



### Cuestión 3 del

Orden del Día: **Reporte de actividades y entregables del GT – Interop y Subgrupos**

## ACTUALIZACIÓN CONOPS ADS-B

(Preparado por el Relator del Grupo de Trabajo CONOPS ADS-B)

### RESUMEN

Esta nota de estudio presenta el estado actual de la actualización del CONOPS ADS-B SAM, que está siendo realizada por el Grupo de Trabajo CONOPS ADS-B del Subgrupo CNS/SUR del GT Interop.

### Referencias:

- **Informe de la reunión GREPECAS/20**
- **Informe de la reunión GREPECAS/21**
- **CONOPS ADS-B NAM/CAR/SAM**

### 1. Antecedentes

1.1 La reunión GREPECAS/20 coincidió en que ADS-B es un sistema de vigilancia que tiene ventajas sobre los radares secundarios y otros métodos como la multilateración (MLAT) y el Sistema de Multilateración de Área Amplia (WAM), debido a su alta precisión y bajos costos de infraestructura. Muchos Estados ya están migrando hacia esta tecnología y se recomienda la colaboración con otros Estados para tener un sistema regional integrado.

1.2 El GREPECAS reconoció, a través de la conclusión GREPECAS/20/03 a continuación, la necesidad de que, la Secretaría, en coordinación con la industria, ejecute un estudio sobre las prioridades operativas para la implementación del ADS-B y sobre aspectos del uso del ADS-B en Dependencias ATC, con base en la documentación de orientación técnica disponible para las Regiones CAR/SAM por el GREPECAS/21.

1.3 El objetivo de dicho estudio era promover la implementación coherente y armonizada del ADS-B en las Regiones CAR/SAM, en el marco del módulo de Vigilancia Alternativa (ASUR) del GANP, reconociendo las prioridades de optimización del espacio aéreo y provisión de ATS. servicios en las regiones.

CONCLUSIÓN GREPECAS/20/03		ESTUDIO SOBRE LAS PRIORIDADES OPERACIONALES PARA IMPLANTACIÓN DEL ADS-B Y ASPECTOS DEL USO DEL ADS-B EN LAS DEPENDENCIAS ATC	
<b>Qué:</b> Que la Secretaría, en coordinación con la industria, ejecute un estudio sobre las prioridades operacionales para implantación del ADS-B y sobre aspectos del uso del ADS-B en las dependencias ATC, teniendo como base la documentación de orientación técnica disponible para las Regiones CAR/SAM antes de GREPECAS/21.		<b>Impacto esperado:</b> <input type="checkbox"/> Político / Global <input checked="" type="checkbox"/> Inter-regional <input type="checkbox"/> Económico <input type="checkbox"/> Ambiental <input checked="" type="checkbox"/> Técnico/Operacional	
<b>Por qué:</b> Para impulsar la implantación coherente y armonizada del ADS-B en las Regiones CAR/SAM, en el marco del módulo Vigilancia alternativa (ASUR) del GANP, reconociendo las prioridades de optimización de espacio aéreo y del suministro de servicios ATS de la región.			
<b>Cuándo:</b> Antes de GREPECAS/21		<b>Estado:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Válida / <input type="checkbox"/> Invalidada / <input type="checkbox"/> Finalizada	
<b>Quién:</b> <input type="checkbox"/> Estados <input checked="" type="checkbox"/> OACI <input type="checkbox"/> Otros: IATA		Secretaría NACC/SAM	

1.4 La reunión GREPECAS/21 ha concluido por la necesidad de actualizar el CONOPS ADS-B, con miras a, entre otros aspectos, definirse los objetivos operacionales para la implementación ADS-B en las regiones CAR/SAM. En este sentido, se ha formulado la Decisión GREPECAS 21/20 abajo.

DECISION GREPECAS/21/20		DESARROLLO DE UN PLAN DE ACCION PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ADS-B	
<b>Qué:</b> a) se mejore el Concepto Operacional de la implementación ADS-B; b) se definan los objetivos operacionales para la implementación del ADS-B en las regiones CAR y SAM; c) se desarrollen reglamentos modelo del ADS-B; d) se integren a todos las distintas partes interesadas en el proceso; e) se desarrolle un plan de acción incorporando actividades, rendición de cuentas y fechas.		<b>Impacto esperado:</b> <input type="checkbox"/> Político / Global <input checked="" type="checkbox"/> Inter-regional <input checked="" type="checkbox"/> Económico <input type="checkbox"/> Ambiental <input checked="" type="checkbox"/> Técnico/Operacional	
<b>Por qué:</b> Obtener beneficios de la implementación ADS-B como una prioridad para los Estados CAR y SAM.			
<b>Cuándo:</b> 30 de junio de 2024		<b>Estado:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Válida / <input type="checkbox"/> Invalidada / <input type="checkbox"/> Finalizada	
<b>Quién:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Estados CAR/SAM y Organizaciones <input checked="" type="checkbox"/> OACI NACC y SAM <input checked="" type="checkbox"/> Otros: IATA			

Con base en las directrices del GREPECAS, la SAM/IG, por medio del GT Interop, ha creado 3 grupos de trabajo para tratar de la planificación e implementación ADS-B:

- a) GT CONOPS ADS-B
- b) GT Regulación
- c) GT Implantación

## 2. Análisis

2.1 Hasta la fecha, el GT CONOPS ADS-B ha realizado 7 reuniones con miras a discutir y validar las contribuciones realizadas por los miembros de grupo para actualizar la versión actual de la CONOPS ADS-B NAM/CAR/SAM, cuya primera versión fue aprobada en abril de 2015 y actualizada en marzo de 2022.

2.2 Los principales cambios propuestos se adjuntan como **Apéndice A** a esta nota de estudio. La versión actual de la CONOPS ADS-B SAM se adjunta como **Apéndice B** a esta nota de estudio. La propuesta es que la nueva CONOPS ADS-B SAM tenga los siguientes propósitos:

- a) Facilitar la coordinación entre las partes interesadas involucradas, o afectadas por la implementación del ADS-B.
- b) Definir los objetivos operacionales y los beneficios esperados de la implementación del ADS-B en la Región SAM.
- c) Describir el entorno operacional y las condiciones que permiten o limitan la aplicación del ADS-B.
- d) Presentar las mejoras previstas en las funcionalidades de gestión del tránsito aéreo (ATM) que serán habilitadas por el ADS-B.
- e) Brindar orientación a los Estados en cuanto a la planificación, adquisición y desarrollo de infraestructura necesaria para la implementación del ADS-B.
- f) Describir cómo el ADS-B respalda la optimización de los servicios de tránsito aéreo mediante el fortalecimiento de las capacidades de vigilancia ATS.
- g) Compartir información esencial para promover la interoperabilidad, la transición fluida de vigilancia entre Regiones de Información de Vuelo (FIR), el intercambio de datos entre Proveedores de Servicios de Navegación Aérea (ANSP), y estrategias armonizadas de equipamiento de aeronaves y de sistemas ATM.

2.3 Los objetivos operacionales del despliegue de ADS-B en la Región SAM reflejan las necesidades regionales actuales y se alinean con la orientación estratégica establecida por la OACI para la evolución de los sistemas ATM a nivel global, son los siguientes:

- a) Proveer cobertura de vigilancia en espacio aéreo continental sin radar y permitir la aplicación de mínimos de separación horizontal de 10 millas náuticas (NM), basados en vigilancia cooperativa (SSR, Modo S, MLAT y/o ADS-B).
- b) Complementar la cobertura radar en espacios aéreos que ya cuentan con radar, añadiendo una capa adicional de vigilancia cooperativa, en base a un caso de negocio conforme indicado en los ítems 2.4 y 2.5.
- c) Proveer capacidades de vigilancia en espacios aéreos remotos y oceánicos.
- d) Habilitar la implementación de nuevos conceptos de gestión del tránsito aéreo, tales como:
  - Espacio aéreo de ruta libre (Free Route Airspace);
  - Procedimientos En-Trail (ITP);
  - Separación Procedimental Mejorada con Vigilancia Avanzada (ASEPS), en espacio aéreo remoto/u oceánico;
  - Operaciones Basadas en Trayectoria (TBO).

- e) Apoyar futuras iniciativas estratégicas regionales para la optimización y racionalización de la infraestructura de vigilancia.
- f) Contribuir a aumentar la interoperabilidad de los sistemas, mediante la armonización de protocolos de comunicación, permitiendo la compatibilidad entre todos los sistemas.

2.4 La versión borrador de la CONOPS ADS-B SAM indica que los Estados deben considerar, dentro de su estrategia nacional de vigilancia, la adopción de soluciones tecnológicas compatibles con las normas establecidas por la OACI, especialmente aquellas relacionadas con ADS-B OUT basado en las versiones DO-260B o superiores. La adquisición de estaciones terrestres ADS-B, procesadores de vigilancia compatibles y sistemas integrados de control de tránsito aéreo (ATC) debe cumplir con criterios de:

- a) Interoperabilidad
- b) Escalabilidad
- c) Cobertura operacional
- d) Conectividad en red

2.5 La CONOPS ADS-B SAM recomienda que para su implementación se debería realizar un caso de negocio que incluya:

- a) Evaluaciones de costo-beneficio
- b) Análisis de riesgos para la seguridad operacional
- c) Definición de requerimientos operacionales
- d) Alineación con planes regionales

2.6 La adopción de soluciones tecnológicas adecuadas y la realización de un caso de negocios, conforme indicado en los ítems 2.4 y 2.5 garantizará que la infraestructura adquirida cumpla con el concepto de vigilancia cooperativa, esté preparada para futuras actualizaciones y permita compartir datos con Estados vecinos.

2.7 La propuesta de CONOPS indica que, a corto plazo, el ADS-B puede complementar los sistemas radar existentes para mejorar el rendimiento de la vigilancia y cubrir vacíos de cobertura. Su alta tasa de actualización y precisión posicional lo convierten en una fuente confiable de vigilancia, que también puede respaldar escenarios de contingencia, como fallas de radar, siempre que exista un caso de negocio que lo justifique.

2.8 El borrador de CONOPS muestra que es probable que los radares existentes continúen en servicio hasta alcanzar el fin de su ciclo de vida útil, momento en el cual podrían ser reemplazados por ADS-B, siempre que las aeronaves estén adecuadamente equipadas. Los sistemas ADS-B podrían instalarse anticipadamente ante la obsolescencia de ciertos radares, proporcionando el tiempo necesario para que sean aceptados como sustituto del radar. Basado en un caso de negocio, la relación costo-beneficio y la baja huella de infraestructura del ADS-B son factores habilitadores para un despliegue temprano, si la flota de aeronaves que opera en ese espacio aéreo está adecuadamente equipada.

2.9 Con relación a los estándares de separación ADS-B, será necesario realizar análisis para determinar los estándares de separación entre blancos con diferentes equipamientos, recibidos desde distintos sistemas de vigilancia, incluyendo las zonas de transición entre estas áreas. Una vez que un proveedor de servicios demuestre que la precisión e integridad de la posición proporcionada por el ADS-B es equivalente o superior a la del radar secundario de vigilancia (SSR), podrán aplicarse los mínimos de separación radar establecidos por la OACI en el PANS-ATM (Capítulo 8) o mayores.

2.10 La CONOPS propuesta indica que, de acuerdo con la orientación brindada por la OACI para la planificación e implementación del Plan Global de Navegación Aérea, los Estados deberían utilizar el Método de los Seis Pasos provisto en el Doc. 9883 de la OACI para llevar a cabo dicha planificación/implementación integrada, aplicando sus principios fundamentales:

- a) Fuerte enfoque en los resultados deseados/requeridos.
- b) Toma de decisiones basada en hechos y datos.
- c) Toma de decisiones colaborativa y justificada.

2.11 El documento propuesto recomienda que la ADS-B sea considerada bajo a una planificación CNS Integrada en la Región SAM, priorizando la implementación del ADS-B para la cobertura de brechas existentes en los sistemas de comunicaciones y vigilancia ATS en la Región SAM. Una cobertura adecuada de ambos sistemas, especialmente en los límites de las FIR, permitirá mejorar tanto la seguridad operacional como la eficiencia del sistema.

2.12 El GT CONOPS ADS-B ha discutido la factibilidad de establecerse una fecha común en febrero de 2030, para que todo el espacio aéreo transfronterizo de la Región SAM, a nivel de vuelo 290 y superior, esté cubierto por vigilancia ADS-B. Para esa misma fecha, todas las aeronaves que operen a estos niveles deberían estar equipadas con un transpondedor adecuado con capacidad para ADS-B Out y que funcione de acuerdo con las Normas Mínimas de Rendimiento Operacional DO-260B o posteriores aplicables de la Comisión Técnica de Radio para la Aeronáutica (RTCA), así como con receptores GNSS a bordo compatibles con los requisitos de posicionamiento de las aeronaves. Teniendo en cuenta que la CONOPS puede no ser el documento adecuado para establecer estas fechas, es importante que la reunión discuta esta propuesta y, si considerado adecuado, proponga una conclusión de la SAM/IG al respecto.

