



Universidad Miguel Hernández de Elche

Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas

Grado en Seguridad Pública y Privada

**Drones en Operaciones no EASA Directas: Marco Normativo y
Prácticas Policiales**

Nombre del Autor: Salvador TORRES GOMIS

Profesor/a: Oscar Manuel CHAMORRO CHAMORRO

Curso: 2024-2025

Resumen

Este Trabajo Fin de Grado examina el empleo de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) en operaciones de seguridad que, por su naturaleza, quedan fuera del ámbito de la Agencia Europea de Seguridad Aérea (actividades no EASA) y se rigen en España por el Real Decreto 517/2024 (España, 2024, art. 1). A partir de la experiencia policial del autor y de una revisión crítica de los Reglamentos (UE) 2018/1139, 2019/945 y 2019/947, se delimita el marco jurídico que habilita a las fuerzas públicas a volar drones con mayores márgenes de flexibilidad operativa. El estudio integra la metodología SORA como hilo conductor para la gestión de riesgos y concreta los requisitos de un Manual de Operaciones y de un Estudio Aeronáutico de Seguridad válidos para misiones directas. Dos casos reales —la vigilancia de un concierto multitudinario y una operación discreta de observación— ilustran la transición de la norma a la práctica, evidenciando los beneficios tácticos (conciencia situacional, rapidez de despliegue) y las limitaciones técnicas (autonomía, firma acústica) de estas aeronaves. El trabajo concluye con recomendaciones para armonizar celeridad operativa, protección de datos y coordinación con el espacio aéreo tripulado, subrayando la necesidad de formación continua y de procedimientos estandarizados para consolidar la legitimidad y eficacia del uso policial de drones.

Palabras clave: drones, operaciones policiales, no EASA, seguridad pública

Abstract

This undergraduate thesis explores the use of unmanned aircraft systems (UAS) in security missions that fall outside the European Union Aviation Safety Agency's scope—so-called no EASA activities—governed in Spain by Royal Decree 517/2024. Drawing on the author's law-enforcement experience and a critical review of EU Regulations 2018/1139, 2019/945 and 2019/947, the research maps the legal framework that grants public authorities enhanced operational flexibility when deploying drones. The Specific Operations Risk Assessment (SORA) methodology is adopted as the backbone for risk management, while the essential contents of an Operations Manual and an Aeronautical Safety Study are specified for direct missions. Two field cases—a large-scale concert surveillance and a covert observation task—translate theory into practice, showcasing tactical advantages such as improved situational awareness and rapid deployment, as well as technical constraints including limited endurance and acoustic signature. The thesis closes with recommendations to balance swift response, data-protection compliance and airspace coordination, stressing the importance of continuous training and standardized procedures to cement the legitimacy and effectiveness of police drone operations.

Keywords: drones, police operations, non-EASA, public security

Índice

1. Introducción y Justificación del Estudio	6
1.1. Contextualización y Experiencia Operativa	6
1.2. Justificación del Estudio	7
2. Evolución y Crecimiento Exponencial en el Ámbito de la Seguridad	8
2.1. Perspectiva Histórica y Avances Tecnológicos.....	8
2.2. Relevancia Actual en Vigilancia, Control de Multitudes, Búsqueda y Rescate, y Protección de Infraestructuras	9
3. Tipología de Drones: Definiciones, Clases y Modalidad FPV.....	10
3.1. Definición y diferencias fundamentales	11
3.2. Drones FPV (First-Person View): Uso en Conflictos Bélicos y Diferencias con los Drones Comerciales	12
4. Marco Teórico y Normativo	14
4.1. Revisión y Análisis de la Legislación.....	15
4.1.1. Legislación española y europea.....	15
4.1.2. Evolución legislativa y adaptación al uso de drones	16
4.2. Aspectos Generales de la Normativa.....	17
4.2.1. Requisitos Legales.....	18
4.2.2. Metodología SORA para la Evaluación de Riesgos en la Categoría “Específica”	25
4.2.3. Real Decreto 517/2024: Principales Aportes en Actividades no EASA.....	41
4.2.4. Guía sobre Requisitos y Limitaciones al Vuelo de UAS en Función del Lugar de Operación (ZONAS GEOGRÁFICAS DE UAS UAS-OPS- DT01 Ed.01).....	44
4.2.4.1. Contexto y Alcance de la Zonificación	45
4.2.4.2. Tipos de Zonas Geográficas de UAS: Generales y Particulares	46
4.2.5. Reglas Operativas y Excepciones para Operaciones no EASA	47
4.2.6. Procedimientos de Coordinación y Documentación	51
4.2.7. Recomendaciones	52
4.2.8. Perspectivas de Futuro: U-Space y la Automatización del Espacio	

Aéreo	53
4.2.9. Protección de Datos y Privacidad en el Uso de Drones	55
4.2.9.1. Introducción al Marco de Protección de Datos en el Uso de Drones	55
4.2.9.2. Tipos de Tratamientos y Escenarios de Riesgo	55
4.2.9.3. Real Decreto 1036/2017 y RD 517/2024 en Materia de Protección de Datos	56
4.2.9.4. ¿Qué Son Datos de Carácter Personal?	56
4.3. Tratamiento de Datos Personales en Operaciones Policiales con UAS en el Marco no EASA	57
4.4. Manual de Operaciones y Estudio Aeronáutico de Seguridad en Operaciones no EASA Directas	61
5. Aplicación Práctica y Experiencias Operativas	66
5.1. Introducción Contextual	66
5.2. Ejemplo Práctico 1: Concierto Multitudinario	68
5.3. Ejemplo Práctico 2: Operación de Vigilancia Discreta con UAS	71
6. Conclusiones	75
Referencias bibliográficas	79
Apéndice 1: Lista de acrónimos aeronáuticos	81

1. Introducción y Justificación del Estudio

1.1. Contextualización y Experiencia Operativa

La creciente adopción de drones—también identificados como aeronaves pilotadas de forma remota (RPAS), sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) o vehículos aéreos no tripulados (UAV)—en operaciones de seguridad ha experimentado un auge exponencial en ámbitos tanto públicos como privados (Fortune Business Insights, 2023). Este fenómeno responde al incremento en la complejidad de los escenarios actuales: el control de multitudes, la vigilancia de infraestructuras críticas y la pronta reacción frente a sucesos de diversa índole exigen soluciones tecnológicas versátiles y de rápida implementación. Al ofrecer un punto de observación elevado, alta maniobrabilidad y la posibilidad de acoplar sensores de distintas funcionalidades, estos sistemas amplían la capacidad de supervisión y reducen el riesgo inherente a la presencia de personal en entornos potencialmente peligrosos.

En la práctica policial, he podido constatar de forma directa el impacto de estas aeronaves en la mejora de la coordinación operativa. Por ejemplo, en labores de vigilancia de eventos multitudinarios, la transferencia de imágenes en tiempo real permite identificar de forma ágil posibles aglomeraciones o comportamientos irregulares, ofreciendo a las unidades en tierra información que incrementa la efectividad de sus decisiones. Asimismo, la colaboración con entidades como bomberos en tareas de búsqueda y rescate o en la lucha contra incendios evidencia el valor de los drones al detectar focos de calor, facilitar la localización de víctimas en espacios con poca visibilidad y reducir el riesgo para los equipos de primera respuesta. Del mismo modo, he observado su utilidad en la localización de individuos con causas pendientes ante la justicia, brindando una perspectiva previa que optimiza la planificación y reduce eventualidades durante operativos de entrada.

En el sector privado, aunque la adopción de drones se encuentra en fases menos avanzadas, comienzan a proliferar iniciativas destinadas a supervisar instalaciones energéticas, monitorear infraestructuras industriales o reforzar la protección de perímetros sensibles. No obstante, su aprovechamiento pleno se ve condicionado por la aparición de desafíos técnicos, como la limitada autonomía de las baterías, y por un marco normativo que exige rigurosos protocolos de seguridad y protección de la intimidad. En este punto, el Real Decreto 517/2024, de 4 de junio, adquiere una relevancia notable al ofrecer un cuerpo legal específico para actividades no EASA, con disposiciones relativas a la instrucción de pilotos, la gestión de datos personales y la cooperación interinstitucional.

1.2. Justificación del Estudio

Pese al potencial que exhiben estos sistemas aéreos, su introducción masiva en el entorno de la seguridad plantea varios interrogantes que justifican una investigación en profundidad. En primer lugar, el uso de drones requiere una arquitectura legal que equilibre la eficacia de su despliegue con la protección de derechos fundamentales, en especial la privacidad y el tratamiento de datos personales. El hecho de que puedan recabar información en tiempo real y operar en zonas sensibles subraya la necesidad de directrices claras y de mecanismos de supervisión que minimicen la posibilidad de abusos.

En segundo término, los vehículos aéreos no tripulados se han convertido en piezas clave para las labores excluidas del marco EASA—como las misiones de rescate, la regulación del tráfico o la vigilancia de fronteras—que ejecutan directamente los cuerpos de seguridad o las empresas a las que delegan esas funciones. Para que cada intervención sea efectiva y legítima resulta imprescindible, por tanto, contar con pilotos bien formados, establecer protocolos de comunicación fluidos con los proveedores de servicios de tránsito aéreo y realizar un análisis de riesgos previo que anticipe posibles contingencias. A ello se suma la adopción de tecnologías emergentes, entre ellas la inteligencia artificial que dotan a los drones de una creciente autonomía y capacidad de procesamiento, y al mismo tiempo introducen nuevos retos operativos y normativos. Ante este

contexto, el presente trabajo analiza tanto el entramado legal y normativo como las facetas prácticas del uso de drones en la seguridad, con el fin de establecer pautas que fomenten un empleo eficiente, ético y conforme a la legislación vigente. De esta manera, se busca contribuir a la definición de un modelo de adopción tecnológica que, sin menoscabar la innovación, respete las garantías ciudadanas y promueva la profesionalización de quienes participan en estas actividades.

Este TFG parte de la idea de ofrecer una visión lo más completa posible sobre el uso de drones en actividades no EASA desde la experiencia policial, con el objetivo de extraer tanto conclusiones sobre el marco legal que regula su empleo como lecciones prácticas que ayuden a mejorar los protocolos y la formación de quienes los pilotan. En concreto, se repasará la normativa española (Real Decreto 517/2024) y europea (Reglamentos EASA y directivas de protección de datos) para entender sus exigencias en materia de licencias, SORA, Manual de Operaciones, EAS, EARO y coordinación con control aéreo; a continuación, se ilustrará con algunos ejemplos reales en seguridad pública para ver qué funciona, qué limitaciones técnicas aparecen y cómo se gestionan los riesgos; al mismo tiempo, se contrastarán los mitos habituales sobre la autonomía de vuelo, la precisión de sus sensores o la facilidad de uso con datos de operaciones reales; más tarde, se evaluará el desafío que trae el despliegue de U-Space en términos de ciberseguridad y protección de datos.

2. Evolución y Crecimiento Exponencial en el Ámbito de la Seguridad.

2.1. Perspectiva Histórica y Avances Tecnológicos

El desarrollo de drones en el ámbito no militar ha recorrido un itinerario marcado por la reducción de costes de componentes, la sofisticación progresiva de la electrónica de a bordo y la mejora de los materiales de fabricación. Inicialmente concebidos para fines recreativos o con aplicaciones estrictamente militares, los sistemas de aeronaves no tripuladas se han beneficiado del auge de sensores especializados, baterías de mayor densidad energética y algoritmos avanzados de navegación. Paralelamente, la disponibilidad de redes de posicionamiento global, como GPS,

GLONASS, Galileo o BeiDou, entre otros, ha permitido un control de ruta más preciso y seguro.

En el lapso de la última década, la incorporación de tecnologías de procesado de datos y la integración de software de planificación de rutas automáticas han potenciado la versatilidad de los drones. A ello se suman los sensores ópticos, térmicos y multiespectrales, capaces de identificar irregularidades en escenarios industriales, monitorizar áreas agrícolas o detectar focos de calor en despliegues de emergencia. Este cúmulo de avances favorece que los drones se erijan en instrumentos idóneos para operaciones de vigilancia, inspección y rescate, ampliando drásticamente su radio de acción en el ámbito de la seguridad.

2.2. Relevancia Actual en Vigilancia, Control de Multitudes, Búsqueda y Rescate, y Protección de Infraestructuras.

El empleo de drones en la seguridad resulta especialmente notable en varias dimensiones:

- **Vigilancia de eventos a gran escala:** La obtención de imágenes en tiempo real desde posiciones elevadas facilita la prevención de situaciones conflictivas y la focalización de los recursos en zonas con mayor vulnerabilidad.
- **Gestión de multitudes:** En acontecimientos multitudinarios, el análisis de flujos poblacionales y la detección temprana de incidentes posibilitan una actuación preventiva, reduciendo el riesgo de avalanchas o disturbios.
- **Búsqueda y rescate:** La equipación de cámaras térmicas y sensores de baja luminosidad potencia la localización de personas en entornos de difícil acceso o con visibilidad limitada. Esta ventaja deviene crucial en escenarios de siniestros naturales o en la exploración de estructuras colapsadas.

- **Protección de infraestructuras críticas:** La inspección de centrales energéticas, refinerías o estaciones eléctricas, acorde con el Real Decreto 517/2024 (BOE, 2024), permite la detección de anomalías sin poner en riesgo al personal, integrando estos hallazgos con sistemas de gestión de seguridad para optimizar las respuestas ante incidencias.

La consolidación de los drones en estas actividades explica el incremento en su adopción dentro de planes de seguridad institucionales y empresariales. Sin embargo, el vertiginoso crecimiento de su utilización exige un marco legal que, además de regular cuestiones operativas, controle el uso de datos y garantice la compatibilidad con otras aeronaves en el espacio aéreo (Agencia Española de Protección de Datos, 2019).

3. Tipología de Drones: Definiciones, Clases y Modalidad FPV

A continuación, se exponen las diferentes tipologías de drones existentes actualmente en el mercado:

- **Multirrotores:** Los drones más habituales para la seguridad son los denominados multirrotores (quadcopters, hexacopters o similares). Son versátiles, despegan y aterrizan de forma vertical y ofrecen gran estabilidad para tareas de vigilancia, rescate o inspección.
- **Ala fija:** Emplean una estructura similar a la de un avión convencional. Son más eficientes en vuelos a larga distancia, pero requieren pista o sistema de catapulta para el despegue y el aterrizaje, y suelen estar orientados a misiones de gran cobertura, como la supervisión fronteriza o la búsqueda en zonas extensas.
- **VTOL híbrido (Vertical Take-Off and Landing):** Combinan las ventajas del ala fija con la capacidad de despegar y aterrizar en vertical. Pueden resultar útiles en intervenciones policiales que precisan rapidez de

despliegue y capacidad de mantenerse en vuelo prolongado.

- Micro y mini drones: De tamaño muy reducido (generalmente por debajo de 250 g), enfocados a entornos cerrados o misiones discretas. Suelen usarse para apoyo táctico en interiores o zonas con acceso restringido.

3.1. Definición y diferencias fundamentales

En el ámbito de las aeronaves no tripuladas, existe una variedad de términos que, aunque suelen emplearse de manera indistinta, poseen significados específicos y matices técnicos importantes. Por ello, conviene esclarecerlos antes de abordar el papel que estas aeronaves desempeñan en la seguridad pública y privada:

- UAV (Unmanned Aerial Vehicle): Hace referencia a cualquier vehículo aéreo no tripulado que puede ser controlado de forma remota o mediante programas informáticos. Se trata de un término amplio que engloba tanto las aeronaves pilotadas a distancia como aquellas capaces de operar de manera autónoma.
- RPA (Remotely Piloted Aircraft): Hace alusión a aquellas aeronaves no tripuladas que requieren de un piloto remoto para su operación (EASA, 2020; AESA, 2024). A diferencia de otros drones que pueden contar con funcionalidades autónomas, el RPA necesita la intervención humana directa durante todo el vuelo.
- RPAS (Remotely Piloted Aircraft System): Se entiende como el sistema completo de una aeronave pilotada a distancia (RPA). Incluye la propia aeronave, el enlace de comunicaciones y la estación terrestre o remota desde la que se dirige el vuelo. En otras palabras, abarca todos los elementos indispensables para la operación de un RPA (European Union Aviation Safety Agency [EASA])

(2021)).

- UAS (Unmanned Aircraft System): Término genérico que describe el conjunto de aeronaves no tripuladas y sus sistemas conexos, abarcando no solo las aeronaves en sí (UAV), sino también el equipamiento necesario para su control y funcionamiento (EASA, 2020; AESA, 2024). Se considera un concepto amplio que puede englobar tanto UAV completamente automatizados como RPA que dependen de un piloto.

3.2. Drones FPV (First-Person View): Uso en Conflictos Bélicos y Diferencias con los Drones Comerciales

El término FPV (First-Person View) alude a un tipo de pilotaje de drones en el cual el operador recibe la señal de video en tiempo real desde la aeronave, generalmente a través de gafas especializadas o una pantalla. A diferencia de los drones comerciales, con sistemas de estabilización avanzados y un manejo relativamente automatizado, los FPV destacan por su manejo más directo, alta maniobrabilidad y escasas ayudas de vuelo, lo que exige mayor destreza por parte del piloto.

En la actualidad, se observa que los drones FPV han trascendido los límites recreativos para emplearse en escenarios de conflicto, donde su capacidad de vuelo ágil y bajo coste los vuelve atractivos para fines tácticos. A continuación, se exponen algunas facetas relevantes de su uso bélico:

1. Reconocimiento y ajuste de tiro gracias a su gran maniobrabilidad, estos drones pueden penetrar zonas de alta densidad de edificaciones o terrenos complicados, aportando información en tiempo real sobre posiciones adversarias o movimientos de tropas. Al carecer a menudo de sistemas de localización GPS robustos, dependen de la pericia del operador, quien se guía únicamente por la cámara a bordo.
2. Drones Kamikaze: Se han reportado casos de drones FPV modificados para estrellarse contra objetivos específicos, portando pequeñas

cargas explosivas. El operador, al contar con vista en primera persona, puede maniobrar hasta un punto muy preciso, incrementando la letalidad de la aeronave y reduciendo la posibilidad de fallo.

3. Impacto psicológico: El ruido característico y la constante incertidumbre que generan los drones FPV ejercen presión psicológica sobre las tropas adversarias, obligándolas a destinar recursos para su vigilancia y neutralización. En conflictos recientes, se ha constatado la saturación del espacio aéreo a baja cota por numerosas aeronaves no tripuladas, incluidas FPV, dificultando la defensa antiaérea tradicional.

