

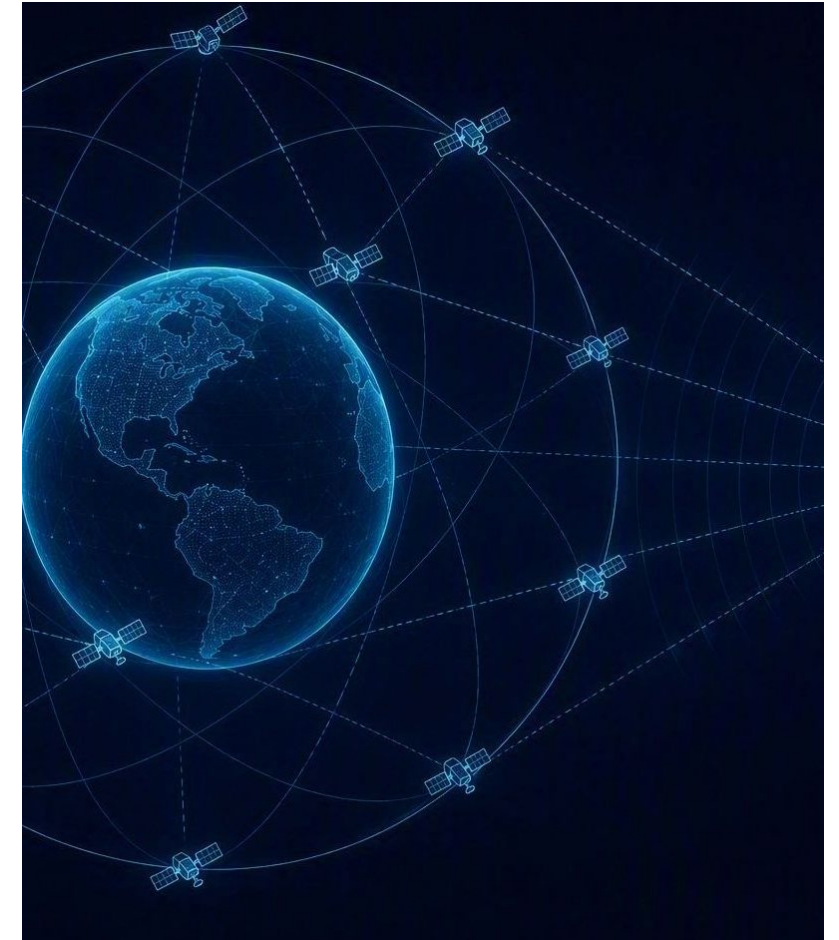
INTERFERENCIAS GNSS EN LA AVIACIÓN CIVIL

Resumen y medidas propuestas

La amenaza de interferencia al GNSS está activa y en evolución. Constituye un problema de alcance mundial que se aborda tanto a nivel de la industria como de los Estados, y fue un tema principal del orden del día de la 42.^a Asamblea de la OACI, con acciones asignadas a los grupos de expertos competentes. La evolución de los reglamentos, normas y métodos recomendados ya ha comenzado, para atender retos a corto plazo y desarrollar soluciones a largo plazo.

MEDIDAS PROPUESTAS A LA REUNIÓN

1. Tomar nota de la evolución de la interferencia al GNSS y de sus efectos operacionales notificados.
2. Apoyar la aplicación de la Recomendación 2.2/2 de la 14.^a Conferencia de Navegación Aérea.
3. Respaldar las acciones derivadas de la 42.^a Asamblea sobre resiliencia y continuidad operacional.
4. Promover la protección del espectro aeronáutico en el marco preparatorio de la CMR-27.



Contenido de la presentación

01	Antecedentes	Definiciones de la UIT, interferencia perjudicial, bloqueo y suplantación, tipos de RFI y vulnerabilidad de la señal
02	Problemática observada	Evolución cerca de zonas de conflicto, eventos notificados, efectos en cabina y efectos posibles (SIB de la EASA)
03	Posición de la OACI	Recomendación 2.2/2 de la 14. ^a Conferencia de Navegación Aérea y resultados de la 42. ^a Asamblea
04	Marco de la UIT	Reglamento de Radiocomunicaciones y CMR, interferencia notificada al SRNS, disposiciones clave y Resolución 676 (CMR-23)
05	Mitigación	Plan de acción conjunto, deber de denunciar, concienciación operacional, redes RON y MON, navegación resiliente y normalización
06	Conclusiones	Estado de la amenaza, evolución normativa y trabajos en curso del Grupo de expertos sobre navegación

Definición de interferencia según la UIT

«El efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones o inducciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.»

Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, Vol. 1, Art. 1, Secc. VII

Interferencia intencional

Se entiende generalmente como aquella cuyo propósito es perturbar la recepción de la señal. La mayor parte de los efectos de los interferentes sobre los servicios de navegación aérea son colaterales y pueden deberse a zonas de conflicto, áreas sensibles o dispositivos de privacidad personal.

La UIT clasifica la interferencia como admisible, aceptada o perjudicial. Fuente: OACI NSP/5 IP/26, Montreal, 6-15 de noviembre de 2018.