### 3. **Acciones sugeridas**

3.1 Se invita a la reunión a:

- a) Tomar nota de la información proporcionada en esta nota de estudio
- b) Evaluar el borrador de la CONOPS ADS-B SAM y proponer los cambios juzgados necesarios.
- c) Proponer las directrices consideradas pertinentes al GT CONOPS ADS-B.
- d) Evaluar la fecha propuesta de febrero de 2030 para establecer cobertura de vigilancia ADS-B completa del espacio aéreo transfronterizo a nivel del vuelo 290 y superior y para que las aeronaves estén equipadas con transpondedor DO 260B o posterior y con receptores GNSS compatibles con los requisitos de posicionamiento de las aeronaves.

## Anexo A

## A-1

## Cambios principales respecto a la versión anterior del CONOPS ADS-B NAM/CAR/SAM (2022)

Este anexo resume los principales cambios y actualizaciones introducidas en el borrador de la nueva versión del **CONOPS ADS-B SAM**, en comparación con la versión anterior aprobada en marzo de 2022. Su objetivo es facilitar el análisis por parte de los Estados y apoyar la discusión durante la reunión SAM/IG/33.

Área / Sección	Versión (2022)	Versión Propuesta (2025)	Observaciones
<b>1. Introducción y objetivos</b>	Descripción general del ADS-B y su papel en la vigilancia ATS	Se amplía con visión estratégica al 2035, integrando el enfoque ASBU y referencias al GANP séptima edición	Refuerzo del marco estratégico y alineación con GANP actual
<b>2. Objetivos operacionales</b>	Menor detalle y sin referencias claras a nuevas aplicaciones	Se definen objetivos detallados incluyendo ASEPS, TBO, ITP, FRA, interoperabilidad y racionalización	Enfoque más preciso y alineado con las necesidades actuales de la Región SAM
<b>3. Justificación técnica y caso de negocio</b>	Menciones generales a beneficios de implementación	Se incorpora recomendación explícita de realizar caso de negocio (costo-beneficio, riesgos, alineación regional)	Mejora en base a lecciones aprendidas y experiencia regional
<b>4. Sustitución progresiva del radar</b>	No contemplada o tratada con cautela	Se introduce como posibilidad condicionada a un caso de negocio y ciclo de vida de infraestructura	Abre camino a decisiones estratégicas a mediano y largo plazo
<b>5. Estrategia de separación</b>	Solo se mencionan mínimos básicos	Se detalla análisis necesario para separación con múltiples fuentes y se vincula con PANS-ATM	Mejora técnica para escenarios mixtos de vigilancia
<b>6. Planificación CNS integrada</b>	Mencionada superficialmente	Incorporación del Método de los 6 pasos del Doc 9883 para planificación conjunta CNS/ATM	Refuerza planificación estructurada e integrada
<b>7. ADS-B satelital</b>	Mencionado de forma preliminar	Se incorpora uso potencial con soporte a separación basada en RCP240 y datos satelitales en regiones remotas	Se habilita su consideración futura con fundamento técnico
<b>8. Indicadores de desempeño (KPI)</b>	No considerados	Se incorporan como parte del uso de datos ADS-B para planificación y gestión	Apoyo directo a seguimiento de performance en línea con GANP
<b>9. Cronograma tentativo</b>	Sin fechas concretas	Se propone discutir en SAM/IG/33 la meta común de <b>febrero de 2030</b> para cobertura ADS-B en FL290+ en espacios transfronterizos	Tema a considerar en decisión SAM/IG/33

—A2—

Se sugiere a los Estados analizar los cambios propuestos y proporcionar observaciones específicas sobre:

- La viabilidad de adoptar una fecha común de implementación.
- La aplicabilidad del método de los 6 pasos en sus planes nacionales.
- Las necesidades de capacitación y normativa para la aplicación efectiva del CONOPS.

**APENDICE B**

**Versión Actual de la CONOPS ADS-B CAR/SAM**

**(Archivo separado)**



**ICAO**

**UNITING AVIATION**

A UNITED NATIONS SPECIALIZED AGENCY



**Oficina Regional Sudamericana (SAM)**

**CONCEPTO OPERACIONAL DEL SISTEMA DE VIGILANCIA AUTOMÁTICA  
DEPENDIENTE POR RADIODIFUSIÓN (ADS-B) DE LA REGIÓN SAM**

**(2025-2035)**

**Apéndice B**  
**B1**

Versión Actual de la CONOPS ADS-B CAR/SAM



ICAO

UNITING AVIATION

A UNITED NATIONS SPECIALIZED AGENCY



ICAO

UNITING AVIATION

A UNITED NATIONS SPECIALIZED AGENCY



**Oficina Regional Sudamericana (SAM)**

**CONCEPTO OPERACIONAL DEL SISTEMA DE VIGILANCIA AUTOMÁTICA DEPENDIENTE POR  
RADIODIFUSIÓN (ADS-B) DE LA REGIÓN SAM**

(2025-2035)

August 2025

## Apéndice B B2

### Contenido

Oficina Regional Sudamericana (SAM).....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	4
1.1. Descripción General .....	5
2.3. Beneficios potenciales del nuevo sistema o sistema modificado .....	9
4. DESCRIPCIÓN OPERACIONAL .....	12
4.1 Vigilancia .....	13
4.2 Aplicaciones ADS-B.....	13
4.2.1 Espacio Aéreo TMA.....	13
4.2.3 Espacio aéreo en ruta .....	14
4.2.4 Espacio aéreo oceánico y remoto .....	15
4.3 Entorno Propuesto .....	16
5.1. Sistema de Servicios de Vigilancia .....	16
5.2 Descripción de la Funcionalidad .....	16
5.2.1 Aeronave .....	16
5.2.3 Procesador de Enlace de Datos.....	17
5.2.5 Automatización de la Gestión del Flujo de Tránsito Aéreo (ATFM).....	18
5.3 Modos de Operación.....	18
5.3.1 Operaciones Normales (Todos los Servicios Disponibles).....	18
6.1 Impactos Organizacionales.....	19
6.1.1 Dotación de personal .....	19
6.1.2 Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS)) .....	20
6.1.4 Regulación y políticas .....	20
6.2 Impactos Operacionales .....	20
6.2.1 Automatización ATC .....	20
6.2.3 Sistemas de Vigilancia basados en Radar .....	21
6.2.4 Procedimientos del proveedor de servicios y de los usuarios.....	21
6.3 Impactos sobre proveedores de servicios y usuarios.....	22
6.3.1 Capacitación de usuarios y proveedores de servicios .....	22

**Apéndice B**  
**B3**

7.1 ADS-B COMO FACILITADOR PARA PROYECTOS ATM Y DE SEGURIDAD OPERACIONAL..... 24

7.3 Planificación CNS Integrada en la Región SAM ..... 27

APPENDIX I – Definitions and Glossary ..... 38

APPENDIX J: Hazard and Risk Evaluation of ADS-B Application:..... 40

## Apéndice B

### B4

#### 1. INTRODUCCIÓN

La vigilancia ATS representa un componente importante en el rendimiento del Sistema ATM mundial. En aquellas áreas donde este servicio no está disponible, la gestión del tránsito aéreo depende de los reportes de posición realizados por las aeronaves. En ese escenario, se aplican separaciones mayores para mantener los niveles de seguridad requeridos.

En contraste, donde se dispone de vigilancia ATS, la determinación de la posición de la aeronave es más precisa, con una mayor frecuencia de actualización, y el espacio aéreo puede utilizarse de forma más eficiente, permitiendo el tránsito de un mayor número de aeronaves mediante la aplicación de separaciones mínimas reducidas. Los sistemas de vigilancia ATS cooperativos basados en tierra, utilizados solos o en combinación con sistemas no cooperativos, han sido ampliamente adoptados para el control del tránsito aéreo.

Sin embargo, la instalación y mantenimiento de infraestructura radar es costosa. En zonas remotas, puede ser difícil o incluso inviable.

Este documento constituye una referencia estratégica para orientar las acciones relacionadas con la modernización de la infraestructura de vigilancia en la Región SAM.

Los desarrollos resultantes de este Concepto Operacional ADS-B tienen como objetivo satisfacer las necesidades y requerimientos operacionales del ATM en la Región SAM, asegurando la modernización de la infraestructura de vigilancia ATS en línea con las crecientes demandas operativas. Esta modernización es esencial para alcanzar los objetivos a largo plazo de sostenibilidad ambiental, eficiencia, capacidad y coordinación fluida en todos los dominios de la gestión del tránsito aéreo.

Los Estados de la Región SAM reconocen al ADS-B como un facilitador del concepto operativo ATM global, aportando beneficios sustanciales en seguridad, eficiencia y capacidad; apoyando su implementación temprana y rentable; y asegurando su armonización, compatibilidad e interoperabilidad con los procedimientos operacionales del ATM, los enlaces de datos y sus aplicaciones.

El Plan Global de Navegación Aérea (GANP) de la OACI proporciona un marco fundamental para identificar los requerimientos operacionales esenciales en la gestión del tránsito aéreo (ATM), apoyando la armonización y modernización global de las operaciones en el espacio aéreo. A través del marco de las Mejoras por Bloques del Sistema de Aviación (ASBU), el GANP define una hoja de ruta estratégica para la implementación progresiva de tecnologías de vigilancia.

El elemento de Sistemas de Vigilancia (ASUR), tal como se describe en la actual Séptima Edición del GANP, se centra en la modernización y expansión de las capacidades de vigilancia, con énfasis particular en el espacio aéreo remoto y oceánico.

a) En la fase de implementación actual (Bloque 0), se emplean ADS-B OUT y Multilateración (MLAT) para complementar los sistemas radar convencionales.

b) En fases futuras (Bloques 1 a 3), la vigilancia evolucionará para incluir ADS-B satelital y tecnologías de comunicación entre vehículos, apoyando operaciones autónomas. Para el Bloque 3, la vigilancia será basada en el rendimiento, permitiendo el uso adaptativo de soluciones de vigilancia según los requerimientos específicos de cada espacio aéreo.

## Apéndice B

### B5

Mirando hacia el futuro, la transición hacia las Operaciones Basadas en Trayectoria (TBO), junto con la implementación más amplia de la Navegación Basada en el Rendimiento (PBN) y la Comunicación y Vigilancia Basadas en el Rendimiento (PBCS), permitirá rutas más flexibles y eficientes—minimizando demoras, optimizando trayectorias de vuelo y mejorando la capacidad del espacio aéreo. No obstante, estos avances dependen en gran medida del despliegue de tecnologías CNS modernas que aseguren una determinación precisa de la posición de las aeronaves, comunicaciones confiables y una vigilancia robusta, lo cual requiere importantes actualizaciones de los sistemas actuales.

Los análisis de seguridad y pruebas realizados por los Estados respaldarán estas implementaciones y proporcionarán la base para la expansión de los servicios de vigilancia ATS basados en ADS-B.

Este concepto de operaciones considera el uso de datos de Vigilancia Dependiente Automática – Radiodifusión (ADS-B) provenientes de aeronaves para ampliar la cobertura de vigilancia, cubriendo brechas actuales, principalmente en áreas remotas, para complementar la cobertura cooperativa existente y permitir estudios para la posible sustitución de activos actuales de vigilancia cooperativa. Los criterios de priorización para la implementación de ADS-B para cubrir brechas de vigilancia ATS se incluyen en el Apéndice A. Estos criterios se basan en aspectos como: nivel de tránsito IFR, zonas sin cobertura radar, índice LHD, deficiencias AIDC/VHF, etc.

Actualmente, algunos proveedores de Servicios de Tránsito Aéreo (ATS) dependen de infraestructura terrestre para recibir datos ADS-B desde aeronaves. Este concepto de operaciones también considera el posible uso de ADS-B satelital, siempre que exista un caso de negocio acordado por todas las partes interesadas.

**Nota:** Un caso de negocio respalda decisiones de inversión evaluando costos, beneficios y riesgos asociados. Para fines informativos, el Apéndice B incluye datos de referencia que apoyan la toma de decisiones nacionales respecto a la implementación del ADS-B.

La reducción de la separación longitudinal entre aeronaves es un beneficio operacional que puede lograrse mediante la implementación de una infraestructura adecuada de vigilancia y comunicaciones.

#### 1.1. Descripción General

Este concepto operacional consolida la visión para la Región SAM de la OACI respecto al uso del ADS-B como parte del Sistema de Vigilancia ATS.

El propósito de este documento es:

- a) Facilitar la coordinación entre las partes interesadas involucradas en, o afectadas por, la implementación del ADS-B.
- b) Definir los objetivos operacionales y los beneficios esperados de la implementación del ADS-B en la Región SAM.
- c) Describir el entorno operacional y las condiciones que permiten o limitan la aplicación del ADS-B.