4. Limitaciones y Vulnerabilidades:

- Alcance y Autonomía: Con protocolos de radio convencionales y baterías de menor capacidad, su autonomía de vuelo es menor que la de drones comerciales.
- Fragilidad: Suelen carecer de carcasas protectoras y sistemas redundantes, quedando expuestos a averías por impactos mínimos o condiciones meteorológicas adversas.

Diferencias Entre FPV y Drones Comerciales

1. Diseño y Estructura

- FPV: Centrado en la inmediatez de la respuesta y la capacidad de vuelo acrobático, carece de ayudas de estabilización o GPS avanzado. Pueden construirse artesanalmente o personalizarse en gran medida.
- Comerciales: Integran sistemas de navegación GPS, sensores de evitación de obstáculos y carcasas protectoras, orientados a la facilidad de uso y la estabilidad en la captura de imágenes.

2. Experiencia de Pilotaje

- FPV: Requieren alto nivel de habilidad manual y reflejos. La vista en primera persona es más inmersiva, pero aumenta el riesgo de colisión al reducir la percepción del entorno fuera del campo de la cámara.
- Comerciales: Incorporan modos automáticos (despegue, aterrizaje, trayectoria programada) y funciones de seguridad (geofencing, “Return to Home”), permitiendo que pilotos con menor experiencia operen con confianza.

3. Alcance y Autonomía

- FPV: Usualmente diseñados para vuelos de corta duración (5-10 minutos en la mayoría de casos dependiendo de tipo de batería, peso, etc) y alcance limitado por la autonomía (Comunicación personal, 15 de mayo de 2025).
- Comerciales: Pueden superar los 25-35 minutos de autonomía y un alcance de varios kilómetros, según las restricciones legales (Comunicación personal, 15 de mayo de 2025).

4. Aplicaciones Tácticas y Civiles

- FPV en Conflictos Bélicos: Aportan movilidad inmediata en misiones a muy baja altitud, posibilidad de vuelo kamikaze y saturación del espacio aéreo con múltiples unidades de bajo coste.
- Drones Comerciales en Seguridad: Se orientan más a la filmación estable, el patrullaje automatizado o la inspección de infraestructuras, con un enfoque en la seguridad del vuelo y la calidad de la imagen.

4. Marco Teórico y Normativo

Antes de desglosar la normativa por niveles, conviene situar el alcance de

este capítulo. Aquí se revisa el entramado jurídico que incide en el empleo de drones para actividades no EASA directas, arrancando por los reglamentos de la Unión Europea que establecen los requisitos comunes (Reglamentos (UE) 2018/1139, 2019/947 y 2019/945) y descendiendo después a su transposición y desarrollo en el ordenamiento español mediante el Real Decreto 517/2024 y las disposiciones complementarias. El objetivo es aclarar qué obligaciones técnicas, operativas y de formación afectan a pilotos y organismos públicos antes de cada misión y cómo se articulan los mecanismos de coordinación con las autoridades aeronáuticas y de protección de datos.

4.1. Revisión y Análisis de la Legislación

4.1.1. Legislación española y europea

La operación de aeronaves no tripuladas en actividades de seguridad se sostiene sobre una legislación que aspira a equilibrar la eficiencia operativa y la salvaguarda de los derechos fundamentales (AEPD, 2019). A escala europea, la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) ha establecido un marco unificado mediante el Reglamento (UE) 2018/1139 del Parlamento Europeo y del Consejo (2018), que fija los pilares esenciales de la seguridad aérea en la Unión (EASA, 2019; EASA, 2021). Dicho reglamento, en su artículo 2.3 (Reglamento (UE) 2018/1139 del Parlamento Europeo y del Consejo, 2018, art. 2.3), excluye de su ámbito las actividades de aduanas, policía, salvamento, lucha contra incendios y aquellas de similar naturaleza que recaen bajo la responsabilidad de un Estado miembro —las llamadas “actividades no EASA”. El Reglamento (UE) 2019/947 determina la clasificación de las operaciones de UAS en categorías abierta, específica o certificada. En esencia, este reglamento establece los requisitos y procedimientos que deben cumplir los operadores de drones (UAS) según el nivel de riesgo de la operación. En la práctica, esta clasificación ofrece un marco escalonado para garantizar la seguridad de las operaciones, define la documentación necesaria y contempla la formación de pilotos a distancia, evaluaciones de riesgo y la interacción con las autoridades pertinentes, mientras que el Reglamento Delegado (UE) 2019/945 regula las

características técnicas y requisitos de diseño y fabricación. En el contexto español, el Real Decreto 517/2024, de 4 de junio, define las pautas para los servicios no EASA con UAS, a la vez que integra dichas directrices en el ordenamiento nacional y establece aspectos operativos como la formación de pilotos y la coordinación con las autoridades competentes (España, 2024).

4.1.2. Evolución legislativa y adaptación al uso de drones

La transición regulatoria en España evidencia la necesidad de alinearse con los avances tecnológicos y la expansión de usos:

- Etapa previa a 2017: La regulación presentaba un enfoque disperso, sin contemplar escenarios específicos de seguridad o salvamento.
- Real Decreto 1036/2017: Sentó las bases para la actividad profesional de drones, incluyendo la formación de pilotos, el registro de aeronaves y los requisitos de operación diurna o nocturna.
- Reglamentos Europeos 2019/945 y 2019/947: Conforman un sistema unificado de categorías de operación, desde la abierta (bajo riesgo) hasta la certificada (riesgo elevado), promoviendo la homologación de criterios en toda la UE.
- Real Decreto 517/2024 (España, 2024): Publicado el 4 de junio, constituye un marco legal clave para la operación de UAS en España. Aunque regula de manera específica las actividades o servicios no EASA, su ámbito es más amplio y actualiza aspectos fundamentales de la anterior normativa, reforzando la coordinación con la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) y con proveedores como ENAIRE, así como incorporando obligaciones en materia de protección de datos, formación especializada y otras disposiciones necesarias para la integración segura

de drones en diferentes entornos operativos.

La progresión normativa ha incorporado metodologías como SORA (Specific Operations Risk Assessment), herramienta que facilita la identificación de riesgos específicos de cada misión y la adopción de medidas proporcionales para mitigarlos. Este enfoque dinámico responde a la necesidad de compatibilizar la innovación con la seguridad de las personas y el respeto a sus derechos fundamentales.

4.2. Aspectos Generales de la Normativa

Toda operación con drones requiere previamente de una verificación jurídica. Este apartado ofrece un panorama claro y conciso del marco normativo que condiciona los vuelos destinados a la seguridad pública o privada en España.

El punto de partida lo marcan los Reglamentos (UE) 2019/945 y 2019/947. A partir de ellos se definen las clases de aeronave (C0–C6), las tres categorías operativas —abierta, específica y certificada— y la obligación de emplear la metodología Specific Operations Risk Assessment (SORA) cuando la complejidad de la misión supera la categoría abierta.

Sobre este armazón europeo se alza la normativa española. El Real Decreto 517/2024 regula entre otras, las actividades no EASA, aquellas que realizan organismos públicos en interés general (España, 2024, art. 1). El texto permite simplificar ciertos trámites —sin rebajar los niveles de seguridad aérea— para que cuerpos policiales, aduanas o servicios de emergencia actúen con rapidez cuando la situación lo exige.

La planificación diaria se apoya, además, en la Guía UAS-OPS-DT01, que asigna restricciones y procedimientos a cada zona geográfica: cascos urbanos, infraestructuras críticas o espacio aéreo controlado, entre otras (AESA, 2024). La guía incorpora excepciones puntuales que agilizan las intervenciones urgentes, siempre bajo responsabilidad institucional y con la coordinación aeronáutica necesaria.

A corto plazo, dos factores marcarán y condicionarán la agenda. El

primero es la implantación de U-Space, el sistema europeo que digitalizará la gestión del tráfico de drones requiriendo nuevas formas de coordinación. El segundo es el refuerzo de la normativa sobre protección de datos: cualquier cámara o sensor a bordo deberá operar con absoluta observancia a la privacidad y a la legislación vigente.

Los subapartados siguientes profundizan en cada uno de estos elementos, de modo que el lector disponga de la base regulatoria indispensable para comprender las evaluaciones de riesgo, la zonificación y las obligaciones técnicas y documentales que acompañan a toda misión con UAS.

4.2.1. Requisitos Legales

La legislación sobre drones en materia de seguridad se adapta al nivel de riesgo y a las características de cada operación. El Reglamento Delegado (UE) 2019/945 no excluye íntegramente a los drones clasificados como juguetes según la Directiva 2009/48/CE. Lo que hace es eximir a los de clase C0 (menos de 250 g y sin capacidad de captación de datos) solo de cumplir los puntos 4, 5 y 6 del anexo de dicho Reglamento cuando, además, sean juguetes conforme a la normativa de seguridad infantil (Directiva 2009/48/CE). En este sentido, el propio Reglamento Delegado (UE) 2019/945 señala explícitamente:

El presente Reglamento debe aplicarse también a los SANT considerados juguetes en el sentido de la Directiva 2009/48/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (2). Estos SANT deben ser conformes también con la Directiva 2009/48/CE. Ese requisito de conformidad debe tenerse en cuenta al definir requisitos de seguridad adicionales con arreglo al presente Reglamento (Comisión Europea, 2019, considerando 5)

En consecuencia, no es que los drones-juguete queden fuera de la regulación de UAS, sino que se les aplican ambas normativas —si bien con ciertas exenciones técnicas contempladas en el anexo—. Antes de poner en marcha un dron, el piloto o la persona responsable de la operación debe estar registrado como operador en cualquier Estado miembro de la UE y colocar su número de registro en el propio aparato. Esta obligación se aplica a los

drones que pesen más de 250 g, así como a los más ligeros que incorporen cámara, micrófono u otro sensor capaz de captar datos personales. La única excepción son los drones que el fabricante declara expresamente como juguetes (Directiva 2009/48/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 2009).

Resulta esencial entender que existen diferentes tipos de drones, diferencias de terminología, así como categorías de operación, y que cada uno conlleva exigencias legales particulares:

- Clases de Dron (Marcado CE, según Reglamento (UE) 2019/945)
- Para facilitar la identificación de las características y limitaciones de cada aeronave, la Unión Europea ha definido diferentes clases de drones (C0, C1, C2, C3, C4, C5 Y C6). Cada clase se asocia con requisitos técnicos y operativos:
- C0: Drones de peso inferior a 250 g. Son los más ligeros y, por lo general, se utilizan en subcategoría A1 de la operación abierta. Pueden sobrevolar personas no involucradas sin necesidad de autorización previa, siempre que cumplan con las restricciones de altura y velocidad establecidas.
- C1: Drones de peso inferior a 900 g, con características técnicas que garantizan un riesgo moderado. Pueden volar en A1 y A2 bajo ciertas condiciones, como respetar distancias mínimas de seguridad. Deben incorporar sistemas de identificación a distancia y limitaciones de velocidad.
- C2: Hasta 4 kg de peso; se destinan a subcategoría A2 si el piloto dispone de formación adicional y respeta distancias de seguridad con personas no involucradas (generalmente 30 metros, que pueden reducirse a 5 con

un sistema de baja velocidad activado). Incluyen funciones de geovalla, identificación remota y modo de baja velocidad.

- C3: Hasta 25 kg de masa; su nivel de riesgo crece de forma proporcional al tamaño. Suelen operar en subcategoría A3, requiriéndose mantener 150 metros de distancia respecto a personas no involucradas y zonas residenciales. Están obligados a disponer de sistemas de seguridad como geovallas y limitadores de altitud.
- C4: Estos drones, aun con un peso que puede llegar a 25 kg, se distinguen por no incluir ciertas funciones de control electrónico (p.ej., estabilización, geovalla). Suelen estar enfocados a subcategoría A3 y habitualmente son aeronaves de ala fija o diseños sin sistemas de control de vuelo asistidos.
- C5 y C6: Propuestas para operaciones en categorías específicas o certificadas, con mayores requerimientos técnicos y limitaciones operativas. Se aplican a escenarios de mayor complejidad o riesgo, por ejemplo, vuelos BVLOS (Beyond Visual Line of Sight) o transporte de mercancías.

Categorías de Operación:

1. Abierta: Destinada a operaciones de bajo riesgo. Generalmente, los drones de la categoría abierta deben ajustarse a un límite de 120 metros de altura y no sobrepasar determinados parámetros de peso, aunque en escenarios específicos — como la proximidad de aeropuertos u otras zonas sensibles— la autoridad competente puede imponer restricciones de altitud diferentes. No se requiere autorización previa, si bien en algunos casos es obligatoria la notificación al Ministerio del Interior (entornos urbanos). Asimismo, se deben respetar las normas de seguridad y privacidad.

Dentro de la categoría abierta, se distinguen tres subcategorías

definidas por la normativa europea:

- A1: Dirigida a drones muy ligeros (por debajo de 250 g, clase C0 o C1) o equiparables. Se permite el sobrevuelo de personas no involucradas, pero no de multitudes.
- A2: Para drones de clase C2 que operan cerca de personas no involucradas, aunque se exige un mayor nivel de formación y la presentación de un examen teórico. Es necesario respetar una distancia mínima de seguridad, la cual puede reducirse si la aeronave cuenta con limitación de velocidad.
- A3: Orientada a drones de clase C3 o C4 (hasta 25 kg), en áreas donde no haya personas no involucradas en un radio de al menos 150 metros. Está pensada para vuelos que puedan entrañar riesgos más altos, pero en zonas despobladas o con escasa presencia humana.

2. Específica: Requiere una evaluación de riesgo previa (SORA), ya que las operaciones tienen un nivel de complejidad mayor. Se exige autorización de la autoridad competente, mayor control de la zona de vuelo y, en algunos casos, un estudio que valide las medidas de mitigación de riesgos.

3. Certificada: Reservada a escenarios de alto riesgo (como el transporte de mercancías peligrosas o el vuelo sobre grandes multitudes). La regulación equipara algunos requisitos a la aviación tripulada y exige certificaciones de aeronave y piloto muy estrictas.

Requisitos Legales y Operativos

- Permisos, licencias y formación obligatoria: Pilotos y operadores han de acreditar competencias que incluyan conocimientos sobre la normativa aeronáutica, protocolos de emergencia y salvaguarda de la intimidad. Cuanto más compleja sea la misión y mayor el peso o el

nivel de autonomía del dron, mayor será la exigencia formativa y el rigor en la acreditación.

- En la práctica, las licencias o habilitaciones dependen de la categoría de operación y el escenario:
- Categoría Abierta (A1, A2, A3):
- *A1*: Se requiere una formación básica en línea (examen teórico) para volar drones ligeros (clases C0 o C1).
- *A2*: Es obligatoria una formación adicional y un examen que acredite conocimientos más avanzados de normativa, meteorología y manejo de emergencias. Específico para drones de clase C2 que operan cerca de personas no involucradas.
- *A3*: Requiere al menos la formación teórica básica, aplicable a drones de clase C3 o C4 hasta 25 kg, siempre manteniendo 150 metros de distancia de zonas residenciales o personas no involucradas.
- Categoría Específica: El piloto u operador precisa un nivel de formación más alto y la operación debe contar con la correspondiente autorización de AESA o la autoridad competente, tras la evaluación SORA. En la categoría específica se contemplan distintos escenarios predeterminados —a menudo denominados STS (Standard Scenarios)— que establecen condiciones y requisitos estándar para las operaciones. Por ejemplo, el STS-01 (Standard Scenario 01) se orienta a vuelos VLOS (Visual Line of Sight) en zonas de riesgo bajo, habitualmente en entornos controlados donde el piloto mantiene contacto visual continuo con la aeronave. Este escenario prevé condiciones específicas, como la altitud máxima, el espacio aéreo reservado y la no presencia de multitudes, asegurando que cualquier incidente tenga un

impacto limitado. En cambio, el STS-02 (Standard Scenario 02) se centra en operaciones BVLOS (Beyond Visual Line of Sight), destinadas a áreas con riesgo moderado o escasa densidad de población. Aquí, el piloto no tiene contacto visual permanente con el dron, por lo que se establecen requisitos adicionales en materia de comunicación, medios detect-and-avoid y planes de contingencia. Asimismo, la autorización para STS-02 puede implicar la coordinación con entidades de tránsito aéreo y la adopción de sistemas redundantes para reducir la probabilidad de fallos que comprometan la seguridad.

Escenarios Estándar Nacionales no EASA (STS-ES-NE):

La Resolución de 10 de noviembre de 2024 (código GR-D-031), dictada al amparo del Real Decreto 517/2024, fija un marco pormenorizado para las operaciones con UAS en la categoría “específica” cuando se trate de actividades no EASA. El texto consagra dos escenarios estandarizados: STS-ES-01NE, idóneo para vuelos en modo VLOS sobre zonas terrestres controladas en entornos poblados y con una masa máxima de despegue (MTOM) hasta 10 kg, y STS-ES-02NE, centrado en misiones BVLOS con observadores del espacio aéreo en áreas poco pobladas y con una MTOM que puede alcanzar los 25 kg. En ambos supuestos está prohibido transportar mercancías peligrosas o sobrevolar concentraciones de personas, deben mantenerse distancias y alturas de seguridad muy precisas (máximo 120 m en el STS-ES-01NE y 100 m en el STS-ES-02NE, con ciertas excepciones cuando haya obstáculos artificiales) y la aeronave ha de contar con iluminación, geoconsciencia activa y sistemas de identificación a distancia directa (DRI), salvo contadas exenciones ligadas a operaciones de seguridad pública. Se establece también la obligación de que cada piloto disponga de un certificado teórico y una formación práctica avalada por AESA o reconocida a través de convalidaciones si se cuenta con competencias STS europeas. El régimen de declaración operacional, exigido por el Reglamento (UE) 2019/947, solo afecta a los operadores que no forman parte de la administración responsable: la institución investida de autoridad pública que

ejecute directamente la operación no necesita presentar declaración, mientras que el resto de operadores sí ha de formalizarla a través de la sede electrónica de AESA. Con los escenarios estándar nacionales se perfila, además, un conjunto de reglas muy detalladas: cada operación ha de sustentarse en un manual de operaciones, un plan de respuesta a emergencias y un sistema de registros (mantenimiento, incidencias, formación del personal) que garantice la trazabilidad de la actividad. Se prevé la importancia de salvaguardar datos personales, aplicándose el deber de evaluación de impacto cuando la misión implique tratamientos sensibles de información (Agencia Española de Protección de Datos, 2019). El piloto a distancia ha de verificar la funcionalidad del enlace de mando, la activación correcta de la identificación a distancia y la inexistencia de interferencias, así como el empleo de una zona terrestre controlada donde no ingresen espontáneamente personas ajenas a la operación. Con ello se consigue una normalización mucho más exigente, lo que otorga seguridad jurídica a las unidades policiales, aduaneras o de salvamento que necesitan desplegar drones con inmediatez sin renunciar a las pautas esenciales de planificación y mitigación de riesgos.

