. Independientemente de ello, sus dispositivos de red computarizados pueden estar sujetos a actividades cibernéticas no autorizadas. En un esfuerzo por promover la regulación sobre actividades cibernéticas no autorizadas contra redes basadas en IP, la UIT ha adoptado un enfoque más amplio respecto de las cuestiones de las telecomunicaciones en la economía y la sociedad de la información global. Este enfoque corre el riesgo de confundir los aspectos técnicos de la transmisión a través de una red basada en IP con el contenido de la información que se enruta a través de ella. La seguridad cibernética puede ser un enfoque para capturar actividades cibernéticas no autorizadas contra redes basadas en IP. Desafortunadamente, la definición de ciberseguridad de la UIT carece de precisión y no distingue claramente la ciberseguridad de las propiedades físicas de las ondas electromagnéticas que interactúan y, por lo tanto, debe distinguirse de las interferencias radioeléctricas dañinas.

En palabras del propio profesor Stephan Kaiser:

> *«Recognizing that the rules relating to cyber activities are a new field, where terminology is not fully established and still inconsistent, a clear terminology should be used to distinguish radio interference from unauthorized cyber activities. While (harmful)radio interference is an established term under Article 45 of the ITU Constitution, unauthorized*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

or malicious cyber activities must be distinguishable. The term 'cyberinterference' may linguistically provide a certain level of distinction to 'radio interference' or 'harmful interference', but for avoidance of ambiguity should better not be used for unauthorized or malicious cyber activities».

3. LA EQUIPARACIÓN DEL ATAQUE CON EL ATAQUE ARMADO

Según el artículo 1 y sobre el 2.4 de la Carta de las Naciones unidas[6] que es, el instrumento constitutivo de las Naciones Unidas fue firmada el 26 de junio de 1945. La misma delinea los derechos y las obligaciones de los Estados Miembros, y además establece los órganos principales y procesos de las Naciones Unidas. La Carta es un tratado internacional que codifica los principios básicos de las relaciones internacionales que van desde la igualdad soberana de los Estados a la prohibición del uso de fuerza en documento fundacional para la Agenda 2030[7] y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales son por sí solos herramientas para avanzar en los valores adoptados en la Carta de las Naciones Unidas por la que se prohíbe el uso de la Fuerza entre los Estados y así; Los Miembros de la Organización, en sus relaciones internacionales, se abstendrán de recurrir a la Amenaza o al uso de la Fuerza contra la integridad territorial o la independencia política de cualquier Estado, o en cualquier otra forma incompatible con los Propósitos de las Naciones Unidas, si bien se prevén dos excepciones a este artículo: el uso de la legítima defensa y la acción coercitiva decidida por el Consejo de seguridad (art. 41, 43 y 45 de la Carta de las Naciones Unidas).

Por tanto, realizando una extrapolación a lo estudiado anteriormente, si es calificado un ataque cibernético sin necesidad de que se produzcan daños perjudiciales igualmente la mera puesta a disposición de un manual/hoja de ruta/ agenda de ataque a un hacker, se entenderá como concepto de fuerza.

Por analogía a lo expuesto arriba, por un lado, no se limita el concepto de ataque al empleo de la fuerza, pero, no, no todo ejercicio de la fuerza es considerado ataque y así tal y como se recoge en el artículo 2 se hace mención a las amenazas y a la fuerza (armada) dejando libre el ejercicio de la fuerza política y económica que no supondrían ataque, aunque sí una violación del principio del Intervención del artículo 4 y 5 del Tratado de la OTAN[8]. Y, por otro lado, qué entendemos por armado porque el artículo 2.4 no hace referencia a un listado de armas específicas. Es aplicable a cualquier uso de la fuerza independientemente de las armas empleadas con lo que podríamos utilizar el término de armado en el sentido del más corriente uso de la palabra como equipado con un arma o instrumento utilizado o diseñado para hacer

6 Carta de las Naciones Unidas | Naciones Unidas

7 Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development | Department of Economic and Social Affairs

8 NATO - Official text: The North Atlantic Treaty, 04-Apr.-1949

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

daño o matar a alguien. A tal efecto el GEI (Grupo Especial de intervención) listó una serie de características y factores (no exclusivos) que pueden ayudar a los Estados a determinar cuándo un ciber ataque se puede equiparar a un ataque armado. Son ocho indicadores, son un listado abierto, es decir, no son únicos y no son determinantes y por tanto no deben ser aplicados de forma mecánica y así, hay que evaluarlos caso por caso y por tanto su interpretación diferirá de un caso y de otro.

La severidad y cuantificabilidad del uso de estos principios hace es lo que permite que una ciber operación sea cualificada con el uso de la fuerza:

- *Severidad*: aquellos ciberataques que suponen una amenaza física grave que se aproxima más al ataque armado.
- *Inmediatez*: las consecuencias que se manifiestan rápidamente sin que dé tiempo a poder mitigar los daños o una solución pacífica es más probable que constituyan un uso prohibido de la fuerza.
- *Directo*: cuanto más directa es la conexión causal entre la ciber operación y las consecuencias, más probable será que los Estados la puedan equiparar al ataque armado.
- *Invasividad*: cuanto más perjudique a la integridad territorial o soberanía de un estado más probable será que sea visto como un uso prohibido de la fuerza.
- *Capacidad de medición*: cuando las consecuencias que se derivan son fácilmente identificables y objetivamente cuantificables, más cerca estaremos de un ataque armado.
- *Carácter militar*: si al ciber operación es militar, es más probable que existe la equiparación.
- *Participación de un Estado*: Cuánto más cercano sea el nexo entre la ciber operación y un Estado más probables que se caracterice como uso prohibido de la fuerza. (si bien hay que tener en cuenta que, aunque el art. 2.4 haga mención únicamente a operaciones estatales por la propia evolución del término hay que extrapolar uso de la fuerza a organizaciones institucionales y no institucionales).
- *Presunta legalidad*: aquellas actividades que son legítimas fuera del ámbito cibernético se mantienen así en él, por ejemplo: propaganda operaciones psicológicas espionaje.

Pero así serán determinantes otros factores como la naturaleza del objetivo, (por ejemplo, estructuras críticas para la población civil, de este modo Reino Unido consideró que el ataque a una central eléctrica sería considerado ataque armado) la situación política en la que se desarrolle, el sujeto activo y cuando tengan resultados altamente disruptivos a nivel social, económico o gubernamental. De hecho, la Federación Rusa ha apoyado durante muchos años, la creación de un acuerdo de *«desarme»* de armas de información altamente peligrosas. Entiende que estas armas de información pueden tener consecuencias devastadoras equiparables a las armas de destrucción masiva.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El proceso de atribución es especialmente difícil en el ciber espacio y así debemos tener en cuenta: 1 El anonimato: ya que es relativamente fácil esconder la identidad de un hacker mediante programas informáticos. 2 los ciberataques pueden venir desde un solo punto o de o desde varios puntos (varios terminales de ordenador en distintos lugares tanto jurisdiccionales como territoriales. Ejemplo de Solar Sunrise (ciber ataque perpetrado por un adolescente israelí, varios californianos y un terminal situado en Arabia Saudí). 3. La velocidad a la que un ciberataque puede materializarse.

Es complejo, por tanto, porque hay que identificar: el lugar en el que está el ordenador, la persona que está detrás de la pantalla y quien está detrás de la operación de manera que el principio de atribución se realizará mediante medios probatorios tecnológicos, legales y políticos y en aras de superar el estándar probatorio.

El ciberespacio ha experimentado un enorme y veloz desarrollo, así como la dependencia que nuestra sociedad tiene de él, lo que contrasta con el menor y lento avance en materias de ciberseguridad. Por este motivo, los actores (tanto estatales como no estatales) que decidan operar en el ciberespacio, obtendrán una serie de ventajas asimétricas, como son las siguientes[9]:

- El ciberespacio es un «campo de batalla» de grandes dimensiones y donde resulta relativamente fácil asegurar el anonimato. Los ataques se pueden lanzar desde casi cualquier parte del mundo.
- Los efectos de los ataques son desproporcionados con respecto a su coste. Las operaciones se pueden realizar sin necesidad de efectuar fuertes inversiones en recursos humanos y materiales.
- La naturaleza de los ciberataques fuerza a la mayoría de las víctimas, tanto reales como potenciales, a adoptar una actitud defensiva.
- Esta amenaza tiene un alcance global, en la cual el actor (ya sea ciberdelincuente, ciberterrorista, etc.), puede operar desde cualquier parte del mundo con el único requisito de tener acceso al ciberespacio.
- La conexión al ciberespacio de cualquier sistema lo convierte en un objetivo susceptible de ser atacado.
- Proporciona las herramientas necesarias para que los más pequeños puedan enfrentarse, incluso vencer y mostrarse superiores a los más grandes, con unos riesgos mínimos para ellos.

Nos enfrentamos a un nuevo campo de batalla dentro de la seguridad que es el ciberespacio, donde se producen comportamientos o fenómenos ya conocidos, pero empleando técnicas nuevas; y también fenómenos nuevos que surgen de la propia idiosincrasia del ciberespacio y en donde, en ocasiones, no están claras las fronteras entre activismo y delincuencia.

9 Umphress, David A. «El Ciberespacio. ¿Un aire y un espacio nuevo?», Air & Space Power Journal. Tercer Trimestre 2007. Enlace: http://www.airpower.maxwell.af.mil/apjinternational/apjs/2007/3tri07/umphr

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Por eso debemos añadir el concepto de profesionalidad en este punto, realmente se requiere un gran conocimiento tecnológico para perpetrar los ataques en tiempo.

Se habla de *pruebas concluyentes*, aunque el Derecho Internacional no haya aclarado qué estándares se deba cumplir salvo el límite de a*quellas reclamaciones contra un estado que involucren cargos de gravedad excepcional deban probarse con evidencia que sea completamente concluyente*.

Aunque si se habla de un *«estándar de tolerancia»* puesto que en principio en el supuesto en el que el país tolere que se proyecten y se realicen ciberataques desde su territorio, y/o no se produzca una cooperación con los Estados víctimas como ocurrió con el caso de Rusia cuando no colaboró con Estonia en la identificación del autor material de los hechos en estos casos al Estado permisivo se le puede atribuir el ataque. Un Estado no puede permitir que su territorio sea usado para actos contrarios a los derechos de otros Estados.

En este caso el principio de neutralidad actuaría igual que en la guerra convencional, un país neutral debe abstenerse de participar de las hostilidades. Por otro lado, los contendientes deben tener en cuenta que lanzar un ataque desde la red informática de una nación neutral está prohibido, de la misma manera que ejércitos hostiles no pueden pasar por el territorio de un país neutral.

Vamos a definir al sujeto activo del ataque.

El Estado víctima sólo podrá tomar acción contra éste en legítima defensa si además cumple con los estándares de atribución fijados por el derecho internacional, partiendo de la práctica internacional podemos extraer tres grandes criterios a seguir para saber si cabe o no atribuirle un ataque cibernético a otro Estado.

- El primero, serían aquellos ataques perpetrados por órganos de un Estado, los cuales le son atribuibles a él.
- En segundo lugar, los ataques realizados por agentes estatales también son atribuibles al Estado.
- Y por último aquellos ataques realizados por entidades no estatales pero toleradas por un Estado serán asimismo atribuidos a dicho Estado.

Entremos ahora a definir los Órganos Estatales.

Órganos estatales de iure, por ejemplo, un militar de un Estado miembro que cometa un ciberataque, el Estado deberá responder de las consecuencias que se deriven de él.

Órganos Estatales de facto, es decir entidades asimiladas o absorbidas por el aparato estatal de un país. Aquí se habla de concepto de *«Completa Dependencia»* y fue utilizado en el Tribunal Penal Internacional para la Antigua Yugoslavia (TPIYAY) concretamente en el procedimiento TADIC, se habló de un grado de control *«difuso»* en el caso de estructuras organizadas.

Posteriormente la CIJ, en el caso del Genocidio de Bosnia, volvió a reiterar un grado de control *«alto»* o estricto, volviendo pues, al control efectivo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Por lo tanto, en el caso de que los actores presenten cierto margen de independencia, la entidad no se podría considerar órganos de facto del Estado.

Por su parte los agentes estatales son entidades que actúan bajo las instrucciones, dirección o control de un Estado, por lo que sus ataques serán atribuidos a dicho Estado. Por ejemplo, individuos o grupos de empresas contratado por Estados para realizar ciberataques.

Uno de los ejemplos más claros es el de la *Russian Business Network*, una empresa de delitos informáticos que se sospecha que ejecutó los ataques cibernéticos contra Georgia.

En aquel caso la Corte entendió que podíamos hablar de control efectivo cuando el Estado haya tenido influencia directa en el grupo o persona que ha perpetrado el ataque. ¿Entonces, qué diferencia hay entre un ataque realizado por un agente estatal y un órgano de facto? La primera es que no hay ningún tipo de requerimiento de dependencia en el caso de agente estatal. Y la segunda, es que la necesidad de control se proclama en todas y cada una de las actuaciones realizadas por la entidad, mientras que en el caso de los órganos de facto tiene carácter general.

El caso TADIC introdujo un estándar de control más bajo. Aquí el TPIAY distinguió entre aquellos ataques que eran cometidos por individuos y grupos desorganizados en los cuales el requisito de control efectivo es palpable. Y aquellos grupos con estructura jerarquizada y organizados, en los que simplemente se requiere *«control general»*.

En las propias palabras del Tribunal...» […]*Un Estado ejerce el control general sobre el grupo, no sólo al equipar y financiar, sino también al coordinar o ayudar en la planificación general de su actividad (…) no es necesario que el Estado también emita (…) instrucciones para la comisión de actos específicos contrarios al derecho Internacional»*. Por ejemplo, si un Estado provee de material técnico o de soporte a un grupo de hackers y organiza sus actos, aunque no se involucre directamente en el ataque, puede serle atribuido. Posteriormente, el criterio de *«control general»* fue criticado por la CIJ en el caso del genocidio de Bosnia, y entendió que el único criterio aplicable es el de *«control efectivo»*.

Los ciberataques realizados por actores no estatales: en los dos anteriores (órganos estatales y agentes estatales) tiene en común un mismo elemento el acto o el *mastermind* del plan de una persona o grupo vinculado con un Estado, pero en este caso el actor no es estatal.

Si un actor no estatal ataca otro Estado es el actor no estatal el objetivo directo de los actos realizados en legítima defensa, no el Estado desde el que han dirigido la actuación. Por lo que las respuestas defensivas deberán ir dirigidas contra dichos actos sin poder afectar al país. En el proceso de atribución a un Estado de un acto prohibido por el Derecho Internacional a la definición de Estado es mucho más estrecha y limitada y por eso únicamente incluye aquellos órganos o entidades que están fuertemente vinculadas a él.

Siempre que el Estado ejerza un mínimo control sobre el actor, será suficiente para que el ataque le sea atribuido y la víctima pueda actuar contra él en consecuencia. Para que esos actos puedan ser atribuidos a un Estado, la jurisprudencia constante

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

de la Corte exigió que el Estado tenga el control efectivo sobre los actos del grupo que se le quieren atribuir, no bastando un mero control general sobre el grupo mismo.

Frente a la relativización de este requisito en los últimos años, es de remarcar que la estatalidad del ataque armado es esencial en el derecho a legítima defensa internacional.

4. EL EJERCICIO DE LA LEGÍTIMA DEFENSA EN EL CIBERATAQUE

Sólo en ejercicio de legítima defensa se permite aplicar la fuerza militar en contra de un Estado, esto es el Estado atacante, justamente porque él es el autor del ataque armado. Toda medida que se adopte contra un Estado que no se le pueda atribuir un ataque armado cae dentro del estado de necesidad, ya que es el instituto jurídico internacional por el cual se pueden afectar bienes de terceros inocentes. La legítima defensa sólo permite usar la fuerza en contra del Estado si a este se le puede atribuir el estar realizando un ataque armado.

No cualquier ataque habilita a ejercer el derecho de legítima defensa del artículo 51, sino que este debe consistir en un ataque armado. Aquí se hace referencia a la intensidad del mismo. El artículo 2.4 de la Carta prohíbe la amenaza o el uso de la fuerza, incluyo aquellos de baja intensidad. La Corte, por su parte, define al ataque armado como el «más grave uso de la fuerza».

Con ello, si bien todo ataque armado constituye una violación al artículo 2.4 de la Carta, no toda violación al artículo 2.4 de la Carta constituye un ataque armado. Randelzhofery Nolte hacen notar que de este modo queda una laguna jurídica en la cual se encuentran una serie de usos menores de la fuerza violatorios del artículo 2.4 de la Carta y que, al no constituir ataques armados no pueden ser respondidos a través de una legítima defensa.

Esta posición es también la sostenida por la Corte. Esta respuesta fue cristalizada en el asunto Caroline, en el que se entendió que un Estado puede utilizar la fuerza (recordemos que el concepto de uso de la fuerza art 2.4 Carta de la ONU está fuertemente vinculado al Estado) justificado por medio de la legítima defensa, directamente a contra un actor no estatal. En este mismo sentido la CIJ ha entendido que el artículo 51 de la CNU (Carta de las Naciones Unidas) permite la legítima defensa ante un ataque armado en nuestro caso un ataque cibernético como consecuencia de los hechos no de un autor.

El principio de atribución es esencial para para poder alegar la legítima defensa, como ya hemos dicho, la CIJ (Corte Internacional de Justicia) ha entendido que el artículo 51 de la CNU permite la legítima defensa ante un ataque armado como consecuencia de unos hechos no, de un autor.

El Estado debe cumplir con el nivel de *diligencia debida*, el Estado incurre en responsabilidad estatal internacional si no cumple con el deber de diligencia debida tal acorde al denominado *«estándar de tolerancia»* del que hablamos más arriba.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La diligencia debida se creó para proteger intereses comunes a la comunidad internacional tal y como la paz y la seguridad que son intereses globales y también para reforzar el uso de la fuerza, no sería lógico no permitir al Estado victima defenderse contra un ataque armado (en la extensión de ataque armado comprendiendo aquí ya el aquí el ataque cibernético) que haya sufrido tanto por un ataque directo como por la falta de diligencia de otro Estado. Este posicionamiento fue adoptado por las resoluciones 1368 (2001) y 1373 (20021) y además si el Estado víctima es miembro de las Naciones Unidas puede recurrir al Consejo de Seguridad apelando al artículo 35.1 de la CNU. Si el Consejo de Seguridad considera que tanto la situación como el ataque constituyen una amenaza para la paz, quebrantamiento de la misma o un acto de agresión y le otorga tal consideración, dicho Estado podrá ejercer los poderes que el confiere el Capítulo VII de la Carta.

Todas las consideraciones anteriormente expuestas (la equiparación de ciberataque a un ataque armado, la ampliación del concepto de daño, el principio de atribución, entre otros, son necesarias para que un Estado pueda alegar la Legítima Defensa, puesto que en el mencionado caso de Estonia no se consideró la aplicación del artículo 5 del Tratado de la OTAN porque no superó *el umbral de ataque armado*, ya que fue considerado una interrupción sin daños.

El derecho de legítima defensa reconocido a los Estados en el artículo 51 de la Carta de las Naciones Unidas (CNU) tiene, en frente a las competencias otorgadas al Consejo de Seguridad por la Carta, solo carácter subsidiario. Ese carácter subsidiario del derecho de legítima defensa se expresa en el hecho de que el permiso que el sistema jurídico le otorga al Estado individual de utilizar por propia autoridad la fuerza está justificado solo en frente a un *periculum in mora*, es decir, cuando el órgano que detenta la responsabilidad primordial para el mantenimiento de la paz y la seguridad internacionales no puede intervenir a tiempo para evitar o frenar el ataque armado[10].

> *«Art. 51. Ninguna disposición de esta Carta menoscabará el derecho inmanente de legítima defensa, individual o colectiva, en caso de ataque armado contra un miembro de las Naciones Unidas, hasta tanto que el Consejo de Seguridad haya tomado las medidas necesarias para mantener la paz y la seguridad internacionales. Las medidas tomadas por los miembros en ejercicio del derecho de legítima defensa serán comunicadas inmediatamente al Consejo de Seguridad, y no afectarán en manera alguna la autoridad y responsabilidad del Consejo conforme a la presente Carta para ejercer en cualquier momento la acción que estime necesaria con el fin de mantener o restablecer la paz y la seguridad internacionales».*

La primera observación que se puede realizar es que el artículo 51 de la Carta de las Naciones Unidas reconoce el derecho a legítima defensa, pero, salvo la mención de los requisitos *«en caso de ataque armado»* y *«en contra de un miembro de las Naciones Unidas»*, no describe los restantes que son constitutivos de este instituto jurídico.

---

10 Jiménez de Aréchaga, en: Giménez de Aréchaga/Arbuet Vignali/Puceiro Ripoli, *Derecho Internacional Público*, p. 316.Él hace hincapié allí mismo que el carácter de subsidiariedad del derecho de legítima defensa es un carácter esencial de este derecho, sea en el derecho internacional como en el derecho interno.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Estos requisitos no mencionados en el artículo 51 de la Carta pueden ser inferidos de los principios generales del derecho que rigen este instituto[11] La jurisprudencia y la doctrina, como medios auxiliares del derecho internacional público, también han ayudado a la determinación de la existencia y alcance de todos sus requisitos.

Describiendo de manera general de este instituto jurídico internacional podemos decir que la legítima defensa consta de dos grandes polos, el ataque, o situación de legítima defensa como lo nombra la doctrina alemana, por un lado y la conducta defensiva por el otro. El ataque debe consistir en un ataque armado el cual debe ser ilícito y actual. La conducta defensiva debe ser necesaria, proporcional y debe estar motivada por una voluntad defensiva. Analicemos a continuación cada uno de ellos.

En primer lugar, debe haber un *ataque*. No cualquier sujeto de derecho internacional o actor internacional, como hemos visto puede llevar adelante un ataque a los fines del artículo 51 de la Carta. Según jurisprudencia constante de la Corte Internacional de Justicia, sólo los Estados pueden ser sujetos activos de este tipo legal[12]. Si todo ataque armado es una agresión, como se verá más abajo, es claro que este debe ser realizado por un Estado, tal como lo define la resolución 3314 de Asamblea General. Si sólo los Estados pueden llevar adelante un ataque, es claro que otros sujetos de derecho internacional o actores internacionales, como el *«terrorismo internacional»* sólo pueden ser sujetos activos de este tipo legal, si sus actos pueden ser atribuidos a un Estado[13] y por tanto aquí nos remitimos a todo lo expuesto en el principio de atribución.

---

11 El gran ius internacionalista uruguayo, Eduardo Jiménez de Aréchaga expresó esta necesidad de una manera magistralmente clara: «La revisión y examen de los hechos para determinar si se ha configurado o no defensa legítima debe realizarse conforme a ciertos criterios de derecho internacional, que tienen sus fuentes en los principios generales del derecho. Todos los países reconocen en su foro interno el instituto de la legítima defensa, sometido a ciertos principios que regulan su ejercicio. Estos principios constituyen, por lo tanto, principios generales de derecho directamente aplicables en la esfera internacional». Ver: Giménez de Aréchaga, en: Giménez de Aréchaga/Arbuet Vignali/Puceiro Ripoli, *Derecho Internacional Público*, p. 318. Junto a esta función normativa, los principios generales del derecho tienen una función de ayuda interpretativa de las normas convencionales no claras, tal como lo reconoce el artículo 31,3, c de la Convención de Viena sobre el derecho de los tratados del año 1969, y doctrina generalizada.

12 La Corte es clara en ese sentido cuando en su opinión consultiva sobre la construcción de un muro en territorio palestino expresó terminantemente: «Article 51 of the Charter thus recognizes the existence of an inherentright of self-defence in the case of armed attack by one State against another State». Con respecto a esta decisión sólo tres jueces de los quince, Higgins, Burgenthal y Kooijmans, no estuvieron de acuerdo y emitieron votos en disidencia e incluso Higgins y Kooijmans reconocieron que la estatalidad del ataque armado era la posición dominante. Ver: ICJ Legal consequences of the construction of a wall in the occupied Palestinian territory, Advisory Opinion, Reports 2004, p. 136, en adelante: ICJ Reports (2004), p. 139. Los votos en disidencia: ICJ Reports (2004) Separate Opinion of Judge Higgins, para 33. ICJ Reports (2004) Separate Opinion of Judge Burgenthal, para 6, ICJ Reports (2004) Separate Opinion of Judge Kooijmans, para 35.

13 En el caso al que se refirió la opinión consultiva sobre la construcción de un muro en territorio de Palestina, Israel había fundamentado la construcción del muro como medida de legítima defensa en contra de ataques terroristas. Como los mismos no podían serle atribuidos a un Estado, la Corte rechazó que haya habido un ataque a los fines del artículo 51 de la Carta.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En segundo lugar, y por otro lado tenemos la *conducta defensiva* y así, analizando los elementos necesarios para que se dé la Legítima defensa debemos encontrarnos con una respuesta que debe reunir varios requisitos: debe ser necesaria, luego la *necesariedad* como requisito es esencial, la *inmediatez* y por último el de la *proporcionalidad*.

En relación al primer requisito, el Estado víctima sólo podrá tomar acción en legítima defensa si la respuesta es necesaria, es decir, si cumple con los estándares de atribución fijados por el derecho internacional por ello es esencial identificar al autor, constatar que el ciberataque no ha sido un accidente y que no exista otra forma menos intrusiva de responder ante dicho ataque y donde hemos mencionado el anonimato del agresor como uno de los principales problemas.

Debemos aquí reseñar que la ampliación del concepto de daño, a la mera inoperatividad de los terminales ruido «*blanco*» y la equiparación de un ciber ataque como ataque armado son esenciales para argumentar la legítima defensa.

El requisito de la *inmediatez* en la respuesta directamente entroncado con el anterior vendrá determinado también por el tipo de ataque que se sufra, es decir, porque si, tal y como ocurrió en Georgia deja inoperativos los sistemas informáticos de defensa de un país, su respuesta no podrá ser inmediata y lo mismo ocurrirá si el daño aparece mucho después, necesariamente va a retrasar la respuesta de este Estado.

Según Michael N Schmidt, un Estado tiene derecho a responder anticipadamente a un ciber ataque que no constituye un ataque armado:

- Si es ciberataque es parte de una operación mayor, que culminará en un ataque armado.
- Si el ciberataque es un paso irrevocable antes de un inminente y probablemente inevitable ataque armado.
- El Estado víctima está reaccionando antes del ataque en sí mismo durante el denominado *«último umbral de oportunidad disponible»* para contrarrestar efectivamente el ataque.

Si estos tres requisitos se cumplen podríamos hablar del requisito de inmediatez. Concretamente, en el caso de los ciberataques, el carácter inminente depende de la intensidad del ataque, el objetivo del ataque, el tiempo de reacción requerido para prevenir el ataque con éxito y la velocidad e intensidad del daño y en cualquier caso la respuesta que ofrezca el Estado para repeler esta acción debe ser proporcional.

Puesto que los ciber conflictos son inevitables, se pueden establecer varias implicaciones desde la variable tiempo de la que depende el ciberespacio. Esta dependencia del tiempo se puede explicar como «el cambio en la estructura y contenido del ciberespacio a lo largo del tiempo». El tiempo en el ciberespacio puede ser relativamente corto: minutos, a menudo incluso segundos o fracciones de segundo. Basándose en esto, se pueden deducir implicaciones como el potencial de los rápidos desarrollos de acciones ofensivas y defensivas, la viabilidad de trazar el mapa del ciberespacio y la necesidad de patrullarlo y reconocerlo constantemente.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El requisito de la proporcionalidad en la medida se complica sobremanera pues el Estado víctima puede no ser suficiente avanzado tecnológicamente como para poder responder proporcionalmente al ataque sufrido.

Aquí se plantea la cuestión de si sería aplicable la doctrina de la *«acumulación de eventos»*, es decir, si la realización de varios ciberataques perpetrados a menor escala puede considerarse como uno a la valorar la proporcionalidad en la respuesta.

La naturaleza jurídica de la legítima defensa en el orden jurídico internacional, al igual que en los diversos órdenes internos, es el de una causa de justificación que excluye la ilicitud de un hecho que, en principio, cumple con los tipos legales de un ilícito internacional[14]. La legítima defensa actúa, de esa forma, sobre el elemento objetivo del hecho internacionalmente ilícito. Ahora bien, el elemento objetivo del hecho internacionalmente ilícito es descripto en el artículo 2, b del proyecto de la CDI sobre responsabilidad del Estado como «*una violación de una obligación internacional del Estado*». En el caso de la legítima defensa, el elemento objetivo que es excluido es el carácter violatorio de la conducta con respecto a la obligación contenida en el artículo 2.4 de la Carta de las Naciones Unidas, esto es la obligación de abstenerse a la amenaza o uso de la fuerza.

Una guerra no deja de ser una guerra porque no responda al concepto tradicional de la misma y se libre en el ciberespacio en vez de los ambientes tradicionales de tierra, agua y contemporáneo del aire y no debemos olvidarnos ya del Espacio Ultraterrestre dónde aquellos países que tienen capacidad militar están creando sus ejércitos. Si consideramos al ciberespacio como un escenario más, como el cuarto o el quinto espacio espacio, siendo el ciberespacio considerado el quinto espacio, en el cual los estados a través de sus ejércitos participarían en guerras cibernéticas, cabe investigar si es posible aplicar el «ius ad bellum» (o el derecho que regula el recurso de la fuerza por parte de los Estados y el «ius in bello» (derecho de la guerra o derecho internacional humanitario, el primer cuerpo de ideas sobre a la materia que regula el comportamiento durante el uso de la fuerza en un conflicto armado) a dicho contexto, siendo este uno de los principales desafíos para los hombres del derecho.

---

14 El Proyecto de Artículos sobre Responsabilidad del Estado por Hechos Internacionalmente Ilícitos, realizada en el seno de la Comisión de Derecho Internacional (CDI) de las Naciones Unidas y presentada a la Asamblea General en el año 2001 (UN Doc. A/56/10), regula este instituto en su artículo 21 bajo el Capítulo V titulado «Circunstancias que excluyen la ilicitud». El artículo 21 del proyecto establece: «La ilicitud del hecho de un Estado queda excluida si ese hecho constituye una medida lícita de legítima defensa tomada de conformidad con la Carta de las Naciones Unidas». Si bien se trata de un proyecto de tratado, jurisprudencia y doctrina son pacíficas en sostener que este documento expresa el derecho consuetudinario vigente en la materia de responsabilidad internacional de los Estados. La Corte Internacional de Justicia también se ha expresado en el mismo sentido de manera absolutamente impecable: «The Court has recalled above (paragraphs 193 to 195) that for one State to use force against another, on the ground that that State has committed a wrongful act against a third State, is regarded as lawful, by way of exception, only when the wrongful act provoking the response was an armed attack». Ver: ICJ Reports (1986) para. 211. En la doctrina internacional: Verdross/Simma *Völkerrecht*, Nr. 1288. En el mismo sentido: TREVES T. Diritto Internazionale. Problemi fondamentali, Milano, (2005), p. 525.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Existen distintas posiciones jurídicas al respecto. Algunos autores dicen que se necesitaría un marco legal específico, otros autores opinan que todas las normas del DIH que rigen la conducción de las hostilidades serían adaptables y aplicables durante un conflicto armado cibernético, ya que en definitiva las normas a las que nos referimos tienen por objetivo proteger a la población y los bienes civiles contra los efectos de las hostilidades bélicas, por ello es que podemos incluir a los ataques cibernéticos.

Recientemente expertos en la materia han confeccionado una especie de corpus normativo del «Tallinn Manual on the International Law Applicable to Cyber Warfare»[15].

5. EL *SPOOFING* Y EL *JAMMING*

La palabra seguridad se aplica a muchos ámbitos. Así se habla de seguridad física, seguridad vial, seguridad ciudadana, seguridad jurídica, seguridad económica, seguridad energética, seguridad financiera, seguridad de las tecnologías de la información, etc., cuya gestión es la responsabilidad de diferentes ministerios, sin embargo, en este contexto, la seguridad nacional es aquella encargada de proteger los intereses nacionales. Tradicionalmente la seguridad nacional se ha concebido como el elemento garante de la identidad y supervivencia nacionales o, dicho otra forma, de su independencia e integridad. No obstante, este concepto se ha ido ampliando incluyendo actualmente un mayor número de riesgos, entre los que figuran, por ejemplo, los desastres naturales, el cambio climático, las tecnologías de la información y las comunicaciones. Todo ello según la apreciación de su dimensión por la población.

Nos encontramos, como ya hemos apuntado, en un nuevo campo de batalla el del ciberespacio o cuarto espacio pudiendo definirlo como «Un conjunto de sistemas de información interconectados, dependientes del tiempo, junto con los usuarios que interactúan con estos sistemas».

O como «Un ámbito caracterizado por el uso de la electrónica y el espectro electromagnético para almacenar, modificar e intercambiar datos a través de los sistemas en red y la infraestructura física asociada. El ciberespacio se puede considerar como la interconexión de los seres humanos a través de los ordenadores y las telecomunicaciones, sin tener en cuenta la dimensión física».