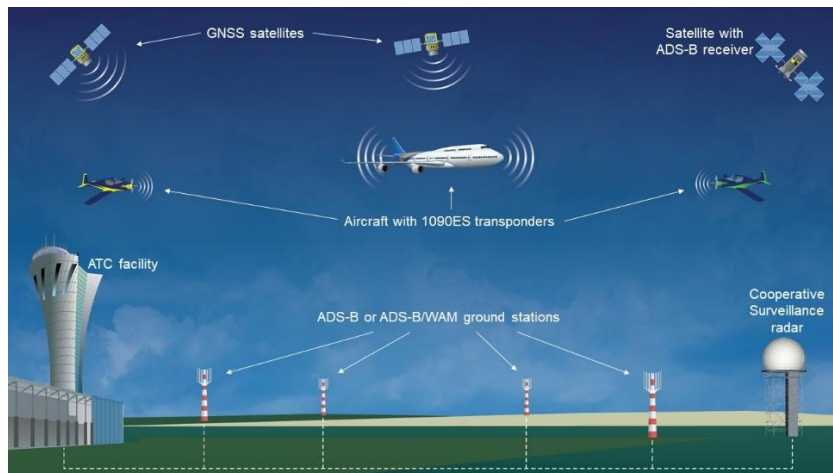
## Apéndice B

### B6

- d) Presentar las mejoras previstas en las funcionalidades de gestión del tránsito aéreo (ATM) que serán habilitadas por el ADS-B.
- e) Brindar orientación a los Estados en cuanto a la planificación, adquisición y desarrollo de infraestructura necesaria para la implementación del ADS-B.
- f) Describir cómo el ADS-B respalda la optimización de los servicios de tránsito aéreo mediante el fortalecimiento de las capacidades de vigilancia ATS.
- g) Compartir información esencial para promover la interoperabilidad, la transición fluida de vigilancia entre Regiones de Información de Vuelo (FIR), el intercambio de datos entre Proveedores de Servicios de Navegación Aérea (ANSP), y estrategias armonizadas de equipamiento de flota y de sistemas ATM.

Este Concepto de Operaciones será revisado y actualizado según sea necesario en respuesta a desarrollos operacionales o tecnológicos.

### VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA



El ADS-B es una tecnología habilitadora para el Concepto Operacional del ATM Global. En espacio aéreo sin cobertura radar, pero con comunicación directa controlador–piloto (DCPC), pueden lograrse beneficios inmediatos mediante el uso del ADS-B OUT. A largo plazo, se esperan mayores ganancias operacionales a través de aplicaciones avanzadas basadas en ADS-B IN.

El ADS-B OUT se considera una tecnología de vigilancia dependiente y cooperativa: **dependiente**, porque se basa en datos de posición obtenidos desde el receptor GNSS a bordo de la aeronave; y **cooperativa**, porque esta información se transmite automáticamente por radio.

El ADS-B ofrece actualizaciones más frecuentes y mayor precisión que el radar secundario (SSR), facilitando mejoras operacionales en seguridad, eficiencia y capacidad.

Las aeronaves equipadas con ADS-B transmiten datos que combinan la posición derivada del GNSS con otros parámetros de vuelo. Esta información se transmite simultáneamente a otras aeronaves

## Apéndice B

### B7

equipadas con ADS-B IN y a la infraestructura terrestre ADS-B, donde puede integrarse con otras fuentes cooperativas de vigilancia dentro del sistema de gestión del tránsito aéreo.

El sistema ADS-B puede sustentarse mediante estaciones receptoras terrestres, desplegadas estratégicamente para cubrir el espacio aéreo de interés, o mediante receptores satelitales (ADS-B satelital) en áreas remotas u oceánicas donde la infraestructura terrestre resulta impráctica o económicamente inviable.

## 2. Necesidad Operacional

La adopción del ADS-B en la Región SAM puede aportar beneficios operacionales y de seguridad en el corto plazo, y se encuentra plenamente alineada con las iniciativas globales de la OACI destinadas a establecer un sistema de gestión del tránsito aéreo armonizado, seguro y eficiente, basado en tecnologías interoperables.

En espacios aéreos sin vigilancia ATS, la implementación del ADS-B permitirá aplicar mínimos de separación reducidos armonizados, conforme a las recomendaciones de la 14ª Conferencia de Navegación Aérea de la OACI. Los objetivos de desempeño incluyen una mayor seguridad, capacidad y eficiencia, contribuyendo a la reducción del consumo de combustible y a menores emisiones de gases de efecto invernadero. En áreas con cobertura radar existente, el ADS-B puede proporcionar una capa adicional de vigilancia—extendiendo la cobertura, mejorando el monitoreo en zonas de alta densidad y permitiendo la aplicación de nuevos mínimos de separación donde esté operacionalmente justificado.

La implementación armonizada del ADS-B en la Región SAM apoya la estandarización del mínimo de separación longitudinal de 10 millas náuticas (NM) en espacio aéreo continental transfronterizo, donde aún se aplican separaciones mayores.

Debido a su menor costo en comparación con los sistemas radar, el ADS-B permite a los Estados evaluar racionalmente la necesidad de mantener o desmantelar la infraestructura radar existente, con base en consideraciones estratégicas y sustentadas en un caso de negocio que incluya análisis de costo-beneficio y evaluación de riesgos para la seguridad.

El ADS-B también respalda la transición hacia futuros conceptos de ATM, en particular las Operaciones Basadas en Trayectoria (TBO) y las Trayectorias 4D (4DT). Se encuentra referenciado en varios elementos del Plan Global de Navegación Aérea (GANP) de la OACI, tales como:

- a) **ACAS-B1/1:** Mejora de los Sistemas de Alerta de Tráfico y Evitación de Colisiones en vuelo (ACAS), utilizando información ADS-B.
- b) **AMET-B0/1:** Productos de observación meteorológica, utilizando ADS-B.
- c) **ASUR-B0/1:** Vigilancia Dependiente Automática – Radiodifusión (ADS-B).
- d) **ASUR-B1/1:** ADS-B Satelital.
- e) **ASUR-B2/1:** Evolución del ADS-B y del Modo S.
- f) **ASUR-B4/1:** Nueva evolución del ADS-B y MLAT.

### 2.1 Entornos operacionales del ADS-B y circunstancias de uso

## Apéndice B

### B8

La Vigilancia Dependiente Automática – Radiodifusión (ADS-B) ofrece beneficios sustanciales operacionales y de seguridad, especialmente en espacios aéreos donde la infraestructura tradicional de vigilancia es limitada, impráctica o económicamente inviable.

Para asegurar una asignación efectiva de recursos y una obtención temprana de beneficios, es esencial definir prioridades claras de despliegue. Estas se basan en los requerimientos operacionales, las brechas de infraestructura y las oportunidades para mejorar la cobertura de vigilancia, la capacidad del espacio aéreo y la eficiencia de vuelo.

En la Región SAM, el despliegue del ADS-B será priorizado en los siguientes contextos operacionales:

- 1) **Espacio Aéreo Remoto u Oceánico:** Áreas donde no hay cobertura radar disponible o esta no es viable, y donde no se aplican separaciones basadas en otras tecnologías CNS.
- 2) **Espacio Aéreo Superior en Ruta:** Apoyando la vigilancia durante la fase de crucero del vuelo, especialmente en los límites de los FIR, donde las brechas de vigilancia dificultan la optimización de la separación longitudinal y la implementación de rutas directas. También se deben considerar aquellas áreas planificadas para racionalización de infraestructura.
- 3) **Operaciones en el Área de Control Terminal (TMA):** Mejorando la conciencia situacional y la gestión del tránsito durante las fases de llegada, aproximación y salida.

Adicionalmente, el ADS-B contribuirá a mejorar el **seguimiento de aeronaves** y el **apoyo a búsqueda y salvamento (SAR)**, permitiendo el monitoreo continuo de aeronaves para reforzar la supervisión de la seguridad y apoyar las tareas SAR mediante el suministro de datos precisos de última posición conocida.

## 2.2 Objetivos Operacionales

Los objetivos operacionales del despliegue de ADS-B en la Región SAM reflejan las necesidades regionales actuales y se alinean con la orientación estratégica establecida por la OACI para la evolución de los sistemas ATM a nivel global. Son los siguientes:

- a) Proveer cobertura de vigilancia en espacio aéreo continental sin radar y permitir la aplicación de mínimos de separación horizontal de 10 millas náuticas (NM), basados en vigilancia cooperativa (SSR, Modo S, MLAT y/o ADS-B).
- b) Complementar la cobertura radar en espacios aéreos que ya cuentan con radar, añadiendo una capa adicional de vigilancia cooperativa, en base a un caso de negocio.
- c) Proveer capacidades de vigilancia en espacios aéreos remotos y oceánicos.
- d) Habilitar la implementación de nuevos conceptos de gestión del tránsito aéreo, tales como:
  - Espacio aéreo de ruta libre (Free Route Airspace);
  - Procedimientos En-Trail (ITP);
  - Separación Procedimental Mejorada con Vigilancia Avanzada (ASEPS), en espacio aéreo remoto/u oceánico;
  - Operaciones Basadas en Trayectoria (TBO).

## **Apéndice B**

### **B9**

- e) Apoyar futuras iniciativas estratégicas regionales para la optimización y racionalización de la infraestructura de vigilancia.
- f) Contribuir a aumentar la interoperabilidad de los sistemas, mediante la armonización de protocolos de comunicación, permitiendo la compatibilidad entre todos los sistemas.

**Nota:** En espacio aéreo donde actualmente se aplican separaciones longitudinales menores a 10NM, los Estados involucrados mantendrán los mínimos de separación existentes.

Los beneficios completos del ADS-B para la Región SAM solo se alcanzarán mediante una implementación armonizada y operaciones sin discontinuidades, junto con el mantenimiento de comunicaciones directas entre controlador y piloto (DCPC), y el equipamiento de todas las aeronaves con aviónica ADS-B 1090 ES.

### **2.3. Beneficios potenciales del nuevo sistema o sistema modificado**

Las siguientes capacidades de vigilancia mediante ADS-B contribuirán a mejorar la safety, la capacidad y la eficiencia del sistema de navegación aérea:

#### ➤ **Safety**

- Extiende la cobertura de vigilancia a áreas que actualmente no cuentan con sistemas radar.
- Mejora o complementa la información de vigilancia existente donde sea necesario.
- Permite vigilancia entre aeronaves, mejorando la conciencia situacional en vuelo.
- Mejora las funciones de automatización del ATC, incluyendo la precisión del objetivo y alertas de seguridad.
- Ofrece una solución de vigilancia de bajo costo y rápida implementación para situaciones de contingencia.
- A largo plazo, puede proporcionar capacidad de vigilancia entre aeronaves y vigilancia del tránsito en superficie para pilotos y controladores.

#### ➤ **Capacidad**

- Permite aplicar procedimientos de separación tipo radar en espacios aéreos remotos o sin radar.
- Soporta la aplicación de estándares comunes de separación en dominios y clasificaciones de espacio aéreo específicos.
- Posibilita reducciones potenciales en los estándares existentes de separación en todos los dominios.
- Aumenta la resiliencia al complementar los sistemas radar, asegurando continuidad del servicio en caso de falla del radar, siempre que todas las aeronaves en el espacio aéreo estén equipadas con la aviónica ADS-B requerida, manteniéndose así los mínimos de separación y la capacidad del sector ATC, cuando esté justificado operacionalmente.

#### ➤ **Eficiencia**

## **Apéndice B**

### **B10**

- Reduce los costos de ciclo de vida en comparación con radares de vigilancia cooperativa.
- Proporciona nueva información que permite predicciones mejoradas a nivel de sector y aeropuerto.
- Mejora la información para la gestión del flujo de tránsito, la toma de decisiones colaborativas, la gestión de flotas y las funciones de gestión por trayectoria.
- Mejora las predicciones de flujo de tránsito a nivel sectorial y aeroportuario mediante la actualización de los sistemas ATFM y ATC gracias a la cobertura extendida del ADS-B.
- Proporciona un sensor de vigilancia móvil, de rápida instalación, para operaciones de contingencia.
- Ofrece datos precisos de vigilancia y parámetros de vuelo para áreas operativas especializadas, incluyendo datos estadísticos e información útil para el desarrollo de indicadores clave de desempeño (KPI).

Debido a su bajo costo en comparación con los sistemas RADAR, la implementación del ADS-B permitirá a los Estados evaluar de forma más racional dónde conviene mantener cobertura radar, considerando para ello el respectivo caso de negocio.

### **3 Descripción del cambio deseado**

La información de vigilancia ADS-B 1090 ES (en vuelo y en superficie) será utilizada ampliamente en las operaciones de control de tránsito aéreo en el espacio aéreo superior.

Los datos ADS-B 1090 ES (aéreos y en superficie) se integrarán en las operaciones del ATC en espacio aéreo superior de forma generalizada.

El sistema ATC será actualizado para procesar y mostrar datos ADS-B, garantizando que los controladores reciban información de posicionamiento con los mismos niveles de confiabilidad e integridad actualmente asociados a los sistemas de radar secundario. Esto incluye la capacidad de integrar múltiples fuentes (ADS-B, radar, MLAT) y aplicar técnicas de fusión de datos.

