

MÓDULO 8: ATENUACIONES TÉCNICAS Y OPERACIONALES DEL RIESGO EN EL AIRE

1. Resumen Estratégico Ejecutivo

Premium Context

Dominar las atenuaciones técnicas y operacionales del riesgo en el aire (**Air Risk Mitigations**) constituye el pilar fundamental para la integración segura de los Sistemas de Aeronaves no Tripuladas (**UAS**) dentro del espacio aéreo compartido de la Categoría Específica (**Specific Category**). Ya sea operando bajo Escenarios Estándar (**STS**) o ejecutando una Evaluación del Riesgo de las Operaciones Específicas (**SORA**), la prevención de colisiones en pleno vuelo con la aviación tripulada es una obligación absoluta. Este módulo estructura la evaluación de la Clase de Riesgo en el Aire (**Air Risk Class - ARC**), la implementación de barreras estratégicas y tácticas, y la coordinación con los Servicios de Tránsito Aéreo (**Air Traffic Services - ATS**), garantizando el cumplimiento normativo absoluto durante las auditorías de la Autoridad Nacional de Aviación (**NAA**, p. ej., AESA en España, DSAC en Francia).

2. Desglose Conceptual Básico

1. Filosofía del Marco de Riesgo en el Aire de SORA

La arquitectura para reducir los riesgos de colisión en el aire se basa en un enfoque de modelización metódico diseñado para evaluar y disminuir los peligros inherentes del espacio aéreo compartido:

- **Clase de Riesgo en el Aire Intrínseco (Intrinsic Air Risk Class - iARC):** Determinada por el entorno del espacio aéreo (controlado o no controlado, densidad de tráfico de aviación tripulada) donde se programa la operación.

- **Atenuación Estratégica (Strategic Mitigations - TM1):** Medidas organizativas destinadas a reducir las probabilidades de encuentro con otras aeronaves (p. ej., restricciones temporales, evitar corredores de tránsito utilizados por tráfico tripulado).
- **Atenuación Táctica / Ver y Evitar (Tactical Mitigation - TM2 / See-and-Avoid):** La capacidad de detectar y evitar tráfico conflictivo en tiempo real, basándose en escaneo visual o sistemas de detección electrónica.
- **Barreras de Contingencia (Plan de Respuesta a Emergencias - ERP):** Procedimientos alternativos o maniobras tácticas ejecutadas si una aeronave de terceros no invitada penetra en el volumen operativo.

2. Barreras Tácticas y el Principio "Ver y Evitar" (See-and-Avoid)

Durante las operaciones en Línea de Visión Visual (**Visual Line of Sight - VLOS** bajo STS-01) y Más Allá de la Línea de Visión Visual (**Beyond Visual Line of Sight - BVLOS** bajo STS-02), la evitación de colisiones depende en gran medida de mecanismos de detección activa:

- **El Rol del Observador del Espacio Aéreo (Airspace Observer - AO):** Esencial para las operaciones STS-02 (BVLOS), el AO ejecuta un escaneo visual continuo a través de un sector de espacio aéreo asignado para detectar tráfico no cooperativo y alertar instantáneamente al Piloto a Distancia (**Remote Pilot**).
- **Sistemas de Detección Electrónica (Detect and Avoid - DAA):** Tecnologías a bordo (ADS-B In, FLARM, transpondedores) que proporcionan alertas de proximidad al piloto a distancia respecto a aeronaves equipadas.
- **Procedimientos de Cesión de Paso:** El UAS tiene la obligación legal de ceder el derecho de paso a todas las aeronaves tripuladas bajo cualquier circunstancia (representando la regla de prioridad fundamental de la aviación no tripulada frente a la tripulada).

3. Coordinación con los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS)

La integración dentro de sectores de espacio aéreo complejos o controlados requiere un enlace procedimental formal con las autoridades de gestión del tráfico aéreo:

- **Comunicaciones y Protocolos de Radio VHF:** Utilización de una estación de radio aeronáutica para mantener una escucha continua en las frecuencias locales (TWR, A/A, AFIS) y transmitir las posiciones operativas del UAS.
- **Protocolos de Notificación y Autorización:** Presentación previa de planes de vuelo o acuerdos de coordinación local (p. ej., protocolos AESA/SNA) para zonas restringidas o cercanías de aeródromos.

