



NOTA DE ESTUDIO

DUODÉCIMA CONFERENCIA DE NAVEGACIÓN AÉREA

Montreal, 19 - 30 de noviembre de 2012

Cuestión 4 del orden del día: Optimización de la capacidad y la eficiencia mediante una ATM mundial colaborativa
4.1: Gestión eficiente del espacio aéreo y mayor eficiencia para manejar la afluencia mediante la toma de decisiones en colaboración (CDM)

CONSIDERACIONES DE LOS ESTADOS UNIDOS SOBRE LOS MÓDULOS DE MEJORAS POR BLOQUES DEL SISTEMA DE AVIACIÓN EN RELACIÓN CON LOS SISTEMAS ANTICOLISIÓN DE A BORDO

(Nota presentada por los Estados Unidos)

RESUMEN

En esta nota se presentan las consideraciones de los Estados Unidos sobre la implantación de las mejoras por bloques del sistema de aviación (ASBU) en relación con los sistemas anticolisión de a bordo (ACAS). En respuesta a la indicación del 37º período de sesiones de la Asamblea de la OACI, la Organización estableció ASBU para facilitar la armonización e interoperabilidad global con respecto al espacio aéreo.

Hay dos módulos de ASBU relativos a los sistemas anticolisión de a bordo, el módulo B0-101: mejoras del ACAS y módulo B2-101: Nuevo sistema anticolisión. En la investigación de la Administración Federal de Aviación (FAA) de los Estados Unidos se han examinado los beneficios y la viabilidad de ambos módulos. Esa investigación indica que las mejoras progresivas del ACAS actual no aportarán beneficios considerables en el espacio aéreo de los EE.UU. Sin embargo, la investigación revela que la creación de un nuevo sistema anticolisión redunda en importantes beneficios operacionales y de seguridad operacional. La FAA está diseñando un nuevo sistema anticolisión (ACAS-X), que utiliza nuevos adelantos en programación dinámica para generar avisos de resolución de amenazas que reducen las tasas de alerta e incrementan la seguridad operacional. Ante esas conclusiones y teniendo en cuenta las limitaciones presupuestarias, la FAA dará prioridad al diseño del ACAS-X en respaldo del Módulo ASBU B2-101.

Medidas propuestas a la Conferencia: Se invita a la Conferencia a convenir en la recomendación contenida en el párrafo 3.2.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 En la AN-Conf/12-WP/3 se informó a la Conferencia del *Plan Mundial de Navegación Aérea* (Doc 9750) actualizado y del concepto de las actualizaciones de mejoras por bloques del sistema de aviación (ASBU). Las ASBU respaldan un marco de módulos individuales que describen las soluciones o mejoras al sistema de gestión del tránsito aéreo (ATM), las repercusiones relativas al equipamiento y los

planes de transición. El Bloque 0 consiste en mejoras a corto plazo de los equipos existentes, el Bloque 1 está compuesto de mejoras para el año 2018, el Bloque 2 define metas para 2023 y el Bloque 3, para 2028 en adelante.

1.2 También se informó a la Conferencia, en la AN-Conf/12-WP/12, de los módulos propuestos que están relacionados directamente con el ACAS. En el Módulo B0-101: Mejoras del ACAS, se describen las posibles mejoras a la capacidad actual del ACAS y en el Módulo B2-101: Nuevo sistema anticolidión, se describe el diseño de un futuro sistema de reemplazo.

1.3 En la presente nota se describe la labor que están llevando a cabo los EE.UU. con respecto a los Módulos B0-101 y B2-101 y se ofrece información sobre planes futuros de los EE.UU. con miras a alcanzar las mejoras previstas en materia de capacidad operacional.

2. MÓDULOS RELACIONADOS CON EL ACAS

2.1 **Antecedentes.** La OACI hizo obligatorio el sistema anticolidión de a bordo (ACAS) II a nivel internacional a partir de 2003 en las grandes aeronaves con motor de turbina y es un sistema maduro. El sistema de alerta de tránsito y anticolidión (TCAS) v6.04a se implantó a comienzos de la década de 1990. Sobre la base de los cambios en el espacio aéreo, tales como la separación vertical mínima reducida (RVSM) y la necesidad de mejoras operacionales, en 1997 se aprobaron normas revisadas para TCAS v7.0 (ACAS II). En respuesta a los problemas observados con la lógica de inversión del TCAS y la confusión de los pilotos con los anuncios auditivos, en 2009 se aprobaron las normas para TCAS v7.1, que se incluyeron en las normas y métodos recomendados (SARPS) en 2010.