Interferencia perjudicial: bloqueo y suplantación

Interferencia perjudicial: «la que compromete el funcionamiento de un servicio de radionavegación o de otros servicios de seguridad, o que degrada gravemente, interrumpe repetidamente o impide el funcionamiento de un servicio de radiocomunicación explotado de acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones».

Los dos tipos principales de amenaza de interferencia perjudicial propuestos son el bloqueo y la suplantación.

BLOQUEO (JAMMING)

Emisiones que no imitan las señales GNSS, sino que interfieren con la capacidad del receptor para adquirir y seguir dichas señales.

- Efecto evidente: pérdida o degradación del servicio
- Puede afectar a un área amplia desde un único emisor
- Incluye dispositivos de privacidad personal (PPD) de baja potencia

SUPLANTACIÓN (SPOOFING)

Emisiones de señales similares a las del GNSS que pueden ser adquiridas y seguidas junto con las señales previstas o en lugar de ellas.

- Genera una solución de navegación aparentemente válida pero errónea
- Puede inducir posición, velocidad u hora incorrectas
- Sus efectos pueden manifestarse después de salir de la zona afectada

Tipos de interferencia que afectan a los servicios de aviación

La clasificación del origen determina la estrategia de mitigación aplicable.

NO INTENCIONAL	INTENCIONAL
- Fallos de equipo, p. ej. un filtro defectuoso que emite armónicos - Instalaciones no conformes, como rerradiadores GNSS mal instalados - Emisiones espurias y errores de operación radioelétrica - Efectos ionosféricos y de centelleo, con síntomas similares	- Dirigida a la aviación o con efecto colateral sobre ella - Actividades militares o autorizadas por el Estado - Dispositivos de privacidad personal (PPD) - Interferencia cuyo propósito es perturbar o falsear la recepción GNSS

La vulnerabilidad de las constelaciones y la dificultad para eliminar ciertas fuentes de RFI exigen combinar divulgación, aplicación de la ley frente a emisores no autorizados y coordinación de los ensayos que generan interferencia.

Por qué la señal GNSS es vulnerable

La potencia de la señal GNSS recibida en superficie está por debajo del ruido térmico. Un emisor de baja potencia próximo puede elevar la densidad de ruido lo suficiente para impedir el enganche del receptor sobre áreas extensas, lo que hace de la protección del espectro un asunto central para la CMR-27.

L1	1 575,42 MHz	GPS L1 C/A y L1C, Galileo E1. Banda primaria de la aviación civil y la más expuesta a emisores de bajo costo.
L5 / E5a	1 176,45 MHz	Segunda frecuencia civil protegida (ARNS). Base de las operaciones de doble frecuencia y multiconstelación.
L2	1 227,60 MHz	No protegida para ARNS; su uso en la aviación civil está limitado por consideraciones de espectro.

Nota. La vulnerabilidad es intrínseca al balance de enlace y no puede eliminarse; se gestiona mediante protección del espectro, robustez del receptor y disponibilidad de fuentes PNT alternativas.

Evolución de la interferencia cerca de zonas de conflicto

Concentración geográfica

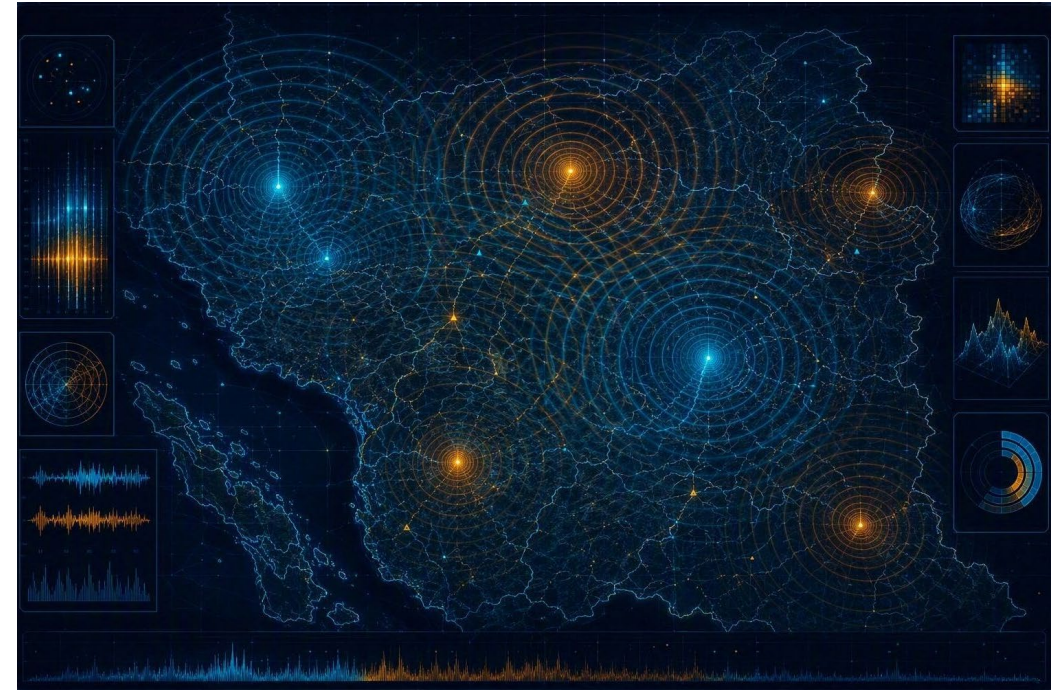
Los eventos se concentran en las proximidades de zonas de conflicto y de áreas sensibles, con un alcance que se ha ido extendiendo.

