



**Agenda Item 3: Report on activities and deliverables of the GESEA and Subgroups**

**SAM REGION AIRSPACE PLANNING GUIDANCE MANUAL**

(Prepared by Secretariat)

**SUMMARY**

This working paper presents the proposed Airspace Planning guidance for the SAM Region in two Parts for analysis and validation.

**References:**

- SAM/IG meetings
- Doc 9613 – Performance-Based Navigation (PBN) Manual
- Doc 9992 - Manual on the use of performance-based navigation (PBN) in airspace design.

**1. Background**

1.1 The various activities developed with representatives and specialists of the States of the SAM Region with a view to strengthening the capabilities and knowledge of human resources, directed by the Regional Office through the different Working Groups and supported by Project RLA 06/ 901, have contributed significantly to the achievement of the goals and objectives established in the Region with a view to making Air Traffic Management more efficient and maintaining the standards defined in matters of Operational Safety through the strengthening and improvements implemented in the Air Space structure and demanding resources, for sustainable and environmentally friendly aviation.

1.2 Such was the effort and dedication of the Working Groups involved that, this attitude, has contributed to the preparation and making available of supporting documentation for the Management of Airspace Planning that, we hope, will contribute positively to the implementation of the concept of airspace in the Region and, consequently, the benefits it brings in various aspects, efficiency in ATS management, capacity, savings and reductions.

1.3 We could chronologically cite the Workshops, Meetings (in person and virtual), carried out by the Working Groups, however, the most relevant thing in this sense is the valuable contribution presented by them that we hope will contribute positively to the direction of implementation of the concept of airspace in their States through the use and application of knowledge and best practices gathered in a guide product presented in two Parts (currently only in Spanish):

- SAM REGION AIRSPACE PLANNING GUIDE MANUAL
- Part I - IMPLEMENTATION OF AIRSPACE CONCEPTS and
- Part II - PLANNING TECHNIQUES.

## 2. **Analysis**

2.1 The lack of information or specific guides generally makes it more difficult to plan and execute projects to modify, restructure or adapt the current conditions of an airspace or scenario to a more efficient one that responds to the real needs of all stakeholders interested and involved.

2.2 SAMIG and GESEA, aware of this, have made it possible, in contribution with the States of the Region, to prepare an Airspace Planning Guide for the SAM Region, which is attached as Appendix “A”, Part I and Appendix “B”, Part II, in which the essential aspects and knowledge acquired from previous experiences have been considered and included, without this meaning an absolute, and which is made available and considered by the participants of this meeting.

2.3 The set of the variety of knowledge, skills and competencies required in the execution of this task paints a complex scenario, however, the need to respond to the current demand of users in an efficient and safe manner makes States seek an answer in accordance with the concepts and objectives defined for the management of operational safety and efficiency in the environment in which air navigation is developed.

2.4 Airspace planning and the introduction of improvements in response to demand reflects the consistent interest of the parties involved, responding to continuous and timely improvement.

## 3. **Suggested actions**

3.1 The Meeting is invited to:

- a) Analyze the Proposal presented in Appendices “A” and “B”; and
- b) Validate the texts for their use and application in the SAM Region.

**SAMIG31 NE/WP 3.2 - Apéndice/Appendix A**



**ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL  
OFICINA REGIONAL SUDAMERICANA**

**MANUAL GUÍA DE PLANIFICACIÓN DE ESPACIO AÉREO  
DE LA REGIÓN SAM**

**PARTE I: IMPLEMENTACIÓN DE CONCEPTOS DE ESPACIO AÉREO**

Draft 3.0



# MANUAL GUÍA DE PLANIFICACIÓN DE ESPACIO AÉREO DE LA REGIÓN SAM

## PARTE I: IMPLEMENTACIÓN DE CONCEPTOS DE ESPACIO AÉREO

### CONTROL DE CAMBIOS

<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Cambio</b>	<b>Paginas</b>
Draft 2.0	23 octubre 2023	Borrador presentado para proceso de validación / aprobación ante SAM/IG/30	Todas
Draft 2.1	Desde 12 diciembre 2023	Revisión Grupo Adhoc de SAMIG30	Todas
Draft 3.0	26 abril 2024	Para Presentar a SAMIG31	Todas
Draft 3.0	30 abril 2024	Revisión editorial	Todas

## CONTENIDO

1	PREFACIO.....	5
2	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	6
2.1	DEFINICIONES .....	6
2.2	ABREVIATURAS .....	9
3	ANTECEDENTES .....	11
3.1	CONCEPTO DE ESPACIO AÉREO.....	11
3.2	BENEFICIOS DE LA PBN.....	12
4	PROCESO .....	14
4.1	INTRODUCCIÓN.....	14
4.2	FASE DE PLANIFICACIÓN .....	16
4.3	FASE DE DISEÑO .....	35
4.4	FASE DE VALIDACIÓN.....	40
4.5	FASE DE IMPLEMENTACIÓN .....	52
5	REFERENCIAS .....	57

## 1 PREFACIO

La planificación del espacio aéreo requiere diversos recursos, competencias y habilidades para lograr que un nuevo concepto operacional, así como un nuevo modelo de circulación en ruta y TMA, cumplan con los objetivos estratégicos establecidos para un determinado proyecto de concepto de espacio aéreo. Ello involucra; recolección y análisis de datos de tránsito aéreo; cobertura de los sistemas de comunicación y vigilancia, comprensión de la distribución geográfica de los flujos, mezcla (mix) de tránsito aéreo y performance de las aeronaves; definición de nuevos flujos de llegadas y salidas para uno o varios aeródromos, definición de la estructura de rutas y procedimientos de navegación aérea, entre otros aspectos.

El desarrollo de los escenarios que describen la organización del espacio aéreo y la circulación aérea son los cimientos para la implementación de estos nuevos conceptos. Este desarrollo requiere la especialización y competencia de los profesionales responsables de la planificación.

En Sudamérica no se contaba con una norma (o guía) regional sobre planificación de espacio aéreo, tampoco con un plan de curso o formación adecuada para los especialistas que desarrollan esa actividad. Esto ha obstaculizado en cierta medida la implementación eficiente de conceptos de espacio aéreo en la Región, reflejado en:

- Falta de alineación con las mejores prácticas internacionales;
- Diferentes TMA/CTR estructurados con diferentes técnicas de organización de espacio aéreo;
- Dependencia del talento individual del especialista;
- Falta de estandarización en la aplicación de técnicas de organización de espacio aéreo;
- Retrasos y/o reinicio de trabajos y dificultades en la implementación de los conceptos de espacio aéreo;
- Insatisfacción entre los usuarios en general (ATCO, pilotos, aerolíneas, etc.).

Durante la reunión SAM/IG/25 en noviembre de 2020, se aprobó la propuesta mediante un Job Card para la formulación de normas y guías regionales sobre la planificación del espacio aéreo. Además, se acordó desarrollar cursos y entrenamientos para los especialistas con el objetivo de abordar la importante brecha existente en la planificación del espacio aéreo.

Consecuentemente, a través del soporte del Subgrupo 1 “Planificación de espacio aéreo” del GESEA, se ha elaborado el presente Manual Guía de Planificación de Espacio Aéreo de la Región SAM, conformado por la **parte I “Implementación de concepto de espacio aéreo”** y la **parte II “Técnicas de planificación”**.

Esta Guía tiene la finalidad de integrar las mejores prácticas derivadas de la documentación de la OACI, así como alinear criterios para la planificación de espacio aéreo dentro la Región SAM, reconociendo que las necesidades de cada Estado son diversas y cambiantes. Por ello, se propone una gestión flexible de proyectos de implementación de Conceptos de Espacio aéreo, que puede ser adaptada a las dimensiones del proyecto.

A la vez, el material guía armonizado permite organizar programas consistentes de capacitación e instrucción para planificadores de espacio aéreo, y se facilita la cooperación horizontal entre Estados y/o entre entidades de planificación de la Región, que conllevará, en un futuro próximo, a desarrollar sinergias para abordar iniciativas multinacionales para los proyectos de implantación.

## 2 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

**Nota:** Las definiciones y abreviaturas aplican a la Parte I y Parte II del Manual.

### 2.1 DEFINICIONES

#### APLICACIÓN DE NAVEGACIÓN AÉREA

Aplicación de una especificación para la navegación y de la correspondiente infraestructura de ayudas para la navegación en apoyo a rutas y, procedimientos dentro de un volumen de espacio aéreo definido de conformidad con el concepto de espacio aéreo previsto.

**Nota:** La aplicación de navegación es un elemento, junto con las comunicaciones, la vigilancia y los procedimientos ATM, que cumple los objetivos estratégicos de un concepto de espacio aéreo definido.

#### AERONAVES PARTICIPANTES

Aeronaves directamente involucradas con la actividad para la cual el Espacio Aéreo para Uso Especial ha sido establecido.

#### AERONAVES NO PARTICIPANTES

Aeronaves no involucradas con la actividad para la cual el Espacio Aéreo para Uso Especial ha sido establecido.

#### ESCENARIO

Conjunto representado por las rutas ATS, procedimientos de llegada y salida, volúmenes de espacio aéreo, sectorización y estándar de operación, como, por ejemplo, demanda de tránsito aéreo, acuerdos operacionales, modelo operacional de las unidades ATC, etc. Los escenarios pueden subdividirse como:

##### 1. ESCENARIO NUEVO

Es el escenario elegido como resultado de la validación, el cual presenta los mejores resultados en función de los parámetros, métricas y criterios de performance y seguridad para atender los objetivos establecidos para el nuevo concepto de espacio aéreo.

##### 2. ESCENARIO PROPUESTO

Son los escenarios desarrollados por el equipo de planificación del espacio aéreo que serán propuestos para simulación, y comparación con el escenario de referencia, buscando elegir el mejor, cuyo resultado será el nuevo escenario.

##### 3. ESCENARIO DE REFERENCIA

Escenario actual, base de la comparación con los escenarios propuestos, para obtener según los parámetros definidos por el equipo de planificación del espacio aéreo, un escenario nuevo para ser implementado

#### CONCEPTO DE ESPACIO AÉREO

Expresión genérica que proporciona la descripción y el marco de operaciones previsto dentro de un espacio aéreo. Los conceptos de espacio aéreo se elaboran para satisfacer objetivos estratégicos explícitos tales como mejora de la seguridad operacional, aumento en la capacidad de tránsito aéreo y mitigación de las repercusiones en el medio ambiente, etc. Pueden incluir detalles de la organización práctica del espacio aéreo

y sus usuarios basada en determinadas hipótesis CNS/ATM como, por ejemplo, estructura de rutas ATS, mínimas de separación, espaciado entre rutas y franqueamiento de obstáculos.

### **DISEÑADOR DE PROCEDIMIENTOS DE VUELO**

Especialista responsable del diseño de procedimientos de vuelo que cumple los requisitos de competencia establecidos por el Estado.

### **ESPACIO AÉREO ATS**

Espacio aéreo de dimensiones definidas, designado alfabéticamente desde A hasta G, dentro del cual pueden operar tipos específicos de vuelos y para los cuales son establecidos los servicios de tránsito aéreo, así como las reglas de operación.

### **ESPACIO AÉREO PARA USO ESPECIAL (SUA)**

Expresión genérica que se aplica, según el caso, a una condición de restricción o reserva de una determinada porción del espacio aéreo designado para operaciones específicas, como son el entrenamiento, los ejercicios y las operaciones militares, cuya naturaleza puede exigir que se impongan limitaciones de acceso al espacio aéreo a otras aeronaves que no participan en esas actividades. Estos volúmenes de espacio aéreo pueden incluir Zonas Restringidas, Peligrosas y Prohibidas o Áreas Reservadas Temporalmente (TRA), Áreas Segregadas Temporalmente (TSA), entre otras.

**ESPACIO AÉREO DE RUTAS LIBRES (FRA)** Espacio aéreo específico dentro del cual los usuarios pueden planificar libremente una ruta entre un punto de entrada definido y un punto de salida definido, con la posibilidad de realizar rutas a través de puntos significativos intermedios (publicados o no publicados), sin referencia a la red de rutas ATS, sujeto a la disponibilidad del espacio aéreo. Dentro de este espacio aéreo, los vuelos siguen sujetos al control de tránsito aéreo.

### **ESPECIFICACIÓN PARA LA NAVEGACIÓN**

Conjunto de requisitos relativos a la aeronave y a la tripulación de vuelo necesarios para dar apoyo a las operaciones de la Navegación Basada en la Performance dentro de un espacio aéreo definido. Existen dos clases de especificaciones para la navegación: RNAV y RNP.

#### **1. ESPECIFICACIÓN RNAV**

Especificación para la navegación basada en la navegación de área que no incluye el requisito de control y alerta de la performance, designada por medio del prefijo RNAV, por ejemplo, RNAV 5, RNAV 1.

#### **2. ESPECIFICACIÓN RNP**

Especificación para la navegación basada en la navegación de área que incluye el requisito de control y alerta de la performance, designada por medio del prefijo RNP, por ejemplo, RNP 4, RNP APCH.

**Nota:** El Volumen II del Manual de Navegación Basada en la Performance (PBN) (Doc 9613) contiene directrices detalladas sobre las especificaciones para la navegación.

### **FUNCIÓN DE NAVEGACIÓN**

La capacidad detallada del sistema de navegación (como la ejecución de tramos de transición, capacidades de desplazamiento paralelo, circuitos de espera, bases de datos de navegación) requerida para satisfacer el concepto de espacio aéreo.

**Nota:** Los requisitos funcionales de navegación son uno de los elementos para la selección de una especificación para la navegación en particular.

### **INFRAESTRUCTURA DE AYUDAS PARA LA NAVEGACIÓN**

Expresión que designa las ayudas para la navegación basadas en tierra o en el espacio disponible para satisfacer los requisitos de la 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 cual puede comenzarse un procedimiento publicado de aproximación por instrumentos.

### **MODELADO**

Actividad de construir un modelo que reproduzca las características de una realidad o de un conjunto de modificaciones propuestas, permitiendo la identificación de las características o funcionalidades de un sistema.

### **MODELO**

Representación de un sistema real mediante relaciones lógicas y cuantitativas, los cuales son manipulados para conocerse el comportamiento del sistema ante determinadas modificaciones.

### **NAVEGACIÓN BASADA EN LA PERFORMANCE (PBN)**

Navegación de área basada en requisitos de performance que se aplican a las aeronaves que realizan operaciones en una ruta ATS, en un procedimiento de aproximación por instrumentos en un espacio aéreo designado.

**Nota:** En las especificaciones para la navegación los requisitos de performance se expresan en función de la precisión, la integridad, la continuidad, la disponibilidad y la funcionalidad necesarias para la operación propuesta en el contexto de un concepto de espacio aéreo en particular.

### **OPERACIÓN DE ASCENSO CONTINUO (CCO)**

Operación habilitada por el diseño del espacio aéreo, el diseño de procedimientos y el ATC, en la que una aeronave que sale asciende continuamente, en la medida de lo posible, optimizando el empuje ascendente del motor y las velocidades de ascensión hasta que alcanza el nivel de vuelo en crucero.

### **OPERACIÓN DE DESCENSO CONTINUO (CDO)**

Operación habilitada por el diseño del espacio aéreo, el diseño de procedimientos y el ATC, en la que una aeronave que llega desciende continuamente, en la medida de lo posible, usando el empuje mínimo del motor e idealmente en configuración de baja resistencia al avance, antes del punto de referencia de aproximación final/punto de aproximación final.

**Nota1:** Una CDO óptima se inicia a partir del comienzo del descenso y utiliza perfiles de descenso que reducen los segmentos de vuelo horizontal, el ruido, el consumo de combustible, las emisiones y la comunicación entre el controlador y el piloto, al tiempo que aumenta la posibilidad de predecir de los pilotos y los controladores, y la estabilidad de vuelo.

**Nota2:** Una CDO que se inicie al nivel más elevado posible en las fases de vuelo en ruta o de llegada logrará la máxima reducción del consumo de combustible, ruido y emisiones.

## **PLANIFICADOR DE ESPACIO AÉREO**

Especialista debidamente capacitado, responsable por el desarrollo de la actividad de Planificación de Espacio Aéreo.

## **PLANIFICACIÓN DEL ESPACIO AÉREO**

Actividad que utiliza técnicas de organización y gestión del espacio aéreo para diseñar, analizar y proponer escenarios operacionales de Conceptos de Espacio Aéreo para atender a objetivos estratégicos.

## **PROCEDIMIENTO DE NAVEGACIÓN AÉREA**

Procedimiento que establece una serie de trayectorias de vuelo, con protección específica de obstáculos, y que tiene por objetivo la seguridad, economía, regularidad y fluidez de las operaciones aéreas visuales y por instrumentos.

## **RUTAS DIRECTAS (DCT)**

Rutas que proporcionan a los usuarios del espacio aéreo mejores opciones de planeamiento, dentro de una FIR, de modo que la distancia nominal disminuya en comparación con la red de rutas ATS fijas (publicadas).

## **SALIDA NORMALIZADA POR INSTRUMENTOS (SID)**

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

## **SISTEMA DE VIGILANCIA ATS**

Expresión genérica que significa, según el caso, ADS-B, PSR, SSR o cualquier sistema basado en tierra comparable que permite la identificación de aeronaves.

**Nota:** Un sistema similar basado en tierra es aquél para el cual se ha comprobado, por evaluación comparativa u otra metodología, que tiene niveles de seguridad operacional y eficacia iguales o mejores que los del SSR monoimpulso.