2.1.1 *Experiencia operacional en el ACAS* El ACAS II es un sistema eficaz de seguridad operacional; no obstante, la comunidad operacional desea que se hagan más mejoras al sistema para que supere al TCAS v7.1. Existen estudios de seguridad que indican que el ACAS II reduce el riesgo de colisiones en vuelo en un 80-95% y el control operacional de avisos de resolución (RA) del ACAS indica que el ACAS funciona en gran medida según se diseñó. Sin embargo, es posible que se considere a muchos RA “innecesarios”, ya que reflejan interacciones entre los procedimientos normales y seguros en el espacio aéreo y la lógica de alerta del ACAS y no representan necesariamente posibles conflictos. Por ejemplo, los datos de control del TCAS de los Estados Unidos indican que más del 75% de los RA de los EE.UU. se deben a esas interacciones; más del 50% del total de RA está asociado con una separación vertical entre reglas de vuelo por instrumentos (IFR)/reglas de vuelo visual (VFR) de 500 pies; un 7% de los RA está asociado con geometrías de nivelación a 1000 pies IFR/IFR; 12% se generan durante los procedimientos visuales de aproximación paralela y otro 15%, en procedimientos de circuito de tránsito VFR. El espacio aéreo europeo tiene una interacción bastante menor entre el tránsito IFR y VFR, lo que se refleja en los datos de control que indican que más del 50% de los RA en el espacio aéreo europeo se deben a geometrías de nivelación a 1000 pies IFR/IFR. La comunidad operacional ha expresado su deseo de reducir la interacción negativa entre los criterios de alerta del ACAS y los procedimientos actuales o futuros del espacio aéreo.

2.1.2 *El ACAS en el futuro sistema del espacio aéreo.* Según investigaciones, las alertas del ACAS no serán compatibles con algunos procedimientos futuros del espacio aéreo que implican separaciones reducidas y/o geometrías problemáticas. En particular, el ACAS actual no permitirá la separación en ruta de 3 NM, algunos procedimientos de adelantar en cola y operaciones en pistas paralelas de separación reducida. Además, es necesario extender la capacidad del sistema anticolidión a nuevos usuarios del espacio aéreo. Los sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) actualmente carecen de capacidad anticolidión certificada que probablemente será necesaria para facilitar el acceso irrestricto al espacio aéreo. Más allá de los UAS, una capacidad anticolidión rentable aumentará la seguridad operacional de la aviación en general. No obstante, muchos UAS y capacidades de actuación de las

aeronaves de la aviación general no cumplen los requisitos del ACAS. Por último, con el fin de proporcionar una capacidad anticolidión a estos usuarios y mejorar la actuación general del sistema, el futuro sistema anticolidión debe incorporar datos de vigilancia dependiente automática — radiodifusión (ADS-B) y ofrecer la posibilidad de utilizar fuentes de vigilancia, por ejemplo, electroóptica o infrarroja, que puedan emplearse en los UAS. En suma, el futuro sistema anticolidión debe ser fácilmente adaptable (es decir, “ajustable”) para operar con nuevos procedimientos del espacio aéreo a medida que surjan, proporcionar capacidad a nuevas clases de usuarios e incorporar información de vigilancia adicional.

2.2 Módulo B0-101. Este módulo describe mejoras a corto plazo al ACAS II existente para reducir el índice de “alertas innecesarias” y, a su vez, mantener o aumentar el nivel de seguridad operacional actual.

2.2.1 A fin de abordar estas cuestiones, se han puesto en marcha una serie de iniciativas propuestas y en curso. En esta esfera, la labor se centra en reducir la tasa de RA “innecesarios” durante procedimientos normales del espacio aéreo.

2.2.2 *Labor en curso* Airbus está en el proceso de diseño y certificación de la integración de información TCAS TA/RA en el sistema de piloto automático/dispositivo director de vuelo de las aeronaves. Estas iniciativas incluyen la integración de la información de RA del ACAS en los sistemas de piloto automático/dispositivo director de vuelo para permitir la respuesta automática de RA del ACAS. Airbus también está elaborando métodos para reducir la velocidad vertical de las aeronaves pilotadas al recibir TA en algunos casos para evitar la recepción de un RA (TCAP- prevención de alerta TCAS). En evaluaciones de seguridad en que se utilizaron modelos europeos de encuentro y del espacio aéreo se demostró que es posible que esas funciones garanticen la seguridad operacional y disminuyan las tasas de alerta. La función TCAP tiene por objeto reducir los RA innecesarios en encuentros a 1000 pies. Los datos de vigilancia muestran que esos encuentros a 1000 pies representan solo un 7% de los RA en el espacio aéreo de los EE.UU.