Efecto de área amplia

Un único emisor puede afectar simultáneamente a numerosas aeronaves en ruta y en aproximación, más allá de la frontera del Estado emisor.

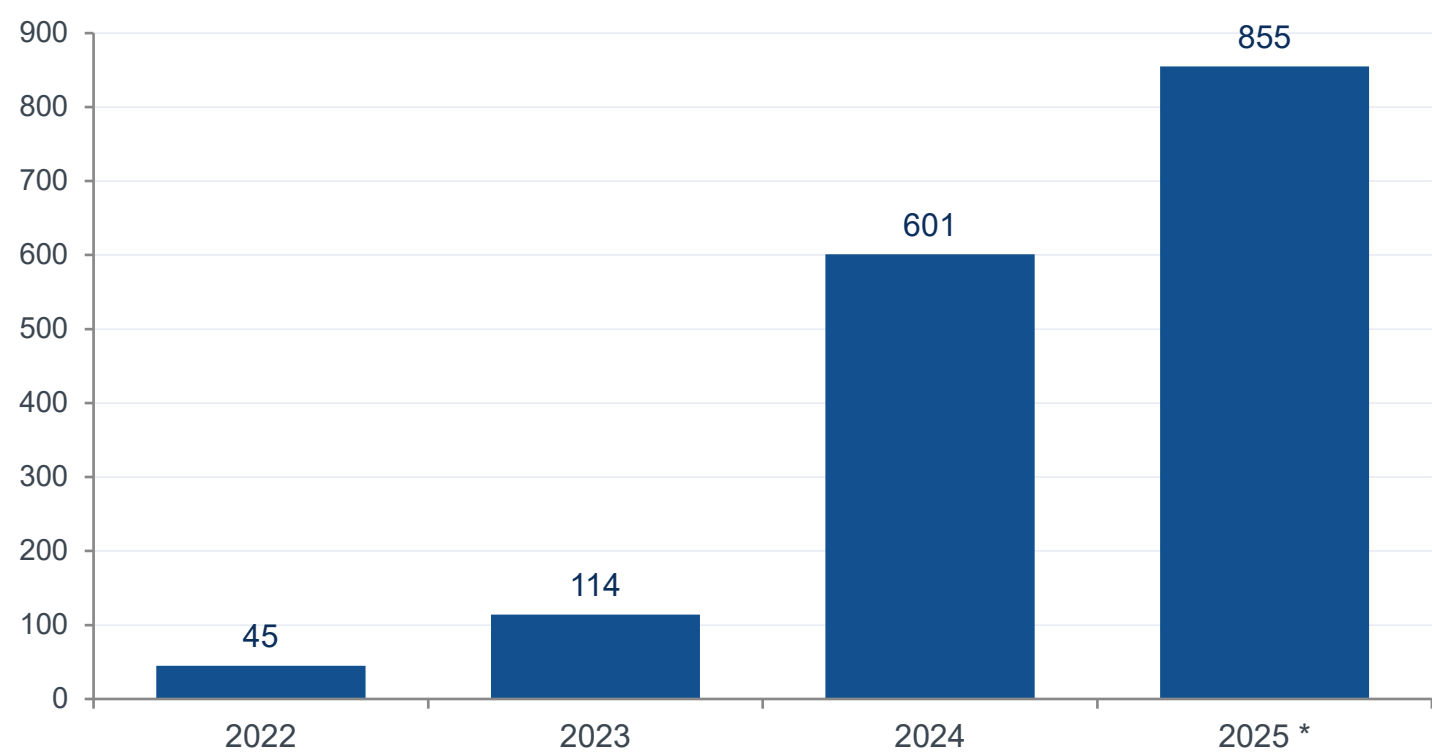
Seguimiento con datos operacionales

Las zonas de bloqueo y de suplantación pueden identificarse y seguirse mediante paneles de datos operacionales de flota.



Las emisiones que afectan a la aviación son en gran medida colaterales: su origen no es necesariamente aeronáutico, pero sus efectos sí lo son.

Eventos de interferencia notificados al fabricante



Fuente: datos de eventos de RFI GNSS notificados al fabricante [identificar fabricante / base de datos], complementados con datos FDX de IATA. Cifra 2025: proyección..

La exposición a la interferencia GNSS no se reduce

Proyección basada en datos del intercambio de datos de vuelo (FDX) de la IATA:

2024: 56 vuelos afectados por cada 1 000

2025: 59 vuelos afectados por cada 1 000

** Cifra de 2025 correspondiente a una proyección.*

El crecimiento sostenido de los eventos notificados entre 2022 y 2025 confirma que se trata de una amenaza persistente y en expansión, y no de un fenómeno coyuntural asociado a un único escenario.

