



Primer Taller sobre el uso de la PBN en el diseño del espacio aéreo en la Región SAM

Bogotá, Colombia

12-23 Mayo 2014

Jorge Fernández Demarco

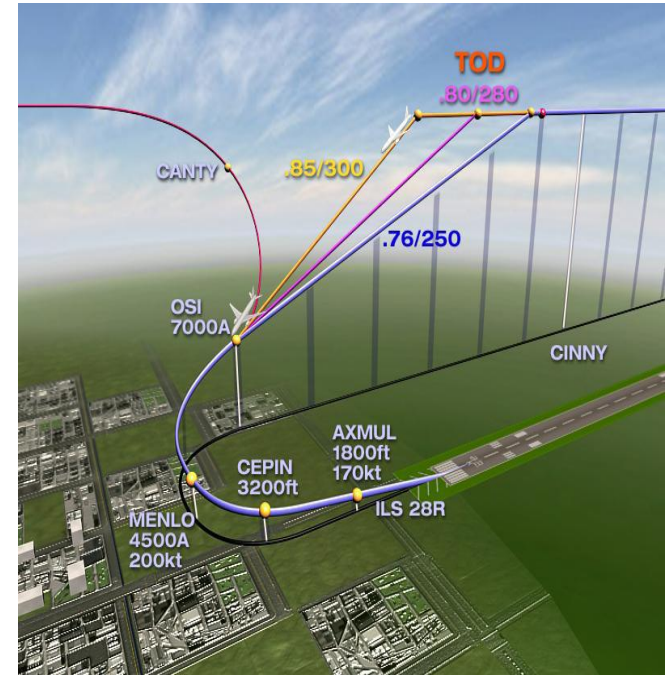
Consultor ATM



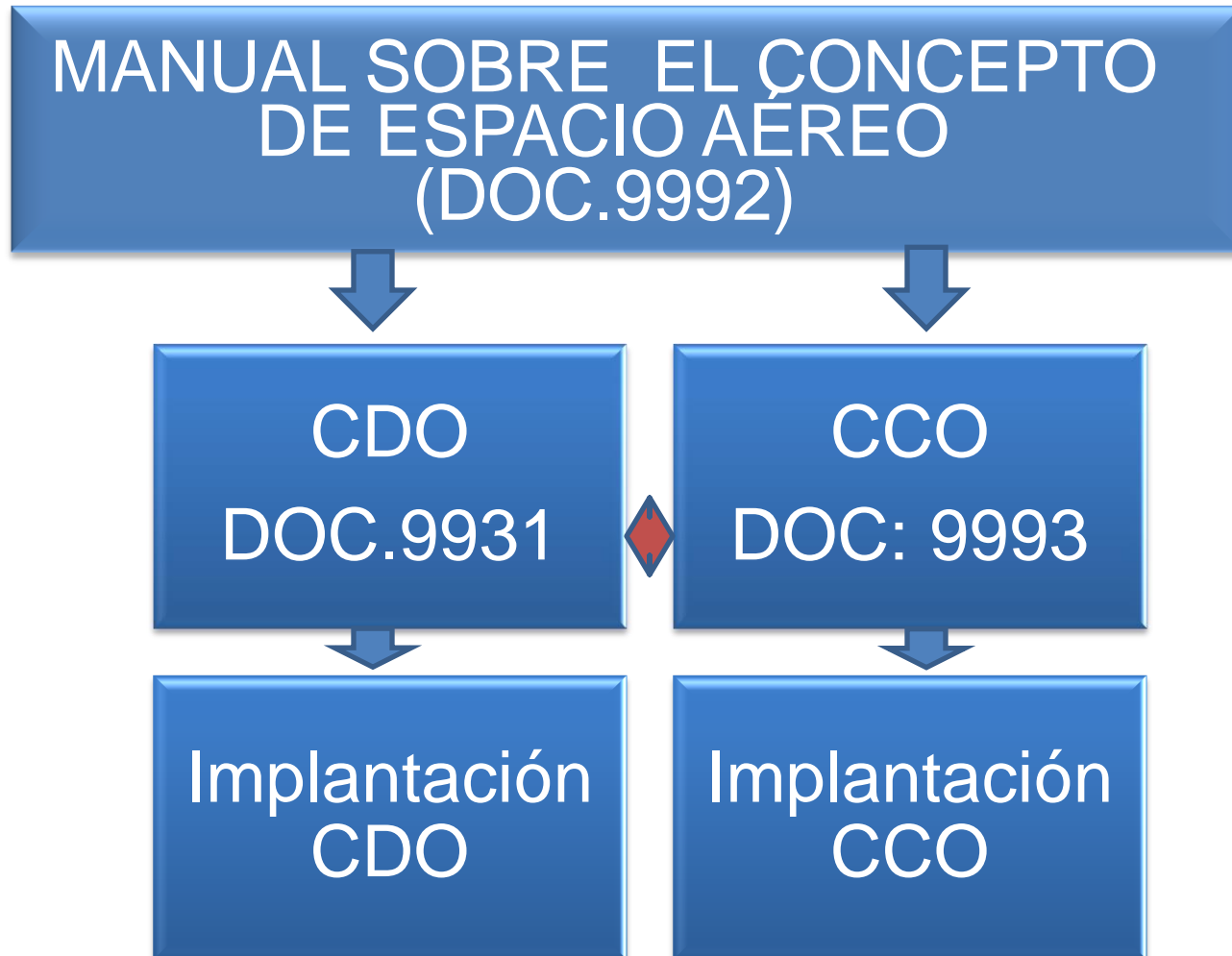
Operaciones de Descenso Continuo (CDO) DOC.9931

Sumario

- ✈ Qué Manual de OACI cubre los aspectos relacionados con las CDO
- ✈ Que es una CDO
- ✈ Diseños
- ✈ Diferencias entre trayectoria CDO Cerrada y Abierta



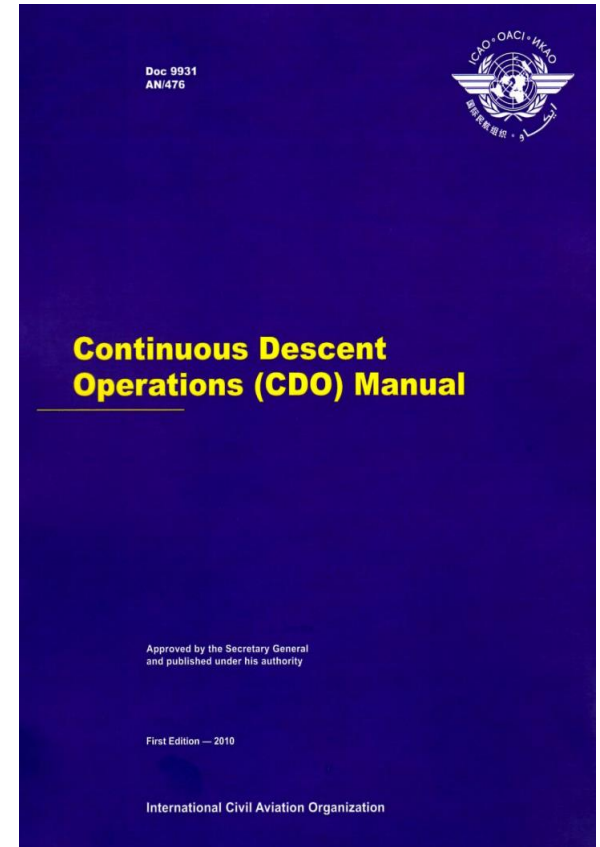
CDO & CCO



Operaciones de Descenso Continuo

Manual CDO de la OACI -Doc 9931 (Primera Edición publicada en 2010)

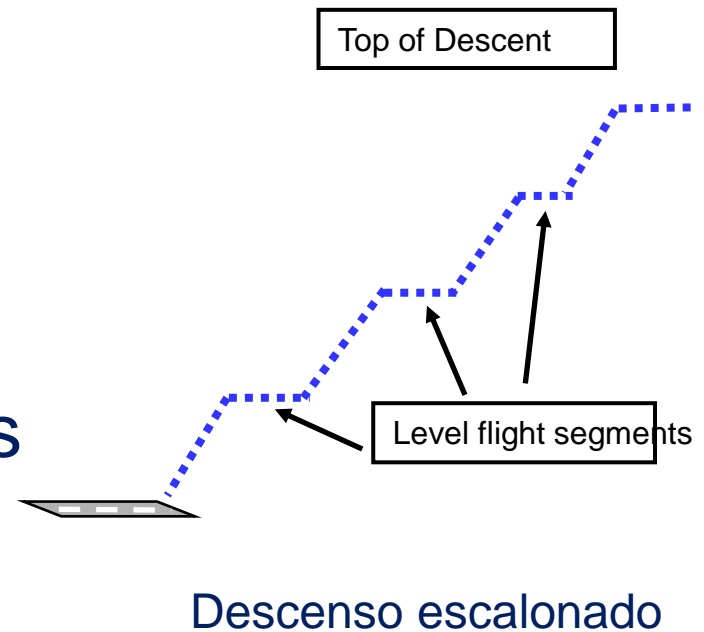
Las CDO constituyen una técnica de operación de aeronaves que se apoya en un **diseño adecuado del espacio aéreo** y de los procedimientos y en **autorizaciones ATC apropiadas** y que permite la ejecución de un perfil de vuelo optimizado, con regímenes de bajo empuje de motor y una configuración de baja resistencia al avance.



Operaciones de Descenso Continuo

Fortalece la colaboración entre:

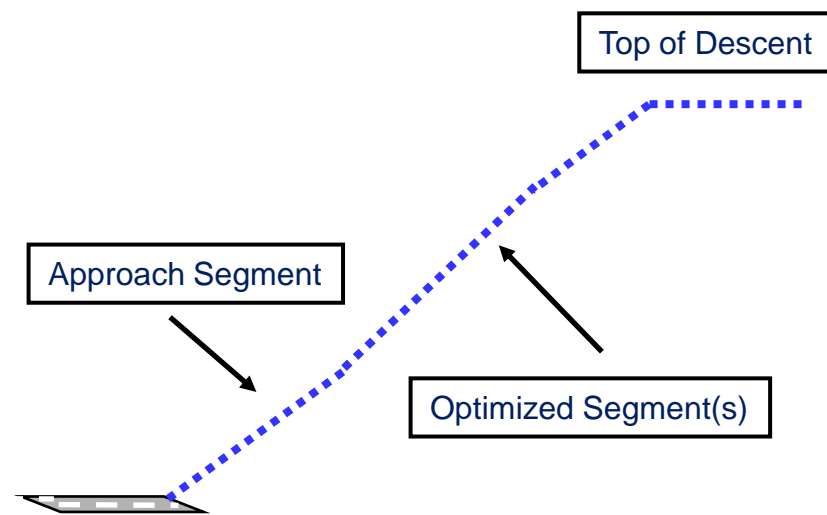
- Proveedores de servicios de navegación aérea (ANSP)
- Explotadores de aeronaves
- Explotadores de aeropuertos
- Entidades reguladoras



Operaciones de Descenso Continuo

El objetivo del Manual es mejorar:

- La gestión general del tránsito y del espacio aéreo, con miras a permitir descensos continuos ininterrumpidos, sin perjudicar las salidas;
- La comprensión de los perfiles de descenso continuo; y
- La comprensión y armonización de la terminología conexas.



Descenso CDO

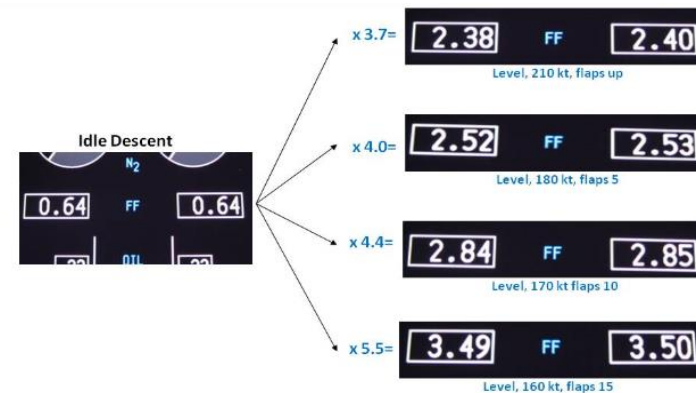
Beneficios de las CDO

Incrementa:

- Previsibilidad del vuelo
- Eficiencia del espacio aéreo
- La seguridad operacional

Reduce:

- Consumo de combustible
- Emisiones
- Carga de trabajo piloto/ATC
- COM
- CFIT



Un descenso escalonado usa de 4 a 5 veces más combustible que uno a régimen de bajo empuje de motor

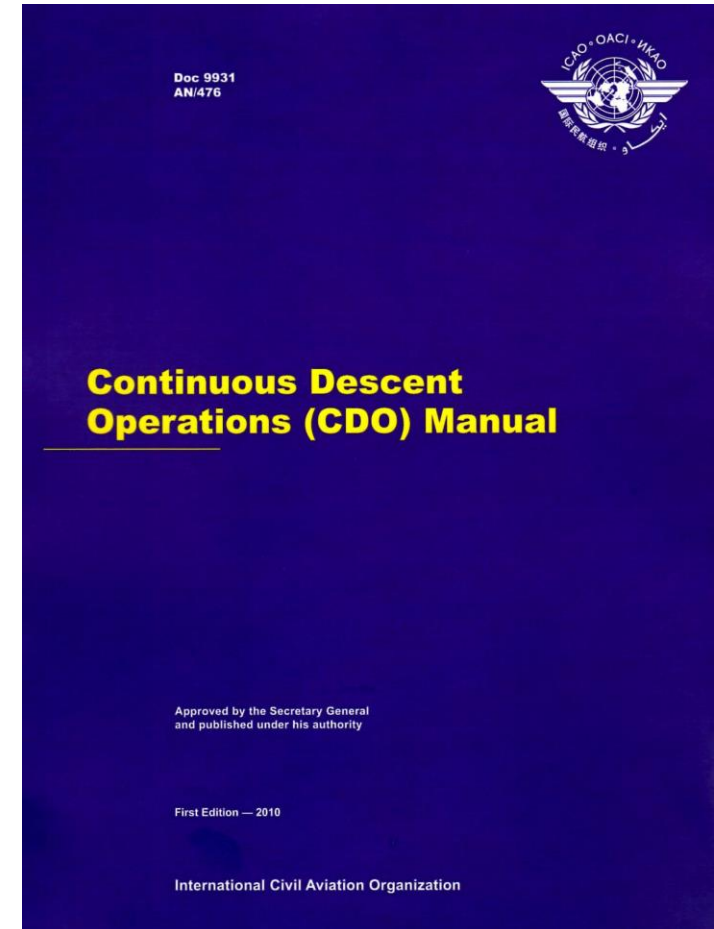
Objetivos estratégicos

- seguridad operacional;
- capacidad;
- eficiencia;
- acceso; y
- medio ambiente.

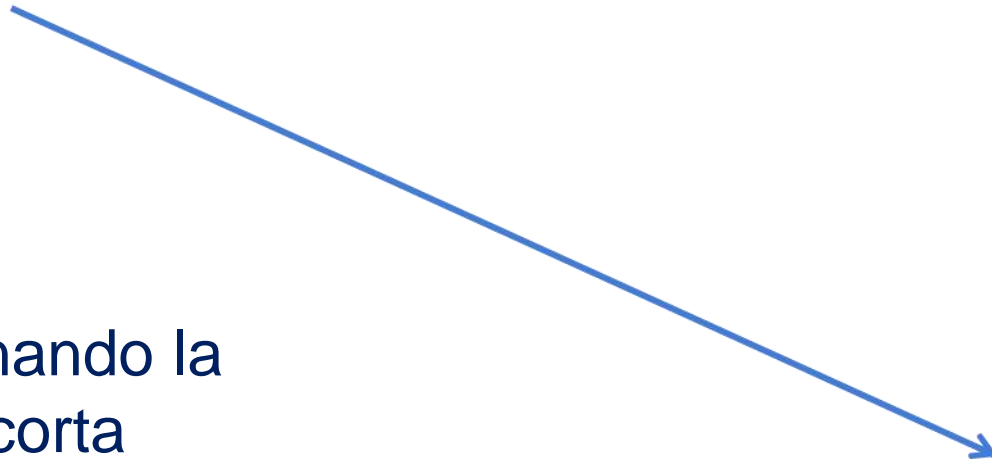
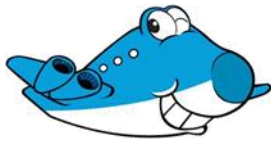


Métodos de diseño CDO

El diseño de las CDO debe estar integrado al concepto del espacio aéreo y debe haber un balance entre las aeronaves saliendo con las aeronaves llegando en un descenso continuo.