## **2.2 ABREVIATURAS**

ACC	-	Centro de Control de Área
ADS-B		Vigilancia dependiente automática- radiodifusión
AIP	-	Publicación de Información Aeronáutica
AIRAC	-	Reglamentación y control de información aeronáutica
ANSP	-	Proveedor de servicios de navegación aérea
AOM	-	Organización y Gestión del Espacio Aéreo
AORRA	-	Área de enrutamiento aleatorio del océano atlántico
APP	-	Control de Aproximación
ARC	-	Carta de Área
ATC	-	Control de Tránsito Aéreo
ATCO	-	Controlador de tránsito aéreo

ATFM	-	Gestión de Flujo de Tránsito Aéreo
ATM	-	Gestión de Tránsito Aéreo
ATS	-	Servicios de Tránsito Aéreo
CCO	-	Operaciones de ascenso continuo
CDO	-	Operaciones de descenso continuo
CEA		Concepto de Espacio Aéreo
CORSIA	-	Plan de compensación y reducción de carbono para la aviación internacional
CDM		Toma de decisión en colaboración
CNS/ATM	-	Comunicación, navegación y vigilancia/Gestión de tránsito aéreo
CTR	-	Zona de Control
DME	-	Equipo radiotelemétrico
ENR		En ruta
EUROCONTROL	-	Organización europea para la seguridad operacional de la navegación aérea
FAF	-	Punto de referencia de aproximación final
FAVA		Área de Vectorización de Aproximación Final
FDP	-	Procesador de los datos de vuelo
FIR	-	Región de información de vuelo
FRA	-	Espacio Aéreo de Rutas Libres
FTS		Simulación en tiempo acelerado
GA	-	Aviación general
GNSS	-	Sistema mundial de navegación por satélite
IAC		Carta de aproximación por instrumentos
IAF	-	Punto de Aproximación Inicial
IAP	-	Procedimiento de aproximación por instrumentos
IF	-	Punto de Referencia Intermedio
IFR	-	Reglas de Vuelo por Instrumentos
LoA	-	Carta de Acuerdo Operacional
MET		Meteorología Aeronáutica
MOC	-	Margen mínimo de franqueamiento de obstáculo
OACI	-	Organización de Aviación Civil Internacional
PANS-OPS		Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea -Operación de Aeronaves
PBN	-	Navegación basada en la performance

PSR	- Radar Primario de Vigilancia
RAIM	Vigilancia autónoma de la integridad en el receptor
RDP	- Procesador de datos radar
RNAV	- Navegación de Área
RNP	- Performance de Navegación Requerida
RNP AR	- Performance de Navegación Requerida – Autorización Requerida
RTS	- Simulación en tiempo real
SARPS	- Normas y métodos recomendados
SID	- Salida Normalizada por Instrumentos
SSR	- Radar Secundario de Vigilancia
STAR	- Llegada Normalizada por Instrumentos
SUA	Espacio Aéreo para Uso Especial
TLS	- Nivel deseado de seguridad [operacional]
TMA	- Área de Control Terminal
TRA	- Área reservada temporalmente
TSA	- Área segregada temporalmente
UTA	Área de tránsito superior
VAC	Carta de aproximación visual
VFR	- Reglas de Vuelo Visual
VOR	- Radiofaro omnidireccional VHF
VPA	- Ángulo de Trayectoria Vertical

### 3 ANTECEDENTES

#### 3.1 CONCEPTO DE ESPACIO AÉREO

3.1.1 Un concepto de espacio aéreo describe las operaciones previstas dentro de un espacio aéreo y la forma en que se organiza éste para posibilitarlas. Incluye muchos de los componentes del concepto operacional ATM, comprendidos la organización y la gestión del espacio aéreo, el equilibrio entre la demanda y la capacidad, la sincronización del tránsito, las operaciones de los usuarios del espacio aéreo y la gestión de conflictos. Los conceptos de espacio aéreo se elaboran para satisfacer objetivos estratégicos explícitos e implícitos, tales como:

- a) la mejora o el mantenimiento de la seguridad operacional;
- b) el aumento de la capacidad de tránsito aéreo;
- c) la mejora de la eficiencia;

- d) las trayectorias de vuelo más precisas; y
- e) la mitigación de las repercusiones en el medio ambiente.

3.1.2 Los conceptos de espacio aéreo pueden incluir detalles de la organización práctica del espacio aéreo y de sus usuarios basándose en determinadas hipótesis sobre comunicaciones, navegación y vigilancia/gestión del tránsito aéreo (CNS/ATM), relativos a la estructura de las rutas de servicio de tránsito aéreo (ATS), las mínimas de separación, el espaciado entre rutas y el margen de franqueamiento de obstáculos. Un buen diseño del espacio aéreo y la colaboración con todas las partes interesadas (planificadores del espacio aéreo, diseñadores de procedimientos, aviación comercial, aviación general (GA), aviación militar, autoridades aeroportuarias, etc.) son cruciales para la implantación eficaz de un concepto de espacio aéreo (véase la Figura 1).

3.1.3 Un concepto de espacio aéreo está estrechamente relacionado con la planificación del espacio aéreo, que debe ser integral y tener en cuenta todos los aspectos y requisitos operacionales que definirán su especificación para establecer el alcance y los objetivos del concepto de espacio aéreo (aplicación).

3.1.4 Una vez desarrollado, el concepto de espacio aéreo describirá en detalle la organización del espacio aéreo deseada y de las operaciones que se realicen dentro del mismo. Abordará todos los objetivos estratégicos y determinará el conjunto de los elementos habilitantes CNS/ATM, así como toda hipótesis operacional y técnica. Un concepto de espacio aéreo es un plan maestro de diseño del espacio aéreo previsto y de su funcionamiento.



Figura 1 - Componentes del concepto de espacio aéreo

## 3.2 BENEFICIOS DE LA PBN

3.2.1 El concepto PBN de la OACI se introdujo en 2008 y está detallado en el Manual de Navegación Basada en la Performance (PBN) (Doc 9613). Sustituyó al de performance de navegación requerida (RNP).

3.2.2 La PBN incorpora la certificación de la aeronavegabilidad y los requisitos de aprobación operacional para el uso de un sistema RNAV en la implementación de espacios aéreos. Como se visualiza en la Figura 2, la PBN constituye uno de los elementos clave que permiten el concepto de espacio aéreo.

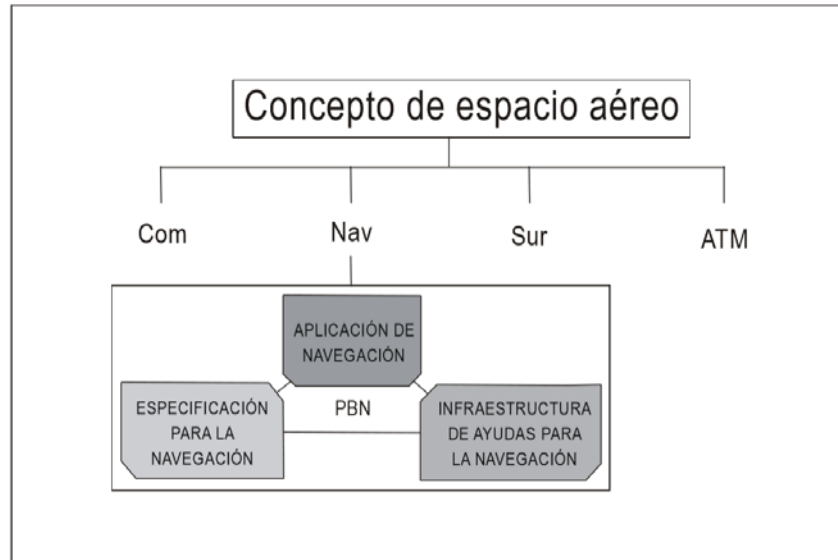


Figura 2 - El concepto de espacio aéreo y la PBN

3.2.3 La PBN ofrece múltiples ventajas con respecto a los pasados métodos de navegación convencionales, en los que los procedimientos de vuelo por instrumentos y las rutas aéreas se basaban en ayudas específicas para la navegación basadas en tierra y en los criterios de margen de franqueamiento de obstáculos conexos. Estas ventajas comprenden:

- a) reducir la necesidad de mantener rutas y procedimientos en función de sensores específicos y de los costos conexos;
- b) evitar tener que desarrollar las operaciones en función de sensores específicos cada vez que evolucionan los sistemas de navegación, lo que podría ser de un costo prohibitivo;
- c) permitir un uso más eficiente del espacio aéreo (emplazamiento de rutas, rendimiento del combustible, atenuación del ruido, etc.);
- d) aclarar el modo en que se usan los sistemas RNAV;
- e) facilitar el proceso de aprobación operacional de los explotadores, proporcionando un conjunto limitado de especificaciones para la navegación previstas para que constituyan la base del material operacional y de certificación que podría aplicarse a escala mundial conjuntamente con la infraestructura de navegación apropiada; y
- f) garantizar que la aprobación operacional en un Estado o región sea aplicable en otro Estado o región para aquellas aplicaciones de navegación que exijan la misma especificación para la navegación.

3.2.4 El desarrollo e implementación de un concepto de espacio aéreo mediante PBN aporta significativamente en términos de seguridad operacional, medio ambiente, capacidad y eficiencia de vuelo.

- a) La integración de la PBN en el desarrollo del concepto de espacio aéreo asegura la gestión integrada de requisitos contradictorios y aborda diversos intereses sin comprometer la seguridad operacional, la mitigación de impactos ambientales, la eficiencia de vuelo o la capacidad.

- b) Se mejora la seguridad operacional garantizando que el emplazamiento de rutas ATS y de los procedimientos de vuelo por instrumentos satisfagan íntegramente tanto los requisitos de ATM como de margen de franqueamiento de obstáculos;
- c) Aumenta la atenuación de las repercusiones ambientales al concederse igual importancia a las necesidades ambientales que al incremento de la capacidad en la definición de las operaciones que se suceden dentro de un espacio aéreo; y
- d) Se incrementan la capacidad del espacio aéreo y la eficiencia de vuelo perfeccionando el emplazamiento lateral y vertical tanto de las rutas ATS como de los procedimientos de vuelo por instrumentos.

## **4 PROCESO**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

4.1.1 El desarrollo y la implementación de un concepto de espacio aéreo puede desglosarse en cuatro fases principales: planificación, diseño, validación e implementación. Esas cuatro fases principales se dividen en 19 actividades separadas (véase la Figura 3):

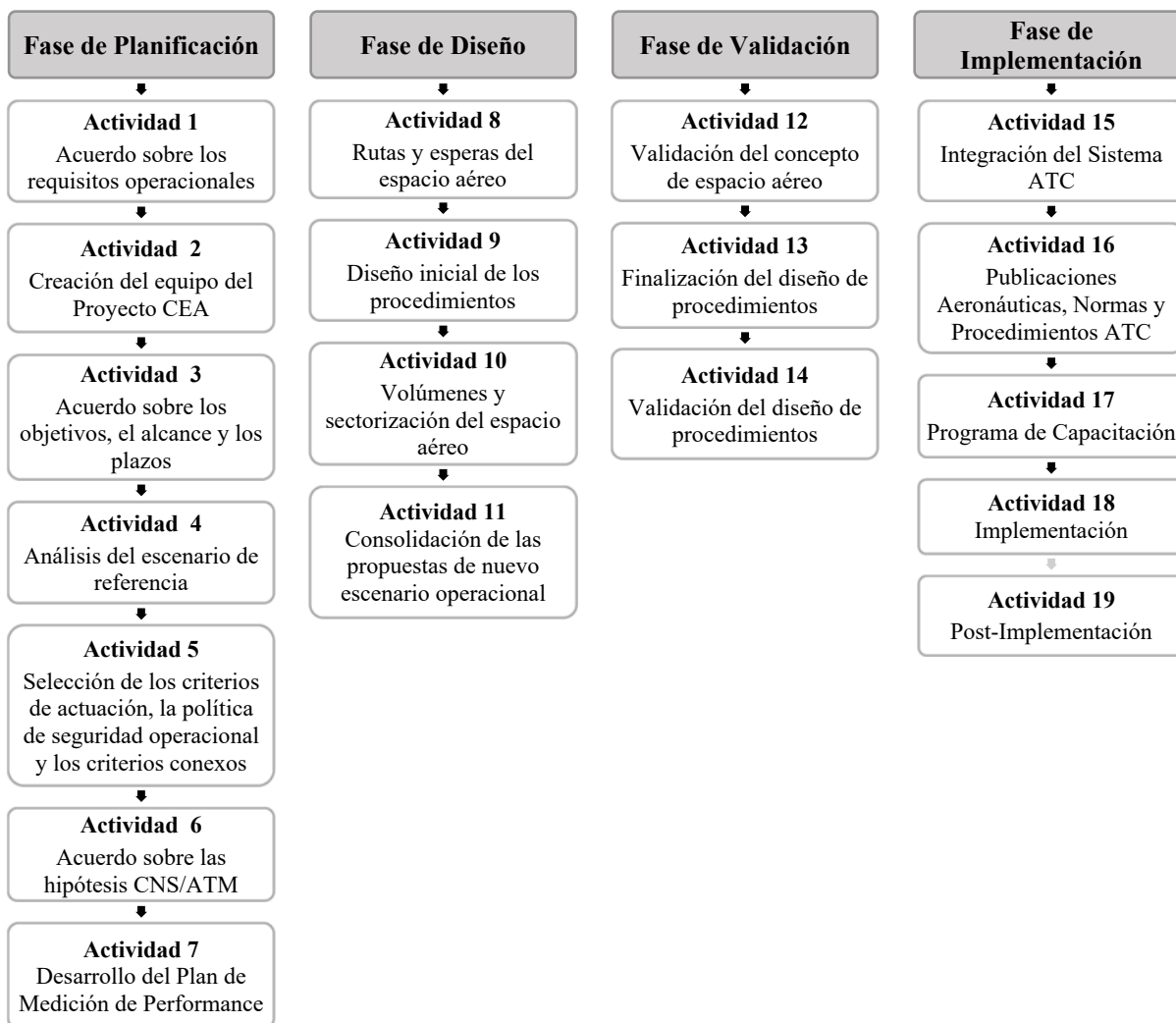


Figura 3 - Proceso de desarrollo e implementación de un concepto de espacio aéreo

*\*\*Editorial: Situación de la evaluación de la seguridad operacional antes de la implementación, Anexo 11 Cap 2, parte 2.28 Gestión de la seguridad operacional y el Apéndice 2 del Anexo 19, 2. Gestión de riesgos de seguridad operacional.??*

**Nota 1:** Si bien las Actividades se distribuyen secuencialmente dentro de cada fase, con el objetivo de reducir el tiempo requerido para completar cada fase, el Gerente del Proyecto debe analizar, considerando los recursos humanos y materiales disponibles, qué Actividades se pueden realizar en paralelo, o en un orden diferente al establecido en la Figura 3, lo que puede permitir una serie de revisiones, validaciones y mejoras posteriores.

**Nota 2:** Es igualmente crucial difundir los resultados de cada una de las fases (y sus Actividades), a través de contenidos WEB, talleres (internos y externos a la organización), entre otros, para que todos los involucrados puedan conocer el avance de la implementación del concepto de espacio aéreo y, al mismo tiempo, puedan contribuir de manera oportuna con cualquier detalle que necesite ser considerado/ corregido.

4.1.2 El rediseño del espacio aéreo suele iniciarse por acontecimientos desencadenados por requisitos operacionales, los cuales se clasifican a menudo según uno o más objetivos estratégicos, tales como la seguridad operacional, la capacidad, la eficiencia de vuelo, la atenuación de las repercusiones ambientales o el acceso. Si bien algunos de estos objetivos pueden estar explícitos en la propuesta de cambio del espacio aéreo, el resto se mantendrá implícito en la medida en que normalmente no debería verse afectado negativamente por dicho cambio. Con frecuencia entran en conflicto estos objetivos, que deben priorizarse, garantizando en todo momento que el mantenimiento de la seguridad operacional continúe siendo primordial.

4.1.3 Los requisitos previos para desarrollar con éxito un concepto de espacio aéreo son tres:

- a) La preparación exhaustiva — la planificación debe tener en cuenta todos los aspectos relevantes y las preocupaciones de las partes interesadas relacionadas. Esto incluye considerar cuidadosamente los diversos factores y perspectivas que puedan afectar el rediseño del espacio aéreo. Es esencial involucrar a todas las partes y abordar sus inquietudes para lograr un plan sólido y completo;
- b) La iteración — el desarrollo de espacios aéreos no es un proceso lineal. Requiere una serie de revisiones, validaciones y perfeccionamientos continuos. Este enfoque iterativo permite ajustar y mejorar el concepto del espacio aéreo a medida que se obtiene más información, se identifican posibles problemas y se reciben comentarios de las partes interesadas. Esta revisión constante es fundamental para desarrollar un producto válido y efectivo; y
- c) Toma de Decisión en Colaboración (CDM) — necesidad de comprender y conciliar los diferentes intereses y limitaciones de las partes involucradas en el proceso, con el fin de buscar una solución satisfactoria para todos, a través de un proceso CDM. La eficiencia de este trabajo en equipo requiere la participación activa y la cooperación de diversos actores, como los operadores de aeródromos, autoridades de aviación, aerolíneas, aviación general y aviación militar, entre otros.

4.1.4 Para desarrollar un concepto de espacio exitoso se requiere una planificación exhaustiva que considere todas las perspectivas, un enfoque interactivo para la mejora continua y una toma de decisiones colaborativa que involucre a todas las partes interesadas, que ayudan a garantizar que el proceso de rediseño del espacio aéreo sea completo, eficiente y beneficioso para todas las partes involucradas.

## **4.2 FASE DE PLANIFICACIÓN**

4.2.1 La fase de Planificación consiste en la concepción inicial del concepto de espacio aéreo, constanding de las siguientes Actividades:

- ✓ Actividad 1: Acuerdo sobre los requisitos operacionales;
- ✓ Actividad 2: Creación del equipo del Proyecto de Concepto de Espacio Aéreo (CEA);
- ✓ Actividad 3: Acuerdo sobre los objetivos, el alcance y los plazos;
- ✓ Actividad 4: Análisis del escenario de referencia;
- ✓ Actividad 5: Selección de los criterios de actuación, la política de seguridad operacional y los criterios conexos;
- ✓ Actividad 6: Acuerdo sobre las hipótesis CNS/ATM; y
- ✓ Actividad 7: Desarrollo del Plan de Medición de Performance.

## 4.2.2 Actividad 1: Acuerdo sobre los requisitos operacionales

4.2.2.1 Los cambios en el espacio aéreo se desencadenan por requisitos operacionales, como los que figuran en los siguientes casos:

- a) optimización del espacio aéreo, por ejemplo, en áreas de TMA, CTA, UTA o porciones de espacio aéreo donde se puede mejorar la circulación aérea mediante el uso de conceptos PBN, CCO, CDO, etc.
- b) la adición de una nueva pista o la ampliación de una antigua en un área terminal (por ejemplo, para aumentar la capacidad de un aeropuerto);
- c) desactivación de una pista;
- d) la presión por reducir el ruido de las aeronaves en un área en particular (por ejemplo, para disminuir el impacto ambiental en una zona residencial);
- e) la necesidad de respaldar un previsible incremento/ reducción del tránsito aéreo;
- f) activación/ desactivación de servicios ATS; o
- g) las actualizaciones de la infraestructura CNS y de sistemas ATC para mejorar la seguridad operacional y/o la eficiencia.

