

Doc 9905
AN/471



Manual de diseño de procedimientos de performance de navegación requerida con autorización obligatoria (RNP AR)

Aprobado por el Secretario General
y publicado bajo su responsabilidad

Primera edición — 2009

Organización de Aviación Civil Internacional

Doc 9905
AN/471



Manual de diseño de procedimientos de performance de navegación requerida con autorización obligatoria (RNP AR)

Aprobado por el Secretario General
y publicado bajo su responsabilidad

Primera edición — 2009

Organización de Aviación Civil Internacional

Publicado por separado en español, árabe, chino, francés, inglés y ruso, por la
ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL
999 University Street, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7

La información sobre pedidos y una lista completa de los agentes de ventas
y libreros, puede obtenerse en el sitio web de la OACI: www.icao.int

Primera edición 2009

**Doc 9905, *Manual de diseño de procedimientos de performance
de navegación requerida con autorización obligatoria (RNP AR)***

Núm. de pedido: 9905

ISBN 978-92-9231-543-6

© OACI 2010

Reservados todos los derechos. No está permitida la reproducción, de ninguna parte de esta
publicación, ni su tratamiento informático, ni su transmisión, de ninguna forma ni por ningún medio,
sin la autorización previa y por escrito de la Organización de Aviación Civil Internacional.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
PRÓLOGO	<i>(vii)</i>
DEFINICIONES	<i>(ix)</i>
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	<i>(xiii)</i>
Capítulo 1. Descripción de performance de navegación requerida con autorización obligatoria (RNP AR)	1-1
1.1 Propósito del manual	1-1
1.2 Aplicación	1-1
1.3 Calificación de la aeronave	1-2
1.4 Calificación operacional	1-2
1.5 Información de operaciones de vuelo	1-3
1.6 Procedimientos de vuelo	1-3
Capítulo 2. Diseño del procedimiento de aproximación RNP AR	2-1
2.1 Principios subyacentes	2-1
2.2 Altitud/altura de franqueamiento de obstáculos (OCA/H) y altitud/altura de decisión (DA/H)	2-1
2.3 Condiciones estándar	2-2
2.4 Efectos del terreno	2-2
2.5 Protección lateral	2-2
2.6 Protección vertical	2-3
Capítulo 3. Criterios generales	3-1
3.1 Categorías de velocidad de las aeronaves	3-1
3.2 Cálculo del radio de viraje y ángulo de inclinación lateral	3-3
Capítulo 4. Construcción del procedimiento	4-1
4.1 Principios generales	4-1
4.2 Tramo de aproximación inicial	4-14
4.3 Espera	4-16
4.4 Tramo de aproximación intermedio	4-16
4.5 FAS	4-18
4.6 Tramo de aproximación frustrada (MAS)	4-36
4.7 Determinación de la OCA/H	4-43
Capítulo 5. Publicación y cartografía	5-1
5.1 Introducción	5-1
5.2 Títulos de las cartas aeronáuticas	5-1

5.3	Identificación de la carta	5-1
5.4	Notas de la carta.....	5-1
5.5	Descripción.....	5-2
5.6	Mínimos	5-2

**Apéndice 1. Margen mínimo de franqueamiento de obstáculos (MOC) del balance de error vertical (VEB):
explicación de la ecuación (unidades SI)..... APP 1-1**

**Apéndice 2. Margen mínimo de franqueamiento de obstáculos (MOC) del balance de error vertical (VEB):
explicación de la ecuación (unidades no SI)..... APP 2-2**

PRÓLOGO

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) concibió inicialmente la performance de navegación requerida (RNP) como un medio para facilitar el cambio en la operación del espacio aéreo. La OACI reconoció que los sistemas mundiales de navegación por satélite, las infraestructuras de navegación, las operaciones, y los sistemas de a bordo estaban sufriendo cambios con mayor rapidez que lo que permitían los procedimientos técnicos estándar tradicionales. La RNP se desarrolló para permitir la especificación de los requisitos de espacio aéreo y operación sin las limitaciones del lento proceso de especificación de equipos y sistemas.

Inicialmente, para admitir las operaciones RNP, se desarrollaron los criterios de diseño de procedimiento RNP y se incorporaron en *Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Operación de aeronaves* (PANS-OPS) (Doc 8168). Sin embargo, debido a la falta de demanda y de conocimiento general del cambio en las operaciones y al paradigma de la implantación posible con RNP, los criterios iniciales fueron conservadores en su carácter y especificación. En consecuencia, como se identificaron ubicaciones específicas en las que se necesitaban soluciones RNP exigentes, los criterios de la OACI resultaron ser insuficientes y faltos de la guía de compatibilidad necesaria para la aprobación de las operaciones.

Al mismo tiempo, un Estado en colaboración con el sector y un importante explotador de aerolínea llevaron a cabo la tarea de desarrollar los criterios que permitieron el uso de aeronaves con capacidad RNP para dar respuesta a un problema importante en los accesos a los aeropuertos que poseían un entorno o una orografía con muchos obstáculos, bajo condiciones meteorológicas limitadas. Estos criterios para los procedimientos RNP se documentaron en una guía normativa, como parte de la circular de asesoramiento (AC) 120-29A de la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos (FAA).

Los criterios de la circular AC 120-29A RNP permiten una flexibilidad y una personalización significativas del diseño del procedimiento. Supera a la guía de diseño de procedimientos tradicionales en su suministro de criterios que dan respuesta a los aspectos relevantes de los sistemas operacionales que deben tenerse en cuenta en la implantación de estas operaciones de vuelo especiales como, por ejemplo, valoración del tramo visual, pérdida de motores, extracción, pendiente ascensional personalizada y aterrizaje interrumpido. Sin embargo, dichos criterios pueden ser muy exigentes y necesitar mucho tiempo, ya que deben evaluarse y aprobarse en cada una de las aplicaciones. Como resultado, se determinó que un grado de estandarización en lugar de una variabilidad máxima facilitaría no sólo el desarrollo del procedimiento, sino también la implantación.

El mismo Estado, coherente con la comunidad aeronáutica, obtuvo un conjunto independiente de criterios de diseño de procedimientos que conservaban varias áreas claves de flexibilidad, pero que definía estándares específicos en otros, con el fin de simplificar los esfuerzos de implantación del diseño de procedimientos y conservar los medios necesarios para obtener ventajas operacionales significativas. Estos criterios se documentaron en la Orden 8250.52 de la FAA de Estados Unidos, que se utilizó inicialmente en dicho Estado, pero que adoptaron también otros que necesitaban estos criterios para tratar los problemas operacionales en sus regiones. La OACI ha revisado estos criterios y ha desarrollado los criterios equivalentes contenidos en este documento de forma armonizada con PANS-OPS en relación con la terminología, unidades de medida y ciertos parámetros de diseño. Se ha decidido no incluir los criterios en PANS-OPS en esta etapa, ya que los conceptos que se encuentran tras los criterios que contiene este manual son relativamente nuevos.

Para racionalizar y apoyar la implantación de las operaciones RNP, OACI estableció el Grupo de estudio sobre performance de navegación requerida y requisitos operacionales especiales, que desarrolló el *Manual de navegación basada en la performance (PBN)* (documento 9613). El Manual PBN proporciona dos tipos de especificaciones de navegación para las operaciones de aproximación: aproximación RNP (RNP APCH) y aproximación con autorización obligatoria RNP (RNP AR APCH). La especificación de navegación RNP APCH está destinada a satisfacer los requisitos operacionales RNP generales y permitir la participación de aeronaves con un nivel básico de capacidad RNP sin un requisito de autorización operacional. La otra especificación de navegación, RNP AR APCH, que permite un nivel más alto de performance de navegación para tener una mayor capacidad de dar respuesta a los problemas de acceso a los aeropuertos, como los entornos con muchos obstáculos, y facilitar los avances en la gestión del tránsito aéreo (ATM), requiere que el explotador cumpla requisitos adicionales en su aeronave y en la tripulación de la misma y que obtenga una autorización de explotación de la autoridad normativa del Estado.

Los procedimientos RNP AR pueden proporcionar ventajas operacionales y de seguridad significativas sobre otros procedimientos de navegación de área (RNAV) incorporando precisión en navegación, integridad y capacidades funcionales adicionales para permitir las operaciones utilizando tolerancias de franqueamiento de obstáculos que permitan implantar procedimientos de aproximación y salida en circunstancias en las que otros tipos de procedimientos de aproximación o salida no son operacionalmente posibles o satisfactorios. Los procedimientos implantados de acuerdo con este manual permiten la explotación de las capacidades de navegación vertical (VNAV) y lateral gestionadas de alta calidad, que proporcionan mejoras en la seguridad operacional y una reducción de los riesgos de impacto contra el suelo sin pérdida de control (CFIT).

Este manual está destinado para su uso por parte de los explotadores de aeronaves y diseñadores de procedimientos de aproximaciones instrumentales basadas en RNP usando sistemas de aviónica RNAV, en los que se necesita autorización (AR).

El manual incluye criterios de diseño para contribuir a que los Estados implanten procedimientos de aproximación RNP AR, de acuerdo con el Manual PBN, volumen II, parte C, capítulo 6, Implantación de la RNP AR APCH. Se incorporarán criterios similares para los procedimientos de salida cuando se desarrollen.

DEFINICIONES

Altitud de decisión (DA) o altura de decisión (DH). Altitud o altura especificada en la aproximación de precisión o aproximación con guía vertical en la que debe iniciarse una aproximación frustrada si no se ha establecido la referencia visual necesaria para continuar la aproximación.

Nota 1: la DA toma como referencia el nivel medio del mar y la DH toma como referencia la elevación del umbral.

Nota 2: la referencia visual necesaria significa que la sección de las ayudas visuales o del área de aproximación que deben haber estado a la vista durante suficiente tiempo como para que el piloto pueda haber realizado una evaluación de la posición de la aeronave y del régimen de cambio de la posición en relación con la trayectoria de vuelo deseada. En las operaciones de categoría III con una altura de decisión, la referencia visual necesaria es la que se especifica en el procedimiento y operación específicos.

Nota 3: para mayor comodidad, en los lugares en los que se utilizan ambas expresiones, pueden estar escritas con la forma "altura o altitud de decisión" y abreviadas "DA/H".

Aplicación de navegación. La aplicación de una especificación para la navegación y la infraestructura navaid de apoyo para las rutas, procedimientos y/o volumen de espacio aéreo definido, de acuerdo con el concepto de espacio aéreo deseado.

Nota: la aplicación de navegación es un elemento que, junto con los procedimientos de comunicación, vigilancia y ATM, satisface los objetivos estratégicos de un concepto de espacio aéreo definido.

Concepto de espacio aéreo. El concepto de espacio aéreo proporciona la descripción y el marco de operaciones pretendido en el espacio aéreo. El concepto de espacio aéreo es básicamente una declaración de alto nivel de un plan de espacio aéreo. Los conceptos de espacio aéreo se desarrollan para satisfacer objetivos estratégicos explícitos, como la seguridad mejorada, la capacidad de tránsito aéreo incrementada y la mitigación del impacto ambiental. Los conceptos de espacio aéreo incluyen detalles de la organización del espacio aéreo y sus usuarios basados en comunicaciones, navegación y suposiciones de vigilancia/gestión del tránsito aéreo (CNS/ATM) específicas como, por ejemplo, la estructura de rutas de los servicios de tránsito aéreo (ATS), las mínimas de separación, el espaciado de las rutas y el margen de franqueamiento de obstáculos.

Control por procedimientos. Servicio de control de tránsito aéreo suministrado mediante el uso de información derivada de fuentes distintas al sistema de vigilancia ATS.

Especificación de navegación. Conjunto de requisitos de aeronave y tripulación necesarios para apoyar las operaciones de navegación basadas en la performance en un espacio aéreo definido. Existen dos tipos de especificaciones de navegación:

Especificación RNP. Especificación de navegación basada en la navegación de área que incluye los requisitos para las alertas y control de la performance, designados por el prefijo RNP, por ejemplo, RNP 4, RNP APCH.

Especificación RNAV. Especificación de navegación basada en la navegación de área que no incluye los requisitos para las alertas y control de la performance, designados por el prefijo RNAV, por ejemplo, RNAV 5, RNAV 1.

Nota: El Manual de navegación basada en la performance (PBN) (documento 9613), volumen II, contiene una guía detallada sobre las especificaciones de navegación.

Función de navegación. La capacidad detallada del sistema de navegación (como la ejecución de transiciones de tramo, capacidades de trayectoria paralela desplazada, circuitos de espera, bases de datos de navegación) necesaria para satisfacer el concepto de espacio aéreo.

Nota: los requisitos funcionales de navegación son uno de los motores para la selección de una especificación de navegación concreta. Las funcionalidades de navegación (requisitos funcionales) de cada especificación de navegación pueden encontrarse en el Manual de navegación basada en la performance (PBN) (documento 9613), volumen II, partes B y C.

Infraestructura de ayuda para la navegación aérea (NAVAID). La infraestructura navaid hace referencia a las ayudas para la navegación terrestres o basadas en la separación disponibles para satisfacer los requisitos de una especificación para la navegación.

Llegada normalizada por instrumentos (STAR). Ruta de llegada designada según reglas de vuelo por instrumentos (IFR) que une un punto significativo, normalmente en una ruta ATS, con un punto desde el que se puede comenzar un procedimiento publicado de aproximación por instrumentos.

Medio ambiente de navegación mixta. Medio ambiente en el que se pueden aplicar distintas especificaciones de navegación en el mismo espacio aéreo (por ejemplo, 10 rutas de RNP y 4 rutas de RNP en el mismo espacio aéreo) o en el que se permiten las operaciones que utilizan la navegación convencional junto con las aplicaciones RNAV o RNP.

Navegación basada en la performance (PBN). Navegación de área basada en los requisitos de performance para las aeronaves que operen en una ruta ATS, en un procedimiento de aproximación por instrumentos o en un espacio aéreo designado.

Nota: los requisitos de performance se expresan en las especificaciones de navegación en términos de la precisión, integridad, continuidad, disponibilidad y funcionalidad necesarios para la operación propuesta en el contexto de un concepto de espacio aéreo específico.

Navegación de área (RNAV). Método de navegación que permite las operaciones de las aeronaves en cualquier trayectoria de vuelo deseada dentro de la cobertura de las ayudas para la navegación terrestres o basadas en la separación o dentro de los límites de la capacidad de las ayudas autónomas o una combinación de ambas.

Nota: la navegación de área incluye la navegación basada en performance, así como otras operaciones que no cumplen la definición de navegación basada en performance.

Operaciones RNAV. Operaciones de la aeronave utilizando un sistema de navegación de área para aplicaciones RNAV. Las operaciones RNAV incluyen el uso de la navegación de área para las operaciones que no se desarrollan de acuerdo con el *Manual de navegación basada en la performance (PBN)* (documento 9613).

Operaciones RNP. Operaciones de la aeronave utilizando un sistema RNP para las aplicaciones RNP.

Procedimiento de aproximación con guía vertical (APV). Procedimiento de vuelo por instrumentos que utiliza la guía lateral y vertical, pero que no cumple los requisitos establecidos para las operaciones de aproximación y aterrizaje de precisión.

Ruta de navegación de área. Ruta ATS establecida para que la utilicen aeronaves capaces de emplear la navegación de área.

Ruta RNP. Ruta ATS establecida para que la utilice una aeronave que se atenga a la especificación RNP prescrita.

Salida normalizada por instrumentos (SID). Ruta de salida designada según reglas de vuelo por instrumentos (IFR) que une el aeródromo o una pista del aeródromo determinada, con un punto significativo determinado, normalmente en una ruta ATS, en el que comienza la fase en ruta de un vuelo.

Servicio de vigilancia ATS. Término utilizado para indicar un servicio que se proporciona directamente mediante un sistema de vigilancia ATS.

Sistema de aumentación basada en satélites (SBAS). Sistema de aumentación de amplia cobertura en el que el usuario recibe la aumentación desde un transmisor vía satélite.

Sistema de aumentación basado en la aeronave (ABAS). Un sistema de aumentación que aumenta y/o integra la información obtenida a partir de otros elementos GNSS con la información disponible a bordo de la aeronave.

Nota: la forma más común de ABAS es la vigilancia autónoma de la integridad en el receptor (RAIM).

Sistema de vigilancia ATS. Término genérico que indica los diversos sistemas ADS-B, PSR, SSR o cualquier sistema terrestre equivalente que permite la identificación de la aeronave.

Nota: un sistema terrestre comparable es aquel que ha demostrado, mediante la valoración comparativa u otra metodología, tener un nivel de seguridad y performance igual o superior al del SSR monopolso.

Sistema RNAV. Sistema de navegación que permite las operaciones de las aeronaves en cualquier trayectoria de vuelo deseada dentro de la cobertura de las ayudas para la navegación por referencia a estación o dentro de los límites de la capacidad de las ayudas autónomas o una combinación de ambas. Puede incluirse un sistema RNAV como parte del sistema de gestión de vuelo (FSM).

Sistema RNP. Sistema de navegación de área compatible con las alertas y el control de la performance a bordo.

Superficie de franqueamiento de obstáculos (OCS). Superficie de evaluación de obstáculos que se utiliza para determinar la altitud de franqueamiento de obstáculos mínima en un punto determinado.

Trayectoria de planeo. Trayectoria de vuelo definida en el eje vertical que atraviesa el DCP/RDH en el tramo de aproximación final de un APV o PA.

Verificación por redundancia cíclica (CRC). Algoritmo matemático aplicado a los datos o expresiones digitales que proporciona un nivel de garantía ante la pérdida o alteración de los datos.

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

AC	Circular de asesoramiento
ADS-B	Vigilancia dependiente automática-radiodifusión
AGL	Sobre el nivel del terreno
anpe	Error de performance de navegación real
APCH	Aproximación
APV	Procedimiento de aproximación con guía vertical
AR	Autorización obligatoria
*ase	Error del sistema altimétrico
ASI	Indicador de velocidad aerodinámica
ATC	Control de tránsito aéreo
*atis	Servicio automático de información terminal
ATM	Gestión del tránsito aéreo
ATS	Servicios de tránsito aéreo
ATT	Tolerancia paralela a la derrota
BARO-VNAV	Navegación vertical barométrica
BG	Geometría del fuselaje
CAT	Categoría
CDA	Aproximación en descenso continuo
CFIT	Impacto contra el suelo sin pérdida de control
Cot	Cotangente
CNS/ATM	Comunicaciones, navegación y vigilancia/gestión del tránsito aéreo
DA/H	Altitud/altura de decisión
DER	Extremo de salida de la pista
D _{FAP}	Distancia del umbral al punto de aproximación final
D _{FROP}	Distancia al punto de salida del viraje de aproximación final
DR	Velocidad vertical de descenso
DTA	Distancia de anticipación de viraje
FAA	Administración Federal de Aviación
FAF	Punto de referencia de aproximación final
FAP	Punto de aproximación final
FAS	Tramo de aproximación final
FCC	Computador de mando de vuelo
FOSA	Evaluación de seguridad de las operaciones de vuelo
FROP	Punto de salida del viraje de aproximación final
ft	Pies
*fte	Error técnico de vuelo
FTP	Punto de umbral ficticio
GNSS	Sistema mundial de navegación por satélite
GP	Trayectoria de planeo
GPI	Punto de contacto
GPS	Sistema mundial de determinación de la posición
ALT	Altitud

* Se utilizan minúsculas para las abreviaturas y acrónimos que provienen del *Manual de navegación basada en la performance (PBN)* (documento 9613).

HAT	Altura sobre el umbral
HL	Pérdida de altura
IAF	Punto de referencia de aproximación inicial
IAS	Velocidad indicada
IF	Punto de referencia intermedio
IRU	Unidad de referencia de inercia
ISA	Atmósfera tipo internacional
isad	Desviación de la temperatura de la atmósfera tipo internacional
km	Kilómetro
kt	Nudo
LNAV	Navegación lateral
LTP	Punto del umbral de aterrizaje
LTP _{ELEV}	Elevación del punto del umbral de aterrizaje
m	Metro
MA	Aproximación frustrada
MAS	Tramo(s) de aproximación frustrada
MEL	Lista de equipo mínimo
MOC	Margen mínimo de franqueamiento de obstáculos
NM	Milla marina
OAS	Superficie(s) de evaluación de obstáculos
OCA/H	Altitud/altura de franqueamiento de obstáculos
OCS	Superficie de franqueamiento de obstáculos
PANS-OPS	Procedimientos para los servicios de navegación aérea - Operación de aeronaves
PBN	Navegación basada en la performance
PSR	Radar primario de vigilancia
R	Velocidad angular de viraje
r	Radio
RA	Radioaltímetro
RDH	Altura del punto de referencia
RF	Radio al punto de referencia (tipo de tramo de ARINC)
RNAV	Navegación de área
RNP	Performance de navegación requerida
RNP AR	Performance de navegación requerida con autorización obligatoria
RNPSORSG	Grupo de estudio sobre performance de navegación requerida y requisitos operacionales especiales
RSS	Raíz cuadrada de la suma de los cuadrados
RWY	Pista
SI	Sistema internacional de unidades
SOC	Comienzo del ascenso
SSR	Radar secundario de vigilancia
TAS	Velocidad verdadera
TCH	Altura de franqueamiento del umbral
TF	Derrota a punto de referencia (tipo de tramo de ARINC)
TP	Punto de viraje
TrD	Distancia de transición
TWC	Componente del viento de cola
V	Velocidad
VA	Rumbo de la aeronave hasta una altitud (tipo de tramo de ARINC)
vae	Error de ángulo vertical
V _{at}	Velocidad en el umbral
VEB	Balance de error vertical
VGSI	Indicador de pendiente de planeo visual

VNAV	Navegación vertical
VPA	Ángulo de trayectoria vertical
V _{slg}	Velocidad de pérdida en la configuración de aterrizaje con la masa de aterrizaje máxima
V _{so}	Velocidad de pérdida
WGS	Sistema geodésico mundial
wpr	Error de precisión en punto de recorrido

Capítulo 1

DESCRIPCIÓN DE PERFORMANCE DE NAVEGACIÓN REQUERIDA CON AUTORIZACIÓN OBLIGATORIA (RNP AR)

1.1 PROPÓSITO DEL MANUAL

1.1.1 Este manual está destinado para su uso por parte de explotadores de aeronaves y diseñadores de procedimientos de aproximaciones instrumentales basadas en la performance de navegación requerida (RNP) utilizando sistemas de aviónica de navegación de área (RNAV), en los que se necesita autorización (AR).

1.1.2 El manual incluye criterios de diseño para contribuir a que los Estados implanten procedimientos de aproximación RNP AR (APCH), de acuerdo con el *Manual sobre la navegación basada en la performance (PBN)* (documento 9613) (en adelante, denominado Manual PBN), volumen II, parte C, capítulo 6, Implantación de la *RNP AR APCH*.

1.2 APLICACIÓN

1.2.1 La implementación de la ampliación de los procedimientos RNP AR más allá del diseño de procedimientos en un proceso de autorización para los explotadores de aeronaves es necesaria para garantizar que otras dependencias críticas y la aeronavegabilidad y aprobaciones de procedimientos operacionales asociadas se completan antes de la implantación. En el Manual PBN se proporciona orientación sobre la implantación y la aprobación operacional.

1.2.2 El Manual PBN contiene especificaciones de navegación aplicables a las dos aplicaciones de aproximación RNP: RNP APCH y RNP AR APCH.

1.2.3 Las operaciones RNP AR APCH se clasifican como procedimientos de aproximación con guía vertical, de acuerdo con el Anexo 6: *Operación de aeronave*. Este tipo de operación requiere un sistema de guía de navegación vertical (VNAV) positivo para el tramo de aproximación final (FAS). Las implementaciones RNP AR APCH utilizan un sistema de navegación vertical barométrica (BARO-VNAV) que cumple los requisitos de aeronavegabilidad especificados. El margen de franqueamiento de obstáculos se basa en una valoración estadística de todos los errores de componente a los que se denomina como balance de error vertical (VEB). Se puede implantar otra guía vertical precisa adecuada si existe la capacidad de garantizar una precisión, integridad y retención equivalentes.

1.2.4 Los procedimientos RNP AR APCH pueden estar diseñados para admitir varios mínimos para la RNP correspondiente, por ejemplo, RNP 0,3; RNP 0,2; hasta RNP 0,1. Sin embargo, los diseñadores no deben promulgar procedimientos con RNP inferiores a 0,3, a menos que exista una ventaja operacional. Las reducciones en la RNP reducen los límites de alerta y aumentan la posibilidad de que se produzca una alerta y el consiguiente procedimiento de motor y al aire; por lo tanto, la RNP mínima publicada no debe ser inferior a la necesaria para suministrar la capacidad operacional requerida.

1.2.5 Los criterios de diseño de este manual son aplicables a una gama de tipos de aeronave y, por lo tanto, no pueden tener en cuenta la capacidad completa de algunos tipos de aeronaves. Como consecuencia, los procedimientos diseñados siguiendo este manual pueden proporcionar una solución operacional aceptable en muchas circunstancias, pero no en todas. Cuando mediante la aplicación de estos criterios no existe una solución operacional aceptable, es posible que sea necesario el desarrollo de procedimientos detallados para satisfacer las condiciones locales. Pueden

derivarse soluciones de diseño alternativas que especifiquen el tipo de aeronave o parámetros de performance específicos, limitaciones o condiciones de operación especiales, capacitación de la tripulación, evaluación operacional u otros requisitos que pueda demostrarse que proporcionan un nivel de seguridad equivalente. Dichas soluciones no se tratan en este manual y necesitan una aprobación operacional y una evaluación de seguridad de operaciones en vuelo (FOSA) caso por caso.

1.2.6 Las operaciones RNP AR APCH utilizan niveles altos de capacidad RNAV y todos los aspectos de la operación deben cumplir los requisitos relevantes especificados en el Manual PBN.

1.2.7 La seguridad de los procedimientos RNP AR APCH depende de la interrelación correcta entre la capacidad de la aeronave, los procedimientos operativos y los procedimientos de diseño. Los usuarios de este manual deben comprender esta diferencia esencial en el diseño de los procedimientos RNP AR.

1.3 CALIFICACIÓN DE LA AERONAVE

1.3.1 La calificación de la aeronave está integrada en el proceso de autorización de las operaciones RNP AR. Para un procedimiento de vuelo por instrumentos RNP AR, sólo se puede autorizar para que realicen operaciones RNP AR APCH a aquellas aeronaves que han demostrado la performance, capacidad y funcionalidad.

1.3.2 La aeronave debe satisfacer los requisitos de la especificación de navegación RNP AR APCH suministrada en el Manual PBN. Los fabricantes de aeronaves deben demostrar y documentar la capacidad y performance de la aeronave, así como cualquier limitación o procedimiento especial asociado con la aeronave y los sistemas como parte del programa de certificación de la aeronave o evaluación del cumplimiento de la aeronave.

1.3.3 La demostración de la capacidad de la aeronave permite que todas las aeronaves calificadas utilicen el procedimiento de vuelo por instrumentos, liberando al diseñador de la necesidad de tener en cuenta los tipos de aeronaves individuales o las capacidades de performance.

1.3.4 Como la performance, integridad y funcionalidad se demuestran, documentan y aprueban como parte de la demostración de la capacidad RNP AR, no es necesario realizar simulaciones y pruebas de vuelo extensas o especiales para recoger evidencias estadísticas de la performance de la aeronave para apoyar la implantación de las operaciones RNP AR.

1.4 CALIFICACIÓN OPERACIONAL

1.4.1 El proceso de autorización para las operaciones RNP AR APCH incluye la aprobación de los procedimientos operacionales y la capacitación de la tripulación de acuerdo con la especificación de navegación RNP AR APCH suministrada en el Manual PBN.