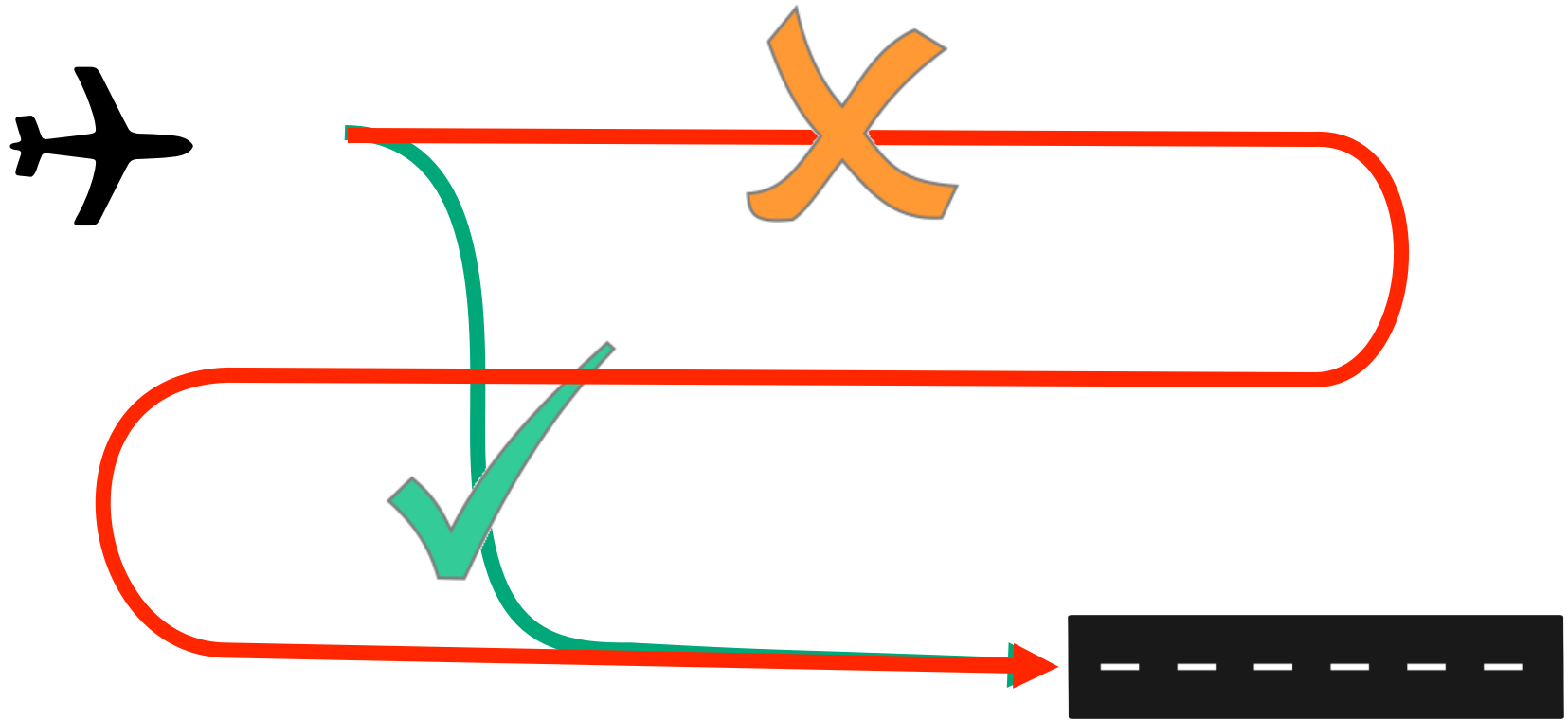
En el diseño CDO tome en cuenta:



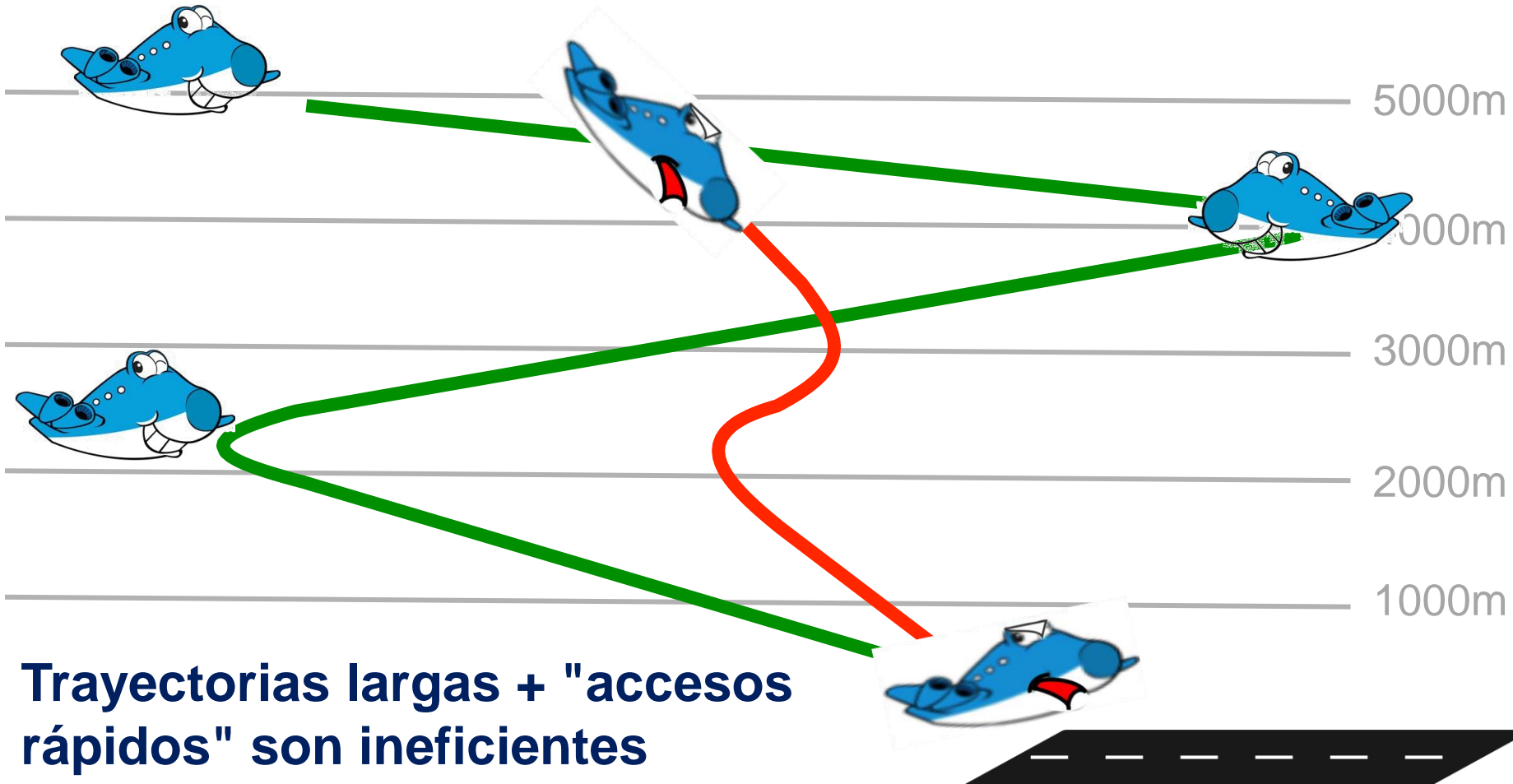
Diseño seleccionando la trayectoria mas corta

En el diseño CDO tome en cuenta:

Diseño seleccionando la trayectoria mas corta



En el diseño CDO tome en cuenta:



Consideraciones generales CDO

Las CDO deberían diseñarse e implantarse de forma que no afecten:

- El índice de llegadas de aeropuerto (AAR)
- A otras aeronaves que llegan y que no realizan CDO
- Aeronaves que sobrevuelan
- Al tránsito saliente.

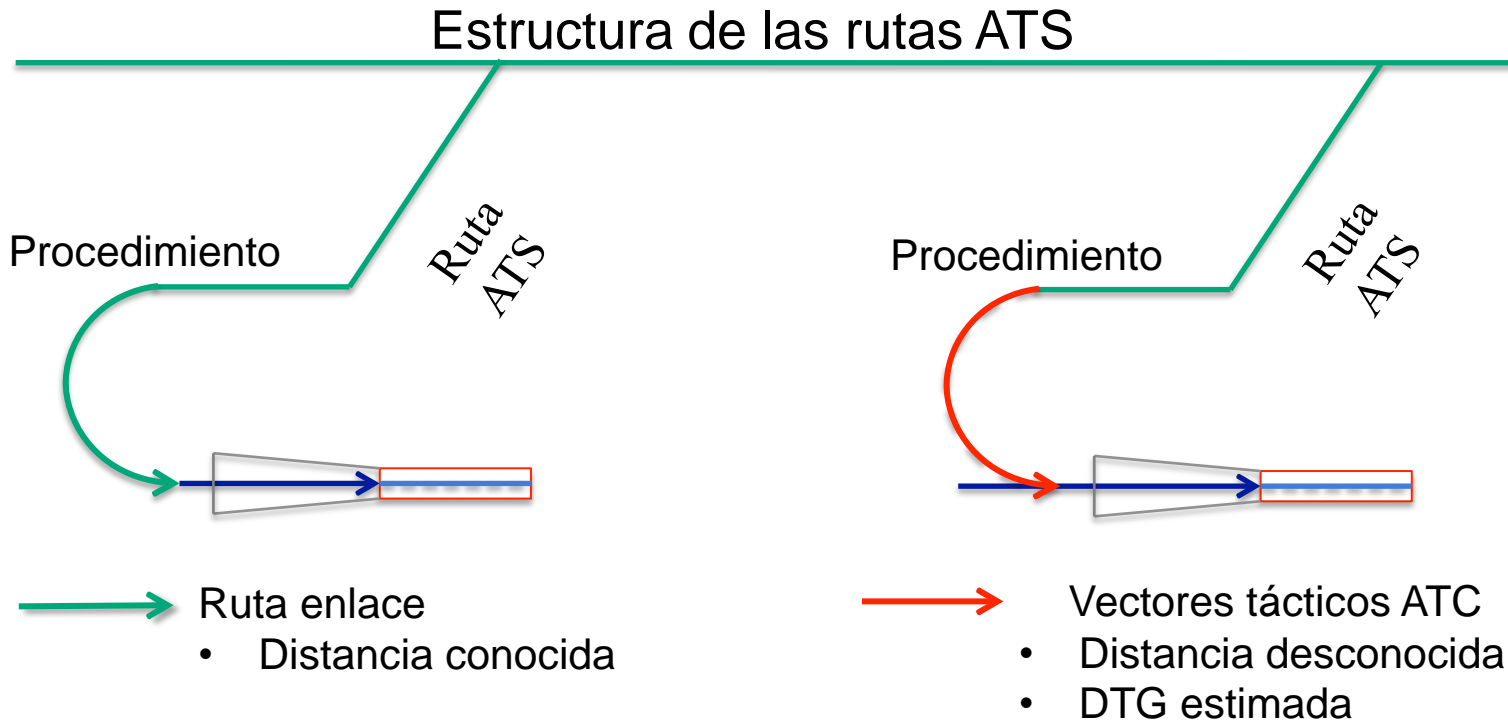
Se recomienda:

- una estrategia de implantación paso por paso
- El proceso de implantación debe incluir una evaluación de la seguridad operacional

Diferentes tipo de diseños

Trayectoria Cerrada

Trayectoria abierta



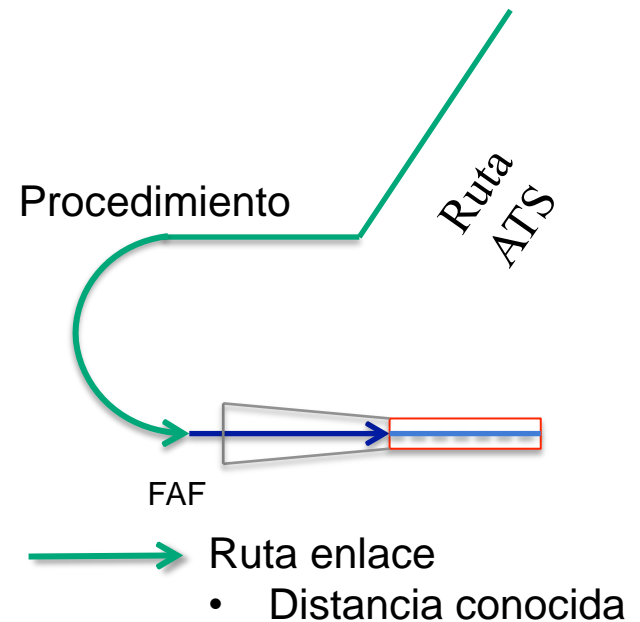
Diferentes tipo de diseños

Trayectoria Cerrada

En el diseño de trayectoria cerrada:

- La derrota lateral de vuelo se encuentra predefinida hasta el FAF/FAP
- Se conoce la distancia exacta a la pista.

Un ejemplo de un procedimiento en trayectoria cerrada es un descenso con perfil optimizado (OPD) asociado a una STAR que termina en un punto que define una parte de un procedimiento de aproximación por instrumentos (IAP) y, por consiguiente, la STAR está directamente ligada a ese IAP.

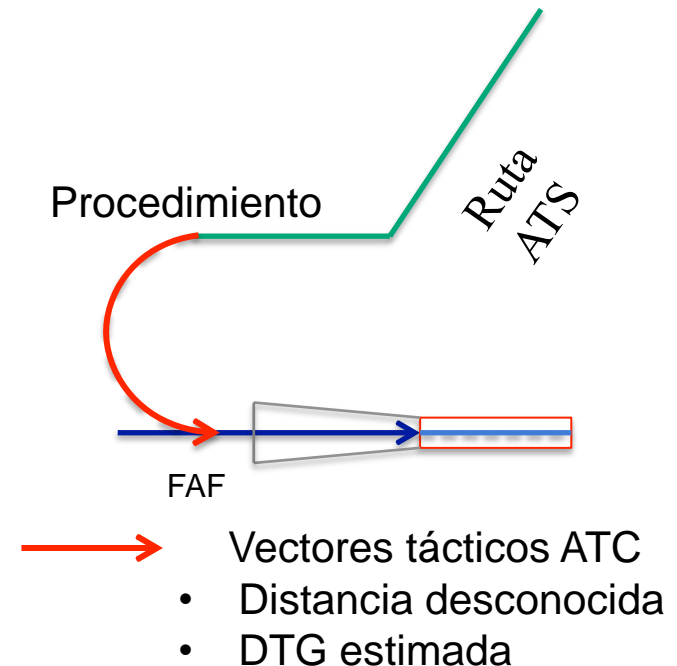


Diferentes tipo de diseños

Trayectoria Abierta

En el diseño de trayectoria abierta :

- el procedimiento termina antes del FAF/FAP

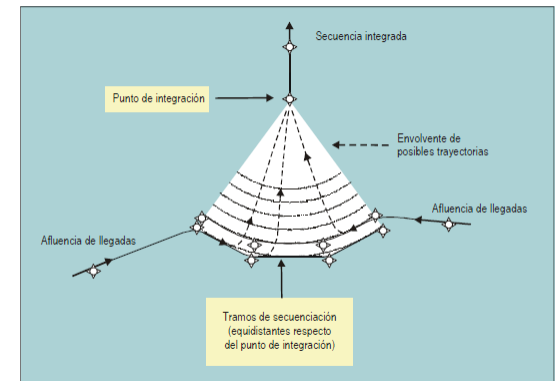
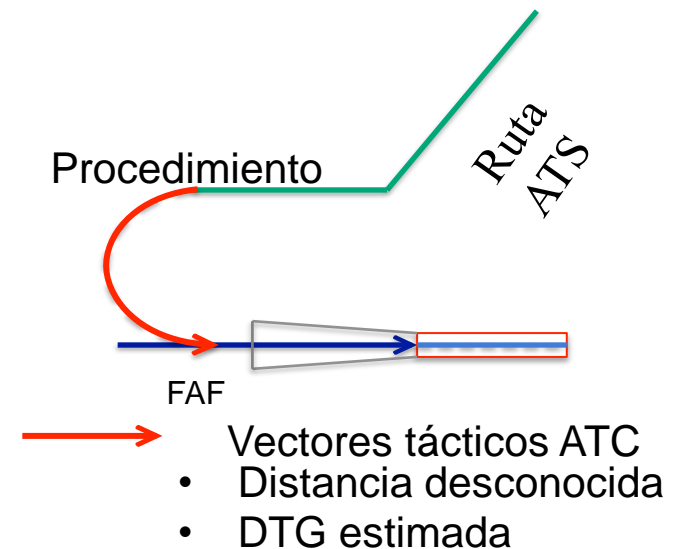


Diferentes tipo de diseños

Trayectoria Abierta

Dos tipos de trayectoria abierta:

1. Termina en un tramo a favor del viento -dejando al controlador que autorice a la aeronave a tomar el rumbo de aproximación final
2. El diseño lleva a la aeronave a un entorno operacional donde la secuenciación de la aproximación se realiza mediante circuitos de espera y guía vectorial.



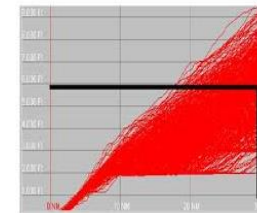
Diferencias entre trayectorias cerradas y abiertas

- Trayectorias cerradas mejoran la predictibilidad y la eficiencia.
 - Trayectorias abiertas pueden incrementar la flexibilidad -Controlador debe indicar distancia al FAF
-
- ❑ Utilizar control de velocidad es preferible a utilizar vectores
 - ❑ 280kts proporciona la oportunidad de ajustes ATC significativos de velocidad

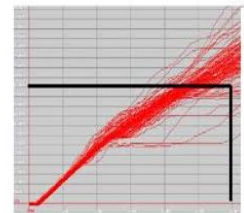
Restricciones en las CDO

Las STAR CDO pueden contener:

- Restricciones de altitud
- Restricciones de velocidad



Flight tracks before CDO



Flight tracks after CDO

Los restricciones de altitud/velocidad deberían limitarse al mínimo necesario.