Las aeronaves también deberán ser capaces de transmitir a receptores ADS-B satelitales mediante la emisión de “extended squitter” en 1090 MHz. Este requisito puede cumplirse a través de diversidad de antenas (uso de antenas superior e inferior), o con una sola antena capaz de transmitir tanto a estaciones terrestres como a satélites.

#### **3.1 Estrategia de vigilancia basada en el rendimiento**

En espacios aéreos cubiertos por SSR, donde las aeronaves estén debidamente equipadas y se cumplan los requisitos de rendimiento, el ADS-B podrá utilizarse como fuente de vigilancia complementaria para mejorar los datos del radar, según lo determine el resultado de un caso de negocio.

En espacios aéreos sin cobertura SSR, siempre que se cumplan los requisitos de rendimiento asociados a los mínimos de separación longitudinal aplicados, el ADS-B se utilizará como fuente primaria de vigilancia.

A largo plazo, se espera que el ADS-B pueda reemplazar al radar, excepto en aquellos casos en los que el análisis de un caso de negocio indique la necesidad de contar con ambos sistemas —radar

## **Apéndice B**

### **B11**

y ADS-B— cubriendo un espacio aéreo específico. El caso de negocio deberá considerar, entre otros aspectos, interferencias en la frecuencia del GNSS, degradaciones o fallos del GNSS.

Aunque el ADS-B ofrece beneficios significativos en términos de costo, cobertura y flexibilidad, este Concepto de Operaciones no propone que el ADS-B reemplace completamente al radar. En cambio, el ADS-B se presenta como una tecnología complementaria que permite la vigilancia en áreas donde el radar no está disponible o resulta impráctico. La sustitución progresiva de sistemas radar solo se considerará cuando existan justificaciones operacionales, técnicas y económicas, en alineación con el ciclo de vida de la infraestructura existente y previa consulta con las partes interesadas.

En escenarios operacionales donde aún no se pueda garantizar el rendimiento requerido para la separación mediante vigilancia, el uso del ADS-B aún puede contribuir a una mayor conciencia situacional y a un apoyo más oportuno para operaciones de búsqueda y salvamento (SAR), especialmente al permitir el seguimiento preciso de la última posición conocida de una aeronave. Dicha implementación deberá considerarse cuando un caso de negocio justifique su valor operacional.

### **3.2 Uso de los Multi-Stakeholder y Compartición de Datos**

Más allá de su aplicación en la vigilancia ATS, los datos ADS-B pueden respaldar:

- Funciones mejoradas de seguridad del sistema y de gestión del flujo de tránsito.
- Conciencia situacional y coordinación de búsqueda y salvamento (SAR).
- Monitoreo operacional por entidades autorizadas (por ejemplo, centros de operaciones de aerolíneas, control de plataforma, planificación estratégica del ATM).
- Desarrollo y seguimiento de Indicadores Clave de Desempeño (KPI).

Se recomienda realizar una revisión técnica para evaluar todo el alcance de los datos operacionales contenidos en el conjunto de mensajes ADS-B, ya que este incluye no solo la posición de la aeronave, sino también velocidad, identificación, intención y parámetros de integridad que pueden respaldar funcionalidades avanzadas del ATM.

Los datos ADS-B son, por naturaleza, más fáciles de intercambiar entre Estados adyacentes, ya que la información transmitida por la aeronave se basa en coordenadas geográficas estandarizadas (latitud y longitud), lo que permite una integración fluida en los sistemas ATM regionales.

### **3.3 Orientación a los Estados sobre adquisición y desarrollo de infraestructura**

Los Estados deben considerar, dentro de su estrategia nacional de vigilancia, la adopción de soluciones tecnológicas compatibles con las normas establecidas por la OACI, especialmente aquellas relacionadas con ADS-B OUT basado en las versiones DO-260B o superiores.

La adquisición de estaciones terrestres ADS-B, procesadores de vigilancia compatibles y sistemas integrados de control de tránsito aéreo (ATC) debe cumplir con criterios de:

- Interoperabilidad
- Escalabilidad

## Apéndice B B12

- Cobertura operacional
- Conectividad en red

Se recomienda realizar un caso de negocio que incluya:

- Evaluaciones de costo-beneficio
- Análisis de riesgos para la seguridad
- Definición de requerimientos operacionales
- Alineación con planes regionales

Esto garantizará que la infraestructura adquirida cumpla con el concepto de vigilancia cooperativa, esté preparada para futuras actualizaciones y permita compartir datos con Estados vecinos.

### **3.4 Garantizar la prestación de servicios de tránsito aéreo respaldados por ADS-B**

La prestación de servicios de tránsito aéreo basada en vigilancia ADS-B debe seguir un enfoque basado en el rendimiento (PBA), precedido por una evaluación del cumplimiento de los datos transmitidos por las aeronaves con los parámetros mínimos requeridos.

Para asegurar la continuidad operacional y la seguridad, los Estados deben implementar mecanismos de monitoreo continuo del rendimiento del ADS-B, conforme a los mínimos de separación longitudinal aplicables, establecer procedimientos para mitigar fallas y garantizar que los controladores estén debidamente capacitados para operar con vigilancia cooperativa.

La integración con los sistemas ATC y la definición de áreas de cobertura con niveles adecuados de integridad y disponibilidad son esenciales para el uso confiable del ADS-B en la provisión de servicios ATS con mínimos reducidos de separación.

## **4. DESCRIPCIÓN OPERACIONAL**

La Vigilancia Dependiente Automática – Radiodifusión (ADS-B) es una tecnología de vigilancia cooperativa en la que, de forma similar al radar, las aeronaves transmiten automáticamente datos de posición, velocidad e identificación a las unidades de Servicios de Tránsito Aéreo (ATS).

El ADS-B se implementa mediante un transpondedor Modo S que opera en la banda de frecuencia aeronáutica protegida de 1090 MHz. La información transmitida incluye: identificación de la aeronave, posición tridimensional, velocidad en tierra, razón de ascenso/descenso y ángulo de trayectoria. Estos datos se derivan típicamente de los receptores GNSS a bordo y se transmiten al menos una vez por segundo durante el vuelo, de acuerdo con los estándares RTCA DO-260B.

Además de la posición y la velocidad, también se transmite la calidad de la posición, determinada por los sensores de navegación de a bordo, junto con la información del vector de trayectoria. Los mensajes ADS-B incluyen parámetros de mérito —como NIC (Categoría de Integridad de Navegación), NACp (Categoría de Precisión de Navegación para Posición) y SIL (Nivel de Integridad de Vigilancia)— que indican la calidad, integridad y confiabilidad esperadas de la posición transmitida. Estos parámetros permiten al sistema ATC evaluar si los datos de vigilancia cumplen con los requisitos de rendimiento para los mínimos de separación y clasificaciones de espacio

## **Apéndice B**

### **B13**

aéreo, según lo descrito en el Doc 9871 de la OACI.

Al igual que los transpondedores Modo S, el ADS-B también puede transmitir información de emergencia o estado de alerta cuando la tripulación de vuelo lo selecciona. Todos los mensajes se transmiten de forma periódica y pueden ser recibidos y procesados por cualquier estación terrestre compatible con ADS-B o receptor satelital dentro de línea de vista.

Si bien parte de la información transmitida —como posición, velocidad y razón de ascenso— también puede obtenerse mediante sistemas radar, el ADS-B suele ser más preciso bajo condiciones normales, ya que depende del GNSS. Es importante destacar que, a diferencia del radar, la precisión del ADS-B no se ve afectada por la distancia entre la aeronave y el sensor.

#### **4.1 Vigilancia**

El control de tránsito aéreo (ATC) utilizará la información de vigilancia proveniente del ADS-B de la misma forma en que actualmente se emplea la información de los sistemas de vigilancia cooperativa, por ejemplo, para asistir a las aeronaves en la navegación, aplicar separación entre aeronaves y emitir alertas de seguridad o avisos de tráfico.

La vigilancia ADS-B puede ser utilizada para reemplazar la vigilancia basada en radar o, en determinados espacios aéreos y con base en un caso de negocio, para mejorar la calidad de la información de vigilancia existente proveniente del radar, en funciones del sistema de automatización ATC, tales como:

- Seguimiento de aeronaves (tracking)
- Alertas de altitud mínima segura (MSAW)
- Alertas de conflicto a corto y mediano plazo
- Alertas por intrusiones Modo C

Según los requerimientos operacionales y siempre que exista un caso de negocio que lo justifique, la vigilancia ADS-B puede complementar o, en ciertos casos específicos, reemplazar la vigilancia basada en radar. Su integración mejora el rendimiento de los sistemas de automatización ATC al ofrecer datos de mayor precisión y frecuencia de actualización, especialmente valioso en áreas donde la cobertura radar es inexistente o limitada, permitiendo capacidades de vigilancia que de otro modo no serían viables.

#### **4.2 Aplicaciones ADS-B**

##### **4.2.1 Espacio Aéreo TMA**

El espacio aéreo que rodea inmediatamente a un aeródromo se considera Área de Control Terminal (TMA). Es donde operan las aeronaves en aproximación (por instrumentos o visual), en salida o en tránsito en las cercanías del aeródromo, y suelen estar en proximidad cercana entre sí y respecto al terreno. Al ser la zona de ascenso inicial y descenso final, las aeronaves se cruzan en diferentes niveles de vuelo.

En TMAs donde el terreno impide la cobertura por radar secundario (SSR), el ADS-B o la multilateración (MLAT) pueden utilizarse para proporcionar vigilancia. El despliegue de múltiples antenas ADS-B representa una solución rentable para brindar cobertura donde un único radar SSR

## **Apéndice B**

### **B14**

no sería viable. La diferencia de costos entre el radar y el ADS-B hace factible instalar varias antenas ADS-B que proporcionen cobertura superpuesta.

En espacio aéreo TMA, cuando el ADS-B iguala o supera la precisión del SSR (según la Circular 326 de la OACI), pueden aplicarse los mínimos de separación radar establecidos en el PANS-ATM (Doc 4444), secciones 6.7.3.2.4; 6.7.3.2.5; 6.7.3.4.2; 6.7.3.5.1 y el Capítulo 8, sin requerir evaluaciones adicionales de seguridad.

En TMAs no radarizados, la vigilancia mediante ADS-B puede utilizarse para reducir las separaciones y aumentar la capacidad del espacio aéreo terminal. Este incremento en la capacidad permite mayor flexibilidad en los horarios de vuelo, mejora la eficiencia de las trayectorias y reduce demoras o interrupciones.

En espacios sin radar, la integración del ADS-B respalda sistemas de protección como las alertas MSAW, ayudando a prevenir colisiones contra el terreno (CFIT). En zonas con radar, y cuando esté respaldado por un caso de negocio, el ADS-B puede ofrecer vigilancia redundante para aumentar la seguridad.

#### **4.2.3 Espacio aéreo en ruta**

Cuando se justifique mediante un caso de negocio, la rápida actualización de la información recibida desde las aeronaves a través del ADS-B incrementará la conciencia situacional del controlador, al permitir una representación más precisa de la trayectoria actual de la aeronave en la posición de trabajo del controlador, si el sistema ATM lo permite. Esto mejorará la predicción de trayectorias, aumentando la efectividad de las herramientas de detección de conflictos del sistema ATM.

El alcance de cobertura de un receptor ADS-B es por línea de vista y puede alcanzar hasta 250 millas náuticas (NM) a gran altitud. Si se utilizan suficientes estaciones receptoras ADS-B, es posible lograr una cobertura adecuada incluso en presencia de terreno montañoso o estructuras elevadas. Los datos obtenidos desde FIRs adyacentes pueden compartirse a través de fronteras siempre que los formatos de datos sean compatibles. Las consideraciones de interoperabilidad para compartir datos ADS-B incluyen:

- Disponibilidad de distintos campos de datos según la versión de ADS-B utilizada;
- Interoperabilidad entre ediciones del formato ASTERIX CAT021;
- Manejo de datos ADS-B provenientes de diferentes estaciones en regiones donde la cobertura se superpone.

La arquitectura regional para el intercambio de datos ADS-B entre los ANSP está incluida en el Apéndice C.

En un entorno procedimental, resulta difícil para el controlador saber si una aeronave se encuentra en una situación anormal. En muchos casos, esto solo se vuelve evidente tras la omisión de reportes de posición o cuando el piloto emite un mensaje de emergencia o urgencia. En un entorno con vigilancia, sin embargo, los reportes de emergencia se reciben de manera inmediata, lo que permite a los controladores y a los servicios de emergencia visualizar la trayectoria de vuelo de la aeronave y localizar con precisión su última posición conocida. Esta capacidad incrementa significativamente la probabilidad de un desenlace favorable.

En espacio aéreo sin radar, la carga de trabajo en cabina puede reducirse mediante la implementación de soluciones de vigilancia ATS. El ADS-B se considera, en general, una opción más

## Apéndice B

### B15

rentable que otras tecnologías de vigilancia. En entornos procedimentales, los reportes de posición precisos imponen una carga significativa sobre los pilotos, quienes deben transmitir su posición al ATC de forma periódica. Al automatizar esta tarea, el ADS-B reduce la necesidad de comunicaciones y permite que los pilotos se concentren de manera más eficiente en las tareas principales de pilotar, navegar y comunicarse.