Efectos observados en la cabina de vuelo

Categorías de efecto más frecuentes en los eventos notificados por las tripulaciones:

Alineación

Problemas en la alineación de los sistemas de referencia inercial.

Enganche del GPS

Imposibilidad de enganche del receptor GPS.

Pérdida temporal del GPS

Interrupción transitoria de la solución de posición.

Guiado / desplazamiento del mapa

Guiado incoherente y desplazamiento de la posición representada.

TAWS

Alertas del sistema de advertencia de proximidad al terreno.

Salto de hora

Discontinuidad en la referencia temporal de los sistemas de a bordo.

Riesgo principal: que la tripulación considere espurias unas alertas de cabina que son válidas, lo que llevaría a no aplicar los procedimientos de emergencia ante una alerta real.

Efectos posibles de la interferencia GNSS

Vigilancia	Pérdida o información engañosa en las funciones de vigilancia: ADS-B corrompida, TAWS, TCAS y ACAS.
Sistemas de presentación	Pérdida o información engañosa en los sistemas de visión sintética (SVS), enlace meteorológico, cizalladura predictiva y otras funciones de superficie.
Guiado de vuelo	Guiado incoherente con posible divergencia de ruta, virajes no ordenados y desviaciones de las autorizaciones o instrucciones ATC, con riesgo de penetración de espacio aéreo, pérdida de separación o margen insuficiente sobre el terreno.
Posición y velocidad	Posición, altitud GNSS y velocidad respecto al suelo o del viento incoherentes o engañosas en la pantalla de navegación o en la EFB.
Efectos diferidos	Posición o altitud GNSS incoherentes o engañosas más adelante en el vuelo, tras haber abandonado la zona afectada, por ejemplo durante la aproximación.
Sistemas horarios	Pérdida o información engañosa en sistemas dependientes de la hora o la fecha: reloj, cálculo de combustible, FMS y descarte de mensajes CPDLC.

Recomendación 2.2/2 — medidas para los Estados

14.ª Conferencia de Navegación Aérea — Atención a la interferencia al GNSS y planificación de contingencia. Que los Estados:

Mitigación efectiva	Aseguren la aplicación de medidas eficaces de mitigación de la RFI al GNSS, basadas en las medidas elaboradas por la OACI y la industria, incluida la necesidad de mantener una red suficiente de ayudas convencionales para la navegación que garantice la seguridad operacional y una capacidad de espacio aéreo suficiente durante los períodos de interferencia.
Notificación regional	Elaboren, por conducto de los grupos regionales de planificación y ejecución, mecanismos regionales de notificación que aumenten la conciencia operacional sobre las áreas geográficas afectadas, en la medida de lo posible, conforme al Manual sobre el GNSS (Doc 9849).
Resiliencia de los sistemas de a bordo	Trabajen con la industria para identificar medios que hagan a los sistemas de aeronave más resilientes ante eventos de RFI y para proporcionar orientación sobre la detección del bloqueo o la suplantación y el mantenimiento de una operación segura y eficiente ante anomalías del GNSS.
Listas mínimas de equipamiento	Revisen las listas de equipamiento mínimo de las aeronaves para asegurar su compatibilidad con las redes operacionales mínimas implantadas por los Estados.

Recomendación 2.2/2 — medidas para la OACI

14.ª Conferencia de Navegación Aérea — Atención a la interferencia al GNSS y planificación de contingencia. Que la OACI:

Evaluación continua	Continúe evaluando el impacto de la interferencia al GNSS en la seguridad operacional y en la continuidad de las operaciones de la aviación civil, y defina medidas de mitigación adecuadas, recordando a los Estados sus obligaciones.
Paquete de implantación normalizado	Elabore un paquete de implantación normalizado que asista y oriente a los Estados en la aplicación de medidas eficaces de mitigación de la RFI, incluidas la optimización y racionalización de las ayudas convencionales acordes con sus condiciones locales, para asegurar la continuidad de los servicios de navegación aérea.
Intercambio de información y coordinación civil-militar	Elabore orientación sobre el intercambio de información relativa a la interferencia al GNSS y sobre la coordinación civil-militar en relación con la interferencia perjudicial originada o detectada por autoridades militares.
Equipamiento mínimo armonizado	Elabore recomendaciones para listas de equipamiento mínimo de aeronave armonizadas a escala mundial, de modo que la infraestructura de navegación disponible pueda ser utilizada por los usuarios del espacio aéreo conforme a los servicios de tránsito aéreo disponibles.

42.^a Asamblea — WP/108: resiliencia y continuidad operacional

«Mitigación de las vulnerabilidades del GNSS en la aviación: fortalecimiento de la resiliencia y la continuidad operacional» — presentado por el ICCAIA, la CANSO, la IFALPA y el IBAC. El documento examina las vulnerabilidades actuales del GNSS, sus implicaciones, posibles mitigaciones y una serie de recomendaciones.