Restricciones de altitud

Las restricciones de altitud pueden ser:

- “igual a..”,
- “igual o mayor que..”,
- “Igual o menor que..”,
- O una ventana de ambos “igual o mayor que / Igual o menor que”

Ejemplo de trayectoria cerrada

EJEMPLO:

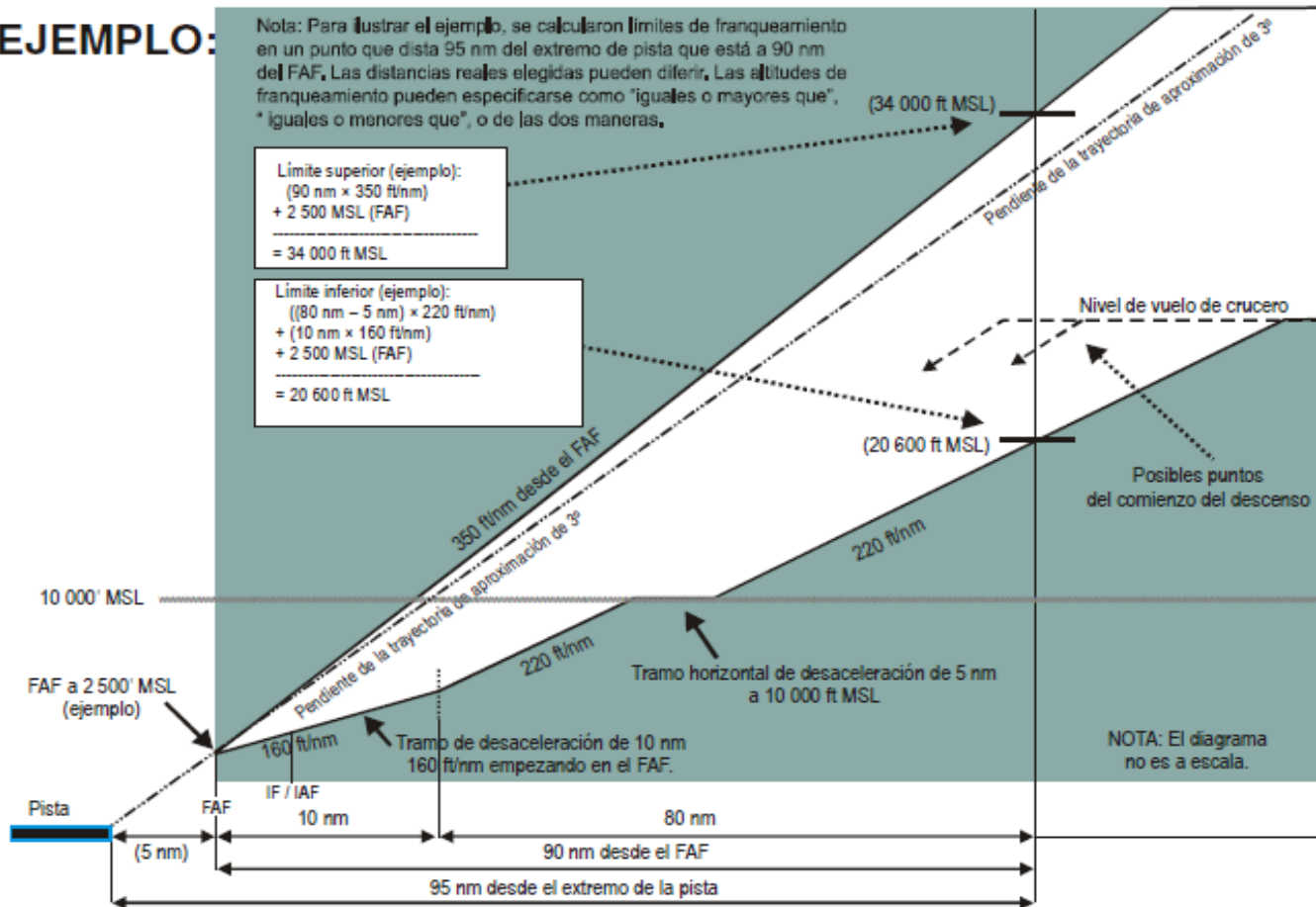
Nota: Para ilustrar el ejemplo, se calcularon límites de franqueamiento en un punto que dista 95 nm del extremo de pista que está a 90 nm del FAF. Las distancias reales elegidas pueden diferir. Las altitudes de franqueamiento pueden especificarse como "iguales o mayores que", "iguales o menores que", o de las dos maneras.

Límite superior (ejemplo):
 $(90 \text{ nm} \times 350 \text{ ft/nm})$
 $+ 2\,500 \text{ MSL (FAF)}$

 = 34 000 ft MSL

Límite inferior (ejemplo):
 $((80 \text{ nm} - 5 \text{ nm}) \times 220 \text{ ft/nm})$
 $+ (10 \text{ nm} \times 160 \text{ ft/nm})$
 $+ 2\,500 \text{ MSL (FAF)}$

 = 20 600 ft MSL



Cálculo de restricciones de altitud en trayectorias CDO cerradas

Las restricciones para los límites de nivel son:

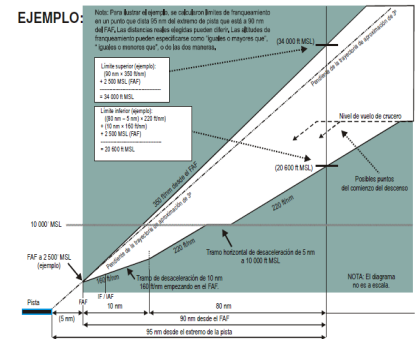
- Restricciones Límite superior: “Igual o menor que...”
- Restricciones Límite inferior: “Igual o mayor que...”

Cálculo de restricciones de altitud en trayectorias CDO cerradas

Las fórmulas para calcular los límites de nivel son:

Límite superior

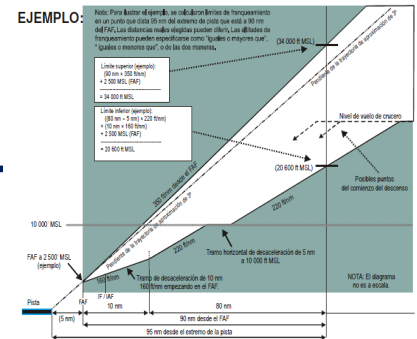
Límite inferior



Cálculo de restricciones de altitud en trayectorias CDO cerradas

La fórmula para calcular **limite superior**:

= (la distancia desde el FAF x 350 ft/NM) + la elevación del FAF/FAP



Ej. (90 NM x 350 ft/NM) + 2 500 ft (elevación del FAF) = 34 000 ft MSL.

Ejemplo de trayectoria cerrada

EJEMPLO:

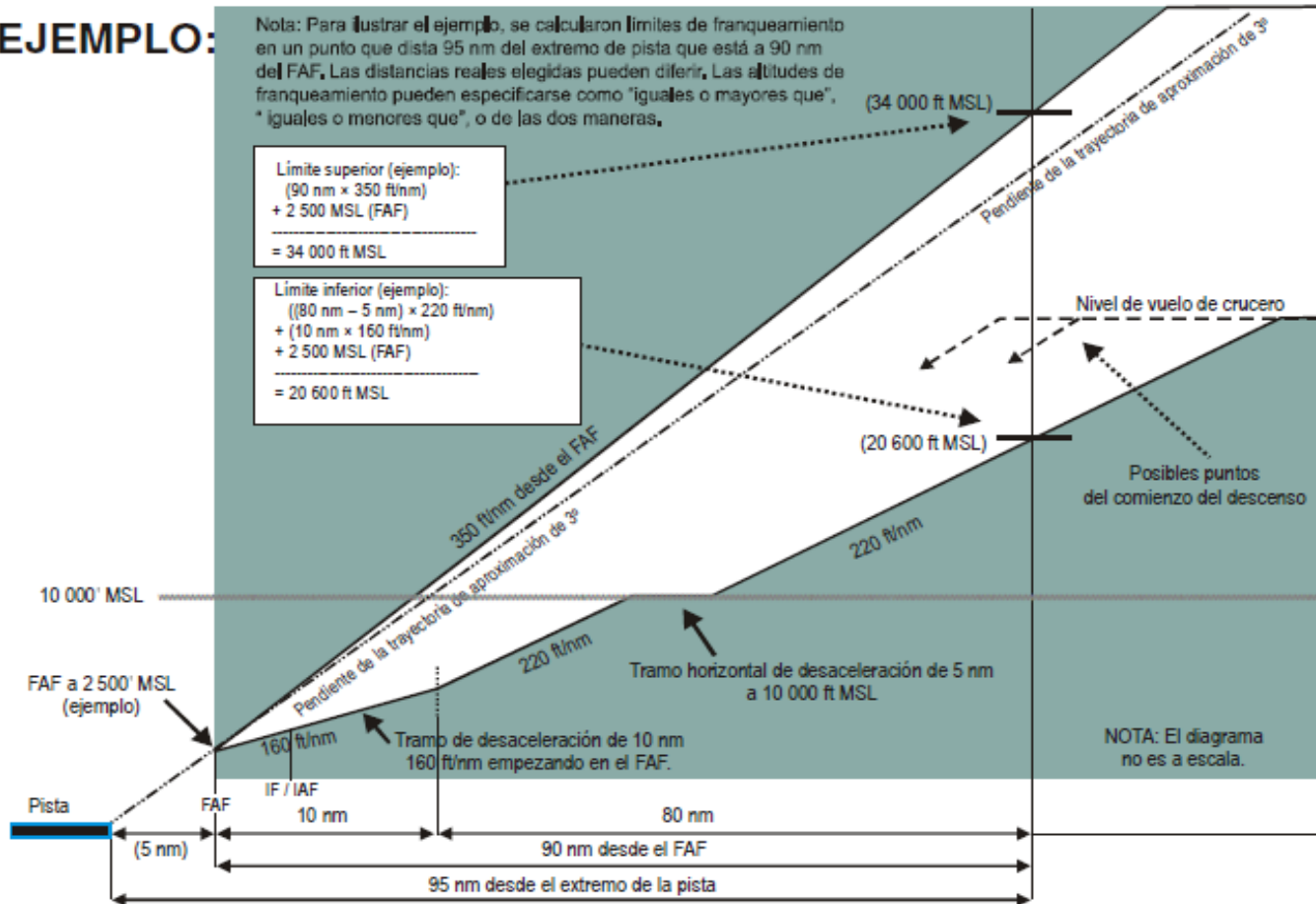
Nota: Para ilustrar el ejemplo, se calcularon límites de franqueamiento en un punto que dista 95 nm del extremo de pista que está a 90 nm del FAF. Las distancias reales elegidas pueden diferir. Las altitudes de franqueamiento pueden especificarse como "iguales o mayores que", "iguales o menores que", o de las dos maneras.

Límite superior (ejemplo):
 $(90 \text{ nm} \times 350 \text{ ft/nm})$
 $+ 2\,500 \text{ MSL (FAF)}$

 $= 34\,000 \text{ ft MSL}$

Límite inferior (ejemplo):
 $((80 \text{ nm} - 5 \text{ nm}) \times 220 \text{ ft/nm})$
 $+ (10 \text{ nm} \times 160 \text{ ft/nm})$
 $+ 2\,500 \text{ MSL (FAF)}$

 $= 20\,600 \text{ ft MSL}$



NOTA: El diagrama no es a escala.

Cálculo de restricciones de altitud en trayectorias CDO cerradas

La fórmula para calcular **Limite inferior:**
-10 000 FT MSL O MENOS-

Límite inferior:

Para las altitudes de **10 000 ft MSL o menos**

= (la distancia desde el FAF que se desea, para desacelerar x 160 ft/NM) + (la distancia desde el FAF – la distancia desde el FAF que se desea para desacelerar x 220 ft/NM) + el nivel del FAF.

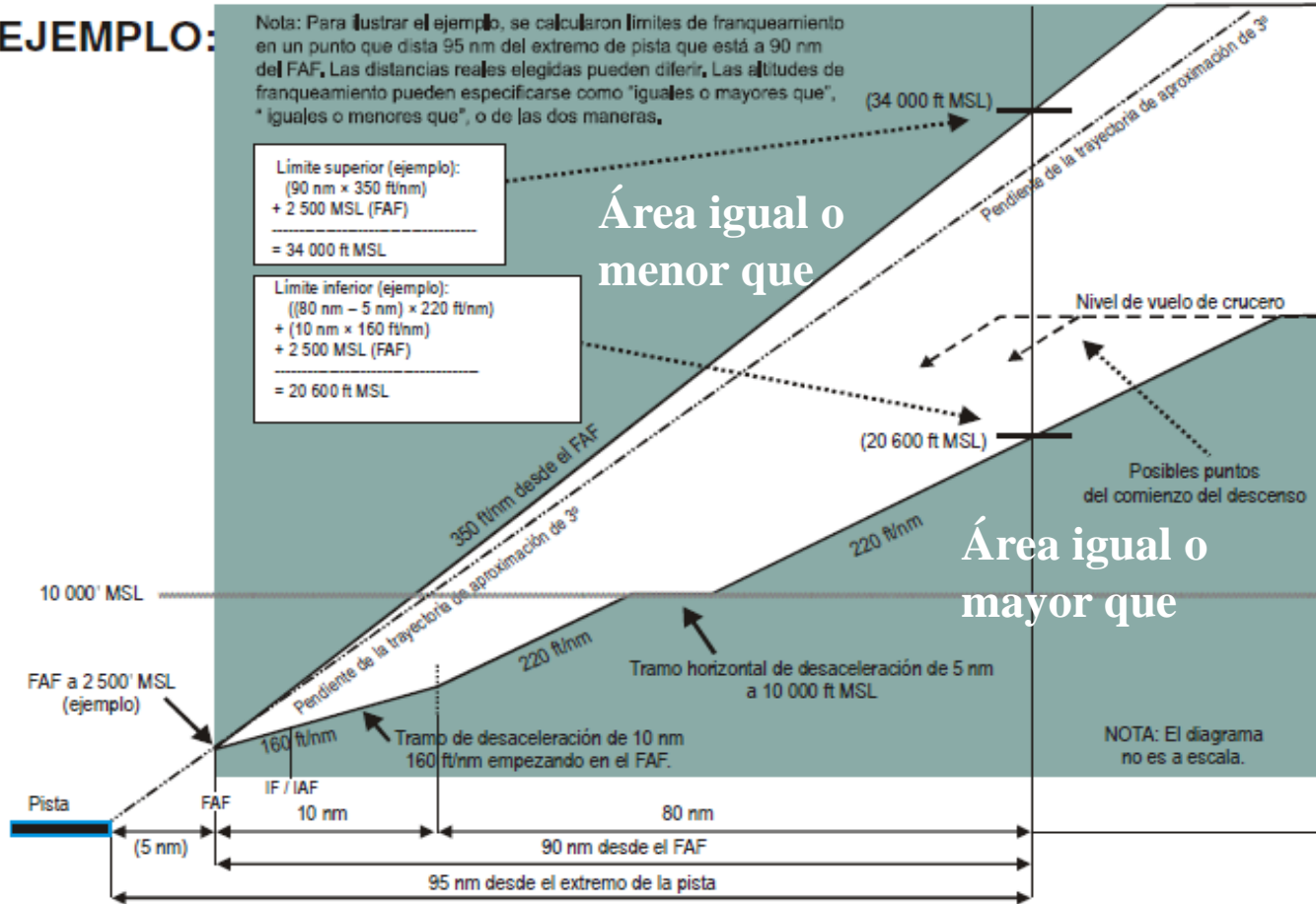
Cálculo de trayectorias CDO cerradas

EJEMPLO:

Nota: Para ilustrar el ejemplo, se calcularon límites de franqueamiento en un punto que dista 95 nm del extremo de pista que está a 90 nm del FAF. Las distancias reales elegidas pueden diferir. Las altitudes de franqueamiento pueden especificarse como "iguales o mayores que", "iguales o menores que", o de las dos maneras.

Límite superior (ejemplo):
 $(90 \text{ nm} \times 350 \text{ ft/nm})$
 $+ 2\,500 \text{ MSL (FAF)}$
 = 34 000 ft MSL

Límite inferior (ejemplo):
 $((80 \text{ nm} - 5 \text{ nm}) \times 220 \text{ ft/nm})$
 $+ (10 \text{ nm} \times 160 \text{ ft/nm})$
 $+ 2\,500 \text{ MSL (FAF)}$
 = 20 600 ft MSL



NOTA: El diagrama no es a escala.

Cálculo de restricciones de altitud en trayectorias CDO cerradas

La fórmula para calcular **Limite inferior:**
-MÁS DE 10 000 FT MSL-

Para las altitudes de **más de 10 000 ft MSL**

= (la distancia desde el FAF que se desea, para desacelerar x 160 ft/NM) + (la distancia desde el FAF – la distancia desde el FAF que se desea, para desacelerar) – 5NM x 220 ft/NM] + el nivel del FAF.