1.4.2 Los procedimientos operativos deben cumplir las condiciones de la aprobación de capacidad RNP AR de la aeronave y requisitos adicionales, como una lista de equipo mínimo (MEL), manuales de operaciones para las tripulaciones de vuelo, manuales de vuelo y guías de mantenimiento de la aeronave.

1.4.3 Los procedimientos de operación deben tener en cuenta también las limitaciones o requisitos que especifique el diseñador de procedimientos. Es posible que en ciertos casos sea necesario que las capacidades o equipamiento específico realicen un procedimiento RNP AR APCH.

1.4.4 Los procedimientos RNP AR APCH individuales se validan de acuerdo con el Manual PBN y otras guías relevantes antes de su publicación. Sin embargo, como se pueden producir variaciones en la funcionalidad, equipamiento y capacidad de vuelo, es necesario que los explotadores realicen una validación operacional de todos los procedimientos aplicables al tipo de aeronave que operan.

1.4.5 Antes de obtener la autorización para llevar a cabo las operaciones RNP AR APCH, el explotador debe demostrar al organismo de reglamentación del Estado que se han tratado correctamente todos los elementos apropiados de las operaciones RNP AR APCH, incluidos:

- a) determinación de la calificación de la aeronave;
- b) capacitación, por ejemplo, tripulaciones de vuelo, despacho de vuelos;
- c) MEL, mantenimiento de la aeronavegabilidad;
- d) requisitos para los procedimientos operacionales;
- e) procedimientos de despacho de vuelos;
- f) procedimientos de mantenimiento;
- g) condiciones o limitaciones para la aprobación;
- h) validación operacional del procedimiento para cada tipo de aeronave; y
- i) realización de una FOSA.

1.4.6 Las consideraciones y problemas específicos para estas áreas, como se describen con detalle en el Manual PBN.

1.5 INFORMACIÓN DE OPERACIONES DE VUELO

1.5.1 La realización de procedimientos de vuelo por instrumentos RNP AR requiere que el explotador de la aeronave examine la información de la tripulación, los procedimientos de vuelo y la capacitación para garantizar que son suficientes para permitir la calificación del explotador y la aprobación operacional.

1.5.2 La información de la tripulación, los procedimientos de vuelo y la capacitación deben ser adecuados para los procedimientos de aproximación por instrumentos RNP AR APCH, tipos de aeronaves o variantes, cargos de la tripulación, sistemas de sustentación, infraestructuras de ayuda para la navegación aérea y sistemas terrestres que se van a utilizar. Los temas de capacitación se personalizarán para adaptarlos a su aplicación en la calificación inicial, calificación recurrente, recalificación, actualización de capacitación de control o calificación de diferencias, según corresponda. En el Manual PBN se describen los requisitos de capacitación de la tripulación.

1.6 PROCEDIMIENTOS DE VUELO

Los usuarios de este manual deben estar familiarizados con los siguientes aspectos asociados con las operaciones RNP AR APCH.

- a) Capacidad *RNP*. Las tripulaciones deben tener en cuenta la capacidad RNP documentada en la autorización RNP AR apropiada para la configuración de la aeronave o procedimientos operacionales (por ejemplo, sistema mundial de determinación de la posición (GPS) no operativo, uso del dispositivo director de vuelo en lugar del piloto automático).

- b) *Verificación de disponibilidad RNP.* Antes de comenzar la aproximación, la tripulación es responsable de garantizar la selección de la RNP correspondiente. Debe seleccionarse la RNP más alta compatible con las condiciones de operación para reducir la posibilidad de alertas y las consecuentes aproximaciones frustradas. Las tripulaciones se asegurarán antes del comienzo de un procedimiento de que está disponible la performance del sistema de navegación necesaria y de que está previsto que esté disponible durante toda la realización del procedimiento. No se debe cambiar la RNP una vez comenzado el procedimiento.
 - c) *Tramos del radio al punto de referencia (RF).* El uso de los tramos RF proporciona más flexibilidad en el diseño de la derrota del procedimiento. Los tramos RF pueden estar presentes en todas las fases del procedimiento, incluido el tramo final y se anotará en la carta de aproximación el requisito de la capacidad del tramo RF, si corresponde. Como el uso de los tramos RF en el diseño de los procedimientos es opcional, debe identificarse específicamente en la autorización del explotador la capacidad de tener procedimientos de vuelo que incorporen tramos RF.
 - d) *Equipo mínimo.* En el Manual PBN se detallan las disposiciones de equipo mínimo. En algunos emplazamientos, el espacio aéreo o entorno de obstáculos necesitará la capacidad RNP durante una aproximación frustrada desde cualquier posición del procedimiento. En estos emplazamientos, es posible que se necesiten equipos de redundancia.
 - e) *Velocidades no estándar o pendientes ascensionales.* Las aproximaciones RNP AR se han desarrollado basándose en velocidades de aproximación estándar y una pendiente ascensional nominal especificada en la aproximación frustrada. En el procedimiento de aproximación deben indicarse las excepciones a estos estándares y el explotador debe garantizar que puede cumplir las restricciones publicadas antes de realizar la operación.
 - f) *Operaciones no normales.* Las tripulaciones deben tener la competencia necesaria para mantener la posición de la aeronave dentro de las tolerancias de seguimiento coherentes con la RNP seleccionada durante las operaciones normales y no normales. (Las tolerancias técnicas de vuelo se especifican en las especificaciones de navegación suministradas en el Manual PBN, volumen II, capítulo 6).
 - g) *Tolerancias de la trayectoria de vuelo vertical.* En el FAS, las tripulaciones supervisarán las desviaciones verticales de la trayectoria de VNAV para garantizar que la aeronave permanece dentro de los límites de tolerancia especificados en las especificaciones de navegación suministradas en el Manual PBN, volumen II, capítulo 6.
 - h) *Piloto automático acoplado.* Se recomienda el uso del piloto automático acoplado. Los procedimientos del explotador deben especificar las condiciones de las operaciones sin piloto automático.
-

Capítulo 2

DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO DE APROXIMACIÓN RNP AR

2.1 PRINCIPIOS SUBYACENTES

RNP APCH frente a RNP AR APCH

2.1.1 RNP APCH se define como un procedimiento de aproximación RNP que necesita un TSE lateral de +/-1 NM en los tramos inicial, intermedio y de aproximación frustrada (MAS) y un TSE lateral de $\pm 0,3$ NM en FAS. La guía sobre la implantación de las operaciones RNP APCH puede encontrarse en el Manual PBN, volumen II, capítulo 5, Implantación de la RNP APCH.

2.1.2 RNP AR APCH se define como el procedimiento de aproximación RNP que requiere un TSE de tan solo $\pm 0,1$ NM en cualquier tramo del procedimiento de aproximación. Los procedimientos RNP AR APCH necesitan también que se mantenga una precisión vertical específica, como se detalla en el Manual PBN, volumen II, capítulo 6. La referencia vertical para los procedimientos RNP AR es el punto del umbral de aterrizaje (LTP). Los criterios RNP AR APCH sólo se aplican a las aeronaves y explotadores que cumplen los requisitos de capacitación, aprobación y certificación adicionales especificados. Los procedimientos RNP AR APCH sólo se publican cuando se pueden conseguir ventajas operacionales significativas y conservar o mejorar la seguridad operacional. El Manual PBN contiene la certificación RNP AR y los requisitos de aprobación. Para los fines de aplicación de los criterios contenidos en este manual, los niveles de RNP controlan la protección de obstáculos asociada con los valores de RNP. El nivel de RNP se utiliza para determinar el valor de la semianchura del área (en NM) del área de protección asociada con un tramo de un procedimiento de vuelos por instrumentos.

2.2 ALTITUD/ALTURA DE FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS (OCA/H) Y ALTITUD/ALTURA DE DECISIÓN (DA/H)

2.2.1 La OCA/H se publica para los procedimientos RNP AR de la carta. Sin embargo, para los procedimientos en los que exista un MAS con valores de RNP inferiores a RNP 1,0, se publica en su lugar la DA/H y se introduce la anotación correspondiente en la carta. En este caso, el proceso de aprobación garantiza que la aproximación frustrada no se ejecute antes del punto a lo largo de la derrota donde se produce la DA/H nominal.

Límite inferior de DA/H: medio ambiente del aeródromo

2.2.2 Se aplica un límite inferior a la OCA/H de la siguiente manera:

- a) 75 m (246 ft) siempre que se hayan evaluado y no se hayan introducido en las superficies de aterrizaje interrumpido, interna de transición e interna de aproximación del Anexo 14: *Aeródromos*, volumen I, capítulo 4; y
- b) 90 m (295 ft) en el resto de los casos.

Complejidad del procedimiento y valores de OCA/H inferiores a 75 m (246 ft)

2.2.3 Si se obtiene una OCH de 75 m (246 ft) utilizando una aproximación directa, no se debe complicar más el procedimiento mediante la adición de virajes de RF o la reducción de RNP sólo para obtener valores de OCH inferiores.

2.3 CONDICIONES ESTÁNDAR

OCA/H se ha promulgado para aquellas categorías de aeronaves para las que se ha designado el procedimiento. Los valores de OCH deben basarse en las siguientes condiciones estándar:

- a) la guía vertical de aproximación final y la DA/H se basan en el altímetro barométrico;
- b) se realiza el vuelo del procedimiento utilizando un director de vuelo o piloto automático;
- c) las dimensiones de la aeronave se tienen en cuenta en la certificación (no se necesita realizar ninguna acción de diseño de procedimientos adicional);
- d) el proceso de certificación y aprobación garantiza los procedimientos de motor y al aire o aproximación frustrada; y
- e) la autoridad competente para las operaciones RNP AR ha certificado y aprobado la aeronave como corresponda.

2.4 EFECTOS DEL TERRENO

La aplicación del VEB para la protección de obstáculos se basa en la altimetría precisa. Es posible que los terrenos con pendientes pronunciadas, cordilleras o precipicios, gargantas y cañones profundos estén asociados con los efectos de sustentación de Bernoulli/Venturi/orográfica que pueden afectar a la performance vertical. Durante el proceso de diseño, es necesario identificar las áreas en las que pueden producirse variaciones en la presión y, asimismo, tener en cuenta su efecto sobre el procedimiento y validarlas en la evaluación de seguridad.

2.5 PROTECCIÓN LATERAL

Para los procedimientos RNP AR, se define la semianchura del área primaria como $2 \times \text{RNP}$. No existen zonas intermedias ni secundarias. La tabla 2-1 enumera los valores de RNP aplicables a los tramos del procedimiento de vuelo por instrumentos.

Tabla 2-1. Valores de RNP

<i>Tramo</i>	<i>RNP AR</i>		
	<i>Máximo</i>	<i>Estándar</i>	<i>Mínimo</i>
Llegada	2	2	1,0
Inicial	1	1	0,1
Intermedio	1	1	0,1
Final	0,5	0,3	0,1
Aproximación frustrada	1,0	1,0	0,1*

*Consulte la sección 4.6 para conocer las limitaciones asociadas con los valores mínimos del MAS.

2.6 PROTECCIÓN VERTICAL

2.6.1 En la aproximación final y MAS, dos superficies de evaluación de obstáculos (OAS) proporcionan el margen de franqueamiento de obstáculos:

- a) superficie de aproximación final basada en el VEB del sistema de altímetro barométrico; y
- b) una superficie horizontal basada en una distancia de transición (TrD) (consulte la sección 4.6.9) y una superficie de aproximación frustrada (Z).

2.6.2 Los procesos de certificación, aprobación y capacitación están diseñados para garantizar que el altímetro barométrico y el rendimiento de la tripulación son correctos para este perfil vertical.

Capítulo 3

CRITERIOS GENERALES

3.1 CATEGORÍAS DE VELOCIDAD DE LAS AERONAVES

3.1.1 Las diferencias de performance de la aeronave tienen un efecto directo en el espacio aéreo y en la visibilidad necesarios para maniobras como la aproximación en circuito, la aproximación frustrada, el descenso de aproximación final y las maniobras de aterrizaje (incluidos los virajes de base y procedimiento). El factor más significativo de la performance es la velocidad. En consecuencia, se han establecido cinco categorías de aeronaves normales para suministrar una base normalizada para relacionar la maniobrabilidad de las aeronaves con procedimientos de aproximación por instrumentos específicos.

3.1.2 El explotador o el fabricante de la aeronave deben tener en cuenta la configuración de aterrizaje.

3.1.3 En este documento, se hará referencia a las categorías de aeronaves mediante una designación de letras de la siguiente manera:

- Categoría A: velocidad aerodinámica indicada (IAS) inferior a 169 km/h (91 kt)
- Categoría B: IAS de 169 km/h (91 kt) o superior, pero inferior a 224 km/h (121 kt)
- Categoría C: IAS de 224 km/h (121 kt) o superior, pero inferior a 261 km/h (141 kt)
- Categoría D: IAS de 261 km/h (141 kt) o superior, pero inferior a 307 km/h (166 kt)
- Categoría E: IAS de 307 km/h (166 kt) o superior, pero inferior a 391 km/h (211 kt)

3.1.4 Los criterios que se tienen en cuenta para la clasificación de aeronaves por categorías en la IAS en el umbral (V_{at}) que es igual a la velocidad de pérdida (V_{so}) multiplicada por 1,3 o la velocidad de pérdida, en la configuración de aterrizaje con una masa de aterrizaje certificada máxima (V_{so}) multiplicada por 1,23. Si están disponibles los valores de V_{so} y V_{slg} , se utiliza la velocidad resultante más alta en el umbral (V_{at}). Para calcular los procedimientos, se utilizan los rangos de velocidades (IAS) de las tablas 3-1 a) y 3-1 b). Para la conversión de estas velocidades a TAS, consulte la sección 3.1.7.

Restricciones en la categoría e IAS de la aeronave

3.1.5 Si los requisitos de espacio aéreo son esenciales en una categoría específica de aeronaves, los procedimientos pueden basarse en una aeronave cuya categoría tenga una velocidad inferior, siempre que el uso del procedimiento esté limitado a dichas categorías. También se puede designar el procedimiento como limitado a una IAS máxima específica para un tramo concreto sin hacer referencia a la categoría. La velocidad verdadera (TAS) debe calcularse utilizando las velocidades de procedimientos suministradas en las tablas 3-1 a) y 3-1 b).

Cambio permanente de categoría (masa de aterrizaje máxima)

3.1.6 El explotador puede imponer una masa de aterrizaje inferior de forma permanente y utilizar esta masa

para determinar la V_{at} , si lo aprueba el Estado del explotador. La categoría definida para una aeronave determinada debe ser un valor permanente y, por lo tanto, sin relación con las operaciones diarias cambiantes.

Tabla 3-1 a). IAS (km/h)

Segmento		IAS por categoría de la aeronave (CAT)				
		CAT A	CAT B	CAT C	CAT D	CAT E
Inicial, intermedio		280	335	445	465	467
Final		185	240	295	345	Como se especifica
Aproximación frustrada		205	280	445	490	Como se especifica
Restricción de velocidad aerodinámica mínima	Inicial	204	259	389	389	Como se especifica
	Final	185	222	259	306	Como se especifica
	Intermedio	204	259	333	333	Como se especifica
	Frustrada	185	241	306	343	Como se especifica

Tabla 3-1 b). IAS (kt)

Tramo		IAS por categoría de la aeronave (CAT)				
		CAT A	CAT B	CAT C	CAT D	CAT E
Inicial, intermedio		150	180	240	250	250
Final		100	130	160	185	Como se especifica
Aproximación frustrada		110	150	240	265	Como se especifica
Restricción de velocidad aerodinámica mínima	Inicial	110	140	210	210	Como se especifica
	Final	100	120	140	165	Como se especifica
	Intermedio	110	140	180	180	Como se especifica
	Frustrada	100	130	165	185	Como se especifica

Nota: las velocidades que se suministran en la tabla 3-1 b) se convierten y redondean hasta alcanzar el múltiplo más cercano de cinco por motivos operacionales y se consideran equivalentes desde la perspectiva de la seguridad operacional.

Cálculo de TAS

3.1.7 La conversión de IAS a TAS para los procedimientos RNP AR utiliza las siguientes ecuaciones estándar:

Unidades no SI:

$$TAS = IAS * 171233 * [(288 + VAR) - 0,00198 * H]^{0,5} / (288 - 0,00198 * H)^{2,628}$$

Unidades SI:

$$TAS = IAS * 171233 * [(288 + VAR) - 0,006496 * H]^{0,5} / (288 - 0,006496 * H)^{2,628}$$

donde

- IAS = velocidad indicada (kt o km/h, según corresponda)
TAS = velocidad verdadera (kt o km/h, según corresponda)
VAR = variación de la atmósfera tipo internacional (ISA) (valor estándar +15) o datos locales para el 95 por ciento de la temperatura más alta, si está disponible
H = altitud (ft ó m, según corresponda)

Las ecuaciones anteriores están incluidas en una hoja de Microsoft Excel, disponible junto con la versión electrónica del manual en el sitio Web público de ICAO (www.icao.int), en el apartado "Publications" (Publicaciones).

3.2 CÁLCULO DEL RADIO DE VIRAJE Y ÁNGULO DE INCLINACIÓN LATERAL

Velocidades para el cálculo de virajes

3.2.1 Para los procedimientos RNP AR, el radio de viraje para los virajes en vuelo y RF se calcula utilizando una velocidad $V = TAS +$ viento de cola asumido.

3.2.2 Determine la TAS para el viraje utilizando las fórmulas de la sección 3.1.7 y la velocidad aerodinámica para la categoría de aeronaves más alta de la tabla 3-1 a) o 3-1 b) para la que se ha diseñado el procedimiento.

3.2.3 Se puede aplicar una restricción de velocidad para reducir el radio de viraje. Sin embargo, la velocidad máxima debe ser operativamente aceptable para la aeronave para la que se ha ideado la operación. Sólo se permite una restricción de velocidad por tramo de aproximación y, para determinar dicha velocidad, es necesario utilizar la velocidad aerodinámica correspondiente a la categoría de velocidad máxima de la aeronave para la que se autoriza el procedimiento.

Cálculo del radio de viraje para los virajes en vuelo

3.2.4 El radio de viraje que se aplica a los puntos de referencia en vuelo se basa en un ángulo de inclinación lateral estándar de 18 grados a TAS más el viento de cola asumido. Ubique la categoría de aeronave de mayor velocidad que se publicará en el procedimiento de aproximación y utilice la IAS correspondiente de la tabla 3-1 a) (sistema internacional de unidades (SI)) o la tabla 3-1 b) (unidades no SI), utilizando la mayor altitud permitida en el viraje, para calcular la TAS utilizando las fórmulas correspondientes del apartado 3.1.7. Para los tramos inicial e intermedio, utilice la altitud mínima para el punto de referencia anterior al punto de referencia del viraje. Utilice el componente del viento de cola (TWC) de la tabla 3-2 a) (unidades SI) o de la tabla 3-2 b) (unidades no SI) para la mayor altitud en el viraje. (Es posible interpolar un nuevo TWC para aquellos virajes que se inicien en una altitud que se encuentre entre los valores de la tabla. Si se utiliza un valor de viento interpolado por debajo de 150 m (492 ft), el valor de 0 ft para el viento comienza con 28 km/h (15 kt))

3.2.5 Para los MAS, utilice la altitud basada en una pendiente del siete por ciento con OCA/H - HL [pérdida de altura nominal de 15 m (49 ft)].

3.2.6 Se pueden utilizar otras pendientes de viento de cola o valores específicos después de que se haya llevado a cabo una determinación del viento específica del lugar basándose en el historial meteorológico de dicho lugar (utilizando información disponible de otras fuentes). Es necesario documentar las fuentes y los valores utilizados.

Tabla 3-2 a). TWC y altitud (unidades SI)

<i>TWC (km/h) para el cálculo de virajes</i>	
<i>Altura de viraje sobre el aeródromo (m)</i>	<i>Componente del viento de cola estándar (kph)</i>
100	40
500	92
1000	100
1500	130
2000	157
2500	185
3000	220
≥ 3500	242

3.2.7 Seleccione el TWC correspondiente de la tabla 3-2 a) o 3-2 b) para la mayor altitud en el viraje y añada el valor a TAS. Determine el radio del viraje (r).

1) Calcule la velocidad de viraje (R) en grados/segundo de la siguiente manera:

$$R = (6\ 355 \tan \alpha) / (\pi * V)$$

donde

V = (TAS + velocidad del viento) en km/h;
 α = ángulo de inclinación

o

$$R = (3\ 431 \tan \alpha) / (\pi * V)$$

donde

V = (TAS + velocidad del viento) en kt;
 α = ángulo de inclinación

hasta un valor máximo de tres grados/segundo.

2) Calcule el radio de viraje (r) para un valor dado de R de la siguiente manera:

$$r = V / (20 * \pi * R)$$

donde

V = (TAS + velocidad del viento)

Tabla 3-2 b). TWC y altitud (unidades no SI)

<i>TWC (kt) para el cálculo de virajes</i>	
<i>Altura de viraje sobre el aeródromo (ft)</i>	<i>Componente del viento de cola estándar (kt)</i>
500	25
1000	38
1500	50
2000	50
2500	50
3000	50
3500	55
4000	60
4500	65
5000	70
5500	75
6000	80
6500	85
7000	90
7500	95
8000	100
8500	105
9000	110
9500	115
10 000	120
10 500	125
≥11 000	130

Radios de viraje basados en ángulos de inclinación no estándar

3.2.8 El ángulo de inclinación de diseño estándar es de 18 grados. Se permiten los ángulos de inclinación superiores o inferiores para transiciones suaves, mantenimiento de aproximaciones estabilizadas, mínimos más bajos o para conseguir longitudes de tramo específico. Los ángulos de inclinación no estándar deben encontrarse en la ventana de valores de la tabla 3-3.

Tabla 3-3. Ventana de ángulo de inclinación

<i>Altura inferior sobre el nivel del suelo (AGL) en el segmento RF</i>	<i>Ángulo de inclinación máximo (grados)</i>
<150 m (492 ft)*	≤3
≥150 m (492 ft)*	≤20
* Altura sobre el umbral	

3.2.9 Estos criterios se aplican a la construcción en el FL 190 o inferior. Cuando se necesitan virajes por encima de FL 190, debe utilizarse un ángulo de inclinación de cinco grados. Si los cinco grados dan como resultado un valor de distancia de anticipación de viraje (DTA) superior a 20 NM, entonces:

$$r = 37 \tan(0,5 * \text{cambio en la derrota en grados}) \text{ km}$$

$$r = 20 \tan(0,5 * \text{cambio en la derrota en grados}) \text{ NM}$$

Nota: las aeronaves que utilizan estos procedimientos pueden ser de Estados que utilizan unidades SI e indicadores de velocidad aerodinámica con unidades SI (ASI). Sin embargo, las velocidades de categoría de aeronaves no SI no son conversiones estándar, sino que se han redondeado. La mayor diferencia es para la categoría C, en la que la diferencia normal en el radio de viraje puede ser de 50 m. Esto resulta significativo en valores bajos de RNP (RNP de 0,1 con una semianchura de sólo 370 m) y debe tenerse en cuenta durante la construcción de límites de viraje.

Virajes en vuelo: distancia de anticipación de viraje (DTA)

3.2.10 La DTA es la distancia medida desde el punto de referencia del viraje a los puntos de inicio y final de un viraje en vuelo. La longitud mínima de un tramo no puede ser inferior a la suma de las DTA asociadas con el punto de referencia de inicio y final del tramo (consulte la figura 3-1).

$$DTA = r \tan(A/2)$$

donde

r = radio de viraje para la TAS para la categoría de aeronave de mayor velocidad de aeronaves para la que se ha diseñado el procedimiento, calculado de acuerdo con el párrafo 3.2.4

A = ángulo de viraje

Nota 1: Estos criterios son distintos a los de las fórmulas del documento 8168 — Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Operación de aeronaves (PANS-OPS), Volumen II, Tablas III-2-1-1 a III-2-1-20, porque la distancia de entrada en el viraje/recorrido en tierra está cubierta en la certificación RNP.

Nota 2.: las distancias de los cálculos de las pendientes de descenso se miden a lo largo del arco que va desde el punto de viraje a la bisectriz del componente del tramo de acercamiento y a lo largo de la longitud del arco de la bisectriz al punto de salida para el componente del tramo de alejamiento.

Cálculo del ángulo de inclinación para el radio del tramo RF

3.2.11 Si se necesitan tramos RF, el ángulo de inclinación necesario para una TAS determinada, la velocidad del viento de cola y el radio de viraje son:

Unidades SI:

$$\alpha = \arctan (TAS + W)^2 / (127094 * r) \text{ si } R \leq (6355 * \tan \alpha) / [\pi * (TAS + W)] \leq 3^\circ / \text{seg}$$

Unidades no SI:

$$\alpha = \arctan (TAS + W)^2 / (68625 * r) \text{ si } R \leq (3431 * \tan \alpha) / [\pi * (TAS + W)] \leq 3^\circ / \text{seg}$$

donde

W = velocidad del viento de cola
r = radio de viraje

3.2.12 Para garantizar que el procedimiento lo pueda realizar el número máximo de aeronaves, el radio necesario debe dar como resultado un requisito de ángulo de inclinación de la ventana especificado en la tabla 3-3.

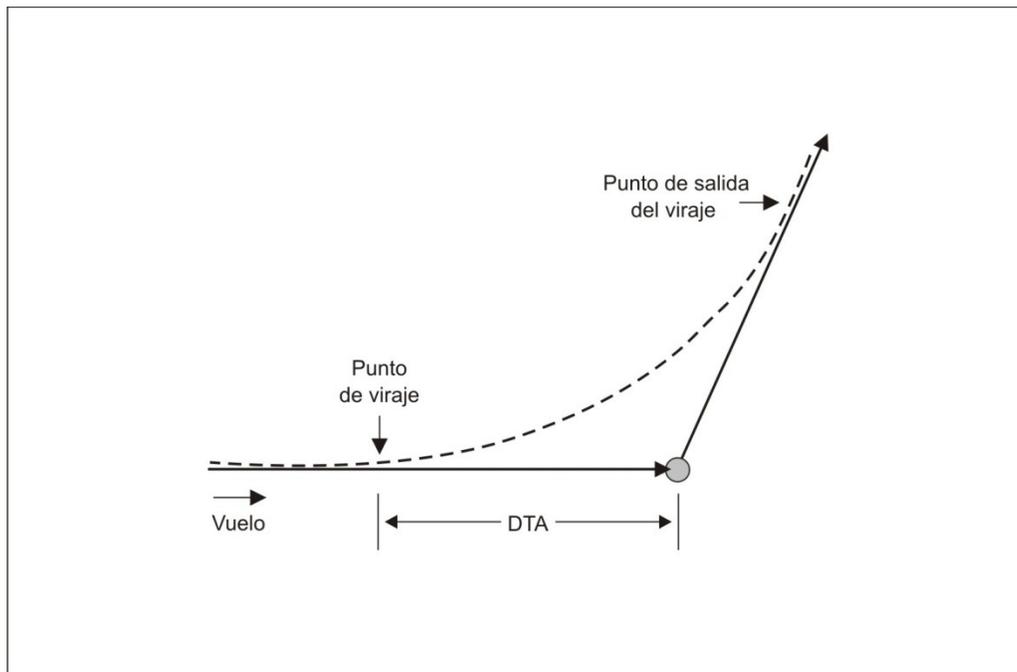


Figura 3-1. Distancia de anticipación de viraje (DTA)

Capítulo 4

CONSTRUCCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

4.1 PRINCIPIOS GENERALES

Segmentos y tramos

4.1.1 Los tramos de llegada, iniciales e intermedios proporcionan una transición suave del entorno en ruta a FAS. En estos tramos, es necesario completar el descenso para interceptar la senda de planeo (GP) y la configuración de la aeronave para la aproximación final. Los tramos RNP deben diseñarse utilizando el tipo de tramo más adecuado (derrota a punto de referencia (tipo de tramo de ARINC) (TF o RF)) para satisfacer los requisitos de obstrucción y operacionales en los tramos inicial, intermedio, final y MAS. Normalmente, se tienen en cuenta primero los tramos TF, pero se pueden utilizar los tramos RF en lugar de los virajes TF-TF para el control de la trayectoria del viraje, la simplificación del procedimiento o la obtención de una mayor capacidad de vuelo.