4. Sistemas de Identificación Remota Directa (Direct Remote ID)

La identificación remota directa sirve como un mecanismo de transparencia regulatoria obligatorio:

- **Transmisión de Datos en Vuelo:** Transmisión continua por radiofrecuencia (a través de Wi-Fi NAN o Bluetooth) de los parámetros operativos de vuelo del UAS (número de registro de operador, posición geográfica, altitud, velocidad y vector de movimiento).
- **Accesibilidad para Autoridades y Terceros:** Permitir que las fuerzas del orden y los usuarios del espacio aéreo identifiquen instantáneamente al operador comercial responsable de la aeronave en vuelo.

3. Trampas Críticas de Examen

⚠ **CRITICAL EXAM TRAP: Trampas Clásicas de Riesgo en el Aire en EASA**

1. **La Regla Absoluta de Prioridad de Paso:** Una pregunta clásica de opción múltiple evalúa la prioridad de cruce entre un dron y un helicóptero o aeronave ligera. Los candidatos a menudo dudan: recuerde que el UAS debe ceder **siempre** el derecho de paso a todas las aeronaves tripuladas sin excepción. Los drones se clasifican como el tráfico más maniobrable obligado a ceder el paso.
2. **Confusión entre ARC e iGRC:** El examen intenta frecuentemente mezclar las siglas de SORA. Tenga en cuenta que el **iGRC** aborda la Clase de Riesgo al Suelo, mientras que el **iARC** evalúa la Clase de Riesgo en el Aire en función de la densidad de tráfico tripulado.
3. **Alcance de las Responsabilidades del Observador:** Una pregunta trampa sugiere que un Observador del Espacio Aéreo (AO) en STS-02 puede manipular los mandos de control de vuelo para esquivar una aeronave. Esto es falso. El AO proporciona advertencias visuales, pero el Piloto a Distancia sigue siendo la única autoridad legal en los mandos que ejecuta las maniobras de evitación.

4. Matrices de Referencia y Comparación

La siguiente tabla resume las categorías de atenuación del riesgo en el aire de SORA y su impacto directo en la reducción de las clasificaciones de riesgo en el aire.

Tipo de Atenuación (Riesgo en el Aire)	Métodos y Dispositivos Operativos	Impacto en la Clasificación de Riesgo (ARC)
Atenuación Estratégica (TM1)	Programación en horarios de bajo tráfico, evitar rutas de llegada/salida de aeródromos.	Reduce la clase de riesgo en el aire intrínseco (iARC) inicial mediante planificación previa.
Atenuación Táctica (TM2)	Despliegue de Observadores del Espacio Aéreo (AO) y sistemas de detección electrónica (DAA).	Cumple con el mandato "Ver y Evitar" (See-and-Avoid) requerido para operaciones BVLOS complejas.
Coordinación ATS / Radio	Monitoreo de radio VHF, transmisiones de posición, protocolos de coordinación local.	Asegura la interfaz operativa con los servicios de tráfico aéreo y los usuarios tripulados.

5. Plan Operativo para Pilotos Profesionales

 PRO TIP: Briefing de Radio y Vigilancia Auditiva en la Estación de Control

Durante las operaciones de la Categoría Específica cerca de zonas aerodinámicas restringidas o bases de ultraligeros/helicópteros, los pilotos a distancia se fijan con frecuencia exclusivamente en la pantalla de su estación de control en tierra (GCS) y cámara FPV, aislándose acústicamente del mundo exterior al usar auriculares con cancelación de ruido.

El Estándar EuroDrones: Nunca se aíse por completo de su entorno acústico. Si utiliza una tableta o pantalla de control, mantenga una escucha atenta y vigilante en las frecuencias VHF locales (mediante una radio de aviación portátil dedicada o utilizando un solo auricular). Escuchar el zumbido distante del motor de una aeronave o la llamada de radio a ciegas de un piloto anunciando su posición en su sector antes de que aparezca visualmente es el sello distintivo de la alta aeronáutica profesional. Esta anticipación sensorial multimodal garantiza una seguridad impecable y valida el cumplimiento de su operador robusto durante las inspecciones de la DSAC.