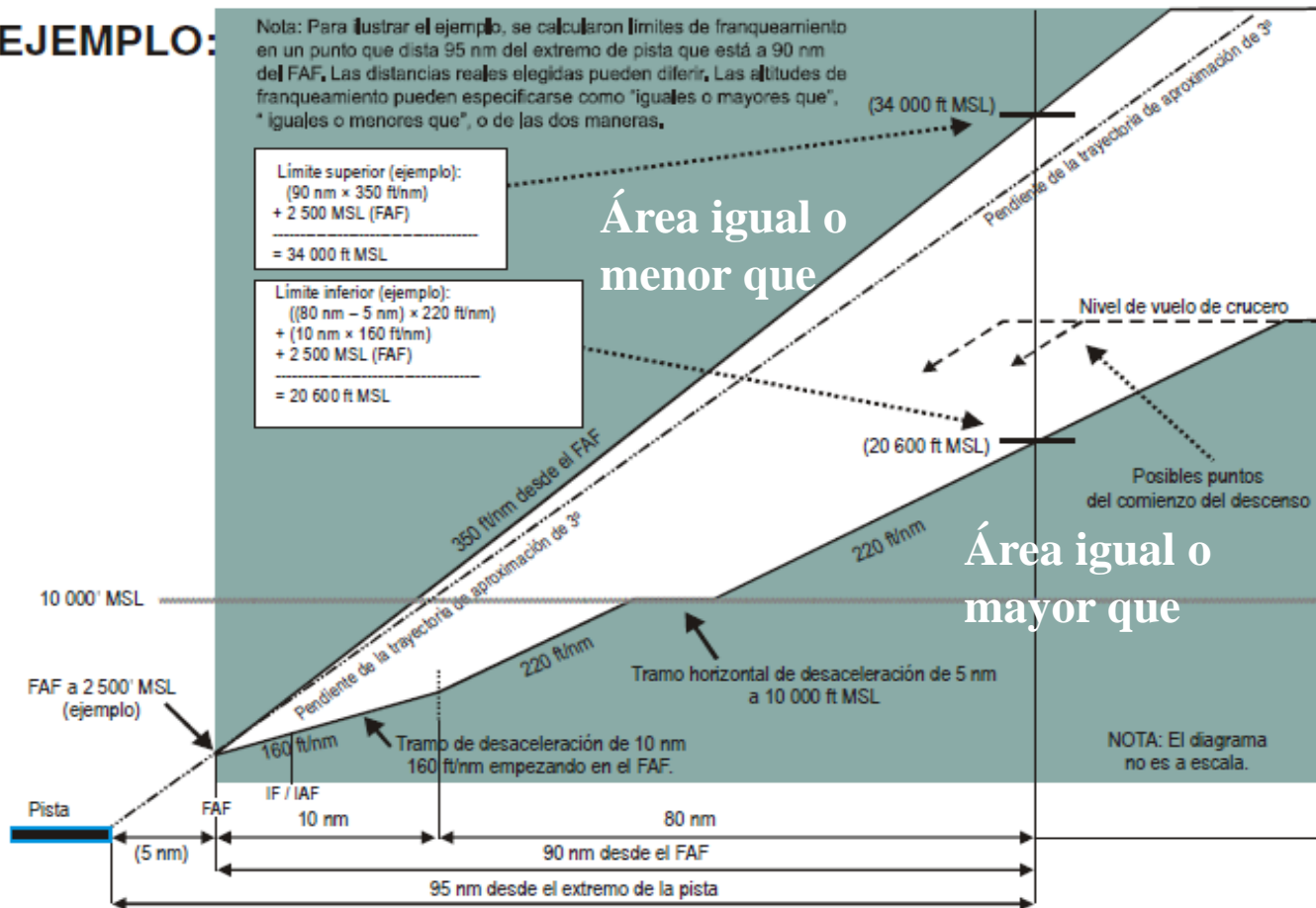
Cálculo de trayectorias CDO cerradas

EJEMPLO:

Nota: Para ilustrar el ejemplo, se calcularon límites de franqueamiento en un punto que dista 95 nm del extremo de pista que está a 90 nm del FAF. Las distancias reales elegidas pueden diferir. Las altitudes de franqueamiento pueden especificarse como "iguales o mayores que", "iguales o menores que", o de las dos maneras.

Límite superior (ejemplo):
 $(90 \text{ nm} \times 350 \text{ ft/nm})$
 $+ 2\,500 \text{ MSL (FAF)}$
 = 34 000 ft MSL

Límite inferior (ejemplo):
 $((80 \text{ nm} - 5 \text{ nm}) \times 220 \text{ ft/nm})$
 $+ (10 \text{ nm} \times 160 \text{ ft/nm})$
 $+ 2\,500 \text{ MSL (FAF)}$
 = 20 600 ft MSL



NOTA: El diagrama no es a escala.

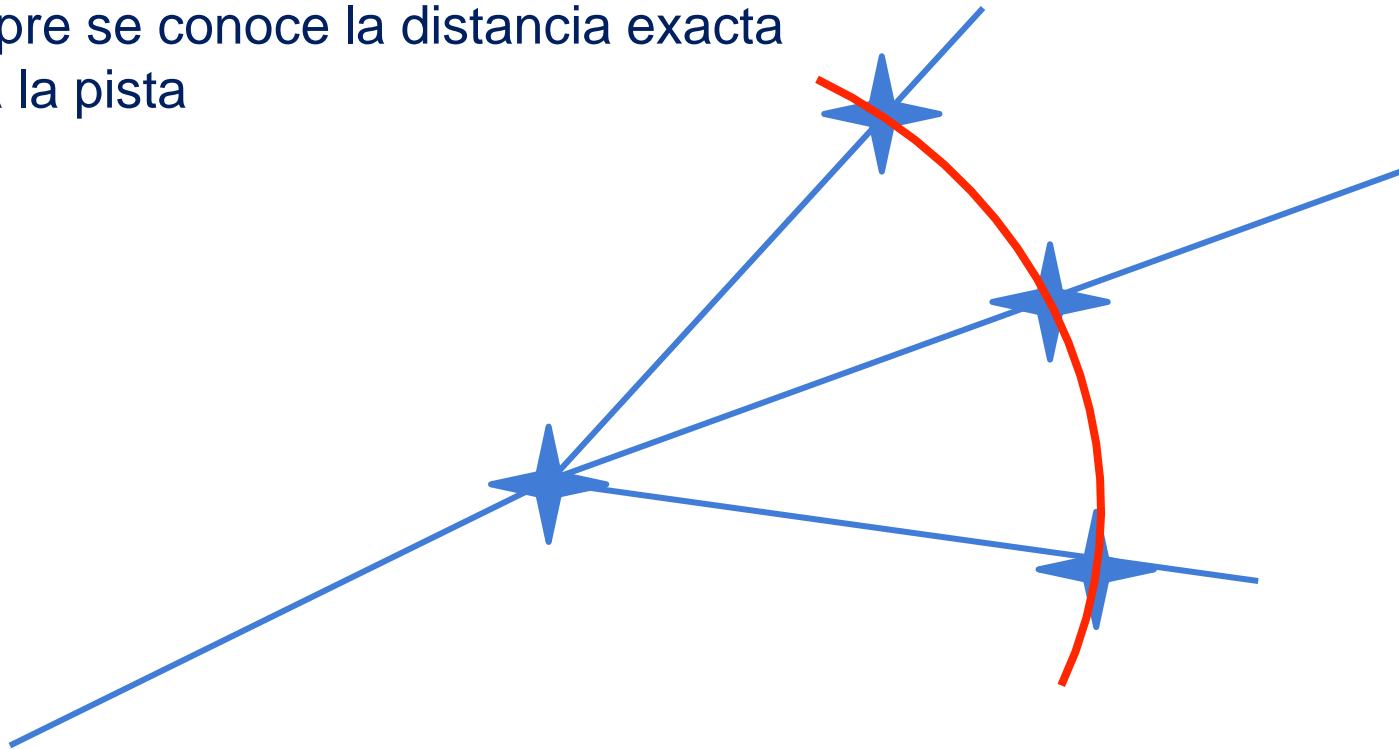
Restricciones de velocidad

En general, las restricciones de velocidad no deberían ser de menos de 280kt por encima de 10,000 msl.

- Por requerimiento del FMS las restricciones de velocidad deben estar asociadas a una restricción de altitud

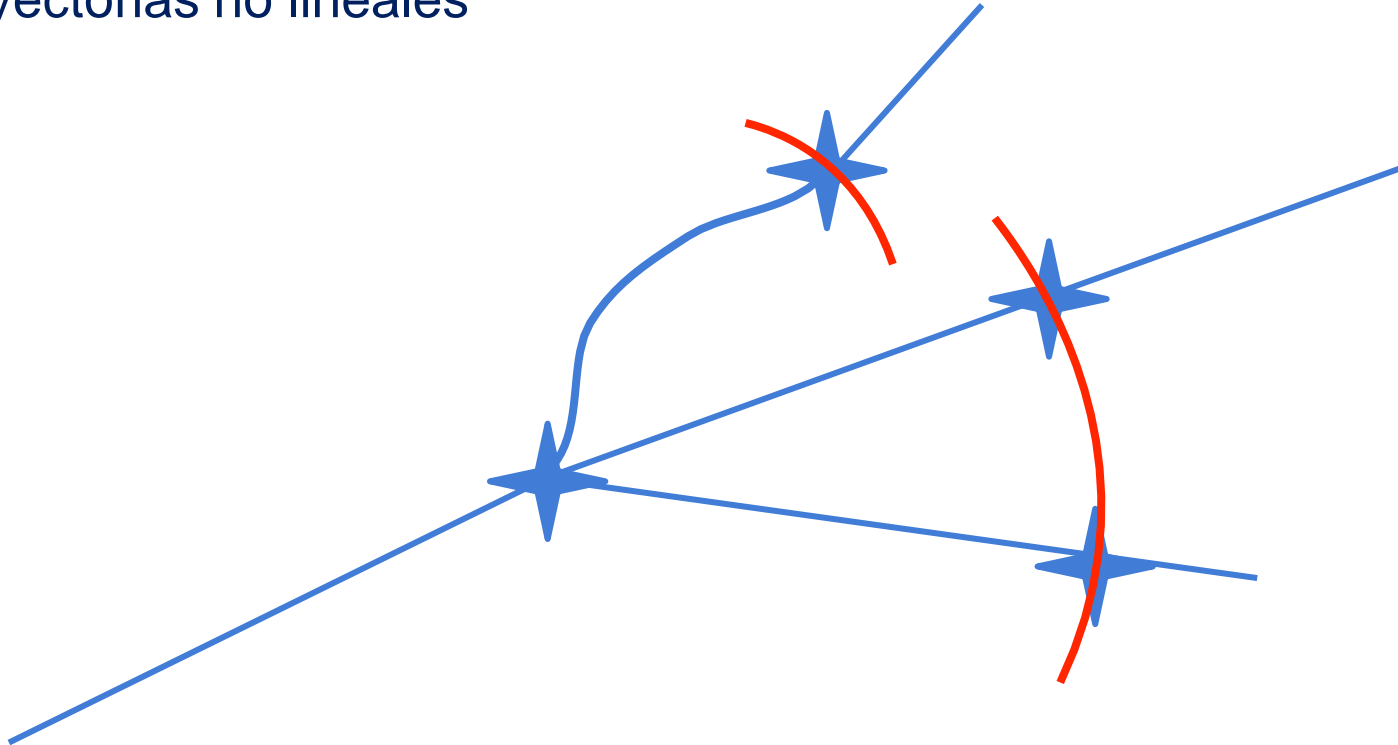
CDO Cerrada utilizando Puntos de decisión estructurados

Siempre se conoce la distancia exacta hasta la pista

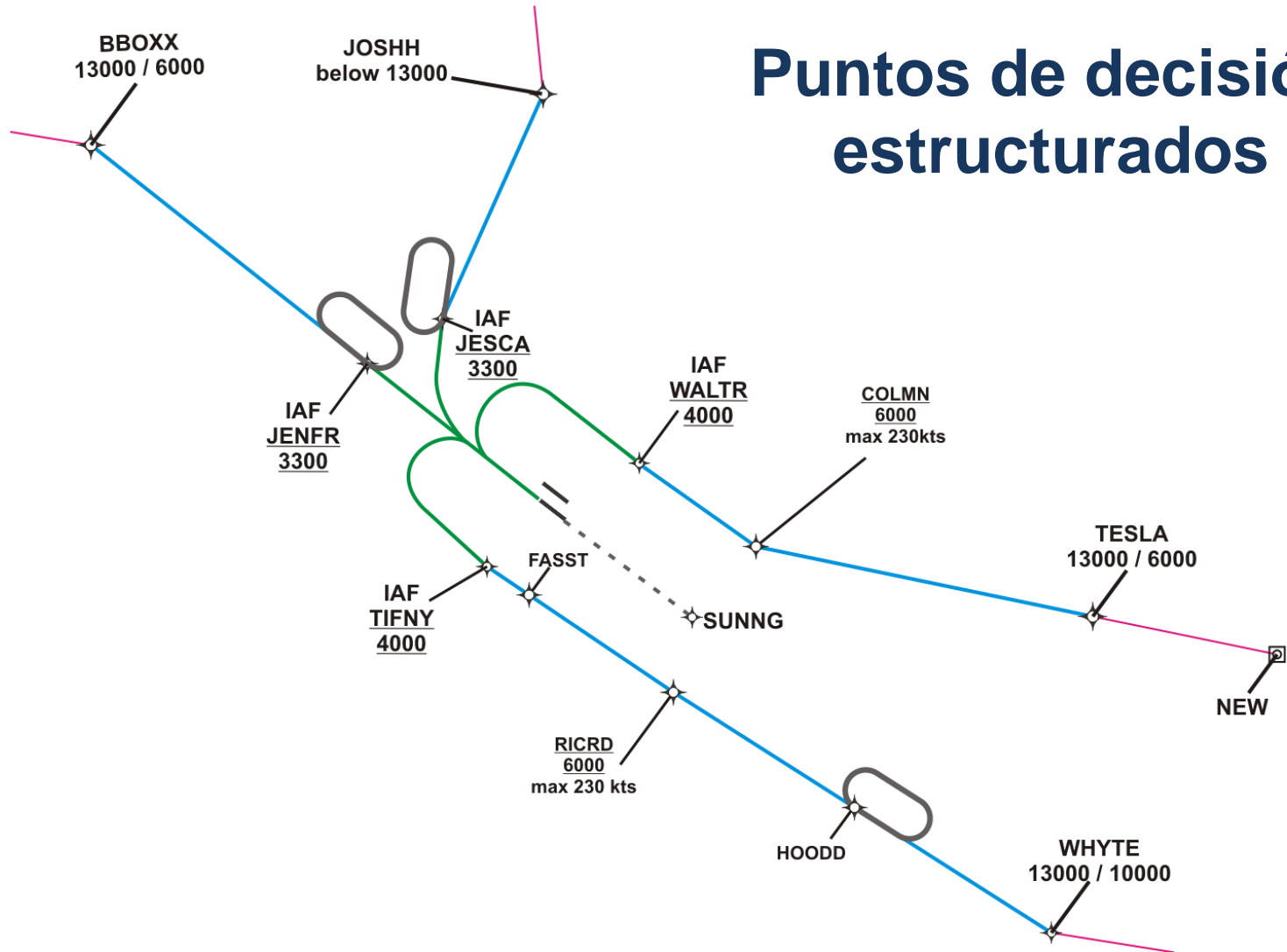


CDO Cerrada utilizando Puntos de decisión estructurados

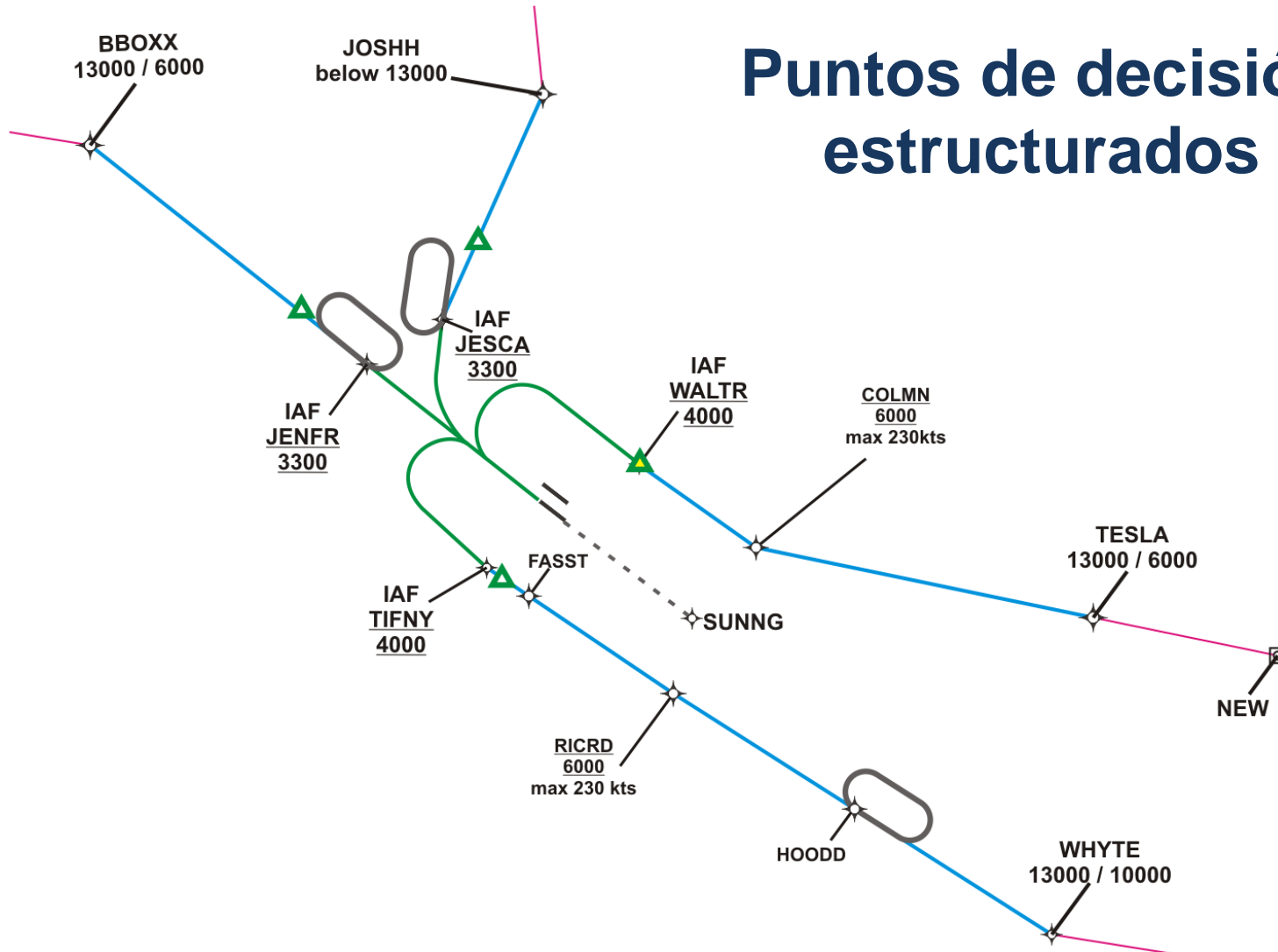
La PBN permite mantener la equidistancia para trayectorias no lineales