#### 4.2.3.1 Espacio aéreo superior

En el espacio aéreo superior de tipo procedimental (sin vigilancia), el ADS-B puede proporcionar cobertura de vigilancia y permitir la reducción de las separaciones requeridas, de acuerdo con lo establecido en el Doc 4444 de la OACI, sección 8.7.3, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- Se establezca y mantenga la identificación de las aeronaves equipadas con ADS-B.
- Las medidas de precisión e integridad de los mensajes ADS-B sean adecuadas para respaldar los mínimos de separación.
- No se requiera la detección de aeronaves que no transmiten ADS-B.
- No se requiera la determinación de la posición de la aeronave de forma independiente al sistema de navegación a bordo.

#### 4.2.3.2 Espacio Aéreo Inferior En Ruta

En el espacio aéreo inferior por debajo del nivel de vuelo FL245, la velocidad, razón de ascenso/descenso y maniobrabilidad general varían ampliamente entre distintos tipos de aeronaves. Este espacio es compartido por la aviación comercial, la aviación general y operadores militares.

La vigilancia ATS, incluyendo el ADS-B, puede incrementar la conciencia situacional para los controladores.

A largo plazo, para las aeronaves equipadas con ADS-B IN, la conciencia situacional mejorada también podrá extenderse a la cabina de vuelo.

#### 4.2.4 Espacio aéreo oceánico y remoto

El objetivo de utilizar vigilancia ATS basada en ADS-B en espacio aéreo oceánico y remoto es permitir perfiles de vuelo más eficientes, tanto horizontal como verticalmente, mediante la posibilidad de aprobar solicitudes de cambio de nivel de vuelo y rutas directas utilizando estándares reducidos de separación.

Las tripulaciones solicitan cambios de nivel para mejorar la eficiencia del vuelo y la seguridad, optimizando el consumo de combustible, accediendo a mejores condiciones de viento y evitando turbulencias.

En espacio aéreo oceánico y remoto de tipo procedimental, únicamente las aeronaves equipadas con ADS-B IN pueden utilizar los **Procedimientos En-Trail (ITP)** para ejecutar maniobras de cambio de nivel de vuelo. El ITP permite al ATC aprobar estos cambios de nivel entre aeronaves debidamente equipadas, utilizando mínimos reducidos de separación durante la maniobra.

## **Apéndice B**

### **B16**

#### **4.3 Entorno Propuesto**

A corto plazo, el ADS-B puede complementar los sistemas radar existentes para mejorar el rendimiento de la vigilancia y cubrir vacíos de cobertura. Su alta tasa de actualización y precisión posicional lo convierten en una fuente confiable de vigilancia, que también puede respaldar escenarios de contingencia, como fallas de radar o degradación del GNSS, siempre que exista un caso de negocio que lo justifique.

Es probable que los radares existentes continúen en servicio hasta alcanzar el fin de su ciclo de vida útil, momento en el cual podrían ser reemplazados por ADS-B, siempre que las aeronaves estén adecuadamente equipadas. Los sistemas ADS-B podrían instalarse anticipadamente ante la obsolescencia de ciertos radares, proporcionando el tiempo necesario para que sean aceptados como sustituto del radar. Basado en un caso de negocio, la relación costo-beneficio y la baja huella de infraestructura del ADS-B son factores habilitadores para un despliegue temprano, si la flota de aeronaves que opera en ese espacio aéreo está adecuadamente equipada.

La cobertura terrestre del ADS-B puede variar según la altitud y el relieve del terreno. A gran altitud, es posible alcanzar un rango de 250 millas náuticas (NM). Este alcance se reduce a menores altitudes o en zonas montañosas. Las herramientas de modelado pueden predecir la cobertura esperada antes del despliegue. La disponibilidad de infraestructura adicional, como energía eléctrica, comunicaciones y seguridad, también debe considerarse al seleccionar un sitio.

#### **5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA:**

##### **5.1. Sistema de Servicios de Vigilancia**

Las funciones del sistema de servicios de vigilancia (Aeronave, Procesador de Enlace de Datos, Servidor de Difusión, Automatización ATC y Automatización de la Gestión del Flujo de Tránsito) proporcionan los servicios ADS-B que respaldan las aplicaciones de ADS-B.

El servicio de vigilancia ADS-B se sustenta en las funciones de Aeronave/Vehículo, Procesador de Enlace de Datos y Automatización ATC.

##### **5.2 Descripción de la Funcionalidad**

A continuación, se describen el propósito de cada función del sistema de servicios de vigilancia, cómo interactúan entre sí y cómo este sistema se integra dentro de la Región

###### **5.2.1 Aeronave**

La aeronave es la fuente de la información ADS-B. Recopila información como datos de posición desde un sistema GNSS, entrada de la tripulación, altitud barométrica, velocidad vertical y datos de identificación de la aeronave.

La aeronave procesa esta información y determina los indicadores de integridad y precisión asociados. Luego codifica y transmite esta información en un mensaje ADS-B.

El sistema ADS-B del ATC monitorea la información transmitida por la aeronave. La calidad de los datos será evaluada para asegurar el cumplimiento con las mediciones y estándares de rendimiento requeridos.

## Apéndice B

### B17

#### 5.2.2 Servidor de Broadcast

El servidor de difusión es un componente clave del subsistema terrestre ADS-B, responsable de recibir, validar y distribuir los mensajes ADS-B recolectados desde las aeronaves. Luego de la demodulación y decodificación de la señal de 1090 MHz, el servidor agrega los datos y los formatea según los protocolos de salida requeridos (por ejemplo, ASTERIX CAT021) para los sistemas posteriores.

Funciones típicas del servidor:

- **Filtrado y Validación:** Asegura que solo los mensajes ADS-B compatibles (por ejemplo, DO-260B o superior) sean reenviados, aplicando controles de calidad e integridad.
- **Decodificación y Sellado de Tiempo:** Procesa los mensajes ADS-B crudos y les asigna marcas de tiempo precisas utilizando fuentes de reloj sincronizadas (por ejemplo, GPS o NTP).
- **Difusión a múltiples clientes:** Redistribuye los datos procesados a varios destinatarios, tales como:
  - Procesadores de Enlace de Datos (DLP)
  - Sistemas de Gestión del Tránsito Aéreo (ATM)
  - Redes nacionales o regionales de datos de vigilancia
  - Sistemas de almacenamiento o herramientas de grabación para análisis posterior
- **Soporte de protocolos:** Puede soportar múltiples formatos o protocolos de salida (por ejemplo, TCP, UDP multicast, SNMP traps), y a menudo es configurable para transmitir según requisitos de seguridad o rendimiento.

En un contexto regional, el servidor de difusión también puede actuar como punto de interfaz con la Red de Comunicaciones de Datos (DCN) nacional o con nodos regionales, permitiendo el intercambio de datos ADS-B con ANSP vecinos mediante VPN seguras o enlaces NNI.

Además, la recopilación continua y la difusión estructurada de datos de vigilancia a través del servidor de difusión proporcionan una base confiable para generar Indicadores Clave de Desempeño (KPI), referenciados en el Plan Global de Navegación Aérea (GANP) de la OACI, especialmente en lo relacionado con vigilancia basada en el rendimiento, conciencia situacional y objetivos de interoperabilidad regional.

#### 5.2.3 Procesador de Enlace de Datos

El Procesador de Enlace de Datos (DLP) recibe los mensajes ADS-B transmitidos por las aeronaves a través del canal 1090 MHz Extended Squitter (1090ES), los convierte en reportes ADS-B y los envía al sistema de automatización ATC.

El DLP genera reportes de estado que contienen información sobre alarmas y eventos en los subsistemas del DLP y los envía al sistema de automatización ATC. También genera mensajes internos de prueba (test targets) y envía los reportes ADS-B resultantes al sistema de automatización.

## **Apéndice B**

### **B18**

#### **5.2.4 Automatización ATC**

La automatización ATC recibe reportes ADS-B tanto en un entorno exclusivamente ADS-B como en entornos mixtos de vigilancia (por ejemplo, radar, ADS-B y multilateración de área amplia – WAM).

La automatización ATC procesa funciones como alertas de altitud mínima segura (MSAW) y alertas de conflicto utilizando los datos ADS-B (y datos de radar/WAM si el entorno es mixto). En estos entornos, los datos de radar/WAM pueden emplearse para validar los datos ADS-B y mitigar el riesgo de “spoofing” (suplantación de señal).

La automatización ATC puede mejorar el seguimiento de aeronaves y las funciones de seguridad gracias a la alta precisión y mayor frecuencia de actualización que proporcionan los reportes ADS-B.

#### **5.2.5 Automatización de la Gestión del Flujo de Tránsito Aéreo (ATFM)**

La automatización ATFM debe recibir reportes ADS-B como parte de los datos de vigilancia transferidos desde los sistemas de automatización ATC en ruta y/o terminal.

A medida que se amplíen las áreas de cobertura, las herramientas de apoyo a la toma de decisiones ATFM podrán incorporar estos datos para producir proyecciones de demanda más precisas, así como estrategias de respuesta operativa (como medidas ATFM) para periodos donde la demanda supere a la capacidad o ante condiciones meteorológicas adversas.

Además, los datos agregados que se generen y se proporcionen a la comunidad ATM reflejarán mayor precisión y respaldarán una toma de decisiones colaborativa mejor informada a través de la gestión del tránsito.

### **5.3 Modos de Operación**

El sistema de Servicios de Vigilancia es un sistema compuesto por varios subsistemas, lo cual hace que la definición de sus modos de operación sea más compleja que la de un sistema único que cumple una sola función. Las aplicaciones se habilitan mediante servicios de vigilancia específicos.

#### **5.3.1 Operaciones Normales (Todos los Servicios Disponibles).**

En condiciones operativas normales, con todos los servicios CNS/ATM plenamente disponibles (incluyendo radar, ADS-B, WAM y sistemas de comunicación), el ADS-B actúa como una fuente de vigilancia estratégica y complementaria, ofreciendo altas tasas de actualización, baja latencia e información precisa de posición.

Su integración con los sistemas de automatización ATC fortalece la conciencia situacional, mejora la detección de conflictos y alertas, y respalda las Operaciones Basadas en Trayectoria (TBO). Incluso en presencia de cobertura radar superpuesta, el ADS-B puede mejorar la redundancia y actuar como fuente de validación para objetivos cooperativos, reforzando los márgenes de seguridad.

En este contexto, el ADS-B no está destinado a reemplazar los sistemas de vigilancia existentes, sino a mejorar la infraestructura de vigilancia como parte de un entorno multisensor, alineado con el módulo ASBU B1-SUR del Plan Global de Navegación Aérea (GANP) de la OACI.

El uso del ADS-B en operaciones normales contribuye a la generación de Indicadores Clave de

## **Apéndice B**

### **B19**

Desempeño (KPI) relacionados con la seguridad, eficiencia y capacidad, apoyando así la planificación estratégica y la mejora continua del desempeño a nivel regional y nacional.

#### **5.3.2 Pérdida de Capacidad de Transmisión**

Una falla o degradación en la capacidad de transmisión de la aeronave dará lugar a la pérdida de los datos ADS-B enviados al Procesador de Enlace de Datos y a otros sistemas de vigilancia. Como consecuencia, la aeronave afectada dejará de ser visible vía ADS-B tanto para el control del tránsito aéreo como para otras aeronaves equipadas con ADS-B IN.

Esta pérdida de información puede afectar la conciencia situacional y la capacidad de aplicar separación basada en vigilancia a esa aeronave específica. Sin embargo, los servicios ADS-B relativos a otras aeronaves que funcionen correctamente no se verán afectados.

El sistema debe incluir procedimientos para detectar estas fallas y activar los mecanismos de respaldo apropiados, como la reanudación del seguimiento por radar o la aplicación de separación procedimental, según corresponda.

#### **5.3.3 Degradación o pérdida de la fuente de vigilancia ADS-B**

La degradación o pérdida del sistema ADS-B conllevaría la imposibilidad de recibir mensajes ADS-B desde las aeronaves, afectando la continuidad del flujo de datos de vigilancia hacia el sistema de automatización ATC. Esta interrupción podría impedir la generación de trayectorias en tiempo real, alertas de seguridad y actualizaciones de conciencia situacional. El impacto dependerá del espacio aéreo afectado y de si existen fuentes de vigilancia redundantes (por ejemplo, radar, WAM) o estaciones ADS-B vecinas que puedan compensar la pérdida.

Dado que los datos de vigilancia de aeronaves son críticos, debe existir un plan de respaldo. En áreas cubiertas por otras fuentes de vigilancia, como radar y WAM, sus datos serán utilizados como respaldo por el sistema de automatización ATC/ATFM en estos casos. En áreas sin radar, los controladores deberán volver a aplicar separación procedimental.

La degradación o pérdida de la fuente de vigilancia ADS-B, o del sistema GNSS, podría implicar una pérdida regional de servicios ADS-B, lo que impediría a la aeronave transmitir información sobre su vector de estado.