Adicionalmente, para escenarios que no encajen en ninguno de los STS definidos, se exige un análisis de riesgo específico conforme a la metodología SORA, a fin de establecer las medidas de mitigación correspondientes.

4.2.2. Metodología SORA para la Evaluación de Riesgos en la Categoría “Específica”

La metodología SORA (Specific Operations Risk Assessment), elaborada por las Autoridades Conjuntas para la Reglamentación de Sistemas no Tripulados (JARUS) y adoptada por la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) como medio aceptable de cumplimiento del artículo 11 del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947, se ha consolidado como la vía de referencia para determinar y gestionar los riesgos operacionales de los drones cuando se enmarcan en la categoría “específica” (Comisión Europea, 2019, art. 11; JARUS, 2023). Su propósito es aportar un procedimiento estructurado que ayude al operador a analizar los riesgos, tanto en tierra como en el espacio aéreo, y a justificar las medidas de mitigación más eficaces y proporcionales.

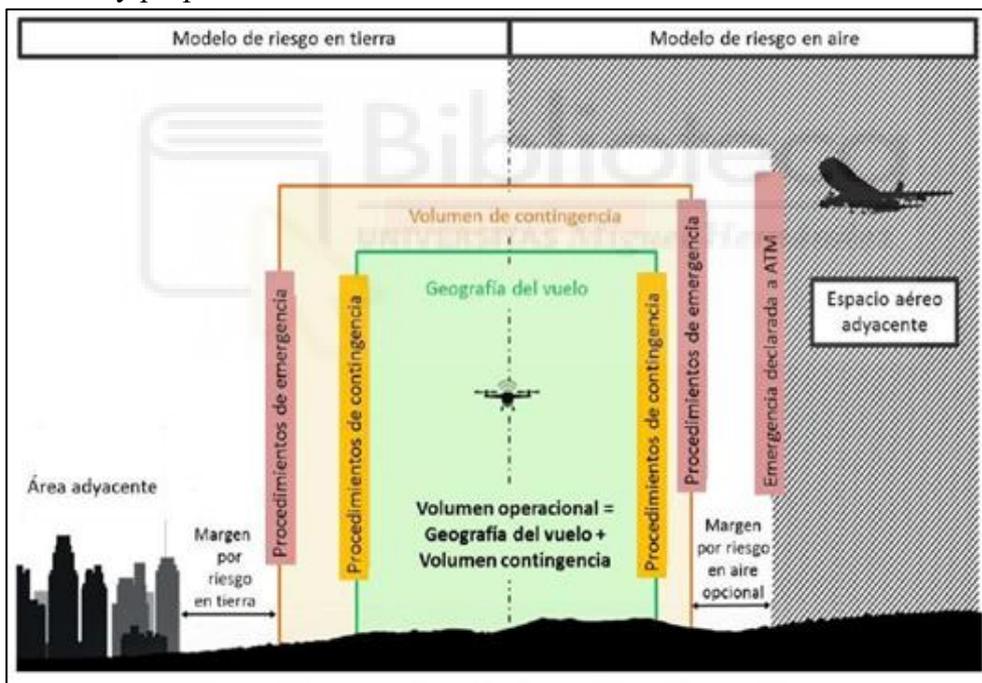


Figura 1. Representación gráfica del modelo semántico de SORA. *Fuente: Guía evaluación de riesgo operacional (Art. 11 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019)*

A. Objetivo y Alcance de la Metodología

SORA, la metodología establecida por JARUS y adoptada en Europa para operaciones de drones en categoría “específica” (Comisión Europea, 2019, art. 11; Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems, 2024),

persigue un doble propósito: identificar peligros y evaluar los riesgos potenciales—tanto en lo referente al impacto en personas y bienes en tierra como en la posible interferencia con el tráfico aéreo tripulado—y, al mismo tiempo, definir y justificar las medidas de mitigación necesarias para que el operador reduzca dichos riesgos a un nivel aceptable bajo la supervisión de la autoridad competente (AESA en España).

Se aplica a operaciones que no encajan en la categoría “abierta” (considerada de bajo riesgo) ni en la “certificada” (mucho más exigente en materia de licencias y certificación de tipo). Por ello, resulta especialmente útil en escenarios como la vigilancia policial con drones de hasta 25 kg en zonas de densidad poblacional moderada, determinadas misiones de seguridad privada o en la inspección de infraestructuras.

Dentro de SORA, la robustez mide la consistencia y solidez de las medidas de mitigación, sistemas y procedimientos que el operador utiliza para controlar los riesgos. Dicho nivel de robustez se explica comúnmente como el resultado de combinar dos factores:

1. Integridad, es decir, la calidad técnica e interna de la solución (su diseño, fiabilidad, redundancias, etc.) y la magnitud del beneficio que aporta a la seguridad. Por ejemplo, un paracaídas cuidadosamente probado a distintas altitudes y con comprobaciones automáticas se considera más íntegro que uno con pocas garantías de activación correcta.

2. Garantía, que alude a las evidencias objetivas que avalan la eficacia de esa solución (pruebas en laboratorio o campo, auditorías externas, certificaciones oficiales, historial de uso, etc.).

Cuando se dispone de una alta integridad, pero poca demostración de su efectividad, la robustez final se ve limitada; y si, por el contrario, existe abundante documentación y ensayos (alta garantía) pero el diseño en sí no es confiable, tampoco puede hablarse de una robustez real. Por ello, a menudo se resume de forma esquemática con la fórmula:

$$\text{Nivel de Robustez} = \text{Integridad} + \text{Garantía}$$

Al conjuntar ambos elementos, la operación con drones se apoya en soluciones técnicas bien concebidas y, a la vez, respaldadas por pruebas o auditorías que confirman su fiabilidad. De esa manera, la robustez pasa a ser la síntesis de la calidad real de la medida

—reflejada en su integridad— y la seguridad demostrada de que todo funciona según lo previsto —manifestada por la garantía—, lo que aporta un respaldo objetivo y minuciosamente justificado.

B. Definición del Concepto de Operación (ConOps)

El primer paso es describir la operación prevista con la mayor precisión posible. Aquí el operador responde a las preguntas: qué, dónde, cuándo, por qué y cómo se va a volar.

- Naturaleza de la Misión: Se especifica el fin del vuelo (vigilancia, rescate, inspección, seguridad policial, etc.). Este objetivo incide en los procedimientos y equipos necesarios.

a) Área Geográfica de la Operación:

- Se mapea la zona concreta de vuelo (coordenadas, extensión, límites horizontales y verticales).
- Se consideran factores orográficos (montañas, edificios altos, líneas de alta tensión) y restricciones terrestres (infraestructuras críticas, zonas residenciales, etc.).
- Tipo de Espacio Aéreo Implicado: Se aclara si se operará dentro o cerca de espacios aéreos controlados, zonas restringidas o prohibidas, aeródromos, etc.

b) Condiciones Ambientales:

- Meteorología prevista (viento máximo tolerable, temperatura, nubes, visibilidad).
- Interferencias EM (campo electromagnético que

pueda afectar al radioenlace o sistemas GNSS).

c) Perfil de Vuelo:

- Alcance visual (VLOS) o más allá del alcance visual (BVLOS).
- Altitud o altura máxima, trayectorias, modos de control (manual o automatizado).
- Duración estimada del vuelo, franjas horarias (diurna/nocturna).

d) Dron y Carga Útil:

- Tipo de aeronave: multirroto, ala fija, VTOL, etc.
- Masa máxima al despegue (MTOM), potencia, autonomía, energía cinética típica en caso de impacto.
- Sensor de captura (cámara visible/térmica), altímetros, sistemas de geolocalización, etc.
- Restricciones Normativas: Se revisan los reglamentos locales, nacionales o europeos que pueden requerir permisos, autorizaciones o coordinaciones previas.
- ¿Por qué es importante este paso? Una descripción minuciosa del ConOps sienta las bases del análisis de riesgos subsiguiente. Si el operador no delimita adecuadamente la operación, el resto de la evaluación puede conducir a conclusiones erróneas o a medidas de mitigación insuficientes.

C. Evaluación del Riesgo Intrínseco en Tierra (GRC)

- Tras el ConOps, se estudian las consecuencias de un posible accidente o incidente en tierra. SORA traduce esta exposición en el índice GRC (Ground Risk Class), con

valores de 1 a 10.

- **Energía Cinética Típica:** Se considera la velocidad de impacto potencial y la masa del dron. Por ejemplo, un quadróptero de 4 kg con velocidad de 15 m/s puede tener una energía muy distinta a la de un ala fija de 15 kg a 30 m/s. Para calcularla AESA ha dejado disponible una calculadora¹

Calculo Energía Cinética					
Ala rotatoria					
M	1,4	W	13,734	N	
Cd	0,7	Cd	0,7	Adimensional	Vt
d	0,25	A	0,0490874	m ²	25,545329
ρ	1,225	p	1,225	kg/m ³	Ec
					456,79469
Atmósfera ISA 15°C					
Ala Fija					
W	1,3				
Vmáx	72	km/h	20	m/s	
					Ec
					260
Leyenda:					
M= Masa de la aeronave (Kg)					
W= Peso de la aeronave N (Newton)					
Cd = Coeficiente de resistencia aerodinámica (adimensional)					
d = Diámetro en planta de la aeronave (en metros)					
ρ= Densidad del aire (kg/m ³)					
Vt= Velocidad terminal o de caída (metros/segundo)					
Ec= Energía cinética Julios (J)					
Vmax= Velocidad máxima de la aeronave (metros/segundo)					

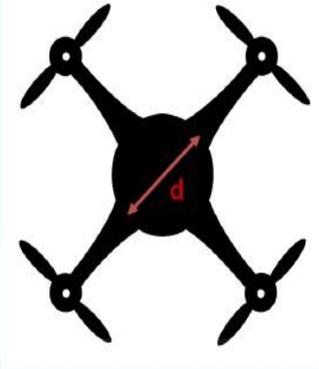


Figura 2. Cálculo de Energía Cinética Típica de un Dron. Fuente: Guía evaluación de riesgo operacional (Art. 11 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019)

a) Entorno Terrestre:

- ¿Se sobrevuela una zona rural o escasamente poblada, un entorno urbano o directamente concentraciones de personas?
- Si se opera en un espacio controlado o recinto cerrado (zona terrestre controlada), el riesgo es menor.

b) Clasificación GRC: Mediante tablas predefinidas, se asigna un valor inicial en función de la masa/energía y el escenario (A1–A3, B1–B3, etc. en la guía SORA). El resultado puede rondar, por ejemplo, un GRC = 6 si la aeronave es pesada y se sobrevuela una zona poblada.

c) ¿Por qué se hace? El impacto en tierra es una de las principales

¹ https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/energia_cinetica_y_velocidad ades_v2.xlsx

causas de preocupación para la seguridad en UAS. La GRC preliminar provee un primer “termómetro” de la gravedad potencial de incidentes en la superficie.

Tabla 1. IGRC. Índice Ground Risk Class (IGRC), correspondencia entre escenario operacional, tamaño del UAS y energía cinética.

Índice Ground Risk Class intrínseco del UAS				
Dimensiones máximas de la UA	1m	3m	8m	>8m
Energía cinética típica esperada	< 700 J	< 34 KJ	< 1084 KJ	> 1084 KJ
Escenarios Operacionales				
VLOS/BVLOS en zona terrestre controlada	1	2	3	4
VLOS en zonas escasamente pobladas	2	3	4	5
BVLOS en zonas escasamente pobladas	3	4	5	6
VLOS en zonas pobladas	4	5	6	8
BVLOS en zonas pobladas	5	6	8	10
VLOS sobre concentraciones de personas	7			
BVLOS sobre concentraciones de personas	8			

Fuente: Guía evaluación de riesgo operacional (Art. 11 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019)

D. Aplicación de Mitigaciones en Tierra

Con el valor inicial de GRC, el operador analiza medidas que reduzcan el riesgo de daños a terceros. Estas son las llamadas M1, M2 y M3:

M1 (Mitigaciones Estratégicas para el Riesgo Terrestre) Restricción de áreas de sobrevuelo, uso de zonas terrestres controladas donde se evita la presencia de personas ajenas, limitar el tiempo de vuelo para disminuir la exposición, planificar rutas alejadas de edificios críticos, etc.

Ejemplo: evitar pasar sobre una escuela en horas de mayor afluencia, volar en horas de mínima densidad de población, etc.

M2 (Reducción del Efecto de Impacto) dispositivos o diseños que disminuyen la energía de colisión:

- Paracaídas, airbag, hélices protegidas, materiales blandos que atenúen el golpe.
- Reducción de la velocidad de vuelo en zonas sensibles

(disminuye la energía cinética en caso de pérdida de control).

M3 (Planes de Contingencia y Respuesta a Emergencias)
Documentar y entrenar procedimientos para fallos de motor, pérdida de enlace, emergencias meteorológicas, etc. El personal que opera el dron debe:

- Conocer la check-list de incidentes.
- Poder ejecutar un “Return To Home” o aterrizaje de emergencia en áreas seguras.
- Activar protocolos de aviso a bomberos, sanitarios o fuerzas de seguridad si el dron impacta o inicia un incendio.

Después de aplicar estas medidas, se recalcula la GRC resultando un *GRC final* inferior a la inicial. Por ejemplo, de 6 podría bajar a 4 o 3. $GRC_{final} = GRC_{inicial} + M1 + M2 + M3 = [X]$

¿Por qué son vitales? Aunque la aeronave sea la misma, las mitigaciones pueden cambiar radicalmente la probabilidad de provocar daños serios en caso de incidente en tierra.

Tabla 2. Mitigaciones del GRC para reducir el riesgo de daños a terceros (M1 – M3)

Mitigación	Mitigación del GRC	Baja/Ninguna	Media	Alta
M1	Mitigaciones estratégicas para el riesgo en tierra.	0: Ninguna -1: Baja	-2	-4
M2	Se reducen los efectos de un impacto en tierra.	0	-1	-2
M3	Se dispone de un plan de respuesta a la emergencia	1	0	-1

Fuente: Guía evaluación de riesgo operacional (Art. 11 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019).

E. Identificación del Riesgo de Colisión en Aire (ARC)

Simultáneamente, la metodología pide cuantificar el riesgo de choque con otras aeronaves. Este valor, ARC (Air Risk Class), se clasifica en niveles a, b, c o d.

- Densidad de Tráfico: Se analiza si el dron vuela cerca de aeropuertos, aeródromos, helipuertos o rutas

frecuentemente transitadas. Un área rural con escaso tráfico tripulado podría implicar un ARC-a (riesgo bajo).

- **Altitud y Rutas:** Volar por debajo de 120 m AGL puede ser menos conflictivo que hacerlo a 500 m. SORA contempla si se cruza con corredores aéreos, corredores U-Space, etc.
- **Procedimientos de Tránsito Aéreo:** Si existe servicio ATC o AFIS que gestione dicho espacio aéreo, es un factor que influye en la interacción con aviones tripulados.
- **El ARC inicial** suele ser alto si la operación está en espacio controlado con mucho tráfico (posiblemente ARC-d) o bajo si es una zona remota sin aviación (ARC-a).

¿Por qué se valora así? La probabilidad de encontrar una aeronave tripulada depende del lugar y la época del año. En zonas costeras turísticas puede haber ultraligeros o avionetas, y en un CTR de un gran aeropuerto, vuelos comerciales.

Reducción del Riesgo en Aire: Mitigaciones Estratégicas y Tácticas

-El ARC inicial puede ajustarse con diferentes medidas, normalmente agrupadas en:

a) Mitigaciones Estratégicas:

- Coordinarse con la dependencia ATS y acordar franjas horarias de “ventana” sin tráfico, publicar NOTAM para avisar a otros usuarios, aplicar geocaging para que el dron no supere la altitud máxima permitida, etc.
- Delimitar corredores aéreos propios fuera de las aproximaciones a aeródromos.

b) Mitigaciones Tácticas:

- Sistemas DAA (“Detect and Avoid”): con sensores (ADS-B IN, radar ligero, cámaras) que detectan aeronaves entrantes y maniobran para evitarlas.
- Observadores de Espacio Aéreo: personal de apoyo visual, capacitado y en contacto con el piloto, informando de aviones cercanos.
- Comunicaciones Radio: habilitar un canal con la torre de control o mantener escucha activa en la frecuencia para detectar tráfico y evitar conflictos.
- Uso de transpondedores: si es viable, permite que el dron sea visible en el radar secundario del control de tránsito aéreo.
- El ARC residual, una vez aplicadas estas medidas, refleja el riesgo que permanece de encontrarse con otras aeronaves sin evitar la colisión.

¿Por qué es crucial? La seguridad aérea no solo depende de la voluntad del operador, sino de su capacidad para detectar y separar su aeronave de otras. Muchos incidentes potenciales se evitan con estas medidas.

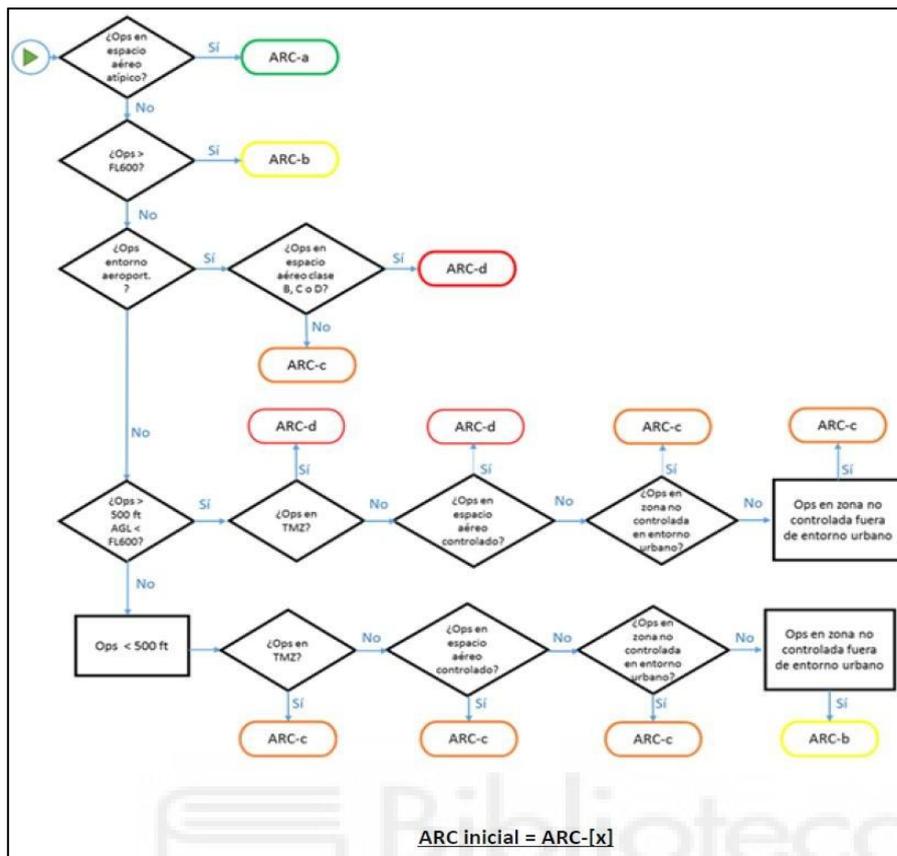


Figura 3. Fuente: Guía evaluación de riesgo operacional (Art. 11 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019)

e) Determinación del SAIL (Specific Assurance and Integrity Level)

El SAIL combina la GRC final y el ARC residual. Este índice (de I a VI) condensa la complejidad de la operación y la robustez esperada de sus barreras de seguridad:

1. SAIL I o II: Operaciones de bajo o moderado riesgo (dron ligero en zona rural, poca densidad de tráfico). Requiere menos evidencia de robustez.
2. SAIL III o IV: Riesgo medio. Exige controles técnicos y operacionales más sólidos (ej., manuales de operación formales, planes de contingencia detallados).
3. SAIL V o VI: Riesgo elevado (gran dron, sobrezona poblada, posible operación BVLOS, cercanía a aeródromos concurridos). Demanda

unas barreras muy confiables y a menudo certificación de ciertos subsistemas o procedimientos.

