



**Punto 4A del
Orden del día:**

Iniciativas para el Desarrollo y Sostenibilidad del Transporte Aéreo en la Región (Declaración para promover la Conectividad a través del Desarrollo y Sostenibilidad del Transporte Aéreo en la Región Panamericana — Visión 2020-2035 y objetivos de la A41)

IMPLANTACIÓN DE LA PBN EN LA UE – PLANTEAMIENTO Y RETOS

(Presentado por el proyecto EU LAC APP II)

RESUMEN

Esta nota informativa tiene por objeto compartir la experiencia de la UE y responder a la invitación de «Connectivity through the Development and Sustainability of Air Transport in the Pan-American Region — Vision 2020-2035», en el que se invitan a los Estados miembros de la OACI y a todas las partes interesadas pertinentes a prestar apoyo en el logro de esta visión.

Pretende también informar a las autoridades de aviación civil de la Región de América del Sur de la perspectiva de la UE sobre los puntos clave para la aplicación armonizada de los planes y objetivos mundiales establecidos en el Plan Mundial de Seguridad Aérea (GASP), Plan Global de Navegación Aérea (GANP), como uno de los principios y compromisos comunes de la Visión 2020-2035.

La implementación de PBN es el factor clave para las operaciones modernas del espacio aéreo e impacta positivamente en el desarrollo de los servicios de navegación aérea y en el rendimiento del espacio aéreo, lo que representa una de las medidas recomendadas para la reducción de las emisiones de CO₂.

En el marco del proyecto EU LAC APP II, un proyecto financiado por la UE y ejecutado por la EASA con el objetivo de reforzar la cooperación entre América Latina y Europa en el ámbito de la aviación civil, se están desplegando actividades sobre los conceptos de navegación basada en la performance (PBN) aplicables al diseño y validación de los procedimientos de vuelo, así como a la supervisión de la seguridad en las organizaciones de diseño de procedimientos de vuelo (IFPD).

La EU LAC APP II y EASA consideran de importancia estratégica el intercambio de prácticas, enfoques y retos para mejorar la conectividad y aunar esfuerzos en la sostenibilidad medioambiental.

Referencias:

- Anexo 10 de la OACI, volumen I
- Manual de la OACI PBN — Doc. 9613
- Elemento GANP ASBU NAVS

Objetivos estratégicos de la OACI:

Seguridad
Capacidad y eficiencia de navegación aérea

1. **Introducción**

1.1 La aplicación de navegación basada en la performance no es solo un requisito de precisión para las operaciones de las aeronaves, sino que es el elemento clave para lograr los futuros objetivos del ATM, ya que la implementación de la PBN se centra completamente en la optimización de la seguridad, la eficiencia y la capacidad de las operaciones de vuelo.

1.2 El concepto PBN representa el paso de la navegación basada en sensores, donde los requisitos de navegación están directamente vinculados al rendimiento del sensor, a la navegación basada en la performance, donde el rendimiento del sistema puede definirse en términos de precisión, integridad, disponibilidad, continuidad y funcionalidad. Algunas de las desventajas de la navegación basada en sensores, tales como

- a. flexibilidad mínima en la estructura de las rutas debido a la dependencia de la ubicación de las ayudas a la navegación terrestre
- b. desarrollo de operaciones específicas para cada sistema
- c. baja eficiencia del espacio aéreo debido a la falta de flexibilidad de las trayectorias
- d. múltiples procesos de aprobación operativa para los operadores

se ven claramente superados por el avance hacia entornos aéreos de navegación basada en la performance (PBN) basados principalmente en servicios, tecnología y equipos de navegación por satélite.

1.3 Los requisitos a cumplir por la aeronave (performance y funcionalidades necesarias) y por la tripulación se identifican en las especificaciones de navegación, asociadas con las diferentes fases del vuelo, y se clasifican como RNAV o RNP en función de las capacidades de monitoreo y alerta del sistema de la aeronave.

1.4 Las ventajas son amplias y relevantes; la flexibilidad del diseño de procedimientos aporta eficiencia a las operaciones y el uso del espacio aéreo, y la infraestructura terrestre puede reducirse a una red de operación mínima (MON) para respaldar el sistema, lo que repercute positivamente en los costes asociados a la navegación.