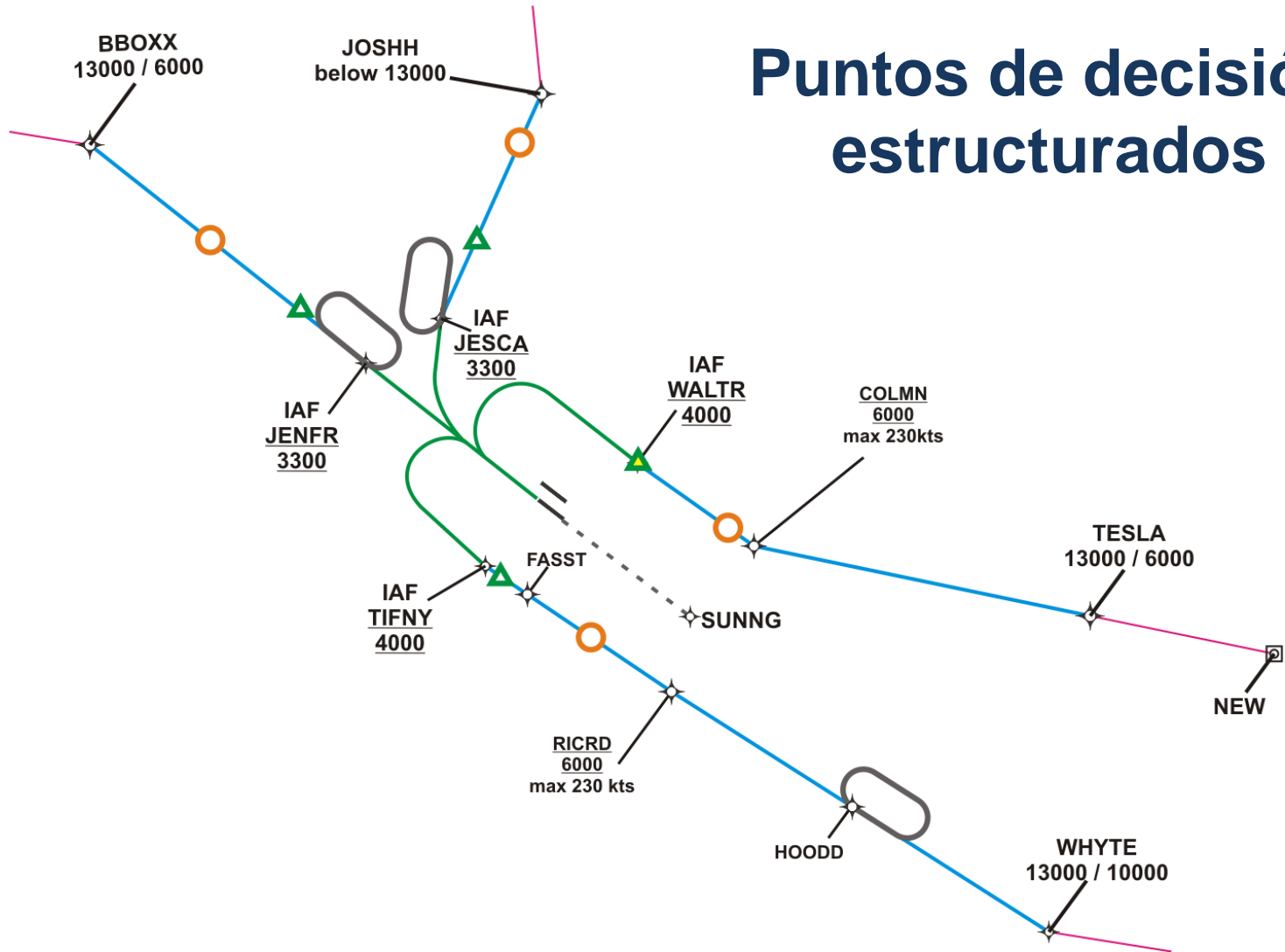
Puntos de decisión estructurados



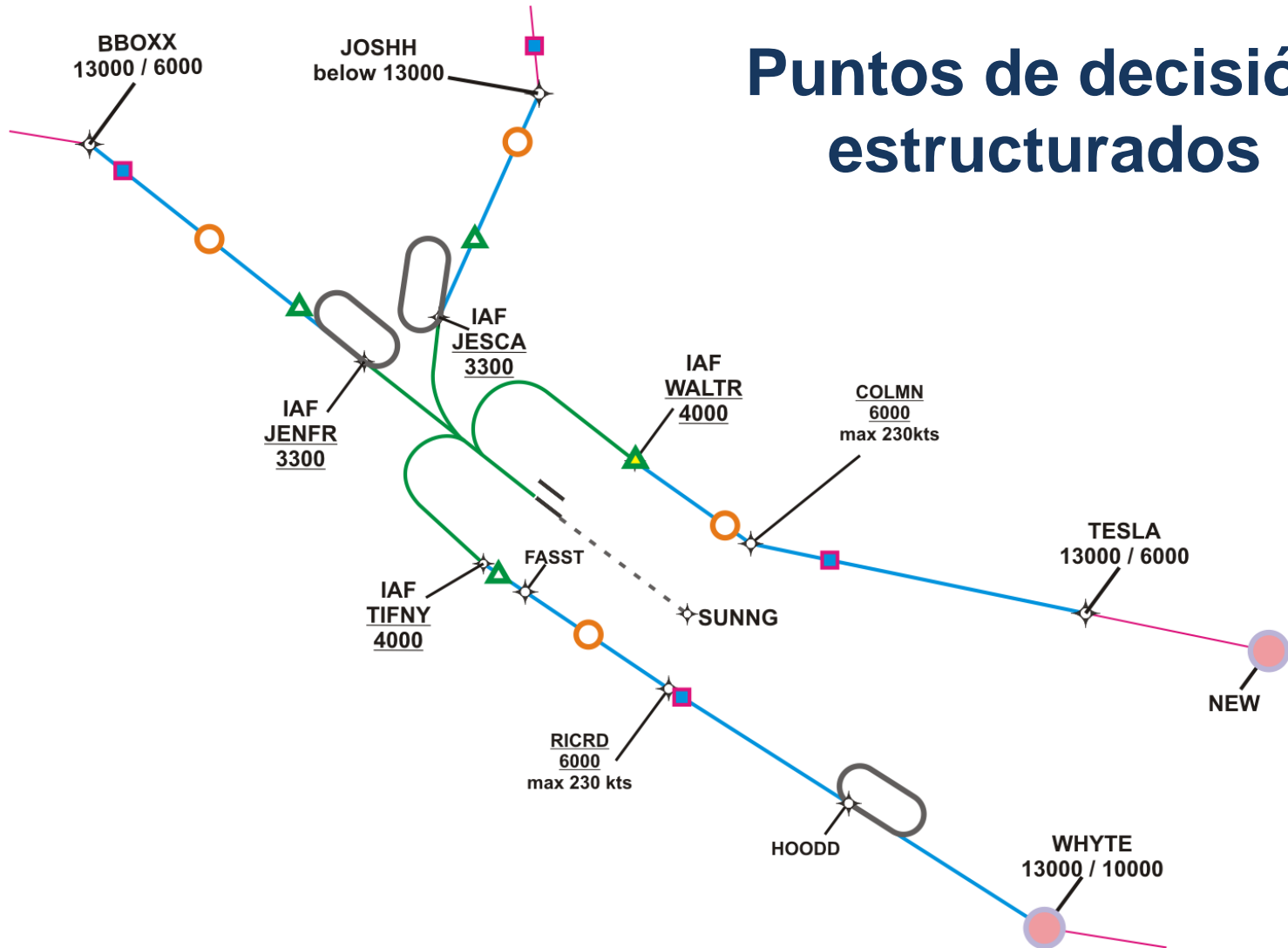
Puntos de decisión estructurados



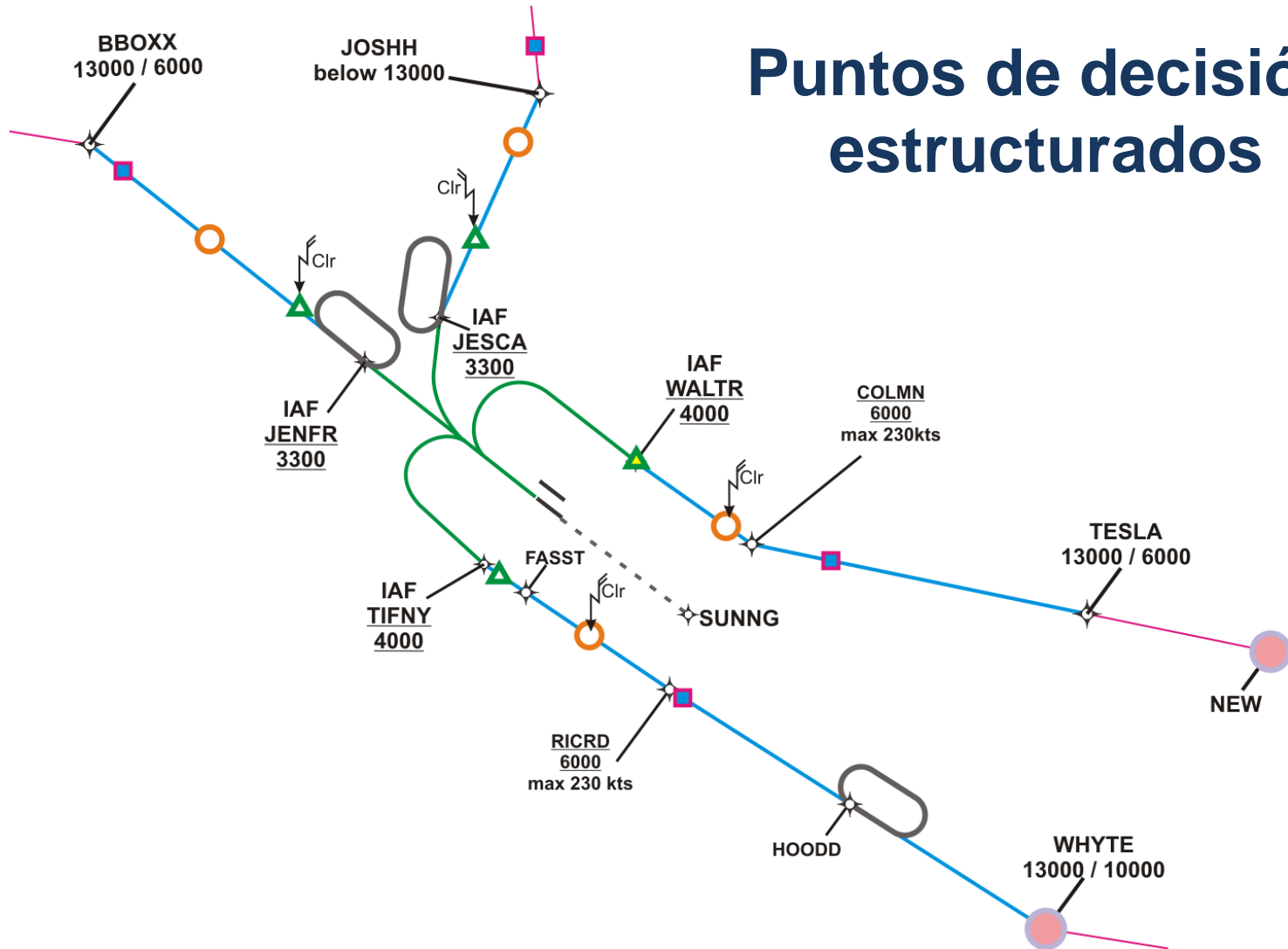
Puntos de decisión estructurados



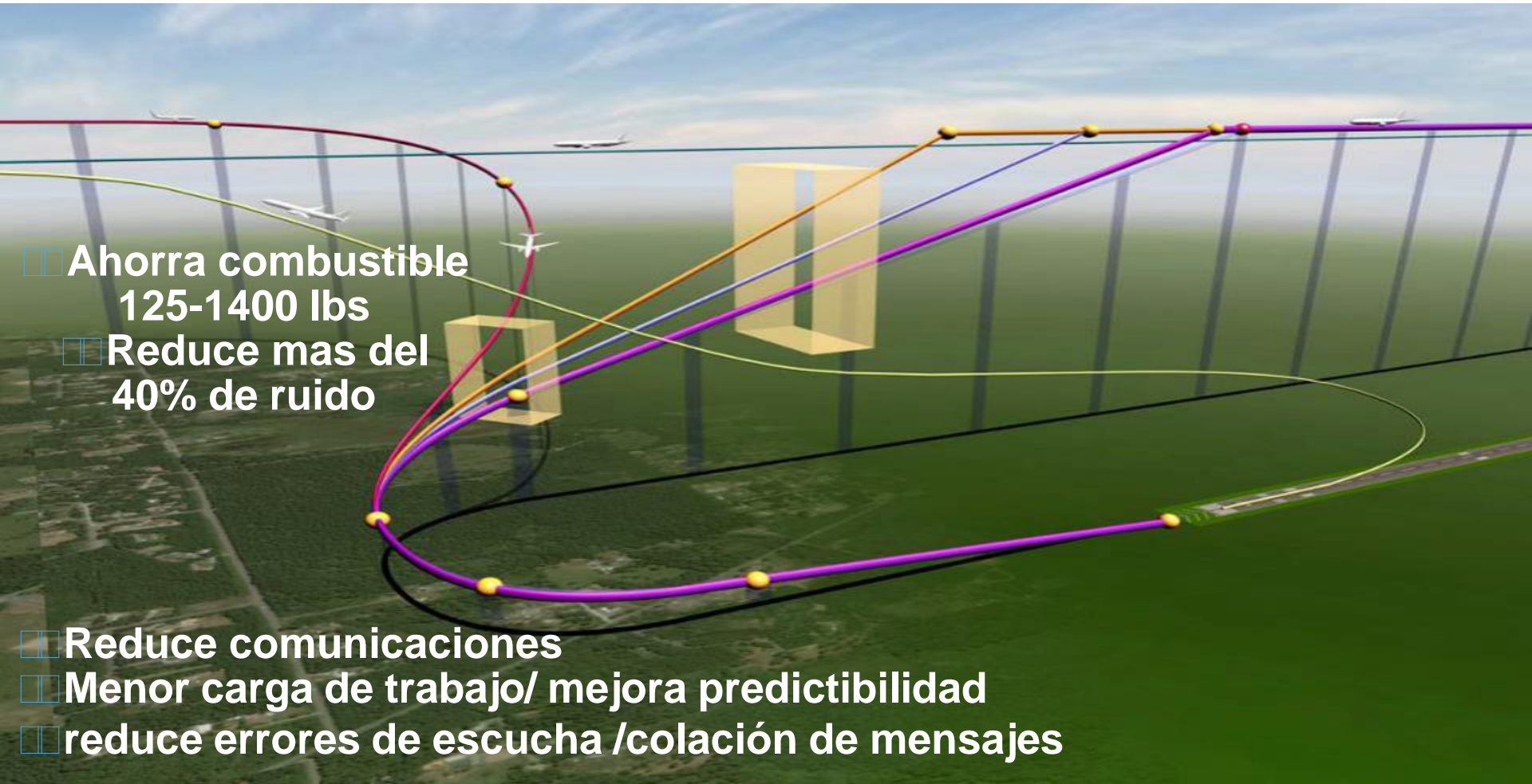
Puntos de decisión estructurados



Puntos de decisión estructurados



Diseño de trayectoria cerrada



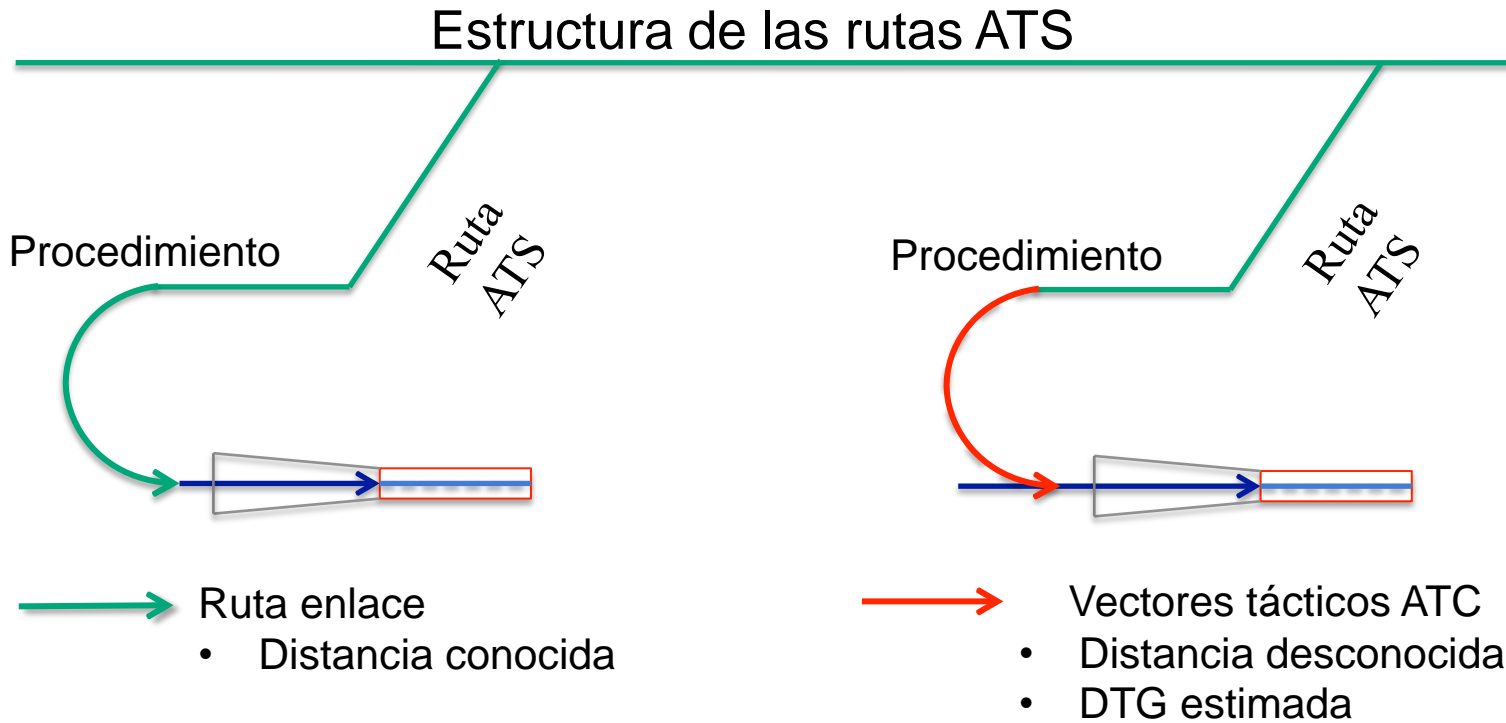
- Ahorra combustible
125-1400 lbs
- Reduce mas del
40% de ruido

- Reduce comunicaciones
- Menor carga de trabajo/ mejora predictibilidad
- reduce errores de escucha /colación de mensajes

Diferentes tipo de diseños

Trayectoria Cerrada

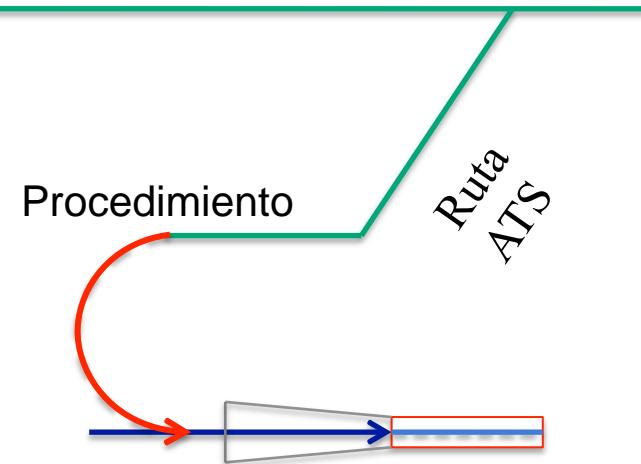
Trayectoria abierta



Diferentes tipo de diseños

Trayectoria abierta