¿Por qué es tan relevante? El SAIL determina el alcance de la evaluación posterior. Cuanto más alto, más justificaciones hay que aportar y mayor control exige la autoridad a las operaciones.

Tabla 3. Determinación del SAIL (Specific Assurance and Integrity Level)

Determinación del SAIL				
	ARC residual			
GRC Final	a	b	c	d
≤ 2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI
5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI

Fuente: Guía evaluación de riesgo operacional (Art. 11 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019)

F. Objetivos de Seguridad Operacional (OSO)

Cada SAIL lleva asociados de forma sistemática los OSO (Operational Safety Objectives), que establecen los requerimientos específicos para garantizar la seguridad de la operación. Algunos ejemplos:

- OSO#1: Asegurar que el operador es competente y dispone de estructura organizativa adecuada.
- OSO#3: Garantizar un mantenimiento correcto y regular del dron, incluyendo sus baterías, motores, paracaídas, etc.
- OSO#5: Diseño de la aeronave robusto frente a fallos.
- OSO#6: Enlace de mando y control (C2) con calidad suficiente para la operación (latencia baja, frecuencia protegida).
- OSO#9: Entrenamiento efectivo del piloto a distancia y equipo para afrontar situaciones de emergencia.

- OSO#14: Procedimientos operacionales para evitar y mitigar errores humanos (check-lists, CRM, etc.).

Cada OSO exige un nivel de robustez (bajo, medio o alto). Por ejemplo, en operaciones con SAIL II podría bastar con “una formación básica y procedimientos declarados”, mientras que SAIL IV puede solicitar “un sistema de gestión de la calidad” y “personal con certificaciones avanzadas”.

¿Por qué son fundamentales? Los OSO concretan los pilares de seguridad que el operador debe implantar para garantizar que su misión sea aceptable. No basta con el plan de vuelo; hay que acreditar mantenimiento, entrenamiento, procedimientos y un ecosistema de seguridad sólido.



Tabla 4. Correspondencia entre los Operational Safety Objectives (OSO) y el nivel SAIL requerido.

Nº del OSO	Barrera a la amenaza	SAIL					
		I	II	III	IV	V	VI
Problema técnico del UAS							
OSO#1	Asegurar que el operador es competente y/o ha demostrado su capacidad como tal	O	L	M	H	H	H
OSO#2	El UAS es fabricado por una entidad competente y/o aprobada	O	O	L	M	H	H
OSO#3	El mantenimiento del UAS se realiza por una entidad competente y/o probada	L	L	M	M	H	H
OSO#4	El UAS ha sido desarrollado según estándares de diseño reconocidos	O	O	O _L	L	M	H
OSO#5	El UAS está diseñado considerando la seguridad y fiabilidad del sistema.	O	O	L	M	H	H
OSO#6	El rendimiento del enlace C3 es adecuado para la operación	O	L	L	M	H	H
OSO#7	Inspección del UAS (inspección del producto) para garantizar la coherencia con el ConOps	L	L	M	M	H	H
OSO#8	Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales para afrontar problemas técnicos con el UAS	L	M	H	H	H	H
OSO#9	La tripulación a distancia está entrenada, incluyendo el entrenamiento recurrente, y es capaz de controlar la situación anormal desde el punto de vista técnico del sistema	L	L	M	M	H	H
OSO#10	Recuperación segura del sistema ante un problema técnico	L	L	M	M	H	H
Deterioro de los sistemas externos que apoyan la operación del UAS							

Fuente: Guía evaluación de riesgo operacional (Art. 11 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019)

Tabla 5. Correspondencia entre los Operational Safety Objectives (OSO) y el nivel SAIL requerido.

Nº del OSO	Barrera a la amenaza	SAIL					
		I	II	III	IV	V	VI
OSO#11	Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales que sirvan para manejar el deterioro de los sistemas externos que apoyan la operación del UAS	L	M	H	H	H	H
OSO#12	El UAS está diseñado para gestionar el deterioro de los sistemas externos que apoyan la operación	L	L	M	M	H	H
OSO#13	Los servicios externos que apoyan la operación del UAS son adecuados para la operación	L	L	M	H	H	H
Error humano							
OSO#14	Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales para afrontar errores humanos	L	M	H	H	H	H
OSO#15	La tripulación remota está entrenada, incluyendo el entrenamiento recurrente, y es capaz de controlar la situación anormal desde el punto de vista del error humano	L	L	M	M	H	H
OSO#16	Coordinación de la tripulación múltiple	L	L	M	M	H	H
OSO#17	La tripulación remota se encuentra en condiciones adecuadas para la operación	L	L	M	M	H	H
OSO#18	Se establece protección automática de la envolvente de vuelo frente a error humano	O	O	L	M	H	H
OSO#19	Recuperación segura tras un error humano	O	O	L	M	M	H
OSO#20	Se realiza una adecuada evaluación de los Factores Humanos, y el Interfaz Hombre Máquina (HMI) es adecuado para la operación	O	L	L	M	M	H
Condiciones operacionales adversas							
OSO#21	Se definen, validan y se implantan procedimientos operacionales adecuados en caso de que existan condiciones adversas	L	M	H	H	H	H
OSO#22	La tripulación remota está entrenada para identificar las condiciones ambientales críticas y evitarlas	L	L	M	M	M	H
OSO#23	Se definen las condiciones del entorno para operaciones seguras, de manera que sean medibles y se establecen procedimientos para gestionarlas	L	L	M	M	H	H

Fuente: Guía evaluación de riesgo operacional (Art. 11 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019)

Tabla 6. Correspondencia entre los Operational Safety Objectives (OSO) y el nivel SAIL requerido.

Nº del OSO	Barrera a la amenaza	SAIL					
		I	II	III	IV	V	VI
OSO#24	El UAS ha sido diseñado y calificado para condiciones ambientales adversas.	O	O	M	H	H	H

Fuente: Guía evaluación de riesgo operacional (Art. 11 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019)

G. Análisis del Espacio Aéreo

Adyacente Incluso con un volumen operacional principal bien definido, siempre existe la posibilidad de que, por un fallo técnico, un error del piloto o un imprevisto meteorológico, el dron sobrepase sus límites. Para anticipar ese riesgo, SORA recomienda examinar qué entornos rodean esa zona de vuelo y valorar su peligrosidad:

- **Detección de peligros:** Se averigua si en las inmediaciones hay aeródromos, ciudades grandes, infraestructuras sensibles o corredores aéreos con tráfico relevante. Si esas áreas implican un riesgo mayor que el de la zona prevista, deberán contemplarse medidas adicionales.
- **Sistemas de Contención:** Cuando sea inaceptable que el dron penetre un área colindante, la metodología exige medidas que fuercen una corrección de trayectoria o el fin inmediato del vuelo. Podría tratarse de un “Return to Home” automático en caso de pérdida de enlace, o un mecanismo de corte de motor y paracaídas si la aeronave rebasa cierto radio. En escenarios con un peligro alto, también puede optarse por ampliar los márgenes de seguridad.

¿Por qué importa? Aunque el plan principal sea seguro, un único fallo puede desviar al dron hacia zonas con muchos riesgos —por ejemplo, un centro urbano—. Evaluar el espacio adyacente y planificar cómo responder ante esa posibilidad es esencial para contener cualquier emergencia de modo eficaz.

Adjacent Distance Calculation Simplified			
Please select the SAIL level			
OSOs		II	
Please select the level of robustness: L for Low, H for High or not applicable			
Step 9		Not applicable	
Introduce the following data			
For Unmitigated Adjacent Distance			
Operating expected escape Speed (km/h)		30	
Endurance (min)		3	
Unmitigated Adjacent Distance (km)		1,50	
Adjacent Distance (km)		0,98	980 m

Legend:

- Input data
- Result
- Link

Unit converter			
	m/s	km/h	kt
m/s	0,15	0,54	0,29
km/h	13,89	50,00	27,00
kt	42,60	153,35	82,80

Figura 4. Fuente: Guía evaluación de riesgo operacional (Art. 11 Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019)

Se recurre a la hoja de cálculo publicada por AESA para determinar la distancia correspondiente al área adyacente²

H. Informe Final de Seguridad

Tras completar los ocho pasos anteriores, el operador genera un documento exhaustivo que recopila:

- Resumen del ConOps y justificaciones de por qué el escenario se enmarca en la categoría “específica”.
- GRC y ARC calculados con tablas y referencias a la guía SORA, exponiendo cifras de masa, energía o densidad de tráfico.
- Mitigaciones aplicadas (M1, M2, M3, DAA, radio, etc.) y su nivel de robustez.
- Valoración del SAIL y la relación con los OSO (qué objetivos se cumplen, con qué nivel de robustez).
- Planes de contingencia: indicando quién hace qué, cuándo y cómo en caso de emergencias.

² El enlace para determinar la distancia correspondiente al área adyacente es:

<https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/drones/operaciones-uas- drones/operaciones-con-uas-drones---categoria-especifica>

- Procedimientos de entrenamiento, mantenimiento, checklist operativos, etc.

Este informe, que se suele presentar a la autoridad competente (AESA, en España), demuestra la diligencia del operador y certifica que la operación se ha analizado en concordancia con los estándares europeos.

¿Por qué es la base de la aprobación? El Informe Final es el punto donde la autoridad examina el riesgo residual y, si lo considera aceptable, otorga la autorización o el visto bueno para la operación en la categoría “específica”.

Asimismo, la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) ha publicado una serie de PDRA (Pre-Defined Risk Assessments) para la categoría específica, que constituyen evaluaciones de riesgo predeterminadas aplicables a diversos perfiles de operación no cubiertos por los STS. Cada PDRA describe los requisitos técnicos y operacionales, así como las medidas de mitigación necesarias, de manera que, si el operador cumple con todas las condiciones establecidas en la PDRA correspondiente, se agiliza el proceso de autorización. Algunos ejemplos de PDRAs contemplan operaciones BVLOS en zonas rurales o inspecciones de infraestructuras lineales, entre otros escenarios. De este modo, se brinda un marco simplificado y homologado que reduce la carga administrativa y facilita a los operadores la implementación de procedimientos seguros y estandarizados en misiones de riesgo moderado o definido.

4.2.3. Real Decreto 517/2024: Principales Aportes en Actividades no EASA

El Real Decreto 517/2024 (España, 2024) constituye el pilar fundamental en la normativa española para la utilización civil de aeronaves no tripuladas (UAS) cuando se trata de actividades o servicios no EASA. Aunque gran parte de la legislación sobre drones obedece a los reglamentos de la Unión Europea — con la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) a la cabeza—, este texto refuerza la capacidad operativa de los organismos investidos de autoridad pública, tanto para actuaciones “directas” (vuelos gestionados internamente) como “indirectas” (encargos a empresas externas en nombre de la administración).

Ámbito Legal y Motivación General:

El RD 517/2024 surge para cubrir entre otros, aquellos ámbitos de la aviación no tripulada que, por su naturaleza, están excluidos del paraguas EASA. En concreto, el foco recae en las misiones con fines de seguridad, orden público y defensa, es decir, aquellas actividades no EASA contempladas en el artículo 2.3 del Reglamento (UE) 2018/1139 (Parlamento Europeo y Consejo, 2018, art. 2.3). Dado el alto valor estratégico y la urgencia que suelen conllevar dichas misiones (por ejemplo, un rescate en una zona de desastre, vigilancia de fronteras o intervención policial), el decreto garantiza la flexibilidad suficiente para que estas operaciones puedan desarrollarse de forma ágil.

1. Diferenciación Explícita de Actividades no EASA Directas e Indirectas. El decreto identifica, por un lado, las actuaciones directas del organismo público, sin mediación de un operador externo, y por otro, las indirectas, en las que el servicio se contrata o delega a un tercero. En ambos supuestos, la norma se distancia de los procedimientos más estrictos aplicables a operadores civiles, permitiendo a la administración modificar o eximir ciertos requisitos cuando exista un interés esencial de seguridad o defensa.

2. Sólida Arquitectura de Exenciones. Uno de los rasgos más sobresalientes del RD 517/2024 es la creación de un andamiaje de excepciones que facilitan el uso de drones en entornos donde, para un operador convencional, resultaría inviable. Así, en zonas urbanas, infraestructuras sensibles o espacio aéreo controlado, las operaciones no EASA pueden llevarse a cabo sin los mismos requisitos de notificación, distancias mínimas o autorizaciones operativas que se exigirían a un operador privado. La clave reside en que el organismo investido de autoridad pública (policía, CNI, DAVA, etc.) cuente con procedimientos o protocolos internos que salvaguarden la seguridad.

3. Conexión con el Sistema de Zonificación. El decreto provee el soporte legal que justifica la creación y el mantenimiento de las denominadas Zonas Geográficas de UAS (generales o particulares). En dichas zonas, por regla general, se imponen restricciones o prohibiciones de vuelo. Sin embargo, el RD

517/2024 habilita la posibilidad de que las actividades no EASA queden exentas de tales limitaciones cuando exista un alto interés de seguridad, búsqueda y rescate o protección de infraestructuras (España, 2024, art. 5). Este esquema de zonificación no solo segmenta el espacio aéreo, sino que también facilita la identificación inmediata de entornos con restricciones, mientras que los organismos oficiales pueden operar con la celeridad que la misión requiera.

4. Procedimientos de Coordinación Adaptados. Aunque las exenciones permiten aligerar muchos trámites, la norma exige una mínima coordinación operativa para garantizar que la seguridad aérea se mantenga. Así, el RD 517/2024 establece directrices simplificadas para comunicar la operación de drones en tiempo real a los proveedores de servicios de tránsito aéreo (cuando sea preciso) (España, 2024, art. 5), a gestores de aeródromos o incluso a otros organismos que podrían verse afectados por el uso de UAS. De esta forma, los procedimientos de estudio y mitigación de riesgos (EARO, SORA, etc.) se aplican con una visión más flexible, acorde a la urgencia de la misión, pero sin renunciar a la seguridad.

5. Compatibilidad con la Normativa de Protección de Datos y Privacidad. Pese a que el decreto pone el énfasis en garantizar la eficacia de las operaciones no EASA, no olvida la necesidad de compatibilizar dicha eficacia con el ordenamiento jurídico en materias como la protección de datos personales y la privacidad. Por ello, en cada apartado se contempla la obligación de respetar la normativa específica en esos ámbitos (LO 7/2021, LO 4/1997, etc.), asegurando que el uso de drones no atente contra derechos fundamentales. El RD 517/2024, en consecuencia, se coordina con los marcos vigentes sobre videovigilancia y tratamiento de datos para que, dentro de la flexibilidad, subsista un control suficiente de las grabaciones o información obtenidas.

6. Evaluación de Riesgos y Protocolos de Rendición de Cuentas. El Real Decreto no abre la puerta a un “libre albedrío” en las misiones con drones, sino que insta a las instituciones a documentar cada vuelo y las medidas de mitigación implementadas. Esta trazabilidad permite que, posteriormente, la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) o las autoridades competentes puedan supervisar la legalidad de la operación, verificar el cumplimiento de requisitos técnicos y, en caso de incidencias, determinar responsabilidades. De este modo, el RD 517/2024

combina la agilización de procedimientos con la posibilidad de auditar las actuaciones con UAS. El RD 517/2024 se revela como la pieza legislativa que otorga a los organismos oficiales la capacidad de empleo de drones en ámbitos de seguridad nacional y orden público, sin tener que transitar por los canales pensados para el operador civil o el uso recreativo. Sus aspectos más distintivos residen en:

- La amplia gama de exenciones para actividades no EASA, sujetas a la adopción de medidas de seguridad equivalentes.
- La habilitación de Zonas Geográficas —generales y particulares— donde los vuelos de drones civiles pueden prohibirse, pero en las que las fuerzas públicas sí pueden intervenir.
- La obligación de una coordinación mínima, plasmada en guías y procedimientos de la AESA, para salvaguardar a terceros y el resto de la aviación.
- La integración con otras normativas, velando por que no se vulneren preceptos en materias tan diversas como la privacidad, la videovigilancia o el medio ambiente.

El RD 517/2024 refuerza la eficacia y la legitimidad de la actuación de los organismos oficiales, quienes ya no han de enfrentarse a los mismos obstáculos que los operadores civiles, sino que encuentran un cauce legal que entiende la urgencia y el carácter esencial de sus misiones. Aun así, el decreto insiste en la adopción de procedimientos de coordinación y en la trazabilidad de cada operación, equilibrando la necesaria agilidad con la protección del espacio aéreo y el respeto a las demás normas en vigor.

4.2.4 Guía sobre Requisitos y Limitaciones al Vuelo de UAS en Función del Lugar de Operación (ZONAS GEOGRÁFICAS DE UAS UAS-OPS-DT01 Ed.01).

Este apartado proporciona una versión aún más extensa de la guía oficial (Edición 01, 25/06/2024 *UAS-OPS-DT01 Ed.01*) que regula la zonificación para la

operación de UAS, haciendo especial hincapié en las actividades no EASA. Dichas actividades son esenciales en la gestión de la seguridad, la defensa y los servicios públicos de emergencia; de ahí que el marco reglamentario reserve un conjunto de excepciones y condiciones flexibles para su adecuado desempeño.