1.5 Sin embargo, la transición a una operación completa del espacio aéreo PBN requiere un conjunto de tecnologías, regulaciones y coordinación de los Estados que actualmente avanzan a ritmos diferentes en las diferentes regiones.

1.6 En 2018, la Comisión Europea publicó el Reglamento de Ejecución (UE) 2018/1048, de 18 de julio, por el que se establecen requisitos de uso del espacio aéreo y procedimientos operativos en relación con la PBN (Reglamento PBN).

1.7 El Reglamento de Ejecución (UE) 2018/1048 incluye los criterios relativos a la implantación del concepto PBN en Europa, coherentes con la especificación de navegación y las funcionalidades definidas por el Manual PBN de la OACI, así como las acciones a llevar a cabo según una serie de hitos y objetivos establecidos.

1.8 En este sentido, el Reglamento enmarca la transición al entorno exclusivo PBN para 2030, relegando los antiguos Procedimientos Convencionales como soporte, para lo cual exige que cada Estado elabore su propio plan de transición aprobado por la Autoridad Competente. Está previsto que estos Planes de Transición se actualicen a lo largo del ciclo de vida del Reglamento de aplicación.

2. **Discusión**

Marco de Implementación de PBN

2.1 Un marco regional común de implantación de la PBN debe alinearse con los objetivos formulados por la OACI en el "Plan Global de Navegación Aérea" (GANP); y definirse en un marco estratégico de referencia para la implantación de la Navegación Basada en la Performance (PBN).

2.2 Un factor clave para lograr unos objetivos y planes de transición óptimos es establecer un grupo de trabajo formado por expertos para establecer un marco de implementación común. Este marco permitirá la generación base de un concepto de espacio aéreo a nivel regional, armonizando las especificaciones y funcionalidades de navegación de la OACI para apoyar las aplicaciones de navegación en las diferentes fases de vuelo, evitar la fragmentación de la región debido a los diferentes objetivos y despliegues de los Estados. Este enfoque ha demostrado ser altamente beneficioso para la Región Europea y ha posibilitado un apoyo de la industria a los nuevos desarrollos tecnológicos e implementaciones para los sistemas de navegación aérea.

2.3 Las revisiones periódicas y la sincronización de los planes estatales les permitirán optimizar la implementación y cumplir comúnmente sus objetivos estratégicos.

2.4 El marco común debe ser desarrollado por las autoridades regionales designadas en primera instancia, siendo objeto de una revisión y de los procesos propuestos internamente. La aplicación del marco puede lograrse a nivel local mediante el establecimiento de planes de transición de los Estados, en los que cada Estado se comprometa con el PBN aplicado y sea coherente con los plazos establecidos en el marco común. La implementación de la PBN debe estar dirigida por organizaciones encargadas de la aplicación de los procedimientos de vuelo, normalmente los ANSP o los aeródromos y los operadores de aeródromos, y posteriormente consultar también a todas las partes interesadas involucradas en el proceso: (no limitado a) la agencia de seguridad estatal, otros proveedores de ATM/ANS, operadores y las autoridades militares.

2.5 Un Plan de Transición PBN, además de cumplir los objetivos definidos, puede servir para sentar las bases de otros dos vectores de cambio derivados de la implementación del concepto PBN, a saber, la racionalización de las radioayudas y el cumplimiento de los objetivos ambientales. Todo ello, al tiempo que se trata de garantizar que la transición se lleve a cabo de la manera más eficiente y rentable posible; sin embargo, se requieren capacidades específicas de los sistemas de aeronaves para permitir que las implementaciones de PBN beneficiosas sean un factor importante a tener en cuenta.

2.6 El plan de transición PBN debe abarcar la definición de la Red Operativa Mínima (MON) de radioayudas anteriores para sostener el sistema en caso de interrupción del PBN u operaciones degradadas y abordar los modos de contingencia PBN.