2.2.3 *Labor propuesta.* El programa de investigación ATM en el marco del cielo único europeo (SESAR) ha iniciado investigaciones para analizar cambios en los parámetros de alerta del TCAS a fin de reducir los RA “innecesarios”. Los estudios iniciales indican que la alteración de un subconjunto de parámetros del ACAS puede reducir las tasas de alerta en el espacio aéreo europeo; sin embargo, ciertos estudios que utilizaron modelos del espacio aéreo de los Estados Unidos han descubierto que la alteración de los umbrales de alerta vertical del ACAS para reducir las tasas de alerta de separación entre IFR/VFR de 500 pies perjudicó la seguridad operacional (es decir, aumentó la tasa de riesgo). Los análisis iniciales de la propuesta específica del SESAR indican que tendrá beneficios limitados en los EE.UU. y que afectará principalmente a un porcentaje menor de RA preventivos en encuentros IFR/VFR de 500 pies. La eliminación de estos RA tendrá un efecto reducido en la capacidad y eficiencia del espacio aéreo, ya que estos no requieren un cambio en el perfil vertical de la aeronave.

2.3 Módulo B2-101. En este módulo se describe la necesidad de una nueva capacidad anticolidión para permitir que la anticolidión sea eficaz en el entorno del espacio aéreo futuro. Además de las alertas “innecesarias” observadas en el espacio aéreo existente, los estudios indican que los criterios de alerta del TCAS interactúan de forma negativa con algunos procedimientos futuros del espacio aéreo. En particular, se ha demostrado que las operaciones en pistas paralelas de separación reducida (CSPO) o la separación en ruta de 3 NM genera un exceso de RA innecesarios. Un beneficio adicional de un futuro sistema anticolidión es que puede utilizar información de vigilancia adicional, como ADS-B, y ser más fácil de extender a clases de usuarios como la aviación general y los UAS que pueden operar con TCAS II.

2.3.1 *Investigación y desarrollo futuros del ACAS.* Desde 2009, la FAA de los EE.UU. ha financiado la investigación y el desarrollo de una capacidad anticolidión futura conocida como ACAS-X.

Este sistema emplea un nuevo enfoque anticolidión que tiene en cuenta explícitamente las incertidumbres en las mediciones de vigilancia, la respuesta del piloto a las alertas y el futuro Estado propietario y los intrusos. El ACAS-X utiliza técnicas de programación dinámica avanzadas para optimizar la acción anticolidión requerida sobre la base de estas probabilidades y una función de costo con consideraciones operacionales y de seguridad operacional explícitas. El ACAS-X también incorpora una arquitectura de vigilancia que no requiere un sensor específico y permite el uso de ADS-B u otras fuentes de vigilancia. Este enfoque puede adaptarse a una amplia gama de actuaciones y dinámicas de las aeronaves y por lo tanto puede emplearse para extender la capacidad anticolidión a aeronaves de la aviación general y UAS. Además, el ACAS-X permite contar con la capacidad de proporcionar alertas específicas de los procedimientos ante el tránsito seleccionado que participa en procedimientos del espacio aéreo, por ejemplo, CSPO, sin perder la protección general anticolidión ante aeronaves no seleccionadas. Los estudios de modelización y simulación demuestran que el ACAS-X reduce la frecuencia de los RA en más de 30% y mejora la tasa de riesgo en un 50%. El ACAS-X también es compatible con la separación en ruta de 3 NM; se está diseñando una variante específica de los procedimientos para permitir operaciones CSPO utilizando alertas específicas de los procedimientos.

2.4 **Análisis de la RTCA.** El RTCA SC-147 evaluó, junto con el EUROCAE WG-75, los déficits actuales y proyectados para el futuro del ACAS existente y evaluó posibles medidas de mitigación a corto y largo plazo. Este análisis se publicó como RTCA DO-337 en marzo de 2012. En apoyo de este estudio, la FAA ha evaluado las modificaciones al umbral de alerta vertical del ACAS actual y concluyó que este cambio causaba reducciones moderadas de las tasas de alerta, pero aumentaría la tasa de riesgo y solo tendrá un beneficio operacional limitado. Este informe ofrece la conclusión consensuada de que las modificaciones al ACAS existente no bastarán para hacer frente a los déficits actuales o proyectados. Por consiguiente, en ese informe se recomienda el diseño de una capacidad anticolidión futura.

2.5 **Planes de los Estados Unidos relativos al ACAS.** La FAA de los EE.UU. ha evaluado la posibilidad tanto de mejorar el ACAS actual como de diseñar una capacidad anticolidión futura. Dados los limitados recursos disponibles para la investigación y el desarrollo y los beneficios limitados que se obtienen de las modificaciones del ACAS actual, la FAA ha decidido llevar adelante el sistema anticolidión futuro —ACAS-X— con el fin de reducir la tasa de alertas innecesarias, mejorar la interoperabilidad con los procedimientos del espacio aéreo actuales y futuros y extender las capacidades anticolidión a nuevas clases de usuarios, como la aviación general y los UAS.