4.2.2.2 En una propuesta de concepto de espacio aéreo deben especificarse claramente, por escrito, los requisitos que impulsen el rediseño de un espacio aéreo, detallándose la necesidad operacional y/o la oportunidad de mejora, los objetivos estratégicos a alcanzar y el escenario post-implementación deseado, de manera que las labores posteriores vayan en una dirección clara. En este sentido, el documento de formalización de la propuesta de un nuevo concepto de espacio aéreo debe contener, por lo menos, la siguiente información:

- a) Título de la propuesta;
- b) Definición de la necesidad operacional u oportunidad de mejora;
- c) Descripción de los requisitos operacionales para atender la necesidad operacional u oportunidad de mejora;
- d) Horizonte temporal del concepto, a fin de viabilizar las proyecciones de evolución del tránsito aéreo (si es posible establecer);
- e) Propuesta de la fecha más adecuada para la implementación del nuevo concepto;
- f) Sistemas o equipos necesarios para la implementación (si necesario);
- g) Consideraciones que involucren recursos humanos en cuanto a capacitación y dotación de personal (si es posible calcular);
- h) Descripción del escenario posterior a la implementación (ventajas, desventajas y efectos adversos);
- i) Planificación financiera del proyecto especificando el presupuesto para cada etapa prevista;
- j) Firma del responsable de la propuesta.

**Nota 1:** Una Propuesta de Concepto de Espacio Aéreo (Propuesta CEA) debe prepararse en un proceso CDM, a fin de considerar todas las necesidades de los involucrados, así como sus limitaciones y dificultades en la implementación que se propondrá.

**Nota 2:** La fecha para la implementación del proyecto debe considerar diversos aspectos, tales como cumplir condición especial del proyecto (ej.: grandes eventos deportivos); implementar en días y horarios de menor demanda de tráfico aéreo; evitar períodos conocidos de condiciones

meteorológicas adversas (desvíos); evitar otras implementaciones CNS/ATM; respetar el ciclo AIRAC; entre otros. Muchas veces la elección de la fecha más adecuada es un factor de conflicto y también debe ser decidida en proceso CDM y aprobada por la autoridad aeronáutica.

4.2.2.3 El nivel de detalle de la Propuesta CEA dependerá de la complejidad e impacto del cambio a implementar. Un pequeño cambio en la circulación aérea puede requerir una Propuesta CEA mucho más simple y con menos necesidad de detalles, en comparación con un gran proyecto para modificar toda la circulación aérea de una TMA, por ejemplo.

**Nota:** En un repositorio de la Secretaría (proyecto RLA 06 901) están disponibles formularios más completos de Propuesta CEA, para proyectos de mayor complejidad. Enlace:

[https://drive.google.com/drive/folders/1ve\\_Ee2jKRCBJgHL9HxvLt\\_SNELzUZcO?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1ve_Ee2jKRCBJgHL9HxvLt_SNELzUZcO?usp=drive_link)

4.2.2.4 Las Propuestas CEA pueden ser desarrolladas por los Proveedores de Servicios de Navegación Aérea (ATC, ATFM o AOM). Sin embargo, usuarios del espacio aéreo y otras organizaciones (incluso entidades reguladoras), pueden presentar solicitudes para el desarrollo de conceptos de espacio aéreo. Dichas solicitudes deben ser remitidas a los Proveedores antes mencionados para la adecuada evaluación de la necesidad operacional y elaboración de la Propuesta CEA.

4.2.2.5 Luego de la debida contextualización y formalización, la Propuesta CEA debe ser enviada a la autoridad aeronáutica competente para su evaluación y aprobación, analizando la necesidad de establecer un proyecto para el desarrollo e implementación de un nuevo Concepto de Espacio Aéreo.

4.2.2.6 El análisis que realice la autoridad aeronáutica competente tendrá en cuenta la existencia de otros proyectos en curso (o previstos), la viabilidad técnica de la implementación, la priorización del proyecto, entre otros aspectos.

**Nota 1:** El análisis de factibilidad de la propuesta deberá considerar los costos para la realización del proyecto (reuniones, seminarios, etc.), la capacitación y asignación de recursos humanos y la adquisición o adecuación de sistemas, equipos o aplicaciones operacionales.

**Nota 2:** La pertinencia y priorización del proyecto también debe ser evaluada en un contexto CDM, con la participación de los distintos usuarios del espacio aéreo, a fin de garantizar que su implementación satisfaga las necesidades e intereses de los involucrados.

4.2.2.7 Finalmente, la autoridad aeronáutica competente, también podrá establecer otros requisitos y lineamientos complementarios, según sea el caso, a fin de viabilizar el desarrollo e implementación del proyecto de Concepto de Espacio Aéreo, tales como:

- a) Horizonte temporal del concepto;
- b) Necesidad, o no, de requisitos de vigilancia ATC para las trayectorias RNAV (rutas, SID o STAR);
- c) Aplicación de separación compuesta;
- d) Aplicación de gradientes de ascenso/ descenso estandarizados o definidos a partir del proceso CDM con los usuarios;
- e) Armonización y/ o priorización de la circulación aérea considerando funcionalidades o requisitos de navegación específicos (RNP Avanzada, RNP AR, Trayectorias RF, etc);
- f) Superposición, o no, de trayectorias RNAV/RNP y convencionales;

- g) Necesidad, o no, de desarrollar el nuevo concepto basado en aeronaves con mejor capacidad de navegación.

#### 4.2.2.8 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Proveedor de Servicio de Navegación Aérea responsable por el desarrollo de la Propuesta CEA:
  - i. identificar la necesidad de mejorar la organización o gestión del espacio aéreo;
  - ii. definir el problema y la necesidad operacional;
  - iii. recopilar y analizar los datos de los espacios aéreos involucrados:
    - 1. movimiento de tránsito aéreo
    - 2. sectorización;
    - 3. equipos y sistemas ATC disponibles;
    - 4. medidas ATFM más comúnmente aplicadas y los problemas de desequilibrio entre demanda y capacidad; y
    - 5. medios de vigilancia ATC y de comunicación disponibles y los problemas existentes.
  - iv. definir los objetivos estratégicos y escenario operacional idealizado a alcanzar;
  - v. desarrollar la Propuesta CEA; y
  - vi. presentar la propuesta a la autoridad aeronáutica pertinente para su análisis y aprobación.
  
- b) Autoridad aeronáutica competente: Analizar, aprobar y establecer la prioridad de la Propuesta CEA.

#### 4.2.3 Actividad 2: Creación del equipo del Proyecto de Concepto de Espacio Aéreo (CEA)

4.2.3.1 A fin de satisfacer el requisito operacional que se determina en la Actividad 1, debe desarrollarse, validarse e implementarse un concepto de espacio aéreo, el cual debe abordar todos los requisitos y no puede ser elaborado por un único individuo que trabaje aisladamente. Desde su concepción hasta su implementación, los conceptos de espacio aéreo son fruto de un equipo de trabajo integrado — el equipo del Proyecto de Concepto de Espacio Aéreo (Proyecto CEA).

4.2.3.2 El equipo del Proyecto CEA debería estar dirigido por un especialista en ATM, con gran habilidad para la gestión de proyectos y profundos conocimientos operacionales del espacio aéreo que es el objetivo del proyecto. Este especialista, asignado por la autoridad aeronáutica competente como el Gerente del Proyecto CEA, trabajaría en colaboración con: (Ver Figura 4)

- a) controladores de tránsito aéreo que también estuvieran familiarizados con las operaciones que se realizan dentro del espacio aéreo;
- b) especialistas en sistemas ATM y CNS familiarizados con los sistemas CNS/ATM actuales y previstos;
- c) pilotos técnicos de los explotadores que utilizaran el espacio aéreo;
- d) diseñadores de espacios aéreos y de procedimientos de vuelo por instrumentos;
- e) otros usuarios del espacio aéreo (tales como la aviación militar y la aviación general);
- f) especialistas ATFM;
- g) especialistas en simulación;

- h) representantes de las áreas de recursos humanos y normas ATC;
- i) especialistas en gestión de riesgo de la seguridad operacional;
- j) directores de aeropuerto y de medio ambiente; y
- k) expertos en disciplinas adicionales si fuera necesario (por ejemplo, economistas o especialistas en suministro y análisis de datos).

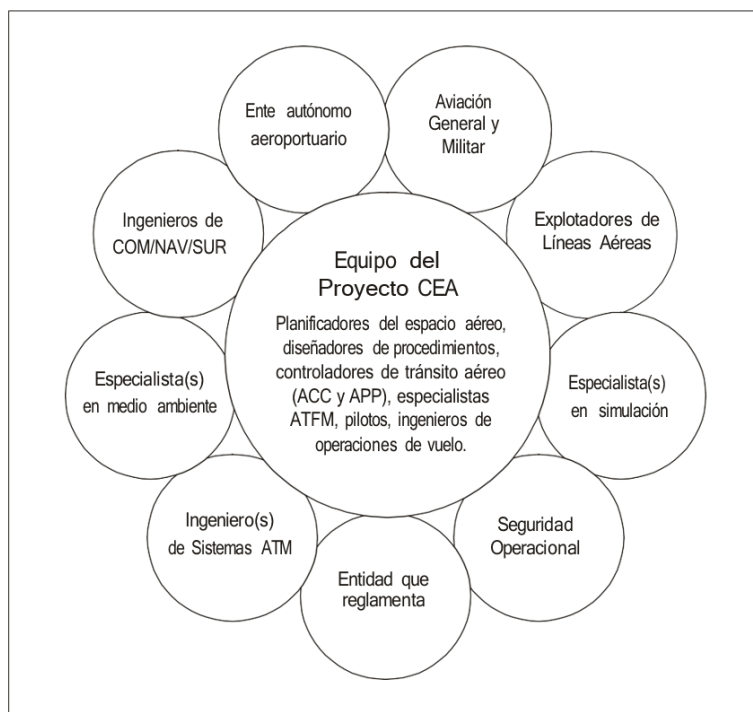


Figura 4 - Equipo del Proyecto de Concepto de Espacio Aéreo

4.2.3.3 Para facilitar la identificación de cada una de las áreas de actuación y el desarrollo de las actividades del proyecto, los equipos de especialistas pueden organizarse de acuerdo con la siguiente estructura:

- a) Gerente del Proyecto de Concepto de Espacio Aéreo (GER);
- b) Gerente de Planificación del Espacio Aéreo (GEA);
- c) Gerente de Simulación (GSIM);
- d) Gerente de Producción de Cartas (rutas y procedimientos) (GPC);
- e) Gerente de Seguridad Operacional (GSO);
- f) Gerente de Implementación (GIMP);
- g) Gerente de Medición de Performance (GMP);
- h) Asesores de Operaciones Aéreas (civil y militar) (ASOA).

**Nota 1:** Para propósitos de esta guía, el término “gerente” se refiere a una función a desempeñar en el proyecto, la cual ha sido asignada a un responsable para realizar una determinada actividad. Por lo tanto, no se refiere necesariamente a funcionarios de la alta dirección o de los cuerpos gerenciales

de la organización o ANSP. De acuerdo con el ámbito de cada administración que adopte este Manual se podrá adaptar términos similares, entre ellos, “responsable”, “coordinador”, “jefe”, etc.

**Nota 2:** Las funciones de gerente de actividades pueden ser acumuladas por un mismo especialista, a depender de la complejidad del proyecto.

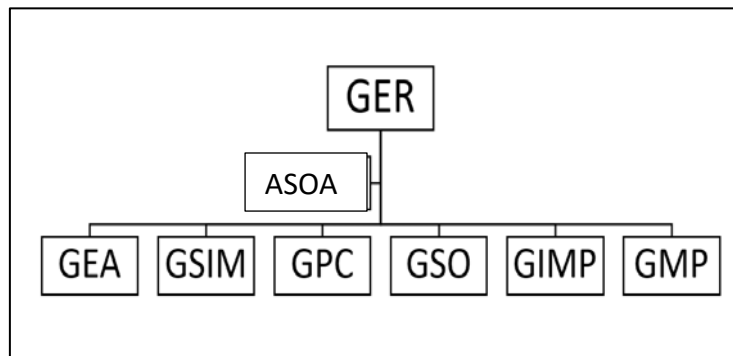


Figura 5 – Organigrama del Equipo del Proyecto

4.2.3.4 La autoridad aeronáutica debería designar el Gerente del Proyecto (GER), el cual será el responsable directo por el desarrollo e implementación del proyecto y por la asignación de su equipo de trabajo.

4.2.3.5 Es importante destacar al Gerente de Planificación de Espacio Aéreo (GEA), quien tiene un papel fundamental en la concepción del Concepto de Espacio Aéreo. Ese especialista es el responsable por establecer la propuesta de organización y estructura del espacio aéreo, y para ello deberá interactuar con todos los involucrados en el proyecto y otros interesados en los cambios que se producirán, como los usuarios del espacio aéreo y los controladores de tránsito aéreo, para que el resultado del trabajo pueda cumplir con los objetivos previstos.

**Nota:** El Planificador de Espacio Aéreo debe tener cursos y capacitación adecuada en técnicas de estructuración de rutas y trayectorias de vuelo, organización del espacio aéreo y gestión de equipos, entre otros.

#### 4.2.3.6 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Autoridad aeronáutica competente: designar el GER.
- b) GER:
  - i. definir la estructura del proyecto en términos de gerencias de actividades;
  - ii. designar los gerentes de actividades del proyecto.
- c) Gerentes de actividades del Proyecto CEA: conformar su equipo de trabajo.

#### 4.2.4 Actividad 3: Acuerdo sobre los Objetivos, el Alcance y los Plazos

4.2.4.1 Una de las principales tareas del Equipo del Proyecto CEA es definir y acordar los objetivos del proyecto. Estos objetivos deberían derivar de los objetivos estratégicos que desencadenaron el proyecto. Por ejemplo, si el proyecto se pone en marcha por un objetivo estratégico medioambiental, sus objetivos podrían estar ligados a la reducción del ruido (tal como la disminución de la huella acústica en una ciudad cercana). Otro ejemplo puede ser el mandato de una autoridad en virtud del cual se exija la aplicación de determinados cambios. Es importante que se especifiquen claramente, por escrito, los objetivos del proyecto para garantizar que se satisfacen los motivos que impulsan el cambio.

4.2.4.2 Se debe elaborar por lo menos dos documentos para definición, organización y oficialización del Proyecto CEA:

- a) “Términos de Referencia del Proyecto” (TRP), donde se establecen todos los requisitos, especificaciones y objetivos del proyecto; y
- b) “Estructura Analítica del Proyecto” (EAP), donde se detallan el plan del proyecto, con sus actividades, plazos estimados y responsables por su ejecución.

**Nota:** El GER es responsable de desarrollar el TAP y EAP del proyecto. Estos documentos deben ser aprobados y firmados por la autoridad aeronáutica competente.

4.2.4.3 Para el desarrollo de estos documentos, es importante definir el alcance, los recursos y el tiempo necesario para la implementación del proyecto, que son condiciones interdependientes, conforme se puede ver en la Figura 6.



Figura 6 - Triángulo de planificación

4.2.4.4 Definir el alcance del proyecto puede resultar mucho más complejo. Limitarlo al mínimo necesario para cumplir los objetivos acordados es una buena práctica operativa. La ampliación del alcance constituye un riesgo en todos los proyectos, y si se hace sin control puede aumentar los plazos y los costos hasta el punto que el proyecto deje de ser viable. Es de suma importancia determinar las acciones necesarias para lograr los objetivos del proyecto, así como llegar a un acuerdo y adherirse a un equipo específico de trabajo para llevarlos a cabo.

4.2.4.5 El alcance del proyecto depende en gran medida del tiempo y de los recursos humanos y financieros disponibles para su consecución. Existen dos posibilidades: que el equipo determine la fecha de implementación basándose en todo el trabajo que haya de ultimarse, o que la fecha de implementación se fije de antemano y el equipo adapte el alcance o los recursos de manera que se ajusten al tiempo disponible.

4.2.4.6 Los recursos, el tiempo y el alcance conforman los tres lados del “triángulo” de planificación del proyecto (véase la Figura 6). El alcance del proyecto se revisa, pudiendo modificarse repetidamente en todas las fases del diseño del concepto de espacio aéreo. Sin embargo, su ampliación en fases posteriores puede tender a alargar los plazos del proyecto y/ o a incrementar los recursos requeridos para su consecución, lo que puede reducir sus posibilidades de éxito. Dichas necesidades de ampliación pueden satisfacerse organizando el proyecto por fases.

4.2.4.7 Es importante garantizar que la magnitud del cambio generado por el proyecto, en las estructuras del espacio aéreo, las rutas ATS y los procedimientos de vuelo, sea manejable a nivel regional. Es más probable que la introducción gradual de espacios aéreos y rutas PBN se consigan en varios años en lugar de hacerlo partiendo de un enfoque global, de una sola vez. Por otro lado, para mantener la conectividad, los cambios en la estructura en ruta exigen a menudo cambios en la estructura de área terminal adyacente del mismo ciclo de reglamentación y control de información aeronáutica (AIRAC). No obstante, la coordinación y la planificación con los proveedores de datos son esenciales para evitar sobrecargar a los responsables de actualizar las bases de datos de navegación a bordo de las aeronaves.

4.2.4.8 En la Tabla 1 se facilita un ejemplo de plan de proyecto con plazos estimados.

**Tabla 1 - Ejemplo de plan de proyecto**

	<i>Actividad</i>	<i>Número de días</i>
PLANIFICACIÓN	1 Acuerdo sobre los requisitos operacionales	10
	2 Creación del equipo de diseño del espacio aéreo	5
	3 Acuerdo sobre los objetivos, el alcance y los plazos	15
	4 Análisis del escenario de referencia	15
	5 Selección de los criterios de seguridad operacional, la política conexa y los criterios de actuación	10
	6 Acuerdo sobre las hipótesis, elementos habilitantes y restricciones CNS/ATM	12
	7 Desarrollo del Plan de Medición de Performance	10
DISEÑO	8 Diseño de las rutas y esperas del espacio aéreo	14
	9 Diseño inicial de los procedimientos	20
	10 Diseño de los volúmenes y sectores del espacio aéreo	20
	11 Consolidación de las propuestas de escenario operacional	5
VALIDACIÓN	12 Validación del concepto de espacio aéreo	20

	13	Finalización del diseño de procedimientos	22
	14	Validación de procedimientos	20
IMPLANTACIÓN	15	Integración del sistema ATC	30
	16	Actualización de Publicaciones Aeronáuticas, Normas y Procedimientos ATC	30
	17	Programa de capacitación	30
	18	Implementación	1
	19	Realización de un examen post-implementación	30
<b>Total de días</b>			<b>319</b>

NOTA: En un repositorio de la Secretaría (proyecto RLA 06 901) están disponibles formularios más completos de plan de proyecto, organizados en una estructura más detallada de actividades y plazos (Estructura Analítica del Proyecto – EAP). Enlace:

[https://drive.google.com/drive/folders/1ve\\_Ee2jKRCBJgHL9HxvLt\\_SNELzUZcO?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1ve_Ee2jKRCBJgHL9HxvLt_SNELzUZcO?usp=drive_link)

#### **4.2.4.9 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:**

- a) Gerente del Proyecto de Concepto de Espacio Aéreo, GER:
  - i. establecer y priorizar los objetivos del proyecto, con base en los objetivos estratégicos contenidos en la Propuesta CEA, así como los supuestos y lineamientos complementarios establecidos por la autoridad aeronáutica competente;
  - ii. examinar las implementaciones planificadas para los espacios aéreos involucrados dentro del horizonte de tiempo de la concepción de la nueva estructura del espacio aéreo;
  - iii. preparar los Términos de Referencia del Proyecto (TRP);
  - iv. definir las actividades del proyecto en la EAP: las actividades a realizar y el cronograma para su ejecución.
  - v. análisis de los recursos humanos (personal y capacitación/ calificación técnica) necesarios para las Unidades ATC involucradas en la implementación del nuevo concepto de espacio aéreo.
- b) Gerentes de actividades del Proyecto CEA: asesorar al GER en la elaboración del TAP y EAP;
- c) Autoridad aeronáutica competente: analizar, definir otros requisitos (de ser necesario) y aprobar/ firmar el TAP y EAP del proyecto.

