



Autoridad de
Aviación
Civil
El Salvador

CIRCULAR DE ASESORAMIENTO

Descripción: **SISTEMA MUNDIAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE
(GNSS)**

CA No.: OPS-865-01

Revisión: 00

Documentación de Referencia: Doc. /A/ FAA AC 20-138D
/B/ OACI, Doc. 8168 Vol. I

Fecha: 01-febrero-2017

La siguiente Circular de Asesoramiento ha sido emitida por la Autoridad de Aviación Civil de El Salvador de acuerdo con lo prescrito en la Ley Orgánica de Aviación Civil, Artículo 7, Numeral 4.

1. PROPOSITO:

Esta circular de asesoramiento (CA) establece los requerimientos de aprobación para el uso del GNSS como Medio Primario de Navegación para aeronaves de aviación general y aviación comercial que no estén aprobadas en PBN.

2. LIMITACIONES:

Esta circular aplica a aquellos operadores de aeronaves que deseen obtener la aprobación para el uso del GNSS como Medio Primario de Navegación. El operador de aviación general o aviación comercial nacional o extranjero, que desee operar bajo los procedimientos aquí descritos, deberán solicitar el proceso de aprobación ante la AAC de acuerdo con lo estipulado en esta CA.

3. DOCUMENTO QUE CANCELA:

No aplica.

4. FORMAS:

Ninguna.

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS:

Se han incluido definiciones y abreviaturas listadas a continuación, que son aplicables al contenido de este documento; además, podrán ser encontradas en la RAC-01.

5.1 DEFINICIONES:

Campo de visión primario. - Para los propósitos de esta CA, el campo de visión primario se encuentra dentro de los 15 grados de la línea de vista primaria del piloto.

Especificaciones para la navegación. - Conjunto de requisitos relativos a la aeronave y a la tripulación de vuelo necesarios para dar apoyo a las operaciones de la navegación basada en la performance dentro de un espacio aéreo definido. Existen dos clases de especificaciones para la navegación: RNAV y RNP. La especificación RNAV no incluye los requisitos de control y alerta de la performance de a bordo. La especificación RNP incluye los requisitos de control y alerta de la performance de a bordo.

Error de definición de trayectoria (PDE). - La diferencia entre la trayectoria definida y la trayectoria deseada en un lugar y tiempo determinados.

Error del sistema de navegación (NSE). - La diferencia entre la posición verdadera y la posición estimada.

Error técnico de vuelo (FTE). - Es la precisión con la que se controla la aeronave, la cual puede medirse comparando la posición indicada de la aeronave con el mando indicado o con la posición deseada. No incluye los errores de mal funcionamiento.

Error total del sistema (TSE). - La diferencia entre la posición verdadera y la posición deseada. Este error es igual a la suma vectorial del error de definición de trayectoria (PDE), error técnico de vuelo (FTE) y error del sistema de navegación (NSE).

Navegación de área (RNAV). - Método de navegación que permite la operación de aeronaves en cualquier trayectoria de vuelo deseada, dentro de la cobertura de las ayudas para la navegación basadas en tierra o en el espacio, o dentro de los límites de capacidad de las ayudas autónomas, o de una combinación de ambos métodos. La navegación de área incluye la navegación basada en el performance así como otras operaciones no contempladas en la definición de navegación basada en el performance.

Punto de recorrido (WPT). Un lugar geográfico especificado, utilizado para definir una ruta de navegación de área o la trayectoria de vuelo de una aeronave que emplea navegación de área. Los puntos de recorrido se identifican como:

Punto de recorrido de paso (vuelo por) (Fly-by WPT). - Punto de recorrido que requiere anticipación del viraje para que se pueda realizar la interceptación tangencial del siguiente tramo de una ruta o procedimiento.

Punto de recorrido de sobrevuelo (Fly over WPT). - Punto de recorrido en el que se inicia el viraje para incorporarse al siguiente tramo de una ruta o procedimiento.

Punto de referencia de aproximación inicial (IAF). - Punto de referencia que marca el inicio del tramo inicial y el fin del tramo de llegada, si corresponde. En las aplicaciones RNAV, normalmente este punto de referencia se define mediante un “punto de recorrido de paso (de vuelo por)”.

Sistema de gestión de vuelo (FMS). - Sistema integrado, que consiste de un sensor de a bordo, de un receptor y de una computadora con bases de datos sobre performance de navegación y de la aeronave, capaz de proporcionar valores de performance y guía RNAV a un sistema de presentación y de mando automático de vuelo.

Sistema de aumentación basado en la aeronave (ABAS). - Sistema que aumenta y/o integra la información obtenida desde otros elementos GNSS con la información disponible a bordo de la aeronave. La forma más común de un ABAS es la vigilancia autónoma de la integridad de un receptor (RAIM).

Sistema de navegación como medio primario. - Sistema de navegación aprobado para una determinada operación o fase de vuelo, debiendo satisfacer los requisitos de precisión e integridad, sin necesidad de cumplir las condiciones de plena disponibilidad y continuidad en el servicio. La seguridad se garantiza limitando los vuelos a periodos especificados de tiempo y mediante el establecimiento de los procedimientos restrictivos oportunos.

Sistema de navegación como medio suplementario. - Sistema de navegación que debe utilizarse conjuntamente con un sistema de navegación considerado como Medio Único debiendo satisfacer los requisitos de precisión y de integridad, sin necesidad de cumplir las condiciones de disponibilidad y continuidad.

Sistema mundial de determinación de la posición (GPS). - El sistema de navegación mundial por satélite (GNSS) de los Estados Unidos, es un sistema de radio navegación basado en satélites que utiliza mediciones de distancia precisas para determinar la posición, velocidad y la hora en cualquier parte del mundo. El GPS está compuesto de tres elementos: espacial, de control y de usuario. El elemento espacial nominalmente está formado de al menos 24 satélites en 6 planos de órbita. El elemento de control consiste de 5 estaciones de monitoreo, 3 antenas en tierra y una estación principal de control. El elemento de usuario consiste de antenas y receptores que proveen posición, velocidad y hora precisa al usuario.

Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS).- Término genérico utilizado por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para definir cualquier sistema de alcance global de determinación de la posición, la velocidad y de la hora, que comprende una o más constelaciones principales de satélites, tales como el GPS y el sistema mundial de navegación por satélite (GLONASS), receptores de aeronaves y varios sistemas de vigilancia de la integridad, incluyendo los sistemas de aumentación basados en la aeronave (ABAS), los sistemas de aumentación basados en satélites (SBAS), tales como el sistema de aumentación de área amplia (WAAS) y los sistemas de aumentación basados en tierra (GBAS), tales como el sistema de aumentación de área local (LAAS). La información de distancia será provista, por lo menos en un futuro inmediato, por el GPS y GLONASS.

Vigilancia autónoma de la integridad en el receptor (RAIM). - Técnica utilizada dentro de un receptor/procesador GNSS para determinar la integridad de sus señales de navegación, utilizando únicamente señales GNSS o bien señales GNSS mejoradas con datos de altitud barométrica. Esta determinación se logra a través de una verificación de coherencia entre medidas de pseudodistancias redundantes. Al menos se requiere un satélite adicional disponible respecto al número de satélites que se necesitan para obtener la solución de navegación.

5.2 ABREVIATURAS

ABAS	Airborne Based Augmentation System
ADF	Automatic Direction Finder
ADS	Automatic Dependent Surveillance
AFM	Aircraft Flight Manual
CDI	Course Deviation Indicator
DOP	Dilution of Precision
FAA	Federal Aviation Administration
FDE	Fault Detection and Exclusion
FTE	Flight Technical Error
GNSS	Sistema Global de Navegación por satélite
GPS	Global Position System
HIS	Horizontal Situation Indicator
IFR	Instrument Flight Rules
LODA	Letter of Design Approval
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NOTAM	Notice to Airmen
NSE	Navigation System Error
PDE	Path Definition Error
PBN	Performance Based Navigation
RAC	Reglamentos Aeronáuticos de Colombia
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RNAV	Area Navigation
RNP	Required Navigation Performance
SA	Selective Availability
SBAS	Satellite Based Augmentation System
TCAS	Traffic Collision Avoidance System
TSE	Total System Error

TSO	Technical Standard Order
VNAV	Vertical Navigation
VOR	VHF Omni-directional Radio Range
WAAS	Wide Area Augmentation System
WPT	Way-Point

6.0 ANTECEDENTES

Anteriormente se tenía la función Disponibilidad Selectiva (SA) que actuaba sobre la información que enviaban los satélites en el mensaje, modificando los parámetros orbitales y el estado de los relojes. Con la disponibilidad selectiva activa las precisiones alcanzables eran de 15 a 100 metros. Se desactivó el 1º de mayo de 2000, quedando el sistema GPS a libre disposición, sin distorsiones intencionadas de las señales.

La Disponibilidad Selectiva (SA), consistía en alterar intencionalmente la señal de los satélites para controlar el uso civil del sistema. Era aplicado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos a la señal GPS, sometido a los relojes del satélite a un proceso conocido como “dithering” (dispersión), que altera ligeramente el tiempo. Y alterando la transmisión de las efemérides (o la trayectoria que seguirá el satélite). El factor SA afectaba a los usuarios civiles que utilizaban un solo receptor GPS para obtener una posición absoluta. Con la desactivación de la SA se inició el uso del GPS como medio primario de Navegación para la aviación civil.

7. INTRODUCCION

Esta CA trata de las aplicaciones de aproximación basadas en GNSS que se clasifican como RNP APCH de conformidad con el concepto PBN y dan acceso a mínimos designados como LNAV o LNAV/VNAV.

El material de orientación de esta CA aborda sólo los requisitos para la navegación lateral (navegación 2D) de las aproximaciones RNP APCH diseñadas con tramos rectos hasta mínimos LNAV. Esta especificación de navegación incluye las aproximaciones RNAV_(GNSS) o GNSS existentes.

Las aproximaciones RNP APCH basadas en GNSS pueden incluir navegación vertical barométrica. Los sistemas baro-VNAV son capacidades opcionales que no constituyen un requisito mínimo para volar aproximaciones RNAV_(GNSS) o GNSS que utilizan una línea de mínimos LNAV.

8. GENERALIDADES:

- a) El sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) es el sistema de navegación primario de apoyo para procedimientos RNP APCH hasta mínimos LNAV o LNAV/VNAV.
- b) El tramo de aproximación frustrada puede estar basado en ayudas para la navegación convencionales (p. ej., VOR, DME, NDB).
- c) La aceptabilidad del riesgo de pérdida de capacidad RNP APCH para varias aeronaves debido a una falla del satélite o a la pérdida de las funciones de control y alerta de a bordo [p. ej., espacios sin cobertura (agujeros) RAIM], debe ser considerada por la autoridad responsable del espacio aéreo.
- d) **RNAV 10** – Esta especificación de Navegación es para espacio aéreo oceánico y remoto continental. Se requieren mínimo 2 receptores GNSS.
- e) **RNAV 5** – Esta especificación de Navegación es para espacio aéreo continental. Se requiere 1 receptor GNSS.

- f) **RNAV 1 y 2** – Esta especificación de Navegación es para llegadas y salidas normalizadas. Se requiere 1 receptor GNSS.
- g) **RNP APCH** – Esta especificación de Navegación es para aproximaciones de no precisión. Se requiere 1 receptor GNSS.
- h) **RNP AR APCH** – Esta especificación de Navegación es para aproximaciones con requisitos más críticos. Se requieren 2 receptores GNSS y 2 FMS.