SE INVITA A LA ASAMBLEA A:

a

Exhortar a los Estados miembros a desarrollar sistemas de detección de interferencia y medios de apoyo que proporcionen a los explotadores información oportuna y operacionalmente pertinente.

b

Encomendar a la OACI que trabaje con los Estados y la industria para desarrollar normas y medios de orientación que faciliten esa información a los explotadores.

c

Encomendar a la OACI que acelere los trabajos para definir y normalizar sistemas PNT complementarios (C-PNT) que vayan más allá de las capacidades de las ayudas convencionales actuales.

d

Encomendar a la OACI que acelere el desarrollo de normas de autenticación de señal para las constelaciones básicas del GNSS y sus aumentaciones.

e

Encomendar a la OACI que elabore, con los Estados, los organismos de normalización (RTCA, EUROCAE, IEEE y otros) y la industria, requisitos y normas de performance para la sincronización horaria en todos los dominios de vuelo, con orientación sobre los niveles requeridos de exactitud, integridad y continuidad.

f

Instar a los Estados a apoyar a la industria en el desarrollo y despliegue de tecnologías que hagan a los receptores GNSS y a las aeronaves más resilientes al bloqueo y la suplantación.

Resultados de la 42.^a Asamblea

CONCLUSIONES DE LA ASAMBLEA

- La Asamblea expresó un amplio apoyo a este tema.
- Reconoció que la interferencia al GNSS y las cuestiones no resueltas del espectro radioeléctrico, como la posible interferencia con los radioaltímetros, tienen un impacto significativo en la seguridad, la protección y la eficiencia de la aviación.
- Reiteró la importancia vital y creciente del espectro radioeléctrico y solicitó la participación activa de los Estados para asegurar que las capacidades CNS resilientes sigan disponibles.
- La Comisión Técnica reconoció la urgencia del tema y acordó señalar el contenido de los documentos A42-WP/329 y A42-WP/348 a la atención de los grupos de expertos competentes.

PRINCIPALES ACCIONES Y RESULTADOS DE LA 42.^a ASAMBLEA

- Solicitar al Consejo que evalúe periódicamente la evolución de la RFI en los sistemas aeronáuticos de seguridad.
- Reforzar el apoyo a la política de la OACI sobre el espectro, enmendando la Resolución A41-7.
- Reiterar la responsabilidad de los Estados de mantener la seguridad operacional como máxima prioridad y una explotación libre de interferencia de los sistemas aeronáuticos de seguridad.
- Recomendar a los grupos de expertos estrategias que faciliten una innovación, certificación e implantación más rápidas y seguras de los sistemas de aviónica.
- Solicitar a la OACI que continúe organizando talleres interactivos con especial atención a la protección de los servicios aeronáuticos de seguridad.

Enfoque general de la industria ante la interferencia GNSS

Detección y notificación	Sistemas de detección de interferencia y mecanismos regionales de notificación que proporcionen a los explotadores información oportuna y operacionalmente pertinente sobre las áreas afectadas.
Resiliencia del segmento de usuario	Receptores y aeronaves más robustos: antenas de patrón controlado (CRPA), procesamiento adaptativo, doble frecuencia y multiconstelación, y comprobaciones de coherencia frente a la suplantación.
Autenticación de señal	Normas de autenticación para las constelaciones básicas y sus aumentaciones, que permitan al receptor distinguir la señal legítima de la suplantada.
PNT complementaria y red mínima	Sistemas PNT complementarios (C-PNT) más allá de las ayudas convencionales, junto con una red operacional mínima de ayudas terrestres que asegure la continuidad de los servicios.
El enfoque combina la actuación de los Estados sobre el espectro con el desarrollo industrial de sistemas de a bordo más resilientes. Ninguna de las dos vías es suficiente por sí sola.	

El Reglamento de Radiocomunicaciones y las Conferencias Mundiales

La UIT es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de normalizar y reglamentar las radiocomunicaciones internacionales. Su Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) es un tratado internacional vinculante para sus 194 Estados Miembros.

Objeto del tratado	Facilitar el acceso equitativo y el uso racional del espectro y de la órbita geoestacionaria; asegurar la disponibilidad y la protección frente a interferencias perjudiciales de las frecuencias de socorro y seguridad; y asistir en la prevención y resolución de casos de interferencia.
Gestión del espectro	El nivel más alto de gestión del espectro corresponde a las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR), celebradas cada cuatro años, que mantienen el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias.
Consecuencia para la aviación	Los administradores de frecuencias aeronáuticas deben elaborar y defender una posición de la aviación: desde 1906 las CMR acomodan todas las tecnologías inalámbricas y la aviación es solo uno de los múltiples usuarios del espectro.
Decisiones de las CMR pertinentes para la aviación: 1947, atribuciones VHF/UHF al SRNA y al SMA(R); 1963, primeras atribuciones a servicios por satélite; 2023, atribuciones para VHF por satélite y HF de banda ancha; 2027, mantener la explotación libre de interferencia de los radioaltímetros.	