Así el *jamming* se define, como emisiones de Radiofrecuencia de una potencia mayor y con la misma frecuencia, con el fin de bloquear la recepción de la señal de los GNSS.

Los ataques cibernéticos se han asociado tradicionalmente con el *ransomware*[16] es un tipo de *malware* que mantiene como rehenes los datos o el dispositivo de

15 Disponible en varios sitios web como:http://nuclearenergy.ir/wpcontent/uploads/2013/11/tallinn_manual.pdf

16 El ransomware es un tipo de malware que mantiene como rehenes los datos o el dispositivo de la víctima, amenazando con mantenerlos bloqueados, o algo peor, a menos que la víctima pague

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

la víctima, amenazando con mantenerlos bloqueados, o algo peor, a menos que la víctima pague un rescate al atacante. *Ransomware* y el *malware* es el software malicioso, o *malware*, es cualquier código de software o programa informático, incluidos *ransomware*, troyanos y spyware, escrito intencionadamente para dañar los sistemas informáticos o a sus usuarios. Casi todos los ciberataques modernos implican algún tipo de *malware*. Estos programas maliciosos pueden adoptar muchas formas, desde el costo y muy dañino *ransomware* hasta adware meramente molesto, dependiendo de lo que pretendan hacer los ciberdelincuentes. El término «malware» engloba cualquier programa o código informático diseñado con la intención de perjudicar sistemas o usuarios, incluyendo variantes como *ransomware*, troyanos y spyware.

Los ciberdelincuentes desarrollan y utilizan *malware* para, mantener como rehenes dispositivos, datos o redes empresariales enteras para obtener grandes sumas de dinero. Obtener acceso autorizado a datos confidenciales o activos digitales, robar credenciales de inicio de sesión, números de tarjetas de crédito, propiedad intelectual u otra información valiosa, alterar los sistemas cruciales en los que confían las empresas y las agencias gubernamentales en el que los piratas informáticos intentan violar los registros y los liberan solo después del pago de un rescate[17]. En lo que respecta a los aspectos militares, los estudios destacan la dependencia de los sistemas de armas modernos de sistemas de navegación precisos. A esto hay que añadirle la enorme necesidad de capacidad de ancho de banda para fines militares, que está aumentando exponencialmente debido al uso de drones. Por lo tanto, no es sorprendente que las tácticas militares se centren cada vez más en procedimientos para un escenario de guerra basado en un soporte limitado de datos espaciales. De hecho, los comandantes militares han declarado que «desarrollamos una dependencia excesiva de los sistemas de comunicación de gran ancho de banda y de los contratistas necesarios para operarlos». Como respuesta a esto, ahora se han introducido periódicamente ejercicios de entrenamiento a gran escala con capacidades de GPS degradadas[18].

En comparación con las capacidades antisatélite (ASAT), una interferencia con un satélite a través de un ciberataque se puede realizar de una manera más barata,

---

un rescate al atacante. ransomware. El tipo más común, denominado ransomware de cifrado o criptoransomware, mantiene como rehenes los datos de la víctima cifrándolos. A continuación, el atacante exige un rescate a cambio de proporcionar la clave de cifrado necesaria para descifrar los datos.

La forma menos común de ransomware, llamada ransomware no cifrado o ransomware de bloqueo de pantalla, bloquea todo el dispositivo de la víctima, generalmente bloqueando el acceso al sistema operativo. En lugar de iniciarse como de costumbre, el dispositivo muestra una pantalla en la que se pide el rescate.

17 *IT Governance, available under* https://www.itgovernance.co.uk/blog/list-of-data-breaches-and-cyber-attacks-in-february-2022-5-1-million-records-breached

18 Magnuson, S., U.S. Forces prepare for a 'Day Without Space' [online] Available at: https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2014/2/1/2014february-us-forces-prepare-for-a-day-without-space

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

más rápida y más difícil de rastrear. Los ciberataques a satélites suelen estar relacionados con el acceso al sistema satelital a través de estaciones terrestres. Se conocen varios intentos, a menudo considerados por los ciber expertos como pruebas experimentales y preparatorias, pero los operadores de satélites no los informan ampliamente por obvias razones comerciales.

A diferencia de los satélites militares, que habitualmente están diseñados para tener en cuenta el aspecto de la seguridad, los satélites comerciales son más vulnerables a los ataques debido a la falta (hasta hora) de concienciación y de implementación de la seguridad. A menudo, los fabricantes de satélites utilizan tecnología disponible para hacer que los costos sean más asequibles y razonables. Los piratas informáticos pueden examinar algunos de estos componentes en busca de vulnerabilidades en tecnología y software de código abierto. Las estaciones terrestres que controlan los satélites suelen funcionar en computadoras con software que son vulnerables a posibles ataques de piratas informáticos. Por lo tanto, los ciberataques a sistemas de satélites comerciales que prestan servicios a la economía son tan importantes como los ataques a satélites militares, aunque este impacto no se considera ni se informa tan ampliamente.

En caso de un ciberataque de este tipo, además de los costes directos de sustitución de los satélites, no hay duda de que los daños colaterales serán aún más importantes.

De hecho, muchas operaciones y sistemas no podrán funcionar sin datos espaciales (y debemos señalar que, en el futuro, con los drones y los coches autónomos, esto será exponencialmente más complejo).

La ausencia de herramientas de navegación será invasiva en varios sectores, como, por ejemplo, está claro que, en aviación y espacio, en aviación para monitorear posiciones en aeronaves y sistemas de aumentación basados en satélites, pero el efecto económico más invasivo resultará de la repentina falta de disponibilidad de marcas de tiempo o Time Stamps. De hecho, la sincronización precisa del tiempo y la coordinación de frecuencias (sintonización) se utiliza sobre todo en la radiodifusión y las comunicaciones, incluidos los teléfonos móviles y las aplicaciones telefónicas tradicionales e Internet, de modo que los paquetes llegan al mismo tiempo a los servicios financieros para las transacciones con sello de tiempo.

El uso de las variables de posición y tiempo como la que se utiliza en los GNSS (Sistemas, Globales de Navegación) está cada vez más presente en procesos y sistemas que precisan de automatización, ejecución en tiempo real, rastreo de activos, sincronización de operaciones o control remoto. Su precisión y exactitud no son suficientes si no se garantizan, al mismo tiempo, su integridad, su disponibilidad y, en ciertos casos, su confidencialidad.

Estas necesidades han supuesto la evolución de los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS, Global Navigation Satellite System) junto con el Internet de las cosas (IoT), el Internet de las cosas industrial o la tecnología 5G, desarrollándose proyectos híbridos entre las redes satelital, de telefonía móvil e Internet, como el proyecto GINTO5G (GNSS + 5G) o el sistema NTRIP (GNSS + Internet).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Las redes Wi-Fi o las torres GSM (Global System for Mobile) son tecnologías que se pueden utilizar en tareas de geoposicionamiento y cronometría. Sin embargo, la tecnología por excelencia son los sistemas GNSS, siendo los más conocidos y de cobertura global: Galileo (europeo), GLONASS (ruso), BeiDou (chino) y GPS (americano).

En el caso de cada sistema GNSS y su señal: cada GNSS trabaja con un conjunto de bandas de frecuencia característico en el que la información es transmitida por radiodifusión. Cada señal de RF (Radio Frequency), portadora de información, viaja desde el segmento espacial hasta el de usuario. Ambos segmentos, junto con otro de control, representan la segmentación de todo GNSS:

- *Segmento espacial*: constituido por la constelación de satélites propia de cada sistema, generadora de los datos a procesar por los receptores.
- *Segmento de control*: integrado por una red de estaciones terrestres, encargada de monitorizar y corregir los datos transmitidos desde el segmento espacial.
- *Segmento de usuario*: formado por los equipos receptores encargados de calcular las variables de posición y tiempo a partir de los datos recibidos. Es el segmento que hace posible la compatibilidad entre los distintos GNSS.
- Bandas de frecuencia: Bandas de frecuencia de BeiDou, GPS, Galileo y GLONASS. (Fuente: Rohde&Schwarz[19]).

Debemos saber que la señal GNSS, que el hardware o software del equipo receptor ha de procesar, está constituida por:

Una señal portadora, analógica y de frecuencia UHF (Ultra High Frequency), con la que el receptor debe estar en sintonía y sincronizado para recibir y procesar los datos correctamente.

Un código PRN (PseudoRandom Noise) digital, que identifica a cada satélite y determina si el servicio de posicionamiento es para uso civil o militar. Es el caso de los códigos C/A (civil) y P (militar) del GPS.

Un mensaje de navegación digital, que contiene dos tipos de paquetes de datos, conocidos como almanaque y efemérides. El almanaque incluye, entre otros, parámetros orbitales e instante temporal en el que la señal es enviada por el satélite, y dentro de efemérides se tienen datos relativos a la posición precisa del satélite.

Tanto el envío de las señales desde los satélites, como el proceso de adquisición de señal por parte de los receptores activos, se hacen de forma periódica. La sincronización de la transmisión se consigue gracias a la naturaleza constructiva de los relojes alojados en satélites y receptores. Cuando la señal es sintonizada por el

19 Rohde & Schwarz. (n.d.). «GNSS Systems and Frequency Bands». Disponible en: https://www.rohde-schwarz.com
Esta fuente proporciona detalles sobre las bandas de frecuencia utilizadas en los sistemas GNSS. Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (2017). *Understanding GPS: Principles and Applications*. Artech House.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

receptor, este mide el tiempo que ha tardado la onda en llegar y, sabiendo la velocidad de propagación en el vacío, calcula su distancia al satélite. Con los datos de cuatro satélites el receptor calcula su posición 3D (latitud, longitud y altitud) por trilateración. Trilateración GNSS (Trilateración GNSS. Fuente: O'Reilly)[20].

Así, debemos conocer e identificar, las vulnerabilidades y amenazas del GNSS.

Toda señal transmitida por un satélite GNSS es vulnerable de por sí, ya que es una onda de RF, que además se ve atenuada en potencia al llegar a la superficie terrestre, lo que la hace más vulnerable a múltiples amenazas, ya sean intencionadas o no intencionadas, como son:

- Las *condiciones del entorno*: hacen referencia a la composición de la atmósfera, los fenómenos de refracción y reflexión, la propagación multicamino o la línea de mira entre satélite y receptor. Todos ellos afectan a la dirección y tiempo de propagación de la onda de RF y a sus características, impidiendo que el receptor sintonice la señal correctamente.
- *Errores del sistema emi*sor: están relacionados con fallos en los relojes de los satélites o el envío de datos incorrectos.
- *Errores del sistema receptor*: pueden ser debidos a un mal funcionamiento o una mala calidad del hardware del equipo, lo que introduce ruido en la señal a procesar. También puede ser debido a un fallo de reloj, lo que supone una mala sincronización.
- *Factor humano*. La dependencia de un único GNSS, la falta de capacitación para su uso y el no reconocimiento de un mal funcionamiento también desembocan en el tratamiento de una información incorrecta.
- *Interferencias*: bajo este término se engloban todas aquellas transmisiones de RF no deseadas que superpongan su banda de frecuencias a la banda de un GNSS. Como no intencionadas pueden considerarse las Comunicaciones inalámbricas de Banda Ultra Ancha (UWB), el Servicio Móvil por Satélite (MSS) o incluso GNSS distintos; y como intencionadas se encuentran las técnicas de jamming y spoofing.

El *jamming*, como ya hemos mencionado y debemos recalcar es una técnica de interferencia intencionada que consiste en la emisión de señales de RF con unas características concretas y una potencia mayor que la señal objeto, con el fin de bloquear total o parcialmente la recepción de esta última.

También existe un tipo de *jamming*, denominado *meaconing*, en el que basta con sintonizar las señales GNSS reales, grabarlas y, a continuación, retransmitirlas con un cierto retardo y más potencia para conseguir confundir al receptor. No se ejerce un control de las variables, tiempo y posición, que este calcula, aunque existe una cierta probabilidad de que se dé el caso contrario, como se verá en el apartado de *spoofing*.

---

20 O'Reilly Media. (n.d.). «Trilateration GNSS». Disponible en línea en O*'Reilly Learning Platform*.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Hay que destacar que el equipo inhibidor o *jammer* no trabaja de forma selectiva y tiene efectos colaterales en otros sistemas, como puede ser en el control de tráfico aéreo (ATC). Son dispositivos cuyo uso está prohibido salvo autorización, pero no su comercialización, existiendo una gran variedad en cuanto a precios y tamaños.

Los *jammers* de potencia inferior a 100W son los más peligrosos, al ser difíciles de detectar. Un inhibidor pequeño y barato de 1W puede cubrir 20 km2. Un ejemplo de ellos son los PPD *(Personal Privacy Devices)* o los equipos SDR *(Software Defined Radio)* transmisores.

Por el contrario, el *spoofing* es otra técnica de interferencia intencionada en la que un dispositivo transmite una señal análoga a la del satélite, pero de mayor potencia, de tal manera que el receptor GNSS pasa a sintonizar la señal falsa en lugar de la real, y con ella calcula una posición en la que realmente no se encuentra o una variable temporal errónea.

Al igual que un *jammer*, un *spoofer*, consiste en el equipo encargado de suplantar las señales auténticas GNSS, es de uso ilegal. Existen varias técnicas para lograr el objetivo de este ciberataque:

Simular una señal GNSS. Para ello, se usan bases de datos en línea relativas a almanaque, efemérides y códigos PRN para poder crear la señal GNSS falsa en un software simulador.

Esta técnica tiene éxito si al emitir la señal falsa, esta es la primera que sintoniza el receptor objetivo, tras activar su periodo de adquisición. En caso contrario, estas pueden ser ignoradas, por lo que, a veces, se recurre al *jamming* como etapa previa.

Generar una señal GNSS análoga y sincronizada con la real. Consiste en un proceso gradual de alineación y desalineación entre la señal real y la falsa en tiempo, forma y potencia; es decir, no se impone la información falsa directamente como en el caso anterior. Para ello, hay que conocer la forma de la señal real, por lo que el *spoofer* debe tener capacidad de recepción y emisión.

Nulling. En esta técnica el *spoofer* emite dos señales por cada señal GNSS real a suplantar. Una de ellas es la real pero desfasada 180º, con lo que se consigue anular a la emitida por el satélite, la otra es la señal falsa de más potencia.

Meaconing. Como se mencionó en el apartado de *jamming*, existe una cierta probabilidad de que al hacer un *meaconing* la señal sea procesada correctamente por el receptor, inclusive si este es de tipo militar, y de esta forma el receptor calcule una posición falsa.

Posibles soluciones para ambas amenazas son la opción de incrementar la potencia de la señal real mediante repetidores para hacerla fuerte; sin embargo, está solución no es suficiente.

Como soluciones al *jamming* se plantean las siguientes:

- *Detectores de jamming*: son dispositivos que detectan a un *jammer* activo cercano mediante algoritmos de procesado de señal, que identifican alteraciones en la onda recibida, como picos de frecuencia.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- Antenas anti-jamming: son conocidas como CRPA *(Control Reception Pattern Antenna)* y básicamente son matrices de antenas receptoras con capacidad para modificar sus patrones de recepción y, de esta manera, poder reducir estos en la dirección en la que se recibe la interferencia, creando un espacio nulo para evitar el *jamming*. Permite, por tanto, detectar la dirección origen de la interferencia y proporcionar una ganancia adicional de recepción de las señales reales.
- *Equipos inerciales*: esta solución consiste en acoplar a un receptor GNSS una unidad de medida inercial IMU *(Inertial Measurement Unit)*. De esta forma, ante la pérdida de señal, el receptor realizará sus cálculos en base a los últimos datos calculados y a los proporcionados por la IMU.
- *Filtros notch* o de rechazo de banda adaptativos para eliminar la región del espectro de frecuencia afectado por la interferencia. Han de implementarse antes del ADC *(Analog-to-Digital Converter)* del receptor.

  Por otra parte, las posibles soluciones que encontramos al Spoofing, podemos empezar con los algoritmos de procesado de señal: buscan cambios bruscos en las características de la señal recibida, como la amplitud, fase o potencia, o también comprueban la función de autocorrelación de la misma. Esta técnica solo permite la detección en el momento inicial del ataque spoofing; tras ello, es inservible.
- *Monitorización* del espectro radioeléctrico: para detectar señales duplicadas.
- *Matriz de antenas receptoras*: detecta la señal falsa por su ángulo de llegada.
- *Cifrado*: esta solución está presente para servicios militares o bajo autorización, quedando excluida del uso civil. El cifrado puede ser simétrico o asimétrico y puede hacerse a nivel de señal o a nivel de datos. Los códigos de cifrado y los algoritmos utilizados son secretos y sin ellos es imposible lograr el spoofing. Además, los receptores compatibles con esta solución deben integrar los algoritmos clasificados, disponer del repositorio de claves pertinente y estar certificados para su uso militar.

A nivel de señal únicamente se cifra el código PRN. Es el caso del código P(Y) del GPS, que resulta de cifrar el código P mediante un código W.

A nivel de datos, únicamente, se cifra el mensaje, no el PRN. Con ello, el receptor podrá hacer un seguimiento de la señal, pero nunca saber lo que dice el mensaje y, por tanto, no calculará la posición falseada. Es el caso del OS-NMA de Galileo.

Uso de un servidor de datos PRN: este método permite verificar la transmisión a partir de históricos de datos PRN almacenados sin que el receptor los tenga en su memoria interna, con lo que se ofrece seguridad a receptores simples.

Así de todo lo expuesto hasta ahora podemos extraer que el uso de receptores GNSS se ha extendido masivamente y las técnicas de *jamming* y *spoofing* suponen una amenaza en constante evolución, al mismo tiempo que lo hace la tecnología, dando lugar a equipos de bajo costo y tamaño con amplias capacidades de ataque y estrategias más sofisticadas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

A ello hay que sumar que, hasta la fecha, las transmisiones GNSS de uso civil carecen de protección *anti-jamming* y antispoofing, frente a las de uso militar, que sí; y para las de uso bajo autorización no existe una política reguladora aún.

Las técnicas de *jamming* y *spoofing*, según el propósito de quien las ejerza, pueden emplearse como técnicas de ataque o técnicas de defensa, como en la protección de espacios aéreos restringidos frente a drones.

Actualmente, se están desarrollando nuevas estrategias para hacer frente a estas ciberamenazas y lograr que los GNSS sea menos vulnerables; son, por ejemplo: las nuevas generaciones de sistemas, como el GPS III; el uso de sistemas complementarios, como los Sistemas de Aumentación (SBAS), o el desarrollo de nuevos receptores, como GUARD *(GNSS Universal Anti-spoofing Receiver Design)*.

Este «GPS Spoofing» o suplantación de GPS consiste en engañar al receptor GPS retransmitiendo una señal que hace que los navegadores situados en las inmediaciones muestren una ubicación falsa.

El sistema GPS es de origen americano y propiedad del Departamento de los Estados Unidos que surgió originalmente con el nombre de Navstar GPS. Es de uso dual tanto civil como militar, utilizándose principalmente para navegación terrestre, marítima o aérea y utilizando para ello satélites que determinan la posición del receptor mediante la trilateración, que mide la distancia entre los satélites y con ello se puede determinar la posición relativa con respecto a los mismos.

Algunas contramedidas recomendadas por el Incibe-cert contra el *spoofing* son:

- Algoritmos de procesado de señal que buscan cambios bruscos en las características de la señal recibida o también comprueban la función de auto correlación de la misma. Esta técnica solo permite la detección en el momento inicial del ataque *spoofing*.
- Monitorización del espectro radioeléctrico para detectar señales duplicadas.
- Matriz de antenas receptoras que detecta la señal falsa por su ángulo de llegada.
- Cifrado, que está presente para servicios militares o bajo autorización, quedando excluida del uso civil.
- Uso de un servidor de datos PRN, que permite verificar la transmisión a partir de históricos de datos PRN almacenados sin que el receptor los tenga en su memoria interna, con lo que se ofrece seguridad a receptores simples.
- El PRN es el número de identificación de los satélites GPS, visible en la mayoría de plataformas de receptores GPS.
- Otra técnica utilizada para interferir en los sistemas GPS es el ya mencionado *jamming*, consistente en emisiones de Radiofrecuencia de una potencia mayor y con la misma frecuencia, con el fin de bloquear la recepción de dicha señal.

Estas interferencias han sido detectadas desde el comienzo del conflicto ruso-ucraniano en el espacio aéreo por la EASA (Agencia Europea de Seguridad Aérea) y publicadas en su Boletín, estas zonas son: Región de Kaliningrado, alre-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

dedor del Mar Báltico y Estados vecinos, Mar Negro, Finlandia Oriental, Área del Mediterráneo Oriental cerca de Chipre, Turquía, Líbano, Siria, Israel y Norte de Irak.

Además de las soluciones propuestas para contrarrestar las técnicas de GPS *spoofing*, el Incibe-cert también plantea varias soluciones para el Jamming, que son las siguientes:

- *Detectores de jamming*, que detectan a un *jammer* activo cercano mediante algoritmos de procesado de señal y que identifican alteraciones en la onda recibida.
- *Antenas anti-jamming* que son matrices de antenas receptoras con capacidad que permiten detectar la dirección origen de la interferencia y proporcionar una ganancia adicional de recepción de las señales reales.
- *Equipos inerciales* que, ante la pérdida de señal, el receptor realizará sus cálculos en base a los últimos datos calculados.
- Filtros notch o de rechazo de banda adaptativos para eliminar la región del espectro de frecuencia afectado por la interferencia.

María José Bejarano, analista del Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE) resume claramente la situación al exponer que *«en el mundo actual ha surgido una nueva dimensión donde pueden materializarse las amenazas: el ciberespacio. Si antes en el ámbito de la defensa estaba claro que nos movíamos en las tres dimensiones de tierra, mar y aire, ahora contamos con una dimensión adicional, y más intangible que las anteriores. (…) El ciberespacio no tiene fronteras, es un nuevo campo de batalla».*

En la actualidad, los expertos consideran poco probable, pero posible, un colapso total de todos los sistemas de satélites al mismo tiempo. Tradicionalmente, dos efectos principales se consideraban causas potenciales de un escenario tan catastrófico eran los concernientes a la meteorología espacial, una mega tormenta solar (efecto Carrington) o una reacción en cadena de desechos espaciales (síndrome de Kessler). Una encuesta reciente nos informa que hoy en día los expertos están más preocupados por otra amenaza: los ciberataques masivos a los satélites. Aunque sea improbable, sigue siendo útil considerar un caso tan hipotético para analizar los efectos y reflexionar sobre estrategias y contramedidas.

En palabras de Walters Peters antiguo Chairman de la ISU, (International Space University). *«Dependiendo de la disponibilidad de satélites en existencia (por ejemplo, modelos de segundo vuelo), los gobiernos utilizarán lanzadores existentes (principalmente militares) para intentar restaurar funciones esenciales. Sin embargo, para tener sistemas completamente funcionales y operativos se necesitarán varios meses, y se dará prioridad al lanzamiento de satélites de importancia estratégica. Se puede suponer que los primeros satélites pequeños comerciales en órbita terrestre baja estarán operativos antes de que se puedan restablecer las operaciones geoestacionarias. Para entonces, la economía mundial habrá sufrido un colapso económico sin precedentes, cuyo restablecimiento requerirá años»*[21].

21 Cyberattacks on Satellites (lse.ac.uk)

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Así, y de todo lo expuesto aquí arriba, de la definición establezcamos por ciberataque, la posibilidad de equiparar el ciberataque al ataque armado y de la consideración de la interferencia incluido el ruido blanco como daño en su concepto más evolucionado podremos, por tanto, en los supuestos indicados ejercer el derecho a la Legitima Defensa encuadrándola dentro de lo que establece el artículo de la Carta de las Naciones Unidas y pudiendo por tanto ejercer el *Ius in Bellum* para la defensa del Estado.

6. CONCLUSIONES

El *leitmotiv* que debemos seguir para estar siempre alerta y continuar protegidos es el de que la seguridad o ciberseguridad total no existe. «La seguridad o ciberseguridad plena no existe» y por muchas medidas que una empresa del sector que sea, integre, no estará protegida al 100 %. La incertidumbre aquí es y será indefinida.

Por muchas medidas que integre una organización, no estará protegida al cien por cien. La incertidumbre tanto en aviación como en espacio es y será, indefinida. Sin embargo, una manera eficiente de entender el estado actual de ciberseguridad en el sector aéreo y del espacio es conocer la forma en que los sistemas pueden estar expuestos ante ataques cibernéticos es probar sus sistemas, controles y procedimientos de recuperación de forma regular, pero desde la perspectiva de los atacantes.

En mi opinión, el camino consiste en desarrollar una estrategia de ciberseguridad ofensiva integral, alineada con la cultura de la organización, donde se consideren realizar diferentes tipos de pruebas que cubran distintos aspectos desde una óptica completamente ofensiva.

La estrategia de ciberseguridad tanto en el sector aéreo como en el sector de espacio debe considerar las inversiones necesarias para atender, dar continuidad y priorizar las áreas de oportunidad identificadas en el análisis de riesgos.

La estrategia incluye identificación de todas las partes interesadas, entender y gestionar todas las operaciones de aviación, implementar procedimientos efectivos en todos los enfoques de ciberseguridad y proporcionar recursos adecuados para apoyar el proceso.

En relación a lo anterior:

- El enfoque de ciberseguridad debe ser una orientación para políticas y directivos, gobernanza que proviene de los niveles altos de la organización.
- Deben establecerse responsabilidades en todo el proceso de ciberseguridad.
- Capacitación y conocimiento adecuados del personal deben ser establecidos.
- La gestión del riesgo y un proceso de medida/mejora para asegurar controles de seguridad como una forma de medir mejor y gestionar el riesgo.
- Lenguaje común en los que se pueda hablar sobre riesgo cibernético y cómo medirlo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Por último, y no por ello menos importante, también se debe considerar la concienciación en ciberseguridad para los empleados. El ser humano es el eslabón más débil de la cadena, aunque también puede ser la pieza más fuerte dentro del proceso si conocen de «qué» se tienen que defender y cómo hacerlo. Para poder mitigar ese riesgo inherente, no hay mejor solución que diseñar un plan de concienciación continua en materia de ciberseguridad. Hay diferentes líneas de acción que se pueden realizar, aunque la mejor opción sería optar por varias iniciativas complementarias entre sí.

En torno a lo comentado anteriormente:

- El internet de las cosas forma parte del elemento humano de la ciberseguridad.
- El Foro adecuado tal y como lo es en Espacio COPUOS y UNOOSA será, a mi entender, la OACI en aviación.
- Hacer que el personal sea parte esencial de una estrategia de ciberseguridad de cualquier organización, a fin de cuentas, el ser humano es el corazón de la ciberseguridad. Crear una cultura de la ciberseguridad. Hablar el mismo lenguaje sobre ciberseguridad.
- Un incidente puede ser debido a una entidad externa o interna.
- Eventos internos pueden ser intencionales o debido a un error humano.
- Elementos como una adecuada capacitación debería ser parte de una estrategia de ciberseguridad.
- La seguridad de la información no es solo una cuestión de tecnología.
- Gestión de frecuencias aeronáuticas a nivel regional y de espacio para asegurar que están protegidas para servicios actuales y futuros.
- Fortalecimiento de redes de comunicación regionales a través de nuevos proyectos que incrementan la seguridad.

Actualmente, más de 45 países han firmado el Convenio de Ciberdelincuencia, tanto en el espacio del Consejo de Europa como Naciones Unidas. Sin embargo, hay distinta escala de operatividad del mismo, debida a múltiples circunstancias, entre ellas la efectiva incorporación a los ordenamientos nacionales de las disposiciones internacionales, así como los grados de afectación por parte de los ciberataques.

Es complicado ponerle puertas al campo cibernético y más en tiempos de guerra, pero debemos ser conscientes de que aviación y espacio se dan la mano y en lo que respecta al ámbito de la ciberseguridad máxime cuando, además está el carácter dual de los objetos espaciales (ya que recordemos que el principio de desmilitarización que recoge el Artículo IV de la Carta Magna del Espacio es de tipo parcial) por tanto vemos, como, tanto en aviación como en espacio a través de los ciberataques se pueden convertir en armas sistemas y aviones y aeronaves que en principio no lo son dibujando un nuevo panorama en el que debemos considerar las interferencias que no provocan daños materiales, entendidas como interrupciones significativas como Daño.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

En un mundo cada vez más globalizado e incrementado por el «cuarto espacio» o el ciberespacio, las Políticas de Defensa de los Estados constituyen un factor preponderante para la materialización de alianzas y proyectos en conjunto que aseguren el desarrollo de las mismos, acordes, al nuevo escenario mundial. Así, las Políticas de Defensa comienzan a atender cada vez más al concepto de «fronteras virtuales» como una expresión normal para la interacción que se produce en el sistema internacional. La función de la Defensa es similar para las distintas naciones, tendiendo como objetivo prioritario mantener la Soberanía y la integridad territorial.

7. GLOSARIO

- **COPUOS** Comité para Usos Pacíficos del Espacio Exterior de Naciones Unidas) es un órgano subsidiario de la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas. Tiene dos comités: uno científico y otro jurídico, que trabajan en reunión plenario o en grupos de trabajo para un asunto particular.
- **DIH** Derecho Internacional Humanitario.
- **JAMMING** emisiones de Radiofrecuencia de una potencia mayor y con la misma frecuencia, con el fin de bloquear la recepción de la señal de los GNSS.
- **OST** Outer Space Treaty Tratado sobre los Principios que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre incluso la Luna y otros Cuerpos Celestes.
- **PNR** es el número de identificación de los satélites GPS, visible en la mayoría de plataformas de receptores GPS.
- **PPD** (Personal Privacy Devices
- **UNOOSA** La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de las Naciones Unidas que se encarga de promover la cooperación internacional en la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos. La Oficina forma parte de la Oficina de las Naciones Unidas en Viena y ejerce las funciones de secretaría a la única comisión de la Asamblea General encargada exclusivamente de esos asuntos: la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos. La Comisión tiene dos subcomisiones: la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos y la Subcomisión de Asuntos Jurídicos. unoosa.org
- **SDR** Software Defined Radio equipos transmisores.
- **SPOOFING** El *spoofing* es otra técnica de interferencia intencionada en la que un dispositivo transmite una señal análoga a la del satélite, pero de mayor potencia, de tal manera que el receptor GNSS pasa a sintonizar la señal falsa en lugar de la real.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

BIBLIOGRAFÍA

Tratados

Tratado sobre los principios que deben regirlas actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluyendo la luna y otros cuerpos celestes. Oficina de naciones unidas para asuntos del espacio ultraterrestre, firmado el 27 de enero de 1967.Disponibe en:

https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introouterspacetreaty.html

Acuerdo sobre el salvamento y devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre. oficina de naciones unidas para asuntos del espacio ultraterrestre, firmado el 19 de diciembre de 1967. Disponible:https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introrescueagreement.html

Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales. Oficina de naciones unidas para asuntos del espacio ultraterrestre, firmado el 29 de noviembre de 1971. Disponible en: https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introliabilityconvention.html

Convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre. Oficina de naciones unidas para asuntos del espacio ultraterrestre, firmado el 15 de septiembre de 1976. Disponible en: https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introregistrationconvention.html

Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la luna y otros cuerpos celestes. Oficina de naciones unidas para asuntos del espacio ultraterrestre, firmado el 5 de diciembre de 1979. Disponible en: https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/intromoonagreement.html

Principios

- Principios que han de Regir la Utilización por los Estados de Satélites Artificiales de la Tierra para las Transmisiones Internacionales Directas por Televisión.
- Principios pertinentes a la Utilización de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre.
- Declaración sobre la Cooperación Internacional en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre en Beneficio e Interés de Todos los Estados, teniendo especialmente en cuenta las Necesidades de los Países en Desarrollo.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Resoluciones conexas aprobadas por la Asamblea General

- Resolución 1721 A y B (XVI) de la Asamblea General, de 20 de diciembre de 1961.

Legislación

- Ley 8/2011 - Infraestructura Críticas. Texto consolidado.
- Real Decreto 704/2011.
- Additional Protocol I to the Geneva Convention of 12 August 1949, and Relating to the Protection of Victims of International Armed Conflicts, opened for signature 12 December 1977, 1125 UNTS 3, Art 49.

Regulación

- https://ccdcoe.org/research/tallinn-manual/
- About ITU.
- ITU Radio Regulations.
- https://www.un.org/en/about-us/universal-declaration-of-human-rights
- Corte Internacional de Justicia.
- Carta de las Naciones Unidas | Naciones Unidas.
- NATO - Official text: The North Atlantic Treaty, 04-Apr.-1949.
- Sistema de Archivo de Documentos - Buscar.
- UN Doc. A/56/10.
- UN Doc. A/RES/3314 (XXIX).
- UN Doc. S/2015/693.
- UN Doc. S/2015/946.
- UN Doc. S/2016/523.
- UN Doc. S/2016/513.
- https://icj-cij.org/
- ICJ Reports (1986).
- ICJ Reports (2004).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Autores

ANIDIP, 4, 86-104, doi: dx.doi.org/10.12804/anidip04.01.2016.04CRAWFORD J. The International Law Commission's articles on state responsibility: Introduction, text and commentaries, Cambridge, (2002).