#### **5.3.3 Automatización ATC**

Cada sistema de automatización ATC deberá contar con estrategias de respaldo específicas del sistema, que se apliquen independientemente de la fuente de datos de vigilancia.

## **6. SUPUESTOS, RESTRICCIONES Y DEPENDENCIAS**

### **6.1 Impactos Organizacionales**

#### **6.1.1 Dotación de personal**

La introducción de aplicaciones ADS-B puede requerir ajustes en los esquemas actuales de dotación de personal de las dependencias ATC para optimizar su operación. También puede ser necesario ajustar la cantidad de personal de soporte técnico para instalar, mantener y operar el equipo ADS-B tanto local como remotamente, además del mantenimiento habitual de la

## **Apéndice B**

### **B20**

infraestructura existente.

Será necesario contar con una cantidad adecuada de instalaciones de soporte en campo y personal capacitado para la instalación y el mantenimiento del equipamiento ADS-B. La guía sobre requisitos de formación para controladores de tránsito aéreo, técnicos CNS, supervisores e inspectores se presenta en el **Apéndice D**, basada en la Circular 326, el Doc 4444 y materiales del programa TRAINAIR Plus.

#### **6.1.2 Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS))**

El sistema de servicios de vigilancia debe ajustarse a los procesos del SMS de la OACI. El **Apéndice J** contiene una evaluación representativa de peligros y riesgos asociados.

#### **6.1.4 Regulación y políticas**

Podrían requerirse nuevas regulaciones y será necesario establecer procedimientos que respalden las operaciones de espaciamiento y separación habilitadas por ADS-B. Cualquier modificación en las reglas de vuelo podría requerir consulta pública y resolución.

Otras acciones, como el rediseño del espacio aéreo, podrían ser necesarias para lograr los beneficios operacionales completos.

#### **6.1.5 Publicaciones y avisos**

Será necesario actualizar las publicaciones actuales para reflejar los cambios operacionales y de cumplimiento. Además, deberán desarrollarse nuevos documentos operacionales, procedimentales y de formación.

También será necesario emitir avisos para anunciar estos cambios. Algunos ejemplos de documentación que puede verse afectada incluyen (sin limitarse a):

- Acuerdos internacionales
- Publicaciones de Información Aeronáutica (AIP), AIC y NOTAM
- Cartas de Acuerdo (LOA)
- Procedimientos estándar de instalaciones ATC

### **6.2 Impactos Operacionales**

#### **6.2.1 Automatización ATC**

Para las aplicaciones de vigilancia ATC, los procesadores de enlace de datos (DLP) proporcionarán reportes y reportes de estado ADS-B a los sistemas de automatización ATC. Estos reportes incluirán no solo posición/altitud de la aeronave y códigos Modo 3A, sino también parámetros adicionales relacionados con la vigilancia, tales como:

- Velocidad
- Identificación de vuelo
- Medidas de precisión e integridad de los reportes de posición ADS-B

Cuando las medidas de precisión/integridad del ADS-B no sean adecuadas para el servicio prestado, entonces:

- Los datos ADS-B correspondientes no deben mostrarse al controlador, o

## **Apéndice B**

### **B21**

- Se debe notificar al controlador que los datos mostrados no pueden utilizarse.

Las estaciones terrestres ADS-B proporcionarán reportes de vigilancia a una tasa de actualización mayor que la del radar. Los reportes ADS-B también pueden ser utilizados por los sistemas de automatización para mejorar la precisión del seguimiento de aeronaves y funciones de seguridad como las alertas de conflicto (CA) y MSAW.

Debido a la vigilancia adicional que proporciona el ADS-B, los proveedores de servicios ATS podrían desear implementar funciones de fusión en las plataformas de automatización ATC. Esta capacidad combina cualquier fuente de vigilancia disponible (ADS-B, radar, WAM) y presenta un único blanco rastreado al ATC. Esto permite que la automatización proporcione una visualización sincronizada más rápida y, cuando el ADS-B es parte del blanco fusionado, se muestra al controlador una posición más precisa.

#### **6.2.2 Automatización de la Gestión del Flujo de Tránsito Aéreo (ATFM)**

Para los sistemas de automatización ATFM, los reportes ADS-B pueden incorporarse como parte del suministro de datos de vigilancia ya establecido por los sistemas de automatización ATC en ruta y terminal.

No se anticipan impactos operacionales significativos. Cualquier problema relacionado con el reporte o la sincronización asíncrona debe resolverse dentro de los sistemas de automatización ATC antes de que los datos se transfieran al sistema ATFM.

El uso de vigilancia mejorada por parte de los sistemas, procesos y personal ATFM será el mismo que se describió previamente.

Diagramas que muestran cómo el ADS-B fortalece los sistemas ATFM a nivel nacional o regional se incluyen en el **Apéndice E**.

#### **6.2.3 Sistemas de Vigilancia basados en Radar**

Será necesario contar con un método de interfaz de comunicaciones con los radares primarios y secundarios existentes, o con sistemas WAM (multilateración de área amplia), para proporcionar las mediciones de los sensores.

#### **6.2.4 Procedimientos del proveedor de servicios y de los usuarios**

La introducción del ADS-B puede requerir cambios en los procedimientos operativos estándar del control de tránsito aéreo (ATC), con el fin de optimizar los posibles beneficios operacionales en términos de eficiencia.

#### **6.2.5 Estándares de Separación de ADS-B**

Podría ser necesario realizar análisis para determinar los estándares de separación entre blancos con diferente equipamiento, recibidos desde distintos sistemas de vigilancia, incluyendo las zonas de transición entre estas áreas.

Una vez que un proveedor de servicios demuestre que la precisión e integridad de la posición proporcionada por el ADS-B es equivalente o superior a la del radar secundario de vigilancia (SSR), podrán aplicarse los mínimos de separación radar establecidos por la OACI en el PANS-ATM

## **Apéndice B**

### **B22**

(Capítulo 8).

El objetivo es establecer un estándar común y armonizado de separación mínima entre proveedores de servicios.

#### **6.3 Impactos sobre proveedores de servicios y usuarios**

La decisión sobre el equipamiento variará según el tipo de usuario, y debe considerarse el efecto que tendrá la implementación y operación del ADS-B tanto en quienes cuenten con el equipamiento como en quienes no lo tengan. Cada Estado definirá y aplicará los estándares de equipos de aviónica y navegación a través de sus publicaciones correspondientes, los cuales deberán estar alineados con los estándares mínimos especificados por la OACI.

Cada Estado emitirá una publicación que prescriba los estándares mínimos de rendimiento para los equipos de navegación utilizados por la aviación civil. La OACI emite normas y métodos recomendados para la aviación civil internacional. El desarrollo de estándares mínimos de rendimiento para usuarios militares puede ser responsabilidad de los respectivos organismos o servicios de defensa. Estos estándares militares deben ajustarse a los requisitos de rendimiento de navegación requeridos en el espacio aéreo civil, prevenir violaciones a las autorizaciones del tránsito aéreo civil y garantizar la separación segura entre el tránsito aéreo militar y civil.

##### **6.3.1 Capacitación de usuarios y proveedores de servicios**

Dado que el ADS-B Out será parte de los sistemas de vigilancia ATS, los cuales se han utilizado durante varias décadas, no se espera que los usuarios ni los proveedores de servicios requieran entrenamiento simulado o especial. Sin embargo, será necesaria una instrucción teórica para comprender las capacidades, características y limitaciones de esta nueva tecnología. Esta instrucción incluirá, pero no se limitará a:

- Normas que regulan las áreas y condiciones en las que se permite la aplicación del ADS-B.
- Normas que regulan los niveles de equipamiento certificado y las calificaciones del personal.
- Normas y procedimientos para la aplicación de separación.

## Apéndice B B23

### 7. Implementación del ADS-B

La implementación del ADS-B, como cualquier nueva solución tecnológica, debe basarse en un caso de negocio positivo, maximizando las capacidades existentes de las aeronaves cuando esté justificado desde el punto de vista operacional. La implementación del ADS-B y su infraestructura asociada deberán considerar, entre otros aspectos:

- Mejoras medibles en seguridad operacional y/o eficiencia, acordadas por las partes interesadas.
- Un proceso de consulta inclusivo con las aerolíneas antes de realizar inversiones.
- Estar respaldada por un análisis de costo-beneficio coordinado.
- Seguir los principios de cobro a los usuarios establecidos por la OACI.

El cronograma de implementación del ADS-B, a la fecha de aprobación de este documento, se encuentra en el Apéndice F.

En la etapa final de implementación del ADS-B, coincidiendo con el fin del ciclo de vida de los radares ya instalados, el ADS-B no debería implementarse como una capacidad redundante de vigilancia. Siempre que exista un caso de negocio positivo, debería reemplazar al radar o utilizarse en espacio aéreo no radarizado para mejorar la vigilancia ATS. Se deberán evaluar excepciones cuando exista un requerimiento operacional significativo (por ejemplo, por la complejidad y/o volumen del tránsito) que justifique mantener tanto radar como ADS-B. Los plazos de transición deberán determinarse en consulta con los usuarios del espacio aéreo.

La obligación de equipar las aeronaves con ADS-B OUT debe considerarse únicamente para el espacio aéreo donde se haya planificado que el ADS-B sea la única capacidad de vigilancia. Una vez que las estaciones terrestres ADS-B estén operativas, los proveedores de servicios de navegación aérea (ANSP) deberán, en base al fin del ciclo de vida de los radares, y en consulta con las aerolíneas, establecer pública y transparentemente un cronograma para retirar otras infraestructuras de vigilancia.

La racionalización de la infraestructura radar es una tendencia posible y emergente tras la implementación exitosa del ADS-B en ciertos espacios aéreos. De acuerdo con el Plan Global de Navegación Aérea (GANP), módulo ASUR-B4/1, “se espera que la vigilancia cooperativa se convierta en el medio principal de vigilancia y típicamente será proporcionada por sistemas ADS-B y MLAT, mientras que los radares giratorios serán retirados al final de su vida útil, cuando sea apropiado”.

El rendimiento requerido para los sistemas ADS-B, tanto a bordo como en tierra, debe estar alineado con los mínimos de separación longitudinal aplicados o previstos para el espacio aéreo en cuestión. Esta alineación debe estar respaldada por las ganancias proyectadas en capacidad y eficiencia, validadas a través de un caso de negocio positivo y una evaluación de seguridad correspondiente. El uso operacional del ADS-B por parte de los Estados —y los mínimos de separación aplicados o introducidos— deben guiarse por la Circular 326 de la OACI, *Evaluación del ADS-B y de la Vigilancia por Multilateración para Apoyar los Servicios de Tránsito Aéreo y Directrices para su Implementación*, y deben estar respaldados por una evaluación de las capacidades existentes a bordo de las aeronaves.

Nota: La Circular 326 de la OACI proporciona orientación sobre la implementación del ADS-B,

## Apéndice B

### B24

abarcando, entre otros aspectos, estándares de separación, necesidad de un concepto de espacio aéreo, requisitos de rendimiento y criterios para la evaluación de seguridad.

La implementación del ADS-B debe formar parte de una planificación integrada que incluya, como mínimo, sistemas/procedimientos de comunicaciones, navegación y gestión del tránsito aéreo (ATM), con el objetivo de ofrecer beneficios concretos a los usuarios del espacio aéreo, tales como una mejor gestión del flujo de tránsito aéreo, separación optimizada de aeronaves y operaciones mejoradas mediante trayectorias optimizadas en ruta —FRTO— (por ejemplo, rutas preferidas por el usuario —UPR—, rutas directas estratégicas —SDR— y espacio aéreo de ruta libre —FRA—).

En este sentido, y de acuerdo con la orientación brindada por la OACI para la planificación e implementación del Plan Global de Navegación Aérea, los Estados deben utilizar el Método de los Seis Pasos provisto en el Doc. 9883 de la OACI para llevar a cabo dicha planificación/implementación integrada, aplicando sus principios fundamentales:

- Fuerte enfoque en los resultados deseados/requeridos.
- Toma de decisiones basada en hechos y datos.
- Toma de decisiones colaborativa y justificada.

#### **7.1 ADS-B COMO FACILITADOR PARA PROYECTOS ATM Y DE SEGURIDAD OPERACIONAL**

##### **7.1.1 Optimización de los mínimos de separación longitudinal**

Actualmente, en varios límites entre Regiones de Información de Vuelo (FIR) de la Región SAM, los mínimos de separación longitudinal aplicados por los Centros de Control de Área (ACC) son de 80 millas náuticas (NM) o 10 minutos. Algunas iniciativas en la Región SAM han buscado reducir dicha separación a 40 NM, evolucionando hacia 20 NM en un entorno sin radar, mediante la aplicación de distancia GNSS y comunicación VHF, conforme lo establece el Doc. 4444 de la OACI. Sin embargo, aún persiste cierta resistencia a utilizar estos mínimos de separación debido a la falta de vigilancia ATS.