#### **4.2.5 Actividad 4: Análisis del Escenario de Referencia**

4.2.5.1 Previo al inicio del diseño de un nuevo concepto de espacio aéreo, es importante conocer la situación actual de dicho espacio. El escenario de referencia consiste en una descripción de las operaciones que estén realizándose dentro del espacio aéreo actual y su propósito es sentar las bases para el desarrollo de un nuevo concepto de espacio aéreo.

4.2.5.2 El escenario de referencia comprende todas las rutas ATS, las salidas normalizadas por instrumentos/ llegadas normalizadas por instrumentos (SID/STAR), los volúmenes del espacio aéreo [por ejemplo, el área de control terminal (TMA)], la sectorización del ATC y los datos de tránsito aéreo junto con los acuerdos de coordinación entre centros y entre unidades. En la Figura 7 se muestra un ejemplo de escenario de referencia de la organización actual de un espacio aéreo.

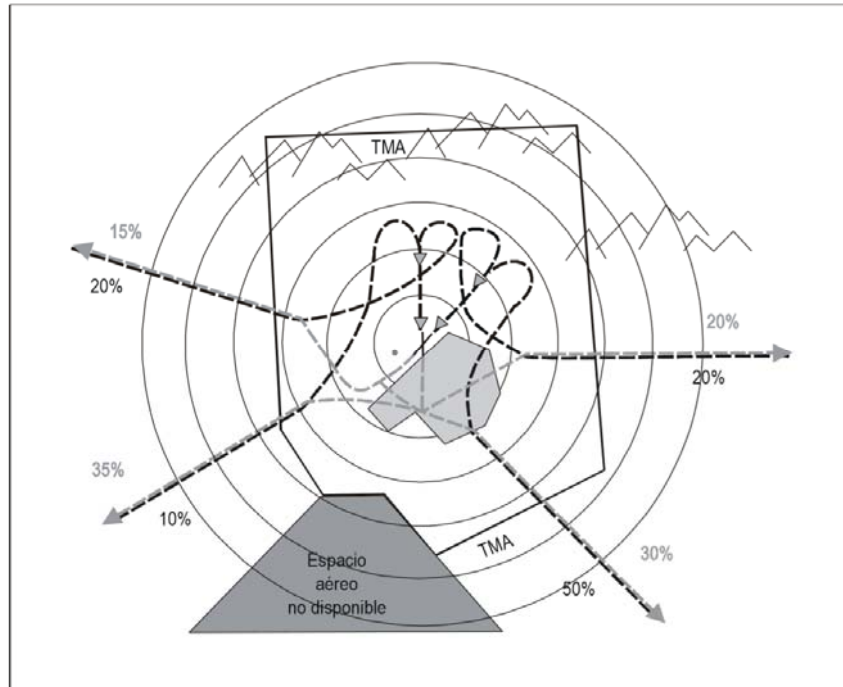


Figura 7 - Ejemplo de Escenario de Referencia

4.2.5.3 La descripción y el análisis del escenario de referencia constituyen una fase crucial del proceso de diseño. Analizando este escenario en términos de indicadores de rendimiento del proyecto, es posible calibrar el modo en que está comportándose el espacio aéreo. También puede determinarse con bastante seguridad qué funciona muy bien en él y, por ende, debería mantenerse, y qué no o qué podría mejorarse.

4.2.5.4 Por último, y más importante, determinando el rendimiento del escenario de referencia, se creará un estándar de comparación con respecto al cual se pueda medir el nuevo concepto de espacio aéreo (véase la Figura 8). El uso de este punto permite establecer si el concepto de espacio aéreo propuesto tiene un rendimiento mejor o peor que el escenario de referencia y si se han cumplido los criterios de seguridad operacional y de rendimiento. El análisis del escenario de referencia puede dar como resultado la necesidad de actualizar los objetivos o el alcance del proyecto.

**Nota:** La intención no reside en comparar uno a uno los distintos elementos que componen los escenarios de referencia y los nuevos escenarios, sino la diferencia de rendimiento entre ambos.

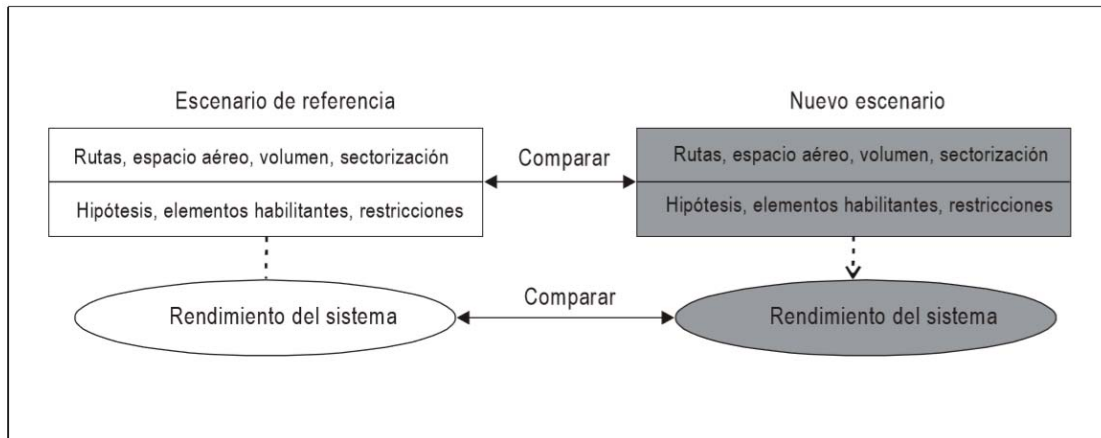


Figura 8 - Comparación de escenarios

4.2.5.5 Además de la estructura de rutas ATS fijas, se deben analizar y considerar otros conceptos que se aplican al espacio aéreo considerado, tales como Uso Flexible del Espacio Aéreo (FUA), Rutas Directas (DCT), FRA (Espacio Aéreo de Rutas Libres), Rutas Aleatorias (AORRA), entre otros.

**Nota:** Los procedimientos en uso que consideran estos conceptos deberían ser incorporados en nuevo escenario operacional del proyecto. En caso no sea posible cumplirse en su totalidad, el nuevo escenario debería ser concebido de tal forma que favorezca la futura implementación de los conceptos antes mencionados.

#### 4.2.5.6 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Gerente de Planificación de Espacio Aéreo (GEA), con el apoyo del equipo del proyecto, según el área de especialización de cada participante, debe:
  - i. recoger y analizar una muestra significativa del tráfico aéreo con el fin de:
    1. comprender la distribución geográfica de los flujos entrantes y salientes;
    2. comprender la distribución de los flujos entrantes y salientes por hora del día;
    3. comprender la combinación de vuelos IFR y VFR;
    4. comprender la combinación de tipos de operaciones (aviación regular, aviación general, clubes aéreos, aviación militar, entre otros);
    5. comprender la combinación de tipos de aeronaves (helicópteros, jets y turbopropulsores, entre otros);
    6. comprender la combinación de actuaciones de aeronaves (velocidades mínimas y pendientes de ascenso/ descenso, entre otros);
  - ii. recopilar y analizar datos estadísticos de los principales aeródromos ubicados dentro de los espacios aéreos involucrados:
    1. comprender el porcentaje de uso de los umbrales;
    2. conocer los umbrales preferentes;
    3. conocer las características de las pistas disponibles;

4. conocer las condiciones climáticas.
- iii. recopilar y analizar datos estadísticos con proyecciones de tránsito aéreo para los espacios aéreos involucrados y comprender las tendencias de crecimiento.
- iv. recopilar y analizar la capacidad de navegación de la flota actual de aeronaves que operan dentro de los espacios aéreos involucrados y las intenciones de mejorar esta capacidad dentro del ciclo de vida del proyecto:
  1. comprender las especificaciones de navegación más apropiadas;
  2. comprender el porcentaje de operaciones a ser beneficiadas;
  3. comprender las posibles estrategias de encaminamiento o inclusión para aeronaves que no cuentan con la capacidad de navegación definida.
- v. evaluar los Espacios Aéreos de uso Especial (SUA) existentes y los que se espera activar/desactivar durante el período del proyecto y, a través del proceso CDM, definir su uso;
- vi. realizar vuelos de verificación de cobertura crítica y analizar los medios CNS para cumplir con las especificaciones de navegación deseadas.

**Nota:** Ver también la Actividad 6 – Acuerdo sobre las Hipótesis CNS/ATM.

#### **4.2.6 Actividad 5: Selección de los criterios de actuación, la política de seguridad operacional y los criterios conexos**

4.2.6.1 Un nuevo concepto de espacio aéreo debería aumentar, o al menos mantener, el nivel anterior de seguridad operacional. En ese sentido, todo concepto de espacio aéreo debe cumplir los criterios de seguridad operacional establecidos en la Política de Seguridad del regulador y que ha de conocerse al principio del proyecto.

4.2.6.2 Esta Política de Seguridad normalmente se establecerá externamente al proyecto (a escala nacional o regional), pero si tiene que ser establecida a nivel de proyecto, es fundamental que sea aprobada al principio del ciclo de vida del mismo por las instancias nacionales más altas posibles. Finalmente, los criterios de seguridad pueden ser cualitativos o cuantitativos, y a menudo se utiliza una mezcla de ambos.

#### **4.2.6.3 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:**

##### **a) Gerente de Seguridad Operacional (GSO):**

1. Definir el sistema de gestión de la seguridad operacional a utilizarse;
2. Establecer la metodología de evaluación de la seguridad operacional del proyecto;
3. Definir qué pruebas son necesarias para demostrar que el concepto de espacio aéreo es seguro desde el punto de vista operacional; y
4. Desarrollar un Plan de Seguridad Operacional del proyecto, basándose en los requisitos listados arriba.

#### **4.2.7 Actividad 6: Acuerdo sobre las Hipótesis CNS/ATM**

4.2.7.1 El concepto de espacio aéreo a desarrollar se basa en determinadas hipótesis (o supuestos) CNS/ATM. Éstas deben tener en cuenta el entorno que se espera exista en el momento en el que la operación del nuevo espacio aéreo se pretenda implementar (por ejemplo, en 20XX).

4.2.7.2 Las hipótesis sobre el tránsito dependerán de las capacidades previstas de las flotas, y debería comprenderse bien la probable composición y distribución del tránsito. Esto incluye la mezcla de tipos de aeronaves (por ejemplo, turbohélices con turborreactores pesados y medianos/ helicópteros/ entrenadores monomotores), la mezcla de performance de las aeronaves (velocidades mínimas, pendientes de ascenso, etc.) y la mezcla de funciones operativas (de pasajeros, de carga, de instrucción, etc.). En concreto, debe analizarse la capacidad de navegación prevista de la flota. Podríamos utilizar las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuántas de las aeronaves cuentan con un sistema RNAV?
- b) ¿Cuáles son los principales sensores de posicionamiento que utilizan los sistemas RNAV [sistema mundial de navegación por satélite (GNSS), radiofaro omnidireccional VHF (VOR), equipo radiotelemétrico (DME/DME)]?
- c) ¿Es aplicable un sistema de navegación inercial/sistema de referencia inercial (INS/IRS) de aumentación de abordaje?
- d) ¿Qué normas se han empleado para certificar los sistemas RNAV?
- e) ¿Para qué tipo de operaciones han sido aprobadas las aeronaves y los operadores? y
- f) ¿Qué porcentaje de la flota no es capaz de implantar la especificación PBN propuesta?

4.2.7.3 Antes de la introducción del nuevo concepto de espacio aéreo, es importante verificar la aprobación de los equipos RNAV existente, las capacidades y cualificaciones reales de los sistemas que estén instalados en las aeronaves y las mejoras que se esperen implementar en ellos.

4.2.7.4 Es costoso para un explotador conseguir la aprobación para una capacidad RNAV específica y mantener la certificación del piloto para explotarla. Como resultado, los explotadores, especialmente regionales, procurarán obtener la aprobación mínima necesaria para cumplir los requisitos de navegación existentes para el espacio aéreo. Si el nuevo concepto de espacio aéreo requiere de una funcionalidad presente en el programa informático del sistema RNAV no comprendida en su certificación actual, los explotadores tendrán que conseguir la aprobación y capacitar a los pilotos al respecto. No obstante, el costo (y los plazos de implementación resultantes) será significativamente menor que si la aeronave necesitara ser reacondicionada con nuevo equipo o programas informáticos.

4.2.7.5 Se requieren, un detallado conocimiento de las capacidades de la flota y una comprensión realista de las probables mejoras que se producirán antes de la fecha de implementación. Las proyecciones demasiado entusiastas de dichas capacidades dan lugar inevitablemente a importantes retrasos en el proyecto e incluso a cancelaciones. Por ello, es importante comunicarse con los explotadores de aeronaves y los reguladores para obtener una estimación realista de las futuras capacidades de la flota y llevar a cabo análisis objetivos de costo/ beneficios a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

4.2.7.6 Los objetivos del proyecto junto a las hipótesis sobre el tránsito y las capacidades de la flota previstas sirven para determinar cuáles de las especificaciones para la navegación pueden aplicarse a las ulteriores fases de diseño. Estas especificaciones se utilizan como base para el posterior diseño del espacio aéreo y de los procedimientos. La elección de la especificación para la navegación, el diseño del espacio aéreo y de procedimientos son pasos de carácter interactivo y pueden experimentar modificaciones varias antes que la elección de las especificaciones se confirme definitivamente en la Actividad 10.

4.2.7.7 La elección de la muestra de tránsito para el nuevo concepto de espacio aéreo es tan importante como el conocimiento de la propia flota ya que las rutas [rutas ATS, SID/STAR o los procedimientos de aproximación por instrumentos (IAP)] deberían emplazarse de tal modo que se garantizara la máxima eficiencia de vuelo, la máxima capacidad y el mínimo impacto ambiental (véase la Figura 9). Más aún, los enfoques SID y STAR crean un vínculo entre las principales rutas ATS en ruta y el umbral de las pistas activas (de ahí la importancia de conocer la pista principal y secundaria en uso). Las muestras de tránsito para el nuevo concepto de espacio aéreo son generalmente muestras del tránsito futuro, esto es, en las que se han formulado determinadas hipótesis sobre la composición de la flota, el calendario de vuelos y la evolución de la demanda con respecto tanto al volumen como a los circuitos de tránsito.

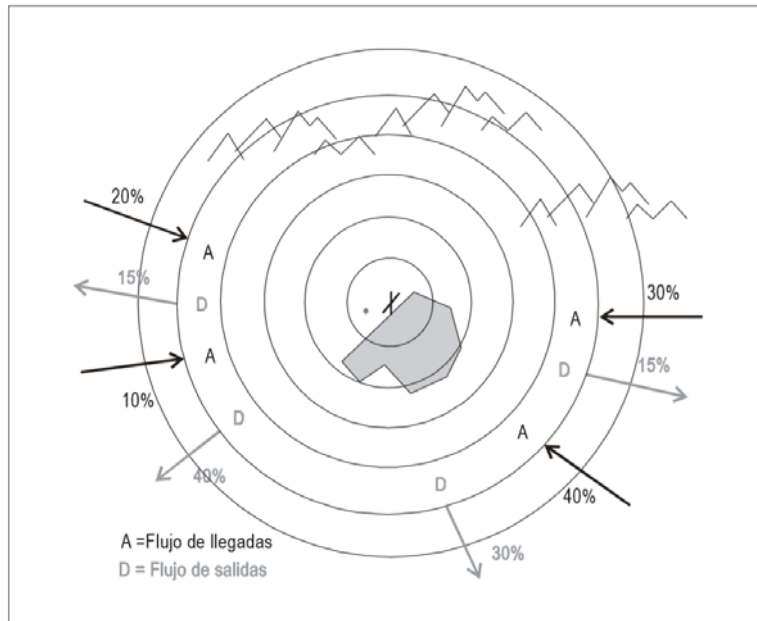


Figura 9 – Ejemplo de hipótesis de tránsito futuro

4.2.7.8 El éxito de un concepto de espacio aéreo puede mantenerse o decrecer en función de las hipótesis de tránsito. Pueden utilizarse diversos modelos para determinar los pronósticos de tránsito aéreo, y aunque puede ayudar considerablemente el conocimiento del ATC actual sobre los flujos de tránsito aéreo, debe analizarse a fondo la muestra de tránsito propuesta para 20XX, teniendo en cuenta las proyecciones de todas las partes interesadas que se vean afectadas. Invariablemente, se determinarán ciertas características en la muestra de tránsito, por ejemplo, en el concepto de espacio aéreo deben tenerse en cuenta las variaciones estacionales, semanales o diarias de la demanda, los cambios en las horas de mayor tránsito y la relación entre los flujos de llegadas y de salidas (véase la Figura 10).