Bejarano Cano Jose María «Alcance de la Seguridad en el Estado» ALCANCE_Y_AMBITO_DE_LA_SEGURIDAD_NACIONA (2).pdf

CCDOE (2008) Cyber attacks Against Georgia, Legal lessons Identified.

David A. Umphress «El Ciberespacio. ¿Un aire y un espacio nuevo?», Air & Space Power Journal. Tercer Trimestre 2007. Enlace: http://www.airpower.maxwell.af.mil/apjinternational/apj-s/2007/3tri07/umphr

DEMBLING, «Treaty on Principles Governing the Activitites of States in the Exploration and Use of Outer Space Including the Moon and other Celestrial Bodies», p.1.21 in: *Jasentuliyana* (ed.) Manual on Space Law Vol.I Oceana Publications, 1979

HOBE, Law Baden- Badem 2019p. 88-90 Diederiks-

Duran Duran Jose Díaz, «La ciberseguridad en el ámbito militar» *Instituto Español de Estudios estratégicos*. Cuaderno de estrategia N.º 149.

Giménez de Aréchaga, en: Giménez de Aréchaga/Arbuet Vignali/Puceiro Ripoli**,** *Derecho Internacional Público***.**

Kaplan, E,D& Hegarty Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (2017). Understanding GPS: rinciples and Applications. Artech House.

Magnuson, S., «U.S. Forces prepare for a 'Day Without Space'» [online] Available at:https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2014/2/1/2014february-us-forces-prepare-for-a-day-without-space

Rajagopalan, R. (2019), «Electronic and Cyber Warfare in Outer Space» [online] Available at: https://www.unidir.org/files/publications/pdfs/electronic-and-cyber-warfare-in-outer-space-en-784.pdf

Pezzano, L. «El umbral de gravedad en el crimen de agresión: ¿una nueva categoría en los usos ilícitos de la fuerza?», en: *Anuario Iberoamericano de Derecho Internacional Penal***,** (2015).

Randelzhofer A./Nolte G. «Article 51», en: Simma B./Khan D.E./Nolte G./ Paulus A. *The Charter of the United Nations. A Commentary*, Third Edition, Volume II, Oxford**,** (2012) (en adelante: Randelzhofer/Nolte en: SIMMA the Charter, Article 51) Nr. 20.

ICJ Reports (1986) para 249, en donde se sostiene: «While an armed attack would give rise to an entitlement to collective self-defence, a use of force of a lesser

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

degree of gravity cannot, as the Court has already observed (paragraph 211 above), produce any entitlement to take collective countermeasures involving the use of force».

Rain, Ottis, and **Lorents Peeter** «Cyberspace: Definitions and Implications», *Cooperativa Cyber Defence Centre of Excellence*, Tallinn, Estonia. 2010.

Rohde & Schwarz Rohde & Schwarz. (n.d.). «GNSS Systems and Frequency Bands». Disponible en: https://www.rohde-schwarz.com.

Schmitt M.N (2000) «Wired warfare: Computer network attack and jus in bello» (2009).

Schmitt M.N (2000) «Wired warfare: Computer network attack and jus in bello» (icrc.org).

Schmitt M.N (2000) «The Law of cyberwarfare Michael N. Schmitt».

Schmitt M.N (2013) *Manual on the International Law applicable to cyber warfare*.

Michael N. Schmitt, «'Cyber Operations and the Jus in Bello: Key Issues'» (2011) *Israel Yearbook of Human Rights*.

Sanchez Medero Gema. «Ciberguerra y ciberterrorismo ¿realidad o ficción? Una nueva forma de guerra asimétrica». Amérigo Cuervo-Arango, Fernando; Peñaranda Algar, Julio. *Dos décadas de Posguerra Fría*. Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado, 2009. Tomo I, p. 215-241.

Stefan A. Kaiser «The Concept of Interference in Telecommunications», *Outer Spaceand Cyber Activities* (2022).

Treves T. Diritto Internazionale. Problemi fondamentali, Milano, (2005).

Verschoor/Kopal *An Introduction to Space Law*, Austin / Bostom**, 3.** Ed 2008 Marchisión, Article IX in: Hobe/Schimidt - Tedd/Schrogel (eds.), Cologne Commentary on Space Law Vol. 1 Cologne 2009

Verdross/Simma *Völkerrecht*, Nr. 1288.

Von Der Heydte, *Völkerrecht***.**

Otro material de apoyo

- Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development | Department of Economic and Social Affairs.
- Diccionario jurídico LEY.
- http://nuclearenergy.ir/wpcontent/uploads/2013/11/tallinn_manual.pdf
- ¿Qué es el malware? | IBM.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- ¿Qué es un ciberataque? Todo lo que necesita saber (softwarelab.org)
- Definición de Interferencia (ondas) - función, ecuaciones, y elementos (significado.com).
- https://www.elespanol.com/mundo/europa/20220304/otan-descarta-exclusion-ucrania-no-queremos-rusia/654684770_0.html
- Cooperación espacial para el desarrollo | Noticias ONU.
- Wikipedia, la enciclopedia libre.
- www.bbc.com/mundo/noticias
- Spoofing y jamming sobre los GNSS | INCIBE-CERT | INCIBE.
- Price, Jamming and the Law of International Communications 5 Michigan Journal of International law (1984).
- Black, Black´s Law Dictionary, St. Paul Minn. West Publishing, abridged 6th ed, 1991.
- ITGovernance, available under https://www.itgovernance.co.uk/blog/list-of-data-breaches-and-cyber-attacks-in-february-2022-5-1-million-records-breached
- ¿Ciber activistas o ciberdelincuentes? Los ataques que tumbaron las webs de la SGAE y Cultura dividen Internet —Para unos son vandalismo y para otros una nueva forma de protesta— En breve serán delito en España. ELPAIS.com. 20.10.2010.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

LA RESPONSABILIDAD DEL ESTADO POR LOS DAÑOS CAUSADOS POR SATÉLITES EN DESUSO: ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO ARGENTINO. LEY N.º 26.944[1]

ARGENTINA'S STATE LIABILITY FOR DAMAGES CAUSED BY DISUSED SATELLITES: ANALYSIS OF THE REGULATORY FRAMEWORK. LAW N.º 26.944

Dña. Evelyn Patrizia Gottschau, PhD[2]
gottschaupa@gmail.com
https://www.linkedin.com/in/patrizia-gottschau-99817087/

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. CONSIDERACIONES PRELIMINARES. 1.1. Contexto fáctico del problema jurídico. 1.2. Hipótesis de trabajo. 2. MARCO JURÍDICO INTERNACIONAL APLICABLE. 2.1. Convenio sobre Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales. 2.2. Principios de prevención en actividades riesgosas. 3. DERECHO ESPACIAL ARGENTINO. 3.1. CONAE y el régimen de registro. 3.2. ARSAT S.A. y las empresas públicas espaciales. 4. INSUFICIENCIA DE LA LEY 26.944 DE RESPONSABILIDAD DEL ESTADO. 4.1. Análisis de la Responsabilidad por riesgo o vicio de la cosa del CCyCN. 4.2. Falta de servicio. 4.3. Responsabilidad por omisión. 4.4. Responsabilidad por actividad legítima. 4.5. Responsabilidad del Estado en las Provincias y en CABA. 4.6. La paradoja del propietario argentino: triple exclusión normativa. 5. ANÁLISIS COMPARATIVO: LA DESIGUALDAD MANIFIESTA. 5.1. Cuadro comparativo de la Responsabilidad del Convenio y la LRE. 6. CONCLUSIONES. 7. BIBLIOGRAFÍA.

1 Tesis en prensa en la Editorial BdeF Argentina.

2 Abogada, Especialista en derecho aeronáutico y espacial (INDAE). Doctora en Ciencias Jurídicas - Universidad del Salvador- Buenos Aires.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Resumen: El presente artículo analiza la insuficiencia del marco normativo argentino para regular la responsabilidad del Estado por daños causados por satélites en desuso, evidenciando una grave desprotección del propietario nacional. Se examina la aplicabilidad de la Ley 26.944 de Responsabilidad del Estado en el contexto espacial, identificando vacíos normativos significativos que generan una triple exclusión: del Convenio Internacional (Art. VII), del Código Civil y Comercial (Art. 1.º Ley 26.944), y una protección insuficiente bajo la propia Ley de Responsabilidad del Estado. La investigación adopta una metodología jurídica deductiva, descriptiva y exploratoria, articulando principios del derecho espacial internacional con la normativa interna. Se concluye que la legislación vigente presenta limitaciones estructurales que vulneran el principio de igualdad constitucional al otorgar menor protección al nacional que al extranjero, requiriendo reformas específicas para adecuarse a los compromisos internacionales asumidos por Argentina.

Palabras Clave: Responsabilidad del Estado; Derecho Espacial; Satélites en Desuso; Convenio de Responsabilidad Internacional; Derecho Civil; Exclusión Normativa.

Abstract: *This article examines the inadequacy of the current Argentine regulatory framework in governing State liability for damages caused by disused satellites, evidencing serious lack of protection for national landowners. The study analyzes the applicability of Law No. 26.944 on State Liability in the space context, identifying significant normative gaps that generate a triple exclusion: from the International Convention (Art. VII), from the Civil and Commercial Code (Art. 1.º Law 26.944), and insufficient protection under the State Liability Law itself. The research adopts a deductive, descriptive and exploratory legal methodology, articulating principles of international space law with domestic regulations. The conclusion establishes that current legislation presents structural limitations that violate the constitutional principle of equality by providing less protection to nationals than to foreigners, requiring specific reforms to comply with international commitments undertaken by Argentina.*

Key Words: *State Liability; Space Law; Disused Satellites; International Liability Convention; Civil Law; Normative Exclusion.*

1. INTRODUCCIÓN. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

El presente estudio se realiza teniendo en cuenta que, en el ordenamiento jurídico argentino, la noción de un «derecho administrativo privado» carece de recepción sistemática y desarrollo autónomo, a diferencia de lo que acontece en el Estado español, donde el instituto ha encontrado reconocimiento doctrinal y normativo. Ello se explica, fundamentalmente, por la estructura y la lógica misma de nuestro Derecho Administrativo, cuya matriz histórico-dogmática —heredada de la tradición francesa del *droit administratif*— se ha edificado sobre la base de un criterio orgánico-funcional y de un régimen jurídico exorbitante del derecho común, reservado a las relaciones en las que la Administración Pública actúa *iure imperii*.

Esta particularidad adquiere singular relevancia cuando se trata de analizar la responsabilidad del Estado por daños derivados de actividades espaciales, donde

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

convergen elementos de derecho público y privado, nacional e internacional, que desafían las categorías tradicionales del derecho administrativo argentino.

1.1. Contexto fáctico del problema jurídico

El desarrollo acelerado de las actividades espaciales ha generado un complejo entramado de desafíos jurídicos que requieren abordaje integral y preventivo. Argentina, como Estado Parte del Convenio sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales de 1972, asume compromisos internacionales que no encuentran adecuada recepción en su ordenamiento jurídico interno.

La problemática de los satélites en desuso adquiere particular relevancia considerando que estos objetos mantienen capacidad dañosa durante décadas tras finalizar su vida útil operativa. El caso del satélite ruso Cosmos 954, que se desintegró sobre territorio canadiense en 1978 causando contaminación radiactiva en un área equivalente al tamaño de Austria, constituye precedente paradigmático de los riesgos asociados (Cohen, 1984).

En el contexto argentino, ARSAT S.A., creada por Ley 26.092, opera satélites geoestacionarios que eventualmente requerirán procesos de deorbitación controlada o enfrentarán reingreso no controlado. La ausencia de marco normativo específico genera incertidumbre jurídica tanto para operadores privados como para el Estado Nacional, pero fundamentalmente deja en situación de desprotección a los propietarios nacionales que pueden sufrir daños por objetos espaciales argentinos.

En el contexto del Decreto 70/2023 se dictaron las Resoluciones 1 a 4 del 2024 por ENACOM mediante las cuales se permitió a las empresas STARLINK, AMAZON, ONEWEB, TIBRO NETHERLANDS y SATELLOGIC la entrada al país para establecer servicios por internet, evidenciando la apertura comercial del sector espacial argentino sin el correspondiente marco regulatorio de responsabilidad.

1.2. Hipótesis de trabajo

La Ley 26.944 de Responsabilidad del Estado presenta insuficiencias normativas significativas que generan una situación de desprotección jurídica para el propietario argentino frente a daños causados por satélites en desuso de matrícula nacional.

Esta situación se configura mediante una triple exclusión normativa: (i) exclusión del Convenio Internacional que otorga mejor protección (Art. VII); (ii) exclusión de las normas del Código Civil y Comercial de la Nación sobre responsabilidad objetiva (Art. 1.º Ley 26.944); y (iii) insuficiencia de los factores de atribución de la propia Ley 26.944 para casos de daños espaciales. Esta configuración normativa vulnera el principio constitucional de igualdad al otorgar menor protección al nacional que al extranjero ante idénticos daños causados por objetos espaciales argentinos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2. MARCO JURÍDICO INTERNACIONAL APLICABLE

2.1. Convenio sobre Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales

El Convenio de 1972, ratificado por Argentina mediante Ley 23.335, constituye el instrumento fundamental que regula la responsabilidad de los Estados por daños causados por objetos espaciales. Este convenio establece un régimen de responsabilidad internacional dual que, paradójicamente, excluye de su protección a los nacionales del Estado de lanzamiento.

a) Responsabilidad absoluta (Artículo II):

Un Estado de lanzamiento tiene responsabilidad absoluta —*sine delicto*— por los daños causados por un objeto espacial suyo en la superficie de la Tierra o a aeronaves en vuelo. Esta responsabilidad objetiva se justifica porque la actividad espacial es inherentemente riesgosa, el objeto espacial tiene posición ventajosa respecto a terceros en tierra, y existe imposibilidad para la víctima de obtener prueba de la culpa del operador espacial.

b) Responsabilidad subjetiva (Artículo III):

Cuando los daños se producen fuera de la superficie terrestre, el Estado de lanzamiento es responsable únicamente cuando los daños se hayan producido por su culpa o por culpa de las personas de que sea responsable.

c) Responsabilidad mancomunada/solidaria (Artículos IV y V):

Para daños producidos a un tercer Estado fuera de la superficie terrestre, previendo responsabilidad solidaria de dos o más Estados que lancen conjuntamente un objeto espacial. En el artículo IV se establece la responsabilidad subjetiva a un tercer Estado cuando los daños sufridos fuera de la superficie de la Tierra por un objeto espacial de un Estado de Lanzamiento o por las personas o los bienes a bordo de ese objeto espacial, sean causados por un objeto espacial de otro Estado de lanzamiento, y cuando de ello se deriven daños para un tercer Estado, los dos Estados serán mancomunada y solidariamente responsables ante el tercer Estado.

d) Negligencia grave (Artículo VI):

Se establece la exoneración de responsabilidad fundada en la culpa de la víctima, aunque no habrá tal exoneración si la actividad espacial es violatoria del derecho internacional. El artículo VI establece la exoneración de la responsabilidad absoluta si demuestra que los daños son total o parcialmente resultado de negligencia grave o de un acto de omisión cometido con la intención de causar daños por parte de un Estado demandante.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.1.1. La exclusión crítica del art. VII del Convenio

Sin embargo, el elemento más relevante para nuestro análisis es la exclusión establecida en el artículo VII del Convenio, que dispone:

> *«Las disposiciones del presente Convenio no se aplicarán a los daños causados por un objeto espacial del Estado de lanzamiento a nacionales de dicho Estado de lanzamiento ni a los nacionales de un País extranjero mientras participen en las operaciones de ese objeto espacial».*

Esta exclusión genera la primera barrera normativa que enfrenta el propietario argentino, quien queda automáticamente excluido de la protección del régimen internacional más favorable, debiendo recurrir necesariamente a las vías internas del derecho argentino.

2.1.2. Conceptos de «Responsibility» y «Liability»

Williams (1998) destaca la dificultad de distinguir en español los conceptos de «responsibility» y «liability» del sistema del *common law*, señalando que «aparece claramente la distinción entre "international responsibility" (responsabilidad internacional del Estado por violación de una obligación internacional) e "international liability" (compensación debida a la víctima como consecuencia de esa violación)».

La determinación de la responsabilidad, en el sentido de compensación *(liability)* en el espacio ultraterrestre, es dificultosa ya que generalmente se producen colisiones entre objetos grandes, activos o no, con otros pequeños (fragmentos de segunda generación) no identificables. Como explica Castillo Argañaras (2008), «las condiciones de violación de una obligación internacional varían según que ésta exija del Estado una actividad específicamente determinada o se limite a exigirle la obtención de cierto resultado dejándole la libre elección de los medios necesarios a tal efecto». De acuerdo con ello, señala Argañaras, siguiendo a George T. Hackett (2008), el deber de hacer el pago como consecuencia de un delito internacional es definido como *«liability»* para quien implica la obligación legal de reparar y *«responsibility»* el daño que surge por no cumplir con aquella obligación legal que había sido impuesta.

Barboza (2022) sostiene que en el espacio ultraterrestre existe una especie de orden público internacional, establecida por la necesidad de dicha actividad, donde con la sola demostración del daño se debe indemnizar. Su razonamiento se extiende: siendo de utilidad social la actividad peligrosa, no sería apropiado que esos costos estuvieran solo a cargo de una persona, aunque fuera el explotador de la actividad: deben ser soportados por el resto de la sociedad.

2.1.3. Estados de lanzamiento y objetos registrables

El artículo I del Convenio define «Estado de lanzamiento» incluyendo tanto al Estado que lance o promueva el lanzamiento como al Estado desde cuyo territorio

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

o instalaciones se lance el objeto. La identificación del Estado de lanzamiento se establece como necesaria en el momento de reconocer la responsabilidad que pueda serle atribuida como Estado de registro.

El Convenio sobre Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre, en su artículo I, nos indica que se entenderá por «Estado de Registro» un Estado de lanzamiento en cuyo registro se inscribe un objeto espacial de acuerdo con su artículo II.

2.2. Principios de prevención en actividades riesgosas

El Tratado del Espacio Ultraterrestre de 1967, ratificado por Argentina mediante Ley 17.989, establece en su artículo VI la responsabilidad internacional de los Estados por actividades nacionales espaciales, imponiendo deber absoluto de vigilancia y fiscalización sobre las mismas, tanto en el caso de empresas gubernamentales como no gubernamentales (Ford, 1996).

El artículo VII del Tratado concuerda con el Artículo I del Convenio de 1972, arriba transcripto, respecto a los supuestos de Estados de lanzamiento, estableciendo responsabilidad internacional por daños causados a otro Estado Parte. Esta regulación, en conjunto con el artículo IX que establece el principio de no contaminación del espacio ultraterrestre, genera obligaciones específicas para prevención de daños y control de objetos espaciales.

Aclárese que bajo el tratado y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre los Estados no están obligados a dictar leyes nacionales, pero deben cumplir con los requerimientos contenidos en el artículo VI del Tratado que prescribe que serán responsables internacionalmente de las actividades de sus nacionales que realicen en el espacio ultraterrestre.

En el derecho interno argentino, la prevención como principio rector adquiere relevancia en el marco del Código Civil y Comercial de la Nación (artículos 1721, 1722, 1733 y 1757), especialmente en actividades riesgosas o peligrosas por su naturaleza. El artículo 1757 consagra una responsabilidad objetiva, incluso si se han cumplido medidas técnicas de prevención, reafirmando la exigencia de no dañar injustamente al otro (Pizarro & Vallespinos, 2017).

3. DERECHO ESPACIAL ARGENTINO

3.1. CONAE y el régimen de registro

La Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), creada por Decreto 995/91, constituye el organismo rector de las actividades espaciales. El Decreto 125/95 estableció el Registro Nacional de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre, operado por CONAE conforme las obligaciones del Convenio sobre Registro de 1975.

Se ha creado el Registro Nacional de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre bajo la órbita de la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales) que a su

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

vez se encuentra dentro de las atribuciones del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, que tiene a su cargo llevar adelante el Plan Espacial Nacional.

El registro argentino contempla la inscripción obligatoria de objetos espaciales para asignar jurisdicción y control sobre los mismos. Como observa Bruno (2013), «los registros a crearse deberán determinar la obligación de marcar el objeto de tal manera que pueda ser fácilmente identificable; todo ello para una eventual imputación de responsabilidad».

3.2. ARSAT S.A. y las empresas públicas espaciales

ARSAT S.A., creada por Ley 26.092 como sociedad anónima con participación estatal mayoritaria, opera bajo régimen jurídico mixto combinando elementos de derecho público y privado. El artículo 3.º de su ley de creación excluye expresamente la aplicación de la Ley de Procedimientos Administrativos y el régimen de contrataciones públicas.

Esta estructura societaria plantea interrogantes sobre aplicabilidad del régimen de responsabilidad estatal cuando los daños se produzcan por satélites operados por ARSAT. La Procuración del Tesoro de la Nación (Dictámenes: 307:91; 219:145) ha sostenido que las sociedades anónimas de propiedad estatal «utilizan formas privadas y aplican derecho privado», pero mantienen sujeción a «ciertas normas y principios de derecho público no incompatibles con las finalidades de su creación».

4. INSUFICIENCIA DE LA LEY 26.944 DE RESPONSABILIDAD DEL ESTADO

La Ley N.º 26.944 de Responsabilidad del Estado, establece el régimen jurídico aplicable a la responsabilidad patrimonial del Estado por los daños que su actividad o inactividad produzca a los bienes o derechos de las personas. Sin embargo, la ley presenta significativas limitaciones al excluir expresamente la aplicación directa o subsidiaria del Código Civil y Comercial de la Nación (artículo 1.º), permitiendo únicamente su aplicación analógica.

Por otra parte, el Código Civil y Comercial en su artículo 1765 indica que «la responsabilidad del Estado se rige por las normas y principios del derecho administrativo nacional o local según corresponda». La escisión normativa entre ambos cuerpos legales ha generado intensa discusión doctrinaria y jurisprudencial, especialmente en lo relativo a la aplicación analógica de principios del derecho privado.

4.1. Análisis de la responsabilidad por riesgo o vicio de la cosa del Código Civil y Comercial de la Nación

El Código Civil y Comercial de la Nación (26994) circunscribe en los artículos 1764 a 1766 la responsabilidad del Estado al derecho administrativo nacional o

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

local. Como sostiene Cassagne (2014), se podrán adoptar los preceptos del Código a los fines y principios del derecho administrativo, existiendo instituciones troncales del sistema jurídico que resulta conveniente y hasta necesario sean reguladas por el Código Civil.

Receptada en el artículo 1757 del actual CCyCN, sección séptima de la responsabilidad derivada de la intervención de cosas y de ciertas actividades, prescribe que «Toda persona responde por el daño causado por el riesgo o vicio de las cosas, o de las actividades riesgosas o peligrosas por su naturaleza, por los medios empleados o por las circunstancias de su realización. La responsabilidad es objetiva. No son eximentes la autorización administrativa para el uso de la cosa o la realización de la actividad, ni el cumplimiento de las técnicas de prevención».

En este punto, adviértase la diferenciación entre el riesgo y el vicio de la cosa, Trigo Represas señalando a Orgaz y Zavala de González (1989), señala que trata de dos casos distintos en sus fundamentos y efectos. Se traduce en una consecuencia práctica: así el que invoca un daño causado por el vicio de la cosa debe probar su existencia —es decir defecto de fabricación, o de conservación, o mala calidad de la cosa— y establecer la conexión causal de ese vicio con el daño, mientras que en la responsabilidad por el riesgo solo se necesita demostrar la relación causal adecuada entre la actividad riesgosa con cosas y el daño.

Ello así, requiere que un elemento subjetivo típicamente una conducta culposa subjetiva del dueño de la cosa en el vicio atento a que el daño se produce por el desgaste o falla material de la cosa lo cual podría haberse evitado. En el riesgo de la cosa, a diferencia solo se necesita un fundamento objetivo, la teoría del «riesgo creado» de la cosa con independencia de toda idea de culpa, lo cual resulta de interés para el presente trabajo.

Llambías (1989) por su parte, sostiene que el vocablo «riesgo» denota un sentido genérico, dentro del cual puede quedar comprendida cualquier circunstancia susceptible de crear la contingencia o posibilidad de un daño, como puede serlo entre otras, la existencia de un «vicio» en la cosa, en cuyo supuesto será éste el generador del riesgo del cual se derivaría el detrimento o menoscabo.

Se recuerda, como lo señala Silva Tamayo (2015), que habrá responsabilidad del Estado por actividad lícita en los supuestos en los que el Estado, en ejercicio de su actividad extracontractual legítima, esto es, sin que medie una actuación irregular, y en procura de un beneficio para la comunidad, origina un daño particularizado, generándose así su responsabilidad, que se hace efectiva mediante indemnización o restitución.

La Ley de Responsabilidad (26.944) no contempla el presupuesto de daños causados por las cosas de propiedad estatal ni tampoco por los daños causados por el riesgo o vicio de ellas. Restringe el ámbito de aplicación a la actividad ilegítima y no prevé la falta de servicio y la omisión que el normal cumplimiento del servicio pueda, ante diversas circunstancias, ocasionar un daño indemnizable.

Como ya se señalara, el artículo primero de la LRE, excluye expresamente las disposiciones del Código Civil, deja latente la aplicación analógica del sistema privatista

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

en materia de responsabilidad del Estado y con ello se ha eliminado la reparación del daño causado por quien ha obrado (solo incluye la actividad no la inactividad o la omisión) con dolo o culpa.

En efecto, la aplicación analógica vulnera principios generales del derecho, principios que surgieron del ámbito del derecho común como el del enriquecimiento sin causa, el deber de reparar los daños por causa de delitos o cuasidelitos, la prescripción, abuso del derecho.

Anteriormente, la Jurisprudencia y la doctrina se ha apoyado en el art. 1113 del Código Civil, según el cual «la obligación del que ha causado un daño se extiende a los daños que causaren... las cosas de que se sirve, o que tiene a su cuidado» y también «en los supuestos de daños causados con las cosas, el dueño o guardián, para eximirse de responsabilidad, deberá demostrar que de su parte no hubo culpa; pero si el daño hubiere sido causado por el riesgo o vicio de la cosa, solo se eximirá total o parcialmente de responsabilidad acreditando la culpa de la víctima o de un tercero por quien no debe responder. Si la cosa hubiese sido usada contra la voluntad expresa o presunta del dueño o guardián, no será responsable».

Kemelmajer de Carlucci[3], se ha pronunciado en el sentido que el art. 1113 del Código Civil regulaba el daño causado con o por las cosas, en conjunto con el art. 1112, error estatal en la elección de los agentes.

En efecto, la Corte Suprema de Justicia de la Nación en un fallo de septiembre del 2022, ha sostenido que para tener configurada la obligación estatal de resarcir debe acreditarse: a) la presencia de un daño cierto b) que el Estado haya incurrido en una falta de servicio, tal como se concebía en el art. 1112 del Código Civil y c) la existencia de una relación de causalidad directa entre la conducta estatal impugnada y el daño cuya reparación se persigue (Fallos: 328: 2546; 341:1555, entre otros).

4.2. Falta de servicio

La idea objetiva de falta de servicio supone que quien titulariza la obligación de prestar un servicio lo debe realizar en condiciones adecuadas para llenar el fin para el que ha sido establecido, y es responsable de los daños causados por incumplimientos o su ejecución irregular (Fallos 331:1690 entre otros). La falta de servicio que la CSJN ha fundado en la aplicación del art. 1112 del anterior Código Civil supuso erigir una vía de atribución de responsabilidad que desplaza del terreno del derecho público otros factores de atribución de naturaleza civilista, como los previstos en el anterior art. 1113 de ese Código (doctrina también aplicada en Fallos 317:1233; 329: 2088 y 330:2748).

La Corte sostiene que el Estado solo responde si incumplió con su deber legal que le impone obstar el evento lesivo, puesto que una conclusión contraria llevaría al

3 Jueza de la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Mendoza e Integrante de la Comisión creada por el decreto 191/2011 que tuvo a su cargo la redacción del anteproyecto del Código Civil y Comercial de la Nación.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

irrazonable extremo de convertirlo en un ente asegurador de todo hecho dañoso que se cometiera (Fallos: 329:2088 y 332: 2328).

Balbín (2016), por su parte afirma que el Código Civil establecía la responsabilidad por el riesgo de las cosas (art. 1113), y no así por el riesgo por los servicios o actividades. Es decir que el art. 1112 hacía responder al Estado por los servicios prestados de modo irregular, pero no por el simple riesgo creado por tales servicios.

Así en el fallo Mosca (Fallos 330:563) la Corte sostuvo «Esa responsabilidad directa basada en la falta de servicio y definida por esta Corte como una violación o anormalidad frente a las obligaciones del servicio regular, entraña una apreciación en concreto que toma en cuenta la naturaleza de la actividad, los medios de que dispone el servicio, el lazo que une a la víctima con el servicio y el grado de previsibilidad del daño (Fallos: 321:1124). Dicho con otras palabras, no se trata de un juicio sobre la conducta de los agentes sino sobre la prestación del servicio y, por ello, la responsabilidad involucrada no es subjetiva, sino objetiva».

Volviendo a la premisa, la LRE (Ley N.º 26.944) omite el criterio de ruptura de la imputabilidad del actuar de los agentes públicos al Estado. Los arts. 3.º y 4.º se refieren solo a la imputabilidad material a un órgano estatal, al establecer los requisitos de encuadre para su actividad lícita o ilícita que causare una conducta reprochable.

En ese sentido, lo esencial representa la actividad o inactividad de los funcionarios y agentes públicos *en el ejercicio de sus funciones* por no cumplir sino de una manera irregular las obligaciones legales que les están impuestas.

La responsabilidad de la LRE es de naturaleza objetiva, siguiendo la doctrina recaída en el caso «Vadell» (Fallos 306:2027), en la que se determinó que si se produjo un hecho dañoso alcanza para determinar el factor objetivo de la imputación de responsabilidad.

El Código Civil y Comercial de la Nación en el art. 1722 y 1723 prescribe que el factor de atribución es objetivo cuando la culpa del agente es irrelevante a los efectos de atribuir responsabilidad y que constituye responsabilidad objetiva cuando de las circunstancias de la obligación o de lo convenido por las partes, surge que se debe obtener un resultado determinado.

En cuanto al tipo de responsabilidad, la LRE ha otorgado acertadamente el carácter de directa y no refleja o indirecta ya que la misma se ha derivado de la teoría del órgano, en definitiva, cualquier funcionario de la estructura de la Administración Pública se identifica con la propia Administración.

La expresión directa, así Zavala de González y González Zavala (2015), significa que se prohíbe una instrumentación inmediata o sin más de las normas sobre responsabilidad, es decir no es operativa. Tampoco admite una aplicación en defecto, es decir subsidiaria.

La exclusión de la responsabilidad del Estado en el nuevo Código Civil y Comercial divide la responsabilidad de personas privadas, regulada por el derecho común y la estatal. Ello, incluye cualquier actuación en ámbitos públicos por cualquier otro posible dañador, como daños sufridos en establecimientos educativos públicos

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

frente a daños en establecimientos privados, debiendo suscitarse en competencias judiciales diferentes, agraviando la garantía de igualdad y el derecho de reparación consagrada en la Constitución Nacional.

La LRE, por su parte, ha intentado establecer un régimen unitario en base a doctrina judicial pretoriana, sin perjuicio de que tanto CABA como las provincias han dictado sus normas específicas o se han adherido a la ley nacional, es decir como en la Argentina rige el sistema federal, las provincias conservan todo el poder no delegado a la Nación (ver art. 121 y 122 de la C.N.), y ello también puede acarrear diferentes criterios de apreciación normativa.

Sin perjuicio de ello, deberá atenerse a la continua actividad jurisdiccional para el establecimiento de la existencia o no del deber de soportar el daño, estudiar el origen del hecho que lo causó y el universo que lo comprende para finalmente determinar si existe o no responsabilidad del Estado para responder.

Para mermar la brecha, entre el derecho común y el derecho público, Kemelmejer de Carlucci (2001), se ha pronunciado en favor de la tendencia que el derecho de daños está presidido por reglas comunes, sin perjuicio de reconocer que en el ámbito de la responsabilidad del Estado existen principios propios en razón de que el Estado persigue fines comunes a todos los individuos que integran la sociedad.

Resulta, entonces, necesaria una teoría única del deber de responder, con principios generales en materia de responsabilidad, sin perjuicio de los específicos en cada orden normativo, así Zavala de González y González Zavala (2015), señalan como anticuadas las elaboraciones que distinguen entre aplicación de principios de justicia conmutativa a una responsabilidad de carácter privado —contractual o extracontractual— mientras que la responsabilidad estatal se caracterizaría por la «repartición proporcional de las cargas y beneficios de la vida en común entre los miembros —partes de la comunidad» *como asunto de justicia distributiva que sería autónomo y exclusivo del derecho público*.

La diferencia entre un régimen normativo y otro recae en el principio de justa reparación de perjuicios causados, el deber de no dañar no distingue la identidad del dañador (art. 19 de la Constitución Nacional).