El ADS-B debería utilizarse para cubrir los vacíos existentes en los límites de las FIR CAR/SAM, con el fin de impulsar la reducción de los mínimos de separación longitudinal a 20 NM, evolucionando gradualmente a 10 NM, como lo recomendó la 14.ª Conferencia de Navegación Aérea de la OACI. Los Estados deben prestar especial atención a la posible necesidad de cubrir brechas en la comunicación VHF para cumplir con todos los requisitos necesarios para dicha implementación.

##### **7.1.2 Operaciones mejoradas mediante trayectorias optimizadas en ruta – FRTO**

La implementación de operaciones mejoradas mediante trayectorias optimizadas en ruta (FRTO), a través de rutas preferidas por el usuario (UPR), rutas directas estratégicas (SDR) y espacio aéreo de ruta libre (FRA), es una de las principales iniciativas para mejorar el desempeño en eficiencia mediante la reducción del tiempo y la distancia de vuelo, el perfeccionamiento del perfil vertical y el ahorro de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub>.

Algunas iniciativas de FRTO en porciones de la Región SAM no han sido posibles debido a deficiencias en la vigilancia ATS y en la cobertura VHF, principalmente en los límites de las FIR. Una planificación integrada del ADS-B y la cobertura VHF en estos límites, como complemento de la infraestructura existente, podría impulsar la implementación de rutas directas transfronterizas (SDR), evolucionando gradualmente hacia un espacio aéreo de ruta libre transfronterizo (FRA).

## Apéndice B B25

### 7.1.3 OPFL – Separación entre blancos utilizando datos ADS-B satelitales

Con la llegada de los datos ADS-B satelitales en áreas oceánicas y continentales remotas, se proyectan ventajas en capacidad, eficiencia y medio ambiente derivadas de los mínimos de separación basados en ADS-B satelital (SB ADS-B).

Un mínimo de separación entre blancos “similar al radar”, que aprovecha la mayor frecuencia de actualización de la información posicional y utiliza capacidades de comunicación vía enlace de datos (datalink) —para aquellos casos en que no existe comunicación VHF—, ofrecerá mayor flexibilidad y liberará a las aeronaves de la necesidad de seguir rutas específicas. La separación horizontal aplicando ADS-B y un sistema de comunicación que cumpla con el RCP 240 puede ser de 15 NM, de acuerdo con el Doc. 4444 de la OACI.

La implementación de mínimos de separación entre blancos aliviará los requisitos de adherencia a rutas asociados con mínimos de separación procedimental y, como consecuencia, incrementará el acceso a niveles de vuelo óptimos.

La disponibilidad de esta flexibilidad permitirá una mayor eficiencia del espacio aéreo, reduciendo el consumo de combustible y, por ende, las emisiones de gases de efecto invernadero.

### 7.1.4 Reducción de desviaciones significativas de altitud (LHD) e implementación de AIDC

Durante la vigésima tercera reunión del Grupo de Trabajo de Análisis del GREPECAS (GTE/23), se informó que las desviaciones significativas de altitud (LHD) con código "E" (error o falla en la coordinación entre dependencias ATC) fueron las más frecuentes en 2022, con 685 de 711 eventos (96%). Este elevado número de códigos "E" ha sido constante desde el inicio de los trabajos del GTE, posterior a la implementación del RVSM, lo que resalta la necesidad de una mejor coordinación entre unidades de tránsito aéreo adyacentes. Esto podría lograrse mediante campañas de concientización y capacitación en coordinación entre controladores.

Una de las principales herramientas para mejorar la coordinación entre dependencias ATS adyacentes es la implementación del protocolo de coordinación automatizada AIDC. Dado el elevado número de eventos con código E, su implementación se considera de alta prioridad en la Región SAM.

La implementación del AIDC depende de una adecuada vigilancia ATS en los límites de las FIR, incluyendo un solapamiento apropiado. En este sentido, la instalación de estaciones ADS-B en los límites de las FIR para cubrir las actuales brechas en la vigilancia ATS constituye uno de los requisitos para una implementación adecuada del AIDC.

Es importante destacar que, incluso sin implementación de AIDC, una vigilancia ATS adecuada junto con una cobertura VHF apropiada constituyen mecanismos esenciales para mitigar errores en la coordinación entre dependencias ATS.

Diagramas funcionales que describen cómo el ADS-B fortalece los intercambios AIDC —especialmente en FIR fronterizas donde se han reportado altos niveles de desviaciones significativas de altitud (LHD)— se presentan en el **Apéndice G**.

**Apéndice B**  
**B26**

**7.2 Concepto de Operaciones del ADS-B por Bloques – GANP**

Block	Descripción
Baseline	<p>La vigilancia de aeronaves se lleva a cabo mediante el uso de radares de vigilancia cooperativos y no cooperativos. El radar de vigilancia no cooperativo determina la posición de la aeronave a partir de los ecos de retorno del radar. Por su parte, el radar de vigilancia cooperativo se utiliza para transmitir y recibir datos de la aeronave, como la altitud barométrica y el código de identificación.</p> <p>Sin embargo, tanto los radares cooperativos como los no cooperativos presentan limitaciones importantes para su instalación en ubicaciones oceánicas o en terrenos accidentados, como regiones montañosas. Además, dependen en gran medida de componentes mecánicos, lo que implica elevados requerimientos de mantenimiento.</p>
Block 0	<p>a vigilancia se proporciona con el apoyo de nuevas tecnologías como <b>ADS-B OUT</b> y los sistemas de <b>multilateración de área amplia (MLAT)</b>. Estas capacidades serán utilizadas en diversos servicios de gestión del tránsito aéreo (ATM), tales como la provisión de información de tránsito, búsqueda y rescate, y separación entre aeronaves.</p> <p>Los sistemas ADS-B OUT y MLAT complementan a los radares de vigilancia cooperativa existentes, y pueden ser desplegados de forma independiente o conjunta. Dependiendo de las necesidades locales del espacio aéreo, el ADS-B o el MLAT pueden reemplazar al radar cooperativo.</p>
Block 1	<p>La vigilancia ADS-B también puede prestarse mediante receptores a bordo de satélites, lo que permite mejorar las opciones de vigilancia en áreas oceánicas y remotas.</p>
Block 2	<p>La evolución del ADS-B y de la aviónica de los transpondedores aporta nueva información sobre la aeronave y el entorno atmosférico, que puede ser utilizada para respaldar tanto los servicios de los proveedores de navegación aérea (ANSP) como las aplicaciones de vehículo a vehículo.</p> <p>También están surgiendo nuevos sistemas de vigilancia basados en comunidades e internet para el seguimiento de vehículos aéreos tanto a baja como a gran altitud.</p> <p>Se ha establecido un marco de vigilancia basada en el desempeño (<i>Performance-Based Surveillance</i>) para los servicios de los ANSP. Dentro de este marco temporal, las identidades, posiciones y velocidades de los vehículos podrían compartirse mediante internet.</p> <p>La vigilancia automática dependiente por radiodifusión entre vehículos (<i>ADS-B vehicle-to-vehicle</i>) podría ofrecerse, potencialmente, en un espectro diferente dentro del espacio aéreo inferior para operaciones con aeronaves pilotadas a distancia (RPA) de pequeño tamaño.</p>
Block 3	<p>Todas las identidades, posiciones y velocidades de las aeronaves son proporcionadas o compartidas por el operador a través de una red</p>

## Apéndice B

### B27

	<p>aeronáutica.</p> <p>Un marco de vigilancia basada en el desempeño permite a los proveedores de servicios de navegación aérea (ANSP) determinar la combinación más eficaz de métodos de vigilancia.</p> <p>Se espera que la vigilancia cooperativa sea el medio principal de vigilancia, siendo típicamente proporcionada por sistemas ADS-B y MLAT. Los radares giratorios serán reemplazados al final de su vida útil, cuando sea apropiado. Además, están disponibles nuevas técnicas pasivas de vigilancia no cooperativa que permiten ofrecer estos servicios a un costo reducido.</p>
--	---

### 7.3 Planificación CNS Integrada en la Región SAM

La implementación del ADS-B priorizará la cobertura de brechas existentes en los sistemas de comunicaciones y vigilancia ATS en la Región SAM. Una cobertura adecuada, especialmente en los límites de las FIR, permitirá mejorar tanto la seguridad operacional como la eficiencia del sistema.

### 7.4 Vinculación con los compromisos ambientales internacionales

Una planificación integrada, que incluya al ADS-B como uno de los habilitadores claves para alcanzar eficiencia en vuelo, permitirá a los Estados complementar otros esfuerzos de reducción de emisiones del sector de la aviación, tales como las innovaciones tecnológicas y el uso de combustibles sostenibles para la aviación, con el fin de cumplir con el objetivo aspiracional de la OACI de crecimiento neutro en carbono.

Los Estados deben utilizar los indicadores ambientales del GANP y de eficiencia de vuelo para reducir las emisiones a través de rutas optimizadas y menores mínimos de separación.

### 7.5 Marco Propuesto de Implementación Regional y Priorización para la Vigilancia ADS-B

En alineación con los objetivos estratégicos regionales para mejorar la vigilancia y proporcionar servicios de tránsito aéreo sin fisuras, se propone el siguiente marco estructurado para guiar la implementación progresiva y la priorización del ADS-B en los FIR de la Región CAR/SAM:

#### 1. Cronograma de implementación por FIR

Para apoyar el objetivo regional de alcanzar cobertura ADS-B por encima del FL290 para el año 2030, los Estados deberían adoptar un plan de implementación por fases adaptado a cada FIR. La priorización debe basarse en los siguientes criterios operacionales:

- Áreas con alta densidad de tránsito IFR.
- Regiones fronterizas con cobertura radar insuficiente.
- FIR con antecedentes documentados de desviaciones significativas de altitud (LHD).

FIR de interés inmediato incluyen aquellas que cubren la cuenca amazónica, los corredores andinos y el espacio aéreo del Caribe oriental.

#### 2. Arquitectura de intercambio de datos entre FIR

## **Apéndice B**

### **B28**

Para permitir una vigilancia eficaz y continua en los límites entre FIR, los Estados deberían adoptar un marco de intercambio de datos estandarizado, seguro e interoperable, que incluya:

- Uso del formato ASTERIX Categoría 021 para codificación de mensajes.
- FTP seguro o repositorios espejo para compartir datos.
- Compatibilidad con plataformas regionales SWIM, donde estén disponibles.

#### **3. Integración operativa con ATFM y AIDC**

La integración de la vigilancia ADS-B en los sistemas ATM existentes debe permitir:

- Mejora de la coordinación AIDC transfronteriza, reduciendo el riesgo de LHD y mejorando la previsibilidad en los traspasos.
- Integración con los sistemas de gestión del flujo de tránsito aéreo (ATFM) mediante actualizaciones de trayectorias en tiempo real.

Se recomienda el uso de diagramas funcionales y modelos de interfaz para ilustrar estas mejoras.

#### **4. Referencia de evaluación económica**

Para apoyar el análisis de costo-beneficio y la planificación de inversiones, se debería desarrollar una tabla de referencia regional que incluya:

- Costos estimados de adquisición e instalación por estación terrestre ADS-B.
- Costos de integración con sistemas ATC/ATM.
- Beneficios operacionales proyectados, como ahorro de combustible y optimización de capacidad.

#### **5. Indicadores regionales de priorización**

Se propone una lista armonizada de indicadores de priorización para asistir a los Estados en la identificación de áreas críticas para el despliegue. Estos incluyen:

- Volumen de movimientos IFR.
- Brechas existentes en la cobertura SSR o radar.
- Deficiencias en la cobertura de comunicaciones VHF.
- Limitaciones reportadas en la coordinación AIDC.
- Tasas históricas de LHD por FIR.

#### **6. Requisitos de capacitación y certificación**

Se deben establecer estándares mínimos de capacitación y certificación para:

- Controladores de tránsito aéreo que apliquen mínimos de separación basados en ADS-B.
- Personal CNS responsable de la operación y mantenimiento de los sistemas ADS-B.
- Supervisores encargados de la aplicación de procedimientos ADS-B.

## **Apéndice B**

### **B29**

Los programas de capacitación deben alinearse con las disposiciones de la OACI, incluyendo el Doc 4444 (PANS-ATM), la Circular 326, el Doc 10012, y los módulos TRAINAIR Plus.

#### **7. Beneficios ambientales y de eficiencia**

Se espera que la implementación del ADS-B contribuya significativamente a los objetivos de sostenibilidad ambiental definidos en el GANP y bajo el marco del CORSIA de la OACI. Entre los beneficios destacados se incluyen:

- Reducción del consumo de combustible gracias a rutas optimizadas y menores mínimos de separación.
- Disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> como resultado de una vigilancia más precisa y una mayor eficiencia en las operaciones de vuelo.

Este marco respalda la transición regional hacia una vigilancia basada en el desempeño, permitiendo una implementación armonizada, una mayor seguridad operacional y un mayor compromiso con la sostenibilidad ambiental.