9. APROBACION DE AERONAVEGABILIDAD Y OPERACIONAL

Se establece el uso del Sistema GNSS como medio primario de navegación para vuelos IFR en aquellas zonas geográficas en las que no se dispone de cobertura de las Radio ayudas (VOR, VOR/DME, NDB), en las rutas de navegación de área publicadas (RNAV).

Un operador de transporte aéreo comercial recibirá una autorización GNSS siempre y cuando cumpla con lo siguiente:

- a) La aprobación de Aeronavegabilidad correspondiente al Estado de matrícula de las aeronaves.
- b) La aprobación de Aeronavegabilidad a cargo del Estado del Operador.
- c) Para los Operadores de aviación general, el Estado de registro emitirá una Autorización una vez que determine que la aeronave cumple con todos los requisitos aplicables para la aprobación GNSS.

10. ESPECIFICACIONES DEL RECEPTOR DE GNSS BASICO.

El término “receptor del GNSS básico” se introdujo para describir la primera generación de receptores del GNSS que satisfacen como mínimo las normas de certificación IFR equivalentes, por ejemplo, las Ordenes Técnicas Estándar que se enumeran en el ítem C de este numeral. En estos documentos se especifica la norma de performance mínima que deben satisfacer los receptores del GNSS para cumplir con los procedimientos en ruta, de área terminal y de aproximación que no es de precisión elaborado específicamente para el GNSS.

El requisito principal de estas normas es que el receptor del GNSS tenga incorporada las siguientes funciones:

- a) Rutinas de vigilancia de la integridad, por ejemplo, vigilancia autónoma de la integridad en el receptor (RAIM);
- b) Anticipación del viraje; y
- c) Capacidad para recuperar procedimientos recuperados desde la base de datos de navegación electrónica de lectura.

11. EQUIPAMIENTO REQUERIDO.

La aeronave debe estar equipada con uno o más receptores capaces de recibir señales GPS y certificados para uso IFR de acuerdo a los requerimientos establecidos en documentos emitidos por la FAA, estos documentos son las Ordenes Técnicas Estándar

Dichos equipos están descritos a continuación:

- a) Equipos de vuelo suplementarios de navegación usando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

- b) Sensores de navegación de vuelo utilizando el sistema de posicionamiento global (GPS) mejorada con el sistema de aumentación basado en satélites (SBAS).
- c) Equipos de vuelo autónomo de navegación utilizando el sistema de posicionamiento global (GPS) mejorada con el sistema de aumentación basado en satélites (SBAS).
- d) Sensores suplementarios de vuelo de navegación para los equipos con sistemas de posicionamiento global (GPS) basado en la aumentación de la aeronave.

11.1 Ordenes Técnicas Estándar

La aeronave debe estar equipada con uno o más receptores capaces de recibir señales GPS y certificados para uso IFR bajo las siguientes Ordenes Técnicas Estándar de la Federal Aviation Administration (FAA):

TSO – C145d.- Sensores de navegación de vuelo utilizando el sistema de posicionamiento global (GPS) mejorada con el sistema de aumentación basado en satélites (SBAS).

TSO – C146d.- Equipos de vuelo autónomo de navegación utilizando el sistema de posicionamiento global (GPS) mejorada con el sistema de aumentación basado en satélites (SBAS).

TSO – 196b.- Sensores suplementarios de vuelo de navegación para los equipos con sistemas de posicionamiento global (GPS) basado en la aumentación de la aeronave.

12. INSTALACION.

El equipo deberá ser instalado de acuerdo a las instrucciones y limitaciones establecidas por el fabricante. La aprobación de aeronavegabilidad podrá incurrir en detalles específicos adicionales de instalación.

Si la Instalación constituye una alteración mayor de la Aeronave, se deberá cumplir con lo establecido en la RAC 43, además poseer data aprobada por el fabricante previa Instalación. Si la alteración se determina como menor, el proceso se manejará con el Inspector Principal de Mantenimiento(PMI) de esta Autoridad.

El equipo debe ser instalado de acuerdo con las instrucciones y limitaciones establecidas por el fabricante. La aprobación de aeronavegabilidad tendrá en cuenta los requerimientos específicos regulatorios.

Las instalaciones de los equipos deben ser efectuadas por talleres con las habilitaciones correspondientes y aceptados por esta Autoridad. Cables de doble blindaje se deben utilizar para evitar interferencia de acoplamiento en el cable, entre otros requisitos.

Dichos equipos deberán ser operador según los procedimientos aprobados por esta Autoridad.

Las Tripulaciones de vuelo deberán recibir instrucción apropiada para la utilización del equipo GPS autónomo respecto a los requisitos de instrucción los cuales se detallan más adelante en este documento, y los cuales serán aprobados por la Autoridad de Aviación Civil.

13. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE FACTORES HUMANOS

a) Acceso a los Controles

Los controles instalados para la operación en vuelo deben ser fácilmente accesibles a la tripulación desde el sitio de operación. La operación del equipo debe ser realizable con una sola mano. Los controles deben ser fácilmente identificados y su uso no debe obstruir la visibilidad de las pantallas pertinentes.

El equipo debe estar diseñado de modo que los controles a ser utilizados durante el vuelo no se puedan operar en una posición, combinación, o secuencia que resulte en condición peligrosa para la seguridad del vuelo ni afecte la confiabilidad del equipo.

Los controles deben proveer retroalimentación (táctil, visual) cuando son operados.

La sensibilidad para operar los controles debe ser la apropiada para su función. Alta sensibilidad puede provocar operaciones no deseadas, mientras que baja sensibilidad puede impedir realizar la operación de manera ágil.