Estructura de las rutas ATS

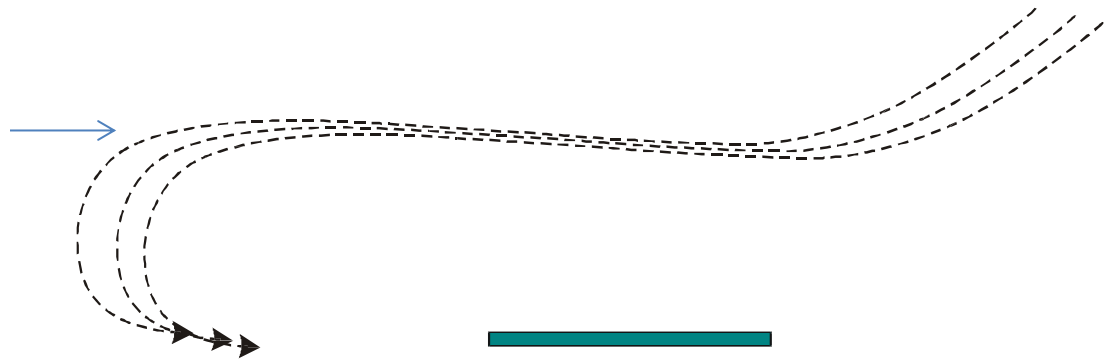


- Vectores tácticos ATC
- Distancia desconocida
 - DTG estimada

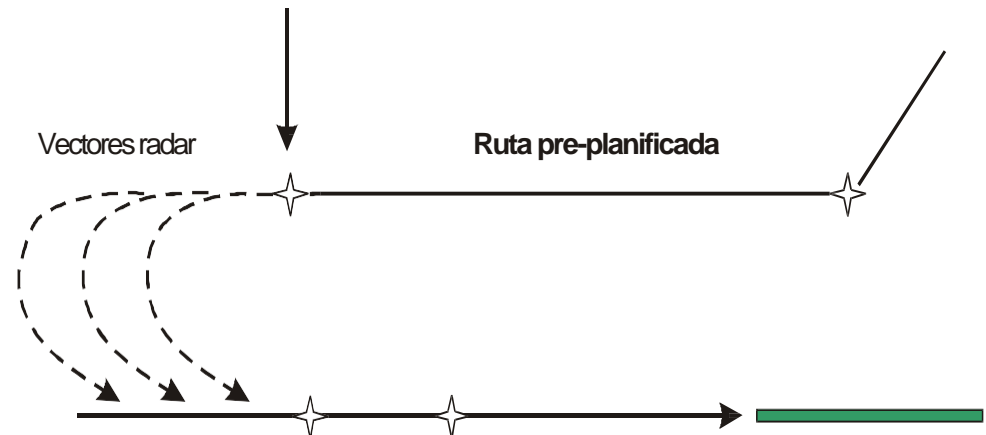
Diseño de trayectoria abierta

✈ Vectores CDO

El ATC proporciona al piloto la distancia estimada hasta el umbral de pista



Fin de ruta pre-planificada e inicio de vectores radar con el suministro de distancia estimada a volar .

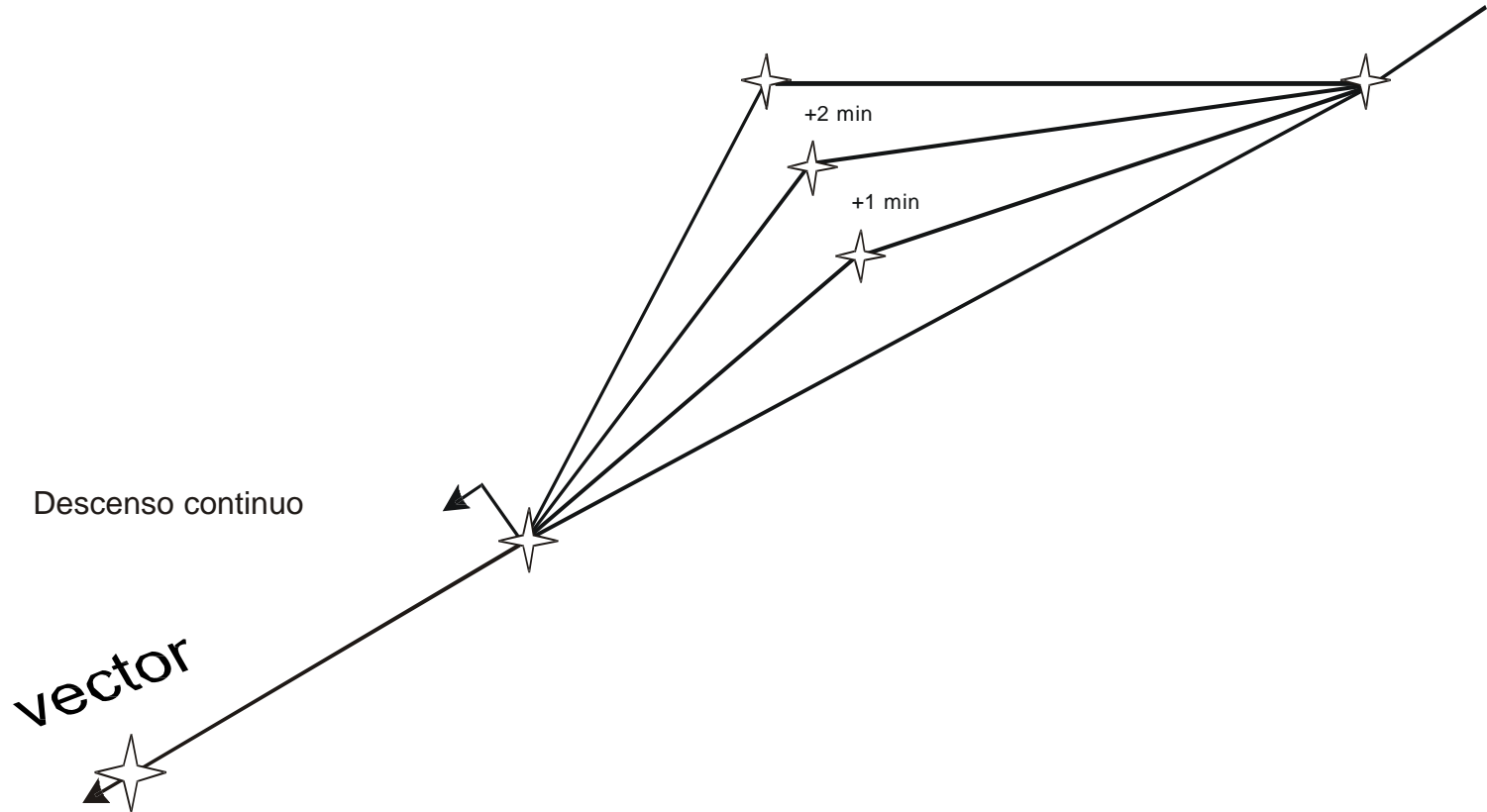


Métodos de secuenciación

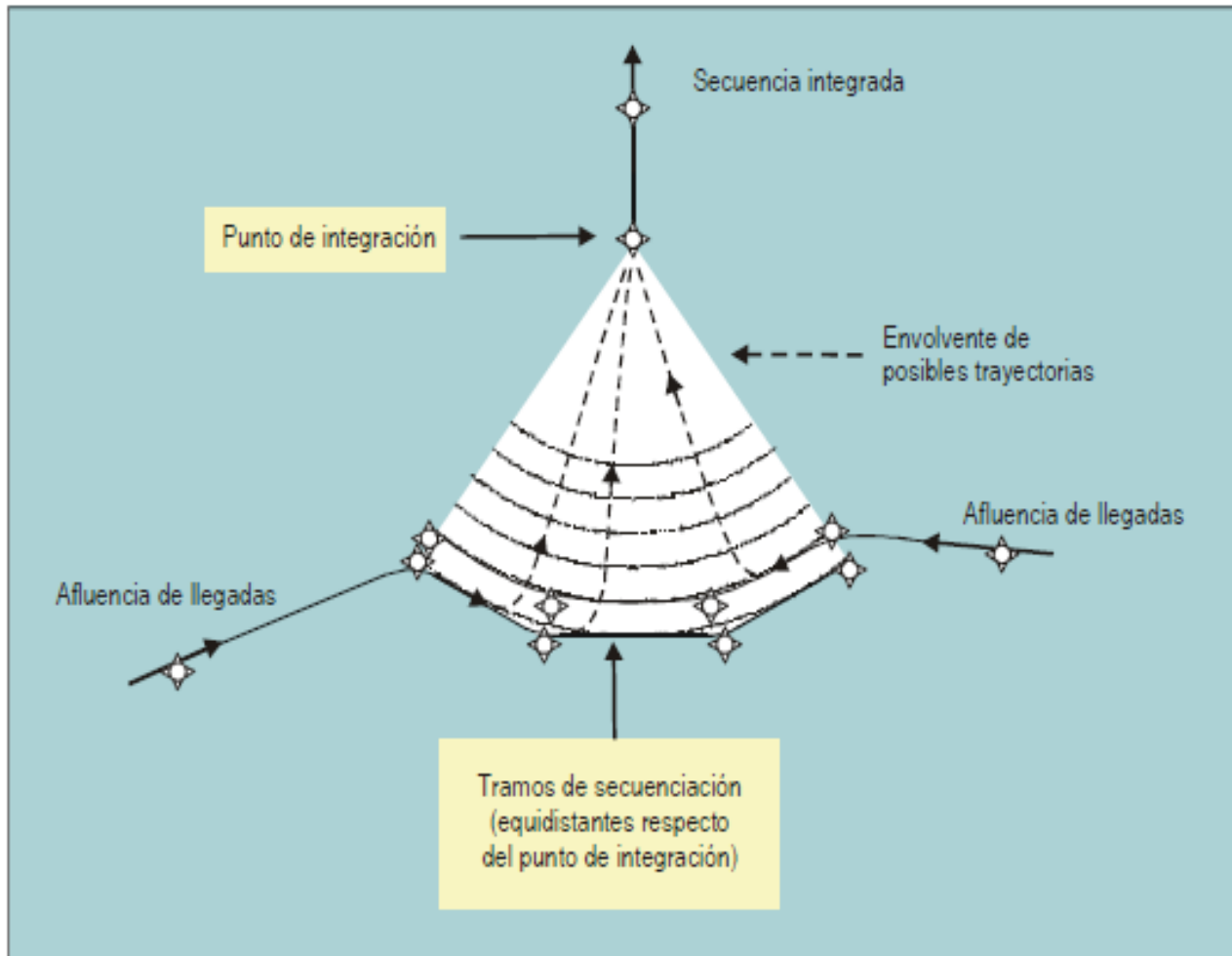
Salvo en condiciones de tránsito de muy baja densidad, por lo común se requiere algún tipo de secuenciación a fin de mantener una tasa de aterrizajes óptima. Pueden aplicarse los tres métodos de secuenciación que siguen a los dos tipos de CDO:

- Automática
- Velocidad
- Guía vectorial

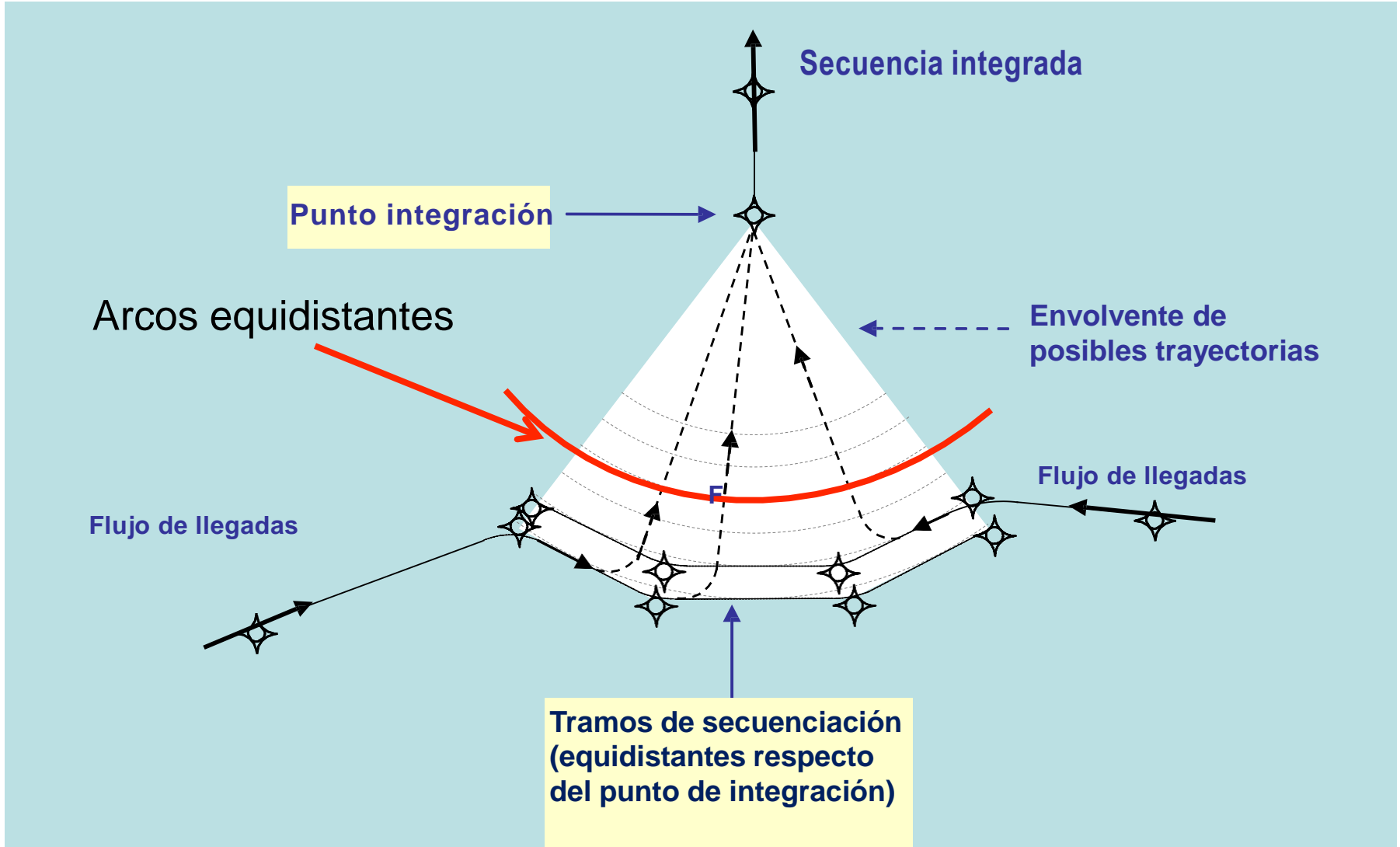
Alargamiento de la trayectoria



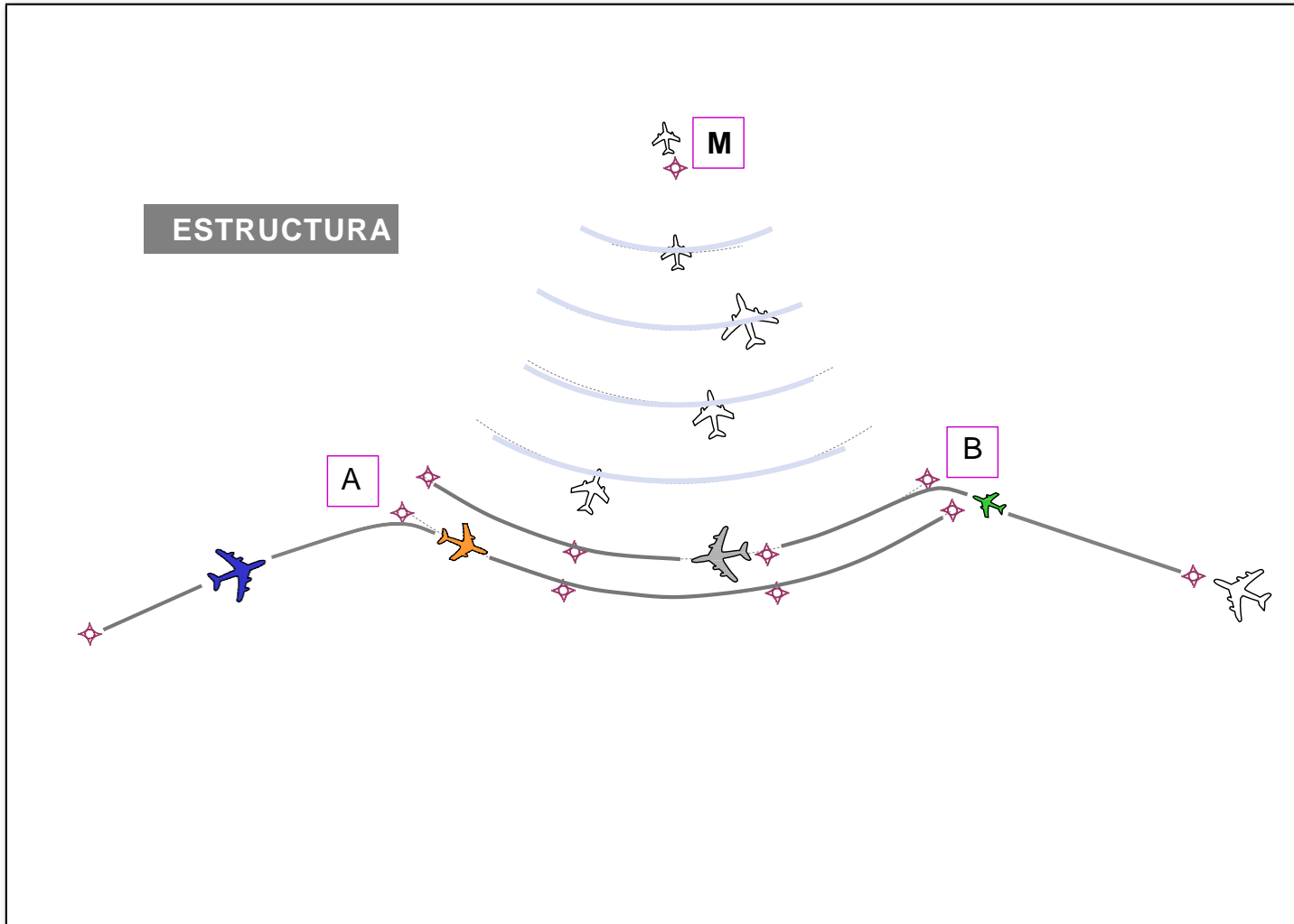
Punto de integración (Point Merge)



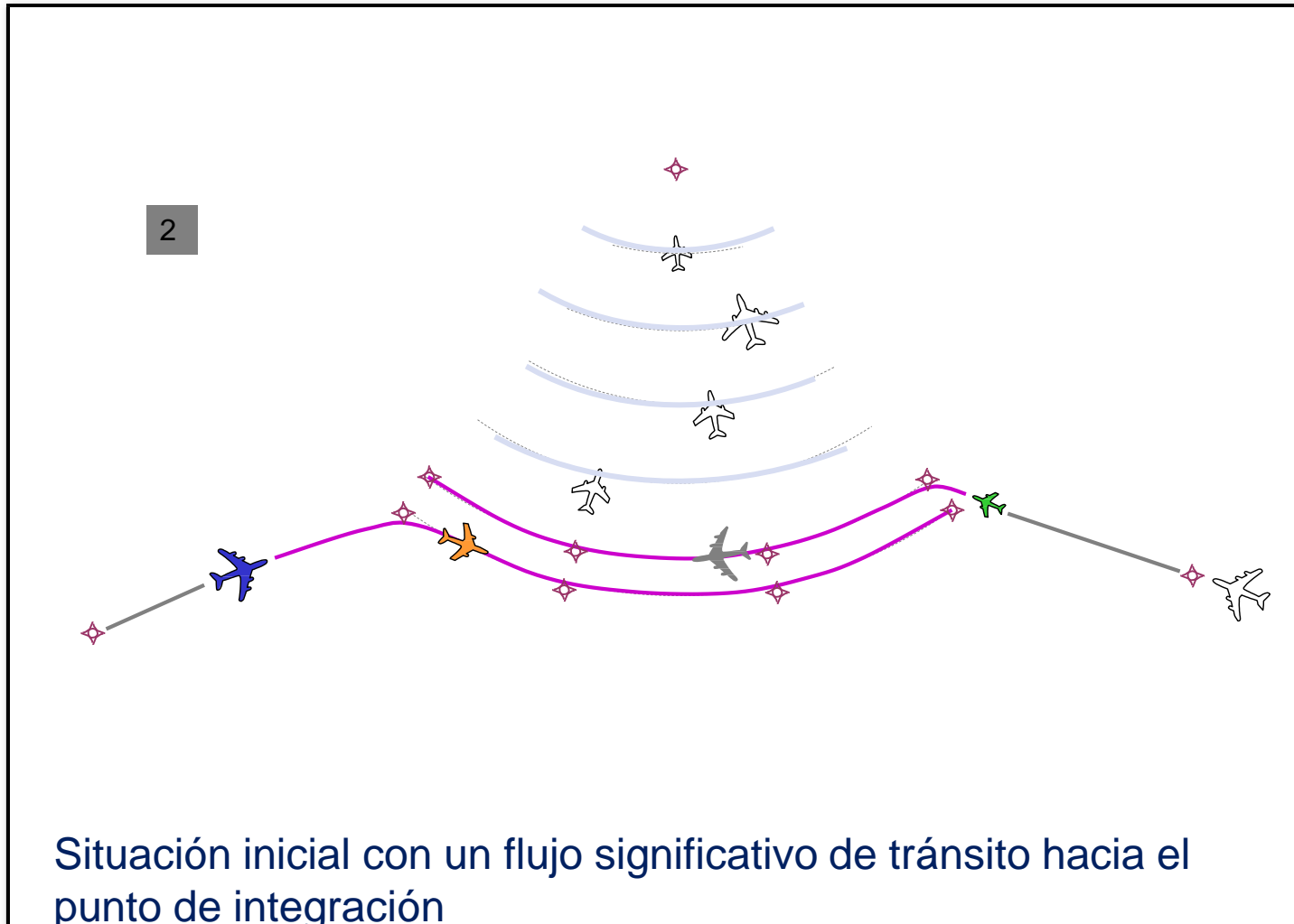
Trayectorias CDO Abiertas – Punto de integración



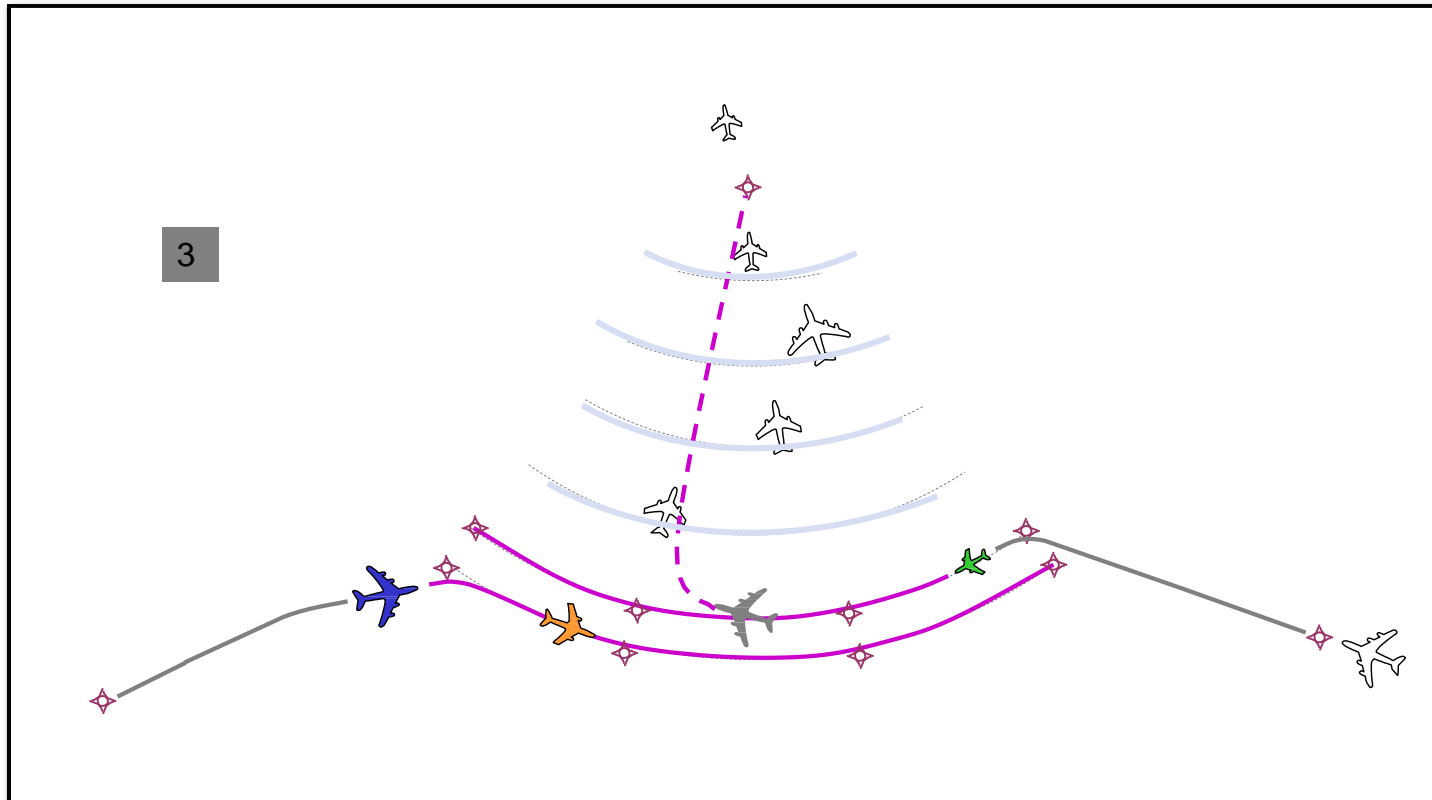
Punto de integración (1/5)



Punto de integración (2/5)



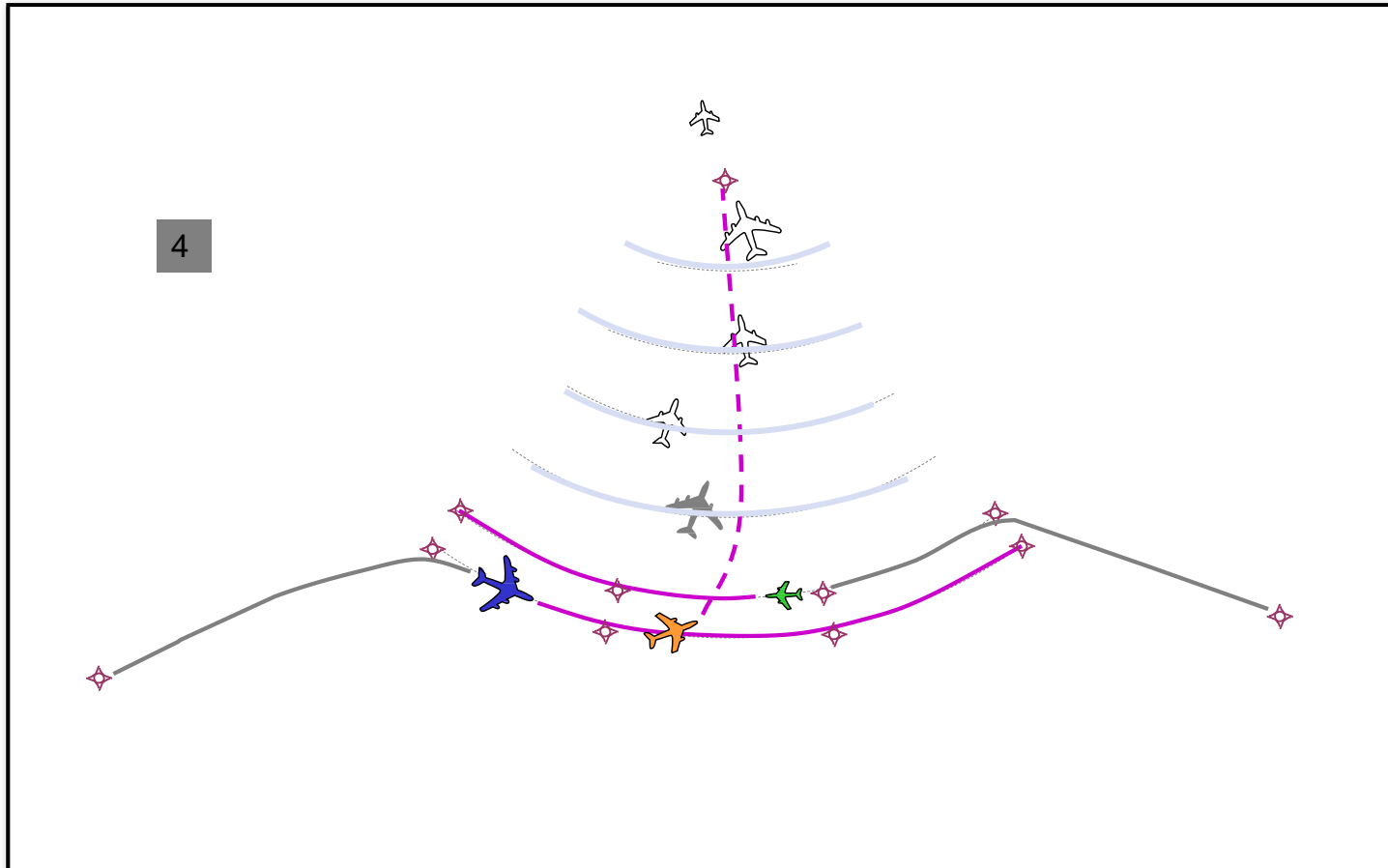
Punto de integración (3/5)