2.5.1 Razones para la puesta en marcha de un sistema anticolidión futuro. Sobre la base del estudio y la evaluación de las alternativas de modificación del ACAS existente o de diseño de un nuevo sistema, la FAA ha optado por centrarse en el diseño del ACAS-X. En el análisis de la FAA se ha determinado que la modificación del ACAS existente para ofrecer la capacidad deseada requeriría un esfuerzo considerable y el futuro sistema podría estar disponible dentro de un plazo similar.

2.5.1.1 Los estudios que utilizan modelos del espacio aéreo y los encuentros de los EE.UU. revelan beneficios mínimos y, en algunos casos, un incremento de la tasa de riesgo (disminución de la seguridad operacional) asociados con las mejoras progresivas del ACAS existente propuestas por el SESAR. Esto se debe a las diferencias significativas entre el espacio aéreo de los EE.UU. y el de Europa. Por el contrario, se ha demostrado que el ACAS-X reduce las alertas innecesarias y aumenta la seguridad operacional tanto en el espacio aéreo de los EE.UU. como en el del resto del mundo. Además, el ACAS-X es compatible con la separación en ruta de 3 NM y otros procedimientos del espacio aéreo.

2.5.1.2 El ACAS existente no puede incorporar con facilidad la vigilancia ADS-B u otras fuentes de vigilancia. Dada la estrecha conexión con la vigilancia por transpondedor existente, es probable que la adaptación del ACAS existente para utilizar vigilancia ADS-B u otras fuentes de vigilancia requiera estudios y análisis exhaustivos.

2.5.1.3 La lógica del ACAS no es muy compatible con la prevención de colisiones para UAS u otras aeronaves que no cumplan las hipótesis de diseño del ACAS. La modificación del ACAS para incorporar nuevas clases de usuarios supondría un esfuerzo considerable.

2.5.1.4 El ACAS-X ofrece la capacidad de alertas específicas de las operaciones para procedimientos del espacio aéreo como las operaciones de aproximación en pistas paralelas de separación reducida en las que pueden proporcionarse diferentes umbrales de alerta ante los aviones que intervienen mientras se mantiene la protección general ante el resto de las aeronaves. El ACAS existente requeriría una modificación considerable para ofrecer esa capacidad.

2.5.1.5 Es probable que la comunidad de usuarios solo apoye una actualización más del ACAS en los próximos diez años. Como el ACAS-X puede ser estar disponible dentro de 10 años, la FAA preferiría centrar sus esfuerzos en el diseño de un sistema más sólido y capaz.

2.5.2 *Plan del programa ACAS-X.* La FAA tiene previsto efectuar una prueba de vuelo de la lógica de resolución de amenazas del ACAS-X en 2013 y hay tareas en marcha relativas al módulo de vigilancia y seguimiento. A partir de 2014 se llevarán a cabo actividades de elaboración de normas en el marco de la RTCA, que se completarán en 2018. Tras la evaluación operacional a bordo de aeronaves de los socios que participan, las primeras unidades certificadas podrían volar a partir de 2020.

3. CONCLUSIÓN

3.1 El ACAS existente requiere modificaciones para ser más compatible con los procedimientos actuales y futuros del espacio aéreo. La FAA ha llegado a la conclusión de que las modificaciones propuestas del ACAS actual proporcionarán un beneficio mínimo en los Estados Unidos. Desde 2009 está en marcha la investigación y el desarrollo de un sistema de capacidad anticolidión futura, el ACAS-X. El ACAS-X cuenta con la flexibilidad para reducir las alertas innecesarias, permitir el uso de fuentes alternativas de vigilancia, facilitar los procedimientos del espacio aéreo futuros y proporcionar una capacidad anticolidión a nuevas clases de usuarios. Por lo tanto, los EE.UU. han decidido centrarse exclusivamente en el diseño de un sistema anticolidión futuro. El ACAS X ha alcanzado un estado de madurez suficiente para que la participación internacional en actividades de investigación y desarrollo facilite la aceleración de la puesta en marcha de una capacidad de anticolidión futura.

3.2 Se invita a la Conferencia a convenir en lo siguiente:

- a) que la OACI incorpore el ACAS-X en su programa de trabajo relativo a los sistemas anticolidión de a bordo; y
- b) que los Estados consideren la posibilidad de participar junto con la FAA de los EE.UU. en el diseño del ACAS-X.