Los controles deben ser protegidos de una activación inadvertida. Se pueden usar medios aceptables por la autoridad para evitar esta activación de manera involuntaria.

La función para cada control debe indicarse, a no ser que sea obvia. Los pilotos deberán ser capaces de determinar con rapidez y precisión la función del control con una experiencia mínima o entrenamiento. Si un control se puede utilizar para múltiples funciones, se deben distinguir fácilmente las funciones en uso de las inactivas.

El Uso de dos o más controles simultáneamente (por ejemplo, oprimir dos controles a la vez) en vuelo no debe ser obligatorio para funciones esenciales.

Los controles que no requieren ajuste por la tripulación de vuelo (por ejemplo, las funciones de mantenimiento), no deben ser de fácil acceso a la tripulación de vuelo.

Los controles y sus etiquetas deben ser identificables en cualquier condición de luz ambiente de día y de noche.

Los Identificadores de control y otra información no deben ser obstruidos por los dispositivos de control de entrada.

b) Visibilidad de la pantalla

Cada elemento de la pantalla, que se utiliza como un instrumento de vuelo primario, debe estar ubicado en un lugar claramente visible para el piloto con la menor desviación posible de su posición normal cuando mira hacia adelante siguiendo la trayectoria de vuelo.

Nota: El error técnico de vuelo (FTE) puede ser reducido cuando la información numérica en pantalla está integrada con la no numérica y está ubicada en el campo primario de visión del piloto.

Todos los miembros de la tripulación deben tener una adecuada visibilidad de los datos mostrados desde su posición en vuelo.

La conexión a pantallas externas (CDI, HSI, mapa en movimiento, etc.) deben ser consistentes con las instrucciones de la instalación del equipo.

La desviación horizontal y vertical, los anuncios de fallo deben estar ubicados dentro del campo de visión primario del piloto, ya que puede requerir una acción inmediata de la tripulación.

El cumplimiento de las limitaciones descritas en las instrucciones de instalación de equipos para la legibilidad de la pantalla debe ser verificado.

c) **Condiciones de Iluminación**

Todas las pantallas, controles y anunciadores deben ser fácilmente legibles en todas las condiciones de cabina normales y condiciones esperadas de luz ambiental (total oscuridad, luz solar que se refleja).

Las disposiciones de iluminación nocturna deben ser compatibles con otras iluminaciones de la cabina, especialmente si se usan las gafas de visión nocturna.

14. DATOS DE VARIACION MAGNETICA Y BASE DE DATOS A BORDO.

En aviónica se suele convertir referencias de rumbo verdadero a rumbo magnético usando los datos de variación magnética mundial abordo y algoritmos de software. Los algoritmos convierten los datos en una referencia específica del rumbo magnético para un punto de referencia geográfico. Sin embargo, puesto que los campos magnéticos de la tierra cambian constantemente, las bases de datos de variación magnética necesitan actualizaciones periódicas para proporcionar referencias precisas del rumbo magnético.

Los fabricantes de los equipos deben definir los requisitos de aeronavegabilidad continuada para actualizar la base de datos de la variación magnética y, si aplica, los algoritmos de conversión o hardware si las actualizaciones periódicas están disponibles. Este requisito también debe definir los procedimientos necesarios de mantenimiento para actualizar la base de datos a bordo de la variación magnética de su aviónica.

15. BASE DE DATOS DE NAVEGACION.

Para todos los equipos GNSS sensor/navegador, la base de datos de navegación es un componente esencial. Las directrices relativas a la base de datos de navegación se deben especificar, para este propósito se recomienda usar como referencia la Circular de Asesoramiento de la FAA AC 20-153 (última revisión).

Se sugiere establecer un Plan de Cumplimiento el cual sea elaborado con anticipación en el desarrollo del proceso; de esta manera se contará con el tiempo suficiente para resolver inconsistencias tales como la calificación de la herramienta y asegurar los niveles de calidad de la base de datos.

16. CLASIFICACION DE FALLAS.

Otros sistemas de navegación de la aeronave deben ser considerados cuando se pierde la función de navegación GNSS, que podría ser sistemas de navegación). Se considera que un dato de navegación es desorientador cuando existe un error de posición no anunciado. Para procedimientos en ruta, terminal, LNAV y aproximaciones LNAV/VNAV que presenten información errónea a la tripulación, se considera que es una condición de falla mayor. Para aproximaciones LP/LPV y GNSS Categoría I, que presenten información errónea a la tripulación, es considerada como una condición de falla peligrosa. Estas clasificaciones de falla se muestran en la siguiente tabla:

	GUÍA VERTICAL	RUTA/ ÁREA TERMINAL/ APROXIMACIÓN DE NO PRECISIÓN (LNAV O RNP 0)	APROXIMACIÓN DE NO PRECISIÓN CON GUÍA VERTICAL (LNAV/VNAV)	APROXIMACIÓN LP/LPV	APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN GNSS (CATEGORÍA I)
PERDIDA DE NAVEGACIÓN	Sin Efecto	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor
INFORMACIÓN ENGAÑOSA	Menor	Mayor	Mayor	Peligroso	Peligroso

Tabla 1. Típica Clasificación de Riesgo

17. POSICIONAMIENTO DE LA ANTENA.

Típicamente, una antena GNSS está localizada adelante o atrás de las alas en la parte superior del fuselaje.

Las antenas GNSS se deben instalar para proporcionar la más amplia cobertura de los satélites. Las instrucciones de la instalación de la antena deben proporcionar información sobre cómo determinar una posición que minimice el potencial bloqueo de señal por cualquier parte de la aeronave. La interferencia de la estructura de la aeronave (y en algunos casos en las palas de los helicópteros) puede afectar negativamente la operación del equipo GNSS.