4.2.4.1. Contexto y Alcance de la Zonificación.

La normativa en vigor establece la posibilidad de definir una serie de Zonas Geográficas de UAS —volúmenes de espacio aéreo sometidos a prohibiciones o condiciones de uso— con miras a salvaguardar cuestiones como la seguridad pública, la defensa nacional, la protección del medio ambiente y la convivencia con otros usuarios del espacio aéreo. Estos requisitos se aplican, en principio, a todos los operadores de aeronaves no tripuladas, pero para las operaciones no EASA (organismos con autoridad pública) la ley prevé vías de actuación más ágiles.

Ámbito Concreto de las Actividades no EASA:

Por “actividades no EASA” se entienden aquellas que no se rigen por el marco comunitario de la Agencia Europea de Seguridad Aérea, sino que recaen en organismos nacionales con competencias en seguridad, orden público o rescate (policías autonómicas, Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, DAVA, CNI, etc.). Dada la urgencia y trascendencia de estos operativos —por ejemplo, un despliegue anti-delincuencial o una intervención en desastres—, resulta prioritario ofrecer una cobertura normativa que garantice la eficacia y, al mismo tiempo, mantenga un umbral de seguridad respecto al resto de la aviación.

Las actividades no EASA directas son aquellas llevadas a cabo por el propio organismo investido de autoridad pública, sin intermediarios, asumiendo directamente la planificación y ejecución de los vuelos. Actividades no EASA indirectas, en cambio, se refieren a servicios no EASA realizados por un operador externo, en nombre de la autoridad pública responsable, pero sin ser parte orgánica de ella. En ambas modalidades, el Real Decreto 517/2024 reconoce un margen de actuación más flexible que el de las operaciones EASA, a fin de atender con celeridad las necesidades de defensa, seguridad y orden público.

De esta forma, las reglas de zonificación facilitan la identificación de áreas

donde están prohibidos los vuelos de drones o donde se establecen limitaciones estrictas. Sin embargo, el documento contempla excepciones que liberan a las autoridades públicas de ciertas trabas, especialmente en entornos críticos (infraestructuras esenciales, zonas urbanas, espacio aéreo controlado, etc.).

4.2.4.2. Tipos de Zonas Geográficas de UAS: Generales y Particulares.

La guía describe dos modalidades principales de zonas, cada cual con su motivación y alcance:

1. Zonas Generales: Son las áreas definidas para la mayoría de los casos, asociadas a:

- Seguridad y Defensa: Zonas prohibidas o restringidas al uso de aeronaves no tripuladas por la Defensa, la protección de intereses nacionales o la seguridad pública.
- Espacios Protegidos: Áreas de relevancia medioambiental (parques naturales, reservas) donde el vuelo se limita para preservar fauna, flora o aspectos de protección ecológica.
- Entornos Urbanos: Se fijan distancias mínimas y restricciones de sobrevuelo sobre edificios y concentraciones de personas, así como la obligación —para la mayoría de operadores— de comunicar sus actividades al Ministerio del Interior.
- Aeródromos, Helipuertos y Espacio Aéreo Controlado: Se establecen limitaciones drásticas (o prohibiciones directas) para evitar interferencias con la aviación tripulada.

A efectos de un operador civil, estas restricciones pueden convertirse en un obstáculo difícil de salvar. No obstante, la misma norma estipula que, cuando se trate de actividades no EASA, muchas de estas barreras pueden flexibilizarse de forma notable.

2. Zonas Particulares: Se constituyen cuando las zonas generales no cubren necesidades específicas de interés público. Pueden ser temporales (por ejemplo, para un gran evento deportivo, un ejercicio militar excepcional o la protección de

un tramo de costa durante un periodo) o permanentes (si la situación lo justifica). Su definición recae en la Comisión Interministerial (CIDETRA), que evalúa la pertinencia de crear “zonas geográficas de UAS” específicas.

Las Zonas Particulares ofrecen al Estado instrumentos para delimitar escenarios de actuación muy precisos: desde cierres parciales de espacio aéreo para vuelos de drones oficiales durante grandes concentraciones, hasta la asignación de corredores aéreos ad hoc para misiones de emergencia. Dado que en tales contextos la seguridad y la eficacia operativa tienen prioridad, las fuerzas públicas pueden acogerse a procedimientos más rápidos y menos burocráticos que los exigidos al sector privado.

4.2.5. Reglas Operativas y Excepciones para Operaciones no EASA.

La zonificación, de manera general, impone limitaciones: altitud máxima, prohibición de sobrevolar determinadas infraestructuras, requisitos de equipamiento, obligación de plan de vuelo o notificación. Sin embargo, en las actividades no EASA la guía enumera diversas exenciones que facilitan la actuación de los organismos de seguridad y rescate en emergencias. Algunos ejemplos:

- a) Protección de Infraestructuras Esenciales: Normalmente, no se permite sobrevolar una central nuclear, una refinería o un gran complejo químico salvo que el operador cuente con un permiso expreso del gestor de la instalación y cumpla unas distancias mínimas. Pero si la misión la realiza directamente el titular de la infraestructura o un Cuerpo de Seguridad del Estado, las limitaciones pueden quedar suprimidas, siempre que se adopten las “medidas de mitigación adecuadas” (sistemas de geoconsciencia, evaluación de riesgos, etc.). Esto garantiza una intervención expedita ante sabotajes o incidentes.

Tabla 7. Restricciones de operación de UAS sobre infraestructuras que prestan servicios esenciales

TIPO DE ACTIVIDAD	INSTALACIONES INFRAESTRUCTURAS QUE PRESTAN SERVICIOS ESENCIALES	
	Infraestructuras ferroviarias	Resto de Infraestructuras
Actividades EASA (Todos los operadores)	No permitido* (Art.39.3 RD UAS 517/2024)	No permitido* (Art.39.3 RD UAS 517/2024)
Actividades NO EASA (FFCCSE, DAVA, CNI y DGT)	Permitido (Art.39.4.a RD UAS 517/2024)	Permitido (Art.39.4.b RD UAS 517/2024)
Actividades NO EASA (Resto de operadores)	No permitido* (Art.39.4.a RD UAS 517/2024)	Permitido (Art.39.4.b RD UAS 517/2024)

* Salvo permiso previo y expreso del titular o del gestor responsable de la instalación o infraestructura y, en su caso, en las condiciones que éste determine y las realizadas directa o indirectamente por el titular o el gestor responsable de la instalación o infraestructura; o realizándolas por encima de estos volúmenes de protección siempre que se cumplan los requisitos de la categoría operacional.

Fuente: UAS-OPR-P01-DT15_Ed.03_Zonas.geograficas.UAS

Entornos Urbanos: A los operadores civiles se les exige comunicar sus vuelos al Ministerio del Interior con al menos cinco días de antelación; además, está prohibido sobrevolar edificios o domicilios sin autorización. Por el contrario, si se trata de un organismo investido de autoridad pública en tareas de vigilancia, no se aplica dicha obligación de notificación y puede sobrevolar edificios cuando la naturaleza de la misión lo requiera, adecuando el plan de vuelo para no comprometer la seguridad ciudadana.

Tabla 8. Requisitos de operación de UAS en entornos urbanos para la seguridad ciudadana y la protección de personas y bienes

	SEGURIDAD CIUDADANA Y LA PROTECCIÓN DE PERSONAS Y BIENES EN ENTORNOS URBANOS		
	Comunicación al Ministerio del Interior	Distancia horizontal de seguridad	Prohibición de sobrevuelo
Cat. Abierta A1 UAS Clase C0, UAS Clase C1 MTOM < 250 g UAS Legacy MTOM < 250 g UAS Construcción Privada < 250 g <i>(Si tienen la obligación de registrarse como operador de UAS)</i>	Si (Art.40.3.a RD UAS 517/2024)	No (Art.40.3.b RD UAS 517/2024)	Si** (Art.40.3.b RD UAS 517/2024)
Cat. Abierta A1 UAS Clase C1 MTOM > 250 g	Si (Art.40.3.a RD UAS 517/2024)	5 metros (Art.40.3.b RD UAS 517/2024)	Si** (Art.40.3.b RD UAS 517/2024)
Cat. Abierta A2 UAS clase C2 MTOM < 4 kg	Si (Art.40.3.a RD UAS 517/2024)	30 metros o 5 metros* (Art.40.3.b RD UAS 517/2024)	Si** (Art.40.3.b RD UAS 517/2024)
Cat. Abierta A3	No	150 metros*** (UAS.OPEN.040 RE (UE) 2019/947)	Si (UAS.OPEN.040 RE (UE) 2019/947)
Cat. Específica Escenarios estándar, Autorización operacional, LUC	Si (Art.40.3.a RD UAS 517/2024)	De acuerdo al escenario estándar, autorización operacional y/o LUC	De acuerdo al escenario estándar, autorización operacional y/o LUC
Actividades NO EASA Cualquier categoría operacional	No (Art. 40.5 RD UAS 517/2024)	No (Art. 40.5 RD UAS 517/2024)	No (Art. 40.5 RD UAS 517/2024)

* UAS con función activa del modo de baja velocidad

** Salvo autorización previa al vuelo del responsable del edificio o construcción que le exima de la prohibición de sobre vuelo o reduzca las distancias horizontales de seguridad (Art. 40.4 RD UAS 517/2024)

*** Se realizarán las operaciones a una distancia de 150 metros de zonas residenciales, comerciales, industriales o recreativas.

Fuente: UAS-OPR-P01-DT15_Ed.03_Zonas.geograficas.UAS

Aeródromos y Espacio Aéreo Controlado: Por defecto, el vuelo de drones en estos entornos está vetado o muy restringido para todos los operadores, salvo que se cumplan los procedimientos de coordinación específicos con el aeródromo o con el proveedor de servicios de tránsito aéreo (ATSP). Esto implica, en circunstancias normales, la elaboración de un estudio aeronáutico de seguridad (p. ej., un EARO u otro análisis de riesgos), la definición de procedimientos conjuntos (tiempos, rutas, altitudes de vuelo) y la obtención de una evidencia formal de coordinación que recoja las condiciones pactadas.

En el caso de actividades no EASA (ej. un operativo policial o de rescate), la guía contempla la posibilidad de actuar sin la tramitación ordinaria únicamente

ante amenazas muy graves a la seguridad o emergencias de igual relevancia. Aun así, esto no equivale a volar sin más: se exige en todo caso coordinarse “en tiempo real” con el ATC y mantener la comunicación abierta con el aeródromo o el helipuerto afectados, con el fin de salvaguardar la integridad del resto del tráfico aéreo. Es decir, si bien los procedimientos previos pueden abreviarse por motivos de urgencia, debe mantenerse al menos un nivel básico de coordinación operativa que evite conflictos y garantice que las aeronaves tripuladas tengan información inmediata sobre la presencia de drones.

De esta forma, lo habitual —incluso en actividades no EASA— es contar con un acuerdo de coordinación previo y un estudio aeronáutico de seguridad, donde se reflejan las medidas de mitigación (geoconsciencia, contactos de radio, franjas horarias) y se plasman por escrito las responsabilidades de cada parte. Solo cuando la premura sea excepcional, y exista un riesgo inminente para la seguridad o el orden público, se activa la vía de coordinación en tiempo real, que permite iniciar el vuelo sin la tramitación completa pero siempre bajo supervisión y con una comunicación continua con la dependencia aeronáutica correspondiente.

Tabla 9. Operación de UAS en el entorno de aeródromos y helipuertos civiles y militares

TIPO DE ACTIVIDAD	ENTORNO DE LOS AERÓDROMOS O HELIPUERTOS, CIVILES O MILITARES	
	Aeródromos y helipuertos civiles de uso público y militares	Aeródromos y helipuertos de uso restringido
Actividades EASA (Todos los operadores)	No permitido* (Art.41.2 RD UAS 517/2024)	No permitido* (Art.41.2 RD UAS 517/2024)
Actividades NO EASA (FFCCSE, DAVA y CNI)	Permitido** (Art. 44.1 RD UAS 517/2024)	Permitido** (Art. 44.1 RD UAS 517/2024)
Actividades NO EASA (Resto de operadores)	No permitido* (Art.41.2 RD UAS 517/2024)	Permitido*** (Art.44.2. RD UAS 517/2024)

*Salvo que a través de los procedimientos operativos de coordinación entre el operador de UAS y el gestor del aeródromo o helipuerto y, si lo hubiera, con el proveedor ATS correspondiente.

** Si se tratan de actividades recogidas en el apartado 2.5.3.a de esta guía, el operador de UAS deberá coordinarse en tiempo real con los proveedores ATS afectados. La duración de dichas operaciones de UAS se limitará siempre al mínimo tiempo necesario.

***Operaciones urgentes y que el operador de UAS cuente con una evaluación del riesgo operacional en la que se contemple la realización de este tipo de operaciones de UAS y tome las medidas de atenuación complementarias para garantizar niveles de seguridad equivalentes a los previstos para dichas zonas.

Fuente: UAS-OPR-P01-DT15_Ed.03_Zonas.geograficas.UAS

La zonificación atiende al diseño de un escenario de seguridad global, pero introduce resquicios legales que, para las fuerzas públicas, brindan la posibilidad de maniobrar con celeridad.

4.2.6. Procedimientos de Coordinación y Documentación

La sección “Anexo A” de la guía desarrolla un Procedimiento Operativo para la coordinación con gestores de aeródromos, helipuertos y Proveedores de Servicios de Tránsito Aéreo (ATSP). Si bien está pensado para todos los operadores, reviste especial relevancia para las actividades no EASA cuando se topan con zonas geográficas restringidas. A continuación, se describe de manera más pormenorizada:

1. Solicitud de Coordinación: El operador (organismo público) presenta información sobre la misión —lugar, horario, tipo de aeronave no tripulada, etc.— y, en su caso, la evaluación de riesgos. Este paso permite a las autoridades aeronáuticas o responsables del aeródromo decidir si la operación es viable y en qué términos.

2. Plazos y Respuestas: La normativa usual indica un plazo de hasta un mes para responder. Sin embargo, en operativos urgentes (busca de personas desaparecidas, incidentes de seguridad), se aplica una gestión más ágil. El gestor puede aprobar total o parcialmente la solicitud, fijar cambios (p.ej., equipamiento de luces anticolidión o la altitud máxima) o denegarla si aprecia un riesgo inaceptable.

3. Acuerdo Final y Registro: Cualquier consenso o procedimiento acordado debe quedar documentado. La Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) mantiene un histórico que garantiza la trazabilidad de las operaciones y la supervisión a posteriori. Este control es esencial para mantener la credibilidad del sistema e identificar posibles mejoras.

4. Operaciones Urgentes Exentas: La guía contempla que, en supuestos extremos en los que no pueda aguardarse respuesta formal, las operaciones no EASA pueden llevarse a cabo, siempre que el organismo realice una evaluación de riesgos y coordine en tiempo real las maniobras para no poner en peligro el resto de la aviación.

5. Como se puede apreciar, este procedimiento asegura un equilibrio entre la celeridad que las autoridades necesitan y la protección del tráfico aéreo convencional.

4.2.7. Recomendaciones

La “Guía sobre Requisitos y Limitaciones al Vuelo de UAS en Función del Lugar de Operación” constituye un instrumento esencial para descifrar cómo se estructuran las restricciones geográficas conforme al Real Decreto 517/2024. Más aún, para las operaciones no EASA se convierte en la referencia clave a la hora de entender por qué se introducen tantas excepciones y en qué supuestos concretos se aplican.

Recomendaciones para Actividades no EASA:

- **Conocimiento Exigible:** El personal debe estar al tanto de los artículos donde se recogen las excepciones (por ejemplo, art. 2.4.3 en seguridad urbana o art. 2.5.3 en entornos de aeródromos). Ello agiliza la tramitación y evita malentendidos con las autoridades aeronáuticas.
- **Formación en Evaluaciones de Riesgo:** Dado que se exige una justificación de seguridad, la capacitación en metodologías como SORA (Specific Operations Risk Assessment) o la utilización de formatos EARO resultan decisivas.
- **Uso de Aplicaciones y Herramientas Digitales:** Consultar la app ENAIRE Drones, NOTAM y Suplementos AIP antes de iniciar cualquier vuelo. Esto minimiza la probabilidad de infringir alguna zona geográfica o regla no identificada.
- **Registro de las Misiones:** Aunque puedan operar en virtud de exenciones, las fuerzas públicas deben llevar un histórico de los vuelos realizados. Esta trazabilidad refuerza la transparencia y eleva la legitimidad de su actuación ante la ciudadanía.

4.2.8. Perspectivas de Futuro: U-Space y la Automatización del Espacio Aéreo

La armonización de drones con la aviación tripulada depende de la implementación de sistemas de gestión automatizada, como U-Space, impulsados por EASA. Este ecosistema tecnológico va más allá de una mera sincronización de rutas, pues integra servicios digitales avanzados que permiten la comunicación en tiempo real entre aeronaves, pilotos, autoridades de tránsito aéreo y sistemas automatizados. El fin último es facilitar la convivencia de drones y aeronaves tripuladas en un mismo espacio aéreo, garantizando altos niveles de seguridad y eficacia operativa.

Entre las principales funcionalidades de U-Space destacan:

- USSP (U-Space Service Providers): Entidades responsables de suministrar servicios específicos —como la información sobre zonas restringidas o la gestión de planes de vuelo— a los operadores de drones. Estos servicios incluyen, por ejemplo, la autorización de vuelos, la alerta temprana de colisiones y la provisión de datos meteorológicos en tiempo real.
- Identificación y seguimiento continuo: U-Space plantea la obligatoriedad de la identificación remota de todas las aeronaves no tripuladas en determinadas situaciones. Con ello, se logra un seguimiento continuo de cada dron, lo que facilita la detección de infracciones y la administración de incidentes en el espacio aéreo.
- Gestión dinámica del tráfico: El sistema busca optimizar las trayectorias de vuelo, evitando conflictos entre drones o con la aviación tripulada. Esto implica la asignación automática de rutas, la notificación de cambios meteorológicos o restricciones, y la adaptación instantánea de los planes de vuelo.
- Planes de contingencia y gestión de emergencias: U-Space

integra procedimientos de emergencia coordinados entre operadores, proveedores de servicios de tránsito aéreo y autoridades locales. Así, se agiliza la respuesta ante incidentes técnicos, desviaciones de ruta o situaciones que comprometan la seguridad.