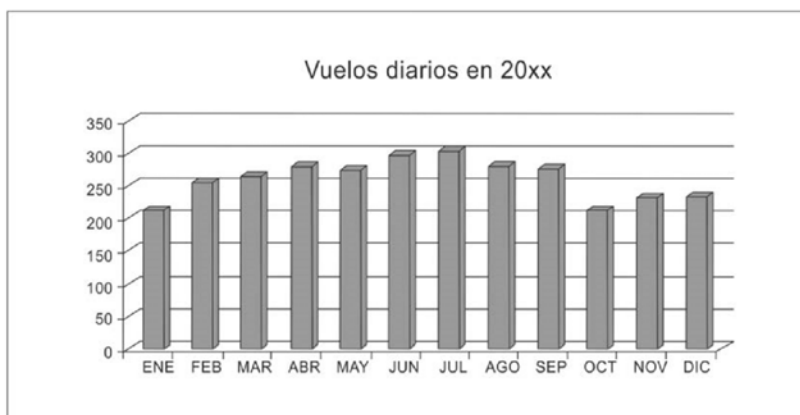


Figura 10 – Ejemplo de pronósticos de tránsito

4.2.7.9 Esta actividad consiste en confirmar la especificación para la navegación del manual de la PBN que se corresponda, en términos de performance/ funcionalidad de navegación, con los requisitos del concepto de espacio aéreo. Puede ser una tarea difícil de lograr, motivo por el cual en la Actividad 7 se recalca la importancia de efectuar un análisis riguroso de la flota de aeronaves. Al ser rara vez rentable solicitar que en una proporción significativa de la flota se reacondicionen los sistemas o los sensores RNAV para lograr una funcionalidad específica, es determinante que el diseño de las Actividades 8 a 9 se mantenga dentro de los límites de la capacidad actual de la aeronave. La introducción europea de la RNAV 5 proporciona un ejemplo útil de cómo tuvieron que “rebajarse” las expectativas a consecuencia del equipamiento de la flota. En los años noventa, la intención inicial residía en la implantación de la RNAV 1, pero ésta tuvo que limitarse a la RNAV 5 cuando, tres años antes de la fecha de implantación, quedó patente que la sustitución natural que se esperaba realizar del equipo más antiguo por sistemas compatibles con la RNAV 1 era mucho más lenta de lo previsto y que los reacondicionamientos serían muy costosos.

4.2.7.10 Si se impone, entonces todas las aeronaves que atraviesen el espacio aéreo podrán volar por nuevas rutas y emplear nuevos procedimientos. No obstante, deberá demostrarse que el beneficio de esta imposición supera al costo de implantación.

4.2.7.11 Una opción puede ser considerar un entorno mixto de navegación que conlleve una o más especificaciones para la navegación PBN y el tránsito que utilice navegación convencional. Los entornos mixtos de navegación generalmente suelen ocurrir en uno de los tres escenarios que siguen:

- a) se implanta una aplicación PBN, pero no como una obligación, y se conserva la navegación convencional;
- b) se impone una “obligación mixta” al volumen del espacio aéreo — generalmente operaciones en ruta u oceánicas/remotas basadas en procedimientos en las que se requiere una aplicación RNAV para realizar operaciones a lo largo de un conjunto de rutas o altitudes, y una aplicación RNP a lo largo de otro conjunto de rutas o altitudes dentro del mismo espacio aéreo; o
- c) en un espacio aéreo se implanta una mezcla de aplicaciones RNAV o RNP, pero para los explotadores no es obligatorio tener la capacidad de realizarlas. Nuevamente, la navegación convencional podría ser autorizada para las aeronaves que no estén aprobadas para ninguna de las especificaciones de navegación.

4.2.7.12 Los entornos mixtos de navegación pueden tener repercusiones negativas en la carga de trabajo ATC, particularmente cuando se trata de operaciones en ruta o de áreas terminales muy densas. La aceptabilidad de un entorno mixto de navegación también depende de la complejidad de la estructura de la ruta ATS o terminal, del diseño de procedimientos y de la disponibilidad y funcionalidad de las herramientas de apoyo ATC. La mayor carga de trabajo ATC puede crear la necesidad de limitar las operaciones mixtas a un máximo de dos tipos, en los que existe un nivel principal de capacidad. En algunos casos, el ATC sólo puede aceptar un entorno mixto cuando un elevado porcentaje (70%–90%) del tránsito esté aprobado respecto a la especificación para la navegación requerida. Por estas razones, es de crucial importancia que las operaciones en un entorno mixto de navegación sean evaluadas correctamente a fin de determinar su viabilidad.

4.2.7.13 Para la implementación, también se deben planificar reglas de transición considerando aspectos técnicos y operacionales, para que las aeronaves en vuelo puedan completar sus vuelos de acuerdo a la circulación aérea vigente al momento del cambio y contemplando las aeronaves que, tal vez, aún no han tenido la nueva información aeronáutica en los días siguientes a la implementación.

#### 4.2.7.14 **RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:**

- a) Gerente de Planificación de Espacio Aéreo (GEA), con el apoyo del equipo del proyecto, según el área de especialización de cada participante, conocer y/ o definir las hipótesis CNS/ATM del escenario futuro (operación post-implementación del proyecto):
  1. la capacidad de navegación de la aeronave que se espera opere en el espacio aéreo:
    - i. Equipamiento de navegación de la aeronave;
    - ii. Infraestructura NAV y cobertura;
    - iii. Mezcla convencional de PBN.
  2. Pista en uso (principal/secundaria):
    - i. la principal pista en uso dentro de una TMA en particular;
    - ii. Pistas disponibles/longitud. Condiciones meteorológicas. Ayudas para el aterrizaje;
    - iii. ¿Terreno en campo abierto?
    - iv. ¿Orientación elegida? Estadísticas de uso de la pista.
  3. el porcentaje de operaciones que se realizarán durante los procedimientos de aproximación con guía vertical baro-VNAV;
  4. las principales corrientes de tránsito (en 20XX éstas podrían diferir de las actuales):
    - i. Muestra representativa del tránsito, distribución — tiempo/geografía, Cotejo del tránsito en instalaciones adyacentes;
    - ii. Mezcla de IFR y reglas de vuelo visual (VFR);
    - iii. Mezcla de lo civil y lo militar;
    - iv. Mezcla de performance de la aeronave (turborreactor/turbohélice/helicóptero);
  5. los sistemas de comunicación y vigilancia ATS que estarán disponibles en 20XX y sus respectivas coberturas; y
  6. las hipótesis específicas del sistema ATC, tal como el número máximo de sectores que estarán disponibles para su uso y respectivos equipo y personal.

#### 4.2.8 Actividad 7: Desarrollo del Plan de Medición de Performance

4.2.8.1 El análisis en profundidad del escenario de referencia de la Actividad 4 contribuye directamente al nuevo concepto de espacio aéreo. Puede ser que los objetivos del proyecto y su alcance se hayan decidido en la Actividad 3 (y/ o actualizado en la Actividad 4), pero continúa siendo necesario determinar cómo medir su éxito. Por ejemplo, el proyecto habrá tenido éxito cuando se cumplan sus objetivos estratégicos — si estos residen en duplicar la capacidad de la pista X y ello se demuestra mediante una Simulación en Tiempo Real (RTS) del nuevo concepto de espacio aéreo, entonces el proyecto habrá cumplido estos criterios de actuación.

4.2.8.2 Antes de comenzar a diseñar las trayectorias, es necesario establecer los objetivos estratégicos a alcanzar por el proyecto, así como describir los indicadores que se utilizarán para medir la performance del proyecto. Las principales áreas de actuación son:

- a) Seguridad Operacional;
- b) Eficiencia;
- c) Capacidad;
- d) Accesibilidad; y
- e) Medio ambiente.

**Nota 1:** Los indicadores ATM, las áreas de performance y las metodologías de medición del performance se describen en el Doc. 9750 - Global Air Navigation Plan (GANP).

**Nota 2:** El Gerente de Medición de Performance (GMP) puede definir indicadores que no están incluidos en el GANP, si fuera necesario para atender los objetivos del proyecto.

4.2.8.3 La necesidad de establecer un Plan de Medición de Performance es verificar si la introducción del nuevo concepto de espacio aéreo es factible, en la fase de pre-implementación, y si cumplió con los objetivos estratégicos del proyecto, en la fase de post-implementación.

**Nota:** En un repositorio de la Secretaría (proyecto RLA 06 901) están disponibles formularios para ayudar en el desarrollo del Plan de Medición de Performance del proyecto. Enlace:

[https://drive.google.com/drive/folders/1ve\\_Ee2jKRCBJigHL9HxvLt\\_SNELzUZcO?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1ve_Ee2jKRCBJigHL9HxvLt_SNELzUZcO?usp=drive_link)

4.2.8.4 La evaluación debe ser un proceso continuo, con una evaluación cualitativa desde la creación del concepto, pasando por la implementación, hasta el seguimiento posterior a la implementación y proporcionando la base para la evaluación cuantitativa.

**Nota 1:** La evaluación cualitativa se logra a través de un análisis detallado, en el cual el proyecto debe ser evaluado frente a las recomendaciones de la OACI y a las mejores prácticas internacionales, con base en los objetivos estratégicos del proyecto.

**Nota 2:** La evaluación cuantitativa se refiere a los resultados "cuantificados", producidos en forma de datos numéricos, tales como, por ejemplo, aumento de la capacidad en un 20 %.

4.2.8.5 A pesar de optar generalmente por la valoración cuantitativa, ya que aporta valores más “tangibles”, esta percepción aislada, en un análisis amplio, puede dar lugar a una mala interpretación por al menos dos motivos:

- a) La evaluación cualitativa se basa en el juicio de los expertos ATC y es la principal forma de garantizar el cumplimiento de las reglamentaciones durante el proceso de planificación del concepto del espacio aéreo; y si el equipo se basa completamente en resultados cuantitativos sin análisis cualitativo (es decir, utilizando el juicio de expertos para interpretar los resultados), es probable que el valor de la evaluación cuantitativa tenga mayor peso y puede conducir a resultados no deseados; y
- b) Debido a la naturaleza compleja y altamente variable del espacio aéreo y las operaciones de tránsito aéreo, los modelos cuantitativos de evaluación de la seguridad tienden a limitar el número de elementos operacionales a aquellos que tienen el mayor efecto, lo que puede arrojar resultados inexactos. Por esta razón, la evaluación cuantitativa debe equilibrarse con la evaluación cualitativa, es decir, el juicio operativo y la experiencia para las complejas interacciones, condiciones, dependencias y mitigaciones para las cuales la evaluación cuantitativa no puede proporcionar una medida significativa.

4.2.8.6 Con respecto a los criterios de performance, estos se refieren a cómo se mide el éxito del concepto de espacio aéreo. Si bien el desempeño seguro puede verse como la primera medida del éxito, no es suficiente que el espacio aéreo sea seguro si no brinda la performance esperada en términos de capacidad y medio ambiente, entre otros.

4.2.8.7 Al igual que con los criterios de seguridad, los criterios de desempeño están estrechamente relacionados con los objetivos del proyecto. Los criterios de desempeño a seleccionar se hacen evidentes al responder la pregunta “¿Qué determina el éxito del concepto de espacio aéreo?” Además, “¿Cómo puede confirmar que se han cumplido los objetivos?”

4.2.8.8 Ejemplos de criterios de desempeño en el espacio aéreo en ruta:

- a) El promedio anual de demora ATFM en ruta para los vuelos de un ACC cumpla con el valor de referencia proporcionado por la autoridad ATFM;
- b) La distancia, tiempo y reducción de emisiones, demostradas dentro del alcance de la red ATM;
- c) La reducción de la carga de trabajo;
- d) Aumento de la capacidad del sector.

4.2.8.9 Habiendo decidido los criterios de desempeño (a menudo incorporados en los objetivos estratégicos y de diseño), es necesario que el equipo de diseño del espacio aéreo seleccione la herramienta adecuada para medir correctamente estos criterios. Si bien los métodos comparativos y absolutos se usan comúnmente en un contexto de seguridad, los criterios de desempeño también se pueden evaluar de forma comparativa o absoluta, como se ilustra en la Tabla 2.

Tabla 2 - Ejemplos de utilización de los métodos Comparativo y Absoluto

Método	Utilización
<b>Comparativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) El retraso promedio anual en ruta de la ATFM al ACC XX ha disminuido en al menos 0,5 minutos por vuelo en comparación con el año pasado;</li> <li>b) Los ahorros en distancia, tiempo y emisiones dentro de la red pueden demostrarse frente al escenario de referencia;</li> <li>c) Las capacidades del sector han aumentado;</li> <li>d) La carga de trabajo se ha reducido; y</li> <li>e) El número de millas voladas por la aeronave que llega no se amplía en más del 5%.</li> </ul>
<b>Absoluto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) El promedio de demora ATFM en la ruta por vuelo para un ACC XX es de 0,3 minutos, según el valor de referencia;</li> <li>b) El par de ciudades X-Y demuestra un ahorro de distancia semanal total de al menos 3000 NM, junto con las reducciones de tiempo y emisiones asociadas;</li> <li>c) Las capacidades de la industria ahora son de 48 a 50 movimientos por hora;</li> <li>d) La carga de trabajo disminuyó en un 10%;</li> <li>e) El número de millas voladas por la aeronave que llega no excede las xx NM para un flujo dado.</li> </ul>

4.2.8.10 **RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:**

- a) Gerente de Medición de Performance (GMP), con el apoyo del equipo del proyecto, según el área de especialización de cada participante, desarrollar el Plan de Medición de Performance:
  - i. identificar las áreas y los indicadores de desempeño, los cuales deben estar de acuerdo con los objetivos estratégicos de la Propuesta de Concepto de Espacio Aéreo;
  - ii. identificar los aspectos que deben ser utilizados en la validación del concepto de espacio aéreo y aquellos que deben ser monitoreados después de la implementación;
  - iii. establecer los objetivos específicos;
  - iv. establecer la metodología para la obtención de los indicadores (proceso de recopilación, tabulación y análisis de datos);
  - v. desarrollar el Plan de Medición de Performance;
  - vi. medir, por lo menos 1 año antes de la implementación del proyecto, el desempeño del escenario de referencia a través de indicadores clave de desempeño (KPI) para futuras comparaciones con el(los) escenario(s) propuesto(s) en la Fase de Validación e Implementación (post-implementación);
  - vii. ejecutar el Plan de Medición de Performance en las fases de Validación e Implementación (post-implementación).

## 4.3 FASE DE DISEÑO

4.3.1 Una vez aceptadas las hipótesis ATM/CNS, se da comienzo al diseño del espacio aéreo y el desarrollo de la(s) propuesta(s) de escenarios para la implementación del concepto de espacio aéreo. Una de las propuestas será elegida durante la Fase de Validación como el nuevo Concepto de Espacio Aéreo.

4.3.2 Tanto para el espacio aéreo en ruta como terminal, su diseño consiste en un proceso interactivo, en el que se utilizan preferentemente la evaluación cualitativa y el juicio operacional de los controladores de tránsito aéreo, los pilotos y los diseñadores de procedimientos de vuelo y espacios aéreos del equipo del proyecto.

4.3.3 Es crucial garantizar la coherencia entre el espacio aéreo en ruta y el terminal – los diseños en ruta deben estar completamente integrados en los diseños terminales.

4.3.4 El desarrollo de la(s) propuesta(s) de escenario debe(n) ser iniciada(s) por la preparación de un escenario preliminar (borrador), desarrollado por el planificador de espacio aéreo del proyecto, asistido inicialmente por diseñadores de procedimientos y controladores de tránsito aéreo de las unidades ATC involucradas, los cuales actúan como facilitadores durante este proceso y proporcionan orientación sobre el emplazamiento de rutas y trayectorias de procedimientos desde una perspectiva tanto de margen de franqueamiento de obstáculos/ despeje del espacio aéreo, la circulación aérea en la FIR/ TMA, demanda de tránsito y performance de la aeronave.

4.3.5 Después, el escenario preliminar, debe ser evaluado por pilotos y otros especialistas participantes del proyecto (estándares de vuelo, ingenieros de operaciones de vuelo, seguridad operacional, etc) antes de ser considerado una Propuesta de Escenario y seguir para la Fase de Validación.

**Nota:** El escenario preliminar no debe avanzar a otras fases del proyecto, por ejemplo, la validación en vuelo, o entrenamiento de ATCO hasta que no sea aprobado por las principales partes interesadas del proyecto.

4.3.6 Para el equipo, los pilotos técnicos y/o especialistas en estándares de vuelo son fundamentales para el diseño conceptual inicial al brindar información sobre la performance real de la aeronave (por ejemplo, la relacionada con el ascenso/ descenso y con los virajes), lo que resulta más efectivo que depender de modelos teóricos por computadora que contengan parámetros de performance de la aeronave. Por su lado, los ingenieros de operaciones de vuelo pueden contribuir con un análisis costo-beneficio obtenido en la planificación de vuelo entre pares de ciudades, lo que puede indicar la necesidad de ajustes en las trayectorias del escenario preliminar para alcanzar más eficiencia y ahorros de millas voladas.

4.3.7 Primero, el equipo diseñará las SID/STAR y las rutas ATS a través de un proceso analítico interactivo que comienza a nivel conceptual y se convierte en una actividad de diseño detallado y riguroso. El emplazamiento de las rutas ATS suelen estar determinados por la demanda de tránsito aéreo, pista(s) en uso, objetivos estratégicos y las restricciones que impongan los obstáculos y el espacio aéreo reservado. También puede depender de la cobertura proporcionada por las ayudas para la navegación basadas en tierra, en caso de requerirse un apoyo como tal. (véase la Figura 11).

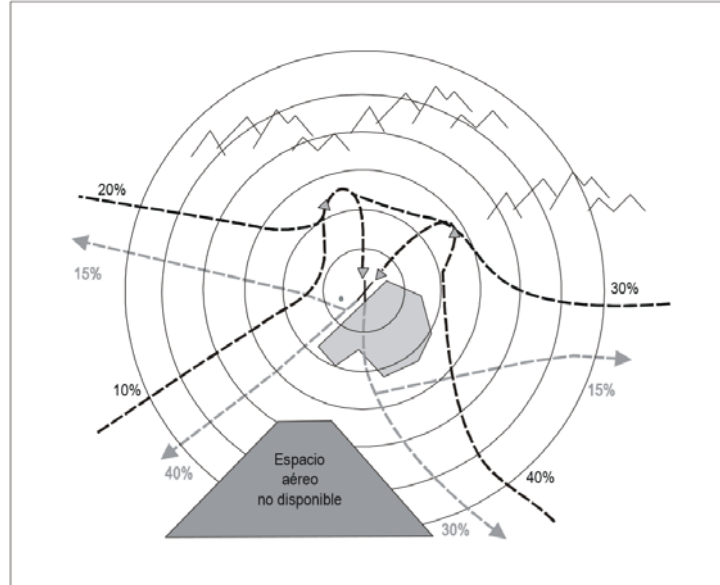


Figura 11 – Ejemplo de Diseño Inicial de una Propuesta de Concepto de Espacio Aéreo

**Nota 1:** El espaciado entre rutas requerido y la infraestructura CNS disponible ayudan a confirmar si la capacidad de la flota de la Actividad 6 junto con la elección preliminar entre las especificaciones de RNAV o RNP existentes respaldarán la propuesta de diseño de ruta.