La posición de la antena en el fuselaje debe ser optimizada para asegurar que el receptor pueda aprovechar al máximo un ángulo de enmascaramiento de 5° (o menor, si las instrucciones de instalación del receptor definen que el equipo está certificado para un ángulo de enmascaramiento menor). Esto incluye las consideraciones de la posición de la antena con respecto a la interferencia de los componentes y estructuras del fuselaje, los motores, o de otras antenas con la aeronave en posición recta y nivelada.

Así mismo la antena no debe ser afectada por las maniobras típicas de la aeronave.

Las antenas deben estar alejadas como sea posible de los gases de escape del motor con el fin de evitar contaminación de las mismas.

Para la instalación en helicópteros, los efectos de las palas del rotor en el performance de la antena deben ser considerado. Un método posible para ayudar a determinar la posición óptima es fijar la antena temporalmente en varios sitios y comprobar la intensidad de la señal. Este método no exime la necesidad de realizar vuelos de chequeo funcional para asegurar que la posición de la antena es adecuada.

Es recomendable minimizar la longitud del cable entre la antena y el receptor para reducir la pérdida de señal. Así mismo la antena se debe instalar lo más cerca posible de la línea central, es decir simétricamente en la estructura del fuselaje para que no afecte el patrón de ganancia. Para la instalación de varios sensores, se debe reducir la probabilidad de que un solo rayo afecte a todos los sensores (por ejemplo, separar las antenas en lo posible y no colocarlas en línea recta a lo largo del fuselaje).

18. PROTECCION ANTI-HIELO.

Si la aeronave está aprobada para volar en condiciones de hielo conocidas, la antena no debe ser susceptible a la acumulación de hielo.

Alternativamente, el equipo puede demostrar que funciona satisfactoriamente cuando la antena este expuesta a hielo si no hay efectos peligrosos como resultado de la acumulación de hielo tales como ingesta de hielo por los motores o degradación del desempeño aerodinámico.

Los efectos de la acumulación de hielo en la antena, se pueden encontrar en el manual de instrucción/instalación del equipo.

19. REUTILIZACION O REEMPLAZO DE LA ANTENA GNSS.

No hay posibilidades de reutilización o remplazo para antenas certificadas bajo la TSO-C129/C129a como parte del receptor TSOA/LODA. Para las combinaciones receptor/antena certificados por este método para utilizar un diseño de la antena diferente se considera un cambio de diseño mayor que invalida TSOA/LODA original.

Para un receptor TSO-C129/C129a, es posible remplazar la antena original si la antena se ha certificado TSO por separado. En este caso, una antena TSO-C190, o antenas aprobadas bajo la TSO-C144 (AR), se puede usar como remplazo para cualquier clase de receptor TSO-C129/C129a.

Para los receptores TSO-C196 (AR) es posible reutilizar o reemplazar tanto las antenas “activas” como las “pasivas” aprobadas bajo la TSO-C144 (AR). La antena TSO-C190 también se puede utilizar. Los estándares para equipos certificados bajo el TSO C145a/C146a permite el uso de antenas pasivas y activas TSO C144. Sin embargo, se recomienda remplazar la antena original por una certificada TSO C190.

En todos los casos, una aprobación TSO no garantiza la compatibilidad de instalación de la antena/receptor. La compatibilidad de la instalación debe ser establecida por el fabricante de la antena o del receptor y documentado en las instrucciones de instalación aprobadas.

Antenna Type	Receiver Type	TSO-C129/C129a Combined Rec/Ant	TSO-C129/C129a All Classes	TSO-C196(AR) GPS	TSO-C145a/C146a All Classes	TSO-C145b/C146b/ C145c/C146c Opn1 Class 1	TSO-C145b/C146b/ C145c/C146c Opn1 Class 2,3,4
TSO-C144(AR) Passive		X	X	X	X		
TSO-C144 Active		X	X	X	X		See Note
TSO-C190		X	X	X	X		X
TSO-C129 TSOA Antenna/Receiver Combination	X						

Tabla 2. Antenas Estándares Aceptables

20. APROBACION OPERACIONAL.

La aprobación de aeronavegabilidad por sí sola no autoriza a un solicitante u operador a usar el GNSS como medio primario de navegación. Además de la aprobación de aeronavegabilidad, el

solicitante u operador debe obtener una aprobación operacional para confirmar la adecuación de los procedimientos normales y de contingencia respecto a la instalación del equipo particular.

Para operadores de aviación general, la evaluación de una solicitud para una aprobación operacional es realizada por el Estado de matrícula de acuerdo con sus requerimientos establecidos para tal propósito de acuerdo con el anexo 6 de la OACI.

El operador deberá grabar los datos del GNSS pertinentes a las operaciones y conservará las grabaciones por lo menos por un período de 14 días. Cuando las grabaciones son pertinentes para investigación de accidentes e incidentes, el operador deberá conservar por períodos más prolongados hasta que sea evidente que ya no serán necesarias

Nota: El objetivo primario de la grabación de los datos es el de poder utilizarlos en la investigación de accidentes e incidentes. También pueden utilizarse para confirmar que la exactitud, integridad, continuidad y disponibilidad de estos datos se mantienen dentro de los límites requeridos en las operaciones aprobadas.

21. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES.

El operador y las tripulaciones de vuelo se familiarizarán con los siguientes procedimientos de operación y de contingencia asociados con las operaciones del GNSS como medio primario de navegación.

22. PRE VUELO.

- a) Los operadores y pilotos que prevean realizar operaciones con el GNSS como medio primario de navegación deben llenar las casillas apropiadas del plan de vuelo OACI.
- b) La base de datos de navegación de a bordo debe estar vigente y ser la apropiada para la región de operación proyectada e incluirá las Radioayudas, WPTs, y los códigos pertinentes de las rutas ATS para las salidas, llegadas y aeródromos de alternativa.