La aeronaves gris vira hacia el punto de integración. El controlador determina cuando emitir la instrucción “Directo al punto de integración”

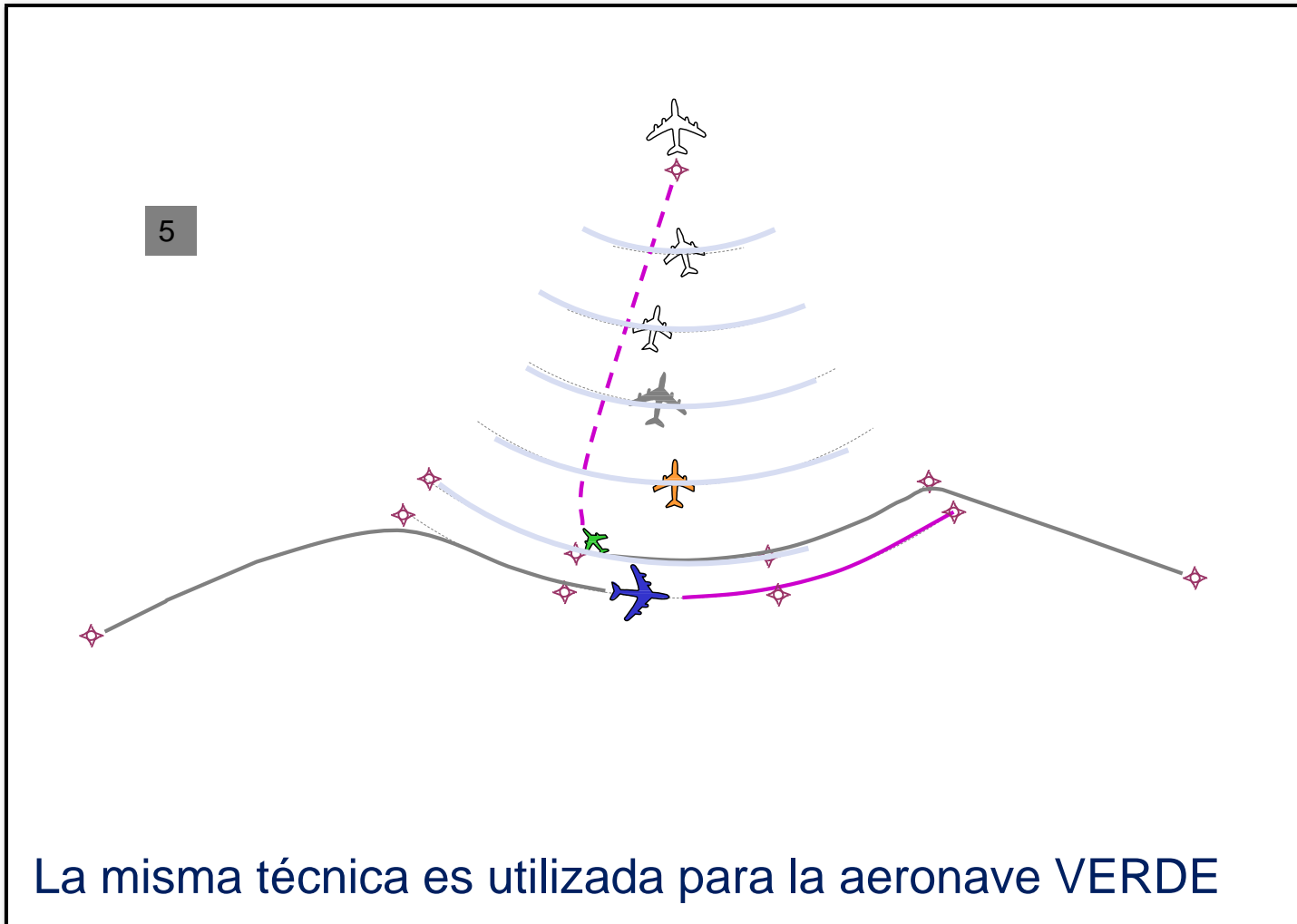
Instrucciones para la aeronave dorada para asegurar que el espaciamento requerido con la aeronave precedente será mantenido.

Punto de integración (4/5)



El controlador emite instrucción de “Viraje Izquierda directo al punto de integración a la aeronave DORADA utilizando los arcos de distancia para obtener la separación adecuada con la aeronave GRIS

Punto de integración (5/5)



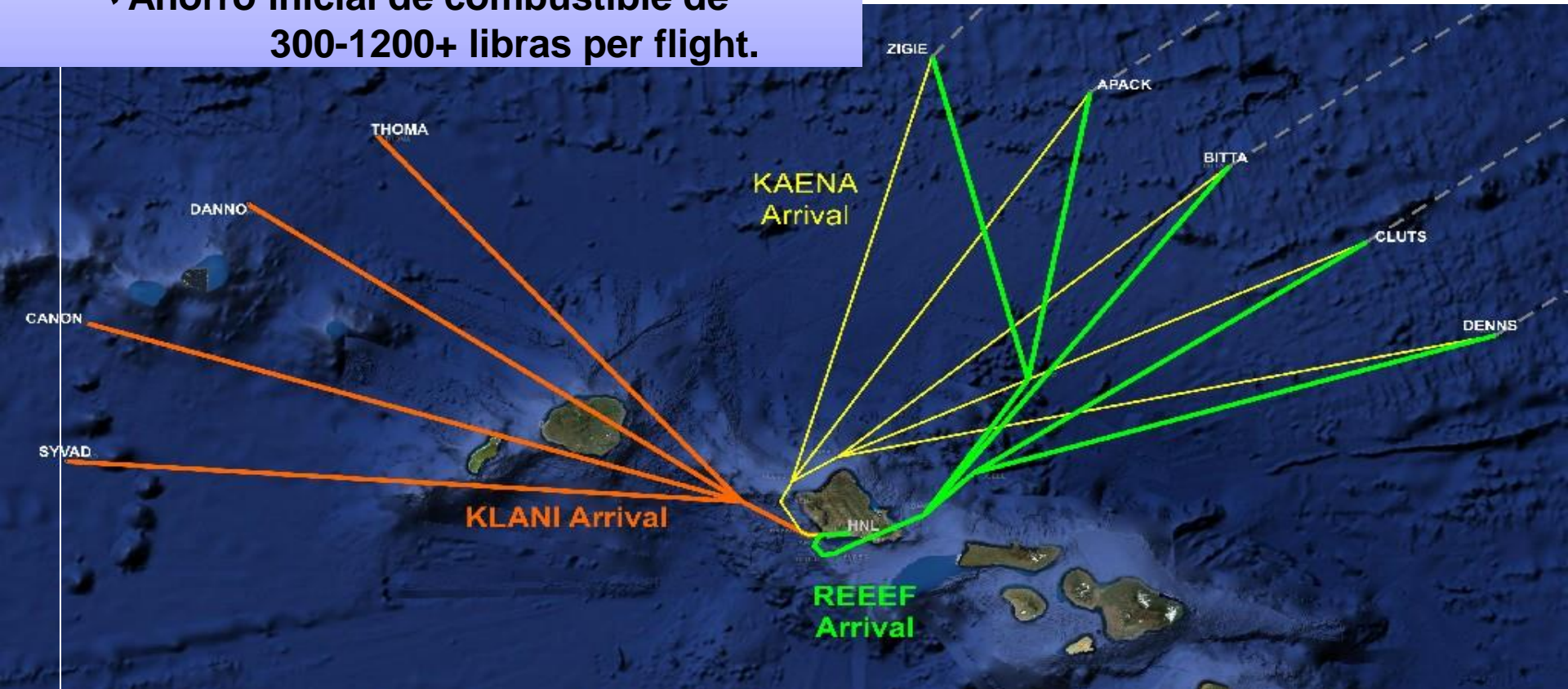
Consideraciones finales de diseño CDO

- Minimizar el número de ventanas requeridas.
- Evitar especificaciones de altitud difíciles de mantener, establecer ventanas lo mas amplias posibles.
 - “Igual o mayor a 7000” es preferible “A 7000”
 - “Mayor a 7000, menor a 11000 es preferible a Mayor a 7000, menor de 7500
- Puntos estructurados y mostrados en el radar proporciona al ATC la posibilidad de tomar acciones en forma temprana.

KAENA, KLANI, REEEF CDO

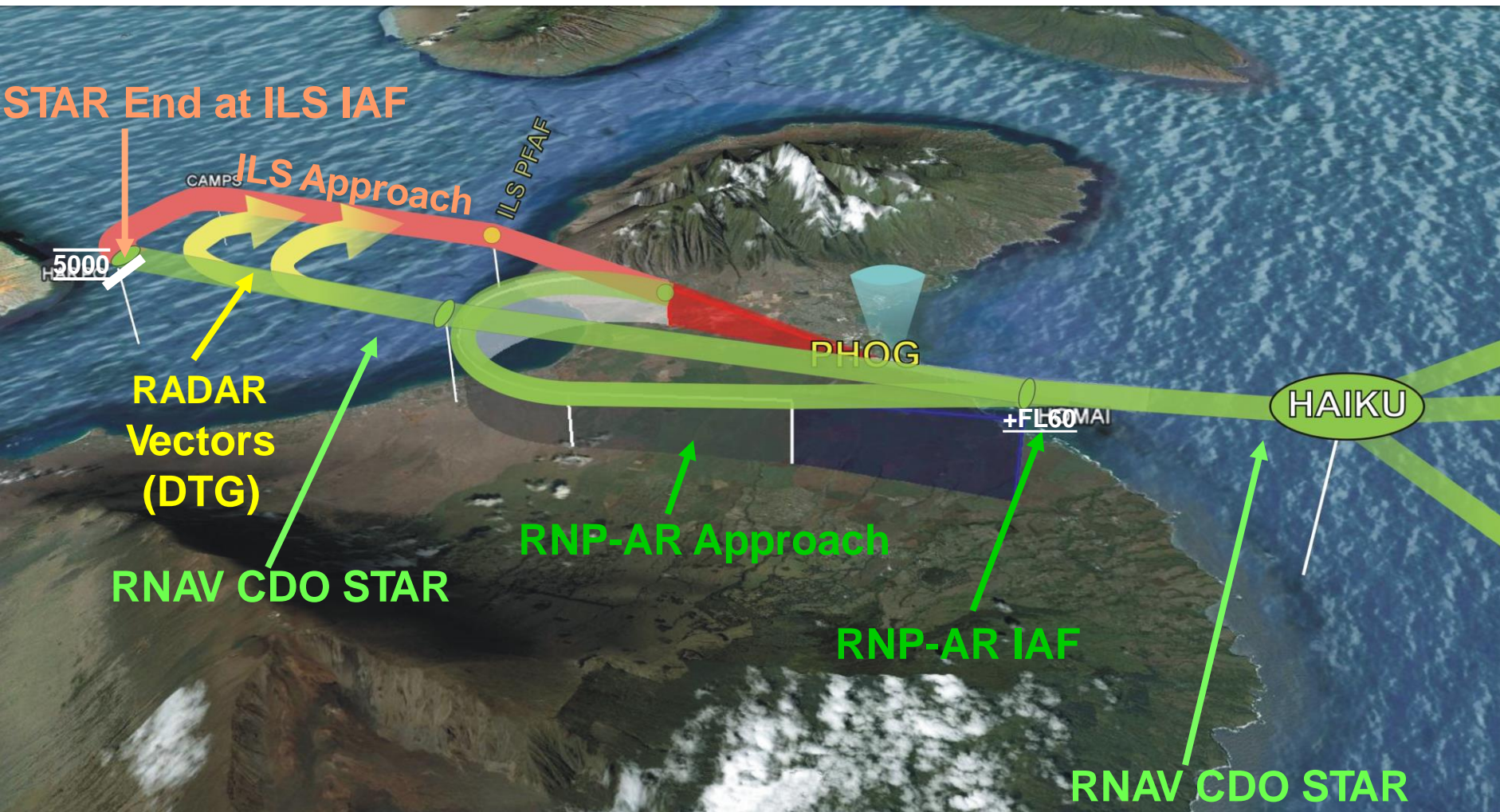
- ✓ Totalmente integrada/enlazada con la aproximación
- ✓ Descenso desde FL de crucero.
- ✓ Ahorro inicial de combustible de 300-1200+ libras per flight.

Ejemplo HNL CDO

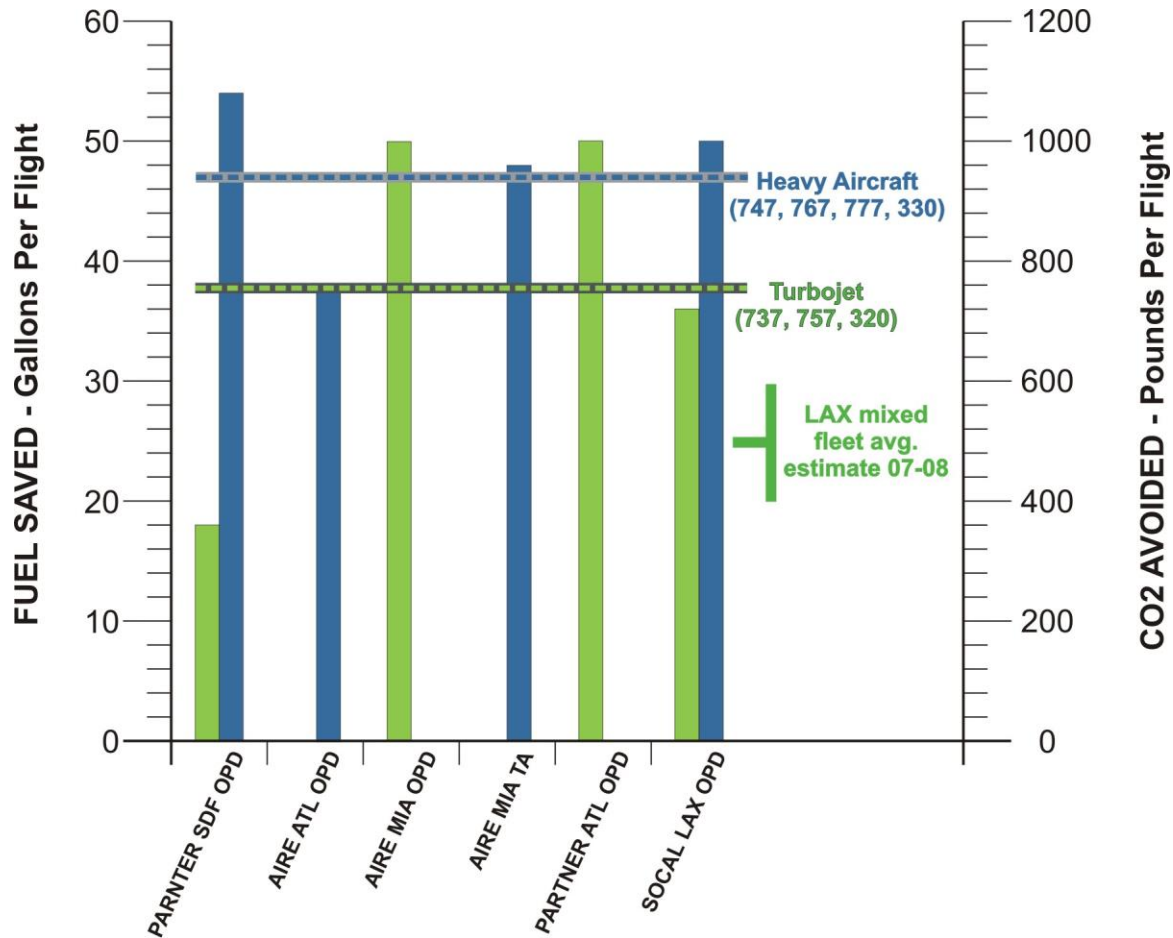


Integrando RNAV, RNP, & Capacidades Convencionales

Integración CDO



Ejemplo de ahorro de combustible y emisiones CO2 aplicando CDO en LAX







- North American Central American and Caribbean (NACC) Office
Mexico City
- South American (SAM) Office
Lima
- ICAO Headquarters
Montreal
- Western and Central African (WACAF) Office
Dakar
- European and North Atlantic (EUR/NAT) Office
Paris
- Middle East (MID) Office
Cairo
- Eastern and Southern African (ESAF) Office
Nairobi
- Asia and Pacific (APAC) Office
Bangkok

Thank You