Puntos de referencia

Identificación de puntos de referencia

4.1.2 Los puntos de referencia son los que se utilizan en los criterios generales. Todos los puntos de referencia deben identificarse como se identifica en el Anexo 15: *Servicios de información aeronáutica*.

Puntos de referencia de escalón de descenso

4.1.3 En los procedimientos RNP AR no se permiten los puntos de referencia de escalón de descenso.

Restricciones en la promulgación de los procedimientos RNP AR

Errores del altímetro

4.1.4 La guía vertical de aproximación final se basa en los altímetros barométricos y, por lo tanto, no se deben promulgar procedimientos para su uso con fuentes de configuración del altímetro remotas.

Superficie del tramo visual

4.1.5 La superficie del tramo visual debe estar libre de obstáculos para publicar los procedimientos RNP AR.

Marco de referencia

4.1.6 Las posiciones de los obstáculos están relacionadas con un sistema de coordenadas x, y, z con su origen en LTP y paralelo a la elipsoidal WGS-84 del sistema geodésico mundial (WGS) (consulte la figura 4-1). El eje x es paralelo a la derrota de la aproximación final: la x positiva es la distancia anterior al umbral y la x negativa es la distancia posterior al umbral. El eje forma un ángulo de noventa grados con el eje x. El eje z es vertical y las alturas por encima del umbral son positivas.

Anchura del tramo RNP

4.1.7 Los valores de RNP se especifican en incrementos de una centésima (0,01) de NM. La anchura del tramo se define como $4 \times \text{RNP}$; la semianchura del tramo (semianchura) se define como $2 \times \text{RNP}$ (consulte la figura 4-2). Los valores de RNP de los procedimientos de vuelo por instrumentos se enumeran en la tabla 4.1.

4.1.8 Deben aplicarse los valores de RNP estándar de la tabla 4-1, a menos que se necesite un valor inferior para conseguir una derrota en tierra u OCA/H inferior necesaria. Los valores más bajos de RNP se enumeran en la columna "Mínimo" de la tabla 4-1.

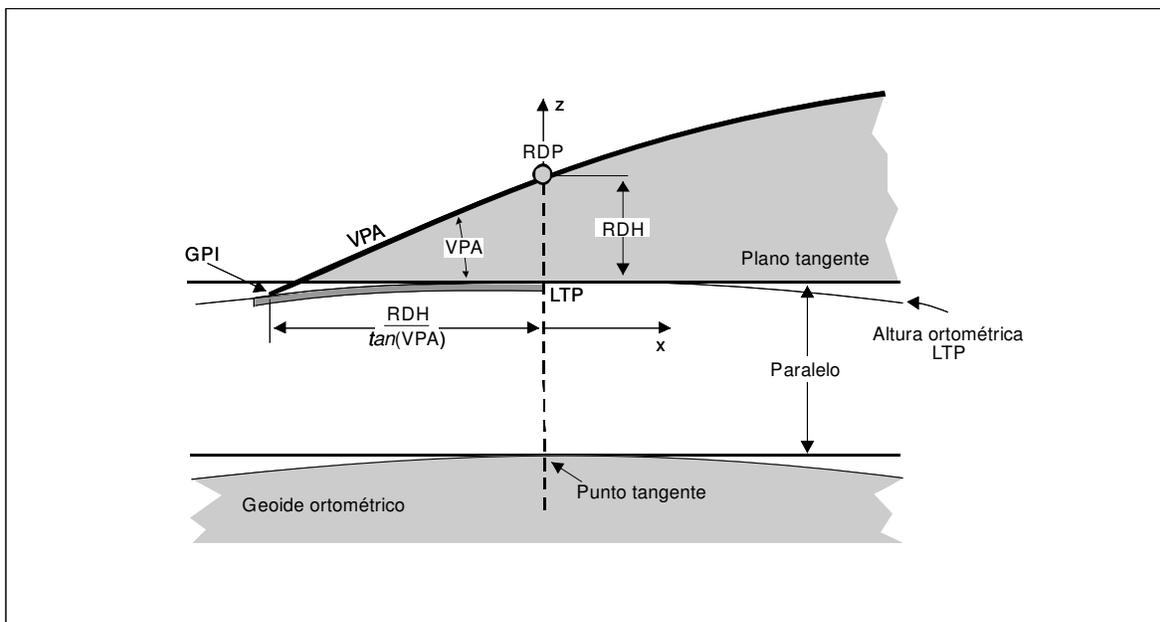


Figura 4-1. Base del sistema de coordenadas

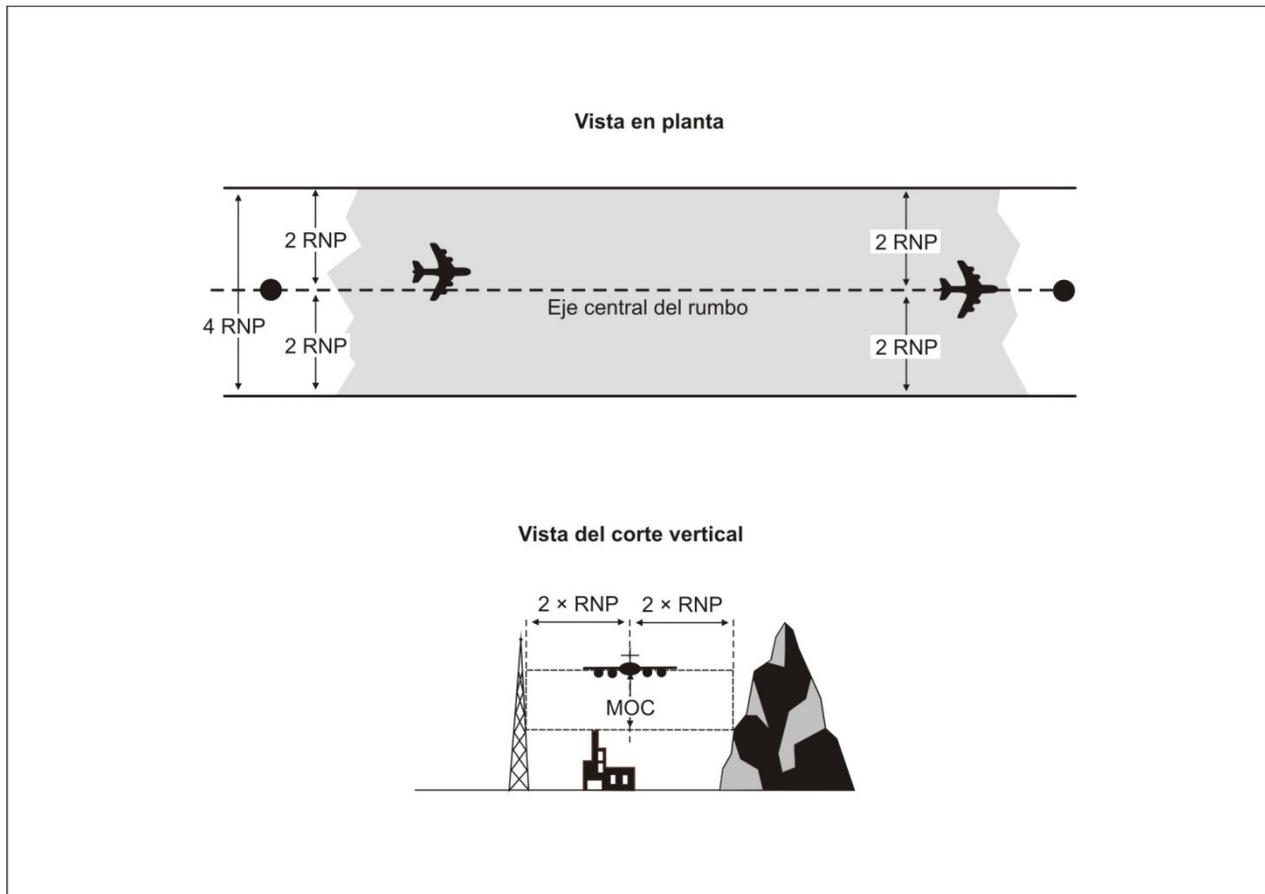


Tabla 4-1. Valores de RNP

Tramo	VALORES DE RNP		
	Máximo	Estándar	Mínimo
Inicial	1	1	0,1
Intermedio	1	1	0,1
Final	0,5	0,3	0,1
Aproximación frustrada	1	1	0,1*

* Se utiliza sólo con las disposiciones para el segmento final en línea recta mínimo, como se especifica en el tramo de aproximación frustrada. Consulte la sección 4.6.

Longitud del tramo RNP

4.1.9 Es necesario diseñar los tramos con suficiente altura para permitir que la pendiente necesaria se aproxime en todo lo posible a la pendiente óptima y tener en cuenta la DTA si se necesitan virajes. La longitud del tramo en línea recta mínimo (cualquier tramo) es de $2 \times \text{RNP}$ (+DTA, cuando corresponda, para las construcciones de virajes en vuelo). El párrafo 4.1.7 se aplica si se producen cambios de RNP (el valor de RNP cambia en $1 \times \text{RNP}$ antes del punto de referencia). Para los cálculos del margen de franqueamiento de obstáculos, el tramo se extiende desde $1 \times \text{RNP}$ antes del primer punto de referencia hasta $1 \times \text{RNP}$ después del segundo punto de referencia.

Cambio de la anchura del tramo (valores de RNP)

4.1.10 Deben completarse los cambios en los valores de RNP cuando la aeronave alcance el punto de referencia; por lo tanto, debe evaluarse para ambos tramos el área que se encuentra en $\pm 1 \text{ RNP}$ del punto de referencia. La reducción de RNP se ilustra en la figura 4-3, el aumento de RNP se ilustra en la figura 4-4, y los cambios de RNP que incluyen tramos RF se ilustran en la figura 4-5.

Tramo TF

4.1.11 Un tramo TF es una trayectoria de vuelo geodésica entre dos puntos de referencia y el tramo estándar habitual que se utiliza en los procedimientos RNP AR. Los tramos TF están enlazados normalmente mediante puntos de referencia en vuelo.

Construcción de área para los virajes en puntos de recorrido de paso que unen dos tramos TF

4.1.12 Esta construcción es específica de los procedimientos RNP AR y sólo se utilizan las áreas primarias: $\frac{1}{2} \text{AW} = 2 \times \text{RNP}$; no se aplican las áreas tope. Los ángulos de viraje deben limitarse a un máximo de 70 grados donde se espera que la aeronave cruce (en vuelo) el punto de referencia en altitudes superiores a FL 190 y a 90 grados en FL 190 e inferiores. Cuando las obstrucciones impiden el uso de esta construcción, debe considerarse la posibilidad de utilizar un tramo RF (consulte la sección 4.1.13). El área de viraje en vuelo se construye mediante los siguientes pasos:

PASO 1: Determine la derrota en tierra necesaria. Calcule el radio de viraje (r) como se describe en la sección 3.2.4. Construya la trayectoria de vuelo del viraje tangente a los tramos de acercamiento y de alejamiento. El centro se localizará en la bisectriz (consulte las figuras 4-6 y 4-7).

PASO 2: Construya el límite exterior tangencial a los límites exteriores de los tramos de acercamiento y alejamiento, con un radio de $2 \times \text{RNP}$ y el centro en el punto de referencia.

PASO 3: Construya el límite interior tangencial a los límites interiores de los tramos de acercamiento y alejamiento, con un radio de $(r + 1 \text{ RNP})$. El centro está localizado en la bisectriz (consulte la figura 4-7).

La evaluación del tramo logrado empieza a una distancia de 1 RNP antes del punto de referencia del viraje (consulte la figura 4-6) o a un 1 RNP antes de la línea bisectriz del ángulo (consulte la figura 4-7), lo que se encuentre primero.

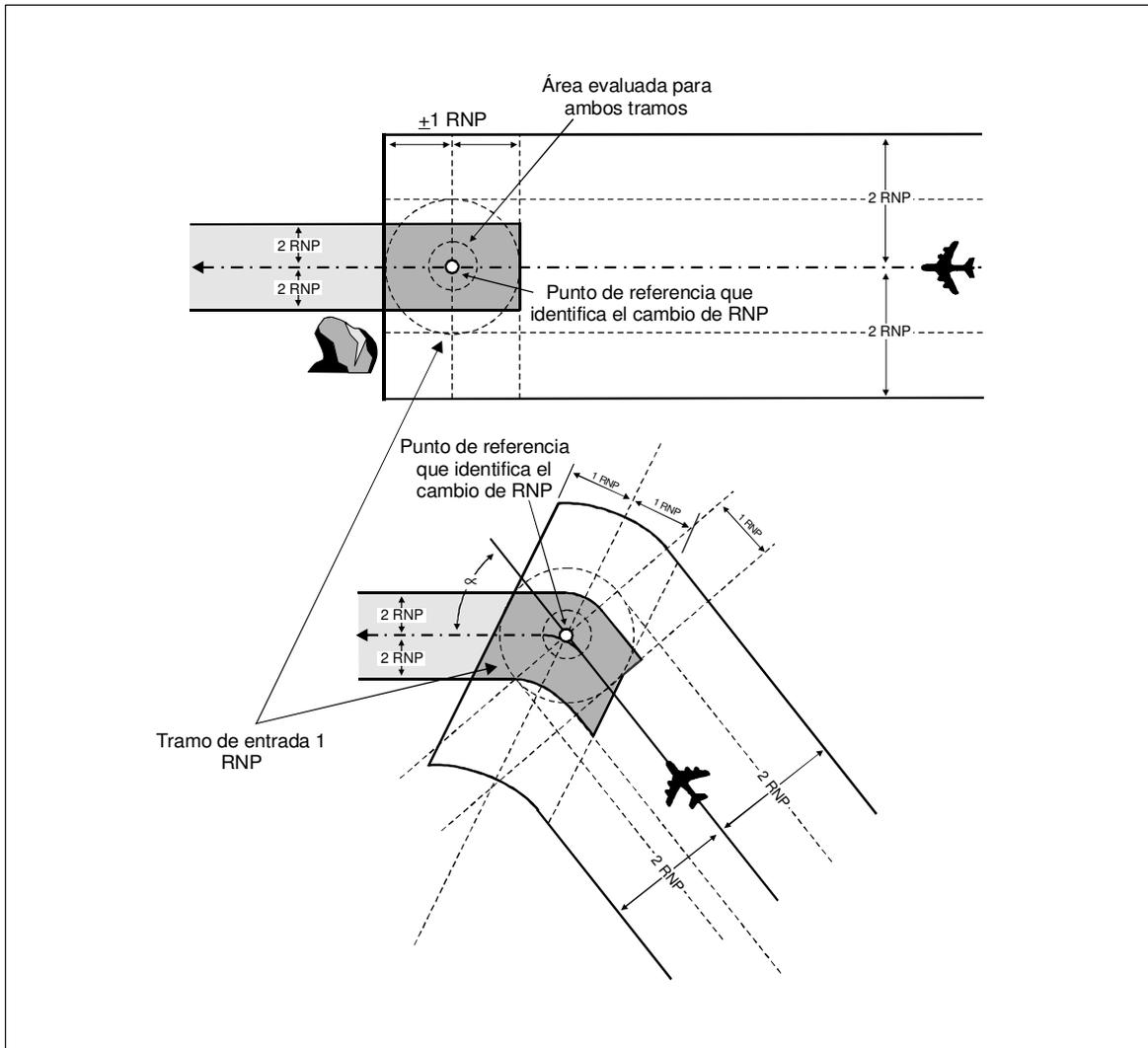


Figura 4-3. Reducción de RNP (tramos en línea recta y de viraje)

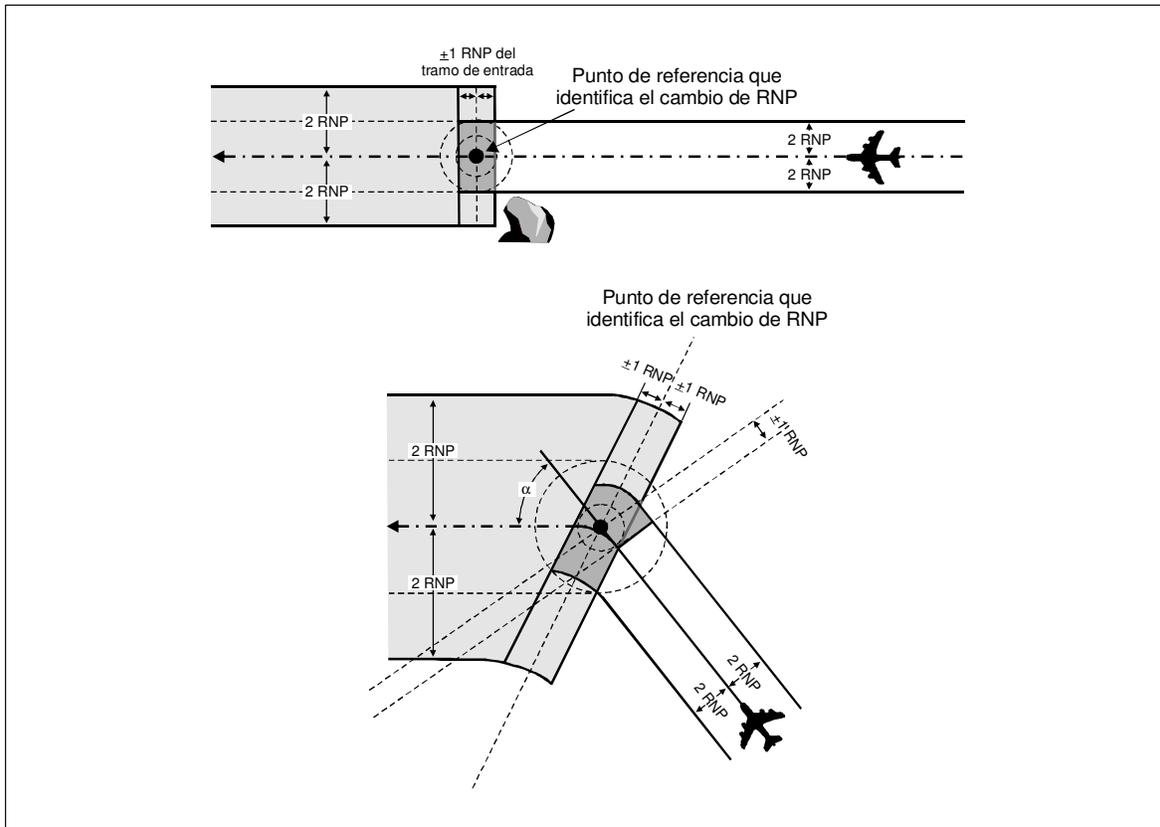


Figura 4-4. Incremento RNP (tramos en línea recta y de viraje)

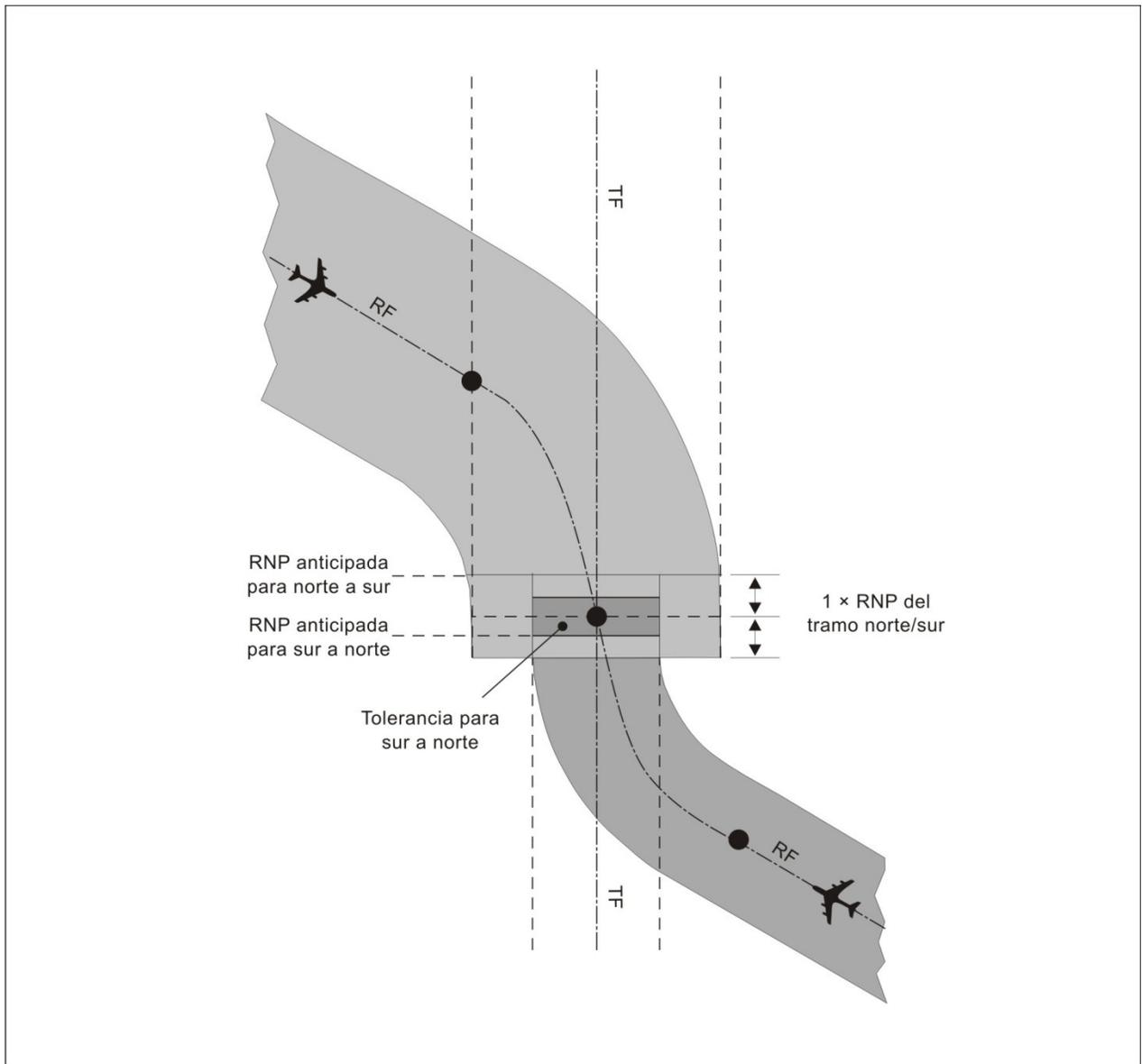


Figura 4-5. Cambio de valores RNP

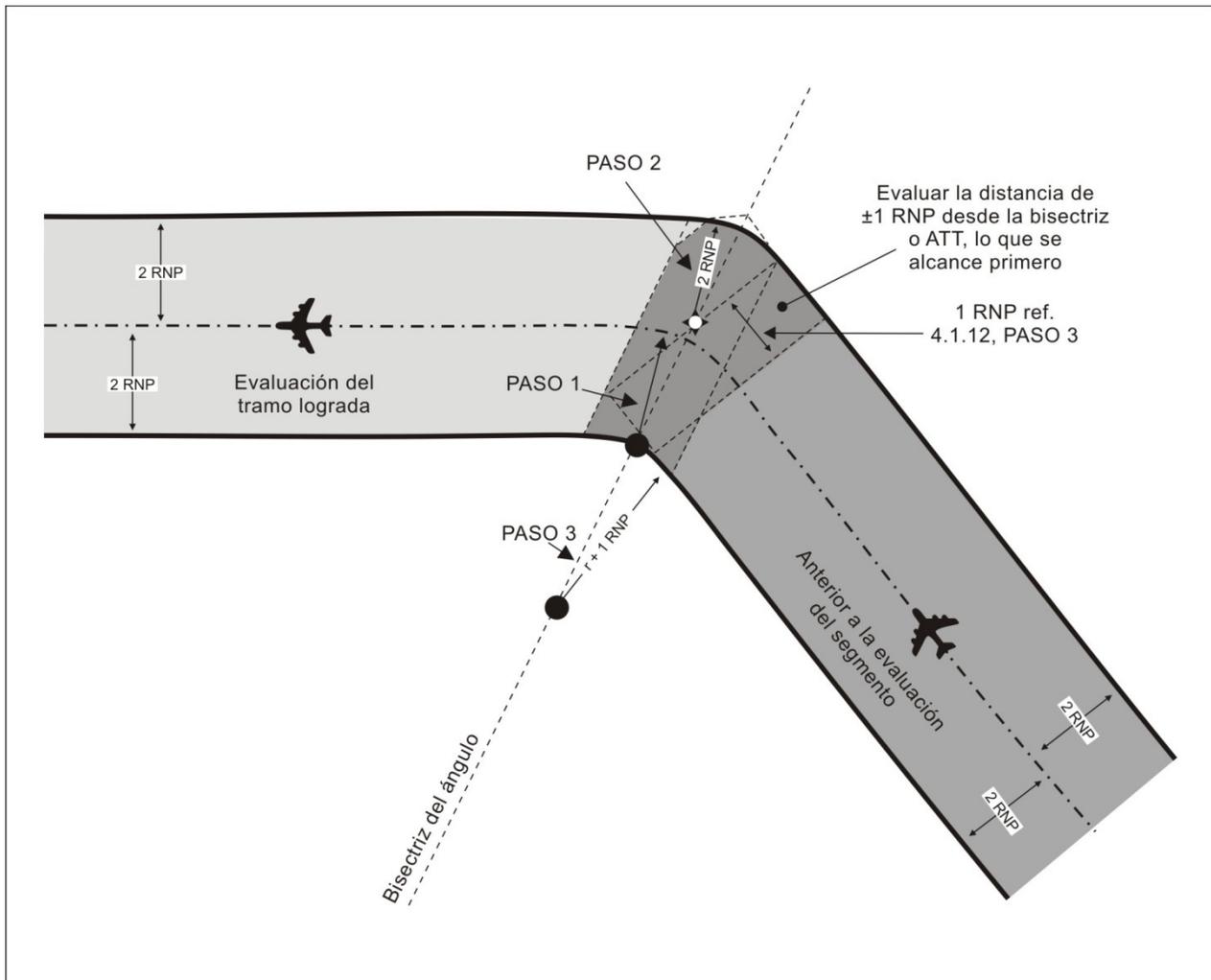


Figura 4-6. Viraje pequeño en punto de referencia de vuelo

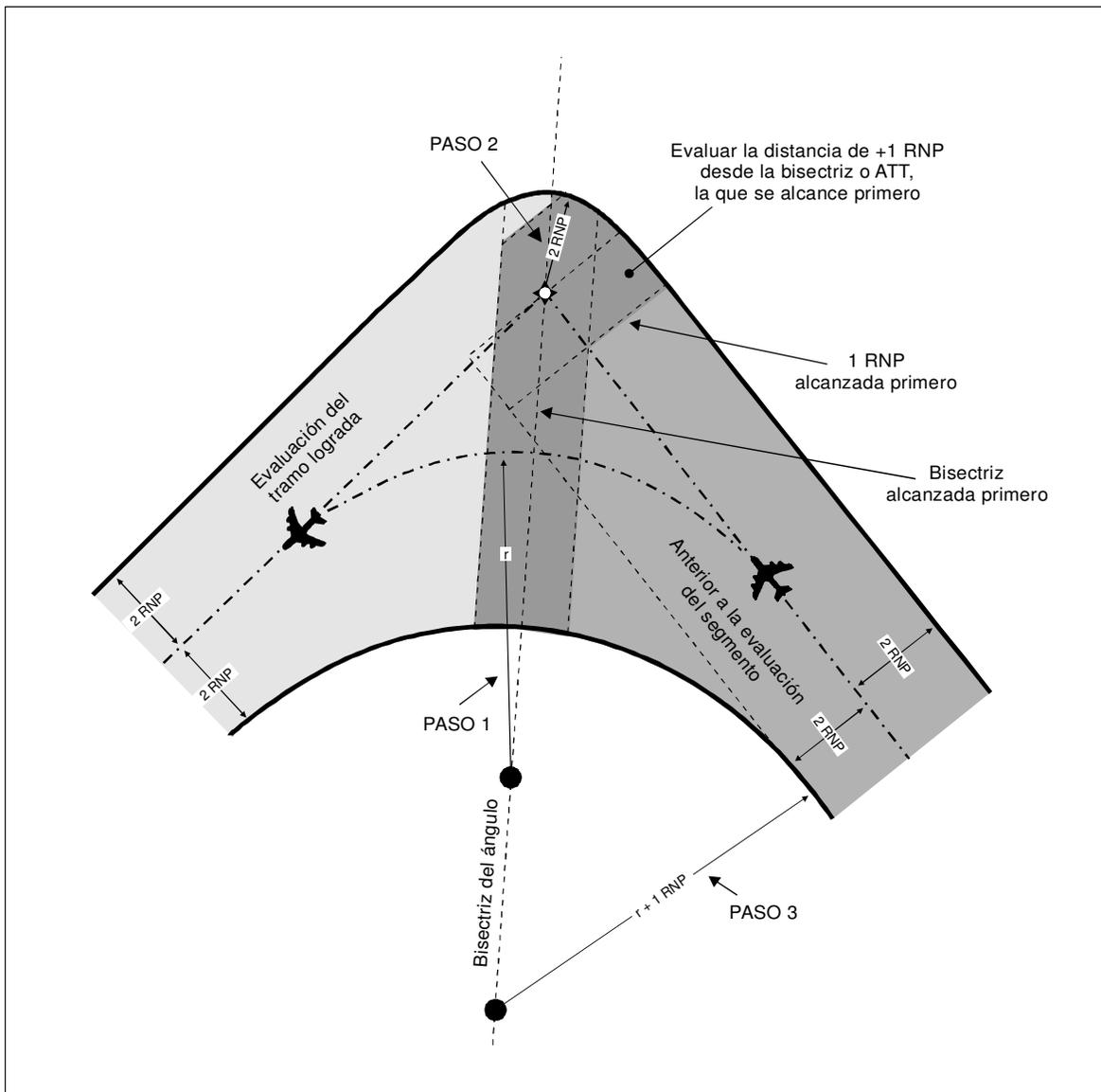


Figura 4-7. Viraje grande en punto de referencia de vuelo

Virajes RF

Construcción de tramo RF

4.1.13 Debe utilizarse un tramo RF para tener en cuenta un cambio de derrota cuando las obstrucciones evitan el diseño de un viraje en vuelo o para tener en cuenta otros requisitos operacionales. Los tramos RF proporcionan una derrota de radio fijo repetible en un viraje.