Certificación y supervisión de FPD

2.7 Las actividades de diseño de procedimientos de vuelo (FPD) se están transformando en un proveedor de servicios adicional y son responsables del diseño, la documentación, la validación, el mantenimiento y la revisión periódica de los procedimientos de vuelo. Desde principios de 2021 con arreglo a las normas de la EASA, los proveedores de servicios FPD están regulados por los requisitos de certificación para garantizar un nivel de servicio adecuado en este ámbito e incentivar el despliegue de la red PBN por parte de estas unidades.

2.8 Una larga y profunda experiencia en el diseño de procedimientos de vuelo requiere poner el foco en la formación continua para diseñadores FP certificados y calificados, capaces de diseñar, validar

y evaluar estructuras del espacio aéreo, redes de rutas y procedimientos de vuelo por instrumentos con los resultados más fiables y precisos. Los servicios de una organización FPD pueden ir desde estudios de viabilidad hasta el proceso de diseño e implementación específica de detalles del PD, e incluir actividades de validación en tierra y vuelo, por ejemplo.

2.9 La clave para un diseño eficiente se basa prácticamente en la planificación de las actividades. En esta fase, se establecen los requisitos operativos, el equipo se establece con todas las partes interesadas involucradas y se definen los objetivos del proyecto, el alcance, los plazos y los recursos. La determinación de estos aspectos es crucial para el éxito del proyecto.

2.10 La prestación de servicios FPD por parte de organizaciones reguladas y certificadas que garanticen la calidad y seguridad del proceso de diseño es primordial para lograr diseños eficientes. La formación de estas organizaciones FPD en digitalización de datos, codificación ARINC y el uso de datos AIXM, permite realizar trabajos de acuerdo con las normas de diseño del espacio aéreo que se están implementando en otras regiones como Europa.

2.11 Debe prestarse especial atención a la escasez de recursos de FPD al establecer el marco para implementar la PBN a nivel regional, ya que podrían suponer un factor limitante con un posible impacto que retrase las implementaciones, debido a la falta de experiencia para llevar a cabo implementaciones masivas, ya que los servicios de FPD estaban originalmente integrados exclusivamente en unidades de ANSP o Aviación Civil. Las empresas privadas, principalmente basadas en Europa y América del Norte, ofrecen servicios de FPD. La planificación coherente de los recursos del FPD es clave para una transición exitosa de la PBN.

Especificación de navegación

2.12 La especificación de navegación prescribe los requisitos de performance en términos de precisión, disponibilidad, continuidad e integridad, para las operaciones propuestas en un espacio aéreo particular. La especificación de navegación también describe cómo se deben cumplir estos requisitos de rendimiento. Se asocian con las especificaciones de navegación los requisitos relacionados con el conocimiento y la formación del piloto y la aprobación operativa. Una especificación de navegación es una especificación RNAV o una especificación RNP.

2.13 La principal diferencia entre RNAV y RNP es el monitoreo de la performance a bordo y los requisitos adicionales de alerta para RNP sobre RNAV. La supervisión del rendimiento a bordo en RNP requiere una alerta cuando el sistema no puede garantizar con suficiente integridad que la posición cumple con la precisión requerida, por ejemplo, haciéndolo más adecuado para entornos que no disponen de vigilancia en donde no se pueden aplicar correcciones ATC a una aeronave.

2.14 Las especificaciones del RNAV son actualmente comunes en las regiones de Europa y América del Norte, ya que las áreas continentales densas, TMA y los aeropuertos de alto tránsito fueron y están en la actualidad servidas con vigilancia. Sin embargo, las áreas remotas como en Alaska se benefician de las especificaciones de RNP debido a la baja densidad en términos de tráfico y servicios proporcionados, así como en las estructuras oceánicas en ruta.

2.15 Sin embargo, se esperan beneficios para volúmenes de alta o media densidad de las aplicaciones RNP, ya que se pueden condensar más trayectorias debido a la reducción en las posibles desviaciones de trayectorias y el factor clave para la adopción, el aumento de las flotas de aeronaves equipadas permite implementaciones positivas.