La Corte Suprema de Justicia de la Nación en la sentencia del 5/8/1986 del caso *«Santa Coloma contra Ferrocarriles»*, que Kemelmejer de Carlucci cita, se pronuncia en ese sentido al decidir que, si la violación de un derecho constitucionalmente amparado no se repara, o se otorgan sumas insignificantes, el mentado derecho no existe; si frente a la violación de ese derecho (por ej. La propiedad, la salud) queda sin respuesta adecuada, se debe concluir que ese derecho no es tal.

Volviendo a la LRE, ésta determina que la responsabilidad del Estado es objetiva además de directa, poniendo el énfasis en el punto de quiebre que se sostiene con el daño cierto y actual, (excluyéndose el daño futuro) debidamente acreditado por quien lo invoca y mensurable en dinero; Imputabilidad material de la actividad a un órgano estatal; relación de causalidad directa, inmediata y exclusiva entre la actividad estatal y el daño y la verificación de la existencia de un sacrificio especial en el

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

afectado y la ausencia de un deber jurídico a su cargo de soportar el daño (ver art. 3 y 4 de la Ley 26944).

Los tres primeros presupuestos requeridos en la LRE son comunes a los presupuestos requeridos para la responsabilidad estatal ilícita (falta de servicio).

4.3. Responsabilidad por omisión

La Responsabilidad Estatal por omisión o falta de servicio, requiere como presupuesto para su atribución, un deber concreto, no difuso, impreciso ni genérico.

Gambier (1991), analiza algunos aspectos que ocasionan la omisión del Estado a saber, vincula la responsabilidad del Estado con la noción del servicio público. Sostiene dicho doctrinario, que a pesar de que el Estado tiene a su cargo la seguridad de los ciudadanos, su educación, la preservación de su salud, la defensa de la Nación, no significa que la no consecución de esos fines trae como consecuencia la responsabilidad del estado, *per se*.

Se trata en definitiva que el ejercicio del poder de policía en cabeza del Estado se ejerza como un deber insoslayable e irrenunciable, cuyo ejercicio regular no genera *prima facie* responsabilidad, sí se originaría en el caso de ejercicio de dicha potestad en forma irregular.

Es dable recordar, que también la Corte Interamericana de Derechos Humanos en el caso *«González y otras (Campo Algodonero) vs. México del 16 de noviembre de 2009»,* consideró que se puede generar responsabilidad internacional para el Estado por actos cometidos por terceros o particulares, en el marco de las obligaciones del Estado de garantizar el respeto de esos derechos entre individuos. Así, en dicha decisión, se analiza que la atribución de responsabilidad al Estado por actos de particulares o terceros puede darse cuando el Estado incumple, por acción u omisión de sus agentes, en el marco de las obligaciones de garantizar el respeto de los derechos entre individuos. Esto se traduce en la adopción positiva por parte del Estado de medidas necesarias para asegurar la efectiva protección de los derechos en las relaciones entre individuos.

La CIDH (2006) desarrolla, en sus considerandos, la doctrina del riesgo previsible y evitable incorporada por el sistema europeo de derechos humanos, de la idea de un deber estatal de *debida diligencia* para la protección de los derechos frente a ciertas situaciones de riesgo para su ejercicio. Dicha doctrina determina el deber del Estado de adoptar medidas de prevención y protección por el conocimiento de una situación de riesgo real e inmediato para un individuo o grupo de individuos determinado y por la posibilidad razonable de prevenir o evitar ese riesgo.

Respecto del riesgo creado, señala que el Estado está obligado a proteger frente a un riesgo que él mismo creó, y tiene un deber particular de desactivar la situación de riesgo engendrado directamente.

La CSJN en su evolución jurisprudencial reconoce la responsabilidad por su actividad lícita, sostuvo a través de los años, en principio el deber de soportar el daño

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

implica una limitación del derecho; incluye también los perjuicios derivados de riesgos tales como el riesgo general, el riesgo inherente al servicio, el riesgo empresario, el riesgo socialmente asumido, el riesgo propio de la actividad.

La teoría del riesgo se ha sustentado en tres criterios diferentes, así señala Pizarro (1999), que a) Teoría del riesgo creado, cuando el que es dueño o guardián de cosas riesgosas, o realiza actividades que por su naturaleza o forma en que se realiza genera riesgos potenciales a terceros debe responder por los daños que de ellos derivan. b) Teoría del riesgo beneficio criterio que acota la responsabilidad a los supuestos para el dueño o guardián de la cosa. Y c) Teoría del acto anormal: limita la doctrina del riesgo creado ya que postula que quien ocasiona un riesgo solo responde por sus consecuencias extraordinarias, resultantes de una actividad fuera de lo normal.

Las actividades riesgosas como señala Galdós (2016), por su naturaleza son las intrínsecamente dañosas, o sea las que tienen dañosidad o peligro en sí mismas. En ellas el daño constituye una consecuencia constitutiva propia o inherente de la actividad. Si bien, según el autor, adoptando las medidas de seguridad adecuadas es evitable, se trata de una contingencia con un alto grado de probabilidad de producción.

La responsabilidad del Estado por omisión se concreta cuando el Estado no hace lo que debe hacer y tenía su fundamento antes de la Ley 26.944 en los artículos 1112 y 1074 del Código Civil.

Los alcances de dicha responsabilidad se establecieron a través de varios precedentes. En el caso *Zacarías (Fallos: 321:1124)*, la CSJN señaló que «la falta de servicio es una violación o anormalidad frente a las obligaciones del servicio regular». En el caso *Cohen (Fallos: 329:2088)*, la CSJN indicó que «la circunstancia de que las actividades privadas se hallen sujetas a regulación estatal por razones de interés general... no releva de responsabilidad personal a quien las desarrolla ni torna al Estado en responsable de los daños que pudieran resultar del incumplimiento de los reglamentos dictados a tal efecto».

La distinción se basa en los casos de omisiones a mandatos expresos y determinados en una regla de derecho de la obligación de cumplir una serie de objetivos fijados por la ley solo de un modo general e indeterminado.

Las medidas adoptadas pueden ser contrarias al sistema jurídico pues muchas veces generan la prohibición de su ejercicio; para considerarlas legítimas deben pasar el test de convalidación que comprende su análisis conforme diversos aspectos tales como la buena fe, la interdicción de la arbitrariedad, la razonabilidad, el principio *pro homine* y el principio de proporcionalidad de la teoría alemana, que comprende el principio de adecuación, necesidad y proporcionalidad en su sentido estricto, que ha sido adoptada por la Corte IDH y por la CSJN (Aberstury-Gottschau, 2012).

Lo esencial en el derecho administrativo es que la responsabilidad objetiva se independiza de la falta de tal manera que abarca no solo a las leyes, reglamentos y/o actos administrativos válidos sino también a los ilegítimos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La terminología «responsabilidad objetiva» se la encuentra mencionada por primera vez en el caso *Vadell (Fallo: 306:2030),* en forma concordante con la sentencia dictada en el caso *Ferrocarril Oeste (Fallo: 182:5),* en cuanto responsabilidad extracontractual por actividad ilegítima, conforme a la cual para configurar la falta del servicio no hace falta identificar a la persona pues la falta se transforma en impersonal abarcando el *funcionamiento regular o irregular del servicio*, valorándose solo la prestación del servicio y apreciando si el daño causado al administrado es motivo de reparación (Cassagne, 2023).

4.4. Responsabilidad por actividad legítima

Con sustento en la doctrina del sacrificio especial, la responsabilidad derivada de actividades legítimas de la Administración ocurre cuando ésta sacrifica de manera desigual y desproporcionada intereses de particulares en beneficio del interés general, fundamentándose en el principio constitucional de la igualdad ante las cargas públicas.

En la Ley 26.944 se regula la responsabilidad por actividad legítima en el artículo 4.º, conformando los requisitos que establece dicho artículo y siempre de forma excepcional según el artículo 5.º.

El art. 4.º establece los siguientes requisitos: a) Daño cierto y actual; b) Imputabilidad material de la actividad a un órgano estatal; c) Relación de causalidad directa, inmediata y exclusiva entre la actividad estatal y el daño; d) Ausencia del deber de soportar el daño; y e) Sacrificio especial.

A contrario sensu, en la responsabilidad por actividad legítima del Estado el daño que se infringe al particular, que se produce por un acto y/o ley, formal o material no existe una conducta culposa o dolosa solo el daño «cierto y actual». Pero en su art. 5.º aclara que la responsabilidad del Estado por actividad legítima es de carácter excepcional y en ningún caso procede la reparación del lucro cesante, comprende el valor objetivo del bien y los daños que sean consecuencia directa e inmediata de la actividad desplegada por la autoridad pública.

Respecto de la verificación de la existencia de un sacrificio especial en el afectado, se deriva de criterios jurisprudenciales en el caso Buenos Aires Eximport y Revestek, cuando se puede determinar la atribución de un derecho adquirido con lo que cierra la posibilidad de contemplar otras situaciones jurídicas. Es decir, circunscribir el bien o el interés jurídicamente protegido que viola las garantías de la Constitución Nacional por las que pretende se active la responsabilidad del Estado.

En los casos Buenos Aires Eximport (Fallos 316:406) y Revestek (Fallos 318:531) se cuestionaron los perjuicios generados por modificaciones del Banco Central a las regulaciones del mercado cambiario. El primer caso, sobre el reclamo de una empresa que tenía una deuda en pesos con el Estado Nacional y que luego consolidó en dólares estadounidenses. El Banco Central cambió la regulación del mercado cambiario poco después, lo que obligó a la actora a liquidar los intereses de su deuda en dólares. La Corte rechazó el cuestionamiento a las medidas cambiarias por ser aplicable a un gran número de individuos y reconoció la imposibilidad de resarcir a todos ellos en caso de encontrar responsabilidad del Estado.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El máximo tribunal en ocasiones ha considerado el criterio cuantitativo, a mayor número de individuos afectados, menos especial es el sacrificio. En otros ha prevalecido la pauta cualitativa, es decir la gravedad del daño, en tanto se exige que el perjuicio exceda la medida de lo que corresponde normal y razonablemente soportar «sacrificio especial» (Bianchi, 2018).

Pueden coexistir los factores de atribución subjetiva y objetiva ya que puede agregarse la culpa al riesgo o vicio de la cosa del dueño o guardián de la cosa y también podría establecerse una concurrencia dual de responsabilidad del estado.

Es decir, se aplica la teoría de un sistema de reparación objetiva esto es que la lesión de derechos particulares susceptibles de indemnización no comprende los daños que fuesen consecuencias normales de la actividad lícita desarrollada, el sacrificio impuesto en forma particular a la actora en beneficio de la comunidad no es propio que sea soportado únicamente por aquella.

Así se encuentra reflejado en el inc. e) del art. 4 de la LRE que exige que el perjuicio sea diferenciado del que sufre el resto de la comunidad.

En efecto corresponde recordar, que los principios del derecho administrativo han sido desarrollados a partir del derecho civil, dado que no existía una regulación propia en el derecho administrativo. Al aplicar la interpretación analógica se otorga a los jueces un ámbito mayor de discrecionalidad, debiendo primero recurrir a otras reglas del derecho administrativo y en *ultima ratio* ante lagunas legales (como el de la teoría de riesgos) aplicar las reglas del derecho privado, lo cual queda a criterio del Juez.

Por último, cabe referirse al alcance de la reparación por los daños ocasionados por su actividad lícita, que fue variando a través de los años. El último fallo como ya señalara «*Malma Trading*» de 2014, donde, en los votos de Highton de Nolasco, Fayt y Maqueda, se señala que es «esencial a esta clase de responsabilidad que la actividad administrativa se constituya en causa eficiente de un perjuicio particular para conseguir —a través de él— finalidades de interés general o colectivo, y que la actividad del Estado debe haber producido una lesión a una situación jurídicamente protegida». Se reconoció el «anticipo a cuenta no recuperado», rechazó «el reconocimiento de los perjuicios que la actora manifestó haber sufrido en concepto de daño emergente», ni tampoco hizo lugar al lucro cesante; ello atento el precedente del voto de la jueza Highton de Nolasco en la causa «*El Jacarandá*» (Fallos 328:2654). Por otra parte, Lorenzetti, en su voto estimó que correspondía hacer lugar a la demanda solo en relación al «anticipo a cuenta no recuperado» y el Petracchi votó en disidencia ya que, según él, «el accionante no había demostrado que la normativa impugnada le hubiera generado daños que, por constituir consecuencias anormales significasen un verdadero sacrificio desigual».

Pretorianamente la Corte en algunos casos ha admitido la reparación amplia así en *«Sánchez Granel»* (Fallos 306:1409), distinto fue el alcance dado en el caso *«Cantón»* (Fallos 301:403), donde se hizo lugar al daño emergente pero no al lucro cesante por aplicación analógica de la Ley de Expropiaciones en el mismo sentido restringido se decidió en *«Motor Once»* (Fallos 312:649).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Va de suyo señalar que el nuevo Código Civil y Comercial consagra la indemnización integral para caso de incumplimiento obligacional y derivados de responsabilidad por actos ilícitos (ver art. 1738 y 1740 CCyCN) y plena salvo motivos equitativos para su reducción (ver art. 1742 CCyCN).

En el mismo sentido se ha expresado, Zavala de González y González Zavala (2015), cuando afirma que cualquier limitación significaría mantener la desigualdad (...). Es inadmisible dejar *«a la víctima resarcida a medias (...) si el daño no es resarcido plenamente (...), pues el damnificado sigue soportando una carga mayor que el resto de los habitantes que se benefician con el obrar estatal»*.

No así para la actividad lícita, sino que como principio general y de acuerdo con la LRE no corresponde el lucro cesante ya que la imputación de la responsabilidad por actividad legítima es de carácter excepcional, lo cual resulta cuestionable porque atenta contra la doctrina judicial desarrollado, la exclusión dogmática al derecho al reclamo de la reparación que abarque el lucro cesante en los casos que pudieran suscitarse en el futuro.

En cuanto a las reparaciones y su extensión la Corte Interamericana de Derechos Humanos en conjunto con el Comité Derechos Humanos de la ONU han establecido que la reparación, en el ámbito internacional debe ser «suficiente, efectiva y completa». Así en el caso García Lucero y otras vs. Chile, sentencia del 28 de agosto de 2013, ha señalado que las decisiones en la jurisdicción contencioso-administrativa «pueden ser relevantes en lo que concierne a la obligación de reparar integralmente una violación de derecho».

A mayor abundamiento, los tratados internacionales han sido incorporados en nuestra Constitución Nacional por lo que tienen rango superior a leyes nacionales debiendo ser aplicados de manera directa en nuestro país. La Convención Americana en el art. 63.1 abarca la acreditación de daños en la esfera material e inmaterial, ello a los fines de consolidar el Estado de derecho y la vigencia de los derechos humanos. La CIDH tiene la facultad de supervisar el cumplimiento por parte de sus Estados miembros y fiscalizar su debida implementación.

Por su parte el artículo 41 del Convenio Europeo para la Protección de los Derechos Humanos y las Libertades Fundamentales ha incorporado el concepto de satisfacción equitativa o justa indemnización, el cual deberá ser efectivizado a través de los tribunales internos en un plazo razonable.

Podríamos pensar en una aplicación del art. 4.º de la LRE para el caso en estudio, pero la indemnización/compensación no satisface el alcance que le otorga el Convenio, esto es según el art. XII se determinará conforme el derecho internacional y a los principios de equidad y justicia a fin de reparar esos daños de manera tal que se reponga a la persona, física o moral en la condición que habría existido de no haber ocurrido los daños.

Corresponde, por tanto, a los jueces evaluar en cada caso el factor generalizado de la atribución del riesgo o en particular el vicio de la cosa o precisarlo en la falta de servicio para imputar la responsabilidad del estado adecuada y en consecuencia ordenar la justa indemnización.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

4.5. Responsabilidad del Estado en las provincias y en CABA

Las leyes de Responsabilidad del Estado son de competencia local, sin perjuicio de ello y atento a las sinnúmero controversias ocasionadas en torno a ello en los últimos artículos de la Ley 26944 se invitó a las distintas provincias y a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a adherirse a la misma. Las siguientes provincias han dictado sus propias leyes de responsabilidad, o se han adherido a la normativa nacional en rigor de verdad las siguientes:

- Por Ley 7179 se adhiere la Provincia de Santiago del Estero.
- Por Ley N.º 5536 Decreto N.º 755 se ha adherido la Provincia de Catamarca.
- Ley N.º 10.636 de responsabilidad del Estado de la Provincia de Entre Ríos.
- Mención especial merece la Ley N.º 8968 del régimen patrimonial del Estado de la Provincia de Mendoza.
- Ley N.º 560 de responsabilidad patrimonial de la Provincia de Chubut.
- Por Ley N.º 3396 se adhirió la Provincia de Santa Cruz.
- Ley N° 5339 de la Provincia de Rio Negro.
- Ley N° 10004 de la Provincia de La Rioja.
- Ley N.º 6325 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Por lo demás, las provincias que no tienen leyes propias, según gran parte de la doctrina, aplican en forma analógica el Código Civil y Comercial de la Nación.

Cassagne (2014) ha advertido que no es necesario un respaldo de reconocimiento de normas positivas para que surja la responsabilidad ya que ellos derivan del principio general del *«alterum non laedere»*, así señala que: «Los principios generales hállense o no regulados por el derecho positivo prevalecen sobre las normas y constituyen mandatos carentes de supuestos de hecho que el intérprete completa, en su aplicación al caso, mediante una labor de ponderación, conforme a las reglas de la razonabilidad práctica».

El principio que aquí se estipula es el de la igualdad ante las cargas públicas y la reparabilidad de los sacrificios patrimoniales fundados en razones de interés público.

4.6. La paradoja del propietario argentino: triple exclusión normativa

4.6.1. Primera exclusión: art. VII del Convenio Internacional

El propietario argentino está expresamente excluido de la protección del Convenio de Responsabilidad por ser nacional del Estado de lanzamiento.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Esta exclusión le impide acceder a:

- Responsabilidad absoluta sin prueba de culpa (Art. II).
- Indemnización plena y equitativa según derecho internacional (Art. XII).
- Cobertura de daños directos, indirectos, diferidos y remotos.
- Prescripción de solo 1 año desde identificación del Estado responsable (Art. X).

4.6.2. Segunda exclusión: art. 1.º Ley 26.944

El propietario argentino tampoco puede aplicar las disposiciones del Código Civil y Comercial que establecen un régimen más favorable para actividades riesgosas:

- Responsabilidad objetiva por riesgo de la cosa (Art. 1757 CCyCN).
- No eximentes por autorización administrativa o cumplimiento de técnicas de prevención.
- Indemnización integral (Art. 1740 CCyCN) que incluye lucro cesante.

4.6.3. Tercera exclusión: Insuficiencia de la Ley 26.944

Finalmente, los factores de atribución de la Ley 26.944 resultan inadecuados para casos de daños espaciales:

Para actividad ilegítima (Art. 3.º):

- Requiere «falta de servicio consistente en actuación u omisión irregular».
- Problema: Un satélite que reingresa descontroladamente por fin de vida útil no constituye necesariamente falta de servicio si técnicamente era imprevisible o si se siguieron protocolos internacionales.

Para actividad legítima (Art. 4.º):

- Requiere «sacrificio especial» diferenciado y afectación de «derecho adquirido».
- Problema: El propietario no tiene derecho adquirido a la inmunidad espacial, y cualquier propietario podría sufrir el mismo riesgo.

4.6.4. Análisis de causalidad restrictiva

El art. 3.º inc. c) para el caso de la reparación por actividad ilegítima requiere una relación de causalidad adecuada entre la actividad o inactividad del órgano y el daño cuya reparación se persigue; mientras que para la actividad legítima en el art. 4.º inc. c) requiere una relación de causalidad directa, inmediata y exclusiva entre la actividad estatal y el daño.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La relación de causalidad está presente en sus dos sentidos: 1.º) desde el daño hacia atrás, hacia el pasado, determina la autoría del daño, y 2.º) desde el daño hacia adelante, hacia el futuro, señala la extensión del resarcimiento, dando lugar a las consecuencias indemnizables (inmediatas, mediatas previsibles, casuales, nunca las remotas).

En el caso de satélites en desuso, estos requisitos de causalidad presentan serias dificultades:

- La causalidad puede ser remota en el tiempo (años entre el fin de operaciones y el reingreso).
- Múltiples factores pueden contribuir al daño (condiciones atmosféricas, degradación orbital, fallas técnicas).
- Difícil probar exclusividad del nexo causal cuando intervienen factores externos.

4.6.5. Exoneraciones amplias vs. estándar internacional

La LRE en su art. 2.º prevé exenciones generales de responsabilidad por caso fortuito o por fuerza mayor o por el hecho de la víctima o por un tercero por quien el Estado no debe responder implica suprimir todo factor de imputación lo cual significa que en los hechos el Estado no deba responder si se lo interpreta estrictamente con ese alcance.

Esto contrasta con el Convenio Internacional que en su artículo VI establece exoneraciones muy restringidas, señalando que no se concede exención alguna en los casos en que los daños sean resultado de actividades desarrolladas por un Estado de lanzamiento donde no se respete el derecho internacional.

5. ANÁLISIS COMPARATIVO: LA DESIGUALDAD MANIFIESTA

5.1. Cuadro comparativo de la Responsabilidad del Convenio y la LRE

Aspecto	Ley 26.944	Convenio
Naturaleza de la responsabilidad	Objetiva (limitada).	Objetiva Absoluta art. II (solo por el daño causado) y subjetiva art. III. (a otro Estado) y IV (a un tercer Estado) fuera de la superficie de la Tierra y por culpa del Estado demandado.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Aspecto	Ley 26.944	Convenio
Actividad ilegítima	art. 3) Daño cierto, Imputabilidad material de la actividad o inactividad del Estado. Relación de causalidad adecuada, falta de servicio.	No aplicable a nacionales del Estado de lanzamiento
Actividad legítima	art. 4) Daño cierto y actual, Imputabilidad material de la actividad del Estado, Relación de causalidad directa, inmediata y exclusiva, entre la actividad estatal y el daño, ausencia del deber de soportar el daño, y sacrificio especial.	Cobertura a daños sin prueba de culpa en superficie terrestre, y aeronaves en vuelo. Fuera de la superficie de la Tierra se funda en la culpa.
Alcance territorial	Territorio argentino	Internacional y espacial
Responsabilidad solidaria y/o mancomunada	No regulada específicamente	Entre Estados participantes en lanzamientos conjuntos
Exoneraciones	Fuerza mayor, terceros, hecho de la víctima.	Muy restringidas (negligencia grave o dolo Art. VI.)
Compensación-indemnización	Valor objetivo del bien y los daños que sean consecuencia directa e inmediata de la actividad desplegada por la autoridad pública	Indemnización plena y equitativa según derecho internacional
Prescripción	3 años	1 año (art. X del Convenio) a contar de la fecha que se produzcan los daños o en que se haya identificado al Estado de lanzamiento responsable.
Excepciones		El tratado no se aplica a los daños causados por un objeto espacial del Estado de lanzamiento a Nacionales de dicho Estado de lanzamiento y a Nacionales de un país Extranjero mientras participan en las operaciones de ese objeto espacial. (art. VII)

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

6. CONCLUSIONES

La investigación confirma la hipótesis planteada: la Ley 26.944 de Responsabilidad del Estado presenta insuficiencias estructurales para regular los daños causados por satélites en desuso, generando una situación de desprotección jurídica para el propietario argentino mediante una triple exclusión normativa que vulnera el principio constitucional de igualdad.

6.1. Confirmación de la triple exclusión normativa

El análisis efectuado demuestra que el propietario argentino enfrenta una situación jurídica paradójica al quedar excluido de tres niveles de protección normativa:

- **Primer nivel - Exclusión internacional:** El artículo VII del Convenio sobre Responsabilidad Internacional impide al nacional acceder al régimen más favorable de responsabilidad absoluta y reparación integral previsto para extranjeros. Esta exclusión, aunque comprensible desde la perspectiva del derecho internacional público, genera una discriminación material que debe ser compensada por el ordenamiento interno.
- **Segundo nivel - Exclusión del derecho común:** El artículo 1.º de la Ley 26.944 impide la aplicación directa o subsidiaria del Código Civil y Comercial, privando al damnificado del régimen de responsabilidad objetiva por actividades riesgosas (art. 1757) y de la reparación integral (art. 1740) que sí sería aplicable en relaciones entre particulares.
- **Tercer nivel - Insuficiencia del régimen administrativo:** Los factores de atribución de la propia Ley 26.944 resultan inadecuados para casos espaciales, tanto por las exigencias restrictivas del concepto de "falta de servicio" como por las limitaciones del «sacrificio especial» en actividades de interés general.

6.2. Vulneración del principio constitucional de igualdad

La configuración normativa actual establece un trato discriminatorio entre nacionales y extranjeros víctimas de idénticos daños causados por objetos espaciales argentinos, en territorio argentino violando el artículo 16 de la Constitución Nacional. Esta desigualdad se manifiesta en tres dimensiones:

- **Desigualdad sustantiva:** El extranjero accede a responsabilidad absoluta sin prueba de culpa, mientras el nacional debe demostrar falta de servicio o configurar sacrificio especial.
- **Desigualdad procedimental:** El extranjero goza de prescripción breve (1 año) y procedimientos internacionales simplificados, mientras el nacional enfrenta procedimientos administrativos complejos con mayores cargas probatorias.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- **Desigualdad reparatoria:** El extranjero tiene derecho a «reparación plena y equitativa» según estándares internacionales, mientras el nacional está limitado a reparaciones restringidas que excluyen el lucro cesante.

6.3. Urgencia derivada del contexto tecnológico actual

El crecimiento exponencial de las actividades espaciales torna urgente la reforma normativa por varios factores convergentes:

- **Proliferación satelital:** El incremento dramático de satélites en órbita (especialmente constelaciones LEO) aumenta estadísticamente la probabilidad de reingresos no controlados y, consecuentemente, de daños terrestres.
- **Apertura del mercado argentino:** Las autorizaciones recientes a empresas extranjeras (Starlink, Amazon, OneWeb) para operar en territorio nacional multiplican los riesgos sin el correspondiente marco regulatorio de responsabilidad.
- **Evolución tecnológica:** Los nuevos desarrollos en tecnología espacial (mini-satélites, CubeSats, constelaciones masivas) generan riesgos no contemplados en la normativa tradicional de responsabilidad estatal.
- **Envejecimiento de satélites existentes:** Los satélites argentinos actualmente en órbita (ARSAT-1, ARSAT-2) eventualmente requerirán gestión de fin de vida, situación para la cual el marco normativo actual es inadecuado.

6.4. Impacto en la seguridad jurídica y el desarrollo sectorial

La ausencia de un marco regulatorio adecuado genera múltiples efectos negativos:

- **Para los propietarios:** Incertidumbre sobre sus derechos y las vías de reparación disponibles en caso de daños espaciales, para los propietarios de nacionalidad argentina.
- **Para el Estado:** Exposición a demandas internacionales por violación de tratados internacionales y riesgo de responsabilidad internacional por falta de debida diligencia.
- **Para el sector espacial:** Desincentivo a la inversión privada por la incertidumbre regulatoria y falta de marcos de responsabilidad predecibles.
- **Para el sistema jurídico:** Erosión de la coherencia sistémica y pérdida de confianza en la capacidad del ordenamiento para abordar desafíos tecnológicos emergentes.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

6.5. Propuestas de reforma normativa

Para superar las deficiencias identificadas, se proponen las siguientes reformas:

- **Reforma inmediata de la Ley 26.944:** Incorporación de un capítulo específico para actividades espaciales que establezca responsabilidad objetiva por daños causados por objetos espaciales, con reparación integral equivalente a los estándares internacionales.
- **Ley específica de responsabilidad espacial:** Creación de un régimen especial que contemple las particularidades técnicas y jurídicas de las actividades espaciales, incluyendo protocolos de gestión de fin de vida útil de objetos espaciales.

6.6. Reflexiones finales

La problemática analizada trasciende el ámbito puramente técnico-jurídico para convertirse en una cuestión de política pública y desarrollo nacional. Argentina, como país con aspiraciones espaciales legítimas y crecientes, no puede permitirse mantener un marco normativo que desprotege a sus propios nacionales frente a los riesgos derivados de sus actividades espaciales.

La triple exclusión normativa identificada no solo vulnera principios constitucionales fundamentales, sino que también debilita la posición argentina en el concierto internacional de naciones espaciales, al evidenciar deficiencias en su ordenamiento jurídico interno que pueden comprometer el cumplimiento de sus obligaciones internacionales.

La reforma del marco normativo de responsabilidad estatal por daños espaciales no constituye meramente una exigencia técnica, sino un imperativo de justicia que debe atender a la protección igualitaria de todos los habitantes del territorio nacional, sin discriminación basada en la nacionalidad, conforme lo establece el artículo 16 de la Constitución Nacional.

Es necesario, por tanto, que el legislador argentino tome conciencia de la urgencia de estas reformas y proceda a la adecuación del ordenamiento jurídico interno a los desafíos que plantea la era espacial, garantizando que el desarrollo de las actividades espaciales nacionales no se realice a costa de la desprotección jurídica de los propietarios argentinos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aberastury, P., & Gottschau, E. P. (2012). «Interrelación del derecho supranacional en el procedimiento administrativo nacional». En P. Aberastury & H. J. Blanke (Coords.), *Tendencias Actuales del Procedimiento Administrativo en Latinoamérica y Europa* (pp. 110-125). Eudeba-Fundación K. Adenauer.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Balbín, C. F. (2016). *Tratado de Derecho Administrativo* (Tomo III). La Ley.

Barboza, J. (2022). *La responsabilidad Internacional*. Organización de los Estados Americanos.

Bianchi, A. B. (2018). «La responsabilidad del Estado por actividad legislativa». *Revista de Derecho de Daños*, 2018-2, 295-320.

Bruno, G. (2013). «Política espacial. Registros de objetos lanzados al espacio ultraterrestre». *Microjuris*, MJ-DOC-6456-AR.

Cassagne, J. C. (2014). *Derecho Administrativo* (Tomo I). Abeledo Perrot.

Cassagne, J. C. (2023). «En torno al fundamento de la responsabilidad del Estado». *Revista Española de Derecho*, 99, 935-950.

Castillo Argañaras, M. (2008). *Derecho Internacional Público*. Editorial Advocatus.

Cohen, A. F. (1984). «Cosmos 954 and the International Law of Satellite Accidents». *Yale Journal of International Law*, 10, 78-114.

*Convenio sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales***.** (1972). Ratificado por Argentina mediante Ley 23.335.

Corte Interamericana de Derechos Humanos. (2006) Masacre de Pueblo Bello. Sentencia de 31 de enero de 2006, Serie C N.º 140 párr. 12 y 124.

Corte Interamericana de Derechos Humanos. (2009). *Campo Algodonero vs. México*. Sentencia de 16 de noviembre de 2009.

Corte Interamericana de Derechos Humanos. (2013). *García Lucero y otras vs. Chile.* Sentencia de 28 de agosto de 2013.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (1903). *Ferrocarril Oeste de Buenos Aires c. Provincia de Buenos Aires*. Fallos: 182:5.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (1979). *Cantón, Mario A. c. Gobierno Nacional.* Fallos: 301:403.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (1984). *Sánchez Granel, Décima c. Gobierno Nacional.* Fallos: 306:1409.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (1984). *Vadell, Jorge Fernando c. Provincia de Buenos Aires*. Fallos: 306:2030.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (1989). *Motor Once S.A. c. Municipalidad de la Capital*. Fallos: 312:649.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (1993). *Buenos Aires Eximport S.A. c/ Estado Nacional*. Fallos: 316:406.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (1994). *Vadell, Jorge Fernando c. Provincia de Buenos Aires*. Fallos: 317:1233.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (1995). *Revestek S.A. c. Estado Nacional.* Fallos: 318:531.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (1998). *Zacarías, Rubén A. c. Estado Nacional*. Fallos: 321:1124.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (2005). *El Jacarandá S.A. c. Estado Nacional*. Fallos: 328:2654.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (2005). *Aquino, Isacio c. Cargo Servicios Industriales S.A.* Fallos: 328:2546.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (2006). *Cohen, Mirta G. y otros c. Estado Nacional*. Fallos: 329:2088.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (2007). *Mosca, Hugo A. c. Provincia de Buenos Aires*. Fallos: 330:563.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (2008). *Ledesma, Marta B. c. Estado Nacional*. Fallos: 330:2748.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (2008). *Estado Nacional c. Fontana*. Fallos: 331:1690.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (2009). *Estado Nacional c. Acosta*. Fallos: 332:2328.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (2014). *Malma Trading Company S.R.L. c. Estado Nacional*. Fallos: 337:1125.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (2018). *Estado Nacional c. Lagos*. Fallos: 341:1555.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (2022). *Ceballos, Estefanía Itatí y otro c/ Dirección Nacional de Vialidad y otros s/ daños y perjuicios*. FCT 31010333/2006/3/RH1.

*Decreto N.º 125/95. Creación del Registro Nacional de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre***.** (1995). Boletín Oficial de la República Argentina.

*Decreto N.º 70/2023. Marco regulatorio para servicios satelitales***.** (2023). Boletín Oficial de la República Argentina.