Nota. Se espera que la base de datos de navegación se encuentre actualizada durante la operación. Si el ciclo AIRAC vence durante el vuelo, los explotadores y pilotos deberán establecer procedimientos para asegurar la precisión de los datos de navegación, incluyendo la adecuación de las instalaciones de navegación utilizadas para definir las rutas y procedimientos para el vuelo. Normalmente, esto se realiza verificando los datos electrónicos versus los documentos en papel. Un medio aceptable de cumplimiento es comparar las cartas aeronáuticas (nuevas y antiguas) para verificar los puntos de referencia de navegación antes del despacho. Si una carta enmendada es publicada para el procedimiento, la base de datos no debe ser utilizada para conducir la operación.

- c) La disponibilidad de la infraestructura de las ayudas a la navegación requeridas para las rutas proyectadas, incluyendo cualquier contingencia no GNSS, debe ser confirmada para el período de operaciones previstas, utilizando toda la información disponible. Debido a que el Anexo 10 Volumen I requiere integridad en el GNSS (RAIM o ABAS), también se debe disponer de información de disponibilidad de RAIM.
- d) Disponibilidad del RAIM (ABAS)
 - 1) Los niveles RAIM requeridos para las operaciones GNSS pueden ser verificados, ya sea, mediante NOTAMs (cuando están disponibles) o a través de servicios de predicción. Los explotadores deben familiarizarse con la información de predicción disponible para la ruta prevista.
 - 2) La predicción RAIM disponible debe tomar en cuenta los últimos NOTAMs utilizables y el modelo de aviónica (sí está disponible).
 - 3) En el evento que se pronostique una continua pérdida del nivel apropiado de detección de falla por más de cinco (5) minutos para cualquier parte de la operación GNSS, el plan de vuelo deberá ser revisado (p. ej., demorando la salida o planificando un procedimiento de salida diferente).
 - 4) El software de predicción de la disponibilidad RAIM no garantiza el servicio. Este software es más bien una herramienta de evaluación de la capacidad esperada para satisfacer la performance de navegación requerida. Debido a fallas no planificadas de

algunos elementos GNSS, los pilotos y los ANSP deben comprender que se puede perder la navegación RAIM o GNSS juntas mientras la aeronave está en vuelo, lo que puede requerir reversión a un medio alternativo de navegación. Por lo tanto, los pilotos deben evaluar sus capacidades para navegar (potencialmente a un aeródromo alternativo) en caso de falla de la navegación GNSS.

23. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN GENERAL.

El piloto deberá cumplir cualquier instrucción o procedimiento identificado por el fabricante, como sea necesario, para satisfacer los requisitos de performance de esta sección;

Los operadores y pilotos no deberán solicitar o presentar en el plan de vuelo GNSS a menos que satisfagan todos los criterios de esta CA. Si una aeronave que no cumple estos criterios recibe una autorización de parte del ATC para conducir un procedimiento GNSS, el piloto deberá notificar al ATC que no puede aceptar la autorización y solicitará instrucciones alternativas;

Durante la inicialización del sistema, los pilotos deben:

- (i) Confirmar que la base de datos de navegación esté vigente;
- (ii) Verificar que la posición de la aeronave ha sido ingresada correctamente;
- (iii) Verificar la entrada apropiada de la ruta ATC asignada una vez que reciban la autorización inicial y cualquier cambio de ruta subsiguiente; y
- (iv) Asegurarse que la secuencia de los WPT, representados en su sistema de navegación, coincida con la ruta trazada en las cartas apropiadas y con la ruta asignada.

Los pilotos no deberán volar un procedimiento SID o STAR RNAV, a menos que ésta pueda ser recuperada por el nombre del procedimiento desde la base de datos de navegación de a bordo y se ajuste al procedimiento de la carta. Sin embargo, la ruta puede ser posteriormente modificada a través de la inserción o eliminación de WPT específicos en respuesta a las autorizaciones del ATC. En los SID y STAR RNAV no se permite la entrada manual o la creación de nuevos WPT mediante la inserción de la latitud y longitud o de los valores rho/theta. Además, los pilotos no deben cambiar ningún tipo de WPT RNAV SID o STAR desde un WPT de paso a un WPT de sobrevuelo o viceversa.

Las tripulaciones de vuelo deberán verificar el plan de vuelo autorizado comparando las cartas u otros recursos aplicables con las presentaciones textuales del sistema de navegación y presentaciones de mapa de la aeronave, si es aplicable. Si es requerido, se debe confirmar la exclusión de Ayudas a la navegación específicas. No deberá usarse un procedimiento si existen dudas sobre la validez del procedimiento en la base de datos de navegación.

Nota. - Los pilotos pueden notar una pequeña diferencia entre la información de navegación descrita en la carta y la pantalla de navegación primaria. Diferencias de 3° o menos pueden ser el resultado de la aplicación de la variación magnética al equipo del fabricante y estas son operacionalmente aceptables.

Durante el vuelo, cuando sea factible, la tripulación de vuelo debe utilizar la información disponible de Radioayudas para confirmar la razonabilidad de la navegación.

Los pilotos de las aeronaves con una presentación de desviación lateral deben asegurarse que la escala de desviación lateral es adecuada para la precisión de navegación asociada con la ruta/procedimiento (p. ej., la deflexión a escala total: ± 5 NM para RNAV 5, ± 1 NM para RNAV 1).