4.1.14 El tramo RF se especifica utilizando los siguientes parámetros:

- a) punto de inicio en el punto de referencia final de la trayectoria del segmento de acercamiento y punto final en el punto de referencia de inicio del segmento de alejamiento; y
- b) el centro del viraje que se encuentra en la intersección de la bisectriz y de cualquier radio de viraje (o en la intersección del radio perpendicular a la trayectoria de acercamiento en el punto de inicio y el radio perpendicular a la trayectoria de alejamiento en el punto de terminación).

Los parámetros a) y b) deben especificar cada uno el mismo arco de viraje que es tangente al tramo de acercamiento en su punto de referencia final y tangente al tramo de alejamiento en su punto de referencia de inicio. Si se toman en conjunto, proporcionan información redundante sobre el viraje. Sin embargo, esto se resuelve con que el codificador de datos seleccione los parámetros necesarios para el sistema de navegación específico. (Consulte la figura 4-8).

4.1.15 El área de viraje está limitada por arcos concéntricos. El radio de viraje mínimo es de $2 \times \text{RNP}$.

PASO 1: Determine la trayectoria de vuelo necesaria para evitar obstáculos. Calcule los virajes y radios asociados (r) necesarios para lograr mejor la derrota de vuelo. Aplique la sección 3.2.8 para verificar que el ángulo de inclinación asociado con R está dentro de los valores especificados en la tabla 3-3.

PASO 2: Localice el centro del viraje en una distancia perpendicular " r " desde los tramos de acercamiento y alejamiento. Este es el centro común de la trayectoria de viraje nominal, y los arcos de límite interior y exterior.

PASO 3: Construya la trayectoria de vuelo. Dibuje un arco de radio " r " desde el punto tangente en el rumbo de acercamiento al punto tangente de la trayectoria de alejamiento.

PASO 4: Construya el límite del área de viraje exterior. Dibuje un arco de radio $(r + 2 \times \text{RNP})$ desde el punto tangente al límite exterior del tramo de acercamiento hasta el punto tangente al límite exterior de la trayectoria de alejamiento.

PASO 5: Construya el límite del área de viraje interior. Dibuje un arco de radio $(r + 2 \times \text{RNP})$ desde el punto tangente al límite interior del tramo de acercamiento hasta el punto tangente al límite interior de la trayectoria de alejamiento.

PASO 6: La altura de la superficie es constante en una línea radial de forma parecida a una escalera en espiral, como se muestra en la figura 4-9 a) para la aproximación y la figura 4-9 b) para la aproximación frustrada. Para determinar la altura de la superficie para un tramo RF en la aproximación, calcule la altura basada en la pendiente a lo largo de la trayectoria nominal y aplique la altura en la línea radial que atraviesa el punto. Para determinar la altura de una superficie para un tramo RF en la aproximación frustrada, la distancia para la pendiente está basada en la longitud del arco calculado usando un radio de $(r - 1 \times \text{RNP})$.

Cálculo de pendientes de descenso

4.1.16 Las pendientes de descenso se calculan entre las posiciones de punto de referencia nominal. Para los tramos RF, la distancia que se utiliza es la distancia de arco entre las posiciones del punto de referencia nominal.

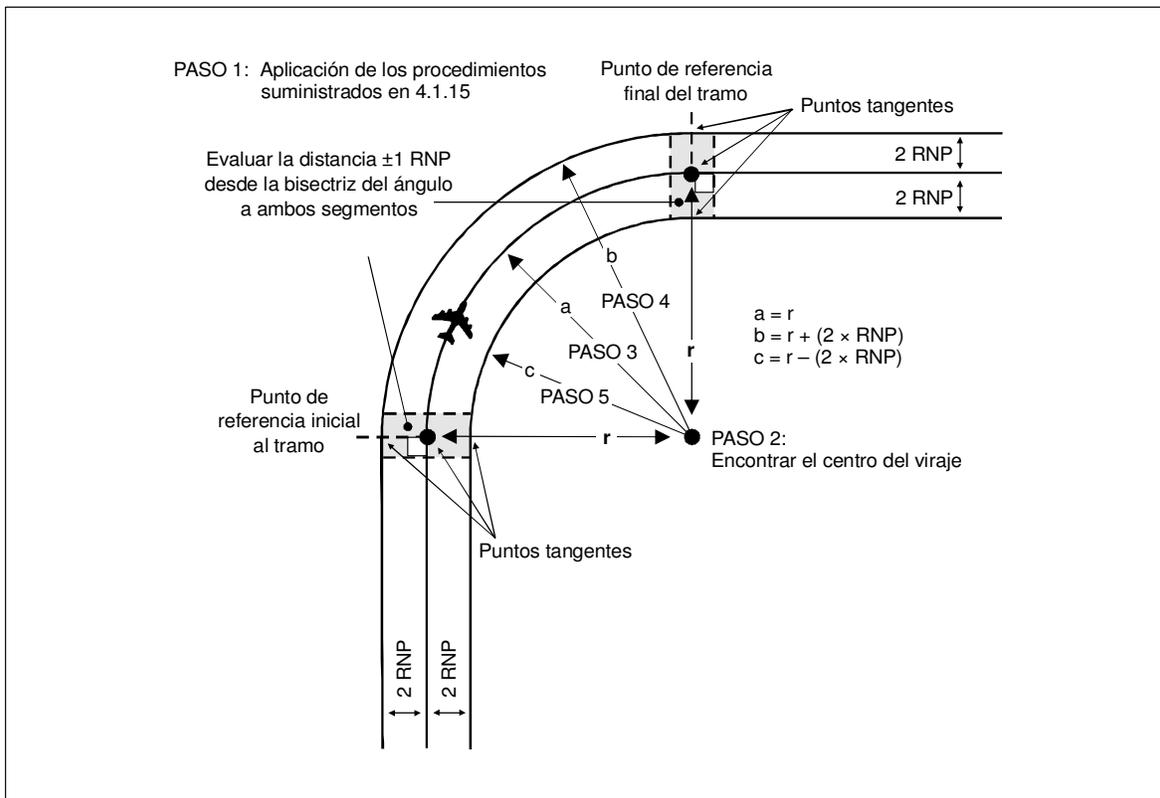


Figura 4-8. Construcción del viraje RF

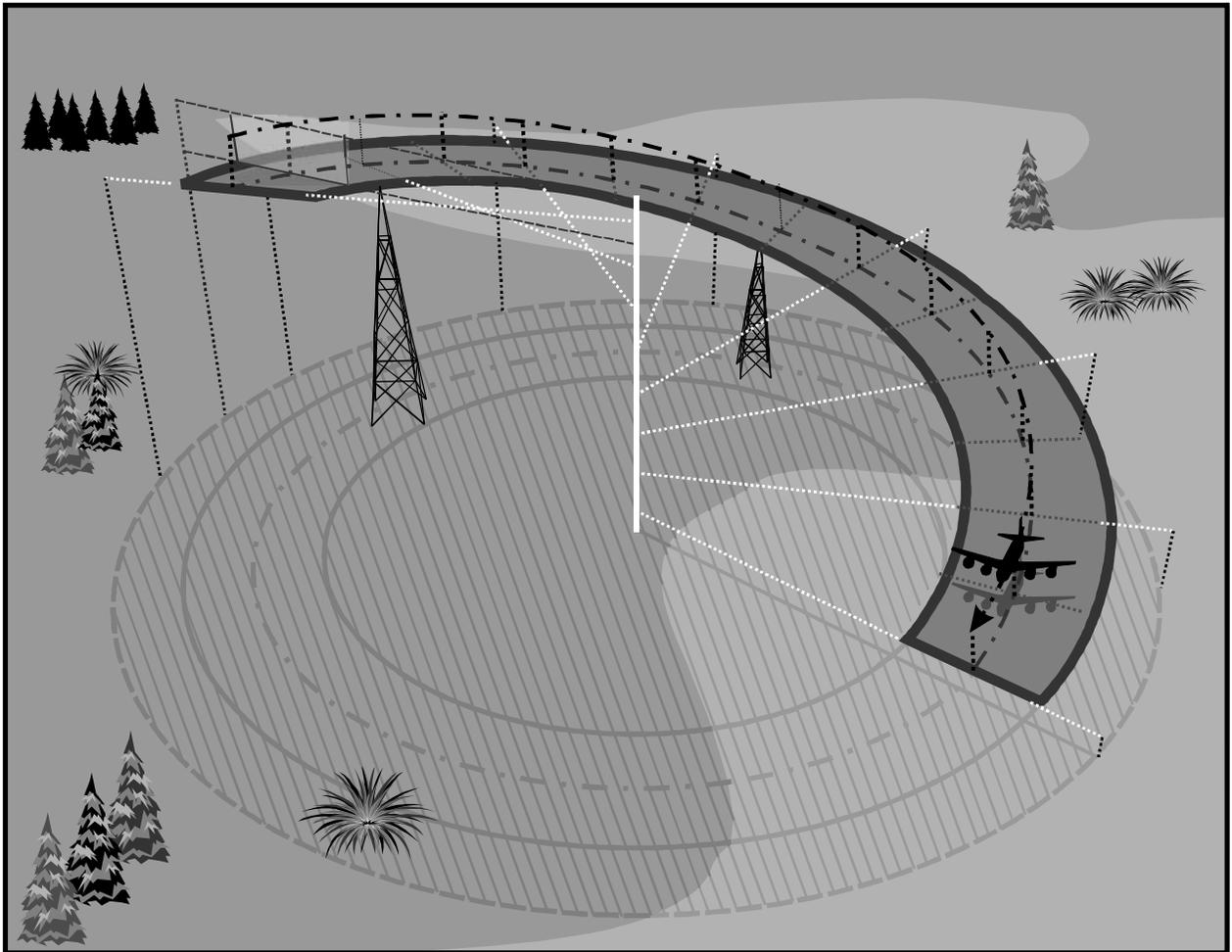


Figura 4-9 a). Superficie de franqueamiento de obstáculos (OCS) para los tramos de aproximación RF

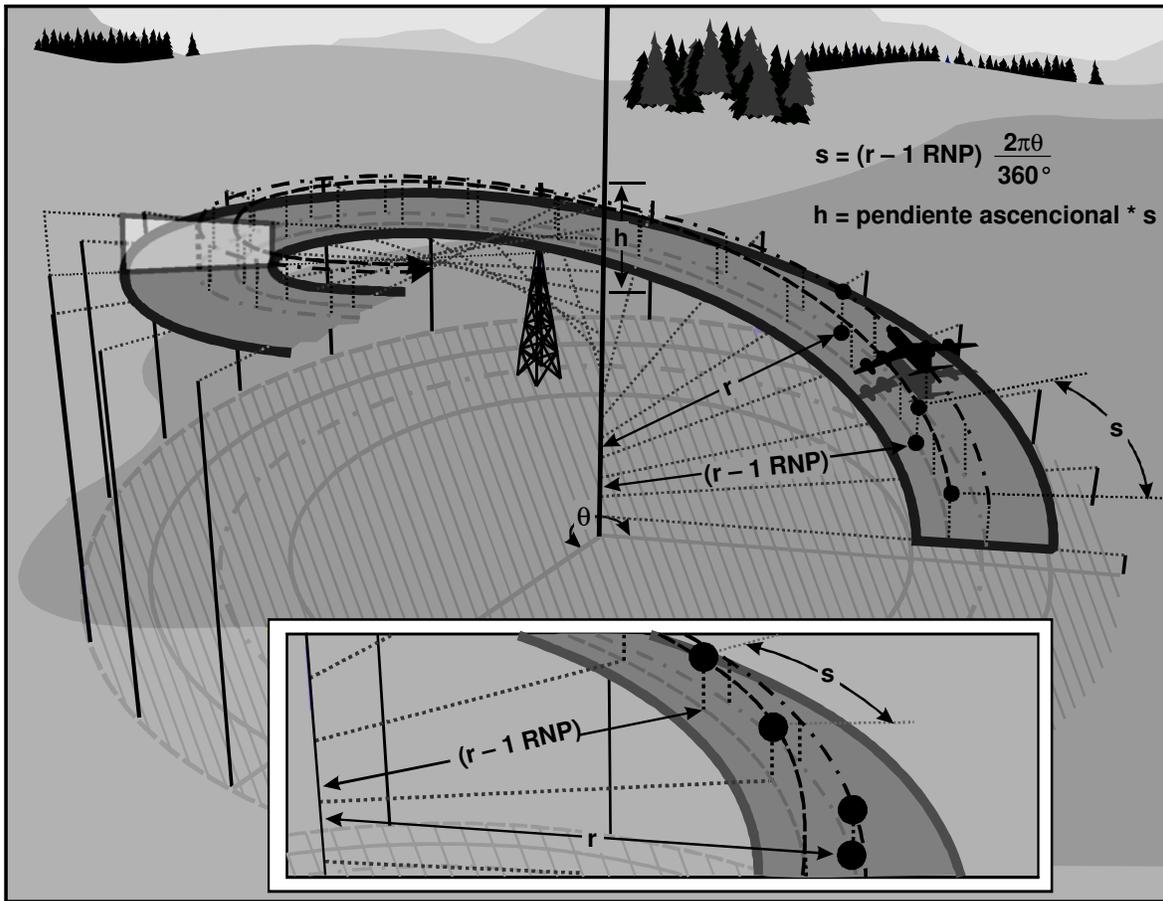


Figura 4-9 b). OCS para los tramos de aproximación frustrada (MAS) RF

Terrenos montañosos

4.1.17 En los terrenos montañosos, el margen mínimo de franqueamiento de obstáculos (MOC) para los tramos inicial, intermedio y de aproximación frustrada debe aumentarse en hasta un 100 por cien.

4.2 TRAMO DE APROXIMACIÓN INICIAL

Valor de precisión lateral

4.2.1 En el tramo de aproximación inicial, el valor de precisión lateral máximo y óptimo es de 1,0 NM. El valor mínimo es 0,1 NM.

Longitud

4.2.2 Es necesario diseñar los tramos con suficiente altura para permitir que la pendiente necesaria se aproxime en todo lo posible a la pendiente óptima y tener en cuenta la DTA si se necesitan virajes en vuelo.

4.2.3 La longitud del tramo en línea recta mínimo (cualquier tramo) es de 2 x RNP (+DTA, cuando corresponda, para la construcción de virajes en vuelo). El párrafo 4.1.10 se aplica si se producen cambios en el valor de precisión lateral (cambios de 1 x RNP antes del punto de referencia).

4.2.4 La longitud máxima del tramo inicial (total de todos los tramos del componente) es de 50 NM.

Alineación

4.2.5 La llegada normal de un procedimiento RNP AR se realizará mediante una ruta RNP o RNVA directa. Sin embargo, los procedimientos RNP AR también pueden incorporar la disposición en barra en T o en Y de la RNP APCH. Se basa en un tramo final alineado con la pista, precedido por un tramo intermedio y por hasta tres segmentos iniciales, dispuestos a cada lado y a lo largo de la derrota de aproximación final para formar una T o una Y.

4.2.6 RNAV permite que la geometría del diseño de procedimientos de aproximación sea muy flexible. Se prefiere la configuración en "Y" en aquellos lugares en los que lo permita el tránsito aéreo y los obstáculos. El diseño de la aproximación debe suministrar la configuración menos compleja posible para conseguir la OCA/H mínima deseada. Consulte la figura 4-10 para ver ejemplos.

4.2.7 Los virajes de conexión de los tramos TF deben restringirse normalmente a 90 grados. Para los virajes con valores superiores a éstos deben utilizarse los tramos RF, que pueden tenerse en cuenta para todos los virajes. Para las configuraciones en T y en Y, los puntos de referencia de aproximación final desplazados se encuentran de tal forma que es necesario un cambio de rumbo de 70 a 90 grados en el IF. La región de captura para las derrotas de acercamiento al IAF desplazado se extiende en los 180 grados de los IAF, ofreciendo una entrada directa cuando el cambio de rumbo en el punto de referencia intermedio (IF) es igual o superior a 70 grados.

Tramos iniciales laterales

4.2.8 El tramo inicial lateral se basa en diferencias de rumbo de 70 a 90 grados desde la derrota del tramo intermedio. Esta disposición asegura que la entrada desde el interior de una región de captura requiera un cambio de rumbo en el IAF inferior a 110 grados.

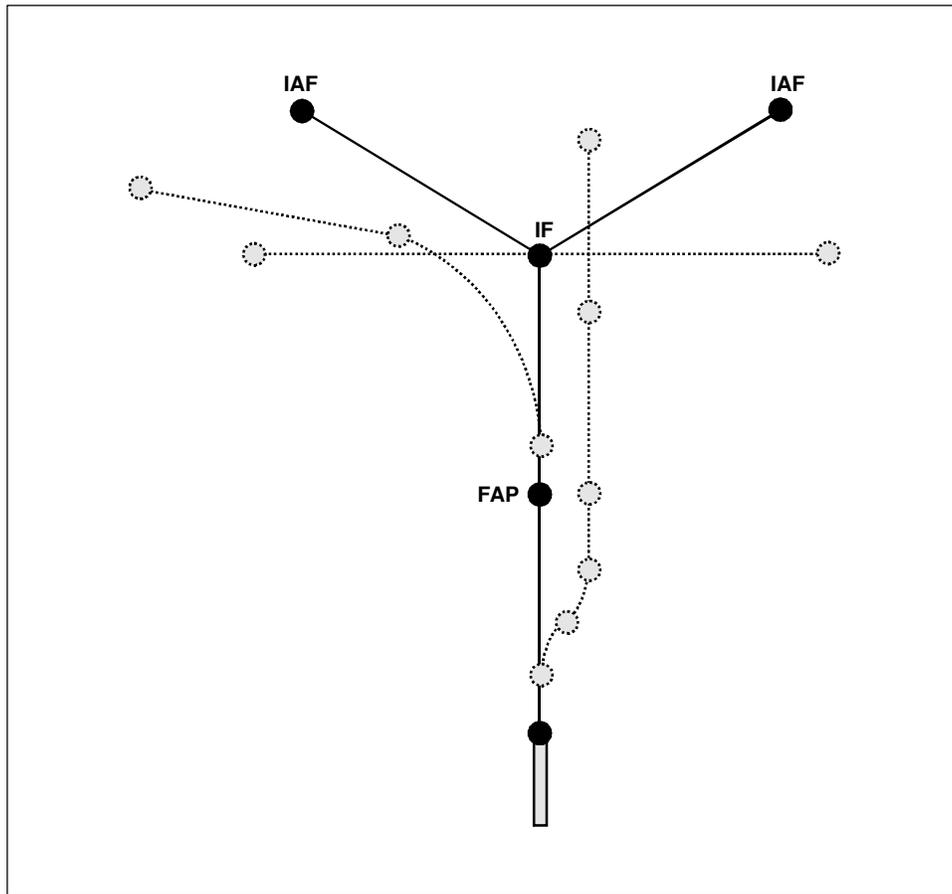


Figura 4-10. Aplicación de la Y en base y de la T en base

Tramo inicial central

4.2.9 El tramo inicial central debe comenzar en el IF. Normalmente está alineado con el tramo intermedio. Su región de captura está entre 70 y 90 grados a cada lado de la derrota del tramo inicial y su ángulo es idéntico al cambio de rumbo en el IF para el IAF desplazado correspondiente. Para virajes mayores de 110 grados en los IAF, deberían utilizarse entradas de sector 1 ó 2.

Tramos iniciales restringidos

4.2.10 Si no se proporciona uno o ambos IAF desplazados, no estará disponible ninguna entrada directa desde todas las direcciones. En estos casos, es necesario proporcionar un circuito de espera en el IAF que permita la entrada al procedimiento por medio de un viraje reglamentario.

4.3 ESPERA

4.3.1 Si hay que proporcionar circuitos de espera, la configuración que se prefiere se encuentra en el IAF y está alineada con el tramo inicial.

Pendiente de descenso

4.3.2 Consulte la tabla 4-2 para los valores de descenso estándar y máximo.

Altitudes mínimas

4.3.3 Las altitudes mínimas en el tramo de aproximación inicial deben establecerse en incrementos de 50 m o 100 ft, según corresponda. La altitud seleccionada deberá proporcionar un MOC de 300 m (984 ft) sobre los obstáculos y no debe ser inferior a ninguna altitud especificada para cualquier parte de los tramos de aproximación intermedia o final

Altitudes/alturas de procedimiento

4.3.4 Todos los tramos de aproximación inicial deberán tener altitudes/alturas reglamentarias establecidas y publicadas. Las altitudes/alturas reglamentarias no deberán ser inferiores a la OCA/H y se desarrollarán en coordinación con el control de tránsito aéreo (ATC), teniendo en cuenta las necesidades de las aeronaves. La altitud/altura reglamentaria del tramo inicial debe establecerse para permitir a la aeronave que intercepte la pendiente/ángulo de descenso del FAS desde el interior del segmento intermedio.

4.4 TRAMO DE APROXIMACIÓN INTERMEDIA

4.4.1 El tramo de aproximación intermedia combina el tramo de aproximación inicial en el FAS. Este es el tramo en el que se realizan los ajustes de configuración, velocidad y posicionamiento de la aeronave para entrar en el FAS.

Tabla 4-2. Restricciones de la pendiente de descenso

Tramo	Pendiente de descenso	
	Estándar	Máxima
Llegada	4% (2,4°)	8% (4,7°)
Inicial	4% (2,4°)	8% (4,7°)
Intermedio	≤2,5% (1,4°)	Igual a final pendiente del tramo
Final	5,2% (3°)	Consulte la tabla 4-3

Valor de precisión lateral

4.4.2 En el tramo de aproximación intermedia, el valor máximo y óptimo de precisión lateral es de 1,0 NM. El valor mínimo es 0,1 NM.

Longitud

4.4.3 Los segmentos deben diseñarse con la longitud suficiente como para permitir que el descenso necesario se aproxime a la pendiente ÓPTIMA en todo lo posible y tener en cuenta la DTA si se necesitan virajes en vuelo. La longitud mínima de un tramo en línea recta (cualquier tramo) es de $2 \times \text{RNP} (+\text{DTA}, \text{según corresponda}, \text{para la construcción de virajes en vuelo})$. El párrafo 4.1.10 se aplica si se produce un cambio del valor de precisión lateral (cambios en el valor de RNP de 1 RNP anterior al punto de referencia).

Alineación

4.4.4 El tramo de aproximación intermedia debería estar alineado con el FAS siempre que sea posible. Los virajes en vuelo en el punto de aproximación final (FAP) se limitan a un cambio de derrota de un máximo de 15 grados en el punto de referencia. Los virajes de más de 15 grados deben utilizar un tramo RF.

Pendiente de descenso

4.4.5 La pendiente de descenso óptima en el tramo intermedio es del 2,5 por ciento (1,4 grados). La pendiente de descenso máxima es la misma que la pendiente máxima de la aproximación final. Si se utiliza un ángulo de descenso superior al estándar, la evaluación debe garantizar que se ofrece la flexibilidad suficiente para la técnica de aproximación en descenso continuo (CDA).

4.4.6 Si es necesario una pendiente mayor que la estándar, es necesario que exista un tramo previo que permita que la aeronave realice su configuración para el descenso del tramo final.

4.4.7 Si se produce un cambio de derrota utilizando un viraje en vuelo en el FAP, es posible ignorar la reducción de la distancia de la derrota, ya que la diferencia es insignificante (viraje máximo de 15 grados).

Tabla 4-3. VPA máximo

<i>Categoría de aeronave</i>	<i>VPA θ</i>	<i>% de la pendiente</i>	<i>Ft/NM</i>
A < 150 km/h (80 kt)	6,4	11,2	682
150 km/h \leq A < 167 km/h (80 nudos \leq A < 90 kt)	5,7	9,9	606
B	4,2	7,3	446
C	3,6	6,3	382
D	3,1	5,4	329

Altitud/altura mínima

4.4.8 La altitud/altura mínima es la altura del obstáculo más alto del área del tramo de aproximación intermedio más un MOC de 150 m (492 ft).

4.4.9 La altitud/altura mínima en el tramo de aproximación intermedio debe establecerse en incrementos de 50 m o 100 ft, según corresponda.

Altitudes/alturas de procedimiento

4.4.10 Es necesario establecer las altitudes/alturas del tramo intermedio para permitir que la aeronave pueda interceptar el descenso de aproximación final prescrito.

Margen mínimo de franqueamiento de obstáculos (MOC)

4.4.11 Al establecer la altitud mínima del tramo intermedio [altitud de interceptación del ángulo de trayectoria vertical (VPA)], es necesario tener en cuenta la diferencia entre el valor del MOC intermedio de 150 m (492 ft) y el valor del MOC que se obtiene mediante el VEB OAS, donde se alcanza la altura de la obstrucción de control del tramo intermedio.