Decreto N.º 995/91. Creación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). (1991). Boletín Oficial de la República Argentina.

Ford, N. (1996). «The 1967 Outer Space Treaty: Still Fit for Purpose?» *Space Policy*, 12(4), 131-136.

Galdós, J. M. (2016). *Responsabilidad Civil*. Editorial Hammurabi.

Gambier, B. (1991). *Responsabilidad del Estado*. Editorial Depalma.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Hackett, G. T. (2008). «State Responsibility for Space Debris». En M. Castillo Argañaras, *Derecho Internacional Público* (pp. 445-467). Editorial Advocatus.

Kemelmajer de Carlucci, A. (2001). «Los Dilemas de la Responsabilidad Civil». *Revista Chilena de Derecho*, 28(4), 671-695.

*Ley N.º 17.989. Tratado sobre los Principios que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre***.** (1967). Boletín Oficial de la República Argentina.

*Ley N.º 23.335. Convenio sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales***.** (1972). Boletín Oficial de la República Argentina.

Ley N.º 26.092. Creación de ARSAT S.A. (2006). Boletín Oficial de la República Argentina.

*Ley N.º 26.944 de Responsabilidad del Estado***.** (2014). Boletín Oficial de la República Argentina.

*Ley N.º 26.994. Código Civil y Comercial de la Nación***.** (2014). Boletín Oficial de la República Argentina.

Llambías, J. J. (1989). *Tratado de derecho civil. Obligaciones* (Tomo IV-A). Editorial Perrot.

Pizarro, R. D. (1999). *Responsabilidad Civil por Riesgo Creado y de Empresa*. Editorial Universidad.

Pizarro, R. D., & Vallespinos, C. G. (2017). *Instituciones de Derecho Privado - Obligaciones* (Tomo 5). Editorial Hammurabi.

Procuración del Tesoro de la Nación. Dictámenes 219:145 y 307:91.

*Resoluciones ENACOM N.º 1, 2, 3 y 4 de 2024. Autorización de ingreso de empresas satelitales extranjeras***.** (2024). Boletín Oficial de la República Argentina.

Silva Tamayo, G. E. (2015). «La responsabilidad estatal en la Ley 26944». *Revista de Derecho Administrativo*, 97, 67-89.

Trigo Represas, F. A. (1989). «Responsabilidad Civil por riesgo o vicio de la cosa». *La Ley*, 1989-E, 8-15.

Williams, S. M. (1998). *El riesgo ambiental y su regulación, Derecho Internacional y Comparado, Residuos Espaciales, Protección de la Capa de Ozono*. Abeledo Perrot.

Zavala de González, M., & González Zavala, R. (2015). *La responsabilidad civil en el nuevo Código* (Tomo IV, arts. 1760 a 1780). Ediciones Alveroni.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

CARENCIAS DEL ARBITRAJE INTERNACIONAL COMO MEDIO DE RESOLUCIÓN DE DISPUTAS DEL SECTOR DEDICADO A LAS ACTIVIDADES DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE

SHORTCOMINGS OF INTERNATIONAL ARBITRATION AS A MEANS OF DISPUTE RESOLUTION IN THE SECTOR DEDICATED TO EXTRATERRESTRIAL ACTIVITIES

D. Javier Medina Castro
Contracts Manager - Airbus Crisa
javier.medina-castro@airbus.com

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. MARCO TEÓRICO. 2.1. El Derecho del espacio ultraterrestre. 2.1.1. El *Corpus iuris spatialis*. 2.1.2. Regulaciones nacionales del espacio ultraterrestre. 2.1.3. Regulaciones del comercio espacial por la Agencia Espacial Europa. 2.2. Normativas internacionales involucradas. 2.2.1. Convención Internacional de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías. 2.2.2. Normas de arbitraje: Reglas Cámara de Comercio Internacional. 2.2.3. Normas de arbitraje: Reglamento de la Corte Permanente de Arbitraje para los Asuntos del Espacio Ultraterrestre. 3. LAS LAGUNAS ARBITRALES. 3.1. Lagunas relacionadas con la forma del arbitraje. 3.1.1. Número de árbitros de la corte arbitral. 3.1.2. Arbitraje de derecho o de equidad. 3.1.3. Legislación aplicable. 3.2. Ausencias en el contenido jurídico del arbitraje. 3.2.1. La propiedad intelectual e industrial. 3.2.2. La responsabilidad civil por daño. 4. CONCLUSIONES 5. BIBLIOGRAFÍA. 5.1. Legislación citada. 5.2. Resoluciones y jurisprudencia referenciada.

Resumen: El espacio ultraterrestre es un territorio cada vez más frecuentado y deseado por las diferentes capacidades nacionales y comerciales de cada Estado. El espacio se está convirtiendo en un objeto de disputa tanto a nivel geopolítico como en el plano del mercado privado en el que las empresas del Old y el Next Space compiten por permane-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

cer y crecer comercialmente. En este último ámbito, el sector privado ha incrementado tanto en número de compañías como en volumen de negocios por el interés que suscita el espacio. Y aquí es donde surgen una relevante problemática: la gestión de disputas. El sector dedicado a actividades espaciales no puede permitirse años para resolver una controversia, pues sus planificaciones son tan ajustadas que dicha situación los llevaría a la quiebra. Por tanto, el arbitraje internacional ha sido el método elegido por las empresas a nivel internacional para poner fin a esta problemática. Sin embargo, al ser un mercado alejado de los usos mercantiles comunes, presenta diversos problemas de adaptación. Será el objeto del presente trabajo mostrarlos y proponer soluciones al respecto.

Palabras Clave: Espacio ultraterrestre, actividades espaciales, gestión de disputas, arbitraje internacional, adaptación.

Abstract: *Outer space is a territory increasingly frequented and desired by several States and the commercial sector. Space is becoming an object of contention both at the geopolitical level and at the level of the private market in which Old and Next Space companies compete to remain and grow commercially. In the latter area, the private sector has increased in number of companies due to the interest in space. And this is where a problem arises: dispute management. The space sector cannot afford years to resolve a dispute, as their schedules are so tight that such a situation would lead to ruin. Therefore, international arbitration has been the method of choice for companies internationally to put an end to this problem. Nonetheless, as it is a sector far removed from usual business practices, it presents several adaptation issues. The purpose of this paper will be to show these problems and propose solutions*.

Key Words: *Outer Space, space activities, disputes management, international arbitration, adaptation.*

1. INTRODUCCIÓN

Las actividades dedicadas al uso del espacio ultraterrestre están sufriendo un incremento exponencial en nuestro tiempo. Hoy día, no sólo podemos hablar de cómo grandes agencias como la National Air and Space Administration (NASA) o la European Space Agency (ESA) hacen valía de programas multimillonarios a costa del contribuyente. Por el contrario, las últimas décadas, desde el comienzo de siglo, han supuesto la llegada de nuevas empresas privadas que están interesadas en desarrollar programas comerciales privados o colaboraciones público-privadas con los que conseguir rédito del uso de los múltiples recursos que proporciona el espacio. En otras palabras, estamos contemplando el inicio de una nueva era que muchos denominan *Next Space* o *New Space*[1].

1 El debate en torno a la denominación sobre la llegada del capital privado en masa al sector dedicado a las actividades espaciales es un punto doctrinal interesante de analizar. Por un lado, aquellos que se refieren a este fenómeno como *New space* optan por definirlo como aquella irrupción de compañías privadas ha sido rupturista por cuanto antes las agencias espaciales nacionales —o internacionales como en el caso europeo— eran las únicas que tenían capacidad para recaudar el presupuesto suficiente con el que poder construir objetos y vehículos espaciales. Por contrario, la mejora de la tecnología y el abaratamiento de los costes han permitido que entidades privadas puedan involucrarse en el sector, logrando un momento *New* frente a un *Old (Space)* en el

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Sin embargo, esta irrupción privada no viene libre de riesgos. A esta le han acompañado el incremento de las relaciones entre empresas privadas que necesitan, o bien, conformar consorcios mercantiles con los que poder abordar proyectos que requieren de múltiples tecnologías y gran presupuesto, o bien, de relaciones de compraventa de equipos (*v.gr.* compra de tecnología para completar un satélite) o usos de vehículos espaciales (*v.gr*. de lanzadores). Pues bien, el incremento de las relaciones interempresariales supone la existencia de un problema habitual en otros marcos comerciales: las disputas.

A tenor de lo expuesto, el presente artículo tendrá como objetivo principal estudiar el arbitraje como medio de resolución de disputas y las carencias que este tiene para solucionarlas en el marco del sector por su novedad y especialidad. Para tal fin, llevaremos un análisis sobre la literatura jurídica existente en relación con este tema, el análisis de las especialidades del sector sin respuesta jurídica por parte del arbitraje y la forma óptima de atender esta problemática a juicio del autor.

2. MARCO TEÓRICO

El derecho aplicado a las actividades espaciales no es nuevo, lleva desarrollándose desde mediados del siglo pasado. Durante la década de 1960, la regulación de este tipo de actividades tuvo un punto álgido con sucesivas declaraciones de principios que culminaron con la firma del Tratado del Espacio en 1967 y sus derivados consensos que conformaron el denominado *corpus iuris spatialis*[2]. Esta normativa tiene una clara vocación pública de controlar el comportamiento de los Estados en el espacio, así como, una intencionalidad de que estos sujeten a sus nacionales conforme a las obligaciones que, dichos Estados, han de cumplir. No obstante, no regulan estrictamente el comportamiento que pueden tener entre sí las personas (físicas o jurídicas) que se dediquen al sector de las actividades espaciales (Velázquez, 2013).

Por su parte, los países que han vivido un notorio incremento de este sector industrial dentro de sus fronteras se han aventurado a crear leyes espaciales. Su

---

que el espacio estaba al alcance exclusivamente de lo público. Por otro, aquellos que optan por llamarle *Next Space* lo conceptualizan como aquellas empresas privadas ya existían en el siglo XX y participaban en los programas de las agencias espaciales. Admiten que es cierto que las últimas décadas han supuesto un incremento de empresas dedicadas al sector que han traído proyectos de financiación íntegramente privada que han revolucionado la industria, pero sin que sea algo nuevo (*New*). Por tanto, estamos ante una evolución, una siguiente *(Next)* fase del sector (DÍAZ 2021).

2 A principios de la década de 1960 se promulgaron dos resoluciones internacionales consistente en declaraciones de principios que sirvieron como base para la formulación del *corpus iuris spatialis*. Hablamos aquí de (1) la Resolución AGNU 1962 (XVIII), de 13 de diciembre, por la que se establece la Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre; y (2) Resolución AGNU 1884 (XVIII), de 17 de octubre de 1963, por la que se insta a no poner en órbita, ni en cuerpos celestes, armas nucleares o de destrucción en masa. Con esta base, se logró conformar el Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, más conocido como Tratado del Espacio. Este supuso el primer pilar de los cinco Tratados que conforman el cuerpo normativo espacial.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

vocación general ha sido asegurar el cumplimiento de las obligaciones estatales a nivel internacional. No cuentan, por línea general, con el propósito de convertir a la industria espacial en un sector regulado (Bank, 2011). Hecho que, como veremos, ha conllevado a múltiples problemas para el sector espacial.

No encontramos una regulación mercantil de las empresas hasta la llegada del Reglamento de Condiciones y Cláusulas de Contratación de la Agencia Espacial Europea (ESA/REG/002, rev. 4). Esta se trata de una normativa que estandariza las relaciones comerciales que se vayan a dedicar a un programa de dicha Agencia. Su carencia parte de que es un reglamento derivado de la competencia que concede el Convenio de Creación de la Agencia Espacial Europea de 1975 y que, su aplicación, se limita a sus propios programas (Schmidt-Tedd, 2011). Por tanto, continuamos sin tener una norma que regule el comercio espacial internacional ni, por ende, aspectos claves para resolver un arbitraje de sus caracteres.

En virtud de la ausencia de reglas tasadas, las empresas se ajustan, para poder desarrollar su comercio, a lo convenido en contratos comerciales[3]. Estas normas componen un amplio catálogo, pero, dado el objeto de esta obra, nos centraremos en las relacionadas con el arbitraje.

Así pues, en las siguientes páginas trataremos de visualizar el contenido de las disposiciones mencionadas con la finalidad de que podamos conocer dónde estamos y qué nos falta para tener procesos arbitrales con todas las garantías.

2.1. El Derecho del espacio ultraterrestre

2.1.1. El *Corpus iuris spatialis*

El *corpus iuris spatialis* es un cuerpo normativo internacional que regula indirectamente al sector dedicado a las actividades del espacio ultraterrestre. Este control no se ejerce por medio de la Sociedad Internacional, sino a través de los Estados miembros que ejercen su propia soberanía (Bank, 2011).

Al hilo del objeto que aquí nos acomete, la cuestión a focalizar es el análisis sobre hasta qué punto las compañías están regularizadas por esta normativa. En este sentido, podríamos indicar que este cuerpo normativo contiene las siguientes características en sus relaciones comerciales:

- Las compañías privadas pueden utilizar los recursos espaciales, sin apropiarse de ningún cuerpo celeste. Recordemos que el espacio es una *res communis omnium,* en tanto que no quita que sus bienes sean extraíbles y pertenezcan a la *res commercium* siempre que se adquieran a través de un negocio previamente permitido por el Estado (Castán, 1996).

3 Recordemos que el sector espacial tiene una clara vocación de comercio internacional, puesto que, sin perjuicio de las relaciones empresariales que tenga un país *ad intra*, la mayor parte de proyectos y programas involucran, al menos, a una empresa con distinta nacionalidad a la mayoritaria.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- Los Estados han de conceder licencias de uso espaciales o establecer requisitos en forma de obligaciones legales para hacer cumplir a las personas bajo su jurisdicción las obligaciones convenidas internacionalmente.
- Las compañías serán responsables por daños dado que el Estado, como sujeto internacional encargado de sufragar cualquier indemnización de tales caracteres, podrá repetir contra las entidades privadas responsables.
- Las compañías han de tener políticas efectivas de reducción de la contaminación espacial. Hito al que ya ponen especial énfasis varias agencias espaciales como la Agencia Espacial Europea, la cual requiere el cumplimiento de su *ESA Space Debris Mitigation Compliance Verification Guidelines*[4].

Así pues, podemos comprobar como las obligaciones emanadas de estos tratados no son *res intra comercium*. Por contrario, el *corpus iuris spatialis* traza obligaciones transversales que los Estados deben exigir a sus ciudadanos para que la utilización del espacio sea pacífica y armonizada. No existen aquí obligaciones de responsabilidad entre empresas privadas, sino que todo se centra en las medidas de protección que han de requerir los Estados a las compañías que, bajo su jurisdicción, quieran entrar en el mercado espacial. No regula, pues, cuestiones mercantiles, sólo hitos que el derecho público ha de exigir al privado.

Podríamos llegar a pensar que esta carencia podría quedar cubierta por legislaciones nacionales que adapten y completen el panorama del sector espacial. En cambio, la realidad es que los textos nacionales sólo interpretan el cuerpo normativo internacional y adaptan, matizan o completan algunas de sus conceptualizaciones jurídicas (Velázquez, 2013)[5]. Veámoslo en el siguiente apartado.

2.1.2. Regulaciones nacionales del espacio ultraterrestre

Los Estados han optado por regular las cuestiones vinculadas con el sector espacial. No obstante, estudiar cada una en detalle podría llevarnos a una obra en sí misma. Por consiguiente, nos centraremos en analizar tres legislaciones: (1) las leyes estadounidenses por el impacto y peso que tiene su economía en el comercio internacional; (2) la legislación del Reino Unido por la variedad de temas jurídicos que regula y (3) la normativa francesa por el interés que supone el haber regulado el concepto de «daño».

En cuanto a Estados Unidos, su primera norma fue la Ley Nacional de Aeronáutica y del Espacio del año 1958, (en inglés, *National Aeronautics and Space Act*) actualizada y desarrollada con posterioridad por la Ley de Lanzamientos Comerciales de 1984 (en inglés, *The Commercial Space Launch Act*) y la Ley de Competitividad de los Lanzamientos Espaciales Comerciales de Estados Unidos del 2015 (en inglés,

4 Véase dicho documento en el siguiente enlace: https://sdup.esoc.esa.int/documents/download/ESSB-HB-U-002-Issue214February2023.pdf

5 *V. gr.* la normativa francesa matiza el concepto de responsabilidad por daño.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

US Commercial Space Launch Competitiveness Act). Sin intención de exponer aquí todo el conjunto normativo de dicho país, lo más relevante de su legislación es el listado de finalidades que, en estas, se proponen: promover, incentivar y facilitar los lanzamientos y/o actividades espaciales de sus empresas nacionales. Para tal objeto, se fija el deber obtener una licencia administrativa con la que el sujeto privado obtendría la autorización para operar en uno de sus puertos espaciales. De igual manera, se exige una autorización de análogos caracteres en el caso de que un ciudadano nacional —persona física o jurídica— quisiera lanzar un objeto espacial y/o un cohete desde fuera del territorio norteamericano.

Por su parte, la relevancia del espacio exterior en su política nacional se acaba de evidenciar en el Código Federal de los Estados Unidos, en el que existen preceptos para establecer mínimos del programa nacional espacial (Título 42, capítulo 26), políticas para la teleobservación (Título 15, Capítulo 82) y programas comerciales espaciales (Título 51). Cabe resaltar que, en su articulado, se exige la participación de todos los actores en la defensa territorial contra aquellos objetos que pudieran poner en peligro la integridad terrestre, como asteroides o cometas.

En relación con el caso británico, su primera regulación fue la Ley del Espacio Ultraterrestre de 1986 (en inglés, *Outer Space Act*), la cual establece como sujetos a todos los nacionales británicos, incluyendo a las entidades escocesas y toda aquella incorporada al derecho británico en función de la Ley de Nacionalidad Británica de 1981 (en inglés, *British Nationality Act*). En esta ley espacial, se establece un articulado de 15 preceptos en los que se estipulan los requisitos de licencia y la responsabilidad civil en caso de daño o pérdida por parte del operador. Posteriormente, esta legislación fue actualizada con la Ley sobre Industria Espacial de 2018 (en inglés, *Space Industry Act*), careciendo esta de nada especialmente relevante para el presente caso.

Por último, en lo referente a Francia, promulgó su Ley n.º 2008-518, de 3 de junio de 2008, de Operaciones Espaciales (en francés, *Loi relative aux opérations spatiales*). Esta ha sido reconocida por introducir en el concepto «daño» el perjuicio causado al medioambiente por ejercicios espaciales. Su normativa se ajusta a los puntos comunes con otras legislaciones, de modo que fija la necesidad de obtener autorización o licencia para operar en el espacio y requiere garantías morales, financieras y profesionales, y mantiene un régimen de responsabilidad civil en el que se estipulan unos mínimos que deben cubrir los seguros contratados por las entidades espaciales bajo su jurisdicción, en tanto que reserva el derecho al Estado de rebajar tal cuantía.

En resumidas cuentas, las legislaciones nacionales transponen sus obligaciones internacionales al ordenamiento interno. En algunos aspectos, llega a completar la comprensión jurídica de determinados términos o el alcance de las licencias. No obstante, si bien es cierto que estas regulaciones imponen obligaciones a las compañías que desarrollen el sector espacial en dichos países, no regulan las materias más complejas: las relaciones entre empresas.

Tal es así que la pregunta que podemos formularnos en torno al tema que aquí abordamos es clara: ¿cómo se puede garantizar protección jurídica a las empresas

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

sin una regulación concreta a la que se someta el juez o árbitro? ¿Las empresas pueden permitirse el tiempo que tarda en responder la jurisdicción ordinaria? ¿El arbitraje resulta una mejor opción? ¿Con qué reglas?

En definitiva, observamos una regulación nacional preocupada por promover el sector, pero cuyo contenido se centra en controlar el cumplimiento de las obligaciones internacionales estatales por medio de licencias, obligar a las compañías a tener seguros de responsabilidad civil o matizar conceptos jurídicos (De las Mercedes, 2021). Estas normas no ponen el foco en las relaciones mercantiles, dando lugar a que las empresas tengan que blindar sus relaciones comerciales por acuerdos *inter pares* para evitar males mayores, incluso en las colaboraciones público-privadas (Sánchez, 2021). El resultado es que, en palabras de Elriz & Newman (2011, p. 252), para las empresas:

> *«Es esencial que […] los términos y condiciones contractuales sean claros e inequívocos, y que las partes comprendan el significado y la intención de todos y cada uno de los párrafos, incluidos los requisitos técnicos. Los compradores no deben tener miedo de añadir numerosas definiciones y aclaraciones a lo largo de los documentos que conforman el contrato, ya que esto ayudará a aliviar malentendidos a lo largo de la vigencia del contrato y a lograr un programa exitoso y sin confrontaciones. […] No importa cuán detallados sean los documentos del contrato, habrá desacuerdos entre las partes, pero si estos desacuerdos se pueden controlar y mantener de forma objetiva y práctica, se encontrará una resolución satisfactoria»*[6].

2.1.3. Regulaciones del comercio espacial por la Agencia Espacial Europa

La Agencia Espacial Europea (en adelante, la Agencia) ha promovido la industria espacial desde, prácticamente, su creación, por lo que ha requerido de una estandarización de los términos en los que se base las relaciones entre compañías privadas que participen en sus programas. Desde la llegada del *Next Space* (o *New Space*) y el incremento de las empresas europeas dedicadas a un mismo programa, la Agencia ha optado por regular el máximo detalle posible de los procesos de licitación y las condiciones de contratación. Así nace el Reglamento de Condiciones y Cláusulas Generales de contratación, n.º ESA/REG/002, rev. 4 (en adelante, el Reglamento CCG).

---

6 Traducción propia, el texto original se dispone como sigue «It is essential that […] the contractual terms and conditions are clear and unambiguous and that the parties understand the meaning and intent of each and every paragraph, including the technical requirements. Buyers should not be afraid to add numerous definitions and clarifications throughout the documents that form the contract, as this will help alleviate misunderstandings throughout the life of the contract and make for a successful and non-confrontational program. […] No matter how detailed the contract documents are, there will be disagreements between the parties. But if these disagreements can be controlled and kept unemotional and practical, a satisfactory resolution will be found without resorting to the external remedies available to the parties as provided for in the contract».

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Sin embargo, el Reglamento es escueto en la regulación de la resolución de disputas. Más concretamente, fija que, en caso de no haberse solucionado una disputa por conciliación, las Partes habrán de someterse a arbitraje. Nada más. El Reglamento no especifica el tipo de arbitraje, lugar o idioma. Serán las Partes las que deberán pactar contractualmente las normas de arbitraje a las que se someterán. En ausencia de estas, el Reglamento sí declara que las Partes quedarán sometidas a las Reglas de la Cámara de Comercio Internacional.

Resulta interesante comprender cómo la Agencia no concede la potestad de resolver las problemáticas a un Tribunal nacional. Por contrario, las disputas con sede en un contrato derivado de la Agencia se resolverán por arbitraje. Denotando el interés por resolver las problemáticas a la mayor brevedad posible.

Sin perjuicio de lo expuesto, el Reglamento CCG tiene una limitación: sólo es exigible en los programas financiados por la Agencia, las relaciones íntegramente privadas quedan al margen. Por tanto, volvemos al punto de partida, pues tenemos un reglamento que estandariza términos interempresariales, pero carente de valor fuera de los programas de la Agencia.

2.2. Normativas internacionales involucradas

De todo lo anterior, podemos entender que (1) el sector dedicado a las actividades del espacio ultraterrestre está infra normativizado, a excepción de la protección que establece la Agencia Espacial Europea, la cual requiere de la introducción de toda una gama de temas jurídicos en sus contratos[7]; y (2) que el arbitraje es una opción asentada en el sector espacial. No obstante, ante la ausencia de una normativa que regule las relaciones con las peculiaridades del sector, en los contratos comerciales —fuera de aquellos que son directamente con la Agencia Espacial Europea—, las empresas han de sujetarse a las normativas comunes que sujetan el mercado internacional y fijar su sujeción a nivel contractual. Sin intención de hacer un resumen de todas ellas, nos centraremos aquí en mencionar aquellas más notorias para el sector: (1) la Convención de Naciones Unidas sobre la Compraventa Internacional de Mercaderías, (2) las Reglas de Arbitraje de la Cámara de Comercio internacional y (3) Reglamento de la Corte Permanente de Arbitraje para los Asuntos del Espacio Ultraterrestre.

2.2.1. Convención Internacional de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías

Las actividades dedicadas al uso del espacio ultraterrestre no son meramente empresas que lanzan cohetes y satélites a órbitas. Por un lado, estos son bienes que

7 A pesar de ello, seguimos hablando de que la Agencia exige que se cumpla las cláusulas del Reglamento en sus contratos, pero la modificación de sus preceptos está abierta a la libre autonomía de la voluntad de las partes. Es decir, no es una norma jurídica con rango de ley. Por tanto, continuamos hablando de falta de regulación.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

requieren de multitud de equipos adquiridos a distintas empresas (Schwenzer & Schroeter, 2022). Por otro, vehículos y objetos espaciales completamente ensamblados no dejan de ser bienes puestos en el mercado para su compraventa (Ravillon, 2016). Por este motivo, la Convención Internacional de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías (en adelante, CICCIM) resulta de aplicación al sector[8].

La relevancia de esta CICCIM radica en que las relaciones entre compañías espaciales suelen tener un fuerte componente internacional en sus relaciones comerciales. Así pues, resulta de relevancia dado que los contratos de compraventa suelen generar un marco regulatorio propio que cubre las lagunas que los ordenamientos tienen en esta materia. La CICCIM regula aspectos como la formación del contrato, derechos y obligaciones de las partes y penalizaciones en caso de incumplimiento (Honnold, 1999). A pesar de que no regula temas como la validez contractual o la propiedad, sí que proporciona una estructura uniforme y neutral que resulta útil en un sector tan poco regulado como el espacial (Schlechtriem & Butler, 2009).

En detrimento, la CICCM genera una armonización normativa en la compraventa de mercaderías espaciales con base en que evita tener que negociar determinadas cláusulas, reduce costos transaccionales al simplificar la redacción de contratos y, todo ello, sin que impida que las partes de un contrato puedan modificar o eliminar sus disposiciones.

Ahora bien, podríamos destacar que tiene dos limitaciones principales. Por un lado, la falta de doctrina jurídica aplicada al sector puede provocar discusión en torno a si puede considerarse «mercadería» a determinados bienes (Shwenzer, 2022). Por otro, la CICCIM no contiene ninguna de las especialidades del sector espacial que veíamos, por ejemplo, en el Reglamento CCG.

En otras palabras, se establece una sólida base de conceptos jurídicos que aplicar a los contratos del sector espacial con los que cubrir las lagunas de sus ordenamientos jurídicos en las relaciones comerciales. En tanto la falta de matización del concepto «mercadería» y la ausencia de especialización conllevan a lagunas para una completa protección jurídica del sector espacial (Ferrari, 2011).

2.2.2. Normas de arbitraje: Reglas Cámara de Comercio Internacional

El arbitraje es la opción preferente de resolución de disputas en los programas espaciales y el foco de aplicación suele ponerse, especialmente, sobre las Reglas de la cámara de Comercio Internacional (en adelante, RCCI). Las RCCI ofrecen un marco consolidado para la resolución de conflictos comerciales internacionales. Sus reglas,

8 Sin perjuicio de lo explicado, poca jurisprudencia existe de la aplicación de este Convenio al sector. Sin embargo, su relación se denota en casos como ICC Arbitration Case No. 8786 (1997). En este, el tribunal aplicó dicho Convenio en un contrato internacional de compraventa de equipamiento de alta tecnología, confirmando que la complejidad técnica no excluye la aplicabilidad de la Convención si se trata de una compraventa de bienes.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

actualizadas por última vez en 2021, buscan asegurar procedimientos eficientes, imparciales y adaptables a diversos contextos mercantiles.

Estas normas han sido las más utilizadas en el ámbito contractual del sector espacial. Sus normas han sido de aplicación en contratos de lanzamientos de satélites, fabricación de componentes y equipos espaciales, transferencia de tecnología y problemas entre consorcios internacionales (Smith & Baumann, 2019). Su atractivo en relación con el sector ha radicado en destinos aspectos entre los que podemos destacar:

- El ámbito global en el que se enmarca su redacción está alejado del ámbito regional (europeo), nacional o local adscrito a cortes arbitrales concretas.
- La flexibilidad procedimental adaptada al caso en cuestión según su complejidad técnica.
- La confidencialidad que ofrece a las Partes tanto de los términos contractuales acordados como del nivel técnico de sus productos.
- El gran reconocimiento que gozan sus laudos en detrimento del Convención de Nueva York de 1958.

Sin perjuicio de lo anterior, las RCCI tienen la desventaja de que no resuelven la problemática de la falta de adaptación a los usos del sector industrial dedicado a las actividades en el espacio ultraterrestre. Al fin y al cabo, las RCCI son un instrumento internacional, pero también intersectorial. Su finalidad consiste en que pueda sujetar a cualquier disputa comercial que pudiera surgir en el comercio internacional (Tronchetti, 2013).

Así pues, podríamos resumir la falta de adaptación de las RCCI al sector espacial en los siguientes hitos. Primero, no tiene un contenido adaptado. Como hemos mencionado, se trata de unas reglas intersectoriales, por lo que no atiende a la necesidad de buscar normas de solución de conflicto adaptada al contenido jurídico del sector que veíamos en el Reglamento CCG. Segundo, no contiene reglas específicas para disputas espaciales, lo que puede generar complejidad y conflicto en las decisiones en un área tan especializada (Tronchetti, 2013). Tercero, se deduce la ausencia de regulación legal del sector y potenciales conflictos con normas de Derecho Internacional Público puesto que muchas actividades espaciales están reguladas por tratados que no siempre son compatibles con soluciones puramente contractuales (Sundahl, 2009). Y, por último, la ausencia de árbitros especializados en vista que pocos profesionales cuentan con experiencia en arbitraje y derecho e ingeniería espacial (Lyall & Lahsen, 2024).

En definitiva, las RCCI representan una importante base para la resolución de disputas en el sector espacial gracias a su adaptabilidad y su reconocimiento internacional. Sin embargo, el crecimiento exponencial de las actividades espaciales y la complejidad inherente al sector lo vuelven incompleto (Llanas, 2021). No por ser carente de contenido jurídico, pues hemos mencionado que la intención de su creación es que tuviese vocación intersectorial. Por contrario, sus algunas se basan, en parte, por la falta de especialidad en relación con el sector y, en otra, por la ausencia de regulaciones normativas (Barahona, 2022).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

2.2.3. Normas de arbitraje: Reglamento de la Corte Permanente de Arbitraje para los Asuntos del Espacio Ultraterrestre

La Corte Permanente de Arbitraje se adelantó a las posibles disputas del sector espacial forjando un Reglamento para los Asuntos del Espacio Ultraterrestre en el año 2011 (en adelante, RCPA). Este busca completar el marco existente del derecho espacial derivado del *corpus iuris spatialis* y resultó el primer reglamento de arbitraje especializado íntegramente en las actividades del espacio exterior.

El RCPA contiene diversos puntos que pueden resultar favorables para la resolución de disputas:

- A diferencia de otros mecanismos internacionales, el RCPA permite resolver disputas entre todo tipo de actores, incluyendo alianzas público-privadas, operadores comerciales o agenciales gubernamentales, dando respuesta a la creciente privatización de los usos espaciales (JAKHU, PELTON 2017).
- El RCPA ofrece la oportunidad de incluir a expertos técnicos en el tribunal, permitiendo una evaluación más precisa de asuntos como la interferencia de señales, colisiones orbitales o fallos técnicos.
- La ejecución de sus laudos está alineada con la Convención de Nueva York de 1958 garantizando su eficacia jurídica.

Sin perjuicio de sus ventajes, el RCPA presenta también inconvenientes. Este reglamento no contiene derecho espacial sustantivo, simplemente se limita a fijar unas reglas procesales. De esta manera, al no resolver dudas relacionadas con el contenido del derecho espacial entre actores privados y entre estos y sus Estados, no permite ofrecer un procedimiento con todas las garantías dado que dicho fondo de asunto quedaría determinado por los contratos previos y las legislaciones genéricas que le fueran aplicables (Smith & Baumann, 2019). Ello se debe a que, por mucha norma procesal que fuere, si no existe un contenido jurídico estándar con una doctrina clara sobre las preocupaciones jurídicas que afectan a la industria espacial, no se puede ofrecer un proceso con plena seguridad jurídica. Además, otro gran inconveniente es que no se conocen casos públicos resueltos bajo este marco, a pesar de que fue publicado hace catorce años (Tronchetti, 2013).

El RCPA supuso un avance importante hacia la institucionalización del arbitraje espacial. Su diseño flexible, técnicamente informado y adaptable a una variedad de actores lo convierte en una herramienta moderna y prometedora. Sin embargo, su éxito ha sido escaso dado su baja aceptación práctica y la carencia de un marco jurídico sólido.