Se espera que todos los pilotos mantengan los ejes de ruta, como están representados en los indicadores de desviación lateral de a bordo y/o en la guía de vuelo, durante todas las operaciones GNSS, a menos que sean autorizados a desviarse por el ATC o por condiciones de emergencia. Para operaciones normales, el error/desviación en sentido perpendicular a la derrota de vuelo (la diferencia entre la trayectoria calculada por el sistema RNAV y la posición de la aeronave relativa a la trayectoria) deberá ser limitada a $\pm \frac{1}{2}$ de la precisión de navegación asociada con la ruta o procedimiento de vuelo (p. ej., ± 2.5 NM para RNAV 5 y ± 0.5 NM para RNAV 1). Se permite

desviaciones laterales pequeñas de este requisito (p. ej., pasarse de la trayectoria lo quedarse corto de la trayectoria) durante o inmediatamente después de un viraje en ruta/procedimiento, hasta un máximo de 1 vez (1xRNP) la precisión de navegación (p. ej., ± 1 NM para RNAV 1).

Si el ATC emite una asignación de rumbo que ubica a la aeronave fuera de la ruta, el piloto no deberá modificar el plan de vuelo en el receptor GPS, hasta que se reciba una nueva autorización que permita a la aeronave retornar a la ruta o el controlador confirma una nueva autorización de ruta. Cuando la aeronave no está en la ruta publicada, los requerimientos de precisión especificados no aplican.

La selección manual de las funciones que limitan el ángulo de inclinación lateral de la aeronave puede reducir la habilidad de la aeronave para mantener su derrota deseada y no es recomendada. Los pilotos deberían reconocer que la selección manual de las funciones que limitan el ángulo de inclinación lateral de la aeronave podrían reducir su habilidad para satisfacer las expectativas de trayectoria del ATC, especialmente cuando se realizan virajes con grandes ángulos de inclinación. Esto no debe interpretarse como un requisito para desviarse de los procedimientos del AFM. Se recomienda a los pilotos limitar la selección de tales funciones dentro de procedimientos aceptados.

24. REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DE OPERACIÓN GNSS.

Antes de iniciar el despegue, el piloto debe verificar que el receptor GNSS de la aeronave está disponible, opera correctamente y que los datos apropiados del aeródromo y pista han sido cargados. Antes del vuelo, los pilotos deben verificar que el sistema de navegación de su aeronave está operando correctamente y que la pista y el procedimiento de salida apropiado (incluyendo cualquier transición en

ruta aplicable) han sido ingresados y están adecuadamente representados. Los pilotos que han sido asignados a un procedimiento de salida RNAV y que posteriormente reciben un cambio de pista, procedimiento o transición, deben verificar que se han ingresado los cambios apropiados y que están disponibles para la navegación antes del despegue. Se recomienda una verificación final de la entrada de la pista apropiada y de la representación de la ruta correcta, justo antes del despegue. Altitud para conectar el equipo GNSS al modo automático de vuelo.

El piloto debe ser capaz de conectar el equipo GNSS para seguir la guía de vuelo en el modo de navegación lateral RNAV antes de alcanzar 153 m (500 ft) sobre la elevación del aeródromo (AGL). La altitud a la cual inicia la guía RNAV en una ruta dada puede ser más alta (p. ej., ascienda a 304 m (1 000 ft) luego directo a.....)

Cuando los procedimientos de contingencia requieren revertir a una ruta de llegada convencional, la tripulación de vuelo debe completar las preparaciones necesarias antes de comenzar la ruta con el GNSS.

Las modificaciones de una ruta en el área terminal pueden tomar la forma de rumbos radar o autorizaciones "directo a" (direct to), al respecto, la tripulación de vuelo debe ser capaz de reaccionar a tiempo. Esto puede incluir la inserción de WPT tácticos cargados desde la base de datos. No es permitido que la tripulación de vuelo realice una entrada manual o la modificación de una ruta cargada, utilizando WPT temporales o puntos de referencia no provistos en la base de datos.

Aunque no se establece un método particular, se deberá observar cualquier restricción de altitud y velocidad.

25. PROCEDIMIENTOS DE CONTINGENCIA.

En caso pérdida de la función RAIM.- La tripulación de vuelo no podrá continuar la navegación con el equipo GPS, a menos que realice verificaciones cruzadas de posición con la información suministrada por las ayudas a la navegación normalizadas de la OACI: VOR, DME y NDB, de tal

manera que se confirme la existencia del nivel de precisión requerido. En caso contrario, la tripulación deberá revertir a un medio alternativo de navegación;

En el evento de una falla (incluyendo la falla de un satélite que impacte en el performance de los sistemas de navegación basados en el GNSS), la tripulación de vuelo deberá revertir a un medio alternativo de navegación.

En caso de excederse el límite de alarma de integridad. La tripulación de vuelo deberá revertir a un medio alternativo de navegación.

Disponibilidad de los equipos de abordaje VOR, DME. - Es obligatorio que estos sistemas estén instalados y se recomienda que estén operativos para asegurar la disponibilidad de medios alternos de navegación en el caso de falla del sistema GNSS. Si se cuenta con MEL, el VOR y DME se podrán diferir, pero siempre por la categoría más estricta, teniendo en cuenta la recomendación anterior.

El operador deberá contar con los procedimientos de contingencia por escrito en caso de falla del GNSS, siempre teniendo en cuenta las condiciones más severas y para cada fase de vuelo.

Cualquier incidencia registrada en vuelo deberá ser notificada a la AAC en un plazo máximo de setenta y dos (72) horas, salvo causa justificada.

26. ALTITUD GEOMETRICA DEL GNSS.

La altitud geométrica que proporciona el GNSS no es adecuada para el cumplimiento de los requisitos de tránsito aéreo de control de altitud a nivel internacional. El altímetro barométrico primario se debe utilizar para el cumplimiento de todas las regulaciones y requerimientos de tránsito aéreo de control de altitud.

La altitud geométrica del GNSS puede ser utilizada para aumentar la conciencia situacional, pero debe distinguirse claramente de la fuente barométrica. La etiqueta GSL (GNSS Sea Level) puede ser utilizada para indicar altitud GNSS a nivel del mar.

27. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.