No obstante, la puesta en marcha de U-Space plantea una serie de desafíos:

- **Ciberseguridad:** La interconexión de múltiples plataformas digitales —desde aplicaciones de gestión de drones hasta redes de comunicación y bases de datos— expone a riesgos de acceso no autorizado, sabotaje o robo de información. Se hace imprescindible diseñar protocolos de cifrado, autenticación y auditoría continua para salvaguardar la integridad del sistema.
- **Supervisión administrativa y responsabilidad legal:** La creciente automatización podría trasladar parte de las funciones de control humano a algoritmos. Resulta crucial delimitar quién asume la responsabilidad en caso de fallos o infracciones. Las autoridades deben regular las competencias de los proveedores de servicios U-Space y establecer mecanismos de auditoría y rendición de cuentas.
- **Reconfiguración del espacio aéreo:** A medida que se masifique el uso de drones, la estructura del espacio aéreo podría requerir una fragmentación más precisa en niveles o corredores específicos para aeronaves no tripuladas. Esto conlleva la colaboración estrecha con los proveedores de tránsito aéreo convencionales y con entidades como AESA, garantizando la compatibilidad con la aviación tripulada.

U-Space promete revolucionar la gestión del tráfico de drones a gran escala, ofreciendo servicios sofisticados que apoyen la seguridad y la eficiencia de las operaciones. Su implementación efectiva depende, no obstante, de la superación de retos tecnológicos, regulatorios y organizativos. Conforme avance la adopción de este modelo, se prevé un impulso significativo a la actividad

económica y operativa asociada a los drones, siempre y cuando se mantenga el equilibrio con la protección de derechos fundamentales y la seguridad del espacio aéreo.

4.2.9 Protección de Datos y Privacidad en el Uso de Drones.

4.2.9.1 Introducción al Marco de Protección de Datos en el Uso de Drones.

La captación, procesamiento y transmisión de datos personales a través de drones (UAS) se ha convertido en uno de los desafíos principales en materia de privacidad y protección de datos, tanto en entornos de seguridad pública como en el ámbito privado. El potencial de estas aeronaves para recoger gran cantidad de información —desde grabaciones de video (cámaras RGB, térmicas) y audio, hasta la transmisión de datos en tiempo real— incide directamente en derechos fundamentales, especialmente el derecho a la protección de datos.

En este sentido, la normativa española y europea imponen una serie de principios y salvaguardas cuyo cumplimiento es imprescindible para el despliegue legítimo de drones. La legislación enfatiza la necesidad de contar con bases jurídicas claras, de respetar la proporcionalidad y de asegurar un tratamiento limitado a la finalidad concreta que justifica la recogida de información.

Si bien la seguridad operacional de estas aeronaves se regula por diversas disposiciones el uso de drones en escenarios donde se recaben datos personales exige atenerse también a la normativa de protección de datos RGPD (Unión Europea, 2016, art. 5), LOPDGDD (España, 2018, art. 2), Directiva 2016/680 (Unión Europea, 2016, art. 5) y LO 7/2021 (España, 2021, art. 2) entre otras. Por ello, las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, así como cualquier otra autoridad competente, deben analizar de forma rigurosa los principios de privacidad y las bases legales que amparan el tratamiento de datos.

4.2.9.2 Tipos de Tratamientos y Escenarios de Riesgo.

En términos de protección de datos, la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD) ha establecido tres escenarios principales al operar drones:

1. Sin tratamiento de datos: Corresponde a actividades puramente recreativas o demostrativas donde no se captan datos personales (por ejemplo, imágenes o

audio identificativos). Aunque la supervisión de seguridad de vuelo existe, no se aplica normativa de protección de datos ya que no hay datos susceptibles de identificar a individuos.

2. Tratamiento incidental: Implica la captación involuntaria de información personal (como peatones o matrículas) sin que sea la intención primordial del vuelo. Este supuesto obliga a extremar la cautela, revisando la minimización de la información capturada, la disociación o destrucción cuando no sea relevante, y evitando su difusión si pudiera vulnerar la privacidad de las personas.

3. Tratamiento deliberado: Comprende los escenarios en los que el dron se despliega con la finalidad específica de obtener datos personales (imágenes faciales, grabaciones de actividades concretas, etc.). Aquí resultan esenciales la base jurídica adecuada (consentimiento, interés legítimo, misión de seguridad pública, etc.) y, en algunos casos, la realización de una evaluación de impacto (artículo 35 RGPD) para anticipar y mitigar riesgos.

4.2.9.3 Real Decreto 1036/2017 y RD 517/2024 en Materia de Protección de Datos.

El RD 1036/2017 había establecido las condiciones de uso civil de aeronaves pilotadas por control remoto, incluyendo requisitos de pilotaje, peso, categorías de operación, etc. Si bien focalizaba en la vertiente aeronáutica, subrayaba la necesidad de cumplir con la legislación de protección de datos cuando la operación implicase recogida de información personal.

Actualmente, muchas de estas directrices han sido asumidas y sustituidas por el Real Decreto 517/2024 de 4 de junio, que regula las actividades no EASA con UAS. Aunque el RD 517/2024 de 4 de junio se ocupa principalmente de aspectos de seguridad y procedimientos operativos, no exime a operadores ni autoridades de la obligación de atender los principios de licitud, legitimación y proporcionalidad de la normativa de privacidad.

4.2.9.4. ¿Qué Son Datos de Carácter Personal?

El Reglamento (UE) 2016/679 [Reglamento General de Protección de Datos (RGPD)] (Unión Europea, 2016) define como datos de carácter personal

“cualquier información numérica, alfabética, gráfica, fotográfica, acústica o de cualquier otro tipo concerniente a personas físicas identificadas o identificables”. Dado el progreso tecnológico de los drones, resultan especialmente relevantes los siguientes supuestos:

- a) Captación de imágenes y vídeo: Cámaras de alta resolución (RGB, infrarrojas, térmicas) que permiten identificar rostros o detalles sensibles.
- b) Grabación de audio: Micrófonos que registran voces o conversaciones.
- c) Metadatos y posicionamiento: Drones equipados con sistemas de geoposicionamiento (GPS) y comunicación de datos que pueden vincular ubicaciones específicas a personas concretas.
- d) Sensores adicionales: Lecturas térmicas o biométricas que generen información sensible.

Desde la perspectiva constitucional, el artículo 18.4 de la CE (Constitución Española) protege expresamente a las personas contra el uso indiscriminado de la informática, subrayando el honor, la intimidad y el pleno ejercicio de derechos. Es un derecho autónomo que impone a Administraciones y particulares la responsabilidad de cumplir la normativa de protección de datos.

4.3. Tratamiento de Datos Personales en Operaciones Policiales con UAS en el Marco no EASA

La utilización de Sistemas de Aeronaves no Tripuladas (UAS) por parte de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad (FFCCSE) y otras autoridades competentes en el marco de las actividades no EASA, reguladas principalmente por el Real Decreto 517/2024 de 4 de junio, representa una herramienta de gran potencial para el cumplimiento de sus funciones legales. La obtención y procesamiento de datos mediante UAS es frecuentemente esencial para la prevención y detección de infracciones penales, la investigación y enjuiciamiento de delitos, la ejecución de sanciones penales, y la protección frente a amenazas contra la seguridad pública (Ley Orgánica 7/2021). Sin embargo, esta capacidad tecnológica debe ejercerse en estricto cumplimiento del marco normativo sobre protección de datos personales, buscando un equilibrio constante entre la eficacia operativa en la

salvaguarda de la seguridad y el respeto a los derechos fundamentales de los ciudadanos, particularmente el derecho a la protección de datos (art. 18.4 CE; art. 8 Carta de Derechos Fundamentales de la UE) y el derecho a la intimidad.

Marco Jurídico Aplicable: La concurrencia de LO 4/1997 (España, 1997) y LO 7/2021 (España, 2021).

El tratamiento de datos personales captados por UAS en el ejercicio de la función policial en España se rige principalmente por la interacción de dos normativas orgánicas fundamentales, cuya aplicación es concurrente y complementaria en este ámbito:

Ley Orgánica 4/1997, de 4 de agosto, por la que se regula la utilización de videocámaras por las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad en lugares públicos: Aunque concebida originalmente para cámaras fijas o móviles terrestres, sus principios sobre videovigilancia en espacios públicos son extensibles a la captación de imágenes (y, potencialmente, sonido) mediante UAS. Esta ley establece el marco para la *instalación y uso* de estos dispositivos con fines de seguridad ciudadana y prevención delictiva, exigiendo autorización administrativa en ciertos casos y el respeto a principios como la proporcionalidad y la intervención mínima. La captación de imágenes por UAS en lugares públicos con estos fines se encuadra, por tanto, en su ámbito.

Ley Orgánica 7/2021, de 26 de mayo, de protección de datos personales tratados para fines de prevención, detección, investigación y enjuiciamiento de infracciones penales y de ejecución de sanciones penales: Esta ley, que transpone la Directiva (UE) 2016/680, regula específicamente el *tratamiento* (recogida, almacenamiento, uso, cesión, supresión) de datos personales por las autoridades competentes para los fines mencionados. Establece los principios rectores, las bases de legitimación (reconociendo la posibilidad de tratar datos sin consentimiento para fines policiales específicos), los derechos de los interesados y las garantías aplicables. Cuando un UAS capta datos (imágenes, geolocalización, etc.) para estos fines, todo el ciclo de vida de esa información queda sujeto a las disposiciones de la LO 7/2021.

Ambas leyes no se excluyen, sino que operan conjuntamente: la LO

4/1997 legitima y condiciona la captación inicial de imágenes en el espacio público por motivos de seguridad, mientras que la LO 7/2021 rige el tratamiento subsiguiente de esos datos cuando se utilizan con fines de prevención, investigación o enjuiciamiento penal, estableciendo un régimen específico de protección de datos adaptado a la función policial.

Principios Rectores y Obligaciones en el Tratamiento de Datos con UAS:

La operativa con UAS por parte de las FFCCSE debe observar rigurosamente los siguientes principios, derivados de la normativa mencionada y del marco general de protección de datos (incluyendo LOPDGDD 3/2018 y RGPD (UE) 2016/679 en lo aplicable):

Legalidad, Finalidad, Necesidad y Proporcionalidad: Toda operación de vigilancia con UAS que implique captación de datos personales debe tener una base legal clara y perseguir una finalidad legítima, explícita y específica (prevención de un riesgo real, investigación concreta, etc.). El uso del UAS debe ser necesario para alcanzar dicha finalidad, y la intrusión en los derechos de las personas debe ser proporcional al objetivo perseguido. Esto implica una ponderación constante del clásico debate "Libertad vs. Seguridad", asegurando que los beneficios para la seguridad colectiva justifiquen la afectación a derechos individuales. La vigilancia masiva o indiscriminada sin justificación objetiva contravendría estos principios. Dependiendo de la naturaleza y el alcance de la vigilancia, podrían requerirse autorizaciones administrativas (análogas a las de la LO 4/1997) o incluso judiciales si la operación implica una injerencia especialmente intensa en la intimidad (conforme a la legislación procesal penal).

Minimización de Datos e Intervención Mínima: Solo deben captarse y tratarse los datos estrictamente imprescindibles para la finalidad perseguida. Esto tiene implicaciones técnicas (p.ej., evitar resoluciones excesivas si no son necesarias, desactivar la captación de audio por defecto) y operativas (planificar rutas de vuelo que eviten zonas sensibles innecesarias, limitar la duración de las grabaciones). Es relevante también la obligación de diferenciar, en la medida de lo posible, entre las distintas categorías de interesados (sospechosos, víctimas, testigos, transeúntes no implicados), tratando con especial cautela la información de estos últimos.

Protección de la Intimidad: Se debe evitar activamente la captación de imágenes o sonidos del interior de domicilios privados o lugares análogos que requieran especial protección, salvo que exista habilitación legal expresa (mandato judicial). Los planes de vuelo y las capacidades de los sensores deben gestionarse para respetar la inviolabilidad del domicilio y otros espacios privados.

Exactitud y Calidad de los Datos: Los datos tratados deben ser exactos y estar actualizados si fuera necesario para los fines del tratamiento.

Limitación del Plazo de Conservación: Los datos personales no deben conservarse más tiempo del necesario para los fines para los que fueron recogidos. La LO 7/2021 remite a plazos específicos (como el general de 3 meses para imágenes de videovigilancia no vinculadas a infracciones o investigaciones, según normativa sectorial), debiendo suprimirse o, en su caso, revisarse periódicamente su necesidad de conservación si forman parte de una investigación o procedimiento penal en curso.

Seguridad e Integridad: Deben implementarse medidas técnicas y organizativas apropiadas para garantizar la seguridad de los datos personales captados y almacenados, protegiéndolos contra el tratamiento no autorizado o ilícito, la pérdida, la destrucción o el daño accidental. Esto incluye control de accesos, cifrado si procede, etc.

Transparencia y Derechos de los Interesados: Aunque la LO 4/1997 contempla el deber de informar sobre la existencia de videocámaras (adaptable a UAS mediante otros medios si la señalización in situ no es viable), la LO 7/2021 permite restricciones a este deber y a los derechos de acceso, rectificación o supresión cuando sea estrictamente necesario para no comprometer investigaciones o la seguridad pública. No obstante, estas restricciones deben estar justificadas, registrarse y comunicarse al interesado cuando sea posible. La autoridad competente debe disponer de procedimientos para gestionar el ejercicio de estos derechos.

Consideraciones Operativas para el Cumplimiento Normativo.

La integración efectiva de estos principios legales en la operativa diaria con UAS requiere adoptar una serie de cautelas prácticas:

Planificación Meticulosa del Vuelo: Antes de cada misión, definir con claridad las zonas geográficas a sobrevolar, la duración estimada, el tipo de datos a captar y el equipamiento (UAS, sensores) más adecuado para cumplir el objetivo minimizando la recogida de datos innecesarios.

Coordinación Interna y Supervisión: Establecer responsabilidades claras dentro de la unidad operativa respecto a la planificación, ejecución y, especialmente, la gestión y custodia de los datos personales recogidos, asegurando la supervisión por parte de los mandos responsables.

Gestión Segura de los Datos Recabados: Implementar procedimientos robustos para el almacenamiento seguro de las grabaciones y datos asociados, con control estricto de acceso y mecanismos que aseguren la supresión automática o revisión periódica conforme a los plazos de conservación establecidos.

Protocolos de Información y Gestión de Derechos: Aunque la información activa sobre vigilancia con UAS pueda ser compleja o contraproducente en ciertos escenarios operativos, disponer de canales y procedimientos claros para atender las solicitudes de información o el ejercicio de derechos por parte de los ciudadanos, conforme a lo previsto en la LO 7/2021.

La utilización de UAS por las FFCCSE en actividades no EASA demanda una aproximación proactiva y rigurosa hacia la protección de datos. La observancia de los principios de legalidad, finalidad, necesidad, proporcionalidad, minimización y limitación temporal, junto con las garantías de seguridad y derechos, no es solo una obligación legal, sino un requisito indispensable para asegurar la legitimidad social y jurídica de estas operaciones tecnológicas en el marco de un Estado de Derecho.

4.4. Manual de Operaciones y Estudio Aeronáutico de Seguridad en Operaciones no EASA Directas

El cumplimiento de las exigencias establecidas en el Real Decreto 517/2024 de 4 de junio para los organismos que desarrollan actividades no EASA de forma directa requiere la elaboración de dos documentos fundamentales: el Manual de Operaciones (MO) y el Estudio Aeronáutico de Seguridad (EAS). El MO actúa como la guía procedimental interna, detallando la organización, los

procedimientos de vuelo y las medidas de seguridad implementadas. Complementariamente, el EAS justifica la viabilidad y seguridad de las misiones propuestas mediante una evaluación sistemática de los riesgos operacionales.

1. Manual de Operaciones (MO): La elaboración de un Manual de Operaciones para actividades no EASA directas constituye un pilar esencial para garantizar la seguridad operacional y la eficacia en las misiones con UAS. Este documento funciona como el referente principal sobre el cual se estructura toda la gestión de las operaciones de vuelo, estableciendo roles, responsabilidades, procedimientos y medios, asegurando que todas las actividades se ejecuten conforme a los principios de seguridad, la normativa aplicable y las buenas prácticas aeronáuticas.

2. Propósito y Alcance: El MO debe definir con precisión su objeto y ámbito de aplicación, especificando las operaciones que cubre y los supuestos bajo los cuales se aplica. Su cometido principal en el contexto de las actividades no EASA directas es asegurar que las operaciones de vuelo (por ejemplo, vigilancia, control de multitudes, inspección, apoyo táctico) se ajusten a las exigencias del Real Decreto 517/2024 de 4 de junio y, cuando sea pertinente, a la normativa europea complementaria (Reglamentos (UE) 2019/945 y 2019/947) y a las metodologías de evaluación de riesgos como SORA (Specific Operations Risk Assessment). El MO integra los requisitos internos del organismo (instrucciones específicas de la unidad), los procedimientos de coordinación externa y las características técnicas de la flota de UAS utilizada. Debe incluir, además, un sistema robusto de control de ediciones y revisiones para garantizar su vigencia y trazabilidad.

3. Organización y Responsabilidades: Es fundamental que el MO describa claramente la estructura organizativa implicada en las operaciones con UAS, usualmente mediante un organigrama. Se deben identificar todas las figuras clave, como pueden ser el Director o Gerente responsable, el Responsable de Operaciones, el Responsable de Mantenimiento, el Responsable de Formación, los Pilotos a Distancia y, si aplica, los Observadores del Espacio Aéreo. Para cada puesto, se definirán de manera explícita sus funciones, responsabilidades y competencias, asegurando que no existan ambigüedades en la cadena de mando y supervisión.

4. Concepto de Operación (ConOps): Esta sección del manual detalla los tipos de misiones que el organismo está preparado para realizar (por ejemplo, vuelos VLOS, BVLOS, en entornos urbanos, nocturnos) y las características generales de las zonas geográficas donde se prevé operar. Para los distintos tipos de operación, se definen elementos como el volumen operacional (incluyendo el volumen de vuelo previsto, el volumen de contingencia y los márgenes de seguridad), los procedimientos para establecer y gestionar zonas terrestres controladas (para proteger a personas no participantes), y las interacciones previstas con diferentes tipos de espacio aéreo (por ejemplo, coordinación requerida en Zonas de Información de Vuelo (FIZ), Zonas de Control (CTR) o en las proximidades de aeródromos). Asimismo, se describen los procedimientos de planificación específicos para cada misión, alineados con la metodología de evaluación de riesgos adoptada por el organismo (basada en SORA, Escenarios Estándar Nacionales como STS-ES-01NE/STS-ES-02NE, etc.), y se incluyen las listas de verificación (checklists) estandarizadas a utilizar.