**Nota 2:** El papel del diseñador de procedimientos en la descripción de rutas del espacio aéreo terminal y su emplazamiento reviste una importancia decisiva. Es este especialista quien asesora al equipo sobre si las rutas previstas se corresponden con las hipótesis de especificaciones para la navegación y si pueden diseñarse de conformidad con los criterios de los PANS-OPS.

4.3.8 Tras diseñarse las rutas y garantizarse un margen de franqueamiento de obstáculos apropiado, se define un volumen general de espacio aéreo para proteger todas las trayectorias de vuelo IFR (TMA).

**Nota:** En regiones en las que se designe como espacio aéreo controlado a la totalidad del espacio aéreo por encima de un nivel especificado, puede ser de menor aplicación la definición de volúmenes de espacio aéreo por encima de dicho nivel.

4.3.9 Para concluir, se sectoriza el volumen de espacio aéreo para fines de ATM (véase la Figura 12).

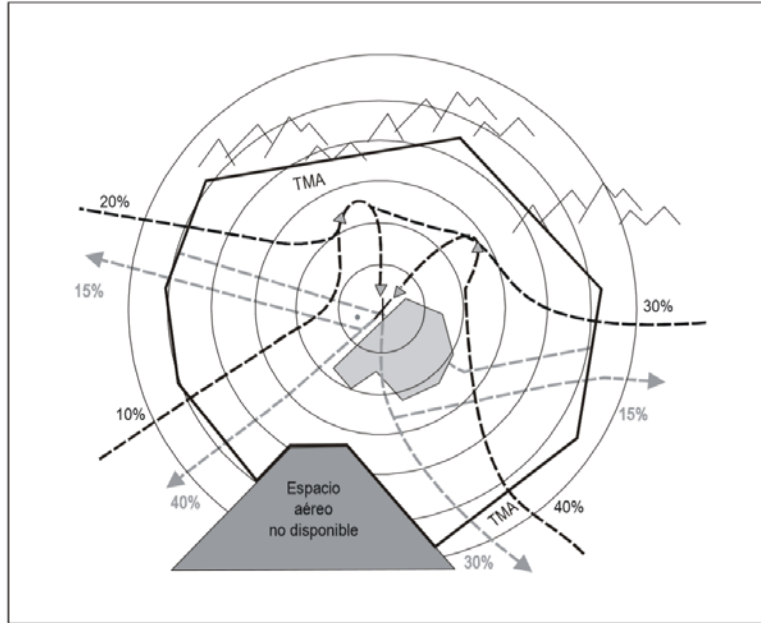


Figura 12 – Propuesta de Concepto de Espacio Aéreo con Sectorización

4.3.10 Las distintas actividades y el carácter iterativo de la tarea indican que debe existir una estrecha cooperación entre todas las partes interesadas que intervengan en el proceso (véase la Figura 13).



Figura 13 – Iteraciones del diseño

4.3.11 La Fase de Diseño es compuesta de las siguientes Actividades:

- ✓ Actividad 8: Rutas y esperas del espacio aéreo;
- ✓ Actividad 9: Diseño inicial de los procedimientos;
- ✓ Actividad 10: Volúmenes y sectorización del espacio aéreo; y
- ✓ Actividad 11: Consolidación de las propuestas de nuevo escenario operacional.

#### 4.3.12 Actividad 8: Rutas y esperas del espacio aéreo

4.3.12.1 La PBN posibilita el emplazamiento de rutas en lugares óptimos siempre y cuando las ayudas para la navegación basadas en tierra o en el espacio proporcionen la cobertura necesaria. Ello significa que las rutas podrán emplazarse de manera que:

- a) aumenten la capacidad evitando conflictos entre los flujos de tránsito tanto en el plano lateral como vertical;
- b) mejoren la eficacia operacional acortando las longitudes de ruta; Alienten las operaciones de Descenso Continuo (CDO) o Ascenso Continuo (CCO) mediante ventanas verticales, permitiendo perfiles más eficientes en términos de ahorro de combustible y reduciendo el impacto ambiental, incluyendo el ruido y las emisiones de gases de efecto invernadero.

**Nota:** Las CDO se abordan en detalle en el Manual de operaciones de descenso continuo (CDO) (Doc 9931) y las CCO en el Manual de operaciones de ascenso continuo (CCO) (Doc 9993).

- c) eviten áreas sensibles al ruido;
- d) eludan el tránsito bidireccional en la misma ruta con rutas paralelas;
- e) brinden distintas opciones de rutas entre pares de ciudades;
- f) mejoren la accesibilidad aeroportuaria; y
- g) perfeccionen la seguridad operacional.

4.3.12.2 Lo que es más importante, la PBN logra una conectividad eficiente entre los procedimientos en ruta y terminales posibles, garantizando así un ciclo ininterrumpido de rutas. Todas estas ventajas no invalidan las mejores prácticas en el diseño de rutas desarrolladas durante décadas.

#### 4.3.12.3 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Gerente del Espacio Aéreo (GEA), con el apoyo del equipo del proyecto, según el área de especialización de cada participante, debe utilizar las técnicas de planificación de espacio aéreo presentadas en la Parte II de este manual para desarrollar las rutas y esperas del nuevo escenario operacional.

#### 4.3.13 Actividad 9: Diseño inicial de los procedimientos

4.3.13.1 El diseño preliminar de los procedimientos de navegación aérea (IAC/SID/STAR) se organiza conjuntamente con el diseño del espacio aéreo y comprende cuatro etapas:

- a) primero, se analiza el diseño del espacio aéreo para confirmar qué performance de navegación es necesaria para conseguir el diseño previsto;
- b) segundo, se analiza la capacidad de la flota para determinar si cumple con la performance de navegación requerida por el diseño previsto;
- c) tercero, se analiza la infraestructura de ayudas para la navegación a fin de dilucidar si la cobertura de éstas es suficiente para respaldar el diseño previsto — si se espera utilizar ayudas para la navegación basadas en tierra, debería comprobarse su disponibilidad y cobertura antes que el diseño vaya demasiado lejos; y

- d) cuarto, se analizan las rutas y esperas propuestas para determinar si son factibles, teniendo en cuenta la performance de navegación necesaria [véase el apartado b) anterior], la cobertura de ayudas para la navegación disponible, los criterios apropiados para el espaciado entre rutas y las limitaciones de obstáculos.

4.3.13.2 Si la capacidad de la flota o la infraestructura de navegación es inadecuada, puede ser necesario buscar soluciones intermedias, lo que podría significar modificar el concepto de espacio aéreo. Si las rutas demuestran no ser factibles, tendrá que reconsiderarse el diseño de dicho espacio.

4.3.13.3 La elección de la performance de navegación puede realizarse al principio del proceso de diseño basándose en las decisiones tomadas en la Actividad 6. Al tornarse el diseño más específico, el diseñador de procedimientos del equipo de diseño del espacio aéreo debería aclarar si se requerirán determinadas funcionalidades y si se espera que estén disponibles.

4.3.13.4 En esta etapa también puede ser observada la necesidad de ajustar el diseño original del Concepto de Espacio Aéreo, debido a cualquier no cumplimiento de los criterios y/o parámetros de diseño de procedimientos (PANS-OPS) o de organización y estructuración del espacio aéreo.

**Nota:** Dependiendo de la complejidad, puede ser necesario evaluar los procedimientos en los simuladores de las aerolíneas.

4.3.13.5 Es importante preparar cartas prototipo (borradores) de procedimientos de navegación aérea, y otras cartas aeronáuticas que componen la estructura del espacio aéreo, si es necesario, para su utilización en la Fase de Validación. Sin embargo, la elaboración de las cartas aeronáuticas en su versión final solo debe ocurrir después de validar el concepto de espacio aéreo, ya que el costo para completar esta tarea es muy alto y el equipo debe tener garantías de que el escenario propuesto para el nuevo concepto de espacio aéreo es viable.

#### **4.3.13.6 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:**

- a) Gerente del Espacio Aéreo (GEA), con el apoyo del equipo del proyecto, según el área de especialización de cada participante, debe establecer los procedimientos de navegación aérea (IAC/SID/STAR) y la circulación visual (rutas visuales y circuito de tránsito) del nuevo escenario operacional.
- b) Gerente de Producción de Cartas (GPC), con el apoyo de su equipo, debe elaborar las cartas prototipo (borradores) de procedimientos de navegación aérea (IAC/SID/STAR), y otras cartas aeronáuticas tales como ENRC, ARC, VAC, etc, si fuere necesario a la Fase de Validación, de la(s) propuesta(s) de escenario operacional.

#### **4.3.14 Actividad 10: Volúmenes y sectorización del espacio aéreo**

4.3.14.1 El diseño de rutas ATS, rutas terminales (procedimientos de navegación aérea), estructuras del espacio aéreo y sectorización ATC es un proceso iterativo. Las estructuras del espacio aéreo y la sectorización ATC se examinan una vez completadas las rutas ATS y terminales. La estructura del espacio aéreo se crea para proteger las trayectorias de vuelo IFR, tanto vertical como lateralmente, pudiendo ser necesario modificar las rutas para garantizar que encajen en dicha estructura. Una vez se ha completado ésta, se sectoriza el espacio aéreo para fines de ATM, pudiendo ser de nuevo necesario reconsiderar el emplazamiento de rutas. Ni las estructuras ni los sectores han de ceñirse necesariamente a las fronteras nacionales. Es posible, e incluso deseable por motivos de eficiencia de vuelo y capacidad, diseñar estructuras o sectores del espacio aéreo transfronterizos. En tales casos, habrá de considerarse la delegación del ATS.

#### 4.3.14.2 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Gerente del Espacio Aéreo (GEA), con el apoyo del equipo del proyecto, según el área de especialización de cada participante, debe utilizar las técnicas de planificación de espacio aéreo presentadas en la Parte II de este manual para establecer la estructura de los diversos espacios aéreos (ATZ, CTR, TMA, CTA, UTA, FIR), sus límites superiores/ inferiores, su clasificación (servicio ATC) y la sectorización estos espacios aéreos.

#### 4.3.15 Actividad 11: Consolidación de las propuestas nuevo escenario operacional

4.3.15.1 Esta actividad consiste en consolidar las tareas ejecutadas en la Fase de Diseño para la composición de la(s) propuesta(s) de escenario(s) que será(n) sometida(s) a validación, para su comparación con el Escenario de Referencia, con el objetivo de elegir el mejor escenario, que será el nuevo escenario del concepto de espacio aéreo, en función de los parámetros establecidos en el proyecto.

**Nota 1:** Este proceso de composición de escenarios debe ocurrir en un ambiente de Toma de Decisiones en Colaboración (CDM) entre todos los involucrados en el proyecto.

**Nota 2:** Se recomienda preparar al menos dos escenarios propuestos para la comparación con el escenario de referencia.

#### 4.3.15.2 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Gerente del Espacio Aéreo (GEA), con el apoyo del equipo del proyecto, según el área de especialización de cada participante, debe consolidar los trabajos para el desarrollo de rutas, esperas, procedimientos IFR y VFR, estructura de espacio aéreo (ATZ, CTR, TMA, CTA, UTA, FIR) y su sectorización para composición de la(s) propuesta(s) de nuevo escenario del concepto de espacio aéreo.

### 4.4 FASE DE VALIDACIÓN

#### 4.4.1 Visión General

4.4.1.1 Una vez completado el diseño del espacio aéreo, el concepto se habrá convertido en una o más propuestas de escenario operacional que necesita(n) ser validada(s) . La validación se lleva a cabo en varias fases:

- a) el concepto de espacio aéreo suele validarse durante el proceso de diseño y, de nuevo, cuando éste se completa; y
- b) las nuevas rutas se validan una vez que finaliza el proceso de diseño.

**Nota:** En la siguiente sección se aborda la validación del concepto de espacio aéreo y del diseño del mismo. La validación de los procedimientos de vuelo por instrumentos se trata en el Doc 8168, Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea – Operación de Aeronaves, Volumen II – Construcción de Procedimientos de Vuelo Visual y por Instrumentos y en el Manual de Garantía de Calidad para el Diseño de Procedimientos de Vuelo (Doc 9906).

4.4.1.2 La Fase de Validación es compuesta de las siguientes Actividades:

- ✓ Actividad 12: Validación del concepto de espacio aéreo;
- ✓ Actividad 13: Finalización del diseño de procedimientos; y

- ✓ Actividad 14: Validación del diseño de procedimientos.

#### 4.4.2 Actividad 12: Validación del concepto de espacio aéreo

4.4.2.1 Los principales objetivos de la validación del concepto de espacio aéreo residen en:

- a) evaluar si pueden lograrse los objetivos del proyecto aplicando el diseño del espacio aéreo y el concepto de espacio aéreo en general y si el análisis de rentabilidad es positivo;
- b) examinar la validez de la ATM del diseño del espacio aéreo;
- c) determinar los posibles puntos débiles del concepto y elaborar medidas de mitigación; y
- d) demostrar que el diseño es seguro, esto es, para respaldar la evaluación de la seguridad operacional.

4.4.2.2 Los métodos de validación pueden dar resultados cuantitativos o cualitativos. Ambos tipos de resultados son necesarios, y las validaciones se llevan a cabo de manera simultánea, ya que cada método necesita la información obtenida por el otro. Es esencial que los resultados se consideren como una sola entidad aun cuando provengan de métodos significativamente distintos. En términos generales, la evaluación cuantitativa hace referencia a los métodos de validación de carácter numérico y se basa en la cuantificación de datos. Estos métodos están fundamentados, por lo general, en instrumentos que suelen ser simuladores informáticos. La evaluación cualitativa no se basa tanto en datos, sino más bien en el análisis objetivo, el razonamiento, la argumentación y la justificación. No obstante, los datos de una evaluación cuantitativa tampoco pueden ser aceptados sin un análisis y, por ende, el resultado final dependerá del uso eficaz de los instrumentos de evaluación cualitativa. En la Tabla 3 se facilita una comparación de los distintos métodos de elaboración de modelos.

Tabla 3 – Ejemplo de comparación de modelos

	<i>Entrada de muestra</i>	<i>Punto de referencia de la evaluación empleada</i>	<i>Resultado</i>	<i>Método de validación</i>
<i>Evaluación cualitativa</i>	Diseño del espacio aéreo publicado y propuesto (rutas/esperas, estructuras y sectores).	Criterios de performance y de seguridad operacional no numéricos basados en los SARP, los procedimientos y los textos de orientación de la OACI y las reglamentaciones nacionales/locales.	Principalmente, el razonamiento, argumentación y justificación textual/con diagramas.	– Opinión de los expertos sobre CNS/ATM – Modelado del espacio aéreo

	<i>Entrada de muestra</i>	<i>Punto de referencia de la evaluación empleada</i>	<i>Resultado</i>	<i>Método de validación</i>
<i>Evaluación cuantitativa</i>	<p>Diseño del espacio aéreo (rutas/esperas, estructuras y sectores), publicado y propuesto, por lo general, en forma de datos informáticos, en el que se presentan la organización del espacio aéreo y las muestras de tránsito.</p> <p>Estudios — registros de datos radar, registros de planes de vuelo, registros de vuelos, cuestionarios.</p> <p>Estadísticas y pronóstico — estadísticas de operaciones aeroportuarias, recopilación de datos meteorológicos, demanda y distribución del tránsito.</p>	<p>Criterios de performance y de seguridad operacional numéricos absolutos, fundamentados en los criterios de performance y de seguridad operacional basados en los SARP, los procedimientos y los textos de orientación de la OACI y las reglamentaciones nacionales/locales.</p>	Datos numéricos (principalmente)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelado del espacio aéreo</li> <li>- FTS/RTS</li> <li>- Ensayos ATC reales</li> <li>- Simulación de vuelo</li> <li>- Herramientas analíticas de datos</li> <li>- Análisis estadístico</li> <li>- Modelado del riesgo de colisión</li> <li>- Modelado acústico</li> </ul>

4.4.2.3 Tal como se ilustra en la Tabla 3, son varias las formas en que se lleva a cabo la validación del concepto de espacio aéreo:

- a) el modelado del espacio aéreo;
- b) la simulación en tiempo acelerado (FTS);
- c) la simulación en tiempo real (RTS);
- d) los ensayos ATC reales;
- e) la simulación de vuelo;
- f) las herramientas analíticas de datos;
- g) el análisis estadístico;
- h) el modelado del riesgo de colisión; y
- i) el modelado acústico.

4.4.2.4 Cada método difiere en términos de costo, realismo, complejidad, tiempo y número de muestras de tránsito y de casos de prueba. Cuanto más complejo sea el método de simulación utilizado, mayor será su costo, más larga la preparación/mayor el tiempo de ejecución requeridos y los resultados más cercanos a la realidad. Sin embargo, normalmente por motivos de costo/tiempo, la cifra de muestras de tránsito/casos de prueba tiende a decrecer a medida que aumenta la complejidad del método de simulación utilizado (véase la Figura 14).

4.4.2.5 La mayoría de los instrumentos de validación informatizados asume una performance de navegación de alta calidad poco realista por parte de la aeronave, aunque esto no suele afectar al principal objetivo del ejercicio de validación que es la comprobación de la factibilidad de la ATM y la seguridad operacional del concepto de espacio aéreo propuesto. Cuando se desee una investigación específica sobre las repercusiones de los modos de falla en la navegación, los escenarios de simulación requerirán de una pre-programación adicional. Cabe señalar que los criterios para el espaciado entre rutas ya tienen en cuenta los modos de falla en la navegación y que la mayoría de conceptos de espacio aéreo no requerirán de simulaciones de falla en la navegación específicas.

4.4.2.6 El número, alcance y duración de los métodos de validación utilizados están directamente vinculados a la complejidad del concepto de espacio aéreo y la muestra de tránsito. Cuanto mayor sea el número de cambios, y mayor impacto en la seguridad operacional, mayor será la exigencia de una investigación precisa y detallada para demostrar los beneficios operacionales y el cumplimiento de los criterios de seguridad operacional.