El programa de instrucción para tripulantes de vuelo, deberá suministrar suficiente capacitación (p. ej., en dispositivos de instrucción de vuelo, simuladores de vuelo o en aeronaves) sobre el sistema RNAV en la extensión que sea necesaria. El programa de instrucción incluirá los siguientes temas:

a) Componentes y principios de operación del sistema GNSS

Comprensión del sistema GNSS y sus principios de operación:

1. Componentes del sistema GNSS: Segmento de control, Segmento de usuario y segmento espacial.
2. Requisitos de los equipos de la aeronave.
3. Señales de los satélites GNSS y código pseudoaleatorio.
4. Principio de determinación de la posición.
5. El error del reloj del receptor.
6. Función de enmascaramiento.
7. Limitaciones de performance de los distintos tipos de equipos.
8. Sistema de coordenadas WGS 84.

b) Requisitos de performance del sistema de navegación

Definir los siguientes términos en relación con el sistema de navegación y evaluar el grado de cumplimiento del sistema GNSS con los requisitos asociados a los siguientes términos:

1. Precisión.
2. Integridad
Medios para mejorar la integridad GNSS: RAIM y Detección de fallas y exclusión (FDE).
3. Disponibilidad.
4. Continuidad de servicio.

c) Autorizaciones y documentación

Requisitos aplicables a los pilotos y a los equipos de navegación para la operación GNSS:

1. Requisitos de instrucción para pilotos.
2. Requisitos de los equipos de las aeronaves.
3. Criterios de certificación y limitaciones del sistema en el AFM.
4. Avisos a los aviadores (NOTAMS) relacionados con GNSS.

d) Errores y limitaciones del sistema GNSS

La causa y la magnitud de los errores típicos del GNSS:

1. Efemérides.
2. Reloj.
3. Receptor.
4. Atmosféricos/ionosféricos.
5. Multi-reflexión.
6. Disponibilidad Selectiva (SA).
7. Error típico total asociado con el código C/A.
8. Efecto de la dilución de la precisión (DOP) en la posición.
9. Susceptibilidad a las interferencias.
10. Comparación de errores verticales y horizontales.
11. Precisión en el seguimiento de la trayectoria Anticolisión.

e) Factores humanos y GNSS

Limitaciones en la utilización de equipos GNSS debidas a factores humanos.

Procedimientos operativos que suministren protección contra errores de navegación y pérdida conceptual de la situación real debida a las siguientes causas:

1. Errores de modo.
2. Errores en la entrada de datos.
3. Comprobación y validación de datos incluyendo los procedimientos de comprobación cruzada independientes.
4. Relajación debida a la automatización.
5. Falta de estandarización de los equipos GNSS.
6. Procesamiento de la información por el ser humano y toma de conciencia de la situación.

f) Equipos GNSS – Procedimientos Especificos de Navegación

Conocimiento sobre los procedimientos operativos apropiados para GNSS en las tareas comunes de navegación para cada tipo específico de equipo en cada tipo de aeronave, que comprenda:

1. Selección del modo apropiado de operación.
2. Repaso de los distintos tipos de información contenidos en la base de datos de navegación.
3. Predicción de la disponibilidad de la función RAIM.
4. Procedimientos para introducir y comprobar los puntos de recorrido definidos por el usuario.
5. Procedimientos para introducir, recuperar y verificar los datos del plan de vuelo.
6. Interpretación de la información típica que aparece en las pantallas de navegación GNSS: LAT/LONG, distancia y rumbo al punto de recorrido, CDI.
7. Interceptación y mantenimiento de las rutas definidas por GNSS.
8. Determinación en vuelo de la velocidad respecto al terreno (GS), hora prevista de llegada (ETA), tiempo y distancia al punto de recorrido.
9. Indicación del sobrevuelo de los puntos de recorrido.
10. Utilización de la función "DIRECT TO" (directo a).
11. Utilización de la función "NEAREST AIRPORT" (aeropuerto más cercano).
12. Uso del GNSS en procedimientos de llegada GNSS o en procedimientos de llegada DME/GNSS.

g) Comprobación del equipo GNSS

Para cada tipo de equipo en todas las aeronaves, se deben llevar a cabo las siguientes comprobaciones operacionales y de puesta en servicio en el momento adecuado:

1. Estado de la constelación.
2. Estado de la función RAIM.
3. Estado de la dilución de la precisión (DOP).
4. Vigencia de la base de datos de las reglas de vuelo por instrumentos (IFR).
5. Operatividad del receptor.
6. Sensibilidad del CDI.
7. Indicación de posición.

h) Mensajes y avisos GNSS.

Para cada tipo de equipo en todas las aeronaves, frente a los mensajes y avisos GNSS, se deben reconocer y tomar acciones oportunas, incluyendo las siguientes:

1. pérdida de la función de la RAIM.
2. Navegación en 2D/3D.
3. Modo de navegación a estima.
4. Base de datos no actualizada.
5. Pérdida de la base de datos.
6. Fallo del equipo GNSS.
7. Falta de la entrada de los datos barométricos.
8. Falta de energía.
9. Desplazamiento en paralelo prolongado.
10. Falta de satélite.

28. VIGENCIA.

La presente Circular de Asesoramiento se encuentra en revisión original y su entrada en vigencia es efectiva treinta días después de su aprobación. No modifica documentos previos.

9. COMENTARIOS:

Comentarios acerca de esta Circular de Asesoramiento favor enviarlos al Departamento de Organización, Métodos y Regulaciones de la Autoridad de Aviación Civil, Km 9 ½ Carretera Panamericana, Ilopango, El Salvador, o a la dirección de correo electrónico: omr@aac.gob.sv

Ing. Jorge Alberto Puquirre
Director Ejecutivo
AUTORIDAD DE AVIACION CIVIL