3. LAS LAGUNAS ARBITRALES

Los Tratados Internacionales y el conjunto del *corpus iuris spatialis* nacieron con una clara vocación de proteger a la Sociedad Internacional de los abusos que un Estado pudiera acometer si se hiciere con el control de la tecnología necesaria en el

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

espacio exterior. Normativizan toda una serie de conceptos jurídicos que los Estados han de cumplir. He ahí el problema. Regulan cuestiones relacionadas con los Estados que, a excepción de aspectos como la responsabilidad por daño, no existen preceptos enfocados al sector privado. Una evidente problemática que tiene difícil solución a tenor de lo complejo que resultaría reabrir los convenios del cuerpo jurídico espacial por el contexto geopolítico en el que nos hallamos. Sin ir más lejos, ni tan siquiera el *Acuerdo que debe regir las actividades espaciales de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes* ha tenido éxito en su ratificación[9]. Hecho que augura un futuro complicado en lo que concierne a cualquier tema relacionado con este *corpus*.

En línea con sus obligaciones internacionales, los Estados han visto la necesidad de regular el sector para asegurar el cumplimiento de las normativas internacionales y, bajo determinados supuestos, proteger a sus empresas[10]. Algunas de estas legislaciones contienen elementos interesantes de analizar desde la óptica jurídica. Sin embargo, las legislaciones nacionales se han centrado en demasía en transponer los requerimientos internacionales provenientes del *corpus iuris spatialis* y otros allegados. No regulan al sector comercial, ni sus dinámicas mercantiles. En detrimento de ello, tenemos unas legislaciones nacionales que no contienen caracteres comerciales y han desperdiciado una oportunidad de convertir a su industria espacial en un sector regulado con garantías.

No contamos con una reglamentación centrada en las dinámicas comerciales del sector a excepción de las normativas de la Agencia Espacial Europea. Esta institución se percató de las necesidades de la industria europea y procedió a regular un procedimiento de contratación con todas las garantías y, sobre todo, una normativa de mínimos aplicable a los contratos que la entidad pública convenga con compañías privadas, o estas últimas entre sí dentro del marco de los programas de la Agencia. En este reglamento encontramos un sinfín de materias comerciales que establecen seguridad en el comercio habida cuenta de que cualquier corporación puede conocer las condiciones a las que se someterá desde antes de que su elección, sin perjuicio de las modificaciones que puedan realizarse por medio de negociaciones en cada contrato.

A pesar de todo ello, no todo son ventajas en este punto. Por un lado, nos encontramos ante reglamentos que sólo son aplicables a contratos en el marco de la Agencia Espacial Europea. Todos aquellos contratos comerciales fuera de esa órbita quedan sujetos a la voluntad de las partes. Por otro, las reglas que tasan pueden resultar demasiado genéricas. Sin ir más lejos, en la resolución de disputas no se fijan materias específicas aplicables al sector, sino que tan sólo se hace referencia a que son de aplicación las RCCI.

---

9 El debate principal en este tratado radica en que su ratificación supondría reconocer a la Luna y otros cuerpos celestes como Patrimonio Común de la Humanidad. En consecuencia, los Estados no podrían nutrirse de la explotación de estos astros y quedarían supeditados a acuerdos de reparto equitativo mundiales (Gonzalez Ferreiro, 2023).

10 La protección a la que nos referimos es, por ejemplo, fijar un techo económico máximo en la responsabilidad civil de las empresas en caso de accidente.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Por todo lo anterior, no nos queda más remedio que acudir a normativas internacionales que sean ejecutables sobre esta industria. En ese sentido, encontramos el mencionado CICCM, las RCCI y el RCPA. Estas normas son de interés para el sector, pero como para cualquier otro segmento económico que carezcan de regulación al ser normativas genéricas hechas para cualquier ámbito de mercado. Seguimos careciendo de normativas especializadas que cubran todos los aspectos que requieren de mayor protección en el sector espacial.

A continuación, concretaremos más en detalle cuáles son esas lagunas de las que adolecemos.

3.1. Lagunas relacionadas con la forma del arbitraje

El sector carece de una normativa que fije las distintas cuestiones que requieren resolver para solucionar disputas del modo más óptimo y breve posible. Este es el principal punto de partida en el que se basan los siguientes apartados.

Al hablar de la «forma» del arbitraje, nos referimos a la estructura típica que ha de regir una corte, es decir, a cuestiones procesales[11]. No ahondamos aquí en el fondo sobre el que ha de pronunciarse dicho tribunal —ese punto lo abordaremos más adelante—. En este sentido, nos centramos en tres hitos principales sobre dicha forma: (1) el número de árbitros que una corte arbitral espacial requeriría, (2) el tipo de arbitraje y (3) las problemáticas sobre la ley aplicable al sector y, consecuentemente, a su arbitraje.

3.1.1. Número de árbitros de la corte arbitral

El arbitraje parte del principio de que las partes en una disputa acuerdan someter sus diferencias a la decisión de un tercero imparcial, el árbitro. Su ventaja, en consecuencia, consiste en que expertos en tecnología, derecho y comercio internacionales pueden resolver sus disputas. Si no fuere así, los conflictos podrían quedar atrapados en tribunales ordinarios sin especialización en los detalles técnicos del sector.

Dicho esto, la cuestión está en determinar el número óptimo que debería haber en un arbitraje de un sector tan especializado como el dedicado al espacio exterior. Un tema que, como hemos visto, no se menciona en ninguna normativa anterior.

La industria del espacio cuenta con una gran especialidad técnica. En ocasiones, este nivel de particularidad resulta tan minucioso que la observación y valoración de una sola persona, aun experto, podría acabar siendo arbitrario. Tener un árbitro único, por un lado, reduce los costes del procedimiento, facilita su acceso a pequeñas *start-ups* y posibilita decisiones con mayor celeridad. Punto que, como hemos

11 Podríamos decir que al hablar de «forma» estamos haciendo un ejercicio sobre el procedimiento arbitral, no sobre el fondo jurídico. Un ejemplo, de «forma» sería el RCPA estudiado en el marco teórico.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

reiterado, es vital para esta industria (Born, 2014). Por otro, presenta una severa desventaja. Un árbitro en solitario podría resultar más susceptible de arbitrariedad puesto que la tecnología que genera el sector resulta innovadora y compleja. En este sentido, en casos de gran complejidad, la falta de diversidad de perspectivas podría llevar a decisiones menos informadas o desequilibradas (Moses, 2017).

En lo que concierne al tribunal de tres o más árbitros, parece ser una opción más equilibrada habida cuenta de que existe una pluralidad de criterios, dando lugar a que el debate orientado a una resolución discutida sería más eficaz y equitativo en los casos más complicados. Además, si bien puede resultar menos ágil y más costoso que el procedimiento con un único árbitro —sumado a una posible falta de consenso que puede dificultar la resolución del caso—, sus ventajas pesan más que sus inconvenientes. Ello se fundamenta en la seguridad jurídica que puede otorgar este tipo de corte en temas técnicos sin una normativa jurídica bien definida. Además, podría resultar conveniente en proyectos con alta inversión financiera, como resultan la mayor parte de productos espaciales (Redfern, 2004)[12].

Así pues, la solución podría consistir en que, primero, para cuestiones de desembolsos económicos pequeños y/o poca complejidad técnica, un árbitro único puede resultar la mejor opción habida cuenta del ahorro en tiempo y costes. Segundo, para asuntos con desembolsos económicos grandes y/o complejidad técnica, tres árbitros han de ser requeridos para asegurar una decisión equilibrada con todas las garantías.

3.1.2. Arbitraje de derecho o de equidad

La cuestión sobre el tipo de arbitraje debe ser mencionado en un trabajo de tales caracteres. Así, si bien es cierto que el arbitraje de equidad sólo puede ser convenido expresamente entre las partes, una regulación que trate de paliar las lagunas del sector espacial debe estar abierta a recomendar dicho tipo de arbitraje en determinadas ocasiones.

El arbitraje de derecho sabemos que implica normas legales concretas que pueden estudiarse, analizarse y emplearse para generar argumentos jurídicos que desemboquen en una discusión razonada entre las partes de un conflicto. En consecuencia, otorga seguridad jurídica y previsibilidad al aplicar un cuerpo normativo conocido, pormenorizando decisiones arbitrarias. Además, el arbitraje de derecho es el usado con más frecuencia en el sector espacial (Clyde, 2024)[13].

Ahora bien, no podemos minusvalorar la posibilidad de atender un arbitraje de equidad *(ex aequo et bono)*. El sector espacial está revestido de altas complejidades

12 Ejemplo de ello resulta el caso Constellation LLC, Carlyle PanAmSat I LLC, Carlyle PanAmSat II LLC, PEP PAS LLC y PEOP PAS LLC c. Intelsat (Véase en la bibliografía) donde, tras una importante deliberación de los árbitros, se accedió a una resolución con alta justificación técnica y jurídica.

13 Por ejemplo, los supuestos CPA Caso no. 2013-09, Devas c. India, y el CPA Caso No- 2014-10, Deutsche Telekom c. India.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

de ingeniería técnica que, en muchas ocasiones, pueden escapar los límites del derecho convencional.

A modo de ilustrar esta situación, los equipos en el sector espacial son desarrollados con base en derechos de propiedad intelectual e industrial ya creados con anterioridad a un proyecto. Por su parte, para desarrollar un producto en un nuevo programa puede darse la participación de dos o más empresas que ejecuten conjuntamente actividades de co-ingeniería. Estos derechos de propiedad intelectual e industrial precedentes generan nuevas invenciones[14]. Los límites de dónde comienza la propiedad intelectual e industrial que desarrolla cada participante a partir de ese programa puede tener una frontera muy difusa y compleja de discernir en términos de propiedad.

Pues bien, estos casos son donde el arbitraje de equidad puede resultar interesante de aplicar. Por un lado, el conocimiento técnico puede dilucidar las líneas que separan realidades complejas. Por otro, ese entendimiento es el que permite a este arbitraje ofrecer mayor flexibilidad y agilidad a la hora de matizar límites jurídicos y/o técnicos de ingeniería.

En definitiva, podríamos concluir que cualquier documento que pretenda dar solución a las lagunas jurídicas dentro del sector espacial debería recomendar el arbitraje de equidad para soluciones que requieran de alta especialización por exceder los límites evidentes del derecho. Sin detrimento de que el arbitraje de derecho será siempre el que opere por defecto pues, al margen de ser esta propiamente la realidad, ofrece mayores garantías jurídicas por estar sujetos a una norma. No obstante, el arbitraje de equidad puede solventar dudas racionales sobre situaciones difusas que sólo un técnico, en caso de árbitro único, o una discusión entre personal especializado, en el caso de pluralidad de árbitros, pueden solventar.

3.1.3. Legislación aplicable

Muchas son las veces que se ha escuchado hablar en el sector comercial sobre qué ley aplicable puede resultar más favorable para resolver una disputa mercantil entre dos empresas. Pues bien, el sector espacial carece de un ordenamiento en el que garantice que dos entidades tienen todos los bienes jurídicos que pueden verse perjudicados protegidos por medio del arbitraje en forma y fondo.

Hemos visto como la Agencia Espacial Europea ofrece un marco regulatorio común preestablecido para todas las entidades que se aventuren en uno de sus programas. Sus reglamentos contienen ciertas nociones de contenido jurídico que deben armonizar las relaciones comerciales entre la industria espacial europea. Sin embargo, sólo es aplicable a contratos que se realicen entre compañías que reciban

14 En jerga anglosajona, esto es lo que se denomina *Background Intellectual Property Rights*, o derechos de propiedad Intelectual que una empresa tiene previamente a un nuevo proyecto; y *Foreground Intellectual prpoerty Rights*, o derechos que se generan por el desarrollo de un programa.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

financiación de la Agencia en uno de sus programas. Más aún, no contiene reglas de arbitraje que estipulen las cuestiones que hemos mencionado en las páginas anteriores. Por contrario, nos hemos percatado de como tan sólo hace referencia a las RCCI y cuyo ordenamiento imperante lo deja al arbitrio de las partes[15].

Así pues, no existe normativa que regulen las peculiaridades del comercio espacial de una forma clara y completa a nivel nacional. Por consiguiente, las empresas suelen optar por fijar como legislación aplicable su propio sistema normativo, un ordenamiento europeo —si las empresas son europeas—, u ordenamientos que hagan primar la autonomía de la voluntad de las partes con la finalidad de que lo estipulado en un contrato sea la mayor parte, si no todo, del derecho aplicable al caso concreto (v. gr. la ley de Inglaterra y Gales, o la ley de Nueva York). Hito que puede llevar a agravios entre compañías habida cuenta de que no todas cuentan con igualdad de armas. Así pues, las empresas pequeñas que deseen optar a tener negocio con grandes corporaciones pueden verse en desventaja o sufrir abusos en las negociaciones de un contrato impunemente.

En definitiva, ante el incremento de las actividades económicas generadas por el espacio, se vuelve una necesidad que haya una regulación al mayor nivel posible —europeo o internacional— que regule las cuestiones de forma y fondo que un arbitraje debe tener para operar con todas las garantías. Como mínimo, debería de existir una regulación similar del sector entre Estados con la finalidad de que no haya *forum shopping* y exista una mínima igualdad de armas a la hora de afrontar una disputa entre grandes y pequeñas corporaciones.

3.2. Ausencias en el contenido jurídico del arbitraje

No podemos hablar de una resolución arbitral conforme a derecho sin mencionar cómo ha de ajustarse una corte arbitral al mundo jurídico que rodea el entorno de una disputa comercial espacial. Ello se debe a que, por mucho que tengamos corte arbitral, es primordial conocer dónde están los claroscuros jurídicos de compleja solución en los conflictos entre la industria espacial.

El derecho aplicado al sector es preeminentemente comercial. Sin embargo, contiene grandes lagunas. Muchas de ellas han sido suplidas con normas como el reglamento de la Agencia Espacial Europea —en tanto reiteramos las barreras que tiene en su aplicación— o con los propios contratos entre empresas privadas.

A este respecto, un análisis detallado de estos aspectos podría llevar a una obra de larga envergadura. Por tanto, en este trabajo hemos optado por centrarnos en dos de los temas con más carencias del sector: (1) la propiedad intelectual e industrial y (2) la responsabilidad por daño.

15 A riesgo de desdecirme, el permitir que sean las partes quienes seleccionen su ordenamiento aplicable es un acierto político. Esto se debe a que, prefijar una ley aplicable por defecto, puede conllevar a que el país del ordenamiento pueda verse beneficiado o ser considerado con privilegios por otros Estados. Hecho que conllevara a problemáticas entre los miembros de la Agencia.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

3.2.1. La propiedad intelectual e industrial

El tema sobre derechos de autor, patentes y otros análogos derechos dentro del sector espacial puede resultar complejo. No es lo mismo la generación de un software protegido por derechos de autor, que una nueva tecnología bajo registro de patente o una nueva forma de manufactura amparado por los modelos de utilidad (Valdés, 2018).

La diversidad de temas que involucra a las relaciones comerciales en esta industria puede parecer de sencilla solución: cada vínculo comercial se resuelve conforme a la ley aplicable. Sin embargo, el sector tiene otros pormenores que pueden resultar más complejos de apreciar y gestionar (Albareda, 2021). La propiedad intelectual e industrial que se maneja no es toda inscribible en registros por una lista muy diversa de motivos que van desde la relación del objeto con otros proyectos hasta el impedimento de ciertas organizaciones como la Agencia Espacial Europea a inscribirlos (Smith & Doldirina, 2016).

La industria espacial suele manejar dos conceptos principales al hablar de derechos de propiedad intelectual e industrial. En primer lugar, tenemos los derechos de propiedad intelectual e industrial previos al desarrollo de un proyecto o, dicho de otro modo, los bienes protegidos que una empresa tiene antes de comenzar a realizar un producto u objeto espacial para otra[16]. El problema que presenta la industria es que no todos estos bienes son protegibles por medio de registro, por lo que la forma de que una empresa lo reconozca como propiedad de otra compañía tercera es por medio de su declaración en el contrato que tengan vigente entre las partes y cuya protección se fundamenta, prácticamente, en los términos de confidencialidad acordado entre dichas empresas[17]. Esta realidad carece de regulación concreta a nivel nacional e internacional, más allá de los reglamentos de la Agencia, lo que puede dar lugar a cierta inseguridad pues, sin perjuicio de las obligaciones de confidencialidad que tengan las empresas, la propiedad de un derecho de tales caracteres no es tan fácil de demostrar como la de un bien registrado. Por tanto, el éxito en la reclamación de una posible indemnización por incumplimiento de derechos de propiedad intelectual, la empresa se puede ver obstaculizada en el éxito de su pretensión (Gerhard & Gundaphul-Brocar, 2016).

En segundo lugar, los derechos de propiedad intelectual e industrial generados conforme al desarrollo de un proyecto o programa que construya un objeto espacial tienen un problema primordial: ¿a quién pertenece? La respuesta puede ser dual. O

16 En derecho anglosajón es lo que se denomina *Background Intellectual Property Rights* (BIPR).

17 Este sistema, por el que se suele optar con el fin de proteger diseños, productos o *know-how,* cuenta con la ventaja de que las corporaciones pueden fijar, en los términos que mejor convenga, los derechos de uso sobre su información, el reconocimiento y compromiso por la otra parte, el modo de acceso a la información sensible, su distribución y el modo de su utilización. Sin embargo, la desventaja de este sistema radica en la desprotección frente a terceros dado que no constituye ninguna declaración vinculante *erga omnes*, a lo que se adhiere posibles problemas de compatibilidad con otras normas imperativas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

bien, pertenece a quien lo ha pagado (comprador); o bien, a quien lo ha desarrollado (suministrador)[18].

Así pues, la propiedad de estos bienes ha de acordarse por contrato, como la mayor parte del contenido jurídico de las relaciones comerciales del sector. El reglamento de contratación de la Agencia Espacial Europea nos da una pista al establecer que serán propiedad de quien desarrolla esa propiedad intelectual e industrial, no pertenecerán a su comprador. La idea del reglamento es proteger al suministrador para que evolucione su tecnología y continúe desarrollando mercado, pues lo contrario sería ceder trabajo propio a una empresa tercera. Sin embargo, las relaciones comerciales quedan sujetas a los posibles desequilibrios en las negociaciones entre empresas al no tener ningún fondo normativo que las ampare.

En detrimento de lo expuesto, las regulaciones de propiedad intelectual e industrial no alcanzan a dar cobertura a los detalles jurídicos del sector. La industria espacial requiere de una mayor integración normativa sobre los usos de propiedad intelectual e industrial que en ella se dan para tener una mayor protección jurídica (Albareda, 2022). En términos de Smith & Doldirina (2016, p. 346):

> *«Una mayor normalización en el uso y la referencia a la normativa sobre propiedad intelectual, en la medida que se aplica a las actividades espaciales y a sus resultados, serviría a los intereses de todos para lograr un enfoque coherente de los derechos de propiedad intelectual en los proyectos espaciales […] se debe permitir a la industria y a sus clientes operar dentro de los modelos empresariales aceptados, si se quiere que el sector [espacial] comercial se establezca plenamente».*

En definitiva, la propiedad intelectual e industrial del sector espacial sufre de algunas lagunas normativas y requiere de un mayor nivel de detalle jurídico en la regulación contractual sobre los derechos que a cada entidad han de pertenecer. Resumiendo, por el momento le corresponde a cada empresa buscar la mejor opción para preservar su información sensible frente a terceros nacionales e internacionales.

3.2.2. La responsabilidad civil por daño

La responsabilidad civil es una materia que ya viene regulada en los artículos VI y VII del Tratado del Espacio y cuya regulación puntualizada viene regulada en el *corpus iuris spatialis*. En este se explica la manera en la que un Estado es internacionalmente responsable por un daño causado por una persona (física o jurídica) bajo su jurisdicción al constituirse como Estado de lanzamiento o, en su caso, Estado de registro.

El punto clave aquí es que no buscamos analizar las responsabilidades de los Estados. Ahora bien, la responsabilidad civil en caso de accidente recae sobre la compañía que opera el objeto espacial en cuestión dado que el Estado responsable podrá tomar acciones frente al causante del accidente que opere bajo su jurisdic-

18 En derecho anglosajón es lo que se conoce como *Foreground Intellectual Property Rights*.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ción. En esa línea, la pregunta que debemos formularnos aquí es: ¿cómo y con qué límites se ejerce esa tutela sobre las compañías?

La respuesta a esta cuestión es que, en la inmensa mayoría de países, no está claro. Aquellos Estados que cuentan con legislaciones espaciales suelen estipular que la administración repetirá, frente a la compañía causante, la indemnización económica que hace un Estado tercero. Razón por la que se exige a las entidades privadas que tengan seguro de responsabilidad civil para cubrir posibles eventualidades que den lugar a este tipo de situaciones. Más aún, países como Francia ponen un techo de responsabilidad a sus empresas, de modo que ninguna corporación responderá, en el caso francés, por un valor de más de sesenta millones de euros. Ofreciendo, de esta forma, seguridad a sus ciudadanos (De las Mercedes, 2021).

Así opera la reclamación de un tercer Estado al país de la compañía causante de un accidente y cómo este ha de repetir la cuantía económica, pero qué pasa con los conflictos por responsabilidad civil directamente entre empresas, ¿es posible una disputa de estos caracteres? Pues bien, aquí debemos discernir entre dos situaciones distintas: aquellos daños causados entre empresas y aquellos causados entre contratistas principales y suministradores.

En cuanto al primero, hay muchas problemáticas carentes de respuestas. Al hablar de daños causados entre empresas nos referimos a situaciones tales como el hipotético caso de que un satélite de la empresa canadiense X cause un accidente dañando o destruyendo un objeto espacial de la entidad española Y. Según lo visto con anterioridad, la empresa canadiense debería dirigirse al Estado para que este reclame daños y perjuicios al Estado de la empresa Y, España. No existe una vinculación jurídica directa entre X e Y, por lo que no cabría conflicto directo entre empresas puesto que el Derecho Internacional prevé que este tipo de situaciones son conflictos interestatales, no privados internacionales. Por consiguiente, si no es posible una disputa comercial directamente entre empresas que se reclaman entre sí un bien jurídico protegido —dado que el derecho otorga poder de reclamación solo a sujetos internacionales—, no cabe una disputa comercial y, por tanto, tampoco un arbitraje directamente entre empresas. Estas condiciones se reproducen en varias situaciones relacionadas con el espacio ultraterrestre como, por ejemplo, al hablar de daños indirectos causado por la basura espacial derivada de un impacto. El responsable en este último caso continuaría siendo el Estado.

Este tema debería ser solucionado lo antes posible. Por un lado, el contexto de *Next (o New) Space* está generando que cada vez un número mayor de objetos espaciales estén volando en órbita terrestre. Dicho incremento conlleva a mayores riesgos y, sin embargo, la normativa existente impide que, si un objeto fuere completamente privado, la empresa que sufra el perjuicio pueda reclamar daños a la empresa responsable. Por otro, los Estados son estructuras cuyos procedimientos pueden resultar muy lentos para una industria en la que la destrucción de un objeto puede llevar pérdidas millonarias; sus costes y la falta de respuesta rápida puede llevar a quiebras de distintas compañías, especialmente, si son *start-ups*. Sin

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

duda, la normativa internacional debería abrir el abanico de reclamaciones por responsabilidad civil en los usos espaciales habida cuenta de que el dominio de este medio ya no lo poseen exclusivamente los Estados, sino que lo comparten con sus empresas. A diferencia de la década de 1960/70 en la que se redactó el *corpus iuris spatialis* (Casserotto, 2019).

En relación con el segundo tema, la responsabilidad civil entre contratistas principales y suministradores en un mismo programa resulta un tema más controlado. En el Reglamento CCG se fija que sólo habrá responsabilidad si la corporación responsable hubiere actuado con dolo o negligencia grave. Habida cuenta de las reiteradas limitaciones de estos reglamentos, es cierto que se carece de una normativa general que medie en este tema. Por tanto, el sector comercial tiende a fijar las condiciones de responsabilidad a nivel contractual de acuerdo con el resultado de negociaciones previas. Además, suele ser habitual encontrar términos de garantía por el que un producto integrado en un objeto ya lanzado al espacio puede ser sujeto de reclamaciones, servicios adicionales o reintegros económicos en caso de fallo.

Reiterando lo ya sabido, fuera de los reglamentos de la Agencia Espacial Europea, no existe un marco común que puedan adoptar las empresas de forma genérica. En consecuencia, queda al arbitrio de las partes que negocien su relación contractual establecer qué reglas estipular en caso de disputa por cuestiones de responsabilidad. Conllevando, como hemos visto en puntos anteriores, a cierta inseguridad y desequilibrio entre grandes y pequeñas corporaciones. Sea como fuere, el contenido jurídico sujeto a control por una corte arbitral sería mayoritariamente el pactado entre las partes (*pacta sunt servanda*) sin una base legal que ampare a las entidades.

El arbitraje aquí encuentra dos principales trabas. Por una parte, se muestra obstaculizado para intervenir entre compañías que causen y padezcan eventualidades en el espacio por no haber una conexión jurídica directa entre compañías. Al contrario, tienen que acudir a sus Estados para que estos actúen frente al país del tercero responsable. Por otra, las responsabilidades entre empresas y sus suministradores queda al arbitrio de las partes, pudiendo causar inseguridad jurídica.

El incremento de empresas en el sector no debe venir sólo acompañado de sumas monetarias que potencien la inversión. Sin derecho no hay seguridad. Sin seguridad no hay economía. Por consiguiente, el Derecho Internacional debería facilitar las disputas directas entre compañías que desarrollen su propio comercio con independencia de los Estados a fin de que se permita, por medios de resolución como el arbitraje, soluciones rápidas y ágiles que eviten un gran impacto negativo en el mercado para las empresas que sufran las consecuencias de un imprevisto. Asimismo, se debería garantizar una mínima base común que garantizase (1) conocimiento jurídico suficiente a un juez *(iura curit novia)* o árbitro *(iura curit arbiter)* con la finalidad de que sepan juzgar estos temas conforme a derecho, (2) evitar desigualdades en el contenido jurídico de los contratos y (3), a tenor de lo anterior, mayores garantías jurídicas.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

4. CONCLUSIONES

La industria dedicada a las actividades espaciales goza de un gran entramado jurídico que va desde niveles internacionales hasta nacionales. Varios niveles regulatorios que, a pesar de estos, se carece, en gran medida, de respuesta ante las preocupaciones de un sector con un notorio incremento en su actividad económica. Una inseguridad jurídica que radica, en parte, en la ausencia de especialidad de la forma de resolución de disputa más habitual en esta industria: el arbitraje.

Hemos podido comprobar como existen grandes convenios internacionales recogidos en un compendio llamado *corpus iuris spatialis.* A su vez, las obligaciones estipuladas en este compendio han sido transpuestas por algunos Estados a sus ordenamientos jurídicos matizando la conceptualización jurídica de algunos de sus términos. No obstante, estos compromisos legales fijados a nivel internacional y transpuestos a normativas nacionales son imposiciones que afectan más a los propios Estados que a las empresas privadas. El *corpus iuris spatialis* fue elaborado para proteger el espacio ultraterrestre de las ambiciones de un mundo dividido durante la Guerra Fría, pero no preveía la existencia de un sector comercial con un crecimiento incesante. Razón por la que no encontramos en él regulaciones que afecten íntegramente al sector dedicado a las actividades en el espacio ultraterrestre a nivel internacional ni mucho menos en el escalón nacional.

Únicamente, la Agencia ha conseguido lograr formular unas condiciones estándar con toda una pluralidad de asuntos jurídicos en sus reglamentos. Por desgracia, su aplicación está limitada a sus programas espaciales y supeditada a que las compañías convengan contratos con dicha Agencia o entre compañías privadas que vayan a participar en un programa de la mencionada entidad pública.

Las normativas internacionales se muestran también insuficientes para dar cobertura a la particularidad jurídica del sector espacial. El CICCM gestiona un concepto de mercaderías demasiado amplio y el RCCI es un reglamento cuyas estipulaciones fijan un contenido óptimo en arbitraje, pero también sin atender a la especialidad que requiere el sector espacial. Ambas cuestiones guardan coherencia con la idea del legislador en el momento de su redacción, puesto que, como hemos citado, el objeto de estas normas no era el sector espacial, sino lograr una normativización intersectorial.

Solo un reglamento ha sido creado considerando el arbitraje en el sector espacial: el RCPA. Sin embargo, acaba resultando una norma estrictamente procesal que no atiende al fondo jurídico que las corporaciones dedicadas al espacio exterior necesitan para tener plena seguridad jurídica. De ahí, el poco éxito que ha cosechado.

La pregunta que formular es cuáles son esas carencias que padece el sector espacial en relación con el arbitraje. Pues bien, en virtud de lo estudiado, podemos expresar los elementos claves de esta investigación como sigue en las siguientes líneas.

En cuanto a las cuestiones sobre la forma, nos referimos aquí a la falta de regulación particular en torno al procedimiento del arbitraje. A tal fin encontramos puntos como:

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

1. Ausencia de claridad en torno al número de árbitros. En tanto siempre dependerá de las partes involucradas, recomendar o determinar el número de árbitros puede facilitar la resolución de un supuesto con mayores garantías y menor arbitrariedad.
2. Inexistencia de recomendaciones sobre el tipo de arbitraje: de derecho o de equidad. Si bien la mayor parte de los casos atienden a arbitraje de derecho, sería necesario introducir recomendaciones sobre arbitrajes de equidad en vistas de la alta especialización de la que goza el sector que, en más de una ocasión, puede escapar de las regulaciones jurídicas requiriendo el análisis de un experto.
3. Insuficiencia de armonización de legislaciones aplicables. No existe una base común sobre las regulaciones del sector espacial, pudiendo dar lugar a fenómenos de desigualdad de armas según el ordenamiento o que las partes actúen conforme al *forum shopping,* pudiendo generar carencias en su vínculo y en el procedimiento de resolución de disputa que elijan.

En relación con los temas sobre sobre el fondo, estos versan sobre las carencias que padece el sector en el contenido jurídico de sus relaciones que puede afectar a una decisión arbitral sin plena seguridad jurídica. En este sentido, encontramos aspectos como:

1. La propiedad intelectual e industrial espacial. Este tema sufre severas lagunas por el nivel técnico que requiere clarificar la difusa línea sobre la propiedad de estos derechos.
2. Responsabilidad civil por daño. Regulado en el *corpus iuris spatialis*, tiene una importante carencia: el responsable del daño es el Estado, no la persona jurídica. Por tanto, las disputas por responsabilidad civil entre empresas sin vínculo jurídico no son posibles hoy en día. Ralentizando el proceso de indemnización. Por el contrario, las reclamaciones existen —como bajo cualquier contrato— entre corporaciones con un vínculo contractual.

En conclusión, el arbitraje en el sector dedicado a las actividades en el espacio ultraterrestre goza de grandes desafíos. Por un lado, existe escasa regulación y doctrina en la que puedan fundamentarse sus relaciones y disputas. Por otro, el arbitraje aquí padece de diferentes limitaciones tanto a nivel de forma como sobre el fondo con base en el que ha de pronunciarse. Todo ello, lleva a que en este trabajo nos hagamos eco sobre esta situación y propongamos medios conforme a los que solventar esta situación. Nuestras proposiciones no son de fácil consecución, pero son las únicas vías que hemos contemplado para conseguir frenar las inseguridades jurídicas que pueden derivarse en un mercado espacial de dimensiones globales. Podemos afirmar, en consecuencia, que el mercado espacial tiene grandes retos, pero su solución toma una dimensión política y parte de la voluntad de legislar y regular las situaciones aquí analizadas, pese al complejo contexto histórico al que parece que nos dirigimos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

5. BIBLIOGRAFÍA

Albareda Úbeda, C. (2021). «Las licencias software en la industria espacial». *Boletín O.J.A.*, núm. 3, 12-14.

Albareda Úbeda, C. (2022). «New Space: los retos de la propiedad intelectual en el sector espacial», *Cinco Días*. Disponible en: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/10/03/legal/1664808182_153830.html [consulta: 4 de octubre de 2022].

Barahona Verdier, D. (2022). «Espacio ultraterrestre. Necesidad de regulación jurídica para su explotación». *Documento de opinión*. Disponible en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2022/DIEEEO87_2022_DANBAR_Espacio.pdf [consulta: 20 de marzo de de 2025].

Bank, C. (2014). «The Complexities of the International Space Industry Contracts», 133-150. En Smith L.J., Baumann, I. *Contracting for Space*. 1.ª ed. Nueva York: Routledge.

Born, G.B. (2014). *International commercial arbitration.* 1.ª ed. Países bajos: Kluwer Law International, 2014.

Caserotto Miranda, C. (2019). «El derecho espacial, más actual que nunca». *CEDAE*. Disponible en: https://cedaeonline.com.ar/category/espacial/page/17/ [consulta: 30 de abril de 2025].

Castán Pérez-Gomez, D. (1996). «A propósito de los bienes de dominio público en el Derecho Romano». *Derecho y opinión*, núm.4, 261-284.

Clyde & Co. (2024). «Space Law and arbitration: dispute resolution mechanisms for space-related disputes», Clyde & Co. Disponible en: https://www.clydeco.com/en/insights/2024/03/overview-of-dispute-resolution-mechanisms-for-spac [consulta: 22 de abril de 2025].