Interferencia perjudicial al SRNS notificada a la UIT

Bandas protegidas del servicio de radionavegación por satélite (SRNS): 1 164 – 1 215 MHz y 1 559 – 1 610 MHz (Artículo 15 del RR)

1) EMISORES NO AUTORIZADOS

- Uso de dispositivos de transmisión (perturbadores) sin autorización.
- El riesgo para la seguridad y la regularidad de los vuelos está repartido por todo el mundo.
- No se limita a las zonas próximas a conflictos armados.

2) ACTIVIDAD MILITAR

- Ejercicios u operaciones militares en las proximidades de zonas de conflicto.
- Afecta a la seguridad y regularidad de los vuelos, a la actividad marítima y a la sincronización horaria de las redes de telecomunicaciones.
- Los efectos se extienden más allá de la zona de conflicto.

127 610

vuelos afectados en todo el mundo detectados mediante ADS-B entre el 17.10.2022 y el 19.06.2023

5,25 ×

aumento de las notificaciones recibidas por la UIT en 2024 respecto del mismo periodo de 2023

22 / 4

administraciones afectadas y sistemas por satélite implicados: GPS, Galileo, GLONASS y BeiDou

Regiones principales notificadas a la UIT: Oriente Medio, Europa nororiental (mar Báltico), región del mar Negro, península de Corea y África central. Fuentes: Estados Miembros de la UIT, PMA de las Naciones Unidas, EUROCONTROL, IATA, OACI y gpsjam.org.

Disposiciones reglamentarias fundamentales

Constitución, Art. 45	Todas las estaciones, cualquiera que sea su objeto, deben establecerse y explotarse de manera que no causen interferencia perjudicial a los servicios de radiocomunicación o a las comunicaciones de otros Estados Miembros o de empresas de explotación reconocidas o debidamente autorizadas.
Constitución, Art. 47	Los Estados Miembros se comprometen a adoptar las medidas necesarias para impedir la transmisión o circulación de señales de socorro, urgencia, seguridad o identificación falsas o engañosas, y a colaborar en la localización e identificación de las estaciones bajo su jurisdicción que las transmitan.
RR n.º 15.1	Se prohíbe a todas las estaciones efectuar transmisiones inútiles, transmitir señales superfluas, falsas o engañosas, o transmitir señales sin identificación.
RR n.º 15.28	Reconociendo que las transmisiones en frecuencias de socorro y seguridad y en las utilizadas para la seguridad y regularidad de los vuelos requieren protección internacional absoluta y que la eliminación de la interferencia perjudicial a dichas transmisiones es imperativa, las administraciones se comprometen a actuar inmediatamente cuando se señale a su atención cualquier interferencia de esa naturaleza.
Estas disposiciones sostienen jurídicamente la protección del SRNS: la obligación es de resultado para el Estado que autoriza la emisión y de actuación inmediata para el que recibe la denuncia.	

Resolución 676 (CMR-23) y notificación mediante SIRRS

PRINCIPALES INSTANCIAS DE LA RESOLUCIÓN	CÓMO Y DÓNDE NOTIFICAR
• Aplicar las medidas necesarias para evitar la proliferación, circulación y explotación de emisores no autorizados que causen o puedan causar interferencia perjudicial a los sistemas del SRNS. • Adoptar acciones para prevenir y mitigar la interferencia perjudicial al SRNS, sin perjuicio del derecho de las administraciones a denegar el acceso al SRNS por motivos de seguridad o defensa. • Fomentar la cooperación entre las autoridades aeronáuticas, marítimas y de seguridad, así como los reguladores del espectro, para tratar los riesgos de interferencia derivados de las actividades de dichas autoridades (§ 2.2). • Notificar a la Oficina de Radiocomunicaciones los casos de interferencia perjudicial al SRNS, conforme al Artículo 15.	• Aplicación en línea SIRRS de la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT (notificación y resolución de interferencias a satélites). • RR n.º 15.41: comunicación a título informativo. • RR n.º 13.2 y 15.42: solicitud de asistencia a la Oficina. • Elevación a la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones y, en última instancia, a la CMR. • Solución de controversias: Art. 56 de la Constitución, vía diplomática, acuerdos bilaterales o arbitraje.

La Resolución 676 (CMR-23) fue elaborada por expertos de la aviación con el apoyo de los grupos de expertos de la OACI y remite expresamente a la Resolución A41-8 de la Asamblea.

Plan de acción conjunto sobre RFI GNSS y capas de mitigación

CUATRO LÍNEAS DE TRABAJO	
- Factor humano: controladores, pilotos y fraseología. - Procedimientos: contingencia y vigilancia de la interferencia. - Capacidades de la aeronave. - Infraestructura de navegación. - Acciones a corto, medio y largo plazo, alineadas con el paquete de implantación (iPack) de la OACI.	Corto plazo Medidas operacionales para mantener el espacio aéreo seguro y abierto.
	Reglamentación radioeléctrica Actuación preventiva y reactiva ante los organismos del espectro.
	Aviónica y ATM a corto plazo Mejoras voluntarias basadas en normas existentes y actualizaciones de producto.
	Aviónica y ATM a largo plazo Nuevas normas más robustas: PNT complementaria (C-PNT).
La clasificación del origen de la RFI determina la estrategia aplicable: las fuentes difíciles de eliminar obligan a convivir con la interferencia mediante procedimientos y capacidades de a bordo.	