5. Procedimientos Operacionales: Este es uno de los apartados más extensos y cruciales del MO, detallando las acciones a seguir en todas las fases del vuelo. Se articulan en torno a:

- **Procedimientos Normales**: Describen la secuencia estándar de actuación desde la planificación (análisis de NOTAM, meteorología, permisos, asignación de roles, configuración de geoconsciencia/geocaging) y la preparación prevuelo (inspección del UAS, baterías, enlace C2, carga útil, evaluación final de la zona, comunicaciones ATS si aplican), pasando por la ejecución del vuelo (despegue, navegación, monitorización de parámetros, aterrizaje) hasta las actividades postvuelo (registro de datos, informe de incidencias, cierre de planes de vuelo si procede, almacenamiento seguro del UAS).
- **Procedimientos de Contingencia**: Establecen las acciones a seguir ante anomalías técnicas o situaciones operacionales inusuales que no suponen una pérdida total de control pero requieren una desviación del plan normal para mantener la

seguridad (por ejemplo, pérdida intermitente de enlace C2, degradación de la señal GPS, intrusión de terceros en la zona de operación). Deben describir explícitamente las maniobras de recuperación (uso del RTH - Return To Home, paso a modo manual, activación de sistemas de seguridad como paracaídas si están disponibles, aterrizaje en área segura predefinida).

- **Procedimientos de Emergencia:** Abordan las situaciones más críticas que implican un riesgo inminente para la seguridad (pérdida total de control, colisión inminente, incendio a bordo, fallo estructural). Describen el plan de acción priorizando la seguridad de las personas en tierra y aire, pudiendo incluir la activación de sistemas de terminación de vuelo (FTS) Flight Termination System), la notificación urgente a autoridades competentes (ATC, servicios de emergencia) y la activación de planes de evacuación si fuera necesario.

6. Plan de Respuesta a Emergencias (ERP): Complementando los procedimientos específicos de la aeronave, el ERP (Emergency Response Plan) detalla la respuesta coordinada a nivel organizativo ante una emergencia. Define los distintos niveles de emergencia, asigna roles y responsabilidades específicas (como el Gestor de Respuesta a Emergencias - ERM y el Equipo de Respuesta a Emergencias - ERT), establece los protocolos de comunicación y coordinación con entidades externas relevantes (ATC, gestores de infraestructuras, servicios de emergencia 112, etc.), y describe el proceso de análisis posterior al incidente para la mejora continua.

7. Mantenimiento y Registros: El MO debe incluir un programa de mantenimiento detallado para asegurar la aeronavegabilidad continuada de la flota de UAS. Esto abarca desde las inspecciones diarias prevuelo hasta las inspecciones periódicas basadas en horas de vuelo o calendario, incluyendo la calibración de sensores y la gestión de actualizaciones de software/firmware. También se deben documentar todas las acciones de mantenimiento correctivo. Paralelamente, el manual especificará el sistema de registros operativos, asegurando la trazabilidad de todas las actividades. Como mínimo, se deben

mantener registros de vuelos (fechas, personal, duración, incidencias), registros de mantenimiento (acciones realizadas, componentes sustituidos) y registros de formación y calificación del personal (certificados, habilitaciones, entrenamientos periódicos).

8. Seguridad y Gestión de Datos: Dada la naturaleza de las operaciones no EASA, el MO debe contemplar medidas de seguridad física para proteger los UAS y equipos asociados (almacenamiento seguro, control de acceso). Asimismo, debe incluir directrices claras para la gestión de los datos captados durante las misiones, asegurando el cumplimiento de la normativa aplicable en materia de protección de datos personales y el respeto a la privacidad, en línea con el marco legal previamente analizado (ver sección 4.3).

9. Actualización y Mejora Continua: El MO no es un documento estático. Debe existir un procedimiento formal para su revisión y actualización periódica, motivada por cambios en la normativa, incorporación de nuevos UAS o tecnologías, modificación de procedimientos operativos, o lecciones aprendidas de incidentes, auditorías o simulacros. Este proceso debe incluir un control de versiones riguroso, la comunicación efectiva de los cambios a todo el personal afectado y la retirada controlada de versiones obsoletas.

10. Estudio Aeronáutico de Seguridad (EAS): Mientras que el Manual de Operaciones responde al "cómo" se realizan las operaciones, el Estudio Aeronáutico de Seguridad (EAS) responde al "por qué" esas operaciones se consideran seguras. El EAS es el documento donde el organismo operador justifica, mediante un análisis estructurado de riesgos, que las operaciones previstas pueden llevarse a cabo manteniendo un nivel aceptable de seguridad.

Normalmente, el EAS se apoya en metodologías reconocidas de evaluación de riesgos, como SORA (Specific Operations Risk Assessment). A través de esta metodología u otras equivalentes, se identifican los peligros potenciales asociados a la operación (tanto riesgos en tierra – impacto contra personas o propiedades, considerando la energía cinética del UAS y la densidad de población – como riesgos en aire – colisión con otras aeronaves tripuladas o no tripuladas), se evalúa la probabilidad y severidad de dichos riesgos, y se proponen y documentan las medidas de mitigación adecuadas. Estas medidas

pueden ser operacionales (restricciones de vuelo, uso de observadores), técnicas (incorporación de paracaídas, sistemas detect-and-avoid) o procedimentales (planes de contingencia específicos, coordinación reforzada con ATS). El EAS, por tanto, proporciona la argumentación técnica que sustenta la seguridad de las operaciones descritas en el MO, siendo especialmente relevante para operaciones de mayor complejidad o riesgo intrínseco.

Con ello, el EAS aporta solidez técnica y transparencia a las operaciones, especialmente a aquellas más exigentes (como vuelos en entornos urbanos o misiones BVLOS, más allá del alcance visual). Así, organizaciones como la policía o las agencias de aduanas pueden demostrar que sus vuelos mantienen los mismos niveles de seguridad que se exigen en otras categorías reguladas de la aviación, puesto que cada acción y límite operacional tiene una justificación clara y basada en la gestión de riesgos.

5. Aplicación práctica y experiencias operativas.

5.1. Introducción Contextual

Dentro del enfoque de este TFG, centrado en la integración de drones en la seguridad pública y privada, resulta esencial comprender cómo los procedimientos formales — Manual de Operaciones y Estudio Aeronáutico de Seguridad (EAS)— cobran verdadero sentido en la práctica cotidiana.

Hasta el momento, se han delineado con detalle la normativa aplicable y los elementos fundamentales de la operación con UAS (Unmanned Aircraft Systems). Sin embargo, ninguna de estas disposiciones tendría valor real si no se contrastara con la experiencia de campo.

Gracias a su flexibilidad, los drones pueden incorporarse a un amplio abanico de escenarios, que abarcan tanto el control de grandes concentraciones como tareas de ayuda humanitaria o apoyo en el mantenimiento de instalaciones y recursos.

Cada uno de estos escenarios presenta desafíos distintos que, en ocasiones, se apartan de la operativa ideal prevista en los manuales. Precisamente en estas experiencias sobre el terreno es donde se pone a prueba la eficacia de lo

planificado: cómo reacciona el piloto de drones si la meteorología se complica, qué sucedería con el enlace de mando en entornos con altas interferencias o cómo coordinar, desde la perspectiva policial, las distintas unidades cuando participan bomberos, servicios de emergencias médicas y otras instituciones encargadas de la seguridad y protección ciudadana.

El apartado dedicado a la Aplicación Práctica y Experiencias Operativas enlaza directamente con la filosofía sobre la que versa todo el TFG. Más allá de la teoría y la normativa, aquí intervienen diversos factores: la detección de brechas entre la planificación (Manual de Operaciones o EAS) y la realidad que surge al desarrollar misiones complejas; la evaluación de aciertos y posibles áreas de mejora (por ejemplo, la importancia de un sistema de iluminación adecuado para vuelos nocturnos o la eficacia del geofencing en zonas residenciales con limitaciones operativas); el refuerzo de la formación tanto de los operadores como del personal de apoyo, cuyos hallazgos pueden o no profundizarse más adelante, pero cuyo valor queda patente para la evolución profesional y la actualización de protocolos.

En este sentido, lejos de pretender conformar un compendio exhaustivo de todas las vivencias prácticas, el objetivo es ilustrar con algunos ejemplos — propios y de compañeros— la transición desde la planificación hasta los desafíos concretos que surgen en diferentes tipos de misiones. Estas experiencias, fruto de intercambios en reuniones, ponencias y trabajos colaborativos, se han perfeccionado gracias al análisis crítico y a la actitud de mejora continua. De este modo, se evidencia la importancia de la formación continua, la retroalimentación operativa y la flexibilidad para adaptar protocolos en un sector tan dinámico.

Finalmente, esta construcción de conocimiento favorece la confianza de los organismos reguladores —como AESA— y de la sociedad, al confirmar que el uso de drones mantiene altos niveles de protección y eficiencia. Además, no debe pasarse por alto que los recursos materiales y humanos empleados proceden del esfuerzo conjunto de la ciudadanía, la cual tiene pleno derecho a conocer con transparencia cómo y con qué finalidad se emplean, garantizando así la necesidad, la eficacia y la utilidad pública de estos medios en las operaciones policiales.

La clave radica en ver la práctica como un auténtico laboratorio vivo: cada

experiencia operativa verifica la consistencia de los planes, afina la toma de decisiones y, en última instancia, impulsa un modelo de seguridad pública y privada apoyado en la innovación tecnológica y la responsabilidad.

Con esta visión, se abren las puertas para analizar casos de éxito, aprender de los posibles errores cometidos, identificar obstáculos y destacar la capacidad de respuesta que la integración de drones aporta a los cuerpos de seguridad y a las entidades privadas involucradas en la protección de personas e infraestructuras.

5.2. Ejemplo Práctico 1: Concierto Multitudinario

Este ejemplo describe un caso realista de uso de drones en un gran concierto, profundizando en los aspectos organizativos, las posibles contingencias y las soluciones adoptadas para garantizar la seguridad del público y de los intervinientes (policía, bomberos, servicios sanitarios, etc.). Se trata de un modelo muy útil para otros escenarios de afluencia masiva o pública concurrencia, en los que la vigilancia coordinada desempeña un papel crucial.

El concierto se desarrolla al aire libre y congrega a miles de asistentes, lo cual hace indispensable identificar y controlar puntos críticos como accesos, zonas de gran concentración y vías de evacuación. Desde el principio, se asume la presencia de diversos organismos: policía local y autonómica/estatal, bomberos, ambulancias y la propia empresa organizadora, que aporta seguridad privada y personal auxiliar. El equipo policial cuenta con varios UAS (multi-rotors) diseñados para captar imágenes en alta resolución y transmitir vídeo en tiempo real, permitiendo así disponer de información situacional actualizada para afrontar cualquier incidencia, desde aglomeraciones o tumultos hasta amenazas a la integridad de los asistentes.

Días antes del evento, se coordinan reuniones con el promotor, los responsables de seguridad privada y las unidades de emergencia (bomberos, servicios sanitarios) para establecer canales de comunicación, definir protocolos de emergencia y concretar la cadena de mando. Estos encuentros resultan esenciales para asegurar que todos los implicados tengan claro su cometido y sepan a qué atenerse si se produce un incidente grave. Paralelamente, se revisan las restricciones de vuelo y la posibilidad de que el concierto se ubique bajo un

espacio aéreo controlado, para lo cual se consultan plataformas como ENAIRE Drones, NOTAM o Suplementos AIP. Si resulta necesario, la policía coordina con la autoridad aeronáutica (ATS, gestor de aeródromo) a fin de obtener aprobaciones o establecer ventanas de vuelo específicas.

Otro elemento relevante es la delimitación de la zona de operaciones para los drones, que abarca espacios desde los cuales despegar y aterrizar con garantías de seguridad. Con frecuencia, se habilitan espacios seguros cercanos, pero bien protegidos, y se asignan observadores capacitados para vigilar la aeronave durante el vuelo, cumpliendo con la categoría VLOS (Visual Line of Sight) u otras modalidades. Se comprueba también la meteorología oficial (AEMET), ya que factores como el viento, la temperatura elevada o la lluvia pueden condicionar el rendimiento de las baterías o la estabilidad de los UAS. Además, se revisan componentes esenciales: firmware del dron, baterías, enlaces de comunicaciones y geo-vallas, confirmando que no hay alertas que impidan el uso de radiofrecuencias. Por último, se designa un Puesto de Mando Común en una carpa próxima a la jefatura de seguridad del concierto, donde confluyen policías, bomberos, ambulancias y la organización, lo que facilita la toma de decisiones inmediatas.

Cuando llega el día del concierto, la unidad policial de drones se ubica en una zona segura, previamente acordonada para evitar la entrada de personas ajenas a la operación. Un equipo de personal capacitado vigila este perímetro, garantizando que solo el personal autorizado acceda a la zona, y evitando así cualquier interferencia o riesgo para la actividad. Junto a estas labores de vigilancia, es fundamental disponer de un equipo policial específico encargado de la detección y neutralización de UAS no autorizados (sistemas Counter-UAS o C-UAS). Este equipo debe contar con protocolos claros para alertar rápidamente a los responsables de seguridad del recinto sobre la presencia de un dron sospechoso, localizar tanto la aeronave como a su piloto y, si fuera necesario y legalmente viable, proceder a su neutralización para evitar riesgos. Antes de cada vuelo, se efectúan breves sesiones informativas internas para repasar la lista de comprobaciones, definir la ruta a seguir y garantizar la disponibilidad de todo el material auxiliar (baterías extra, repuestos, etc.). Igualmente, se hacen avisos a los cuerpos de seguridad y emergencias para informarles del despegue o el aterrizaje,

con el fin de evitar confusiones. Una vez en el aire, la conectividad con la estación de control y el Puesto de Mando Común resulta esencial: la señal de vídeo se retransmite en directo, permitiendo que el personal de mando supervise el flujo de personas, evalúe la densidad de la multitud y detecte posibles altercados (como conatos de violencia) o situaciones urgentes (tales como desmayos, conatos de incendio o accidentes). En caso de detección de incidentes, el dron aporta una vista aérea muy valiosa para guiar a las unidades de tierra y planificar su aproximación por la ruta más libre de obstáculos.

Entre los problemas técnicos más habituales se cita la saturación de la red móvil, sobre todo en conciertos multitudinarios donde miles de usuarios hacen uso intensivo de sus teléfonos. Para ello, es habitual implementar un router 4G/5G privado o contar con una estación portátil que priorice la señal de las fuerzas de seguridad, reforzando la transmisión de vídeo y datos. Además, existe la posibilidad de que la compañía de internet nos proporcione un sistema de “network slicing” (a menudo denominado slicer) con el que se reserva un canal de uso exclusivo para evitar saturaciones; por ejemplo, Telefónica ya lo ofrece a clientes institucionales. Otra alternativa interesante consiste en el internet por satélite, como Starlink, que brinda conectividad estable incluso cuando la red terrestre se ve saturada o no está disponible. Además de asegurar la conectividad de datos, es vital establecer canales de comunicación redundantes. Se recomienda disponer de, al menos, un canal principal y uno secundario para las comunicaciones críticas por voz o radio entre los equipos de drones, el Puesto de Mando y las unidades en tierra. Esto garantiza la continuidad operativa si el canal principal falla o se satura, aunque es importante no multiplicar excesivamente los canales (limitándose preferiblemente a dos) para evitar confusión, posibles infracciones por uso indebido del espectro radioeléctrico y saturación comunicativa. Por otro lado, el exceso de calor puede comprometer el rendimiento y la vida útil de las baterías, por lo que el equipo debe vigilar la temperatura de las baterías y planificar relevos periódicos que garanticen un nivel seguro de autonomía. Asimismo, se recuerda la necesidad de activar los protocolos definidos para contingencias, de modo que, si un dron se acerca a los límites del espacio aéreo permitido o detecta problemas técnicos, se ponga en marcha un plan de emergencia que minimice los riesgos.

Estas operaciones de drones se enmarcan en la vigilancia de seguridad

pública, sujetas a las disposiciones de videovigilancia y protección de datos (LO 7/2021, LO 4/1997). Es fundamental grabar imágenes solo con fines operativos y evitar sobrevolar viviendas o recintos privados aledaños sin un motivo justificado. Al concluir el concierto, se celebra una reunión final de evaluación donde todos los intervinientes comentan errores y aciertos, valorando si la ubicación de la carpa de mando fue la más idónea, si las rutas de entrada y salida de bomberos y ambulancias resultaron eficaces, y en qué medida los drones lograron cubrir la extensión del público sin incidentes.

5.3. Ejemplo Práctico 2: Operación de Vigilancia Discreta con UAS

Este segundo ejemplo práctico aborda una aplicación particularmente sensible y técnicamente demandante de los UAS (Sistemas de Aeronaves no Tripuladas) en el ámbito de la seguridad: la vigilancia discreta. A diferencia de los despliegues ostensibles en eventos concurridos, el objetivo fundamental en este caso es la obtención de información específica minimizando drásticamente la probabilidad de detección por parte del sujeto vigilado o de terceros.

Considérese un escenario operativo donde un organismo autorizado, actuando en el marco de las actividades no EASA directas (amparadas por el marco del RD 517/2024 y realizadas por organismos autorizados), necesita verificar actividades sospechosas en una localización determinada, como podría ser un área industrial con baja actividad aparente o una zona rural aislada. El éxito de tal misión no recae únicamente en la tecnología empleada, sino de manera crítica en una planificación exhaustiva y una ejecución precisa, operando siempre dentro de los márgenes de la autorización pertinente y con la debida gestión posterior de la información recopilada.

La planificación estratégica y táctica es un elemento fundamental para estas operaciones. Previo a cualquier vuelo, se requiere una definición exacta del objetivo de inteligencia: qué información específica se persigue, quiénes son los sujetos de interés, y cuál es el momento óptimo para la observación. Esta claridad previene vuelos innecesarios o excesivamente largos, reduciendo la exposición y optimizando recursos críticos como la autonomía de las baterías. La selección del equipamiento es igualmente determinante. Se debe optar por una plataforma UAS que favorezca el sigilo, priorizando modelos de tamaño

reducido, dotados de una baja firma acústica —conseguida mediante motores eficientes y, preferiblemente, hélices de diseño específico para bajo ruido ("stealth propellers"). La masa total al despegue (MTOM) es un factor que influye directamente en la rumorosidad. Asimismo, la firma visual debe ser minimizada mediante colores discretos y mates adaptados al entorno operativo (oscuros para noche, neutros/camuflaje para día), siendo esencial la capacidad de desactivar o atenuar significativamente las luces LED de estado y navegación.

En cuanto a la carga útil, la capacidad de zoom óptico potente resulta indispensable para poder operar a mayor distancia. Para operaciones nocturnas o con visibilidad reducida, los sensores térmicos son cruciales, ponderando siempre la resolución necesaria para la identificación frente a la mera detección de calor; las cámaras duales (óptica/térmica) ofrecen la mayor versatilidad. El uso de sensores acústicos presenta complejidades técnicas notables y su empleo debe estar respaldado por justificaciones operativas muy concretas y el marco de autorización adecuado. La fuente de alimentación también es una variable táctica: se debe evaluar si la autonomía de las baterías estándar es suficiente. Para garantizar una vigilancia ininterrumpida y superar las limitaciones de autonomía de las baterías individuales, una táctica operativa consiste en emplear un segundo UAS de características similares. Este permite realizar relevos coordinados en el aire, asegurando que la cobertura visual sobre el objetivo no se pierda durante los necesarios ciclos de recuperación y cambio de baterías del primer dron. Alternativamente, si la misión permite una observación prolongada desde un punto fijo, puede considerarse un UAS cautivo (tethered), asumiendo el posible riesgo de detección visual del cable.