4.4.12 Si el VEB MOC, a la altura de la obstrucción de control sobrepasa el MOC del tramo intermedio, debe aplicarse el valor VEB MOC (consúltense las Figuras 4-11 y 4-12).

4.4.13 Si el VEB es inferior al MOC del tramo intermedio en el FAP, el MOC intermedio debe extenderse dentro del tramo final hasta que intersecte la superficie VEB.

Nota: si es necesario elevar la altitud mínima debido a que existen obstáculos en el tramo intermedio, es necesario desplazar el FAP. Es necesario volver a calcular el VEB y derivar una altitud mínima nueva.

4.5 FAS

4.5.1 La orientación lateral de FAS se basa en RNP. La orientación vertical se basa en la aviónica BARO-VNAV. FAS OAS (VEB) se basa en limitar la performance del error vertical de los sistemas de aviónica BARO-VNAV a los límites establecidos.

Valor de precisión lateral

4.5.2 En el FAS; el valor de precisión lateral máximo es de 0,5 NM, el valor óptimo es de 0,3 NM y el valor mínimo es de 0,1 NM. Es necesario evaluar el segmento para 0,3 NM. Debe utilizarse un valor inferior al valor óptimo sólo si:

- a) 0,3 NM da como resultado una DA/H superior a 90 m (295 ft) sobre el LTP; y
- b) se puede obtener una ventaja operativa significativa.

4.5.3 En estos casos, el mínimo que puede utilizarse es de 0,1 NM. Al publicar aproximaciones con valores de RNP inferiores a 0,3, es necesario publicar también la OCA/H para RNP 0,3.

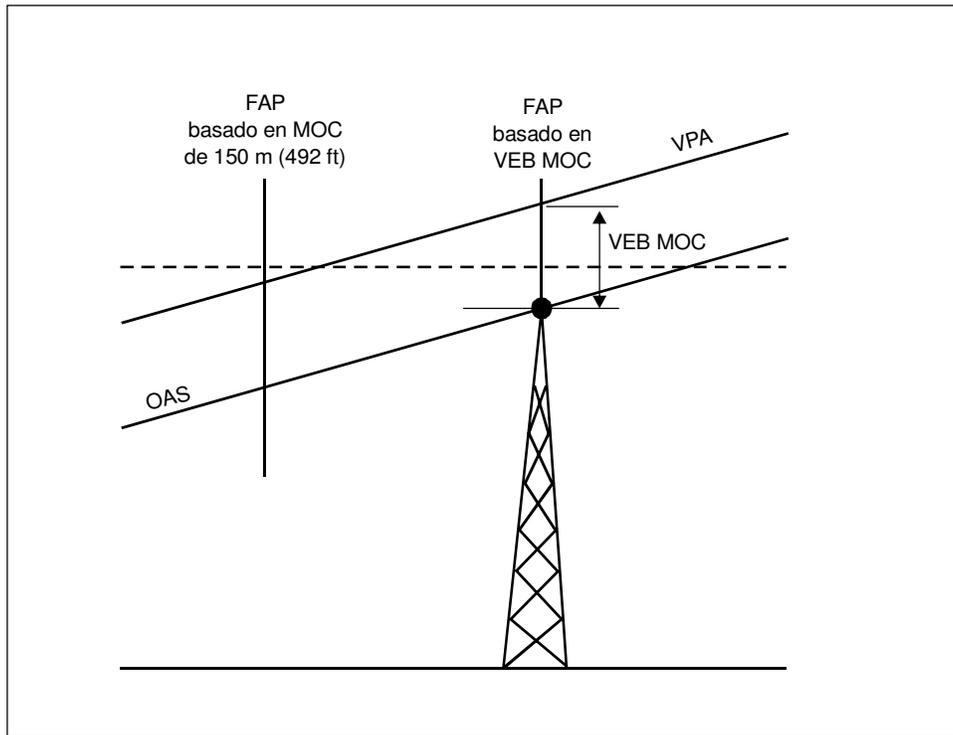


Figura 4-11. MOC de tramo intermedio 1

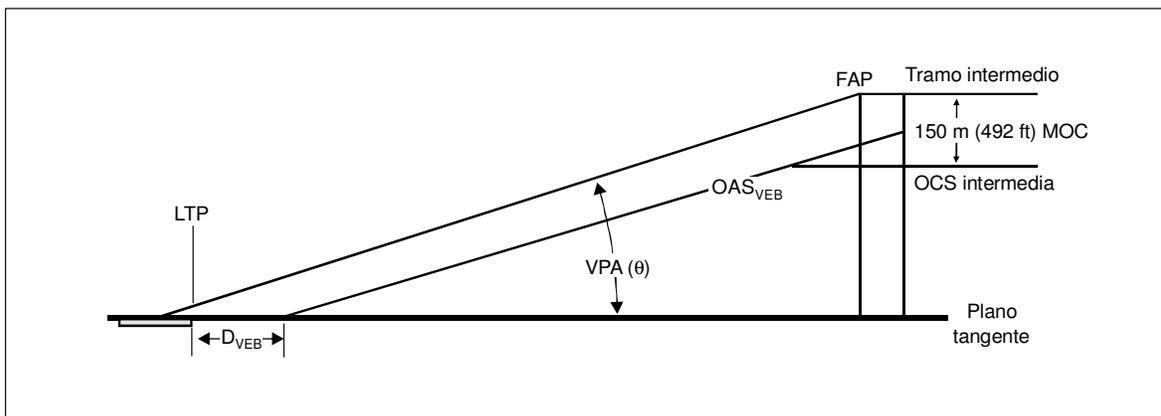


Figura 4-12. MOC de tramo intermedio 2

Longitud

4.5.4 No se ha especificado un máximo o mínimo. Sin embargo, la longitud debe tener en cuenta el descenso necesario y debe suministrar un segmento estabilizado antes de la OCA/H.

Alineación

Aproximaciones directas

4.5.5 El alineamiento óptimo de una aproximación final es un tramo TF directo desde el FAP hasta el LTP en la prolongación de la línea central de la pista (consulte la figura 4-13). Si es necesario, la trayectoria del TF puede desplazarse hasta cinco grados. Si la trayectoria está desplazada, ésta debe cruzar la prolongación de la línea central de la pista al menos 450 metros (1476 ft) antes del LTP.

Ubicación del FAP

4.5.6 El FAP es un punto en el curso de aproximación final verdadero inverso en el que el VPA extendido desde el RDH sobre el LTP (punto de umbral ficticio (FTP) si está desplazado) intersecta la altitud del tramo intermedio.

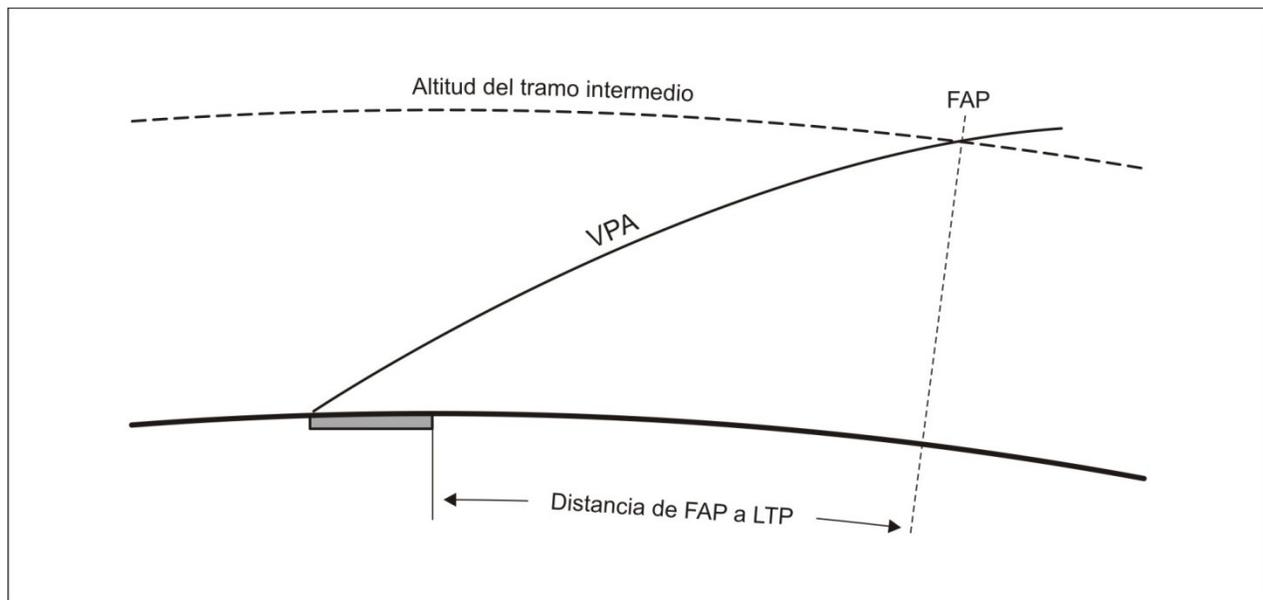


Figura 4-13. Distancia del FAP al LTP

4.5.7 En todos los casos, el FAP debe estar identificado por un punto de referencia con nombre. La latitud y longitud del FAP se calculan de forma geodésica desde el LTP utilizando:

- a) la inversa de la derrota verdadera del tramo de aproximación final TF (derrota verdadera – 180 grados); y
- b) la distancia requerida desde el LTP (FTP si está desplazado) al FAP.

4.5.8 Si la aproximación final consiste en un sólo tramo TF, se suministra una hoja de cálculo de Microsoft Excel, que está disponible junto a la versión electrónica del manual en el sitio Web público de la OACI (www.icao.int) en “Publications” (Publicaciones), para calcular la D_{FAP} (distancia desde el LTP al FAP) y la longitud y latitud WGS-84 del FAP (consulte las figuras 4-14 a) y 4-14 b)).

Cálculo de la distancia FAP-LTP

4.5.9 La distancia desde FAP hasta LTP puede calcularse de las siguientes maneras:

$$d = \frac{r_e * \ln\left(\frac{r_e + a}{r_e + b + RDH}\right)}{\tan(VPA)}$$

o

$$d = r_e * \ln[(r_e + a)/(r_e + b + RDH)]/\tan(VPA)$$

donde

- d = Distancia desde FAP hasta LTP (m ó ft, según corresponda)
- r_e = (radio medio de la Tierra) 6367435,67964 (m) ó 20.890.537 (ft), según corresponda
- RDH = altura del punto de referencia (m ó ft, según corresponda)
- a = altitud del FAP (m ó ft, según corresponda)
- b = elevación del LTP (m ó ft, según corresponda)

Los cálculos son geoidales (en lugar de elipsoidales) ya que el VPA es un gradiente barométrico determinado por el altímetro barométrico y, por tanto, es relativo al geoide. El VPA mantiene una pendiente relativa a la Tierra y sigue una trayectoria en arco, como se ilustra en la figura 4-13.

Calculador de FAP

4.5.10 Hay disponible un calculador de FAP junto con la versión electrónica del manual en el sitio Web público de la OACI (www.icao.int) en “Publications” (Publicaciones).

Virajes en el FAS

4.5.11 El segmento final debe diseñarse utilizando un tramo RF si los obstáculos o los requisitos operacionales impiden una aproximación directa desde el FAP al LTP. No se permiten los virajes en vuelo. Debe determinarse la distancia geodésica a lo largo de la derrota desde el LTP (FTP si está desplazado) hasta el punto en el que la GP intercepta la altitud media del tramo intermedio (D_{FAP}) y calcular la D_{FAP} .

Cálculos FAP		Origen y pendiente de VEB OAS	
Altitud mínima del tramo intermedio (a):	500,00 m	Altitud mínima del tramo intermedio:	762,00 m
Elevación del MSL del LTP (b):	20,00 m	Elevación del LTP:	16,00 m
RDH:	15,00 m	Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°
Ángulo de trayectoria vertical (VPA):	3,00°	-165,00 RDH:	17,00 m
		Valor RNP:	0,30 NM
		Δ ISA:	-12,44°
Distancia de LTP a FAP (D):	8.872,36 m	Tramo directo	
	4,79 NM	(Envergadura =<80 m) LTP a origen:	1.042,86 m
		Pendiente OAS:	0,049845
Latitud LTP/FTP:	036° 30' 00,00" N	Tramo del viraje RF Ángulo de inclinación:	18,00°
Longitud LTP/FTP:	095° 54' 00,00" W	(Envergadura =<262) LTP a origen:	1.138,37 m
Marcación verdadera de la pista/rumbo verdadero:	15,00	Pendiente OAS:	0,049845
FAP Latitude:	36° 25' 21,962" N		
FAP Longitude:	95° 55' 32,181" W		
	Latitud/longitud válida sólo para tramos en línea recta		
UNIDADES SI Versión 2.2 17/03/09			
Límites de temperatura VPA		VEB MOC	
Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°	Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°
Ángulo máximo de la trayectoria vertical:	3,50°	Elevación del MSL del LTP:	16,00 m
Elevación del FAP:	762,00 m	RDH:	17,00 m
Elevación del LTP:	400,00 m	Tangente de VPA:	0,052408
ACT:	2,44 °C	Pendiente OAS:	0,049845
Ángulo mínimo de trayectoria vertical	2,99°	Distancia de origen de OAS:	762,00 m
		<i>(medida a lo largo de la derrota desde LTP)</i>	
NA baja	2,44 °C 36,39 °F	Distancia del obstáculo:	3.048,00 m
NA alta	45,46 °C 113,84 °F	<i>(medida a lo largo de la derrota desde LTP)</i>	
NA baja (2,5°)	-38,87 °C -37,96 °F	VEB MOC (en el obstáculo)	63 m
		OASHGT (en el obstáculo)	113 m

Figura 4-14 a). Calculadores de VEB y FAP (unidades SI)

Cálculos FAP		Origen y pendiente de VEB OAS	
Altitud mínima del tramo intermedio (a):	5.000,00 ft	Altitud mínima del tramo intermedio:	4.500,00 ft
Elevación del MSL del LTP (b):	321,00 ft	Elevación del LTP:	1.200,00 ft
RDH:	52,50 ft	Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°
Ángulo de trayectoria vertical (VPA):	3,00°	RDH:	55,00 ft
		Valor RNP:	0,14 NM
		Δ ISA:	-20,00°
Distancia de LTP a FAP (D):	88.267,53 ft	Tramo directo	
	14,53 NM	(Envergadura =<262) LTP a origen:	2.537,39 ft
		Pendiente OAS:	0,048172
Latitud LTP/FTP:	088° 00' 00,00" N	Tramo del viraje RF Ángulo de inclinación:	18,00°
Longitud LTP/FTP:	167° 55' 48,50" W	(Envergadura =<262) LTP a origen:	2.865,18 ft
Marcación verdadera de la pista/rumbo verdadero:	150,00	Pendiente OAS:	0,048172
FAP Latitude:	88° 12' 16,420" N		
FAP Longitude:	171° 46' 37,176" W		
	Latitud/longitud válida sólo para el tramo en línea recta		
UNIDADES NO SI Versión 2.2 17/03/09			
Límites de temperatura VPA		VEB MOC	
Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°	Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°
Ángulo máximo de la trayectoria vertical:	3,50°	Elevación del MSL del LTP:	1.200,00 ft
Elevación del FAP:	4.500,00 ft	RDH:	55,00 ft
Elevación del LTP:	1.200,00 ft	Tangente de VPA:	0,052408
ACT:	-10,00 °C	Pendiente de OAS:	0,048172
Ángulo mínimo de trayectoria vertical	2,84°	Distancia de origen de OAS:	3.811,84 ft
		<i>(medida a lo largo de la derrota desde LTP)</i>	
NA baja	-10,00 °C 14,00 °F	Distancia del obstáculo:	29.763,55 ft
NA alta	47,25 °C 117,05 °F	<i>(medida a lo largo de la derrota desde LTP)</i>	
NA baja (2,5°)	-39,32 °C -38,78 °F	VEB MOC (en el obstáculo)	365 ft
		OASHGT (en el obstáculo)	1.250 ft

Figura 4-14 b). Calculadores de VEB y FAP (unidades no SI)

4.5.12 El tramo (TF o RF) en que está localizado el FAP se calcula comparando esta distancia con la longitud total del FAS.

Requisito para el tramo en línea recta previo a la OCH

4.5.13 Los procedimientos que incorporan un tramo RF en el segmento final establecerán la aeronave en un punto de salida del viraje de aproximación final (FROP) alineado con la línea central de la pista anterior al mayor de los siguientes:

- a) 150 m (492 ft) sobre la elevación del LTP,

$$\text{Unidades SI: } D_{150} = \frac{150 - \text{RDH}}{\tan(\text{VPA})}$$

$$\text{Unidades no SI: } D_{492} = \frac{492 - \text{RDH}}{\tan(\text{VPA})}$$

- b) se calcula una distancia mínima antes de la OCA/H, como se indica en la sección 4.5.14 (consulte las figuras 4-15 y 4-16).

4.5.14 TAS basada en la IAS para la categoría de aeronaves más rápida, cuyos procedimientos están diseñados en ISA + 15 °C a la elevación del aeródromo, más un viento de cola de 15-kt para un tiempo de:

- a) 15 segundos si la aproximación frustrada está basada en RNP 1,0 o superior:

$$\text{Unidades SI: } D_{15\text{sec}} = \frac{\text{HATh} - \text{RDH}}{\tan(\text{VPA})} + (V_{\text{TAS}} + 27.78) * 4.167$$

$$\text{Unidades no SI: } D_{15\text{sec}} = \frac{\text{HATh} - \text{RDH}}{\tan(\text{VPA})} + (V_{\text{TAS}} + 15) * 25.317$$

- b) 50 segundos si la aproximación frustrada RNP es inferior a 1,0 o si la aproximación frustrada esté basada en RNP APCH:

$$\text{Unidades SI: } D_{50\text{sec}} = \frac{\text{HATh} - \text{RDH}}{\tan(\text{VPA})} + (V_{\text{TAS}} + 27.78) * 13.89$$

$$\text{Unidades no SI: } D_{50\text{sec}} = \frac{\text{HATh} - \text{RDH}}{\tan(\text{VPA})} + (V_{\text{TAS}} + 15) * 84.39$$

Nota.— HATh es la altura por encima del umbral de la OCH o la DH, según corresponda.

Identificación del FAP en un tramo RF

4.5.15 Si hay que localizar el FAP en un tramo RF, el tramo debe estar dividido en dos tramos y cada uno de ellos debe tener el mismo radio y centro del viraje. Asimismo, el FAP debe coincidir con el punto de referencia inicial del segundo segmento. Determine la distancia de la derrota (D_{FAP}) desde LTP hasta FAP con la fórmula que se muestra en la sección 4.5.9. La longitud del tramo RF ($\text{LONGITUD}_{\text{RF}}$) desde el FROP hasta el FAP puede calcularse restando la distancia al punto de salida del viraje de aproximación final (D_{FROP}) a la D_{FAP} .

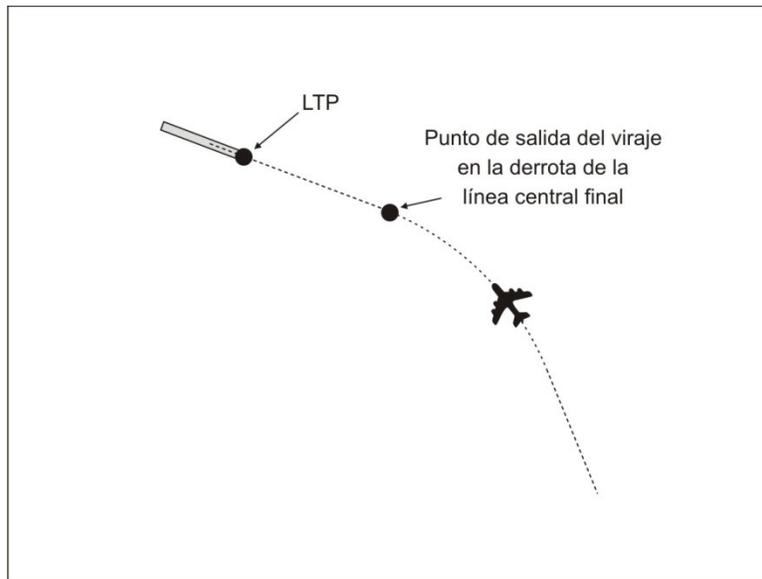


Figura 4-15. FROP

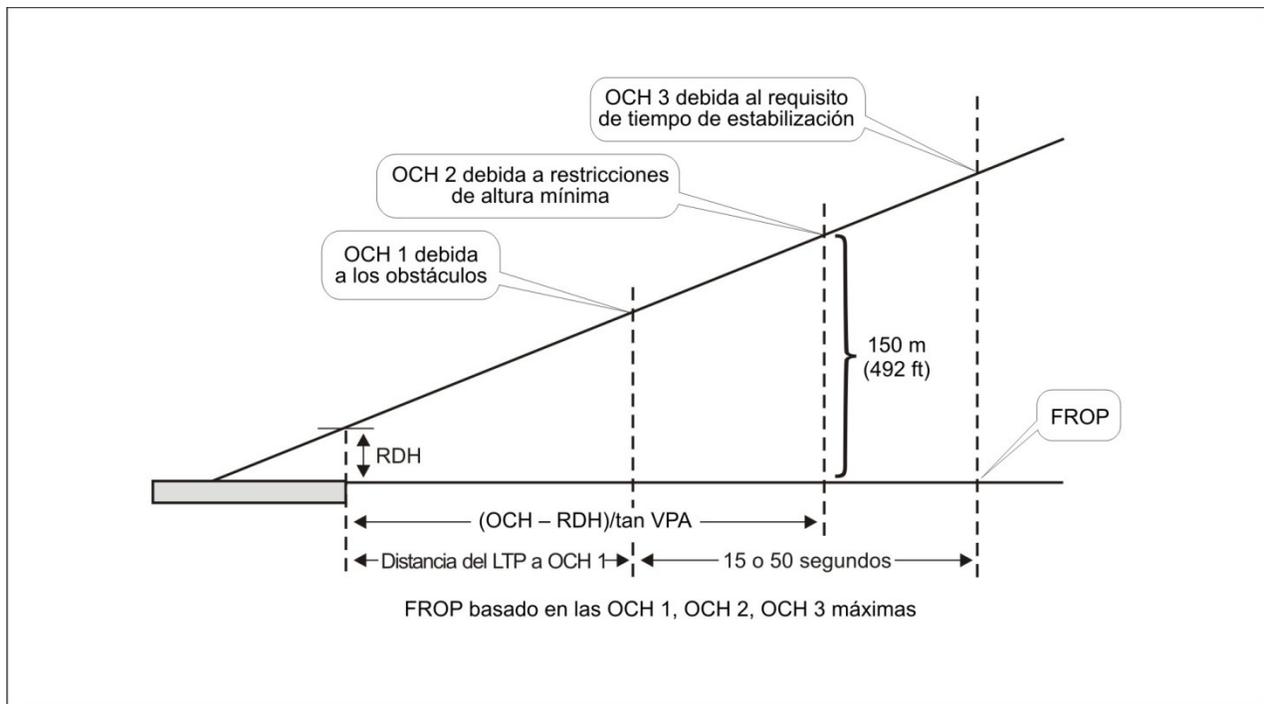


Figura 4-16. Restricciones en la OCH y el FROP

4.5.16 El número de grados del arco que corresponden a una longitud de arco específica puede calcularse mediante:

$$\text{grados del arco} = (180 * \text{LONGITUD}_{\text{RF}}) / (\pi * r)$$

donde r = radio del tramo RF

En cambio, la longitud de un arco a partir de un número de grados específicos del viraje que se suministren puede calcularse mediante:

$$\text{longitud del arco} = (\text{grados del arco} * \pi * r) / 180$$

Determinación de las coordenadas WGS-84 del FAP en un segmento RF

4.5.17 Este método puede usarse para calcular la latitud y longitud WGS-84 (consulte la figura 4-17). Existen varios paquetes de software que calcularán las coordenadas geográficas a partir de las medidas cartesianas del LTP. Utilice las siguientes fórmulas y métodos para obtener los valores cartesianos.

PASO 1: Determine la distancia de la derrota (D_{FAP}) desde LTP hasta FAP con la fórmula que se muestra en la sección 4.5.9.

PASO 2: Determine la distancia (D_{FROP}) desde LTP hasta FROP (consulte la figura 4-17).

PASO 3: Reste D_{FROP} de D_{FAP} para calcular la distancia de arco al FAP desde el FROP.

4.5.18 Si el FAP está en el tramo RF, determine sus coordenadas X, Y mediante:

$$X = D_{\text{FROP}} + r * \text{sen } A$$

$$Y = r - r * \text{cos } A$$

donde

X e Y están medidas en un sistema de coordenadas cartesiano convencional en sentido horario con un eje X positivo alineado con el recíproco del azimut de la pista.

r = radio del tramo RF

A = ángulo de viraje

4.5.19 La altitud de viraje se determina proyectando la senda de planeo desde la RDH hasta el IAF a lo largo de la derrota de un punto de referencia a otro. La altitud de viraje es la altitud de la GP en el punto de referencia o la altitud mínima del punto de referencia, la que sea más alta.

Limitación del sistema basada en la altura del radioaltímetro (RA)

4.5.20 En algunas aeronaves, los computadores de mando vuelo (FCC) limitan el ángulo de inclinación lateral cuando la aeronave está por debajo de 122 m (400 ft) de radioaltitud. Si un obstáculo o alguna parte del terreno es mayor que la altitud de la derrota de aproximación nominal perpendicular al obstáculo o terreno menos 122 m (400 ft), (elevación del obstáculo mayor que la altitud de la derrota nominal: 122 m (400 ft)), entonces, debe utilizarse la limitación de cinco grados en el ángulo de inclinación del FCC para el cálculo del viraje.

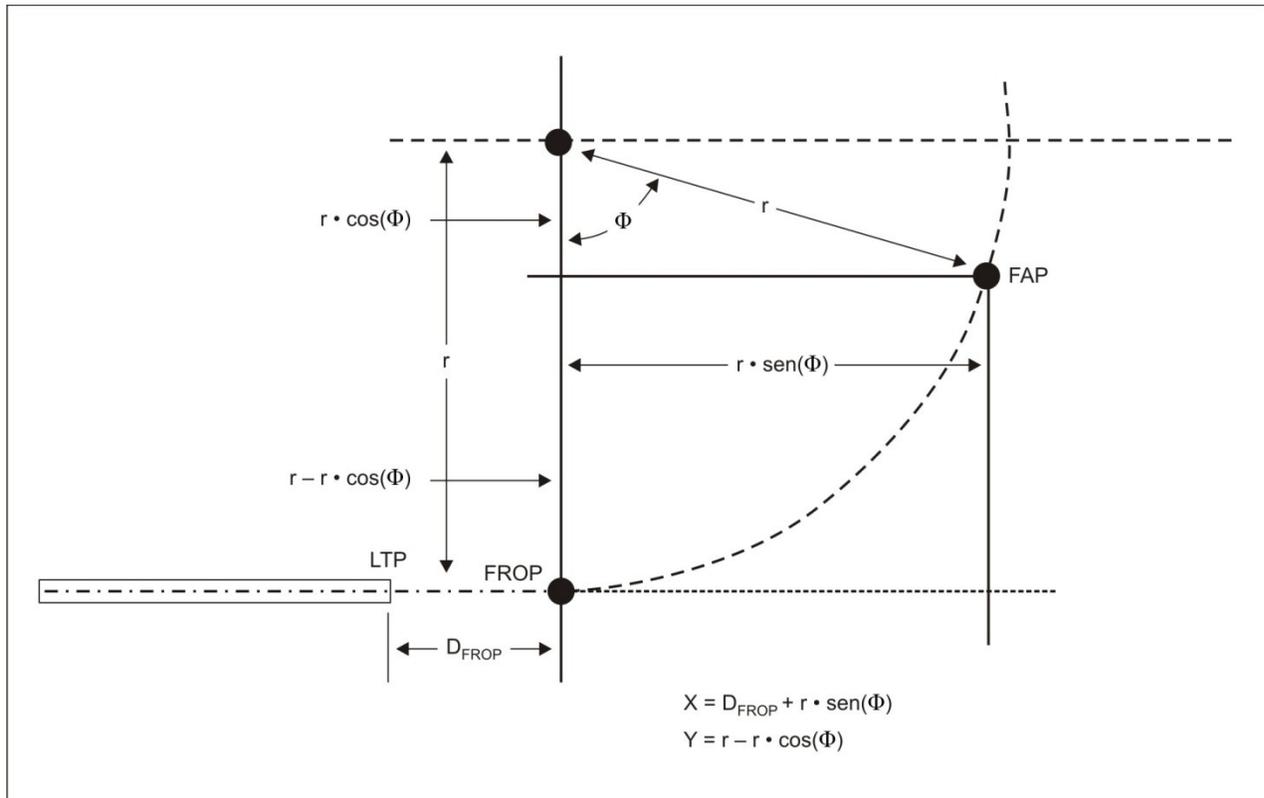


Figura 4-17. El FAP en el tramo RF

Requisitos de VPA

4.5.21 El VPA de diseño estándar mínimo es de 3 grados. Los VPA superiores a 3 grados sólo se utilizarán:

- a) si los obstáculos impiden el uso de los 3 grados, o
- b) si las bajas temperaturas reducen la efectividad del VPA por debajo de un valor mínimo de 2,75 grados.