El «deber de denunciar» y la evidencia técnica

El documento WP/63 de la 14.^a Conferencia de Navegación Aérea remite al Artículo 15 del Reglamento de Radiocomunicaciones y al uso del procedimiento formal de denuncia.

Lo que se ve en tierra no es lo que se ve en el aire	La propagación en altura difiere de la observada en superficie: la ausencia de efectos en tierra no descarta una degradación significativa en ruta o en aproximación.
El ADS-B no es una medición radioeléctrica	El ADS-B hace visible el impacto sobre la aeronave, pero no constituye una medida de la señal interferente. Se requieren mediciones del espectro, idealmente con geolocalización de la fuente.
Desarrollar capacidad de medición aérea	Inspección en vuelo, otros trabajos aéreos o aeronaves no tripuladas, especialmente frente a fuentes persistentes que operan de forma continua.
Evidencia indiscutible e imparcial	La denuncia formal exige pruebas técnicas sólidas. Si el Estado vecino no responde a la carta bilateral, se eleva el caso a la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT.
Coordinación entre Estados cooperantes	Desarrollar procedimientos para sistemas antidrones (C-UAS), ejercicios militares y ensayos que generen interferencia.
La coordinación de los ensayos de RFI, la protección del espectro y la aplicación de la ley frente a perturbadores no autorizados son medidas preventivas que preceden a cualquier denuncia formal.	

Concienciación operacional: EFB y enlace descendente de RFI

«METEOROLOGÍA GPS» EN LA EFB	ENLACE DESCENDENTE DE ESTADO DE RFI
• Ya implantada por algunos explotadores en productos comerciales de cartografía electrónica. • La tripulación puede deseleccionar el GPS antes de entrar en un entorno GNSS degradado y reactivarlo al salir de la zona conocida de RFI. • Debate en curso: inhibir la función EGPWS únicamente en caso de suplantación.	• El PIC del ADS-B y otros datos detectan la RFI y la notifican a tierra. • Las estaciones terrestres procesan los PIC e integran el estado de RFI en un área dada. • El ATSEP o el supervisor coordina con operaciones y determina las medidas de mitigación aplicables.

Casos de uso del concepto de operaciones (ficha de trabajo acordada del NSP de la OACI): concienciación de bloqueo · concienciación de suplantación · concienciación de enganche persistente · mantenimiento de la aproximación RNP · coordinación del evento de RFI

Estimación de aeronaves que podrían requerir asistencia de vectores del ATC • Si la aeronave dispone de DME/DME (plan de vuelo) y la cobertura DME es buena: aceptable. • Si dispone de sistema inercial y el tiempo de deriva es corto: aceptable. • Si es «solo GPS» para PBN: no aceptable. Si el número de aeronaves no aceptables supera un umbral, procede considerar la reducción de la capacidad del sector.
--

Medidas a corto plazo: red resiliente (RON) y red mínima (MON)

Vigilancia y notificación	Red operacional resiliente (RON)	Red operacional mínima (MON)
- Avanzar hacia la vigilancia de la RFI GNSS en tiempo real. - Mejorar la notificación y los procedimientos operacionales, en particular los de proximidad al terreno. - Colaboración en seguridad operacional entre proveedores de servicios y explotadores (ANConf/14 WP/61).	- SID, STAR y ruta basadas en DME/DME siempre que sea posible. - Asegurar la disponibilidad del ILS y que su interceptación sea posible sin GPS, con puntos de recorrido para el IAF y el punto de aproximación frustrada. - Garantizar que el explotador conoce los servicios de contingencia y que la aeronave está equipada para usarlos.	- VOR/DME para los usuarios no equipados con DME/DME, que permita un aterrizaje seguro. - Asegurar que la infraestructura CNS/ATM es robusta frente a una referencia horaria GNSS comprometida.

El objetivo de estas medidas es mantener el espacio aéreo seguro y abierto: conservar capacidad operacional durante los eventos de RFI, en lugar de limitarse a restringir el tránsito.

Navegación resiliente complementaria (Resolución A42-8, Apéndice C)

Se requiere una integridad interoperable «de todos los sensores»: más allá del multisensor, verificación cruzada entre sensores para la detección de anomalías, propagación de posición y tiempo robustos a todos los sistemas, incluido el ADS-B, y sincronización horaria resistente.

GNSS DFMC	Doble frecuencia y multiconstelación, con aumentación SBAS y ARAIM avanzado.
Sistemas inerciales	Navegación inercial integrada con el GNSS, con trabajos ya iniciados sobre su normalización.
Navegación multi-DME	Evolución del DME/DME hacia el multi-DME, como esfuerzo complementario al DFMC.
Respaldo VOR/DME	Funciones de respaldo para las aeronaves menos capaces, con una vía de evolución por definir.
Sistema de gestión de vuelo	Función integrada de gestión de posición y tiempo: figura de mérito, nivel de protección y estado de salud radioeléctrica, con datos de otros sensores (velocidad, rumbo, altitud, modelos de movimiento).
Los mismos principios pueden aplicarse a la integración de la posición en vigilancia, comparando el ADS-B con las posiciones de radar secundario y de multilateración.	