De Las Mercedes Esquivel, M. (2021). «Algunos vacíos legales en materia de responsabilidad espacial». *CEDAE*. Disponible en: https://cedaeonline.com.ar/2021/05/05/algunos-vacios-legales-en-materia-de-responsabilidad-espacial/ [consulta: 30 de marzo de 2025].

Díaz Díaz, E. (2021). «Necesidades jurídicas y legales de la industria espacial». *Boletín O.J.A*. núm. 1, 11-15.

Elriz, M. Y Newman, P. (2011). «Contract Management», 243-253. En Smith L.J., Baumann, I. *Contracting for Space*. 1.ª ed. Nueva York: Routledge.

Ferrari, F. (2011). *Contracts for the International Sale of Goods: Applicability and Applications of the 1980 United Nations Sales Convention*. 1.ª ed. Leiden: Martinus Nijhoff.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Gerhard, M., Gundaphul-Brocar, K. (2011). «The impact of National Space Legislation on Space Industry Contracts», 59-68. En Smith L.J., Baumann, I. *Contracting for Space*. 1.ª ed. Nueva York: Routledge.

González Ferreiro, E.C. (2023). «Defensa planetaria y objetos cercanos a la Tierra: Derecho espacial en vías de formación». En Simó Soler, E. y Peña Asensio, E. *Defensa planetaria*. 1.ª ed. Madrid: Dykinson.

Honnold, J. (1999). O. *Uniform Law for International Sales under the 1980 United Nations Convention*. 3.ª ed. Países Bajos: Kluwer Law International.

Jakhu, R., Y Pelton, J. (2025) «Safety and Global Space Governance». SSRN. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3351500 [consulta: 30 de mayo de 2025].

Lyal, F., Y Larsen, P.B. (2024). *Space Law: A Treatise.* 3era ed.: Nueva York: Routledge.

Llanas Nicolás, X. (2021). « International Space Law and the new Space age: contemporary challenges for the current legal regime». *Revista de Derecho Aeronáutico y Espacial*, núm. 1, 339-380.

Moses, M.L. (2017). *The principles and practice of international commercial arbitration*. 1.ª ed. Cambridge: Cambridge University Press.

Ravillon, L. (2011). «Typology of Contracts in the Space Sector», 161-168. En Smith L.J., Baumann, I. *Contracting for Space*. 1.ª ed. Nueva York: Routledge.

Redfern, A. (2004). *Law and practice of international commercial arbitration.* 1.ª ed. Londres: Sweet & Maxwell.

Sánchez Mayorga, J.L. (2021). *La colaboración público-privada en la adquisición de capacidades espaciales: evaluación a través de la metodología MAPS y optimización bajo entornos de agencia*. 1.ª ed. Madrid: Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial.

Schlechtriem, P., & Butler, P. (2009). *UN Law on International Sales: The UN Convention on the International Sale of Goods*. 1.ª ed. Nueva York: Springer.

Schmidt-Tedd, B. (2011). «The Geographical Return Principle and its Future within the European Space Policy», 99-110. En Smith L.J., Baumann, I. *Contracting for Space*. 1.ª ed. Nueva York: Routledge.

Schwenzer, I. Y Schroeter, U.G. (2022). *Commentary on the UN Convention on the International Sale of Goods (CISG).* 5.ª ed. Oxford: Oxford University Press.

Smith, L. J., Baumann, I. (2019). «The future of arbitration in space law: filling the legal vacuum». *Journal of Space Law*, vol. 43, núm. 1, 45-76.

Smith, L. J., Doldirina, C. (2011). «Intellectual Property Issues in the Use and Distribution of Remote Sensing Data», 337-348. En Smith L.J., Baumann, I. *Contracting for Space*. 1.ª ed. Nueva York: Routledge.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Tronchetti, F. (2013). «Dispute Settlement in Outer Space», 47-57. En Tronchetti, F. *Fundamentals of Space law and Policy*. 1.ª ed. Nueva York: Springer.

Sundahl, M. (2009). «The duty to rescue space tourists and return private spacecraft». *Law Faculty Articles and Essays,* 163-200.

Valdes Días, C.C. (2018). *Propiedad intelectual e industrial, conexiones y puntos de encuentro.* 1.ª ed. Madrid: Editorial Reus.

Velázquez Elizarrarás, J.C. (2013). «El derecho del espacio ultraterrestre en tiempos decisivos: ¿estatalidad, monopolización o universalidad?» *Anuario Mexicano de Derecho Internacional XIII,* 583-638.

5.1. Legislación citada

- British Nationaliy Act 1981. *Legislation.gov.uk.* 30 de octubre de 1981, 1981 capítulo 61. Disponible en: https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1981/61
- Contracting Regulations for ESA Contracts. *Esa-star*, 07 de junio de 2024, núm. ESA/REG/001, rev. 6. Disponible en: https://esastar-publication-ext.sso.esa.int/supportingDocumentation/details/43
- Convención de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías, hecho en Viena el 11 de abril de 1980. Disponible en: https://uncitral.un.org/sites/uncitral.un.org/files/media-documents/uncitral/es/v1057000-cisg-s.pdf
- General Clauses and Conditions for ESA Contracts. *Esa-star*, 08 de julio de 2024, núm. ESA/REG/002, rev. 4. Disponible en: https://esastar-publication-ext.sso.esa.int/supportingDocumentation/details/41
- ICC Rules of Arbitration, *International Chamber of Commerce*, 1 de enero de 2021. Disponible en: https://iccwbo.org/dispute-resolution/dispute-resolution-services/arbitration/rules-procedure/2021-arbitration-rules/
- Loi n.º 2008-518 du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales. Légifrance, 3 de junio de 2008, núm. 0129. Disponible en: https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000018931380/
- Space Industry Act 2018. *Legislation.gov.uk*., 15 de marzo de 2018, 2018 capítulo 5. Disponible en: https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2018/5/contents
- Outer Space Act 1986. *Legislation.gov.uk.,* 18 de julio de 1986, 1986 capítulo 38. Disponible en: https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1986/38/contents
- Optional rules for arbitration of disputes relating to outer space activities, Permanent Court of Arbitration, 6 de diciembre de 2011. Disponible en: https://docs.pca-cpa.org/2016/01/Permanent-Court-of-Arbitration-Optional-Rules-for-Arbitration-of-Disputes-Relating-to-Outer-Space-Activities.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

- US Commercial Space Launch Act. *Congress.gov*., 09 de octubre de 1984, núm. 98-575. Disponible en: https://www.congress.gov/bill/98th-congress/house-bill/3942
- US Commercial Space Launch Competitiveness Act. *Congress.gov.,* 25 de noviembre de 2015, núm. 114-90. Disponible en: https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/2262
- US National Aeronautics and Space Act. Congress.gov.. 29 de julio de 1958, núm. 85-568. Disponible en: https://www.congress.gov/bill/85th-congress/house-bill/12575/cosponsors

5.2. Resoluciones y jurisprudencia referenciada

- Comisión Federal de Comunicaciones, 19 de junio de 2006, Constellation LLC, Carlyle PanAmSat I LLC, Carlyle PanAmSat II LLC, PEP PAS LLC y PEOP PAS LLC c. Intelsat Honlding, Ltd., IB Docket n.º 05-290.
- Laudo de la Corte de Arbitraje de la Cámara de Comercio internacional de enero de 1993, núm. 8786.
- Laudo de la Corte Permanente de Arbitraje de 13 de mayo de 2020, Devas (Mauritius Ltd., Devas employees mauritius private Ltd. Y Telcom Devas Mauritius Ld. c. La República de Indicia, caso núm. 2013-09.
- Laudo de la Corte Permanente de Arbitraje de 20 de mayo de 2020, Deutsche Telekom AG c. La República de India, caso núm. 2014-10.
- Sentencia del Tribunal Constitucional 277/1988 de 29 de noviembre de 1988, Boletín Oficial del Estado núm. 307, de 23 de diciembre de 1988, pp. 2 a 37, referencia BOE-T-1988-29199.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS NACIONES UNIDAS Y LA EXPLORACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES EN LA LUNA: UN ANÁLISIS NECESARIO

THE COMPATIBILITY BETWEEN THE UNITED NATIONS SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS AND THE EXPLORATION OF NATURAL RESOURCES ON THE MOON: A NECESSARY ANALYSIS

D. Rodrigo Vesule Fernandes
https://www.linkedin.com/in/rodrigo-vesule-fernandes/
Coordinador Regional de Moon Village Association para América Latina
rvesule@gmail.com / https://orcid.org/0000-0002-4757-0719

Sumario: 1. INTRODUCCIÓN. 2. EL MERCADO ESPACIAL. 3. LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE. 3.1. Los ODS y el sector espacial. 4. LA CONEXIÓN ENTRE LOS ODS Y EL TRATADO DEL ESPACIO. 5. LOS ODS Y LA MINERÍA ESPACIAL. 6. CONCLUSIONES. 7. BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: Este artículo examina la intersección entre la minería espacial, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Tratado del Espacio Ultraterrestre. En un contexto de renovada carrera hacia la Luna, motivada por el descubrimiento de recursos estratégicos como agua, minerales del grupo del platino y el Helio-3, se destaca la creciente participación del sector privado junto con las agencias estatales. La minería lunar emerge como un mercado de gran potencial económico, pero también como un posible generador de profundas desigualdades si no se orienta hacia fines colectivos.

El texto conecta esta discusión con los ODS aprobados en 2015 por Naciones Unidas, que buscan erradicar la pobreza y el hambre, reducir desigualdades y promover un desarrollo sostenible. Se analizan iniciativas de la Agencia Espacial Europea (ESA) que ya impactan objetivos como educación, reducción de la pobreza, innovación y acción climática, mostrando cómo el sector espacial puede alinearse con esta agenda global.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

A la luz del Artículo I del Tratado del Espacio, que establece que las actividades espaciales deben realizarse en beneficio de toda la humanidad, se argumenta que la explotación de recursos espaciales debe considerar mecanismos de reparto justo de beneficios.

Finalmente, el artículo concluye que los ODS pueden servir como directrices para guiar la gobernanza futura de la minería espacial. Si los proyectos son diseñados con base en la cooperación internacional y el interés colectivo, podrían contribuir a reducir desigualdades, fomentar innovación, generar energía limpia y fortalecer la paz global. En caso contrario, existe el riesgo de que el espacio se convierta en un nuevo vector de concentración de riqueza y desigualdad.

Palabras clave: Minería Espacial; Objetivos de Desarrollo Sostenible, Tratado del Espacio Ultraterrestre.

Abstract: *This article examines the intersection between space exploration and mining, the Sustainable Development Goals (SDGs), and the Outer Space Treaty. In the context of a renewed race to the Moon—driven by the discovery of strategic resources such as water, platinum group minerals, and Helium-3—it highlights the growing involvement of the private sector alongside national space agencies. Lunar mining is emerging as a market with great economic potential, but also as a possible generator of deep inequalities if not oriented toward collective purposes.*

The text connects this debate with the SDGs adopted in 2015 by the United Nations, which aim to eradicate poverty and hunger, reduce inequalities, and promote sustainable development. It analyzes initiatives from the European Space Agency (ESA) that already impact goals such as education, poverty reduction, innovation, and climate action, showing how the space sector can align with this global agenda.

In light of Article I of the Outer Space Treaty—which establishes that space activities must be carried out for the benefit of all humanity—it is argued that the exploitation of space resources should consider mechanisms for fair benefit-sharing.

Finally, the article concludes that the SDGs can serve as guiding principles for the future governance of space mining. If projects are designed based on international cooperation and collective interest, they could contribute to reducing inequalities, fostering innovation, generating clean energy, and strengthening global peace. Otherwise, there is a risk that space will become a new driver of wealth concentration and inequality.

Key Words: *Space mining; Sustainable Development Goals; Outer Space Treaty.*

1. INTRODUCCIÓN

Los programas espaciales de Estados Unidos y de China vienen protagonizando una carrera no oficial por el regreso de los seres humanos a la Luna. De un lado, la iniciativa occidental Artemis —la mítica hermana de Apolo— que propone una secuencia al logro norteamericano de 1969 y de los años siguientes. Del otro, la larga marcha espacial china, inquebrantable, constante y con planes bien definidos, que pretende llevar taikonautas por primera vez al satélite natural.

A diferencia de la década de 1960, la actual carrera hacia la Luna no es resultado directo de una escalada armamentista ni de la necesidad de demostrar poder geopolítico a partir de un alunizaje exitoso. Hoy, las potencias espaciales desarrollan sus planes de futuras misiones con objetivos que responden a la antigua cuestión: ¿Por qué la humanidad no volvió a la Luna en 50 años?

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Viajar por el espacio es una actividad cara. Ir a la Luna, aún más. Si el objetivo central es únicamente ganar una carrera y clavar una bandera, el costo no se justifica por mucho tiempo, a pesar de los casi infinitos beneficios científicos que proporciona. Sin embargo, el descubrimiento de hielo de agua y de otras sustancias de interés en la superficie selenita cambió el panorama. La posibilidad de extraer agua, oxígeno e hidrógeno abrió un nuevo abanico de oportunidades para la exploración lunar. Ir hasta allí para quedarse, crear bases, usar el cuerpo celeste como eventual estación intermedia entre la Tierra y viajes aún más largos, se convirtió en una opción palpable.

A ello se suman los hallazgos de elementos como el Helio-3, un isótopo del helio raro en la Tierra, pero abundante en la Luna, codiciado por los desarrolladores de la tecnología de fusión nuclear que lo consideran el combustible ideal para la actividad. El valor por kilogramo de Helio-3 puede alcanzar los 18,7 millones de dólares[1].

Minerales del grupo del platino también podrían encontrarse en grandes cantidades en la Luna. Según Chennamangalam et al. (2025), el material estaría depositado en cráteres resultantes de colisiones de asteroides —ricos en dicho mineral— con la superficie lunar. La revista New Scientist, en un artículo de junio de 2025, estima que el valor total de las riquezas de platino presentes en la Luna se aproximaría a 1 billón de dólares estadounidenses.

Estas cifras justifican los movimientos que los principales operadores espaciales estatales vienen realizando con el fin de regresar al satélite natural de la Tierra. En caso de éxito, el retorno financiero futuro —aunque relativamente distante— es prometedor.

No obstante, actualmente los operadores públicos —normalmente representados por las agencias espaciales nacionales— no están solos. El sector privado viene desde hace muchos años ampliando su participación en el sector espacial. Las empresas pasaron de ser meros proveedores de materiales y equipos a operar misiones completas fuera de la atmósfera. El llamado New Space, con operadores ya internacionalmente conocidos como SpaceX, de Elon Musk, y Blue Origin, de Jeff Bezos, se presenta como una alternativa eficiente y menos costosa en relación con la conducción tradicional estatal.

El regreso a la Luna, especialmente del lado occidental del planeta, deberá combinar programas espaciales tradicionales con la adición de servicios privados.

La minería espacial sigue esta tendencia y genera interés tanto estatal como privado. Algunos países ya han legislado al respecto, como Estados Unidos, Japón, Emiratos Árabes Unidos y Luxemburgo. En todos los casos citados, los ordenamientos jurídicos garantizaron derechos de propiedad sobre los recursos espaciales que lleguen a ser extraídos por empresas radicadas en sus territorios[2]. Sin embargo, ninguna de las legislaciones mencionadas, a pesar de comprometerse a cumplir con las

1 De acuerdo con las proyecciones de la empresa Gold Hydrogen, de Australia.

2 Todas las legislaciones nacionales están —en la visión de dichos países— de acuerdo con las disposiciones del Tratado del Espacio Ultraterrestre, ratificado por ellos.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

obligaciones internacionales asumidas por el país, instituye mecanismos de reparto de beneficios (Fernandes, 2024).

Del lado oriental, aunque China públicamente enfoque en el aspecto científico de la exploración lunar, no niega frontalmente la posibilidad de utilizar recursos espaciales comercialmente o como solución a necesidades energéticas nacionales (Wu, 2015).

La cuestión es que las nuevas incursiones a la Luna y la creación de un nuevo mercado de minería espacial plantean interrogantes importantes sobre las posibilidades de acceso de los países emergentes a esta nueva era. Si las riquezas encontradas en la superficie selenita fueran objeto de explotación por parte de unos pocos, existe la posibilidad de que las tensiones sociales e internacionales se acentúen. El reparto de los beneficios obtenidos por las misiones se presenta como un camino esencial para disminuir los efectos negativos de este nuevo mercado. El propio Tratado del Espacio prevé que la exploración espacial debe ser conducida en provecho de toda la humanidad. En este sentido, analizamos la posibilidad de utilizar los Objetivos de Desarrollo Sostenible como referentes para una mejor conceptualización del término «provecho e interés» de todos, contemplado en el Artículo I del Tratado del Espacio. De esa manera, los ODS se convertirían en referencias efectivas para propiciar una mejor planificación de las misiones.

2. EL MERCADO ESPACIAL

Si hay una nueva carrera, está dirigida a establecer una hegemonía en el mercado de la minería espacial. Esta hegemonía no significa necesariamente monopolio —el Tratado del Espacio no lo permite—. Al fin y al cabo, la exploración está abierta a todos. Pero si un país (o sus empresas) comienza a explotar los recursos espaciales presentes en la Luna con mucha antelación respecto de otros posibles operadores, innegablemente tendrá ventaja sobre la utilización de una fuente hasta hoy intacta de beneficios.

En los primeros años de exploración, probablemente los esfuerzos se dirigirán a prospectar elementos básicos como el agua y de ella extraer oxígeno e hidrógeno para abastecer las misiones. Más adelante, las excavaciones deberán centrarse en minerales con mayor potencial económico, generando aún más riqueza para sus operadores y los países autorizadores. Lógicamente, para que esto suceda, es necesario el desarrollo de tecnologías específicas de minería espacial y procesamiento de las sustancias, tanto para servir a los astronautas como a eventuales compradores.

Quien se especialice en la actividad, sin duda prestará sus servicios durante muchos años. Países como Luxemburgo fomentan la innovación en este sector. El Gran Ducado mantiene un centro de investigación y promoción de la minería espacial, el ESRIC —*European Space Resources Innovation Centre*—, que promueve actividades, investigaciones y brinda apoyo a las empresas del ramo que desean establecerse en ese país.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Lo cierto es que pocos poseerán las condiciones económicas y tecnológicas para ir a la Luna y realizar operaciones de minería. Considerando la magnitud del mercado que está por abrirse y el número limitado de operadores, surge una cuestión: ¿será la minería espacial un nuevo (e incalculable) vector de concentración de riqueza que generará aún más desigualdades sociales alrededor del mundo? ¿Existirán pautas en este nuevo mercado que mitiguen su potencial de desequilibrar aún más las relaciones internacionales y sociales?

3. LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El 25 de septiembre de 2015 fue aprobada la Resolución 70/1 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, que trajo un conjunto de objetivos globales con el propósito de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible previstos son: erradicación de la pobreza; hambre cero y agricultura sostenible; salud y bienestar; educación de calidad; igualdad de género; agua potable y saneamiento; energía asequible y no contaminante; trabajo decente y crecimiento económico; industria, innovación e infraestructura; reducción de las desigualdades; ciudades y comunidades sostenibles; producción y consumo responsables; acción por el clima; vida submarina; vida de ecosistemas terrestres; paz, justicia e instituciones sólidas; y alianzas para lograr los objetivos.

Es cierto que estos objetivos son una reacción internacional a la innegable situación de precariedad en la que viven millones de personas y, adicionalmente, una forma de mirar hacia adelante, proyectando un mundo con mejores condiciones de vida colectiva.

Datos de las Naciones Unidas, en su página destinada al ODS de combate a la falta de recursos, indican que, si nada se hace, más de 500 millones de personas estarán en pobreza extrema para el año 2030. La propia organización señala que existen muchas razones para la preocupación colectiva con la pobreza, pero especialmente que las desigualdades son perjudiciales para el crecimiento económico y, en su visión, debilitan la cohesión social, aumentando las tensiones políticas y sociales. Recalca además que esto puede provocar inestabilidad y conflictos.

La reducción de las desigualdades también demuestra su importancia cuando se percibe que la concentración de riqueza está creciendo en el mundo. Cada vez más los recursos financieros se convierten en propiedad de unos pocos, distanciando a esa clase del resto y potenciando el aumento de la pobreza. La organización Inequality.org divulgó datos que muestran que el 1,5 % más rico del globo detenta el 48 % de toda la riqueza mundial.

> *De acuerdo con el UBS Global Wealth Report, en 2023 el 1 % más rico del mundo — aquellos con más de 1 millón de dólares — poseía el 47,5 % de toda la riqueza mundial, el equivalente a aproximadamente 214 billones de dólares. Los adultos con menos de 10 mil*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

dólares representan casi el 40 % de la población mundial, pero poseen menos del 1 % de la riqueza global. UBS define «riqueza» como el valor de los activos financieros sumados a los activos reales (principalmente vivienda) de un individuo, menos sus deudas. (Inequality.org, s.f., sección Facts – Global Inequality).

Los datos sugieren que, aunque los objetivos fueron trazados en 2015, hasta el momento no se han alcanzado como estaba previsto. La dependencia de políticas públicas establecidas por los países hace que cuestiones internas interfieran directamente en los resultados. En un estudio publicado en 2020, investigadores analizaron los impactos del presupuesto público español en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de su país. De acuerdo con Sisto *et al*. (2020), apenas el 25 % de los programas presupuestarios municipales españoles generan impacto sobre los ODS. Entre los hallazgos, destacan los ODS más fuertemente impactados por los presupuestos municipales: ODS 1 (Fin de la pobreza), ODS 4 (Educación de calidad), ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) y ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas). Por otro lado, los ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y 15 (Vida de ecosistemas terrestres) mostraron los menores niveles de conexión con las políticas presupuestarias.

Aunque exista poca asertividad de los presupuestos públicos con respecto a los Objetivos trazados por las Naciones Unidas, la visión de sostenibilidad y de una vida colectiva con mayor calidad son guías para acciones internacionales, incluso en el sector espacial.

3.1. Los ODS y el sector espacial

Algunas iniciativas del sector espacial se han desarrollado con el objetivo de impactar los ODS. La Agencia Espacial Europea (ESA) promovió el llamado Proyecto U, que buscaba utilizar las plataformas de comunicación vía satélite para llevar a usuarios en varios países una aplicación amigable de apoyo a la educación. El Proyecto U, centrado en el usuario, pretendía, a través de su formato, facilitar el aprendizaje con herramientas simplificadas, de alta tecnología visual, e impulsar la construcción de conocimiento. Con ello, el resultado esperado era impactar especialmente el ODS1, de reducción de la pobreza, mediante la apertura de mayores oportunidades de trabajo para los beneficiados por la iniciativa. Otros ODS impactados serían la reducción de desigualdades, educación de calidad, trabajo decente y crecimiento económico, además de estimular la industria, innovación e infraestructura.

Adicionalmente, la Agencia también realizó estudios de viabilidad que incorporaron las técnicas de construcción 3D investigadas para la creación de hábitats lunares. En este caso, las construcciones 3D serían utilizadas en la Tierra para la creación de refugios en campos de refugiados, en un intento por mitigar las dificultades enfrentadas por las poblaciones desplazadas de sus territorios de origen. Además del ODS1 de combate a la pobreza, el estudio también indicaba impactos en los ODS 9, 10 y 11, debido a la innovación, creación de viviendas sostenibles y reducción de desigualdades.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

La ESA, también en la temática de migración, apoyó el proyecto BIGMIC, que buscaba auxiliar, mediante teledetección, el reconocimiento de rutas migratorias, la detección temprana de crisis humanitarias y la disponibilidad de recursos naturales para ser utilizados en estas condiciones. El proyecto buscaba impactar los ODS de erradicación de la pobreza, hambre, reducción de desigualdades y acciones contra el cambio climático.

Estas iniciativas por parte de la Agencia Espacial Europea son ejemplos de actividades compatibles con los Objetivos de Desarrollo Sostenible que pueden inspirar a próximas generaciones de proyectos.

4. LA CONEXIÓN ENTRE LOS ODS Y EL TRATADO DEL ESPACIO

Las actividades fuera de la atmósfera terrestre, a pesar de sus peculiaridades técnicas, se desempeñan con el objetivo de generar beneficios en la Tierra. Usualmente, esos beneficios son percibidos directamente por sus operadores, quienes financian los gastos con el desarrollo de tecnologías y lanzamientos. Sin embargo, el Tratado del Espacio deja claro que las acciones espaciales deben realizarse en interés de toda la humanidad. El Artículo I hace explícito el sentido de beneficio colectivo:

> *«La exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, deberán hacerse en provecho y en interés de todos los países, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico, e incumben a toda la humanidad». (Tratado del Espacio Ultraterrestre, United Nations, 1967, art. I).*

Así, aunque en 1967 no existieran oficialmente los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ya había preocupación porque el Espacio se utilizara en provecho de todos, independientemente del grado de desarrollo económico o científico. Es decir, incluso aquellos países sin capacidad operativa para conducir actividades espaciales deberían percibir los frutos de las misiones de otras naciones.

Aunque la conceptualización de «provecho e interés» esté lejos de ser un consenso —interpretado de manera minimalista por algunos y expansiva por otros—, es un hecho que transmite un mensaje implícito: a partir del Artículo I del Tratado del Espacio, el beneficio individual estricto se extingue y nace la obligación de compartir.

El reparto de beneficios es un tema presente en todas las mesas de discusión sobre cuestiones espaciales, principalmente cuando se trata de minería espacial. La Resolución 51/122 de la Asamblea General de las Naciones Unidas abordó el tema de actividades desarrolladas en provecho e interés de todos los países bajo el prisma de la cooperación internacional. Orienta en el sentido de que los países con capacidad de operación espacial se responsabilicen de estimular la cooperación con naciones en desarrollo, considerando sus necesidades específicas en bases aceptables para todos los participantes.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

No obstante, la discusión debe ser más profunda. El Espacio es ampliamente reconocido como un bien común global, a pesar de divergencias interpretativas puntuales por algunos países —como en el caso de Estados Unidos de América[3]. Considerando que el Tratado del Espacio establece que las acciones fuera de la atmósfera incumben a toda la humanidad, ¿no deberían también los productos derivados de esas operaciones ser administrados colectivamente, de manera justa, aunque considerando la primacía de los derechos del operador principal?

A pesar de esta provocación, no es lo que ocurre hoy, debido a la falta de disposiciones vinculantes que tracen normas sobre el reparto de beneficios.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible demandan precisamente un esfuerzo internacional en este sentido: conectar la obligación de acciones espaciales en provecho e interés de toda la humanidad, con las directrices para erradicar la pobreza, el hambre y mejorar en general las condiciones de vida en el planeta.

Y cuando pensamos en operaciones de minería espacial, donde se creará un nuevo mercado de proporciones inimaginables, no es difícil suponer que misiones diseñadas sin considerar las necesidades colectivas inevitablemente conducirán a una mayor desigualdad en la Tierra.

5. LOS ODS Y LA MINERÍA ESPACIAL

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son metas colectivas, una declaración de esfuerzos. A su vez, la minería espacial representa no solo un nuevo mercado, sino también una herramienta para el establecimiento de misiones permanentes en la Luna y la creación de un entorno para excursiones más largas en el Espacio profundo. Así, la intersección entre los ODS y la actividad de exploración de recursos espaciales naturales no puede verse como una acción que impida el futuro de las operaciones espaciales. De la misma manera, el futuro de las operaciones espaciales (la minería) no puede significar un agravamiento de las severas desigualdades económicas y sociales que se perciben alrededor del Globo Terráqueo.

De esta forma, aunque no exista ninguna norma que obligue a los operadores a diseñar sus misiones de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, estos deberán servir de guía para que el futuro espacial esté en conformidad con lo establecido por el Tratado del Espacio.

Erradicar la pobreza, el hambre, mejorar las condiciones de salud, tener educación de calidad, promover la igualdad de género y acciones que hagan más sostenible el futuro del planeta son, indudablemente, directrices que interesan y generan beneficios para todos.

3 El 6 de abril de 2020, el entonces presidente de los Estados Unidos de América, Donald Trump, firmó la Orden Ejecutiva sobre el Estímulo al Apoyo Internacional para la Recuperación y Utilización de Recursos Espaciales, en la que afirma que el país no entiende el Espacio como un Bien Común Global.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

Como se mencionó, la minería espacial, por sus especificidades y proporciones, tiene un potencial transformador, tanto para mejor como para peor. Si se trata solo como un mercado más, centrado en beneficios comerciales individuales, el resultado social en la Tierra podría ser desastroso. Potencias nacionales cada vez más fuertes (incluidas sus empresas) serán las poseedoras de la llave para una fuente de riqueza accesible a pocos. Pero, si existe conciencia internacional de incluir las necesidades colectivas en el diseño de misiones de prospección de recursos espaciales, como forma de cumplimiento del Artículo I del Tratado del Espacio, sin duda los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados por la Resolución 70/1 de la Asamblea General de las Naciones Unidas se presentan como directrices que guían el concepto de «provecho e interés» de todos.

6. CONCLUSIONES

Este artículo no busca proponer un modelo de gobernanza de los recursos espaciales, sino discutir cómo las actividades relacionadas con la minería lunar podrían ser conducidas en compatibilidad con los Objetivos de Desarrollo Sostenible acordados en las Naciones Unidas. Como se ha señalado, el Tratado del Espacio Ultraterrestre indica que las actividades espaciales deben realizarse en provecho e interés de la humanidad, y los ODS podrían servir como directrices definitorias de intereses colectivos. Dentro de este contexto, podemos proyectar que operaciones con recursos espaciales, si se piensan teniendo en cuenta los ODS como directrices estructurales, podrían traer impactos como los siguientes:

- ODS 1 y ODS 2 (Fin de la pobreza y Hambre cero): desde la venta de recursos prospectados in situ para misiones, hasta el establecimiento de un mercado de Helio-3 con valores de aproximadamente US$ 18 millones por kilogramo de la sustancia, la minería generaría una nueva economía que, con un direccionamiento colectivo y planificación efectiva, traería efectos perceptibles en la lucha contra la pobreza global y el hambre.
- ODS 4, ODS 5 y ODS 8 (Educación de calidad, Igualdad de género y Trabajo decente): el desarrollo de tecnologías para la prospección de minerales lunares podrá generar una red de capacitación y formación de nuevos profesionales alrededor del mundo para insertarse en este nuevo mercado laboral, abriendo oportunidades para hombres y mujeres de manera igualitaria.
- ODS 10 (Reducción de las desigualdades): la utilización de los ODS como referentes definitorios del concepto de una actividad en «provecho e interés» de la humanidad traerá la posibilidad de disminuir la concentración de beneficios en manos de pocos. Aunque se considere que la mayor parte del pastel se destine a los operadores, la mera consideración de una distribución real de beneficios ya representa una medida positiva que avanza hacia la reducción de desigualdades.
- ODS 7 y ODS 13 (Energía asequible y no contaminante y Acción por el clima): el acceso a sustancias como el Helio-3 podrá revolucionar el sector energé-

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

tico mundial, impulsando la tecnología de fusión nuclear y posibilitando la extracción de energía limpia en cantidades elevadas.

- ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura): con nuevas técnicas y equipos utilizados en la prospección de minerales lunares, la industria en la Tierra también podrá beneficiarse indirectamente. Como en toda la historia de la exploración espacial, tecnologías creadas para las misiones terminan siendo utilizadas en múltiples aplicaciones cotidianas.
- ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas): el equilibrio de la sociedad nacional e internacional depende de una serie de factores. Si hay impacto significativo en los demás ODS, consecuentemente será perceptible una disminución de las tensiones sociales, propiciando mayor equilibrio, paz y sentido de justicia.

Esperamos que la comunidad internacional encuentre el camino del diálogo y no descuide las necesidades colectivas. Es hora de decidir si queremos hacer del Espacio un vector de desarrollo para todos o un perpetuador de desigualdades. Con los Objetivos de Desarrollo Sostenible tenemos las guías ideales para cumplir lo propuesto por los negociadores del Tratado del Espacio en la década de 1960 y efectivamente dar un nuevo gran salto para la humanidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

Chennamangalam, J., Brook, P., Elvis, M., & Peterson, S. (2025). «Restos de asteroides portadores de mineral en cráteres lunares». *Planetary and Space Science.* https://doi.org/10.1016/j.pss.2025.100123

Fernandes, R. V. (2024). *Lei de Mineração Espacial: um estudo de viabilidade no Brasil*. Brasil: Editora Dialética.