4.5.22 La tabla 4-3 enumera los mayores VPA permitidos por categoría de aeronave. Si el VPA requerido es mayor que el máximo para una categoría de aeronave, no debe publicarse la OCA/H para esa categoría.

4.5.23 El ángulo de la GP no debería producir una velocidad vertical de descenso (DR) superior a una nominal de 300 m/min (1000 ft/min) para la aeronave que utilice el procedimiento.

Valores del RDH y rangos recomendados por categorías de aeronaves

4.5.24 Valores RDH y rangos de valores recomendados apropiados para las categorías de aeronaves A a D. Los procedimientos RNP AR que dan servicio a la misma pista deben compartir un RDH y valores de ángulo de GP comunes. Si un ILS da servicio a la pista, es necesario utilizar el RDH y el ángulo de la GP del ILS para definir la VPA. Si no hay ILS, pero le da servicio a la pista un sistema indicador visual de pendiente de planeo (VGSI) con un RDH y un ángulo de GP, es necesario utilizar el RDH del VGSI y un VPA igual al ángulo de la GP. De lo contrario, es necesario seleccionar un valor de RDH apropiado de la tabla 4-4, con un VPA de tres grados.

Nota.— Debe publicarse una nota en la carta de aproximación que indique si el ángulo VGS es más de 0,2 grados superior al VPA, o si el RDH del VGS es distinto del RDH reglamentario en más de 1 m (3 ft), por ejemplo, el PAPI no coincide con el VPA.

Efecto de la temperatura en el VPA

4.5.25 La OAS del segmento final RNP se basa en la guía vertical que proporciona BARO-VNAV. El VPA efectivo (ángulo de vuelo real) depende de la desviación de la temperatura respecto a la ISA estándar asociada a la elevación del aeropuerto. El límite alto de temperatura intenta evitar sobrepasar un DR de 300 m/min (1000 ft/min). El límite bajo de temperatura garantiza la protección frente a los obstáculos para la temperatura inferior prevista y evita que el VPA efectivo descienda por debajo de los 2,5 grados. Es necesario calcular la ISA para el aeropuerto utilizando las formulas siguientes.

$$ISA_{\text{aeropuerto}}^{\text{C}^\circ} \text{ (unidades SI)} = 15 - \left(\frac{0.00198 * \text{Airport}_{\text{elev}}}{0.3048} \right)$$

$$ISA_{\text{aeropuerto}}^{\text{C}^\circ} \text{ (unidades no SI)} = 15 - (0.00198 * \text{Airport}_{\text{elev}})$$

Tabla 4-4. Requisitos RDH

<i>Categoría de aeronave</i>	<i>Recomendado RDH ±5 ft</i>	<i>Observaciones</i>
A	12 m (40 ft)	Muchas pistas de longitud inferior a 1800 m (6000 ft) con anchuras reducidas y/o restricción de resistencia de peso deberían, normalmente, prohibir el aterrizaje a aviones de mayor tamaño.
B	14 m (45 ft)	Aeropuerto regional con servicio de líneas aéreas limitado.
C, D	15 m (50 ft)	Pistas principales que no utilizan normalmente las aeronaves con alturas de punto de referencia de la aeronave a las ruedas superior a 6 m (20 ft).
E	17 m (55 ft)	La mayoría de las pistas principales en los aeropuertos principales.

El procedimiento de aproximación debería ofrecer protección frente a los obstáculos en el rango de temperaturas que pueden esperarse de forma razonable en el aeropuerto. Establézcase el límite inferior de temperatura a partir de los datos históricos de cinco años (o más). Para cada año, determínese qué mes tuvo la temperatura media más baja. Después, para cada mes, encuéntrase la temperatura más baja. El promedio de los cinco valores es la menor temperatura media. Encuéntrase la diferencia (ΔISA_{BAJA}) entre esta temperatura y la temperatura ISA del aeropuerto utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta ISA_{BAJA} = - (ISA \text{ } ^\circ\text{C} - ACT \text{ } ^\circ\text{C})$$

Nota: la altura geopotencial incluye una corrección para tener en cuenta la variación en la aceleración de la gravedad (g) (media de 9,8067 m seg²) en alturas. Sin embargo, el efecto es insignificante en las altitudes mínimas que se tienen en cuenta para el franqueamiento de obstáculos: la diferencia entre altura geométrica y geopotencial aumenta desde 0 a nivel medio del mar hasta -18 m (-59 ft) a 10 972 m (36 000 ft).

Cálculo del VPA mínimo efectivo

4.5.26 El VPA mínimo efectivo se obtiene reduciendo el diseño del VPA mediante la reducción del error de altímetro en el VPA por baja temperatura en el FAP y calculando el ángulo reducido desde el origen del VPA al nivel del umbral. (Consulte la figura 4-18).

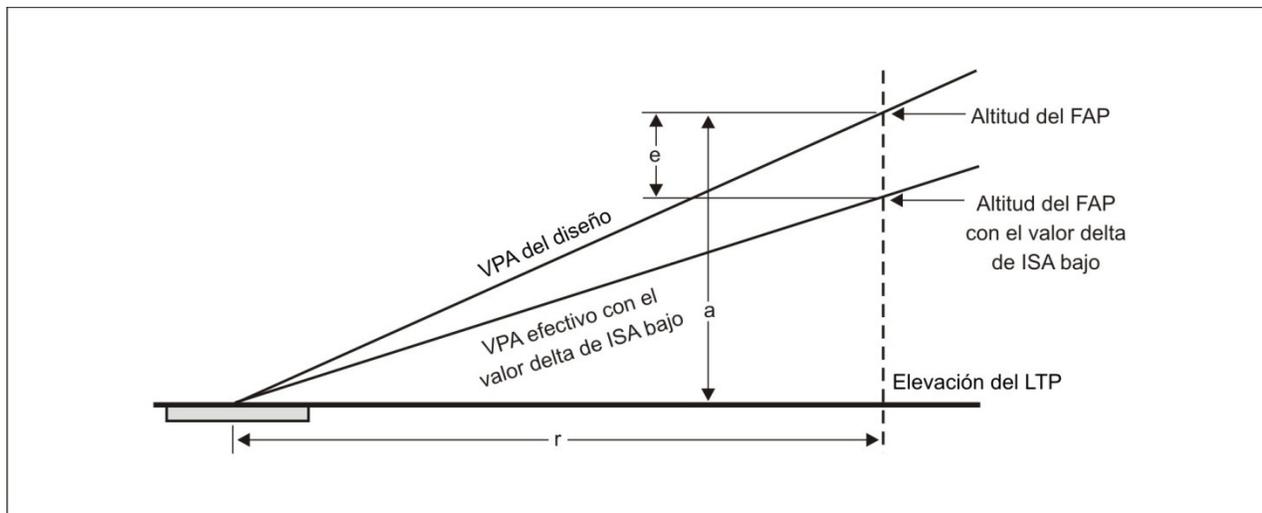


Figura 4-18. VPA efectivo a baja temperatura

Límite de temperatura baja

4.5.27 El VPA efectivo a la temperatura mínima publicada no debe ser inferior a 2,5 grados. El VPA nominal, en algunos casos, puede aumentar por encima de los 3,0 grados. Sin embargo, es necesario tener en cuenta la performance de la aeronave en el VPA mayor; los efectos de la alta temperatura y las restricciones normativas en la GP máxima para la aeronave.

4.5.27.1 Si el historial de temperaturas de la ubicación indica que se encuentra con frecuencia la limitación de baja temperatura, se debe considerar la posibilidad de elevar el ángulo de la GP al ángulo más bajo (dentro de los límites de la tabla 4-3) que permitirá utilizar la aproximación con mayor frecuencia.

4.5.27.1.1 El VPA mínimo es mayor de 2,5 grados, o

$$\text{Min}_{\text{VPA}} = \arctan\left(\frac{a+e}{r}\right)$$

donde

a = altitud del FAP – elevación del LTP (m ó ft, según corresponda)

e (unidades SI) = $\Delta\text{ISA}_{\text{BAJA}} * [(0,19 * 0,3048) + (0,0038 * a)] + (0,032 * a) + (4,9 * 0,3048)$, o

e (unidades no SI) = $\Delta\text{ISA}_{\text{BAJA}} * [0,19 + (0,0038 * a)] + (0,032 * a) + 4,9$

$$r = \frac{a}{\tan(\text{VPA})}$$

4.5.27.1.2 Si el VPA es menor de 2,5 grados, calcule la $\Delta\text{ISA}_{\text{BAJA}}$ para lograr un ángulo de 2,5 grados utilizando una de las siguientes fórmulas:

$$\Delta\text{ISA}_{\text{BAJA}} \text{ (unidades SI)} = \frac{-e - (0,032 * a) - (4,9 * 0,3048)}{(0,19 * 0,3048) + (0,0038 * a)}$$

$$\Delta\text{ISA}_{\text{BAJA}} \text{ (unidades no SI)} = \frac{-e - (0,032 * a) - 4,9}{0,19 + (0,0038 * a)}$$

donde

e = altitud del FAP – b

b = $r * \tan(2,5^\circ) + \text{elevación del LTP}$

$$r = \frac{a}{\tan(\text{VPA})}$$

a = altitud del FAP – elevación del LTP (m ó ft, lo que corresponda)

4.5.27.1.3 Determine la limitación de temperatura baja publicada “NA baja” para el procedimiento utilizando la ΔISA_{BAJA} derivada de la ecuación de la sección 4.5.27.1.2 en la siguiente fórmula:

$$NA \text{ baja} = ISA + \Delta ISA_{BAJA}$$

Nota: si el historial de temperaturas de la ubicación indica que se encuentra con frecuencia la limitación de baja temperatura durante los tiempos de recuperación de ocupación establecidos, considere la posibilidad de elevar el VPA al ángulo más bajo que permitirá utilizar la aproximación con mayor frecuencia.

Cálculo del máximo VPA efectivo

4.5.28 El VPA máximo efectivo se obtiene aumentando el diseño del VPA al añadir el error de altímetro de alta temperatura a la altitud de diseño del VPA en el FAP y calcular el ángulo aumentado del origen del VPA en el nivel de umbral (consulte la figura 4-19).

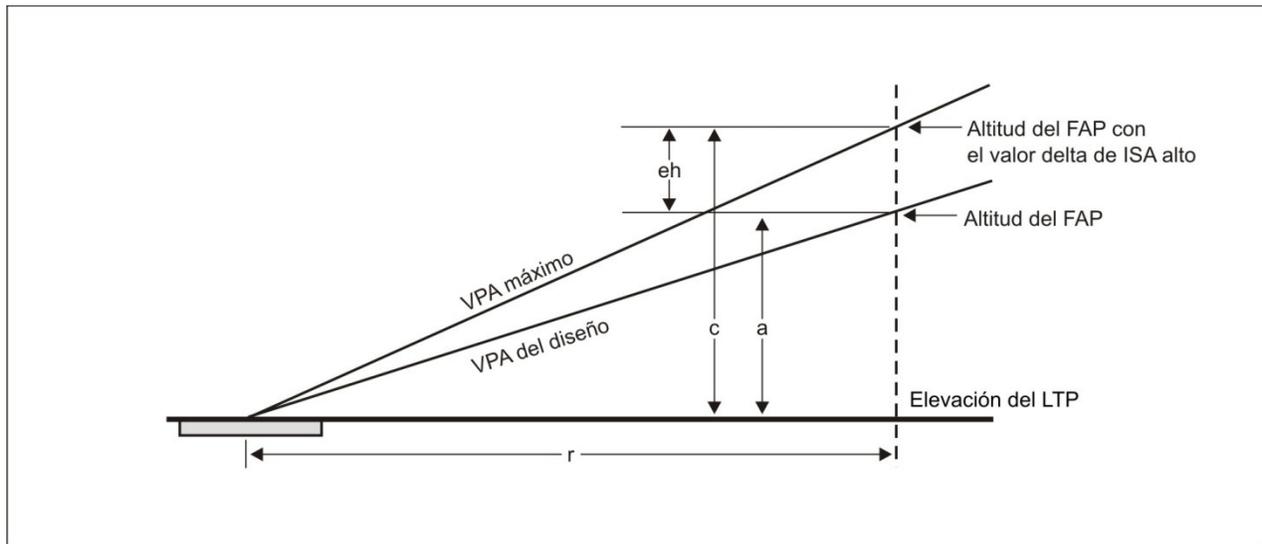


Figura 4-19. VPA efectivo a alta temperatura

4.5.28.1 Para conseguirlo, determine la ΔISA_{Alta} máxima (por encima de ISA) que producirá el VPA máximo permitido utilizando una de las siguientes fórmulas:

$$\Delta ISA_{Alta} \text{ (unidades SI)} = \frac{eh - (0.032 * a) - (4.9 * 0.3048)}{(0.19 * 0.3048) + (0.0038 * a)}$$

$$\Delta ISA_{Alta} \text{ (unidades no SI)} = \frac{eh - (0.032 * a) - 4.9}{0.19 + (0.0038 * a)}$$

donde

$eh = c - \text{altitud del FAP}$

$c = r * \tan(\alpha) + \text{elevación del LTP}$

$\alpha = \text{VPA máximo permitido}$

$a = \text{altitud del FAP} - \text{elevación del LTP}$

$$r = \frac{a}{\tan(\text{VPA})}$$

4.5.28.2 El ángulo VPA efectivo máximo es 1,13 veces el valor del diseño máximo de la tabla 4-3 para la categoría de aproximación publicada más rápida. Si el VPA efectivo calculado es superior, la temperatura máxima publicada debe restringirse a un valor inferior. Determine el $NA_{\text{por encima}}$ con la siguiente fórmula:

$$NA_{\text{por encima}} = ISA + \Delta ISA_{Alta}$$

VEB

4.5.29 El cálculo del VEB se describe en los Apéndices 1 y 2.

OAS de la aproximación final

4.5.30 El VEB define la distancia del origen de la OAS de la aproximación final desde el LTP (D_{VEB}) y su pendiente. Existen dos hojas de cálculo de Microsoft Excel (consulte las figuras 4-20 a) y 4-20 b)) que realizan los cálculos del VEB en la versión electrónica del manual en el sitio Web público de la OACI (www.icao.int) en "Publications" (Publicaciones).

Nota: en caso de reducción de RNP en tramos en los que se aplique el VEB, se utilizará el valor máximo de RNP en el cálculo del VEB.

Cálculos FAP		Origen y pendiente de VEB OAS	
Altitud mínima del tramo intermedio (a):	500,00 m	Altitud mínima del tramo intermedio:	762,00 m
Elevación del MSL del LTP (b):	20,00 m	Elevación del LTP:	16,00 m
RDH:	15,00 m	Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°
Ángulo de trayectoria vertical (VPA):	3,00°	-165,00 RDH:	17,00 m
		Valor RNP:	0,30 NM
		Δ ISA:	-12,44°
Distancia de LTP a FAP (D):	8.872,36 m	Tramo directo	
	4,79 NM	(Envergadura =<80 m) LTP a origen:	1.042,86 m
Latitud LTP/FTP:	036° 30' 00,00" N	Pendiente OAS:	0,049845
Longitud LTP/FTP:	095° 54' 00,00" W		
Marcación verdadera de la pista/rumbo verdadero:	15,00	Tramo del viraje RF Ángulo de inclinación:	18,00°
		(Envergadura =<262) LTP a origen:	1.138,37 m
FAP Latitude:	36° 25' 21,962" N	Pendiente OAS:	0,049845
FAP Longitude:	95° 55' 32,181" W		
	Latitud/longitud válida sólo para tramos en línea recta		
UNIDADES SI Versión 2.2 17/03/09			
Límites de temperatura VPA		VEB MOC	
Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°	Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°
Ángulo máximo de la trayectoria vertical:	3,50°	Elevación del MSL del LTP:	16,00 m
Elevación del FAP:	762,00 m	RDH:	17,00 m
Elevación del LTP:	400,00 m	Tangente de VPA:	0,052408
ACT:	2,44 °C	Pendiente OAS:	0,049845
Ángulo mínimo de trayectoria vertical	2,99°	Distancia de origen de OAS:	762,00 m
		<i>(medida a lo largo de la derrota desde LTP)</i>	
NA baja	2,44 °C 36,39 °F	Distancia del obstáculo:	3.048,00 m
NA alta	45,46 °C 113,84 °F	<i>(medida a lo largo de la derrota desde LTP)</i>	
NA baja (2,5°)	-38,87 °C -37,96 °F	VEB MOC (en el obstáculo)	63 m
		OASHGT (en el obstáculo)	113 m

Figura 4-20 a). Hoja de cálculo de VEB (unidades SI)

Cálculos FAP		Origen y pendiente de VEB OAS	
Altitud mínima del tramo intermedio (a):	5.000,00 ft	Altitud mínima del tramo intermedio:	4.500,00 ft
Elevación del MSL del LTP (b):	321,00 ft	Elevación del LTP:	1.200,00 ft
RDH:	52,50 ft	Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°
Ángulo de trayectoria vertical (VPA):	3,00°	RDH:	55,00 ft
Distancia de LTP a FAP (D):	88.267,53 ft	Valor RNP:	0,14 NM
	14,53 NM	Δ ISA:	-20,00°
Latitud LTP/FTP:	088° 00' 00,00" N	Tramo directo	
Longitud LTP/FTP:	167° 55' 48,50" W	(Envergadura =<262) LTP a origen:	2.537,39 ft
Marcación verdadera de la pista/rumbo verdadero:	150,00	Pendiente OAS:	0,048172
FAP Latitude:	88° 12' 16,420" N	Tramo del viraje RF Ángulo de inclinación:	18,00°
FAP Longitude:	171° 46' 37,176" W	(Envergadura =<262) LTP a origen:	2.865,18 ft
	Latitud/longitud válida sólo para el tramo en línea recta	Pendiente OAS:	0,048172
UNIDADES NO SI Versión 2.2 17/03/09			
Límites de temperatura VPA		VEB MOC	
Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°	Ángulo de trayectoria vertical:	3,00°
Ángulo máximo de la trayectoria vertical:	3,50°	Elevación del MSL del LTP:	1.200,00 ft
Elevación del FAP:	4.500,00 ft	RDH:	55,00 ft
Elevación del LTP:	1.200,00 ft	Tangente de VPA:	0,052408
ACT:	-10,00 °C	Pendiente de OAS:	0,048172
Ángulo mínimo de trayectoria vertical	2,84°	Distancia de origen de OAS:	3.811,84 ft
		<i>(medida a lo largo de la derrota desde LTP)</i>	
NA baja	-10,00 °C 14,00 °F	Distancia del obstáculo:	29.763,55 ft
NA alta	47,25 °C 117,05 °F	<i>(medida a lo largo de la derrota desde LTP)</i>	
NA baja (2,5°)	-39,32 °C -38,78 °F	VEB MOC (en el obstáculo)	365 ft
		OASHGT (en el obstáculo)	1.250 ft

Figura 4-20 b). Hoja de cálculo de VEB (unidades no SI)

4.5.31 Se puede calcular la altura de la OAS a una distancia "x" desde el LTP de la siguiente manera:

$$OAS_{HGT} = (r_e + LTP) e^f - r_e - LTP$$

donde

$$f = \frac{(x - D_{VEB}) * OAS_{gradient}}{r_e}$$

OAS_{HGT} = altura de VEB OAS (m ó ft, según corresponda)

x = distancia desde el LTP al obstáculo (m ó ft, según corresponda)

D_{VEB} = distancia desde el LTP hasta el nivel de interceptación del LTP del VEB OAS (m ó ft, según corresponda)

r_e = (radio medio de la Tierra) 6367435,67964 (m) o 20.890.537 (ft), según corresponda

Pendiente OAS = valor según se deriva del Apéndice 1 o 2, según corresponda

Nota: la D_{VEB} y la tangente de la OAS de la aproximación final se obtienen del Apéndice 1 (unidades SI) o del Apéndice 2 (unidades no-SI).

Ajuste para la geometría del fuselaje de la aeronave (bg)

4.5.32 Si la aproximación final es un tramo en línea recta, la pendiente OAS es la misma para las partes recta y curva. Sin embargo, el margen de franqueamiento de obstáculos se aumenta para tener en cuenta la diferencia en las trayectorias de vuelo del punto de referencia de navegación en la aeronave y las ruedas. El nivel de las alas se asume como de 8 m (25 ft) para todas las aeronaves. El ajuste adicional del bg durante una inclinación se calcula de la siguiente forma:

$$bg = 40 * \text{sen}(\text{ángulo de inclinación}) \text{ m}; \text{ o}$$

$$bg = 132 * \text{sen}(\text{ángulo de inclinación}) \text{ ft}$$

El ángulo de inclinación óptimo es de 18 grados. Sin embargo, se pueden aplicar otros ángulos de inclinación para aeronaves específicas. El ajuste del margen de franqueamiento de obstáculos para el tramo curvo de la aproximación final y la orientación relativa del VEB OAS para los tramos curvo y en línea recta se muestran en la figura 4-21.

Interacción del VPA con el VEB

4.5.33 La D_{VEB} disminuye ligeramente cuando aumenta el VPA. Por tanto, si el ángulo aumenta para eliminar una penetración, es necesario volver a calcular el VEB y volver a evaluar la OAS. Para determinar la altura de la OAS y el VEB MOC (en el obstáculo), utilice las siguientes fórmulas:

$$OAS_{Hgt(Obs)} = (r_e + LTP_{elev}) \cdot e^p - r_e - LTP_{elev}$$

$$VEB_{MOC} = e^q \cdot (r_e + LTP_{elev} + RDH) - r_e - OAS_{Hgt(Obs)}$$

donde

r_e = (radio medio de la Tierra) 6367435,67964 (m) o 20.890.537 (ft), según corresponda

LTP_{elev} = elevación del LTP (m ó ft, según corresponda)

OBS_x = distancia desde el LTP al obstáculo (m ó ft, según corresponda)

D_{origen} = distancia desde el LTP al origen de la OAS (m ó ft, según corresponda)

$OAS_{pendiente}$ = pendiente de la OAS, como se deriva de los Apéndices 1 ó 2 (m ó ft, según corresponda)

$$p = \frac{OBS_x - D_{origen}}{r_e \cdot \left(\frac{1}{OAS_{grad}} \right)}$$

$$q = \frac{OBS_x \cdot \tan(VPA)}{r_e}$$

4.6 TRAMO DE APROXIMACIÓN FRUSTRADA (MAS)

4.6.1 El MAS comienza en el punto de la OCA/H del VPA y termina en el punto en que se inicia una nueva aproximación, espera o se reanuda el vuelo en ruta.

Principios generales

4.6.2 La consideración de las opciones para el diseño de la aproximación frustrada sigue el orden siguiente:

- a) Aproximación frustrada estándar utilizando RNP 1,0;
- b) Aproximación frustrada RNAV utilizando RNP APCH. La inversión de la RNP APCH se utiliza sólo si se consigue una ventaja operacional significativa; y
- c) Uso de niveles inferiores al RNP 1,0. (Consulte la figura 4-22).

4.6.3 La OAS de la aproximación frustrada (Z) es del 2,5 por ciento con la provisión de pendientes adicionales de hasta el 5 por ciento para que las utilicen aeronaves cuya performance ascensional permita la ventaja operacional de la OCA/H inferior asociada a estas pendientes, con la aprobación de la autoridad competente. En caso de la aplicación de una pendiente de ascenso mayor, también debe haber disponible una OCH para el 2,5 por ciento o un procedimiento alternativo con una pendiente del 2,5 por ciento.

4.6.4 En el caso de no ser posible una pendiente del 2,5 por ciento debido a otras restricciones, la OAS de la aproximación frustrada es la pendiente mínima practicable.

Nota: es posible que se necesite una pendiente mínima superior al 2,5 por ciento si un tramo RF de la aproximación final restringe el incremento necesario de la OCA/H.