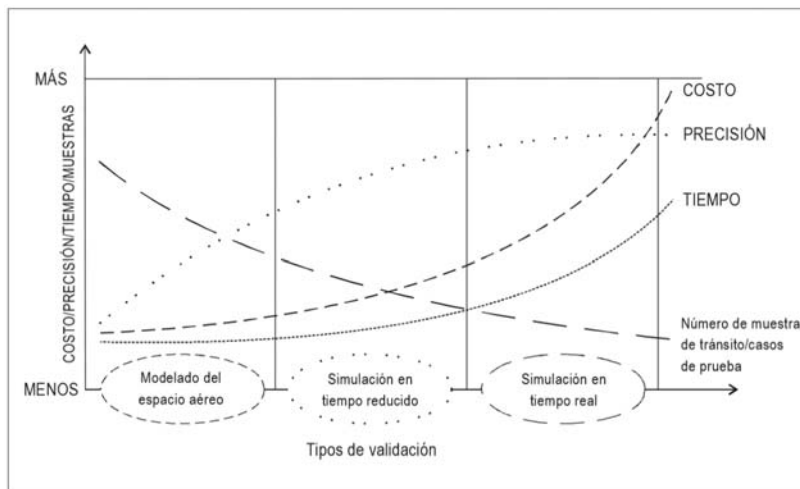


Figura 14 – Solución intermedia de la complejidad frente al costo

4.4.2.7 El equipo de diseño debería asignar tiempo suficiente al plan de proyecto para alcanzar un nivel de evaluación apropiado (modelado, FTS y RTS, ensayos reales). La planificación debería ser lo más flexible posible ya que los resultados del método de validación podrían repercutir considerablemente en la próxima etapa de validación de la secuencia o conducir a la suspensión del proceso de validación y a un retorno a la fase de diseño. El programa de validación debería prepararse cuidadosamente durante la fase de planificación del proyecto, y reservarse con la suficiente antelación el tiempo de acceso a las FTS y RTS. Muchos de los proyectos han sido pospuestos debido a la falta de disponibilidad de los simuladores en el momento decisivo.

4.4.2.8 Si se identifican problemas durante la validación que exijan retornar a la fase de diseño del proyecto, no debería oponerse resistencia. Por muchos motivos, de los cuales no menos importante es el costo, es mejor volver a la fase inicial más pronto que tarde.

## a) MODELADO DEL ESPACIO AÉREO

4.4.2.9 El modelado del espacio aéreo está basado en computadora y tiende a ser uno de los métodos que se utilizan para validar el diseño del espacio aéreo. Se emplea durante la fase de diseño de éste, pues permite al equipo competente visualizar, en tres dimensiones, el emplazamiento y el perfil de las rutas, las estructuras del espacio aéreo y la sectorización.

4.4.2.10 Los instrumentos de modelado del espacio aéreo pueden utilizarse como simuladores sencillos, a escala reducida, en tiempo acelerado. Su principal uso reside en crear una representación en bruto del conjunto de las rutas y estructuras del espacio aéreo (sectores) junto a su interacción con una muestra de tránsito seleccionada. El instrumento genera trayectorias 4D simplificadas (posición + tiempo) con arreglo a los planes de vuelo descritos en la muestra de tránsito (con sus reglas) en una organización del espacio aéreo en particular (con sus reglas). Estas trayectorias, unidas a los bloques del espacio aéreo, se utilizan para calcular una serie de datos estadísticos tales como la carga del sector, la carga de los segmentos de las rutas y los conflictos. Con ayuda de instrumentos más avanzados de modelado del espacio aéreo pueden obtenerse datos más depurados sobre la carga de trabajo y la capacidad del sector. En la Tabla 4 se enumeran las ventajas y desventajas del modelado del espacio aéreo.

Tabla 4 – Ventajas y desventajas del modelado del espacio aéreo

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>• flexible</li><li>• sencillo para evaluar varias alternativas</li><li>• fácil adaptación al escenario</li><li>• fácil generación de casos de prueba</li><li>• fácil para crear y evaluar pruebas del tipo “¿qué pasaría si...?”</li><li>• fácil para probar un amplio número de muestras de tránsito</li><li>• puede usar datos procedentes de entornos ATC y de tránsito real</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• representación en bruto del entorno real</li><li>• solamente proporciona datos estadísticos de alto nivel</li><li>• no puede reproducir las intervenciones tácticas del controlador</li><li>• performance básica de las aeronaves</li><li>• trayectorias simplificadas</li><li>• no se representan las condiciones meteorológicas</li><li>• la precisión depende considerablemente de la capacidad y experiencia del evaluador</li><li>• alto grado de subjetividad y, por tanto, dificultad para que intervengan los usuarios</li></ul>

## b) Simulación en tiempo acelerado (FTS)

4.4.2.11 La FTS se utiliza a menudo para validar una propuesta de concepto de espacio aéreo; también puede emplearse para demostrar que se han cumplido los objetivos de seguridad operacional.

4.4.2.12 El equipo de diseño del espacio aéreo puede utilizar la FTS antes que la simulación en tiempo real (RTS) como único instrumento de validación. La FTS es menos exigente que la RTS en términos de recursos humanos y a menudo constituye el método preferido para mejorar una propuesta de diseño, determinando las fallas de un concepto y/o preparando el camino para la RTS o la implementación directa.

4.4.2.13 La organización del espacio aéreo y la muestra del tránsito necesitan codificarse para el entorno simulado utilizando un lenguaje y una sintaxis específicos del programa informático. Los datos de entrada normalmente comprenden, dependiendo del tipo de simulador, las rutas, la muestra de tránsito asignada a cada una de ellas, la estructura y el sector del espacio aéreo, y reglas relativas al comportamiento de las aeronaves y la ATM.

4.4.2.14 El motor del simulador FTS genera trayectorias 4D (posición + tiempo) para cada aeronave, basándose en la información del plan de vuelo y las reglas. El sistema comprueba cada trayectoria ante determinados eventos predefinidos, tales como los conflictos, los cambios de nivel, los cambios de ruta y la entrada o salida de un sector. Cuando se detecta un evento tal, el sistema incrementa su contador y genera parámetros de tareas vinculados a él. Por ejemplo, si detecta que una aeronave ha traspasado el límite de un sector, aumentará en uno el número de aeronaves contabilizadas en ese sector específico y activará las tareas asignadas a los controladores (tales como la transferencia del control, la transferencia de comunicación y la identificación). En el modelo simulador, se describen por tarea las medidas de los controladores.

4.4.2.15 Las tareas son medidas básicas de ATC, generadas por acontecimientos específicos y con un valor temporal conexo. Este valor es el tiempo requerido en la vida real para que el controlador cumpla la medida específica. El simulador añade los valores del parámetro de tareas a un caso de prueba específico, lo que da como resultado una indicación de la carga de trabajo del controlador. En general, no se considera que un controlador esté sobrecargado de trabajo si esta cifra no excede del 70% del tiempo total del caso de prueba. La precisión de la medición de la carga de trabajo mejora cuando el modus operandi del ATC es más detallado y formalizado. En la Tabla 5 se enumeran las ventajas y desventajas de la FTS.

Tabla 5 – Ventajas y desventajas de la FTS

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• uno de los métodos más utilizados en las evaluaciones de la capacidad del sector</li> <li>• oportunidad para recopilar datos cualitativos</li> <li>• alcance relativamente ilimitado y gran flexibilidad</li> <li>• relativamente sencillo para evaluar varias alternativas</li> <li>• adaptación relativamente fácil al caso de prueba</li> <li>• relativamente fácil para probar un amplio número de muestras de tránsito</li> <li>• puede utilizar datos reales sobre tránsito y medio ambiente</li> <li>• buena aceptación de los resultados</li> <li>• puede evaluar el logro del nivel deseado de seguridad operacional (TLS)</li> <li>• puede informar de la evolución del fundamento de la seguridad operacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modelo simplificado de operación “real”</li> <li>• solamente proporciona datos estadísticos</li> <li>• no puede reproducir las intervenciones tácticas del controlador</li> <li>• la calidad de los resultados depende considerablemente de la precisión del modelo</li> <li>• performance limitada de la aeronave y comportamiento simplificado de la misma</li> <li>• baja representación de las condiciones meteorológicas</li> <li>• dificultad para que intervengan los usuarios</li> </ul>

### **c) Simulación en tiempo real (RTS)**

4.4.2.16 La RTS se usa en las últimas etapas de la validación de una propuesta de diseño del espacio aéreo; también puede utilizarse para demostrar que se han satisfecho tanto los objetivos de seguridad operacional como los objetivos operacionales. Se emplea a menudo como comprobación final y etapa preparatoria de la implantación. Es un método que se utiliza principalmente porque brinda información real de los controladores de tránsito aéreo operacionales y por su potencial para lograr un alto grado de realismo. La RTS también permite a los controladores del tránsito aéreo familiarizarse con los cambios propuestos.

4.4.2.17 La RTS trata de reproducir con la mayor precisión posible el entorno real de trabajo de los controladores del tránsito aéreo. Los principales componentes de una plataforma RTS son:

- a) el motor del simulador;
- b) las posiciones de controlador activas;
- c) los seudopilotos y los sectores de alimentación; y
- d) el sistema de registro de datos.

4.4.2.18 El motor de simulación procesa los planes de vuelo y las entradas de los seudopilotos y los controladores y proporciona todas las posiciones de controlador activas con los datos pertinentes del mismo modo que los sistemas de procesamiento de datos radar (RDPS) y de procesamiento de datos de vuelo (FDPS). En la Tabla 6 se enumeran las ventajas y desventajas de la RTS.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Tabla 6 - Ventajas y desventajas de la RTS

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• método de simulación más cercano a los ensayos ATC reales que puede utilizarse para evaluar y validar los objetivos de simulación</li> <li>• brinda la oportunidad de recopilar datos cuantitativos y cualitativos de gran calidad</li> <li>• información de los controladores basada en su experiencia operacional (evaluación cualitativa adicional)</li> <li>• información de los seudopilotos (en función de su pericia y de las condiciones de simulación)</li> <li>• puede indicar y evaluar cuestiones relacionadas con la performance de los factores humanos (evaluación cuantitativa y cualitativa adicional)</li> <li>• recopilación automática de datos (para una evaluación cuantitativa)</li> <li>• alcance ilimitado y mayor flexibilidad en comparación con los ensayos reales (evaluación cualitativa adicional)</li> <li>• sin riesgo para la operación real</li> <li>• permite comprobar los procedimientos de contingencia y el análisis de riesgos (evaluación cualitativa y cuantitativa)</li> <li>• sencillo para evaluar varias alternativas</li> <li>• información en línea y adaptación al escenario (evaluación cualitativa)</li> <li>• puede utilizar datos reales sobre tránsito y medio ambiente (datos cuantitativos)</li> <li>• buena aceptación de los resultados por los controladores (evaluación cualitativa de amplio alcance)</li> <li>• permite a los controladores familiarizarse con los cambios propuestos</li> <li>• puede ser parte de un fundamento de la seguridad operacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ambiente estéril: capacidades limitadas de la interfaz ser humano-máquina (IHM), transmisión artificial por radio (RT), performance del radar limitada</li> <li>• performance limitada de la aeronave y comportamiento simplificado de la misma</li> <li>• comportamiento de la aeronave poco realista debido a los seudopilotos sin, o con limitada experiencia en aviación</li> <li>• los seudopilotos no pueden reproducir la performance real de los equipos</li> <li>• baja representación de las condiciones meteorológicas</li> <li>• cuestiones relacionadas con la performance de los factores humanos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• mentalidad/actitud del controlador</li> <li>• capacidad del controlador</li> <li>• curva de aprendizaje del ejercicio/escenario</li> </ul> </li> <li>• subjetividad de la evaluación (principalmente en relación con la carga de trabajo)</li> <li>• actitud complaciente</li> <li>• información del controlador ensombrecida por la experiencia histórica</li> <li>• es costoso y lleva tiempo</li> <li>• puede exigir muchos recursos</li> <li>• dificultades de programación relacionadas con la disponibilidad de los controladores operacionales para la simulación</li> <li>• dificultad para que intervengan directamente los usuarios</li> </ul>

**d) Ensayos ATC reales**

4.4.2.19 Los ensayos ATC reales son probablemente el método de validación menos utilizado. Generalmente, esto obedece a que están concebidos como los que conllevan los riesgos más elevados pese a proporcionar lo que probablemente suponga el mayor grado de realismo. Cuando se utilizan, los ensayos reales tienden a estar destinados a evaluar un elemento muy específico del cambio en el espacio aéreo, tal como una nueva SID o STAR o un nuevo diseño del sector con una muestra de tránsito muy limitada. En la Tabla 7 se enumeran las ventajas y desventajas de los ensayos ATC reales.

Tabla 7 – Ventajas y desventajas de los ensayos ATC reales

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• el método de validación más preciso</li> <li>• se recopilan datos reales</li> <li>• reúne información de todos los usuarios</li> <li>• buena aceptación de los resultados por los usuarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• consideraciones sobre seguridad operacional/riesgo</li> <li>• necesidad de análisis posteriores al ensayo muy detallados</li> <li>• alcance ilimitado</li> <li>• flexibilidad limitada</li> </ul>

#### e) SIMULACIÓN DE VUELO

4.4.2.20 Los simuladores de vuelo completo son conocidos por su mayor realismo y precisión a la hora de reproducir todas las características operacionales de un tipo de aeronave específico. Las situaciones normales y anormales, comprendidas todas las condiciones medioambientales que se experimenten en un vuelo real, pueden simularse con precisión. Se ha incrementado el uso de simuladores merced a los adelantos tecnológicos y los ahorros significativos de costos que ofrece la instrucción en simulación de vuelo en comparación con el tiempo de vuelo real. Hoy en día, los simuladores de vuelos comerciales son tan sofisticados que los pilotos que dominan un tipo de aeronave pueden ser entrenados íntegramente en el simulador de un nuevo tipo antes de haber pilotado la aeronave en sí.

4.4.2.21 Además de la instrucción de pilotos, la simulación de vuelo desempeña un papel valiosísimo en otros ámbitos aeronáuticos, tales como la investigación en general, la investigación de accidentes, el diseño y la fabricación de aeronaves, el análisis operacional y otras actividades como los vuelos espaciales. Los ámbitos de investigación comprenden nuevos conceptos y sistemas, cualidades de vuelo y factores humanos. La mayoría de los fabricantes de aeronaves utilizan simuladores de investigación como parte integrante del diseño, la fabricación y la certificación de aeronaves. Los principales proyectos aeronáuticos serían ahora poco prácticos sin el amplio uso de la simulación de vuelo, tanto en términos de costos como de seguridad operacional.

4.4.2.22 Varios son los ámbitos en los que el simulador de vuelo puede prestar asistencia en la terminación con éxito de un proyecto de espacio aéreo terminal. Las cuestiones medioambientales y los poderosos grupos de presión están influenciando el emplazamiento de rutas terminales (y las altitudes conexas) en un número cada vez mayor de localizaciones. Puede resultar muy complejo, únicamente mediante el uso de modelos matemáticos y/o FTS, convencer a estos grupos que sus preocupaciones ambientales se han abordado plenamente, mientras que el realismo del simulador de vuelo puede contribuir considerablemente al debate.

4.4.2.23 Utilizando aeronaves representativas (simuladores), puede volarse a fondo por las distintas opciones de espacio aéreo y registrarse los datos obtenidos, tal como la configuración de las células de aeronaves (que afecta al ruido producido por la aeronave), el consumo de combustible, las millas de derrota recorridas y la altitud. En función de los requisitos de un proyecto y de la complejidad de los datos reunidos, estos resultados podrán ser introducidos en un programa informático de análisis para examinar el ruido y las emisiones que genere la aeronave.

4.4.2.24 El simulador de vuelo es la herramienta que goza de más realismo, aparte de los costosos ensayos reales de vuelo, difíciles de integrar en las operaciones en curso. El factor de credibilidad es aún mayor si se utilizan pilotos de líneas operacionales para manejar el simulador de vuelo. Las líneas aéreas estarán dispuestas a participar empleando nuevos procedimientos en su simulador para validar los beneficios obtenidos en tiempo y consumo de combustible.

### **i) MODELADO ACÚSTICO**

4.4.2.25 La sensibilidad política hacia el impacto ambiental del transporte aéreo es una preocupación creciente. En múltiples países, el cambio de emplazamiento de cualquier ruta terminal o la introducción de un nuevo procedimiento terminal requiere de una evaluación del impacto ambiental y, a menudo, el principal asunto político a dirimir con los ayuntamientos o municipios es el ruido de aeronaves.

4.4.2.26 Los modelos acústicos emplean una forma avanzada de simulador en tiempo acelerado capaz de calcular curvas isosónicas en un área predefinida. Estas funcionalidades “de modelado acústico” se suman a las funcionalidades típicas (tal como el cálculo de la trayectoria de vuelo) comprendidas en los simuladores en tiempo acelerado “estándar”.

4.4.2.27 Para generar las curvas isosónicas de cada aeronave simulada además de las trayectorias de vuelo, el modelador acústico determina (según el modelo de aeronave) la velocidad estimada y la configuración de la potencia/empuje del motor. Basándose en estos datos y teniendo en cuenta el contorno del terreno y otras condiciones ambientales (hora del día, condiciones meteorológicas, etc.), el simulador calcula la distribución del ruido y su nivel en jalones de verificación predeterminados.

4.4.2.28 La precisión de los resultados depende en gran medida del realismo de los modelos de aeronave utilizados por el simulador y del modelo empleado para calcular la distribución del ruido. Las trayectorias de las aeronaves pueden proceder directamente de los datos radar registrados en operaciones reales, aunque han de modelarse los ajustes del empuje y la configuración de la aeronave. Aun utilizando tecnologías informáticas avanzadas, es difícil modelar cada aeronave. Se asignan los movimientos a distintos “tipos” de aeronaves, y se representa por tipo cada aeronave “significativamente” ruidosa (en virtud de las cifras o del nivel de ruido), por ejemplo, B747-400. Algunos tipos se agrupan con aquellos que gozan de características acústicas similares. Para cada tipo, se calculan los perfiles medios de altura y velocidad respecto de la distancia a lo largo de la derrota a partir de un análisis de los datos radar y se subdividen en segmentos lineales apropiados.

4.4.2.29 La derrota media de cada ruta se calcula basándose en los datos radar o en las derrotas nominales. La estimación precisa de la exposición al ruido requiere de una simulación realista de la dispersión lateral de las derrotas de vuelo que se observen realmente en la práctica. Esto se consigue creando derrotas adicionales que constituyen una serie de desviaciones estándar a cada lado de la derrota nominal. Las desviaciones estándar y las proporciones de tránsito asignadas a cada ruta vienen determinadas por el análisis de los datos radar.

4.4.2.30 Los resultados de los modelos acústicos pueden utilizarse para ayudar a la elaboración de diseños que minimicen el impacto del ruido. Por ejemplo, pueden diseñarse múltiples procedimientos para reducirlo o distribuirlo, cada uno adaptado a niveles específicos de performance de la aeronave (véase la Figura 15).