El análisis detallado del entorno operacional prosigue con la selección de una Zona de Aterrizaje (LZ) que garantice ocultación y seguridad para el equipo, utilizando la cobertura disponible (natural o artificial). La planificación de la ruta y el perfil de altitud debe diseñarse para evitar, si es posible, el sobrevuelo directo del objetivo, favoreciendo ángulos de observación oblicuos. La altitud y la distancia horizontal al objetivo representan un compromiso constante y fundamental: cuanto mayor sea la distancia, menor será el riesgo de detección acústica y visual, pero también menor será, intrínsecamente, el nivel de detalle que los sensores podrán captar. Por ello, la distancia óptima no es un valor fijo,

sino que depende directamente de la información específica que se busque. No es lo mismo necesitar identificar con nitidez una matrícula o un rostro, lo cual exige una mayor proximidad o capacidades de zoom óptico/resoluciones muy elevadas, que limitarse a observar movimientos generales de personas o vehículos, tarea que puede realizarse desde una distancia considerablemente mayor, priorizando así el sigilo sobre el detalle fino. Datos previos sobre la atenuación acústica del modelo de UAS y las capacidades reales de los sensores (resolución efectiva a diferentes distancias) son cruciales en esta fase.

Los factores ambientales deben ser cuidadosamente integrados en la estrategia. El viento es un factor doble: afecta la estabilidad y autonomía, y actúa como propagador del sonido (es preferible volar contra el viento respecto al objetivo). El ruido ambiental puede ser un elemento favorable si se utiliza tácticamente para enmascarar el sonido del UAS. Las condiciones atmosféricas adversas (niebla, lluvia intensa, calima) degradan severamente el rendimiento de los sensores. La iluminación ambiental condiciona la detectabilidad visual (reflejos, sombras) y la elección de sensores. La gestión activa de las firmas acústica y visual durante el vuelo también se planifica, definiendo modos de vuelo suaves (más silenciosos) y considerando la silueta del dron contra diferentes fondos. La fase de planificación concluye con una evaluación final de riesgo/beneficio, determinando si la misión es viable bajo las condiciones y con el equipo disponible, manteniendo un riesgo de detección aceptable.

La fase de ejecución demanda máxima concentración, disciplina y capacidad de adaptación. El despliegue en la LZ se realiza de forma rápida y silenciosa. El vuelo se caracteriza por maniobras suaves y controladas, siguiendo el perfil planificado. Se requiere una operación experta de los sensores para enfocar, aplicar el zoom óptico de manera efectiva y capturar selectivamente la información relevante, evaluando continuamente si la distancia actual permite obtener el nivel de detalle requerido para el objetivo específico de la misión (identificación detallada vs. observación general) sin comprometer inaceptablemente la discreción. Se deben evitar movimientos de cámara erráticos que puedan llamar la atención. Es crucial una monitorización activa y constante tanto del UAS como del entorno. La monitorización del enlace de mando y control (C2) es fundamental. Una consideración técnica relevante para mejorar la

robustez de este enlace y la flexibilidad operativa, especialmente en entornos donde la línea de vista directa entre el operador y el UAS puede verse comprometida o donde se busque maximizar la ocultación del piloto, es el uso de módulos externos de datos móviles (dongles 4G/5G), si el modelo de UAS es compatible (como ofrecen algunos fabricantes tipo DJI). Estos dispositivos permiten que el control del UAS se realice a través de la red de telefonía móvil, siempre que exista cobertura celular adecuada en la zona de operaciones. Esto no solo puede proporcionar redundancia al enlace de radiofrecuencia tradicional, sino que también desvincula parcialmente la posición del piloto de la necesidad de mantener línea de vista de radio directa con la aeronave, permitiendo un posicionamiento más seguro y discreto del equipo humano. Independientemente del sistema de enlace, es crucial una monitorización constante de la telemetría (batería, señal GPS, altitud, distancia, alertas). Aquí, la configuración del equipo de tierra es relevante: la monitorización se optimiza significativamente si, además del piloto, otro miembro del equipo supervisa el flujo de vídeo en tiempo real en una pantalla de mayor tamaño (televisión, monitor, etc.). Las pantallas integradas en las estaciones de control a menudo limitan la apreciación de detalles sutiles; un monitor dedicado facilita un análisis visual más exhaustivo. Mientras tanto, el piloto mantiene el control y la seguridad del vuelo, y un observador discreto vigila el espacio aéreo y el entorno inmediato. La comunicación dentro del equipo debe ser mínima y segura. Es fundamental estar preparado para una adaptación dinámica a cambios imprevistos (meteorología, movimiento del objetivo, obstáculos) o si se percibe un riesgo incrementado de detección. La gestión de la batería debe ser conservadora, asegurando un retorno a base con margen suficiente, especialmente si se realizan relevos aéreos.

Aun con una planificación exhaustiva, la vigilancia discreta enfrenta desafíos operativos específicos. La detectabilidad acústica es a menudo el factor más limitante. La detección visual o por RF por parte de objetivos alertados es un riesgo tangible. Las interferencias, tanto ambientales como intencionadas (jamming/spoofing), pueden comprometer las comunicaciones o la navegación (incluyendo los enlaces por red móvil si la infraestructura celular es atacada o falla). Las limitaciones intrínsecas de los sensores en condiciones adversas pueden impedir la obtención de datos útiles. Un fallo técnico crítico en una zona sensible

durante una operación encubierta posee consecuencias potencialmente graves. Por ello, es imperativo disponer de planes de contingencia claros y ensayados para todos los escenarios previsibles, incluyendo procedimientos seguros de aborto de misión y recuperación/abandono del equipo.

La capacidad para realizar vigilancia discreta con UAS representa una herramienta valiosa en el contexto no EASA, pero su implementación exitosa es compleja. Requiere una combinación de alta especialización del personal, equipamiento tecnológico específico (incluyendo soluciones de comunicación robustas), una planificación exhaustiva que mitigue riesgos, y una disciplina operativa rigurosa en la ejecución. La alta especialización requerida no se limita al conocimiento teórico o técnico; es fundamental que el equipo operativo haya realizado entrenamientos y simulacros previos en escenarios que repliquen las complejidades y presiones de una misión de vigilancia discreta real. Esta preparación práctica es clave para asegurar la correcta ejecución de procedimientos normales y de contingencia. El éxito final se mide no solo por la consecución de los objetivos de inteligencia, sino por la capacidad de lograrlo manteniendo la integridad de la operación y la seguridad, dentro siempre de los parámetros de la misión autorizada y asegurando la correcta gestión de la información sensible obtenida.

6. Conclusiones.

El punto de partida fue medir el valor operativo real que un dron aporta a la seguridad pública bajo el régimen no EASA. Tras revisar exhaustivamente la normativa, comparar metodologías de evaluación de riesgo y realizar varias misiones policiales reales, pueden extraerse las reflexiones que siguen.

Con respecto al marco normativo y procedimientos: El Real Decreto 517/2024 de 4 de junio ofrece la flexibilidad necesaria para intervenciones urgentes, pero solo si la unidad dispone de la documentación de riesgo correspondiente, ya sea una plantilla PDRA, un EARO elaborado conforme a la guía UAS-OPS-DT01 (Guía sobre requisitos y limitaciones al vuelo de UAS en función del lugar de operación (zonas geográficas de UAS)) o un estudio SORA respaldado internamente—los escenarios estándar STS pueden emplearse como marco técnico de referencia, aun cuando las fuerzas policiales

no hayan de presentar la declaración formal ante AESA—, canales estables con control de tráfico aéreo y protocolos de protección de datos bien definidos. Sin esa “infraestructura documental”, el tiempo que se gana en el aire se pierde antes del despegue.

En relación a la elección de la metodología de riesgo: Las operaciones repetitivas en entornos conocidos pueden cursarse mediante PDRAs predefinidos o basarse en los requisitos técnicos de un escenario estándar STS, sin necesidad de declarar formalmente la operación ante AESA; las situaciones atípicas o novedosas exigen un estudio SORA detallado y la correspondiente aprobación interna; para las fuerzas y cuerpos de seguridad, el art. 17.2 del RD 517/2024 autoriza a los cuerpos policiales a gestionar directamente el expediente, siempre que la evaluación quede firmada por la autoridad operativa. Otros organismos civiles pueden optar por un EARO visado por AESA o por la figura del LUC (Light UAS Operator Certificate) para agilizar el trámite. Disponer de ambas herramientas permite adaptar el nivel de análisis al grado real de urgencia y complejidad de cada vuelo.

En cuanto al impacto operativo: Las experiencias recogidas en los últimos años —desde la vigilancia de eventos multitudinarios hasta las búsquedas nocturnas en montaña y la inspección discreta de infraestructuras críticas— confirman que el dron se ha convertido en una herramienta de primera línea. Su capacidad para posicionarse en el eje vertical inaccesible para el agente en tierra permite detectar avalanchas humanas antes de que se desborden, seguir con cámara térmica el rastro de una víctima entre la maleza o documentar de forma discreta actividades ilícitas en zonas sensibles sin comprometer la operación. Integrado en un centro de mando multiactor, el flujo de vídeo en directo alimenta a los puestos sanitarios, a los mandos de tráfico y a las patrullas aéreas, con lo que la conciencia situacional se multiplica y la toma de decisiones se acelera. El dispositivo vuela, igualmente, con menor huella acústica, sin emisiones directas y con un coste horario muy inferior al de la aeronave tripulada, factores que explican su adopción creciente.

La tendencia tecnológica apunta a que estos beneficios solo irán a más: la llegada de baterías más densas, células híbridas, sensores multispectrales e IA

embarcada incrementará autonomía y reducirá la carga cognitiva del piloto. Paralelamente, el despliegue de U-Space normalizará vuelos BVLOS urbanos con un nivel de seguridad equiparable al ATC. Es previsible que los tiempos de detección sigan cayendo y que la recolección de evidencia gane en calidad forense.

En referencia a las condiciones y limitaciones: Las conclusiones derivan de un conjunto reducido de misiones y de datos internos sometidos a confidencialidad, por lo que deben interpretarse como tendencias cualitativas más que como estadísticas universales. Aun así, la tendencia se repite: la eficacia del dron depende más de la preparación de los operadores y de la calidad de los procedimientos que de las especificaciones técnicas del equipo.

En cuanto a la evolución futura de los drones, hay que señalar que la inminente implantación de U-Space y la integración acelerada de algoritmos de inteligencia artificial convergen hacia vuelos cada vez más autónomos y un procesamiento de imágenes casi en tiempo real. Este salto técnico desplaza el foco de la habilidad de vuelo manual hacia la capacidad de planificar misiones complejas y dominar software especializado. Hoy, antes de una fotogrametría, el operador debe definir solapes, altura y GSD, configurar el RTK, prever la iluminación y comprobar la compatibilidad del «payload»; durante el vuelo, su tarea principal suele ser supervisar que el plan autónomo se cumpla. Esa realidad obliga a una formación continua: actualización de firmware, cursos de post-procesado, práctica en simuladores y debate en grupos de trabajo. Solo así se interioriza un ecosistema que cambia a ritmo de meses. Paralelamente, la automatización exige reforzar ciberseguridad y protección de datos, porque el análisis masivo amplía la huella de información sensible y eleva la responsabilidad de custodia.

Como ya ha destacado el autor de este TFG, resulta esencial la disciplina operativa, es decir, una checklist rigurosa y una comunicación fluida con el resto del dispositivo son más importantes que los avances tecnológicos que puedan incorporar los UAS o drones. Al mismo tiempo, el dominio y la familiarización en el marco jurídico-normativo que regula las actividades NO EASA—(reglamentos europeos, reales decretos, guías de AESA, notas informativas)—

resultan imprescindibles para la seguridad aérea. En la elaboración del presente trabajo el propio autor ha ido descubriendo aspectos normativos que desconocía, llevándole a una actualización de sus conocimientos previos. Los cambios y modificaciones continuos a los que se encuentra sometido este campo, obligan a efectuar un ejercicio de actualización y perfeccionamiento constantes. Este trabajo constituye un recurso que reúne y aporta conocimiento sobre conceptos básicos, normativa y los procedimientos operativos para el manejo de drones y una mejor profesionalización en este campo. La especialización aeronáutica—y, muy especialmente, las operaciones NO EASA—requieren de un gran esfuerzo de aprendizaje, requiriendo de documentos a modo de guía como el documento que planteo a través de este TFG. El compromiso adoptado por el autor en mantener actualizado el Manual de Operaciones, compartir las plantillas PDRA y las guías de Autorización Operacional/EARO con otras brigadas o unidades operativas y seguir recopilando métricas objetivas que permitan evaluar el impacto real del sistema.

En definitiva, la normativa fija el marco, la tecnología aporta las herramientas y la práctica diaria ofrece la prueba. Cuando los tres elementos se alinean, la aviación no tripulada se convierte en un recurso imprescindible de la seguridad moderna.

Referencias bibliográficas

- Agencia Española de Protección de Datos. (2019). *Guía de evaluación de impacto en la protección de datos (PIA)*. Recuperado el 18 de mayo de 2025, de <https://www.aepd.es/reglamento/guia-PIA.pdf>
- Agencia Estatal de Seguridad Aérea. (2022). *AESA recuerda los requisitos de operación y de registro de operador para drones de menos de 250 g*. Recuperado de <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/noticias/aesa-recuerda-los-requisitos-de-operaci%C3%B3n-y-de-registro-de-operador-para-drones-de-menos>
- Agencia Estatal de Seguridad Aérea. (2023). *Guía para la operación de aeronaves pilotadas por control remoto en servicios no EASA* [Informe técnico]. Recuperado el 18 de mayo de 2025 de <https://www.seguridadaerea.gob.es/>
- Agencia Estatal de Seguridad Aérea. (2024). *Design and production of UAS/drones*. Agencia Estatal de Seguridad Aérea. <https://www.seguridadaerea.gob.es/en/ambitos/drones/requisitos-de-uas-drones/diseno-y-produccion-de-uas-drones>
- Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea (EASA, en sus siglas en inglés) . (2020). *FAQ: Types of drone the Regulation refers to*. European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu/en/faq/116448>
- España. Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes. (1997, agosto 4). *Ley Orgánica 4/1997, de 4 de agosto, por la que se regula la utilización de medios electrónicos en los procedimientos administrativos*. Boletín Oficial del Estado, 186, pp. 23911–23914. Recuperado el 18 de mayo de 2025, de <https://www.boe.es/eli/es/lo/1997/08/04/4/con>
- España. Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes. (2024, junio 4). *Real Decreto 517/2024, de 4 de junio [Real Decreto]*. Boletín Oficial del Estado, núm. 136. Recuperado el 18 de mayo de 2025, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2024/06/04/517/con>
- European Union Aviation Safety Agency. (2021). *Opinion No 05/2021: On a regulatory framework for the operation of unmanned aircraft systems* [Opinion]. Recuperado el 18 de mayo de 2025, de <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/opinions>
- Fortune Business Insights. (2023, 20 de diciembre). *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Market, 2023–2030* [Informe]. GlobeNewswire. <https://www.globenewswire.com/news->

[release/2023/12/20/2799010/0/en/Unmanned-Aerial-Vehicle-Market-to-Worth-USD-91-23-Billion-by-2030-UAV-Industry-Report-by-Fortune-Business-Insights.html](https://www.fortunebusinessinsights.com/press-releases/unmanned-aerial-vehicle-market-to-worth-usd-91-23-billion-by-2030-uav-industry-report-by-fortune-business-insights.html)

- Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems (JARUS). (2023). *Specific Operations Risk Assessment (SORA) v2.5*. https://jarus-rpas.org/wp-content/uploads/2023/07/jar_doc_06_jjarus_sora_executive_summary.pdf
- Unión Europea. (2018, julio 4). *Reglamento (UE) 2018/1139 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2018, por el que se establecen disposiciones comunes en el ámbito de la aviación civil y se crea la Agencia Europea de Seguridad Aérea*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 212, p. 1. Recuperado el 18 de mayo de 2025, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32018R1139>
- Unión Europea. (2019a, mayo 11). *Reglamento (UE) 2019/945 de la Comisión, de 11 de marzo de 2019, sobre los requisitos técnicos y los procedimientos de evaluación de la conformidad de los sistemas aéreos no tripulados*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 152, pp. 1–20. Recuperado el 18 de mayo de 2025, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32019R0945>
- Unión Europea. (2019b, mayo 26). *Reglamento (UE) 2019/947 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de mayo de 2019, sobre las normas y procedimientos para la explotación de los sistemas aéreos no tripulados*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 152, pp. 1–35. Recuperado el 18 de mayo de 2025, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32019R0947>

Apéndice 1: Lista de acrónimos aeronáuticos

ACRÓNIMO	DESCRIPCIÓN
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AFIS	Aerodrome Flight Information Service (servicio de información de vuelo de aeródromo)
AIP	Aeronautical Information Publication (publicación de información aeronáutica)
AIS	Aeronautical Information Service (servicio de información aeronáutica)
ATSP	Air Traffic Service Provider (proveedor de servicios de tránsito aéreo)
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight (operación más allá del alcance visual)
CECAF	Centrocartográfico y fotográfico del ejército del aire
CIDETRA	Comisión Interministerial Entre Defensa y Transportes
CNI	Centro Nacional de Inteligencia
DAVA	Dirección Adjunta de Vigilancia Aduanera
DGAC	Dirección General de Aviación Civil
DGT	Dirección General de Tráfico
EARO	Evaluación y Atenuación del Riesgo Operacional
EASA	European Aviation Safety Agency
FATO	Final Approach and Takeoff area (área de aproximación final y de despegue)

FFCCSE	Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado
FIZ	Flight Information Zone (zona de información de vuelo)
FPL	Flight PPlan (plan de vuelo)
LZ	Landing Zone (zona de aterrizaje)
MTOM	Maximum Take-Off Mass (masa máxima al despegue)
NOTAM	NOTice to AirMen
RD	Real Decreto
TRA	Temporary Restricted Area (área temporalmente restringida)
TSA	Temporary segregated area (área temporalmente segregada)
UAS	Unmanned Aircraft System (Sistema de aeronaves no tripuladas)
VLOS	Visual Line Of Sight (operación dentro del alcance visual)
ZG	Zona Geográfica
ZRVF	Zona Restringida al Vuelo Fotográfico