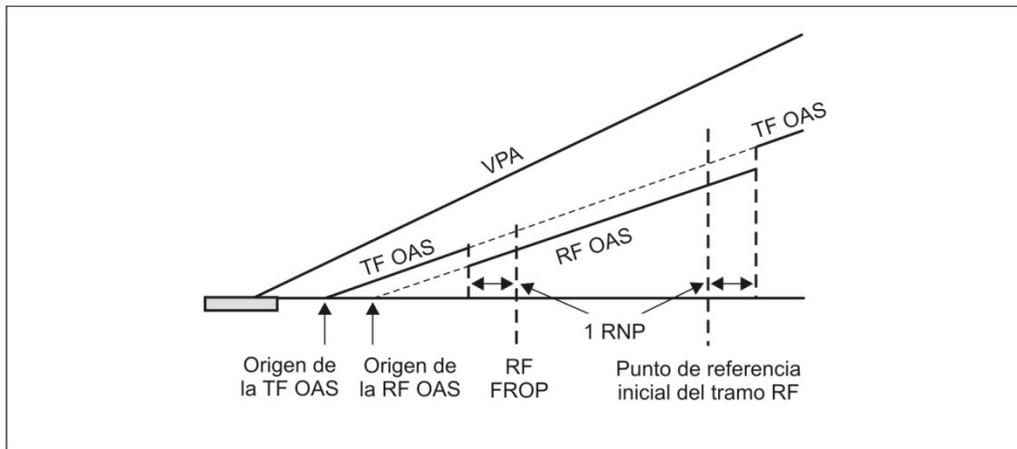


Figura 4-21. Ajuste de la OAS para tramos TF y RF

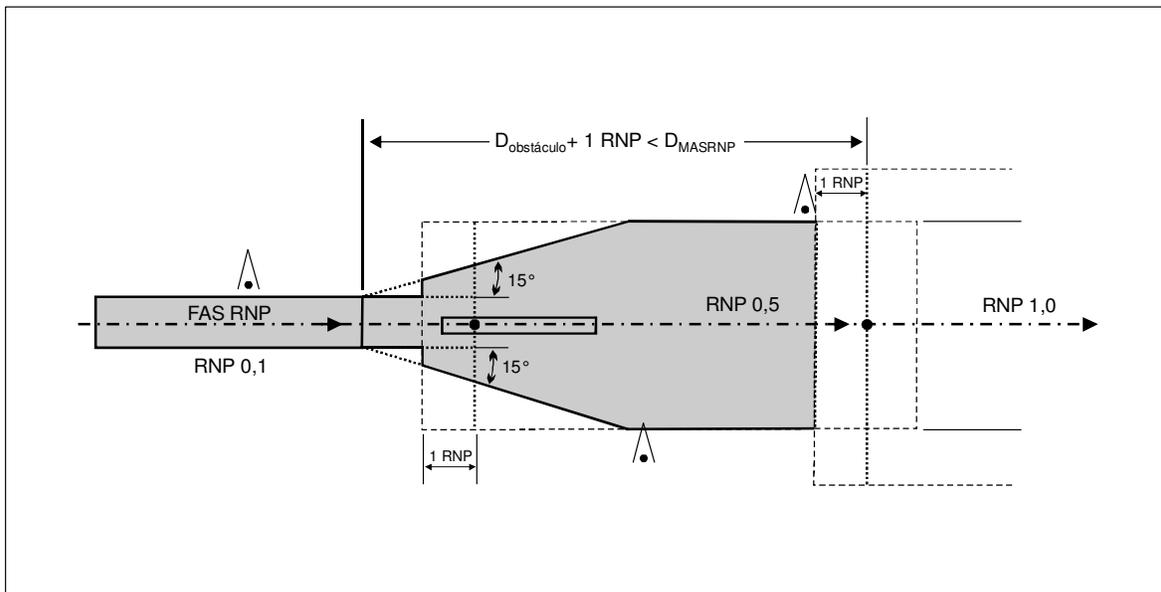


Figura 4-22. Extensión máxima del RNP < 1,0 en la aproximación frustrada

4.6.5 Para aproximaciones frustradas que utilicen niveles inferiores al RNP 1,0 (consulte la figura 4-22), se aplican las siguientes restricciones:

- Se requiere que las aeronaves sigan la derrota designada para la aproximación frustrada cualquiera que sea el punto en el que se inicia el motor y al aire;
- Está limitada la extensión de los niveles de aproximación final inferiores a RNP 1,0 en el MAS (consulte la sección 4.6.17);
- Para niveles de RNP inferiores a RNP 1, no están permitidos los virajes por debajo de una AGL de 150 m (492 ft);
- Los niveles de aproximación frustrada inferiores a RNP 1,0 deben limitar la cantidad de aeronaves que pueden volar siguiendo el procedimiento y deberían implantarse sólo en caso necesario. Si se aplica, se necesita una nota en la carta; y
- Se especifica una DA/H y se añade una nota a la carta de aproximación alertando sobre la transición anticipada a una RNP de aproximación frustrada como orientación.

Valores de precisión lateral para la aproximación frustrada

4.6.6 El MAS se ensancha desde el ancho del FAS en la OCA/H o DA/H, según corresponda, en 15 grados con respecto a la línea central del rumbo, hasta un ancho de ± 2 NM (RNP 1,0). (Consulte la figura 4-23).

4.6.7 No se permiten virajes hasta completar el ensanchamiento. Si es necesario un viraje antes de la $D_{\text{ensanchamiento}}$, tenga en cuenta otra técnica de construcción, por ejemplo, reducir la precisión lateral del MAS con valores (RNP) inferiores a 1,0.

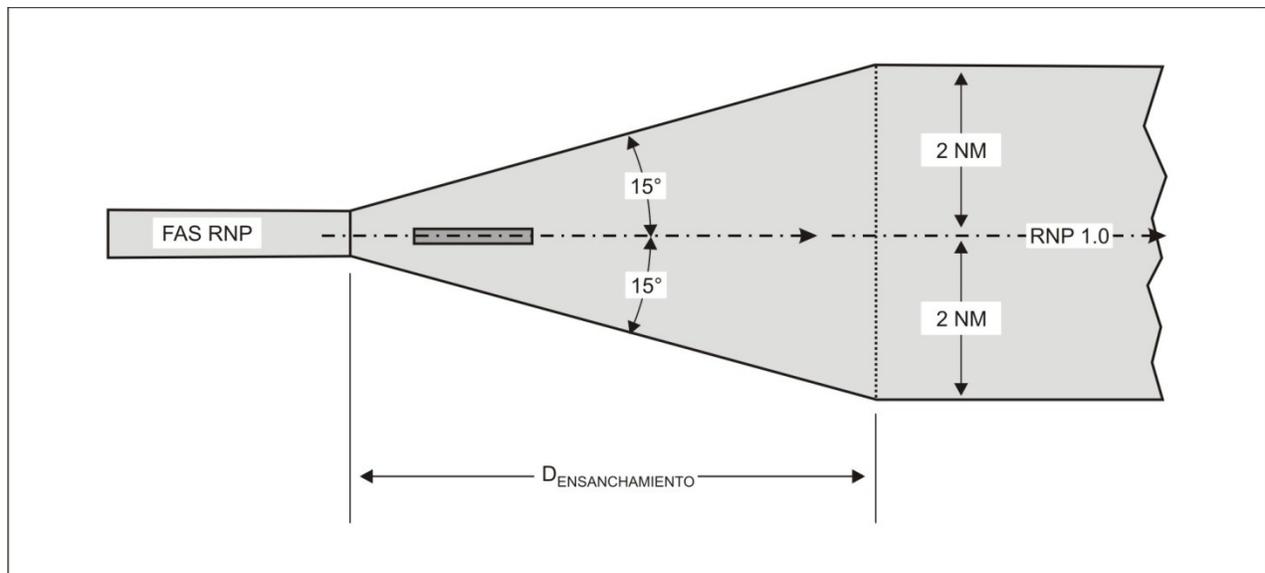


Figura 4-23. Ensanchamiento de la aproximación frustrada

OAS de la aproximación frustrada (superficie Z).

4.6.8 Consulte las figuras 4-24, 4-25 y 4-26 como ejemplo del proceso siguiente.

Cálculo del comienzo del ascenso (SOC)*Distancia del SOC*

4.6.9 La distancia del comienzo del ascenso (SOC) con respecto al LTP es:

$$XSOC_{Cat} = [(OCH_{Cat} - RDH)/\tan VPA] - TrD$$

donde

$XSOC_{Cat}$ = distancia del SOC para la categoría de aeronave, positivo antes el umbral, negativo después del umbral.

OCH_{Cat} = OCH para la categoría de aeronave (el valor mínimo es la pérdida de altura de altímetro barométrico para la categoría)

RDH = altura de referencia de la trayectoria vertical

Tan VPA = pendiente del VPA

y

TrD = distancia de transición

$$TrD = \frac{t \times \text{VelocidadMáximaTierra}}{3600} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2}$$

donde

t = 15 segundos

VelocidadMaximaTierra = TAS máxima de aproximación final para la categoría de aeronave, calculada con la elevación del aeródromo e ISA + 15, más un viento de cola de 19 km/h (10 kt)

anpe = 1,225 × RNP (99,7 por ciento del error a lo largo de la derrota)

wpr = 18,3 m (60 ft) (99,7 por ciento del error de resolución del punto de recorrido)

fte = 22,9/tan VPA m, (75/tan VPA ft) (99,7 por ciento del error técnico de vuelo)

Nota.— Los parámetros enumerados anteriormente deben convertirse a las unidades apropiadas que se utilicen para la VelocidadMáximaTierra, a fin de calcular la distancia TrD en NM o km, según convenga.

Altura del SOC

4.6.10 La altura del SOC sobre el LTP se calcula como sigue:

$$OCH_{Cat} - HL_{Cat}$$

Nota: el error de la performance de navegación actual (anpe), el error de precisión del punto de recorrido (wpr) y el FTE son el 99,7 por ciento de los factores de probabilidad del VEB proyectado sobre el plano horizontal y multiplicado por 4/3 para dar un margen de $10E^{-5}$.

HL_{Cat} = Pérdida de altura de altímetro barométrico por categoría de aeronave

Pendiente

4.6.11 El procedimiento especifica la pendiente de la superficie de ascenso de una aproximación frustrada nominal (tan Z) del 2,5 por ciento. También deben especificarse pendientes adicionales de hasta el 5 por ciento, como se describe en la sección 4.6.2. Estas pueden utilizarlas las aeronaves cuya performance ascensional permita obtener la ventaja operacional de una OCA/H menor asociada a estas pendientes, con la aprobación de la autoridad competente.

Tipos de tramo permitidos

4.6.12 La ruta de la aproximación frustrada es una serie de tramos. Se permiten los siguientes tipos de tramos: TF y RF.

4.6.13 Adicionalmente, si el valor de RNP del tramo RF es $<1,0$, la longitud del tramo RF debe cumplir los requisitos de la sección 4.6.17 con respecto a “RNP de aproximación frustrada $< 1,0$ y la publicación de la DA/H máxima”.

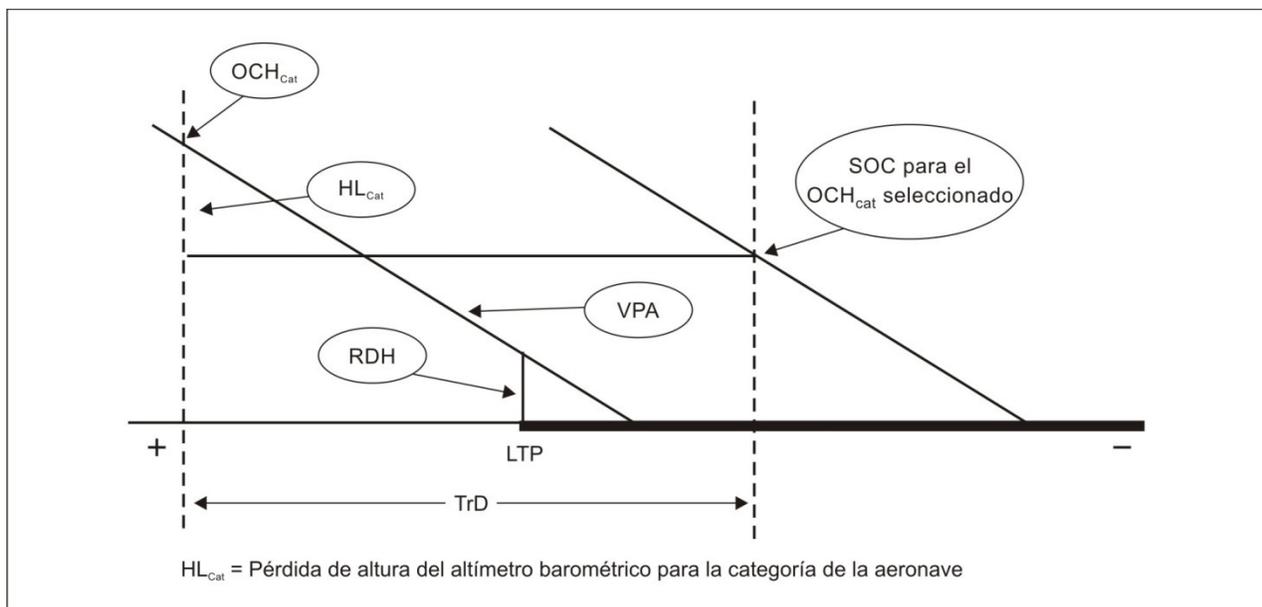


Figura 4-24. Determinación del SOC

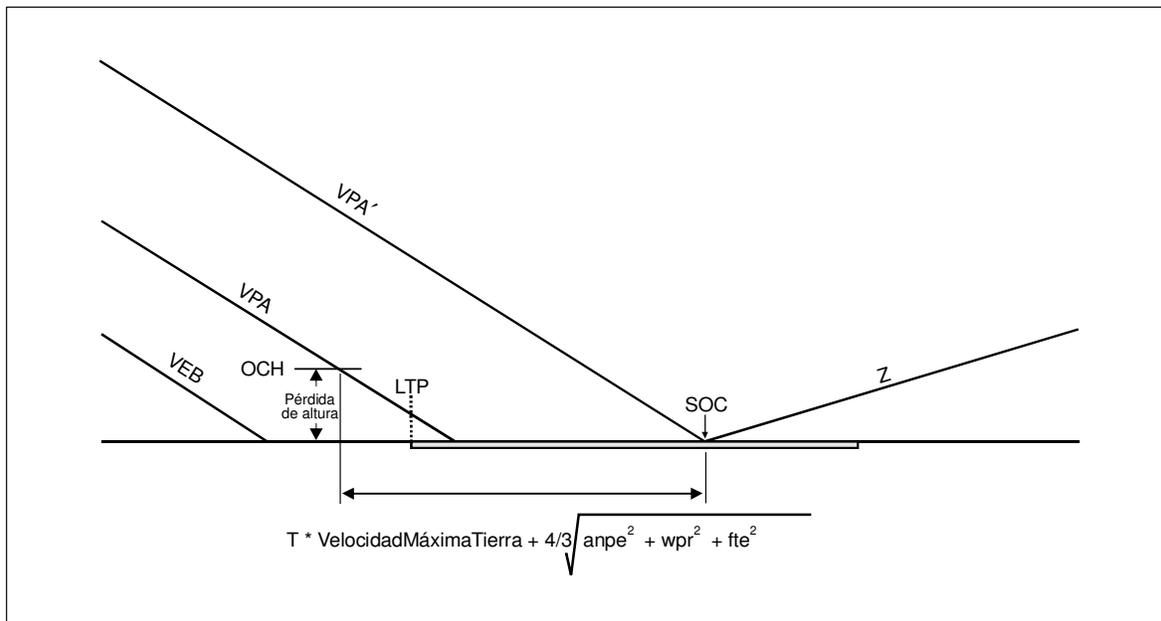


Figura 4-25. Superficie de aproximación frustrada (Z)

Aproximación frustrada con viraje

4.6.14 El número y la magnitud de los virajes añaden complejidad al procedimiento, por lo tanto; deberían estar limitados. Si los virajes son necesarios en la aproximación frustrada, la derrota del FAS debe continuar para mantenerse hasta el extremo de salida de la pista (DER) (o el equivalente en un procedimiento desplazado). El primer viraje no debe ser anterior al DER, a menos que el RNP de la aproximación frustrada sea inferior a RNP 1,0.

4.6.15 Si el nivel de aproximación frustrada es inferior a RNP 1,0, los virajes del RF de aproximación frustrada deben limitarse a una inclinación de 15 grados; es posible que se impongan límites de velocidad máxima para conseguir un radio específico y, si es posible, el viraje RF no debería comenzar antes del DER.

4.6.16 En algunas circunstancias, ni un RNP reducido ni un viraje RF pueden superar un obstáculo de aproximación frustrada en línea recta. En estas circunstancias, puede terminarse el procedimiento RNP y construirse una aproximación frustrada con sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) RNP APCH. En este caso, el ensanchamiento del área para la superficie Z empieza en 1 RNP (aproximación final) anterior a la localización longitudinal de la OCA/H en el VPA, o 75 m (250 ft) en el VPA, el valor superior de ambos, y se ensancha 15 grados a cada lado.

Nota: un tramo de rumbo a altitud (tipo de tramo ARINC) (VA) basado en una aproximación frustrada GNSS (RNP APCH) puede proporcionar un margen de franqueamiento mejor desde un obstáculo de aproximación frustrada en línea recta que los virajes RF o en vuelo.

RNP < 1,0 de aproximación frustrada y promulgación de DA/H (consulte la figura 4-25)

4.6.17 Cuando los obstáculos de aproximación frustrada definen la OCA/H, el valor de RNP de aproximación frustrada puede estar limitado hasta superar la obstrucción. Debería utilizarse el mayor valor de RNP (del FAS RNP o MAS RNP <1,0) que permita sobrepasar el obstáculo. Sin embargo, está publicada la DA/H en lugar de la OCA/H y está limitada a 75 m (246 ft), (90 m (295 ft)) o superior. La carta debe tener la anotación de que “La transición a la RNP de aproximación frustrada para guía lateral no debe iniciarse antes de la posición paralela a la derrota de la DA/H”.

Longitud máxima del RNP < 1,0 en la aproximación frustrada

4.6.18 La distancia máxima (D_{MASRNP}) a la que puede extenderse un valor de precisión lateral <1,0 NM en la aproximación frustrada medida desde el punto donde la DA/H realiza una intersección con el VPA es:

$D_{MASRNP} = (\text{aproximación frustrada de RNP} - \text{aproximación final de RNP}) * \text{ensanchamiento de la unidad de referencia de inercia (IRU) de la cotangente}$

donde

para la medición en NM, el ensanchamiento de IRU de la cotangente = $TAS/8$ kt

para la medición en km, el ensanchamiento de IRU de la cotangente = $TAS/14,816$ km/h

TAS = velocidad inicial de aproximación frustrada para la categoría de aeronave y para la elevación del aeródromo con ISA + 15

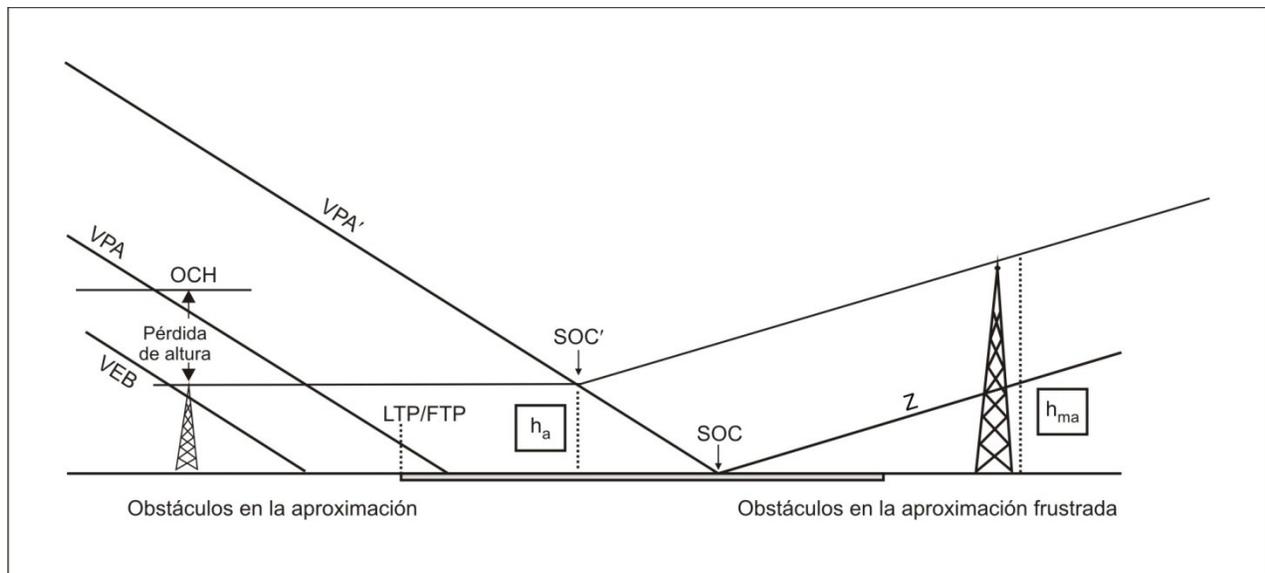


Figura 4-26. Obstáculo de aproximación frustrada después de la SOC

Nota: la especificación de una DA/H y una distancia garantizan que un régimen de deriva de IRU de ocho grados por hora no exceda el límite RNP de la aproximación final extendida.

Restricción en el viraje con RNP <1,0 en la aproximación frustrada

4.6.19 Si los virajes son necesarios, el inicio del viraje debe producirse después de pasar de una AGL de 150 m (492 ft) y al menos $D_{VirajeMAS}$ después de la DA/H. Si es posible, no se debería producir el viraje después del DER.

4.7 DETERMINACIÓN DE LA OCA/H

4.7.1 El cálculo de la OCA/H implica un conjunto de OAS. Si se introduce en la OAS, la compensación por pérdida de altura relacionada con la categoría de la aeronave se añade a la altura del obstáculo más alto en la aproximación o la altura equivalente de la mayor penetración de la OAS de aproximación frustrada, el valor de ambos que resulte superior. Este valor se convierte en la OCA/H (consulte las figuras 4-26 y 4-27).

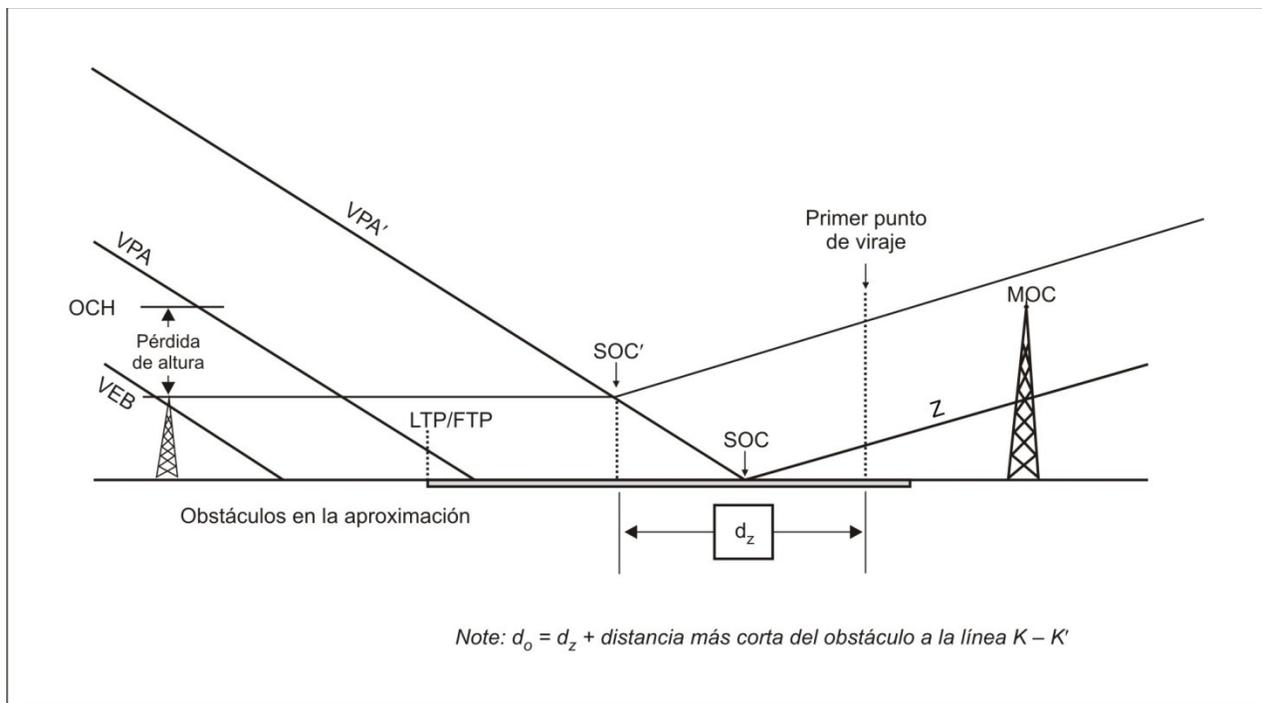


Figura 4-27. Aproximación frustrada con viraje

Obstáculos que han de considerarse

4.7.2 Los obstáculos que han de considerarse son los que se introducen en la OAS. Se dividen en obstáculos de aproximación y de aproximación frustrada de la siguiente manera (consulte la figura 4-26).

- Los obstáculos de aproximación son aquellos que se encuentran entre el FAP y la SOC.
- Obstáculos de aproximación frustrada son aquellos que se encuentran después de la SOC.

4.7.3 Sin embargo, en algunos casos, la categorización de los obstáculos puede producir una penalización excesiva para ciertos obstáculos de aproximación frustrada. Si lo desea la autoridad competente, los obstáculos de aproximación frustrada pueden definirse como aquellos que estén por encima de una superficie plana paralela al plano del VPA con origen en la SOC, por ejemplo, altura del obstáculo superior a $(XSOC + x)\tan VPA$, donde XSOC es la distancia desde el LTP a la SOC.

Cálculo de la OCH

4.7.4 Primero, determine la altura del obstáculo de aproximación más alto que penetre en la OAS de aproximación final o el plano horizontal desde D_{veb} al origen de la superficie Z.

4.7.5 Seguidamente, reduzca las alturas de todos los obstáculos de aproximación frustrada a la altura de los obstáculos de aproximación equivalentes con la siguiente fórmula:

$$h_a = [(h_{ma} + MOC) * \cot Z - (X_z - x)] / (\cot VPA + \cot Z)$$

donde

h_a = altura del obstáculo de aproximación equivalente

h_{ma} = altura del obstáculo de aproximación frustrada

X = distancia del obstáculo al umbral (positiva antes del umbral LTP, negativa después)

$\cot Z$ = cotangente del ángulo de la superficie Z

$\cot VPA$ = cotangente VPA

X_z = X coordenada del punto donde $Z_x = Z_{LTP}$ (origen de la superficie de aproximación frustrada).

4.7.6 El MOC es de 0 m/(0 ft) para una aproximación frustrada en línea recta y virajes de RF; 30 m/(98 ft) para virajes de hasta 15 grados; 50 m/(164 ft) para virajes superiores a 15 grados.

Aproximación frustrada en línea recta

4.7.7 Determine la OCH para el procedimiento añadiendo la compensación por pérdida de altura definida en la Tabla 4-5, a la altura del obstáculo de aproximación más alto (real o equivalente).

$$OCH = h_a + \text{margen HL}$$

Cálculo de la OCH (virajes en la aproximación frustrada, excepto RF)

4.7.8 La elevación/altitud del obstáculo será inferior a:

$$(OCA/H - HL) + (d_z + d_o)\tan Z - MOC$$

donde

d_o = distancia más corta entre el obstáculo y el primer punto de viraje (TP) (consulte las figuras 4-26 y 4-27)

d_z = distancia horizontal desde la SOC hasta el TP más próximo,

y el MOC es:

50 m (164 ft) (Cat H, 40 m (132 ft)) para virajes de más de 15 grados y 30 m (98 ft) para virajes de 15 grados o inferiores.

4.7.9 Si la elevación/altura se introduce en la superficie Z, debe incrementarse la OCA/H o desplazarse el TP para obtener el franqueamiento necesario.

Aplicación de tramos RF en una aproximación frustrada con viraje

4.7.10 Si se utiliza un tramo RF en una aproximación frustrada, la distancia a lo largo de la derrota durante el viraje RF para la inclusión en la distancia de la trayectoria para calcular la pendiente de la OAS es la longitud del arco basada en un radio de viraje de: $r - 1RNP$. (Consulte las figuras 4-9 b) y 4-28).

4.7.11 La altura de la superficie en cualquier punto de la trayectoria es radialmente constante a lo largo de toda la superficie. La pendiente está sólo en la dirección del vector de vuelo nominal tangente a la trayectoria nominal en cualquier punto y tiene una pendiente lateral de cero a lo largo de cualquier radio.

4.7.12 La elevación/altitud del obstáculo será inferior a:

$$(OCA/H - HL) + (d_z + d_o) \tan Z - MOC$$

donde

d_o = es la distancia medida a lo largo del arco, calculada para tramos RF usando un radio de $(r - 1RNP)$,

d_z = distancia horizontal desde la SOC hasta el punto de referencia de viraje.

El MOC aplicado en la fórmula que calcula h_a es de 0 para los tramos de aproximación frustrada RF.

4.7.13 Si la elevación/altura se introduce en la superficie Z, debe incrementarse la OCA/H o desplazarse el TP para obtener el franqueamiento necesario.

Márgenes de pérdida de altura

Ajustes para elevaciones de aeródromo altas.

4.7.14 Es necesario ajustar los márgenes de pérdida de altura de la Tabla 4-5 para elevaciones de aeropuerto superiores a 900 m (2953 ft). Las compensaciones tabuladas se incrementarán un dos por ciento del margen RA por 300 m (984 ft) de elevación de aeropuerto.