2.16 En términos de tecnologías para el segmento de aproximación, la necesidad de poder avanzar en la región de ALC con implementaciones PBN dependerá en parte de la disponibilidad de cobertura SBAS o implementaciones GBAS (como el análisis GBAS de Brasil realizado durante los últimos años, con varios inconvenientes operativos existentes en el presente), de lo contrario, los únicos procedimientos de precisión disponibles serían los ILS. Los sistemas de aproximación 3D PBN son clave para mejorar la seguridad y accesibilidad a los aeropuertos y la optimización de las operaciones del espacio aéreo. Por ejemplo, las aproximaciones PBN 3D pueden ofrecer en algunas situaciones guiado a pistas de aproximación sin precisión u ofrecer procedimientos de aproximación directa en lugares donde solo existen mínimos en circuito. Sin embargo, es necesario analizar en profundidad las necesidades de inversión y la viabilidad de la implantación.

2.17 Debido al creciente interés general en la especificación RNP Avanzada en los últimos años, como referencia, en Europa ya se había establecido la base de certificación en 2019; sin embargo, la adopción operativa actual de las compañías aéreas dista mucho de ser significativa. El interés de los operadores aún no está previsto en este tipo de certificación y parece necesario seguir desarrollando la definición del A-RNP para una adopción más general.

Técnicas habilitadas por PBN para operaciones optimizadas

2.18 Dentro del entorno actual de diseño del espacio aéreo, hay «prácticas» o «modelos» ATM que se pueden observar en el diseño de espacios aéreos terminales concurridos. Estos modelos están habilitados para PBN y son más flexibles en el sentido de que, para evitar la espera de aviones, las rutas de llegada están diseñadas de manera más dinámica para unas operaciones eficientes.

2.19 En 2006, como resultado de sus actividades de I&D, el Centro Experimental de EUROCONTROL desarrolló el Point Merge, una innovadora técnica de secuenciación para simplificar y mejorar las operaciones de llegada. Esta técnica permite a los controladores secuenciar y fusionar llegadas sin vectorización, permitiendo al mismo tiempo operaciones de descenso continuo y manteniendo el rendimiento de la pista, incluso en condiciones de alto tráfico.

2.20 El Point Merge ha sido concebido a partir de una «hoja en blanco», confiando en las capacidades de navegación modernas, pero también repensando la naturaleza de la secuenciación de llegada. Además, el Point Merge es una de las mejoras de bloque del sistema de aviación de la OACI (ASBU) y está referenciada como una técnica para apoyar las operaciones de descenso continuo (CDO — ICAO Doc. 9931).

2.21 Después de las primeras implementaciones del Point Merge en Oslo y Dublín, en 2011 y 2012, respectivamente, el nuevo método se extendió no solo dentro de la zona de la CEAC, sino también mucho más allá de sus fronteras. A partir de mayo de 2021, el procedimiento se ha desplegado en zonas terminales de alrededor de 30 aeropuertos en cuatro continentes.

2.22 El Point Merge está diseñado para trabajar en cargas de alto tráfico sin vectores radar, reduciendo los patrones de retención o espera, configurando el tráfico para que esté listo para las instrucciones al punto de confluencia. Se basa en una estructura de ruta específica, que consiste en un punto (el punto de confluencia) y segmentos predefinidos (los segmentos de secuenciación) equidistantes a partir de este punto. La secuenciación se logra con una instrucción «directa a» al punto de confluencia en el momento apropiado. Los segmentos solo se utilizan para retrasar la aeronave cuando sea necesario («alargamiento de la trayectoria»); la longitud de los segmentos refleja la capacidad de absorción de retardo requerida. Esto permite al ATCO afinar la secuencia desde largas distancias de la toma, evitando vacíos de tráfico inesperadas y sobrecoordinación.

2.23 Otra práctica innovadora de diseño de espacio aéreo es el «trombón». Estos nuevos procedimientos de aproximación de trombón (similares a la forma oval de este instrumento musical) consisten en una estructura de puntos que permite optimizar la trayectoria de la aeronave antes de aterrizar. En otras palabras, un procedimiento de RNAV en forma de trombón (navegación de área) que consiste en un conjunto de segmentos paralelos compuestos de puntos de ruta equidistantes múltiples, donde los ATCO pueden dar un atajo (dependiendo del tráfico) a la etapa siguiente.