Hoja de ruta de normalización aeronáutica y evolución del DME

EQUIPO DE A BORDO DFMC SBAS · ED-259B / DO-401A	NAVEGACIÓN DME
• Robustez reforzada frente al bloqueo y la suplantación, incluida la capacidad de recuperación. • Indicador de RFI en las bandas L1/E1 y L5/E5a. • Indicador de suplantación, aún en desarrollo. • Función de reloj que soporta la sincronización horaria para los servicios de autenticación. • Autenticación del mensaje de navegación del servicio abierto de Galileo (OSNMA). • Mayor capacidad de navegación: DFMC con SBAS y RAIM avanzado; trabajos iniciados sobre antenas de patrón controlado (CRPA) y sobre la integración GNSS DFMC con sistemas inerciales.	• Disponible en más del 90 % de los vuelos comerciales; soporta RNAV 1 y posiblemente RNP 1. • Los transpondedores actuales superan la especificación y alcanzan típicamente una integridad de 1×10^{-7}/h. • Evolución hacia el multi-DME, con mejor exactitud e integridad; RNP 0,3 factible, posiblemente con integración inercial. • DME mejorado (eDME) en demostración; LDACS-NAV y Modo N con menor madurez.
Calendario: ED-57A publicada en agosto de 2026; nuevas ediciones de DO-189/ED-54 y de las MASPS y MOPS previstas para el cuarto trimestre de 2027. La actualización de las normas es necesaria para aprovechar la performance real del DME.	

Conclusiones

- La amenaza de interferencia al GNSS está activa y en evolución.
- Es un problema de alcance mundial, abordado tanto a nivel de la industria como de los Estados.
- Fue un tema principal del orden del día de la 42.^a Asamblea de la OACI, con acciones asignadas a los grupos de expertos competentes.
- Ha comenzado la evolución de los reglamentos, normas y métodos recomendados, para atender los retos a corto plazo y desarrollar soluciones a largo plazo:
 - Los SARPs del NMA del servicio abierto de Galileo han sido validados por el NSP/8 de la OACI.
 - Se han aprobado en el NSP dos nuevas fichas de trabajo para elaborar normas y recomendaciones sobre sincronización horaria segura, red operacional resiliente y PBN con DME.
- Persiste RFI en zonas sin vínculo evidente con ningún conflicto; la experiencia muestra que los Estados actúan cuando sufren los eventos, y hoy nadie puede afirmar que no fue advertido.
- Incluso eventos ocasionales tienen un costo significativo: más vale prevenir. Las mejoras, aun las sencillas, tardan en implantarse, por lo que los proveedores de servicios deben estar preparados ante una situación que evoluciona de forma dinámica.

Fuentes: Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT; OACI NSP/5 IP/26 (2018); Manual sobre el GNSS (Doc 9849); Recomendación 2.2/2 de la 14.^a Conferencia de Navegación Aérea; A42-WP/108, A42-WP/329 y A42-WP/348; EASA SIB 2022-02R3 (5 de julio de 2024); datos de eventos notificados al fabricante e intercambio de datos de vuelo (FDX) de la IATA; Constitución y Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (CS Art. 45 y 47; RR 15.1, 15.28, 13.2, 15.41 y 15.42); Resolución 676 (CMR-23) y aplicación SIRRS de la Oficina de Radiocomunicaciones; Resolución 42-8C de la Asamblea; ANConf/14 WP/61 y WP/63; ED-259B/DO-401A y ED-57A (EUROCAE WG-62 / RTCA SC-159); presentaciones al Taller de Radionavegación de la OACI, Lima, 2 a 4 de septiembre de 2026.



Recomendaciones para la Región NAM/CAR

1. Mecanismo regional de notificación	Mecanismo regional común de notificación de eventos de RFI GNSS conforme al Doc 9849, con formato, umbrales y plazos armonizados y consolidación periódica de la información.
2. Denuncia formal ante la UIT	Punto focal de espectro aeronáutico en cada Estado, registro sistemático en SIRRS conforme al Artículo 15 y a la Resolución 676 (CMR-23), y capacidad de medición y geolocalización de la fuente.
3. Red resiliente y red mínima	Definir la RON y la MON antes de racionalizar ayudas: DME/DME en SID, STAR y ruta; ILS interceptable sin GPS; VOR/DME para usuarios menos equipados; infraestructura robusta frente a hora comprometida.
4. Coordinación civil-militar y cumplimiento	Procedimientos acordados con autoridades militares y de seguridad para ejercicios, ensayos y sistemas antidrones, y actuación del regulador frente a perturbadores no autorizados y dispositivos de privacidad personal.
5. Contingencia, capacitación y equipamiento	Actualizar procedimientos de contingencia y fraseología ATC, capacitar a controladores y tripulaciones en bloqueo y suplantación, y revisar las listas de equipamiento mínimo.
Propuesta al NACC/WG/11: adoptar estas cinco líneas como plan de trabajo regional, con un punto focal por Estado y un informe de avance en la próxima reunión.	