Ajustes para VPA pronunciados

4.7.15 Los procedimientos que incluyen VPA superiores a 3,5 grados o cualquier ángulo cuando el régimen de descenso nominal (V_{at} para la aeronave tipo x' , el seno del VPA) excede los 5 m/seg (1.000 ft/min), no son estándar y requieren lo siguiente:

- incremento del margen de pérdida de altura (puede ser específico del tipo de aeronave);
- ajuste del origen de la superficie de aproximación frustrada;
- ajuste de la pendiente de la superficie W;
- reinspección de los obstáculos; y
- la aplicación de restricciones operacionales relacionadas.

4.7.16 Tales procedimientos están normalmente restringidos a explotadores y aeronaves aprobados específicamente y están asociados con sus correspondientes restricciones de aeronave y tripulación. No deben utilizarse como un medio para introducir procedimientos de atenuación de ruido.

Tabla 4-5. Márgenes de pérdida de altura

<i>Los siguientes márgenes de pérdida de altura se aplicarán a todos los obstáculos de aproximación y de aproximación equivalentes</i>				
<i>Categoría de aeronave (V_{at})</i>	<i>Margen utilizando RA</i>		<i>Margen utilizando altímetro barométrico</i>	
	<i>Metros</i>	<i>Pies</i>	<i>Metros</i>	<i>Pies</i>
A: 169 km/h (90 kt)	13	42	40	130
B: 223 km/h (120 kt)	18	59	43	142
C: 260 km/h (140 kt)	22	71	46	150
D: 306 km/h (165 kt)	26	85	49	161

Nota: los márgenes RA sólo se utilizan en los ajustes de pérdida de altura.

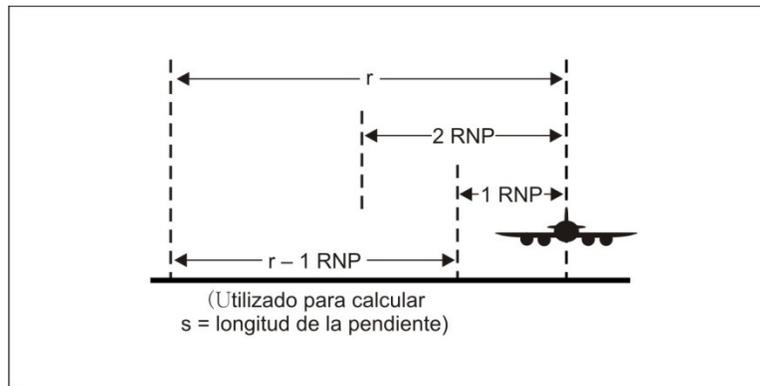


Figura 4-28. Radio para calcular la longitud de la trayectoria para la pendiente

Excepciones y ajustes

4.7.17 Los valores de la tabla de pérdida de altura se calculan para una aeronave que utiliza procedimientos de motor y al aire desde OCA/H en la trayectoria de aproximación nominal. Los valores de la tabla pueden ajustarse para tipos de aeronave específicos de los que está disponible el vuelo correcto y la evidencia teórica, por ejemplo, el valor de pérdida de altura correspondiente a una probabilidad de 1×10^{-5} (basado en un régimen de aproximación frustrada de 10^{-2}).

Márgenes para un V_{at} específico

4.7.18 Si se requiere un margen de altímetro / pérdida de altura para un V_{at} específico, se aplican las fórmulas siguientes (consulte también PANS-OPS, volumen II, parte I, sección 4, capítulo 1, tablas I-4-1-1 y I-4-1-2):

$$\text{Margen} = (0,068V_{at} + 28,3) \text{ metros donde } V_{at} \text{ está en km/h}$$

$$\text{Margen} = (0,125V_{at} + 28,3) \text{ metros donde } V_{at} \text{ está en kt}$$

donde V_{at} es la velocidad en el umbral basada en 1,3 veces la velocidad de pérdida en la configuración de aterrizaje con la masa de aterrizaje máxima certificada.

Nota: las ecuaciones asumen que las características dinámicas y aerodinámicas de la aeronave están directamente relacionadas con la categoría de velocidad. Por lo tanto, es posible que los márgenes de altímetro/pérdida de altura calculados no representen de forma realista a las aeronaves pequeñas con V_{at} con una masa máxima de aterrizaje que sobrepase los 165 kt.

Virajes de aproximación frustrada: restricciones

4.7.19 Cuando se necesiten virajes de aproximación frustrada, el primer punto del área de inicio del viraje debe encontrarse a una distancia equivalente a una AGL de 150 m (492 ft) relativa a una pendiente del 2,5 por ciento o una pendiente de ascenso especificada, si es mayor, con su origen en SOC.

Capítulo 5

PUBLICACIÓN Y CARTOGRAFÍA

5.1 INTRODUCCIÓN

Los criterios generales de PANS-OPS, volumen II, parte I, sección 3, capítulo 5, Información publicada para los procedimientos de salida; parte I, sección 4, capítulo 9, Cartas/AIP; y parte III, sección 5, Publicación, se aplican como modificados en este capítulo. Consulte PANS-OPS, volumen II, parte III, sección 5, capítulo 2, para conocer los requisitos de publicación específicos de las bases de datos aeronáuticas. La especificación de navegación necesaria para todos los procedimientos publicados debe estar incluida en el AIP del Estado, en la carta o en la sección GEN.

5.2 TÍTULOS DE CARTA AERONÁUTICA

Las cartas deben estar tituladas conforme al Anexo 4: *Cartas aeronáuticas*, 2.2.

5.3 IDENTIFICACIÓN DE LA CARTA

5.3.1 La carta debe estar identificada conforme al Anexo 4, 11.6, y debe incluir la palabra RNAV.

5.3.2 Las cartas de aproximación RNP que describen los procedimientos que cumplen con los criterios de especificación de navegación RNP AR APCH deben incluir el término RNAV _(RNP) en la identificación.

Nota: el texto entre paréntesis (en 5.3.2) no forma parte de la autorización del control de tránsito aéreo.

5.4 NOTAS DE LA CARTA

5.4.1 Los requisitos de la RNAV relacionados con los equipos, operaciones o funciones de navegación, deben incluirse en la carta en forma de notas.

a) ejemplos de notas de requisitos de equipos adicionales:

“GNSS dual requerido” o “IRU requerida”;

b) ejemplo de nota de requisitos funcionales de navegación específicos:

“RF requerida”.

5.4.2 Para los procedimientos RNP AR APCH, es posible que se necesiten las siguientes notas específicas:

- a) debe publicarse una nota en la carta que incluya los requisitos de autorización específicos; y
- b) para los procedimientos RNP AR APCH con RNP de aproximación frustrada inferior a 1,0, es necesario incluir la siguiente nota: "La transición a la RNP de aproximación frustrada para guía lateral no debe iniciarse antes de la posición paralela a la derrota de la DA/H".

5.5 DESCRIPCIÓN

Tramos RF

5.5.1 Debe incluirse en la carta cualquier requisito RF. La nota del requisito RF puede estar incluida en la carta con el tramo aplicable o como una nota específica con una referencia al tramo aplicable. Si RF es un requisito habitual en una carta de determinada, debe utilizarse una nota general como se indica en el apartado 5.4.

5.5.2 Deben incluirse en la carta con una nota los distintos niveles de RNP necesarios en los distintos tramos del tramo inicial. La nota necesaria puede estar incluida en la carta con el tramo aplicable o como una nota de procedimiento con una referencia al tramo aplicable. Si se aplican los mismos valores de RNP a los tramos inicial e intermedio, debe utilizarse una nota general como se indica en el apartado 5.4.

5.6 MÍNIMOS

5.6.1 La OCA/H se publica en las cartas de aproximación para todos los procedimientos RNP AR APCH con una excepción: es necesario publicar una DA/H para los procedimientos RNP AR APCH que incluyan un MAS con valores de RNP inferiores a RNP 1,0. Se suministra un ejemplo de descripción de mínimos en PANS-OPS, volumen II, parte 1, sección 4, capítulo 9.

5.6.2 Debe publicarse una OCA/H o DA/H para RNP 0,3 para cada procedimiento de aproximación RNP AR. Se pueden publicar OCA/H o DA/H adicionales para los valores que se encuentren entre RNP 0,1 y 0,3 según corresponda.

Apéndice 1

MARGEN MÍNIMO DE FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS (MOC) DEL BALANCE DE ERROR VERTICAL (VEB): EXPLICACIÓN DE LA ECUACIÓN (UNIDADES SI)

El margen mínimo de franqueamiento de obstáculos (MOC) para el VEB se deriva mediante la combinación de tres variaciones de la desviación estándar conocida con el método de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados y multiplicando por cuatro tercios para determinar un valor de desviación estándar de cuatro (4σ). A continuación, se añaden los errores sistemáticos para calcular el MOC total.

MOC: 75 m cuando no se introduce en las superficies de aproximación (consulte el Anexo 14, volumen I, capítulo 4)

90 m cuando se introduce en las superficies de aproximación (consulte el Anexo 14, volumen I, capítulo 4)

Las fuentes de variación incluidas en el MOC para el VEB son:

- Error de performance de navegación real (anpe)
- Error de precisión en punto de recorrido (wpr)
- Error técnico de vuelo (fte) **fijado en 23 m**
- Error del sistema altimétrico (ase)
- Error de ángulo vertical (vae)
- Sistema automático de información terminal (atis) **fijado en 6 m**

Los errores sistemáticos del MOC son:

- Error de geometría del fuselaje (bg)
- Semienvagadura **fijada en 40 m**
- Desviación de la temperatura de la atmósfera tipo internacional (isad)

La ecuación del MOC que combina éstos es:

$$\text{MOC} = \text{bg} - \text{isad} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}^2 + \text{vae}^2 + \text{atis}^2}$$

Las tres fórmulas de desviación estándar para cálculos RSS son:

$$\text{anpe: anpe} = 1,225 \cdot \text{rnp} \cdot 1852 \cdot \tan(\text{VPA})$$

$$\text{wpr: wpr} = 18 \cdot \tan(\text{VPA})$$

$$\text{fte: fte} = 23$$

$$\text{ase: ase} = -2.887 \cdot 10^{-7} \cdot (\text{elev})^2 + 6.5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{elev}) + 15$$

$$\text{vae: vae} = \left(\frac{\text{elev} - \text{LTP}_{\text{elev}}}{\tan(\text{VPA})} \right) \left[\tan(\text{VPA}) - \tan(\text{VPA} - 0.01^\circ) \right]$$

$$\text{atis: atis} = 6$$

Cálculos de error sistemático:

$$\text{isad: isad} = \frac{(\text{elev} - \text{LTP}_{\text{elev}}) \cdot \Delta\text{ISA}}{288 + \Delta\text{ISA} - 0.5 \cdot 0.0065 \cdot \text{elev}}$$

bg sistemático: valores fijos de tramos en línea recta: bg = 7,6

$$\text{Tramos RF bg} = \text{semievenvergadura} \cdot \text{sen } \alpha$$

CÁLCULOS DE EJEMPLO

Variables de diseño

La temperatura mínima de las instalaciones aplicable es de 20 °C por debajo de la estándar: ($\Delta\text{ISA} = -20$)

La performance de navegación requerida (RNP) es de 0,14 NM: (rnp = 0,14)

VALORES FIJOS DE AUTORIZACIÓN OBLIGATORIA (AR)

Se asume que el fte vertical de los tres desvíos estándar es de 23 m (fte = 23)

Se asume que el error vertical del ajuste del altímetro de tres desviaciones estándar del servicio automático de información terminal (atis) es de 6 m: (atis = 6).

El ángulo máximo de inclinación asumido es de 18 grados ($\alpha = 18^\circ$)

Variables de trayectoria vertical

Ángulo de trayectoria vertical (VPA): VPA = 3°

El punto de aproximación final (FAP) es 1400 m: (fap = 1400)

Elevación del punto del umbral de aterrizaje (LTP_{elev}): ($\text{LTP}_{\text{elev}} = 360$)

Altura del punto de referencia (RDH): (RDH = 17)

Temperatura de aeródromo mínima (T_{min}) de 20 °C por debajo de la ISA: ($\Delta\text{ISA} = -20$):

$$T_{\text{min}} = \Delta\text{ISA} + (15 - 0,0065 \cdot \text{LTP}_{\text{elev}})$$

$$T_{\text{min}} = -20 + (15 - 0,0065 \cdot 360)$$

$$T_{\text{min}} = -7,34^\circ\text{C}$$

Cálculos

$$\text{MOC} = \text{bg} - \text{isad} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}^2 + \text{vae}^2 + \text{atis}^2}$$

$$\begin{aligned} \text{anpe:} \quad \text{anpe} &= 1,225 \cdot \text{rnp} \cdot 1852 \cdot \tan(\text{VPA}) \\ &= 1,225 \cdot 0,14 \cdot 1852 \cdot \tan 3^\circ \\ &= 16,6457 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{wpr:} \quad \text{wpr} &= 18 \cdot \tan(\text{VPA}) \\ &= 18 \cdot \tan 3^\circ \\ &= 0,9433 \end{aligned}$$

fte: fte = 23

ase: ase = $-2.887 \cdot 10^{-7} \cdot (\text{elev})^2 + 6.5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{elev}) + 15$

$$\begin{aligned} \text{ase}_{75} &= -2.887 \cdot 10^{-7} \cdot (\text{LTP}_{\text{elev}} + 75)^2 + 6.5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{LTP}_{\text{elev}} + 75) + 15 \\ &= -2.887 \cdot 10^{-7} \cdot (360 + 75)^2 + 6.5 \cdot 10^{-3} \cdot (360 + 75) + 15 \\ &= 17.7729 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ase}_{\text{FAP}} &= -2.887 \cdot 10^{-7} \cdot (\text{FAP})^2 + 6.5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{FAP}) + 15 \\ &= -2.887 \cdot 10^{-7} \cdot (1400)^2 + 6.5 \cdot 10^{-3} \cdot (1400) + 15 \\ &= 23.5341 \end{aligned}$$

vae: vae = $\left(\frac{\text{elev} - \text{LTP}_{\text{elev}}}{\tan(\text{VPA})} \right) [\tan(\text{VPA}) - \tan(\text{VPA} - 0.01^\circ)]$

$$\begin{aligned} \text{vae}_{75} &= \left(\frac{75}{\tan(\text{VPA})} \right) [\tan(\text{VPA}) - \tan(\text{VPA} - 0.01^\circ)] \\ &= \left(\frac{75}{\tan 3^\circ} \right) [\tan 3^\circ - \tan(3^\circ - 0.01^\circ)] \\ &= .2505 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{vae}_{\text{FAP}} &= \left(\frac{\text{FAP} - \text{LTP}_{\text{elev}}}{\tan(\text{VPA})} \right) [\tan(\text{VPA}) - \tan(\text{VPA} - 0.01^\circ)] \\ &= \left(\frac{1400 - 360}{\tan 3^\circ} \right) [\tan 3^\circ - \tan(3^\circ - 0.01^\circ)] \\ &= 3.4730 \end{aligned}$$

atis: atis = 6

isad: isad = $\frac{(\text{elev} - \text{LTP}_{\text{elev}}) \cdot \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0.5 \cdot 0.0065 \cdot \text{elev}}$

$$\begin{aligned} \text{isad}_{75} &= \frac{75 \cdot (\Delta \text{ISA})}{288 + \Delta \text{ISA} - 0.5 \cdot 0.0065 \cdot (\text{LTP}_{\text{elev}} + 75)} \\ &= \frac{75 \cdot (-20)}{288 - 20 - 0.5 \cdot 0.0065 \cdot (360 + 75)} \\ &= -5.6267 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{isad}_{\text{FAP}} &= \frac{(\text{elev} - \text{LTP}_{\text{elev}}) \cdot (\Delta \text{ISA})}{288 + \Delta \text{ISA} - 0.5 \cdot 0.0065 \cdot (\text{FAP})} \\ &= \frac{(1400 - 360) \cdot (-20)}{288 - 20 - 0.5 \cdot 0.0065 \cdot (1400)} \\ &= -78.9524 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{bg:} \quad \text{bg} &= \text{semispan} \cdot \sin \alpha \\ &= 40 \cdot \sin 18^\circ \\ &= 12.3607 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MOC}_{75} &= \text{bg} - \text{isad}_{75} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}_{76}^2 + \text{vae}_{76}^2 + \text{atis}^2} \\ &= 12.6307 + 5.6267 + \frac{4}{3} \sqrt{16.6457^2 + 0.9433^2 + 23^2 + 17.7729^2 + 0.2505^2 + 6^2} \\ &= 63.3777 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MOC}_{\text{fap}} &= \text{bg} - \text{isad}_{\text{fap}} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}_{\text{fap}}^2 + \text{vae}_{\text{fap}}^2 + \text{atis}^2} \\ &= 12.6307 + 78.9524 + \frac{4}{3} \sqrt{16.6457^2 + 0.9433^2 + 23^2 + 23.5341^2 + 3.4730^2 + 6^2} \\ &= 141.3599 \end{aligned}$$

CÁLCULO DEL OBSTÁCULO PENDIENTE DE LA SUPERFICIE DE EVALUACIÓN (OAS)

La pendiente de la OAS se calcula obteniendo la diferencia entre las alturas de las superficies OAS en el MOC_{fap} y el MOC_{75} :

$$\text{OASgradient} = \frac{(\text{fap} - \text{ltp}_{\text{elev}} - \text{MOC}_{\text{FAP}}) - (75 - \text{MOC}_{75})}{\frac{\text{FAP} - \text{LTP}_{\text{elev}} - 75}{\tan(\text{VPA})}}$$

CÁLCULO DEL OAS LTP A LA DISTANCIA DE ORIGEN.

El origen de la OAS se calcula obteniendo la distancia desde el LTP del punto 75 m del VPA y restando la distancia desde el punto MOC_{75} .

$$\text{OASorigin} = \left(\frac{75 - \text{RDH}}{\tan(\text{VPA})} \right) - \left(\frac{75 - \text{MOC}_{75}}{\text{OASgradient}} \right)$$

Utilizando los números de ejemplo anteriores:

$$\begin{aligned} \text{OASgradient} &= \frac{(1400 - 360 - 14.3599) - (75 - 63.3777)}{\frac{1400 - 360 - 75}{\tan 3^\circ}} \\ &= 0.0481726 \text{ (4.817\%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OASorigin} &= \left(\frac{75 - 17}{\tan 3^\circ} \right) - \left(\frac{75 - 63.3777}{0.0481726} \right) \\ &= 865.4422 \end{aligned}$$

Apéndice 2

MARGEN MÍNIMO DE FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS (MOC) DEL BALANCE DE ERROR VERTICAL (VEB): EXPLICACIÓN DE LA ECUACIÓN (UNIDADES NO SI)

El margen de franqueamiento de obstáculos (MOC) necesario para el VEB se deriva mediante la combinación de tres variaciones de la desviación estándar conocida por el método RSS y multiplicando por cuatro tercios para determinar un valor de desviación estándar combinado de cuatro (4σ). A continuación, se añaden los errores sistemáticos para calcular el MOC total.

MOC: 250 ft cuando no se introduce en las superficies de aproximación (consulte el Anexo 14, volumen I, capítulo 4)
300 ft cuando se introduce en las superficies de aproximación (consulte el Anexo 14, volumen I, capítulo 4)

Las fuentes de variación incluidas en el MOC para el VEB son:

- Error de performance de navegación real (anpe)
- Error de precisión en punto de recorrido (wpr)
- Error técnico de vuelo (fte) fijado en **75 ft**
- Error del sistema altimétrico (ase)
- Error de ángulo vertical (vae)
- Sistema automático de información terminal (atis) **fijado en 20 ft**

Los errores sistemáticos del MOC son:

- Error de geometría del fuselaje (bg)
- Semienvagadura **fijada en 132**
- Desviación de la temperatura de la atmósfera tipo internacional (isad)

La ecuación del MOC que combina éstos es:

$$\text{MOC} = \text{bg} - \text{isad} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}^2 + \text{vae}^2 + \text{atis}^2}$$

Tres fórmulas de desviación estándar para cálculos RSS:

$$\text{anpe: } \text{anpe} = 1,225 \cdot \text{rnp} \cdot \frac{1852}{0,3048} \cdot \tan \text{VPA}$$

$$\text{wpr: } \text{wpr} = 60 \cdot \tan \text{VPA}$$

$$\text{fte: } \text{fte} = 75$$

$$\text{ase: } \text{ase} = -8,8 \cdot 10^{-8} \cdot (\text{elev})^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{elev}) + 50$$

$$\text{vae: } \text{vae} = \left(\frac{\text{elev} - \text{LTP}^{\text{elev}}}{\tan \theta} \right) [\tan \theta - \tan(\theta - 0.01^\circ)]$$

$$\text{atis: } \text{atis} = 20$$

Cálculos de error sistemático:

$$\text{isad: isad} = \frac{(\text{elev} - \text{LTP}_{\text{elev}}) \cdot \Delta\text{ISA}}{288 + \Delta\text{ISA} - 0.5 \cdot 0.00198 \cdot \text{elev}}$$

bg sistemático: valores fijos de tramos en línea recta: bg = 25

Tramos RF: bg = semievenvergadura · sen α

CÁLCULOS DE EJEMPLO

Variables de diseño

La temperatura mínima de las instalaciones aplicable es de 20 °C por debajo de la estándar: (ΔISA = -20)

La performance de navegación requerida (RNP) es de 0,14 NM: (rnp = 0,14)

VALORES FIJOS DE AUTORIZACIÓN OBLIGATORIA (AR)

Se asume un fte vertical de dos desviaciones estándar como 75 ft: (fte = 75)

Se asume que el error vertical de ajuste del altímetro de dos desviaciones estándar del servicio automático de información terminal (atis) es de 20 ft: (atis = 20)

El ángulo de inclinación máximo asumido es de 18°: (φ = 18°)

Variables de trayectoria vertical

El punto de referencia de aproximación final (FAP) es 4500 ft: (FAP = 4500)

Elevación del punto del umbral de aterrizaje (LTP_{elev} (ft)): (LTP_{elev} = 1200)

Altura del punto de referencia (RDH (ft)): (RDH = 55)

Ángulo de trayectoria vertical (VPA): (VPA = 3°)

Cálculos

$$\text{MOC} = \text{bg} - \text{isad} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}^2 + \text{vae}^2 + \text{atis}^2}$$

$$\begin{aligned} \text{anpe: anpe} &= 1.225 \cdot \text{rnp} \cdot \frac{1852}{0.3048} \cdot \tan \text{VPA} \\ &= 1.225 \cdot 0.14 \cdot \frac{1852}{0.3048} \cdot \tan 3^\circ \\ &= 54.6117 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{wpr: wpr} &= 60 \cdot \tan \text{VPA} \\ &= 60 \cdot \tan 3^\circ \\ &= 3.1445 \end{aligned}$$

fte: $fte = 75$

ase: $ase = -8,8 \cdot 10^{-8} \cdot (\text{elev})^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{elev}) + 50$

$$\begin{aligned} ase_{250} &= -8,8 \cdot 10^{-8} \cdot (\text{LTP}_{\text{elev}} + 250)^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{LTP}_{\text{elev}} + 250) + 50 \\ &= -8,8 \cdot 10^{-8} \cdot (1200 + 250)^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (1200 + 250) + 50 \\ &= 59.2400 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ase_{\text{FAP}} &= -8,8 \cdot 10^{-8} \cdot (\text{FAP})^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{FAP}) + 50 \\ &= -8,8 \cdot 10^{-8} \cdot (4500)^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (4500) + 50 \\ &= 77.4680 \end{aligned}$$

vae: $vae = \left(\frac{\text{elev} - \text{LTP}_{\text{elev}}}{\tan \text{VPA}} \right) [\tan \text{VPA} - \tan(\text{VPA} - 0.01^\circ)]$

$$\begin{aligned} vae_{\text{FAP}} &= \left(\frac{\text{FAP} - \text{LTP}_{\text{elev}}}{\tan \text{VPA}} \right) [\tan \text{VPA} - \tan(\text{VPA} - 0.01^\circ)] \\ &= \left(\frac{4500 - 1200}{\tan 3^\circ} \right) [\tan 3^\circ - \tan(3^\circ - 0.01^\circ)] \\ &= 11.0200 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} vae_{250} &= \left(\frac{250}{\tan \text{VPA}} \right) [\tan \text{VPA} - \tan(\text{VPA} - 0.01^\circ)] \\ &= \left(\frac{250}{\tan 3^\circ} \right) [\tan 3^\circ - \tan(3^\circ - 0.01^\circ)] \\ &= .8349 \end{aligned}$$

isad: $isad = \frac{(\text{elev} - \text{LTP}_{\text{elev}}) \cdot \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0.5 \cdot 0.00198 \cdot \text{elev}}$

$$\begin{aligned} isad_{\text{FAP}} &= \frac{(\text{FAP} - \text{LTP}_{\text{elev}}) \cdot \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0.5 \cdot 0.00198 \cdot (\text{FAP})} \\ &= \frac{(4500 - 1200) \cdot (-20)}{288 - 20 - 0.5 \cdot 0.00198 \cdot (4500)} \\ &= -250.432 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} isad_{250} &= \frac{250 \cdot \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0.5 \cdot 0.00198 \cdot (\text{LTP}_{\text{elev}} + 250)} \\ &= \frac{250 \cdot (-20)}{288 - 20 - 0.5 \cdot 0.00198 \cdot (1200 + 250)} \\ &= -18.7572 \end{aligned}$$

bg: $bg = \text{semispan} \cdot \sin \phi$
 $= 132 \cdot \sin 18^\circ$
 $= 40.7902$

$$\begin{aligned}
 MOC_{250} &= bg - isad_{250} + \frac{4}{3} \sqrt{anpe^2 + wpr^2 + fte^2 + ase_{250}^2 + vae_{250}^2 + atis^2} \\
 &= 40.7902 + 18.7572 + \frac{4}{3} \sqrt{54.6117^2 + 3.1445^2 + 75^2 + 59.2400^2 + 0.8349^2 + 20^2} \\
 &= 208.782
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MOC_{FAP} &= bg - isad_{FAP} + \frac{4}{3} \sqrt{anpe^2 + wpr^2 + fte^2 + ase_{FAP}^2 + vae_{FAP}^2 + atis^2} \\
 &= 40.7902 + 250.432 + \frac{4}{3} \sqrt{54.6117^2 + 3.1445^2 + 75^2 + 77.4680^2 + 11.020^2 + 20^2} \\
 &= 455.282
 \end{aligned}$$

CÁLCULO DEL OBSTÁCULO PENDIENTE DE LA SUPERFICIE DE EVALUACIÓN (OAS)

La pendiente de la OAS se calcula obteniendo la diferencia entre las alturas de las superficies OAS en el MOC_{rap} y el MOC_{250} :

$$\begin{aligned}
 OAS \text{ gradient} &= \frac{(fap - ltp_{elev} - MOC_{FAP}) - (250 - MOC_{250})}{\frac{FAP - LTP_{elev} - 250}{\tan VPA}} \\
 &= \frac{(4500 - 1200 - 455.282) - (250 - 208.782)}{\frac{4500 - 1200 - 250}{\tan(3)}} \\
 &= 0.04817 \text{ (4.817\%)}
 \end{aligned}$$

CÁLCULO DEL OAS LTP A LA DISTANCIA DE ORIGEN.

El origen de la OAS se calcula obteniendo la distancia desde el LTP del punto de 250 ft del VPA y restando la distancia desde el punto MOC_{250} .

$$\begin{aligned}
 OAS_{origin} &= \left(\frac{250 - RDH}{\tan VPA} \right) - \frac{(250 - MOC_{250})}{OAS_{gradient}} \\
 &= \left(\frac{250 - 55}{\tan(3)} \right) - \frac{(250 - 208.782)}{0.04817} \\
 &= 2865.179
 \end{aligned}$$