Sisto, R., García López, J., Quintanilla, A., de Juanes, Á., Mendoza, D., Lumbreras, J., & Mataix, C. (2020). «Quantitative analysis of the impact of public policies on the Sustainable Development Goals through budget allocation and indicators». *Sustainability, 12*(24), 10583. https://doi.org/10.3390/su122410583

Woodford, J. (2025). «Billones de dólares en platino esperan ser explotados en la Luna». *New Scientist*. https://www.newscientist.com/article/2482664-trillion-dollars-worth-of-platinum-waiting-to-be-mined-on-the-moon/

Wu, X. (2015). «Exploración y utilización lunar de China: ¿Energía positiva para el derecho internacional?» *Anuario Mexicano de Derecho Internacional*, 15(1), 137-164. https://doi.org/10.1016/j.amdi.2014.09.003

ESA. (2020, 29 de abril). *3D printing for refugee camps* [Impresión 3D para campamentos de refugiados]. ESA — SDG. Recuperado de https://sdg.esa.int/activity/3d-printing-refugee-camps-4376

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ESA. (2020, 7 de mayo). *BIGMIG: Space-based services for migration prevention and management* [Servicios espaciales para prevención y gestión de la migración]. ESA — SDG. Recuperado de https://sdg.esa.int/activity/bigmig-4461

ESA. (2018, 8 de marzo). *Project U: User-centred immersive learning spaces* [Espacios de aprendizaje inmersivo centrados en el usuario]. ESA — SDG. Recuperado de https://sdg.esa.int/activity/project-u-4168

Gold Hydrogen Limited. (2024, 30 de octubre). *Helium-3 confirmed at Ramsay Project* [Helio-3 confirmado en el proyecto Ramsay]. https://www.goldhydrogen.com.au/wp/wp-content/uploads/2024.10.30-ASX-Announcement-Helium-3-Confirmed-at-Ramsay-Project.pdf

Inequality.org. (s. f.). *Facts: Desigualdad global*. Recuperado de https://inequality.org/facts/global-inequality/?source=chatgpt.com#global-wealth-inequality

Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivo 1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo*. UN. Recuperado de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/poverty/

Asamblea General de las Naciones Unidas. (1996, 13 de diciembre). *Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre en beneficio e interés de todos los Estados, teniendo en cuenta en particular las necesidades de los países en desarrollo* (A/RES/51/122). Naciones Unidas. https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_51_122.pdf

Asamblea General de las Naciones Unidas. (2015, 25 de septiembre). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* (A/RES/70/1). Naciones Unidas. https://undocs.org/es/A/RES/70/1

Orden ejecutiva sobre el fomento del apoyo internacional para la recuperación y utilización de recursos espaciales [Executive Order on Encouraging International Support for the Recovery and Use of Space Resources], 6 de abril de 2020. Casa Blanca. https://trumpwhitehouse.archives.gov/presidential-actions/executive-order-encouraging-international-support-recovery-use-space-resources/

Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes (BOE-A-1969-151, 4 de febrero de 1969). Boletín Oficial del Estado. https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1969-151

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

PROPOSAL FOR A CODE OF ETHICS ON SPACE ACTIVITIES

PROPUESTA DE UN CÓDIGO ÉTICO SOBRE ACTIVIDADES ESPACIALES

Dra. Elisa Celia González Ferreiro
Presidenta de la Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial (AEDAE)
https://aedae-aeroespacial.org/

Abstract: The purpose of this paper is to provide the basis for a code of ethics applicable to activities aimed at the exploration and use of outer space, the Moon and celestial bodies both nationally and internationally. We find its foundation in principles of International Space Law, several of which have already been consolidated as international custom, and in those guidelines or codes of conduct that are considered Soft Law, that is, non-binding, but of recommended practice. In addition, other issues are identified which, not belonging to the above-mentioned categories, should be taken into account for the benefit of humanity as a whole.

Key Words: Ethics, space activities, safety/security, responsibility/liability, benefit to mankind.

Resumen: *El objeto del presente trabajo estriba en proporcionar las bases en las que se cimente un código ético aplicable a las actividades que tengan como finalidad la exploración, utilización y explotación del espacio ultraterrestre, la Luna y los cuerpos celestes tanto a nivel nacional como internacional. Encontramos su fundamento en principios de Derecho Internacional del Espacio, varios de ellos ya consolidados como costumbre internacional, como en aquellas directrices o códigos de conducta que son considerados como Soft Law, es decir, no vinculantes, pero de recomendada praxis. Además, se identifican otras cuestiones que, no perteneciendo a las categorías mencionadas, conviene tenerlas en cuenta para el beneficio de la humanidad en su conjunto.*

Palabras clave: *Ética, actividades espaciales, seguridad, responsabilidad, beneficio para la humanidad.*

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ARTICLE 1: PRINCIPLES OF NON-DISCRIMINATION AND DUE REGARD

International organizations and States, including their non-governmental entities and natural persons, have the right to explore and use outer space, the Moon, and other celestial bodies without discrimination of any kind and for the benefit and in the interests of all humankind[1], which ultimately profits from space applications — directly or indirectly— through the technology developed for such purposes, leading to an improved quality of life for societies as a whole.

Moreover, the freedom to use outer space entails the right to undertake activities that do not hinder or harm the space activities conducted by other States (or their licensees), in accordance with the 1967 Outer Space Treaty[2]. This is known as the Principle of Due Regard for the interests of other States (Art. IX OST).

ARTICLE 2: PRINCIPLE OF NON-APPROPRIATION

International organizations and States, including their non-governmental entities and natural persons, may not appropriate outer space, the Moon, or other celestial bodies, including their surface, subsurface, orbits, or trajectories toward or around them. In other words, ownership may not be acquired, as these areas constitute *res communis omnium*[3]; however, this does not exclude the exploitation of their resources.

Such exploitation must be conducted in accordance with the general principles established in the 1967 Outer Space Treaty and in conformity with the relevant ad hoc international working groups[4], ensuring that such exploitation is orderly, safe, and sustainable for the benefit and in the interests of present and future generations[5].

---

1 The term "province of all humankind" is understood as synonymous with "apanage" or "Incumbencia de la humanidad". It does not refer to the appropriation or ownership of any object, but rather to the responsibility or competence exercised by humanity with regard to activities conducted in outer space, the Moon, and other celestial bodies.

2 Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_21_2222E.pdf .The fundamental principles of the 1967 Outer Space Treaty were previously embodied in the "Declaration of legal principles governing the activities of States in the exploration and use of outer space" adopted by the General Assembly in its resolution 1962 (XVIII) of 13 December 1963. http://un-documents.net/a18r1962.htm

3 They belong to a group of people and may be used by each of them, but no one may individually appropriate them — as is the case, for example, with the high seas. Currently, the political (though not legal) concept of "global common space" or Global Commons is being used.

4 Working Group of the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS) on the Legal Aspects of Space Resource Activities, and the Hague Working Group on the Governance of Space Resources, aimed at reaching a consensus on the appropriate manner in which such activities should be conducted.

5 In light of the lack of dynamism within the international community under COPUOS, certain States have chosen to adopt regulations allowing the exploitation of resources by non-governmental operators, as is the case of the United States, Luxembourg, Japan, and the United Arab Emirates.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ARTICLE 3: PRINCIPLE OF FREEDOM OF ACCESS AND INTERNATIONAL COOPERATION

International organizations and States, including their non-governmental entities and natural persons, shall have the right to explore and use outer space on a basis of equality, cooperating[6] to the greatest extent possible, including in scientific research and the sharing of results, provided that this does not infringe intellectual property rights.

Access to orbits, including the geostationary orbit, must be carried out in an equitable manner and in accordance with the ITU Radio Regulations[7]. In cases of comparable applications, a State already having access to the orbit/spectrum resource shall facilitate equitable access for developing or other States.

There shall be freedom of access to all regions of celestial bodies, including the Moon, consistent with the designation of certain areas as internationally protected zones due to their scientific or historical interest, or as perimeter security zones for bases or installations[8].

ARTICLE 4: DUTY TO COMPLY WITH INTERNATIONAL LAW

International organizations and States, including their non-governmental entities and natural persons, shall conduct their respective space activities in accordance with international law, which entails the maintenance of international peace and security, with particular attention to the Charter of the United Nations[9], whose Article 51 allows individual and collective self-defense.

ARTICLE 5: PROHIBITION OF THE PLACEMENT OF NUCLEAR WEAPONS AND OF MASS DESTRUCTION

International organizations and States, including their non-governmental entities and natural persons, shall not place nuclear weapons or weapons of mass destruction in outer space, the Moon and other celestial bodies. The spirit of article IV OST indicates that "placement" includes the crossing of such weapons. Furthermore, all

6 Declaration on International Cooperation in the Exploration and Use of Outer Space for the Benefit and in the Interest of All States, Taking into Particular Account the Needs of Developing Countries, adopted by the United Nations General Assembly in Resolution 51/122 of 13 December 1996. https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/principles/space-benefits-declaration.html

7 https://www.itu.int/en/publications/ITU-R/Pages/publications.aspx?parent=R-REG-RR-2020&media=electronic

8 Artemis Accords. Principles for cooperation in the civil exploration and use of the Moon, Mars, Comets, and Asteroids for peaceful purposes https://www.nasa.gov/artemis-accords/ . "A safety zone should be the area in which the nominal operations of a relevant activity or an anomalous event could reasonably give rise to a harmful obstacle".

9 https://www.un.org/en/about-us/un-charter/full-text

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

States of the international community should undertake not to carry out nuclear weapons test explosions (or any other explosion of a nuclear nature) «in the atmosphere; beyond its limits, including outer space...» in accordance with the Moscow Treaty of 5 January 1963[10].

ARTICLE 6: DUTY TO RESCUE PERSONS ON BOARD A SPACECRAFT OR IN OUTER SPACE, THE MOON AND OTHER CELESTIAL BODIES

The States of the International Community have an obligation to provide all possible assistance in case of accident, distress or emergency landing on their territory, another State party or on the high seas. After landing, persons on board, shall be returned safely and without delay to the State of registration of their spacecraft. In outer space, the Moon and celestial bodies, people there should help each other. The other States Parties and the Secretary-General of the United Nations shall be informed of any event which may constitute a danger to their life or health, in accordance with the Outer Space Treaty and the 1968 Rescue Agreement[11]. The International Space Station Crew Code of Conduct[12], as well as the internal rules of the respective space agencies applicable to manned space missions, shall also be respected.

ARTICLE 7: RESPECT FOR HUMAN RIGHTS

States, international organizations or private entities responsible for a manned space mission shall ensure that human rights are not violated by ensuring that no research is harmful to life, health, physical integrity or safety of persons assigned to the mission, developing an ethical conduct of experiments[13].

ARTICLE 8: DUTY TO RETURN SPACE OBJECTS

In accordance with the 1968 Rescue Agreement, when a space object or spacecraft has been launched into outer space and it is discovered that it or its component

10 On August 5, 1963, the Limited Test Ban Treaty was signed by the United States, Great Britain, and the Soviet Union. After Senate approval, the treaty that went into effect on October 10, 1963, banned nuclear weapons testing in the atmosphere, in outer space, and under water. https://www.archives.gov/milestone-documents/test-ban-treaty

11 Agreement on the Rescue of Astronauts, the Return of Astronauts and the Return of Objects Launched into Outer Space. https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_22_2345E.pdf

12 National Aeronautics and Space Administration, 14 CFR, Part 1214, RIN 2700–AC40, Code of Conduct for the International Space Station Crew, https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2000-12-21/pdf/00-32381.pdf

13 See the responsibilities of the commander in the "International Space Station Crew Code of Conduct". The mission includes pre-flight, in-orbit and post-flight activities.

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

parts have returned to Earth, the launching authority shall be notified (the State or international organization responsible for the launch) and the Secretary-General of the United Nations. Recovery by the Launch Authority will take place if previously requested from the State in whose territory the object/s was found and will be borne by that Launch Authority for the cost of recovery and cleaning, especially in the case of space objects or component parts of a dangerous or harmful nature[14].

ARTICLE 9: PRINCIPLE OF INTERNATIONAL RESPONSIBILITY OF THE STATE

The States of the international community shall be internationally responsible for national activities in outer space, the Moon and celestial bodies by governmental agencies, non-governmental entities and natural persons, in the latter two cases, they shall be subject to authorization and continuous supervision. This duty of authorization and supervision is reflected in licenses to be granted by the State to ensure that non-governmental entities carry out space activities with the greatest possible safety and security; and where appropriate, by paying compensation for damage caused to another State or its nationals. In this regard, it is necessary for States to regulate the licensing requirements of private operators internally, since international responsibility ultimately rests with the State. If the State has satisfied the compensation, it may repeat against the private operator under the applicable mechanisms.

It is essential for the granting of a license that the licensee does not compromise public health, personal safety or affect or endanger national security and defense. The applicant for a license will also be required to meet the requirements to be established, such as: technical and financial capacity, submission of a feasibility study on the space activity he wishes to undertake, and an assessment of potential risks (and its possible solution), including environmental impacts.

ARTICLE 10: PRINCIPLE OF LIABILITY FOR DAMAGE CAUSED BY SPACE OBJECTS

In accordance with the 1967 Space Treaty and the 1972 Liability Convention[15], the launching State shall be internationally liable for damage caused to another State party or its natural or legal persons, for that object or its component parts

14 Upon notification, the launching State shall immediately take effective action to eliminate the potential danger of damage, under the direction and control of the State exercising jurisdiction in the territory where the space object was found, unless otherwise decided, as was the case with Canada's recovery and clean-up of Cosmos 954, without the participation of the USSR in such work at Canada's express request, which received financial compensation under the 1972 Liability Convention.

15 Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects. https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_26_2777E.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

including those which are no longer functional (space debris). Damage may occur on the Earth, in airspace or outer space, the Moon and other celestial bodies. Absolute liability applies when damage is caused by a space object/vehicle on the surface of the Earth or to aircraft in flight, except for certain exceptions provided for in the 1972 Convention as gross negligence or *dolus* (intention to cause the damage) by the claimant State or the natural and legal persons it represents. With regard to fault liability, it shall apply in respect of damage caused to outer space and celestial bodies, therefore, it is necessary to prove that the launching State is responsible for damage caused to another space object, persons and property on board.

There is an exception to this type of liability and it is that in practice clauses on mutual waiver are usually established in matters of liability for damages «Cross Waiver of Liability», ad ex, in the 1998 International Space Station Agreement[16] with regard to damage caused on the occasion of «protected space operations» other than intellectual property claims, for bodily injury or other damage to health, death of a natural person, intentional misconduct or damages arising from the failure by an Associated State to fulfil its obligation to extend the mutual waiver of liability to its related entities. International intergovernmental organizations shall be responsible in accordance with the 1972 Convention on Liability.

ARTICLE 11: PRINCIPLE OF PEACEFUL SETTLEMENT OF DISPUTES

Disputes between States, organizations, private entities and individuals should be resolved by peaceful means. In the space field, consultations are invited as a first option and if they do not succeed, the parties may resort to any means of peaceful settlement such as those detailed in article 33 of the Charter of the United Nations[17]. However, the 1972 Liability Convention provides for States to bring claims through diplomatic channels, the competent courts of the launching State or through the "Claims Commission" governed by the Convention itself. Of particular interest is the "Optional Rules for the Arbitration of Disputes relating to Outer Space Activities"[18], dated 6 December 2011, prepared by the Administrative Council of the Permanent Court of Arbitration at The Hague, because it allows for the identification of disputes between States, international organizations and private entities, providing a flexible and innovative mechanism.

16 Agreement among the Government of Canada, Governments of Member States of the European Space Agency, the Government of Japan, the Government of the Russian Federation, and the Government of the United States of America concerning Cooperation on the Civil International Space Station and Agreement on the implementation of the Intergovernmental Agreement on the Space Station until its entry into force, Washington 29 January 1998. https://www.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-S-PURL-LPS114192/pdf/GOVPUB-S-PURL-LPS114192.pdf

17 United Nations Charter, https://icj-cij.org/index.php/charter-of-the-united-nations

18 https://docs.pca-cpa.org/2016/01/Permanent-Court-of-Arbitration-Optional-Rules-for-Arbitration-of-Disputes-Relating-to-Outer-Space-Activities.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ARTICLE 12: RECOMMENDATION TO INVESTIGATE SPACE ACCIDENTS AND INCIDENTS

All spatially active States should have a Space Accident and Incident Investigation Commission to find the causes of accidents and incidents, not in order to seek blame or responsibility but to prevent them from happening again. The competent authority would appoint an investigator/a for the accident or incident in question and have a number of powers to obtain information necessary for the clarification of the facts, including entry to the crash site and retaining the chain of custody of the space object or its remains. When an investigation is completed, the investigator shall provide the competent authority with a written report of the investigation and any relevant documents or records, if any[19].

ARTICLE 13: RIGHT TO A SUSTAINABLE WASTE-FREE SPACE

Spatially active countries that agree on the definition of space debris as «all space objects, including their fragments and elements thereof, which are in Earth orbit or re-enter the atmosphere and are not functional», must be aware of the serious danger involved in the continued generation of space debris in orbits around the Earth, both because of the danger posed by the exponential increase in the possibility of impacts (Kessler syndrome) as damage that may occur on the surface of the Earth or aircraft in flight.

International guidelines for space debris mitigation[20] should be embodied in an International Convention or at least as contractual clauses[21] or provisions contained in a national space law, so that all States in the international commu-

19 National space laws, such as those of the United States, Australia, the Russian Federation or Ukraine, provide for the investigation of space accidents and incidents. In September 2022, the National Transportation Safety Board (NTSB) and the Federal Aviation Administration (FAA) of the United States signed an agreement whereby the NTSB will be the primary accident and incident investigation agency, related to commercial space launches (those licensed by the FAA) or re-entry phase.

20 IADC 2002 Space Debris Mitigation Guidelines (2002), European Code of Conduct on Space Debris Mitigation (2004), 2007 Space Debris Mitigation Guidelines developed by the COPUOS Scientific and Technical Subcommittee, the ISO Standard (2011, last revision 2023), the Guidelines for the long-term sustainability of outer space activities of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS 2019), the Joint Communication to the European Parliament and the Council, 'An EU approach to space traffic management. An EU contribution to addressing a global challenge» (2022), the EUMETSAT 2030 Strategy and ITU Good Practices and its Recommendation 1003-2 (2010).

21 European Space Agency, we highlight: Space Debris Mitigation requirements for ESA projects (2008), Space Debris Mitigation Policy for ESA projects (Space Debris Mitigation Policy for Agency Projects (2014, rev. 2022), the ESA Space Debris Mitigation Compliance Verification Guidelines (2015, rev. 2023), the Safe Re-entry Requirements (Secure re-entry requirements 2017) and the ESA Space Debris Mitigation Requirements 2023 (ESA).

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

nity would work together equitably to achieve the goal of zero waste 2030 (Zero-Debris Charter)[22]. Therefore, it is recommended that the design of a space system take into account, inter alia, the limitation in the generation of space debris released during normal operation, minimizing the possibility of disintegration and accidental collision in orbit as well as the possibility of disintegration at the end of missions as a result of stored energy; Paying particular attention to avoiding the long-term presence of space objects at the end of the mission in low and geostationary orbits.

In connection with the above, there is a need for cooperation between States and international intergovernmental organizations in order to avoid damage to the space environment and to ensure the safety of space operations, since the latter are essential for achieving the Sustainable Development Goals, through the implementation of the Guidelines on the long-term sustainability of outer space activities[23] developed by COPUOS in 2019 and taking into account the Code of Conduct on Space Sustainability of the Global Satellite Operators Association (GSOA) which, published on 13 November 2023, calls upon operators to implement responsible practices that mitigate the risk of collision in orbit, minimize the threat of non-transportable debris, protect humans in space and limit the effects on optical astronomy[24].

ARTICLE 14: RIGHT TO A DARK AND QUIET SKY

States, international organizations, institutions and individuals are urged to continue working on and implementing the objectives set out in the 2007 Declaration of the Palm on the Defence of the Night Sky and the Right to Starlight:

> *The right to an unpolluted night sky in which one can contemplate the firmament should be regarded as an inalienable right of humanity, on a par with other environmental, social and cultural rights, considering its impact on the development of all peoples and its impact on the conservation of biological diversity... The negative effects on atmospheric quality of night skies in natural areas, caused by increased emissions and intrusion of artificial light, seriously affect many species, habitats and ecosystems*[25].

22 «Zero Debris Charter» which, driven by the European Space Agency, has been developed by Agencies, organizations, companies and academia mainly, and has as its main objective to develop innovative technologies for the disposal of satellites at the end of their useful life, their maintenance in orbit and the active disposal of debris. https://www.esa.int/Space_Safety/Clean_Space/The_Zero_Debris_Charter

23 https://spacesustainability.unoosa.org/sites/spacesustainability.unoosa.org/files/21-02562_lts_ebook_english_june2021.pdf

24 Code of Conduct on Space Sustainability, GSOA, November 2023. https://gsoasatellite.com/wp-content/uploads/GSOA-Code-of-Conduct-Paper.pdf

25 https://www.starlight2007.net/index_option_com_content_view_article_id_185_starlight-declaration_catid_62_the-initiative_itemid_80_lang_en.html

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

A series of Recommendations contained in the 2021 "Dark and Quiet Skies for Science and Society"[26] Report, aimed at addressing the impact on astronomy of three types of interference: artificial night light (ALAN), the large number of Low Earth Orbit (LEO) satellite traces and the emission of radio wavelengths.

The growing number of mega-satellite constellations not only makes it difficult to observe the Universe, but also generates space debris and interferes with space traffic. However, we must find a balance between the right to launch and the right to observe.

ARTICLE 15. DUTY OF EFFECTIVE SPACE TRAFFIC MANAGEMENT

Promotion of global space traffic management is considered necessary, that is to say, space activities are safe, sustainable and protected throughout the lifecycle of space operations, including: launch phase, in-orbit operations, removal from orbit at the end of its useful life and re-entry phase, where appropriate; this will require enhanced space monitoring and surveillance.

States have a duty to strive to develop standards of responsible behaviour that protect their space assets, both civilian and military. If we add the proliferation of mega-constellations to the large amount of space debris orbiting our planet, the probability of cascading collisions increases exponentially, this poses a high level of strategic risk and may negate essential services such as communications, civil protection and emergency response[27]. In this sense it is advisable to establish preventive measures and the development and deployment of advanced and automated techniques to prevent collisions where artificial intelligence, high-performance computing and machine learning will be of great help[28].

ARTICLE 16: RECOMMENDATION FOR THE ESTABLISHMENT OF SANDBOXES

In order to promote cutting-edge research and innovation enabling the implementation of R&D&I pilot projects, States are encouraged to establish an appropriate regulatory and administrative framework to foster the space industry and its international competitiveness.

---

26 https://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/stsc/2021/crp/AC105_C1_2021_CRP17E.pdf

27 Joint Communication to the European Parliament and the Council. An EU Approach for Space Traffic Management. An EU contribution addressing a global challenge. Strasbourg, 15.2.2022. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022JC0004

28 Motion for a Resolution an EU approach for space traffic management – an EU contribution addressing a global challenge. 29.09.2022. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/B-9-2022-0423_EN.html

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

The Test Protocol will be granted for the period of time necessary for the project in question and in an area geographically delimited and linked to the activity of publicly owned scientific-technical infrastructures. The test protocol should include specific clauses on confidentiality and business secrecy, industrial and intellectual property rights, liability, warranties and indemnities, among others[29].

ARTICLE 17: DUTY TO REGISTER

Where there is more than one launching State, only one of them shall be the State of Registry of the space object. The State of Registry shall retain jurisdiction and control over the object launched into outer space, as well as on-board personnel. In practice, there is the possibility of a voluntary transfer of ownership of the object when it is in outer space or in a celestial body; the problem is that the launching State under the Space Conventions will be responsible, ultimately for the damage caused by the space object, hence the importance of registering the object and including additional information such as identification of the new owner and those objects that have ended their operational life (space debris). The European Space Agency, as an intergovernmental international organization, has its own Registry. The information contained in the National Register shall be communicated to the Secretary-General of the United Nations for registration in the International Register of the United Nations for the benefit of the international community[30].

ARTICLE 18: PRINCIPLE OF AVOIDANCE OF HARMFUL CONTAMINATION OF THE EARTH, OUTER SPACE, AND CELESTIAL BODIES (ART. IX OST)

Article IX of the OST provides that States shall conduct their space exploration activities in such a manner as to avoid adverse changes to the environment of the Earth, outer space, and celestial bodies. This obligation of States and their licensees should also extend to activities related to the use and exploitation of outer space. In this sense, the COSPAR planetary protection policy is recommended, taking into account both the preservation of extraterrestrial life forms (forward contamination)

29 Ley 17/2022, de 5 de septiembre, por la que se modifica la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, B.O.E. núm. 214, de 6 de septiembre de 2022. https://www.boe.es/boe/dias/2022/09/06/pdfs/BOE-A-2022-14581.pdf

30 Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space, https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_29_3235E.pdf , see also, Recommendations on enhancing the practice of States and international intergovernmental organizations in registering space objects, https://docs.un.org/en/A/RES/62/101

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

and the potential danger of any matter that may reach Earth (backward contamination), establishing five categories, from lowest to highest protection depending on whether the destination is of significant interest for chemical evolution or the origin of life[31]. The fifth category, re-entry missions, sets the highest standards of protection.

ARTICLE 19: PRINCIPLES RELEVANT TO THE USE OF NUCLEAR POWER SOURCES IN OUTER SPACE

States and international intergovernmental organizations will build on the 1992 Principles[32] and the complementary Security Framework[33] to establish a sound nuclear security policy and implement advances in knowledge, radiation protection and nuclear safety practices and standards in order to further strengthen and improve the security policy[34].

ARTICLE 20: PRINCIPLES GOVERNING THE USE BY STATES OF ARTIFICIAL EARTH SATELLITES FOR INTERNATIONAL DIRECT TELEVISION BROADCASTING[35]

Transmissions must be compatible with the sovereign rights of States. The free dissemination and mutual exchange of information and knowledge in the fields of culture and science shall be promoted by encouraging educational, social and cultural development. Copyright and related rights shall be protected.

---

31 COSPAR Policy on Planetary Protection, prepared by the COSPAR Panel on Planetary Protection and approved by the COSPAR Bureau on 17 June 2020. https://cosparhq.cnes.fr/assets/uploads/2020/07/PPPolicyJune-2020_Final_Web.pdf

32 RES 47/68 UNGA, 14 December 1992, Principles Relevant to the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space, this resolution of the UN General Assembly is the only one of the Commission which contains a «review and revision» clause, reflecting the recognition of the need to take account of developments in technical know-how and increasing experience in the use of nuclear energy sources in space https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_47_68E.pdf

33 A/AC.105/934, 2009, Safety Framework for Nuclear Power Source Applications in Outer Space, https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_934E.pdf

34 A/AC.105/C.1/L.389, 9 September 2020, Updated and risk-informed process for launching space nuclear systems in the United States of America. Working paper prepared by the United States of America https://docs.un.org/en/A/AC.105/C.1/L.389

35 RES UNGA 37/92, Principles Governing the Use by States of Artificial Earth Satellites for International Direct Television Broadcasting, https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_37_92E.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

ARTICLE 21: PRINCIPLES RELATING TO REMOTE SENSING OF THE EARTH FROM OUTER SPACE[36]

Remote sensing activities will be carried out for the benefit and in the interest of all States, taking particular account of the needs of developing countries. No activity shall be carried out which is prejudicial to the legitimate rights and interests of the observed State. The remote sensing State shall have access to the data at a reasonable cost, and States which possess data that could prevent adverse events on the Earth's environment or natural disasters should communicate this information to the States concerned.

ARTICLE 22: PROTECTION OF METEORITES FOR THEIR SCIENTIFIC VALUE

Meteoroids in heliocentric orbit are small bodies of the solar system belonging to the category of celestial bodies, and once they have struck the Earth, they will be considered meteorites. The applicable legal regime will vary depending on where the meteorite struck or was found. Therefore, we must distinguish those areas not subject to national sovereignty such as Antarctica, the high seas and the seabed and ocean floor from those forming the territory of a State over which it exercises full and exclusive sovereignty. The treatment of meteorites in Antarctica is an example of international collaboration regarding their proper collection, healing, cataloguing, conservation and availability to the scientific community.

Several States have a legal regime that ensures appropriate treatment of meteorites, from the moment they are discovered, by prohibiting their trade, in accordance with applicable regulations on exports and imports, and even consider them to be in the public domain. States which have not yet done so are therefore encouraged to reflect on the desirability of protecting meteorites which, as remnants of the early solar system, provide us with information about the origins of the universe and thus of our own species.

ARTICLE 23: PLANETARY DEFENSE DUTY

Humanity as a whole stands out as the beneficiary of outer space exploration and use activities, thus understanding that there is an implicit duty of protection towards it, a Planetary Defense duty against any threat such as the impact of an Object Close to the Earth (comets and asteroids).

Regardless of an international convention on the subject, it is highly recommended that each State incorporate into its space legislation the commitment to protect its nationals from a possible impact by a near-Earth object, and to take all necessary

36 RES UNGA 41/65, Principles relating to remote sensing of the Earth from outer space, https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_41_65E.pdf

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

measures within their power either to assist in avoiding such a collision, or to carry out an emergency evacuation, where appropriate, or, once the damage has occurred, to provide the necessary assistance to the persons concerned, in accordance with the national legislation and international commitments of the State concerned.

ARTICLE 24: RIGHT TO SECURITY AND DEFENSE OF STATES

Space applications benefit states, improve citizens' quality of life and are a source of high-skilled job creation. However, outer space, considered as "the last frontier of geopolitical confrontation"[37], threats and challenges develop at a rapid pace, requiring decision-making in near real time and reliably. For this reason, it is essential to apply the principles of unity of action, anticipation, efficiency and resilience[38] in order to achieve, at both national and international levels, ethical standards of behaviour which ensure the effective protection of citizens through the respective national security systems[39] by strengthening civilian and military capabilities, Continuing risk analysis and assessment of measures against cyber attacks[40] or other criminal acts.

ARTICLE 25: APPLYING ETHICAL PRINCIPLES TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Work is recommended on the formulation of ethical policies and regulations on the development and use of artificial intelligence, with particular attention to standards related to risk management, data security, transparency of algorithms and equity, ensuring, in any event, the protection of fundamental rights[41].

---

37 Real Decreto 1150/2021, de 28 de diciembre, por el que se aprueba la Estrategia de Seguridad Nacional 2021, «BOE» núm. 314, de 31 de diciembre de 2021, https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2021-21884

38 Orden PCI/489/2019, de 26 de abril, por la que se publica la Estrategia de Seguridad Aeroespacial Nacional, aprobada por el Consejo de Seguridad Nacional. «BOE» núm. 103, de 30 de abril de 2019, https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-6349 , see also, Orden PJC/845/2025, de 29 de julio, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Seguridad Nacional de 14 de julio de 2025, por el que se aprueba la Estrategia de Seguridad Aeroespacial Nacional, «BOE» núm 187, de 5 de agosto de 2025, https://www.boe.es/boe/dias/2025/08/05/pdfs/BOE-A-2025-16214.pdf

39 "Ley 36/2015, de 28 de septiembre, de Seguridad Nacional, «BOE» núm. 233, de 29/09/2015, https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-10389 "National security means action by the State aimed at protecting the freedom, rights and well-being of citizens, ensuring the defense of Spain and its constitutional principles and values, as well as to contribute together with our partners and allies to international security in fulfilling the commitments made"

40 Orden PCI/487/2019, de 26 de abril, por la que se publica la Estrategia Nacional de Ciberseguridad 2019, aprobada por el Consejo de Seguridad Nacional, «BOE» núm. 103, de 30 de abril de 2019, https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-6347

41 Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act), https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401689 . See also, Charter of Fundamental Rights of the European Union, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:12012P/TXT

Disponible online diciembre 2025 / © 2025 Los autores. Boletín de acceso abierto bajo la licencia CC BY (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/).

El Observatorio Jurídico Aeroespacial fue creado el 30 de noviembre de 2020 mediante un convenio de colaboración suscrito entre la Asociación Española de Derecho Aeronáutico y Espacial (AEDAE) y el Grupo de Investigación GIESA-BIOLAW —actualmente denominado G-BioDIn LAW— del Departamento de Derecho Administrativo de la Universidad Complutense de Madrid.

El Observatorio tiene como objetivos fundamentales el estudio y la difusión del Derecho Aeronáutico, del Derecho Espacial y de las disciplinas relacionadas, a través de diversas actividades académicas, entre las que destacan la organización de congresos, jornadas, grupos de trabajo y la elaboración de publicaciones especializadas.

Las publicaciones del Observatorio abarcan los "Boletines del Observatorio Jurídico Aeroespacial", los "Cuadernos Digitales de Derecho Aeronáutico y Espacial", así como la "Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial (R.E.D.A.E.)". Esta última reúne artículos doctrinales de especial interés y actualidad para el sector aeroespacial, tanto en el ámbito nacional como internacional. Asimismo, la Revista publica trabajos de Fin de Máster y de postgrado que contribuyen a la continuidad, renovación y enriquecimiento de las disciplinas objeto de estudio.

La Agencia Espacial Española (AEE) desempeña un papel destacado en la difusión del derecho aplicable al ámbito espacial, respaldando iniciativas que impulsan el conocimiento jurídico en un sector estratégico y en constante evolución. En este contexto, presta su apoyo económico y doctrinal a la Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial, una publicación de referencia que refuerza el análisis y desarrollo del Derecho Aeronáutico y del Derecho Espacial, manteniendo su vocación académica, su rigor científico y su contribución al avance de la industria y la normativa aeroespacial.

La Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial, cuyo primer número vio la luz en septiembre de 2021, es la primera revista jurídica española dedicada íntegramente al Derecho Aeronáutico y Espacial en toda su amplitud. Su contenido completo está disponible en la siguiente dirección: https//aedae-aeroespacial.org/