**Apéndice B**  
**B30**

**APÉNDICE A**  
**Criterios de priorización para la implementación de ADS-B destinada a cubrir brechas en la**  
**vigilancia ATS**

TBD

**Apéndice B**  
**B31**

**APÉNDICE B**  
**Costos de referencia para la implementación de ADS-B**

TBD

**Apéndice B**  
**B32**

**APÉNDICE C**

**Arquitectura regional para el intercambio de datos ADS-B entre Proveedores de Servicios de Navegación Aérea (ANSP)**

**TBD**

**Apéndice B**  
**B33**

**APÉNDICE D**

**Guía de requisitos de capacitación para Controladores de Tránsito Aéreo, Técnicos CNS y Supervisores**

**TBD**

**Apéndice B**  
**B34**

**APÉNDICE E**

**Diagramas que describen cómo el ADS-B fortalece los sistemas ATFM nacionales o regionales**

**TBD**

**Apéndice B**  
**B35**

**APÉNDICE F**

**Cronograma de implementación del ADS-B**

**Apéndice B**  
**B36**

**APÉNDICE G**

**Diagramas funcionales que describen cómo el ADS-B fortalece los intercambios AIDC, especialmente en FIR fronteras con altos niveles de LHD (Desviaciones Significativas de Altitud)**

**TBD**

**Apéndice B**  
**B37**

**APÉNDICE H**

**Referencias**

- [1] Estudio ADS-B del APANPIRG, Manual de Metodología de Planificación del Espacio Aéreo para la Determinación de Mínimos de Separación (Doc 9689), Segunda Edición, 2017.
- [2] Concepto de Operaciones de Vigilancia ADS-B Basada en el Espacio en Espacio Aéreo Oceánico, Borrador 0.2, con fecha 1 de febrero de 2012.
- [3] Documento OACI 9854, “Concepto Operacional Global de Gestión del Tránsito Aéreo”, Primera Edición, 2005.
- [4] Doc 4444, “Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea – Gestión del Tránsito Aéreo”, OACI, Décima sexta edición, 2016.
- [5] Anexo 2 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, “Reglamento del Aire”, OACI, julio de 2005.
- [6] Anexo 4 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, “Cartografía Aeronáutica”, OACI, julio de 2009.
- [7] Anexo 11 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, “Servicios de Tránsito Aéreo”, OACI, Decimocuarta Edición, julio de 2016.
- [8] Anexo 15 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, “Servicios de Información Aeronáutica”, OACI, Decimoquinta Edición, julio de 2016.
- [9] Circular OACI 326, “Evaluación de la Vigilancia ADS-B y Multilateración para Apoyar los Servicios de Tránsito Aéreo y Guía para su Implementación”, OACI, 2012.

**Apéndice B**  
**B38**

**APPENDIX I – Definitions and Glossary**

ACAS	(ICAO) Airborne Collision Avoidance System
ACC	Area Control Centre
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance - Broadcast
ADS-C	Automatic Dependent Surveillance – Contract
ANS	Air Navigation Services
ANSP	Air Navigation Services Provider
ATC	Air Traffic Control
ATCO	Air Traffic Controller
ATM	Air Traffic Management
ATS	Air Traffic Service
CPDLC	Controller Pilot Data Link Communications
CRM	Collision Risk Model
CSP	Communication Service Provider
CTA	Control Area
DCPC	Direct Controller Pilot Communication
Doc 4444	(ICAO) Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management (PANS-ATM)
FIR FL (number)	Flight Information Region Flight Level
GNSS	Global Navigation Satellite System
HF	High Frequency
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
IGA	International General Aviation
MNPS	Minimum Navigation Performance Specifications
MTCD	Medium Term Conflict Detection

**Apéndice B**  
**B39**

NAT	(ICAO) North Atlantic (Region)
NM	Nautical Miles
OCA	Oceanic Control Area
PBN	Performance Based Navigation
RCP	Required Communication Performance
RNPC	Required Navigation Performance Capability
RVSM	Reduced Vertical Separation Minima
SAR	Search and Rescue
SATCOM	Satellite Communications
SATVOICE	Satellite Voice Communications
SMS	Safety Management System
TCAS	Traffic Collision Avoidance System
VHF	Very High Frequency

**Apéndice B**  
**B40**

**APPENDIX J: Hazard and Risk Evaluation of ADS-B Application:**

**Table Att-1. Severity table (basic)**

<i>Level</i>	<i>Descriptor</i>	<i>Severity description (customize according to the nature of the product or the service provider's operations)</i>
1	Insignificant	No significance to aircraft-related operational safety
2	Minor	Degrades or affects normal aircraft operational procedures or performance
3	Moderate	Partial loss of significant/major aircraft systems or results in abnormal application of flight operations procedures
4	Major	Complete failure of significant/major aircraft systems or results in emergency application of flight operations procedures
5	Catastrophic	Loss of aircraft or lives

**Table Att-3. Likelihood table**

<i>Level</i>	<i>Descriptor</i>	<i>Likelihood description</i>
A	Certain/frequent	Is expected to occur in most circumstances
B	Likely/occasional	Will probably occur at some time
C	Possible/remote	Might occur at some time
D	Unlikely/improbable	Could occur at some time
E	Exceptional	May occur only in exceptional circumstances

**Table Att-4. Risk index matrix (severity × likelihood)**

<i>Likelihood</i>	<i>Severity</i>				
	<i>1. Insignificant</i>	<i>2. Minor</i>	<i>3. Moderate</i>	<i>4. Major</i>	<i>5. Catastrophic</i>
A. Certain/frequent	<b>Moderate (1A)</b>	<b>Moderate (2A)</b>	<b>High (3A)</b>	<b>Extreme (4A)</b>	<b>Extreme (5A)</b>
B. Likely/occasional	<b>Low (1B)</b>	<b>Moderate (2B)</b>	<b>Moderate (3B)</b>	<b>High (4B)</b>	<b>Extreme (5B)</b>
C. Possible/remote	<b>Low (1C)</b>	<b>Low (2C)</b>	<b>Moderate (3C)</b>	<b>Moderate (4C)</b>	<b>High (5C)</b>
D. Unlikely/improbable	<b>Negligible (1D)</b>	<b>Low (2D)</b>	<b>Low (3D)</b>	<b>Moderate (4D)</b>	<b>Moderate (5D)</b>
E. Exceptional	<b>Negligible (1E)</b>	<b>Negligible (2E)</b>	<b>Low (3E)</b>	<b>Low (4E)</b>	<b>Moderate (5E)</b>

(Adapted from Doc 9859)

Anexo B  
B-1

Operational Activity	Identified Hazards and Risks	Description of Risk	Initial Risk Assessment			Further Mitigation factors	Revised Risk Assessment		
			Likelihood	Consequence	Risk Level		Likelihood	Consequence	Risk Level
ADS-B Operational Trial	Failure of Ground Station	Loss of ADS-B positional data to the controller. Increase in workload due to transitioning to procedural control and reassess traffic.	unlikely	Insignificant	3D	Revert to procedural control and apply appropriate separation standard for affected aircraft. A site monitoring system shall provide a degree of on-line integrity monitoring. Warnings would be provided to ATC if site monitoring is not received.	unlikely	insignificant	3D
Incorrect Data broadcast by an aircraft due to data corruption	Incorrect data due to data corruption broadcast by the aircraft ADS-B transponder. The GNSS on the aircraft still operating correctly.	Significant error in the displayed position of the aircraft that could lead to a breakdown in separation without the controller being aware.	remote	moderate	3D	controller observation of history trail and look for track jump	remote	minor	2D

**Apéndice B**  
**B2**

Operational Activity	Identified Hazards and Risks	Description of Risk	Initial Risk Assessment			Further Mitigation factors	Revised Risk Assessment		
			Likelihood	Consequence	Risk Level		Likelihood	Consequence	Risk Level
Corruption of Data by the ground station	Incorrect data displayed to the controller due to data corruption at the ADS-B ground station	Error in the reported position of the aircraft therefore could lead to a breakdown in separation without the controller being aware. This may affect all data.	Improbable		3D	Controller observation of history trail and look for track jump. Ensure only tested and proven ADS-B ground station are used in the operational trials. Ensure Route adherence monitoring is implemented for ADS-B tracks.			
Loss of position accuracy of reported position	The accuracy performance of the navigational equipment in the aircraft has deteriorated to the level that it is not acceptable to support the specified separation standard	Loss of ADS-B positional data to the controller. Increase in workload due to transitioning back to procedural control and reassess traffic	remote	moderate	3D	Ensure the ATM system will detect degradation in accuracy performance below a specified threshold and provide appropriate visual notification to the Unit concerned (NUC value). Revert to procedural control for the affected aircraft. Site	remote	minor	2D

**Apéndice B**  
**B3**

Operational Activity	Identified Hazards and Risks	Description of Risk	Initial Risk Assessment			Further Mitigation factors	Revised Risk Assessment		
			Likelihood	Consequence	Risk Level		Likelihood	Consequence	Risk Level
						monitoring is used to validate that it is only one aircraft affected.			
Incorrect processing of ADS-B Data by the ATM system	Data reaching the ATM system processed in such a way as to give a false indication of position, altitude, or trajectory	Possible error in the displayed position of the aircraft therefore could lead to a breakdown in separation	remote	moderate	3C	Conduct comprehensive testing of the ADS-B processing and displaying functionality of the ATM. Test should include the conduct flight tests and compare results to commissioned radar information.	improbable	moderate	3D

**Apéndice B**  
**B4**

Operational Activity	Identified Hazards and Risks	Description of Risk	Initial Risk Assessment			Further Mitigation factors	Revised Risk Assessment		
			Likelihood	Consequence	Risk Level		Likelihood	Consequence	Risk Level
Failure of GNSS satellites	Loss of ADS-B tracks at the ATS unit	Loss of ADS-B data and Nuc drops causes an increase in workload and procedural control in re-established.	unlikely	moderate		site monitoring installed to provide a degree of on-line monitoring and warning to ATC if site monitoring			
Inadequate ATS Training	Introduction of ADS-B function to an ATS unit without adequate training introduces a new hazard.	Insufficient training in MHI, new procedures and transition from ADS-B control to procedural control and may increase the probability of breakdown in separation.	possible	moderate	3C	provide comprehensive training that covers all operational aspects including contingencies	unlikely	moderate	3D
Inadequate Operational Procedures	Introduction of new ADS-B function is new to ATS, and adequate operational procedures will introduce a	inadequate operational procedures for managing and controlling ADS-B areas increases the probability of a	remote	minor	3C	Maximize the reuse of proven operational procedures to handle ADS-B control areas. Ensure sufficient procedures are	unlikely	minor	2D

**Apéndice B**  
**B5**

Operational Activity	Identified Hazards and Risks	Description of Risk	Initial Risk Assessment			Further Mitigation factors	Revised Risk Assessment		
			Likelihood	Consequence	Risk Level		Likelihood	Consequence	Risk Level
	hazard to the system	breakdown				developed and tested for the transition between ADS-B and Procedural control			
RF Jamming	Radio Frequency Jamming of ADS-B due to deliberate or non-deliberate actions	Loss of ADS-B positional data to the ATS unit result in in an increase in workload due to transitioning to procedural control.	improbable		3D	Increase in the level of security and security response at ground installations			
incorrect altitude data transmitted by aircraft	Aircraft transmitting wrong altitude because of faulty barometer or wrong geometric levels on display	Could lead to a loss of separation between aircraft or CFIT	unlikely	major	4D	obtain verbal verification of altitude when ADS-B target is observed	improbable	major	4D

**Apéndice B**  
**B6**

Operational Activity	Identified Hazards and Risks	Description of Risk	Initial Risk Assessment			Further Mitigation factors	Revised Risk Assessment		
			Likelihood	Consequence	Risk Level		Likelihood	Consequence	Risk Level
Incorrect 24-bit code	incorrect 24-bit code filed on the flight plan leading to mismatch or no match ADS-B target to filed FPL	wrong call sign affixed to aircraft track leading to increase workload for controller to rationalize the proper callsign	remote	minor	2C	work by plight plan monitoring group to identify how often this occurs and put measures to reduce the incidents with operator	improbable	minor	2D
Failure of communication link between the ground station and ATS unit	loss of ADS-B position at the ATS unit due to the loss of data from ground station	increase in controller workload transitioning to procedural control and possible loss of separation between aircraft	unlikely	moderate	3D	ensure redundancy of communication lines and power and reliability of technical support for the ground installation	unlikely	moderate	3D
Failure of site monitor	site monitor relays information on the suitability of data received from ADS-B returns	erroneous data could be reaching the ATM system and be undetected by the controller leading to loss of separation	remote	moderate	3C	scheduled checks on site monitoring equipment done at frequent intervals and data collection and analysis	remote	moderate	3C

**Apéndice B**  
**B7**

Operational Activity	Identified Hazards and Risks	Description of Risk	Initial Risk Assessment			Further Mitigation factors	Revised Risk Assessment		
			Likelihood	Consequence	Risk Level		Likelihood	Consequence	Risk Level
Mixed operating environment	controller having different tracks to work with ADS-B, Flight Plan and SSR tracks	increase in controller workload transitioning different separation standards and possible loss of separation between aircraft	possible	moderate	3C	adequate initial training in procedures and regular refresher training to ensure controller competence	unlikely	moderate	3D

<<

-----