2.24 Ambos conceptos se basan en la misma base, siendo utilizados según la configuración del espacio aéreo, restricciones como obstáculos cerca de los aeropuertos, espacio aéreo militar o restringidos y la disponibilidad de volúmenes de espacio aéreo.

2.25 Actualmente, los procedimientos de trombón se utilizan en varios aeropuertos europeos, como los aeropuertos de Múnich y Frankfurt, en Alemania, el aeropuerto de Varsovia Chopin, en Polonia, el aeropuerto Barcelona-El Prat, en España, Roma Fiumicino en Italia, para mencionar algunos dentro de la región. También los aeropuertos de Dubai, Doha y Qatar en Oriente Medio operan con este tipo de configuraciones de espacio aéreo.

2.26 Además, en los aeropuertos con pistas de instrumentos paralelas o casi paralelas, ser capaz de realizar aproximaciones paralelas independientes o salidas paralelas independientes maximiza la capacidad del aeródromo si no está limitada por factores terrestres (por ejemplo, cruces de taxis con la RWY, tiempos de ocupación elevados de RWY). Sin embargo, la seguridad de las operaciones en pista paralelas se puede ver afectada por varios factores, como

- a) la precisión con la que los aviones pueden navegar a la pista,
- b) la exactitud del sistema de vigilancia del servicio de tránsito aéreo (ATS),
- c) la capacidad de los controladores para intervenir cuando una aeronave se desvía del curso o pista de aproximación final, y
- d) las capacidades de entrenamiento y rendimiento del piloto y controlador

2.27 En el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, en España, en el marco del proyecto ÁMBAR (fase II), se ha implementado como ejemplo reciente, aproximaciones independientes a las pistas paralelas. Los enfoques se han diseñado bajo el SOIR (ICAO Doc. 9643), que entre los requisitos completos, también considera que las aproximaciones SBAS PBN son adecuadas para este tipo de implementación, lo que permite adoptar estos beneficios en un escenario equivalente PBN.

2.28 La implementación de estas técnicas, así como las operaciones paralelas independientes, son un elemento complejo que debe abordarse adecuadamente a través de una capacitación efectiva para el ATC para lograr el objetivo del aumento de la capacidad para el que están diseñadas.

3. **Conclusión**

3.1 La implementación de la PBN es el factor clave para las operaciones y la gestión del espacio aéreo moderno y acelerar la implementación en la región de ALC tendría un impacto positivo en el desarrollo de los servicios de navegación aérea y el rendimiento del espacio aéreo.

3.2 El marco común de implementación de la PBN en la región puede impulsar la alineación de los Estados en la consecución de objetivos para los desarrollos y la implementación del Plan de Transición PBN.

3.3 Un marco regulatorio actualizado para ANSP o empresas privadas que proporcionan servicios de FPD puede brindar implementaciones de PBN más eficientes, seguras, rápidas y aptas para el propósito.

3.4 La disponibilidad de SBAS dentro de la región de ALC supondría un facilitador de las posibilidades de PBN para los servicios de aproximación que complementen o asuman los sistemas de aproximación convencionales actuales.

3.5 Las estrategias de optimización habilitadas por las implementaciones de PBN como las soluciones de Merge Point o Trombones y la búsqueda de modos de operación mejorados sin duda traerán más capacidad y eficiencia a la red global.

3.6 En el marco del proyecto EU LAC APP II, un proyecto financiado por la UE y ejecutado por la EASA con el objetivo de reforzar la cooperación entre América Latina y Europa en el ámbito de la aviación civil, se están desplegando actividades sobre los conceptos de navegación basada en la performance (PBN) aplicables en el diseño y validación de los procedimientos de vuelo, así como la supervisión de la seguridad en las organizaciones de diseño de procedimientos de vuelo (IFPD). El proyecto EU LAC APP II consideran de importancia estratégica el intercambio de prácticas, enfoques y desafíos para aunar esfuerzos para una mejor conectividad y la sostenibilidad medioambiental.