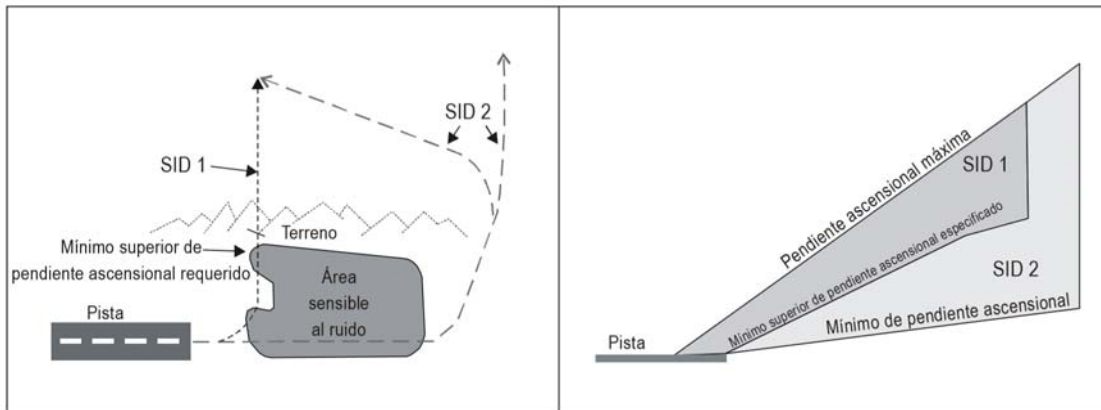


Figura 15 – Ejemplo de opciones de ruido y performance

4.4.2.31 La decisión de utilizarse uno o más métodos de simulación es basada en la complejidad del nuevo concepto de espacio aéreo. Cuanto más complejo el nuevo concepto, más métodos de simulación son necesarios. Sin embargo, es una buena práctica realizar, por lo menos, las simulaciones FTS y RTS. La autoridad aeronáutica también debería decidir si se puede o no considerar la realización de la RTS.

#### 4.4.2.32 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Gerente de Simulación (GSIM), con el apoyo del equipo del proyecto, según el área de especialización de cada participante, debe realizar las simulaciones necesarias para evaluar la(s) propuesta(s) de nuevo concepto de espacio aéreo, y decidir cuál es la más apropiada, cuando haya más que una propuesta.

#### 4.4.3 Actividad 13: Finalización del diseño de procedimientos

4.4.3.1 El proceso de diseño de los procedimientos solamente habrá finalizado cuando se haya validado el concepto de espacio aéreo. Esto se debe a que resultaría muy costoso comenzar el proceso sin saber si es viable el concepto propuesto. La finalización del proceso de diseño se logra cuando se completa la documentación del diseño, se elaboran las descripciones de los procedimientos y los proyectos de gráficos, y se controla cada procedimiento de forma independiente para garantizar que se han cumplido todos los criterios de diseño.

#### 4.4.3.2 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Gerente de Producción de Cartas (GPC), con el apoyo de su equipo, debe elaborar las cartas finales de los procedimientos de navegación aérea (IAC/SID/STAR) y otras cartas aeronáuticas, tales como ENRC, ARC, VAC, etc. del nuevo escenario operacional.

#### 4.4.4 Actividad 14: Validación del diseño de procedimientos

4.4.4.1 La creación de un procedimiento de vuelo por instrumentos RNAV o RNP o de una ruta ATS se hace siguiendo una serie de etapas: desde el origen de los datos aeronáuticos y sobre obstáculos pasando por el levantamiento topográfico hasta la publicación final del procedimiento y su subsiguiente codificación para usarlo en una base de datos de navegación de a bordo. En cada etapa de este proceso debería haber un procedimiento de control de calidad para garantizar que se han logrado y mantenido los niveles necesarios de precisión e integridad. Estos procedimientos de control de la calidad del diseño de los procedimientos de vuelo por instrumentos se detallan en el Doc 8168 y el Doc 9906, Volumen 1 — Sistema de garantía de calidad del diseño de procedimientos de vuelo. Los documentos comprenden exámenes del diseño por diseñadores independientes, herramientas de escritorio de soporte lógico para comprobar la codificación de los procedimientos y la posibilidad de llevarlos a la práctica, simuladores de vuelo y ensayos de vuelo para verificar su aplicación práctica y ejercicios de comparación de datos para validar la codificación por los proveedores de datos de navegación.

4.4.4.2 Al comprobar inicialmente la posibilidad de aplicar el procedimiento en la práctica, debería considerarse su uso por una serie de tipos de aeronaves en distintas condiciones atmosféricas (viento/temperatura, etc.). En algunos casos, puede ser necesario emplear programas informáticos más especializados o simuladores de vuelo completo. Pueden tenerse en cuenta las pruebas realizadas con aeronaves reales para demostrar que el procedimiento puede llevarse a la práctica, aunque prueben únicamente que la aeronave empleada puede ejecutar correctamente el procedimiento en una serie de condiciones atmosféricas en particular. El tamaño y la velocidad de las aeronaves disponibles para dichos vuelos pueden ser plenamente representativos de la performance de una aeronave Cat D con carga plena.

4.4.4.3 Existen herramientas de soporte lógico que utilizan datos digitales sobre el terreno para confirmar que la cobertura teórica de ayudas para la navegación es apropiada. La inspección en vuelo de la cobertura de ayudas para la navegación es solamente aplicable a la posición DME/DME. Requiere de aeronaves de inspección en vuelo especialmente equipadas y es extremadamente lenta. En muchos casos, es posible determinar si la cobertura es adecuada mediante el uso de herramientas de análisis de soporte lógico y los informes de inspección en vuelo existentes sobre las ayudas para la navegación.

4.4.4.4 Es posible que después del vuelo de inspección sea necesario realizar cambios en los procedimientos de navegación aérea, debido a obstáculos, volabilidad (flyability), cobertura de ayudas a la navegación aérea, codificación, entre otros. En ese momento, puede que sea necesario volver a la fase de diseño de todo el concepto.

#### 4.4.4.5 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Gerente de Producción de Cartas (GPC), con el apoyo de su equipo, debe hacer las coordinaciones necesarias para realizar la validación de los procedimientos de navegación aérea (IAC/SID/STAR) y otras cartas aeronáuticas, si necesario, tales como ENRC, ARC, VAC, etc.
- b) Gerente del Espacio Aéreo (GEA), con el apoyo del equipo del proyecto, según el área de especialización de cada participante, debe adecuar la circulación aérea IFR y VFR (IAC, SID, STAR, rutas, ATZ, CTR, TMA, CTA, UTA, FIR, sectorización) dependiendo de los resultados obtenidos en el vuelo de inspección.

## 4.5 FASE DE IMPLEMENTACIÓN

### 4.5.1 La decisión del “pase/no pase” (go/no-go)

4.5.1.1 Generalmente, en los diversos procesos de validación descritos en la sección 2.4.2 queda en evidencia si el concepto de espacio aéreo propuesto es o no factible y si puede ponerse en práctica. Sin embargo, la decisión definitiva de seguir adelante con la implantación debe tomarse en un punto predeterminado del ciclo de vida del proyecto.

4.5.1.2 La decisión de seguir adelante con la implementación se basará en los siguientes factores decisivos:

- a) el diseño de la ruta o el procedimiento ATS satisface las necesidades del tránsito aéreo y de las operaciones de vuelo;
- b) se han satisfecho los requisitos de performance de seguridad operacional y de navegación;
- c) se han completado los cambios en el procesamiento del plan de vuelo, la automatización o las publicaciones AIP necesarios para dar apoyo a la implantación;
- d) se han satisfecho los requisitos para la instrucción de pilotos y controladores; y
- e) Las premisas asumidas en el inicio del proyecto fueron alcanzadas.

4.5.1.3 Una vez que se ha tomado la decisión de continuar con el proyecto, es en la fase de implementación que son realizadas las siguientes actividades:

- a) completar las modificaciones necesarias a los sistemas ATC para apoyar la implementación;
- b) publicar las enmiendas necesarias a las normas y AIP para apoyar la implementación;
- c) llevar a cabo programas de entrenamientos y capacitación; y
- d) realizar seguimiento posterior a la implementación.

4.5.1.4 La Fase de Implementación es compuesta de las siguientes actividades:

- ✓ Actividad 15: Integración del Sistema ATC;
- ✓ Actividad 16: Publicaciones Aeronáuticas, Normas y Procedimientos ATC;
- ✓ Actividad 17: Programa de Capacitación;
- ✓ Actividad 18: Implementación;
- ✓ Actividad 19: Post-Implementación.

### 4.5.2 Actividad 15: Integración del Sistema ATC

4.5.2.1 El nuevo concepto de espacio aéreo puede exigir cambios en las interfaces y presentaciones del sistema ATC para asegurar que los controladores tengan la información necesaria sobre las capacidades de las aeronaves y las presentaciones apropiadas en pro de los nuevos encaminamientos. La necesidad de tales cambios vendría determinada por el equipo de diseño durante la fase de diseño. Tales cambios pueden incluir modificaciones en:

- a) el FDP del tránsito aéreo;
- b) el procesador de datos radar (RDP) de tránsito aéreo;
- c) la presentación de la situación ATC; y

d) las herramientas de apoyo ATC.

4.5.2.2 Podría ser asimismo necesario hacer cambios en los métodos de los proveedores de servicios de navegación aérea (ANSP) para expedir NOTAM, por ejemplo, en apoyo a la predicción RAIM o para notificar la falta de disponibilidad de procedimientos específicos en caso de la interrupción del servicio prestado por las ayudas para la navegación basadas en tierra.

4.5.2.3 También habrán de revisarse los procedimientos ATC. Los métodos mediante los cuales se gestiona el tránsito aéreo PBN pueden ser muy distintos de los existentes, lo que significará que tendrán que elaborarse, ensayarse y documentarse nuevos procedimientos. Si la implementación del nuevo concepto de espacio aéreo implica que el ATC gestione un entorno mixto de tránsito PBN y ajeno a la PBN, esto puede tener repercusiones significativas en la carga de trabajo del ATC y puede exigir cambios importantes en el sistema y los procedimientos ATC existentes. En particular, el ATC debe poder distinguir entre una aeronave capacitada y otra no capacitada para garantizar que a cada una se le sirva adecuadamente y se le conceda la separación apropiada.

4.5.2.4 El equipo del proyecto necesita planificar la ejecución de la implementación, no solamente en lo que atañe al espacio aéreo local y los ANSP, sino también en cooperación con las partes afectadas, que pueden comprender ANSP de Estados adyacentes.

#### 4.5.2.5 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

a) Gerente de Implementación (GIMP), con el apoyo de su equipo, debe evaluar el impacto del proyecto en los Sistemas ATC y garantizar las modificaciones necesarias en estos Sistemas para garantizar la implementación del nuevo concepto de espacio aéreo.

#### 4.5.3 Actividad 16: Publicaciones Aeronáuticas, Normas y Procedimientos ATC

4.5.3.1 El nuevo concepto de espacio aéreo requerirá la adecuación de las informaciones contenidas en la Publicación de Información Aeronáutica (AIP) y en las diversas normas y procedimientos ATC, especialmente los Modelos y Manuales Operacionales y Cartas de Acuerdo Operacional. También puede ser necesario emitir Circular de Información Aeronáutica (AIC) para una difusión más amplia y completa de los cambios que se realizarán en el espacio aéreo y en la circulación aérea.

#### 4.5.3.2 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

4.5.3.2 Gerente de Implementación (GIMP), con el apoyo de su equipo, debe evaluar el impacto del nuevo concepto en las publicaciones aeronáuticas y adoptar acciones para la implementación de las modificaciones necesarias:

- a) Desarrollar propuestas y garantizar la publicación de enmiendas en la AIP;
- b) Coordinar la actualización de los Modelos y Manuales Operacionales de las dependencias ATC involucradas (incluso para el FTS/RTS);
- c) Coordinar la actualización o elaboración de Cartas de Acuerdos Operacionales;
- d) Evaluar el impacto en normas ATC y proponer cambios, si es necesario;
- e) Elaborar y publicar AIC, si es necesario, sobre el nuevo concepto de espacio aéreo y los cambios en la estructura del espacio aéreo y circulación aérea.

#### 4.5.4 Actividad 17: Programa de Capacitación

4.5.4.1 La adecuada divulgación de informaciones y capacitación del personal es fundamental para el éxito de la implementación del proyecto. Eso se lleva a cabo con la amplia divulgación de los resultados todas las fases del proyecto en sitios de internet y en talleres/ workshop, así mismo con la realización de instrucción teórica y práctica de pilotos y controladores.

4.5.4.2 También puede ser necesario hacer una divulgación amplia sobre el concepto de Navegación Basada en Performance (PBN). La introducción de la PBN puede suponer una inversión considerable en términos de material de instrucción, formación y toma de conciencia, tanto para la tripulación de vuelo como para los controladores. En muchos Estados, los conjuntos de material didáctico y la instrucción mediante computadora se han usado eficazmente para algunos aspectos de la formación e instrucción. La OACI ofrece material de instrucción y seminarios adicionales. Cada especificación para la navegación incluida en el manual de PBN (Doc 9613), Volumen II, Partes B y C, trata de la formación e instrucción apropiadas para la tripulación de vuelo y los controladores.

##### 4.5.4.3 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Gerente de Implementación (GIMP), con el apoyo de su equipo, debe garantizar la divulgación y capacitación adecuada sobre el nuevo concepto de espacio aéreo:
  - I. Preparar y realizar talleres a todos los involucrados en el proyecto;
  - II. Desarrollar e implementar un Programa de Capacitación, con instrucción teórica y práctica, a los controladores de tránsito aéreo;
  - III. Solicitar recursos para la implementación del Programa de Capacitación.

#### 4.5.5 Actividad 18: Implementación

4.5.5.1 La implementación solamente puede tener éxito mediante su planificación exhaustiva, como parte de una planificación del proyecto en general, y un examen muy cuidadoso de todos los factores decisivos durante la etapa de planificación. Más aún, toda hipótesis debe justificarse plenamente y planificarse con cautela para posibilitar una implementación exitosa. Esto se aplica a todas las etapas de la elaboración, validación e implementación del concepto de espacio aéreo.

4.5.5.2 Cada ANSP debería mantener un proceso estándar de planificación de la implementación. En la Figura 16 se describe un proceso de planificación de la implementación, como muestra.

4.5.5.3 La decisión de seguir adelante o no con la implementación debe tomarse en un momento concreto del ciclo de vida de un proyecto y debería fundamentarse en determinados factores decisivos, conocidos como criterios de implantación, que pueden comprender la respuesta a las siguientes cuestiones:

1. ¿Se han satisfecho los criterios para la performance y la seguridad operacional?
2. ¿Se han efectuado los cambios exigidos en el sistema ATM?
3. ¿Se han efectuado los cambios exigidos en los sistemas terrestres de navegación?
4. ¿Siguen siendo válidas las hipótesis y las condiciones en función de las cuales se ha elaborado el concepto de espacio aéreo?

- i. ¿Son las corrientes de tránsito tal como se prevé?
  - ii. ¿Está la flota equipada adecuadamente y aprobada?, etc.
5. ¿Están en su lugar todos los elementos habilitantes decisivos?
  6. ¿Han recibido los pilotos y los controladores instrucción apropiada? y
  7. ¿Es el análisis de rentabilidad positivo?

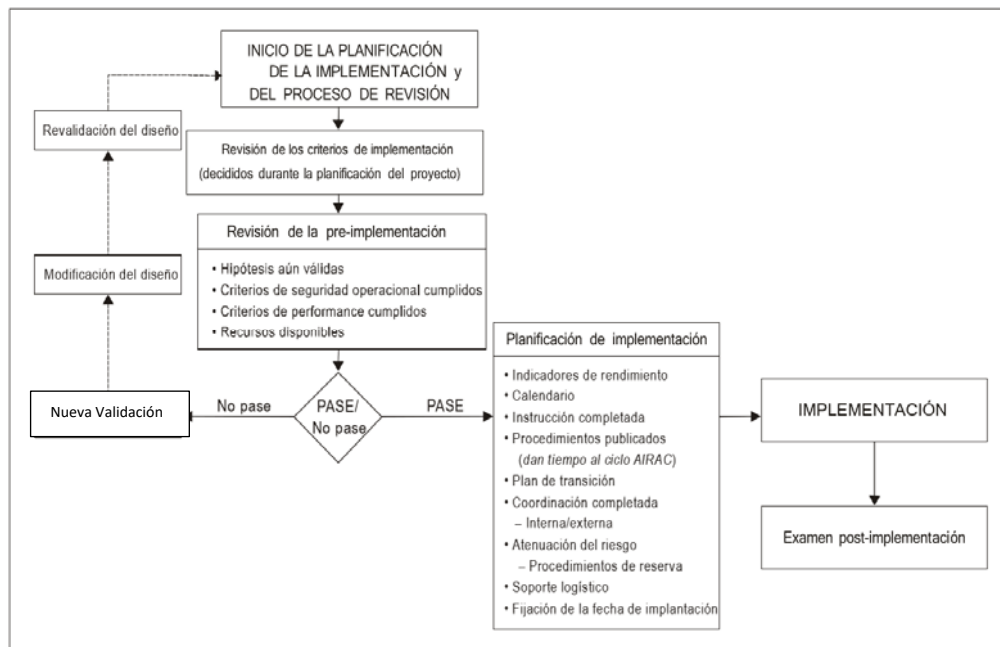


Figura 16 - Proceso de planificación de la implementación de muestra

4.5.5.4 Debe tenerse en cuenta que los acontecimientos inesperados no relacionados directamente con el concepto de espacio aéreo pueden incidir en la fecha de “pase/no pase”.

4.5.5.5 Deben respetarse las decisiones de “no pase”. Aunque puede ser muy desalentador, es importante no buscar “soluciones temporales” ni “rápidas”. Se debería oponer resistencia a las sugerencias de llevar a cabo la implantación a toda costa.

4.5.5.6 Los pasos para seguir tras una decisión de “no pase” dependen del motivo en la que ésta se fundamente. En casos extremos, puede ser necesario anular el proyecto y retornar a la etapa de planificación inicial. En otros, puede ser apropiado examinar las hipótesis, restricciones y elementos habilitantes, o elaborar una nueva serie de ejercicios de validación o llevar a cabo una nueva evaluación de la seguridad operacional.

4.5.5.7 Una vez tomada la decisión de “pase”, se debe revisar y fijar la fecha efectiva de implementación teniendo debidamente en cuenta los procesos de datos y el ciclo AIRAC. Para garantizar una implementación sin problemas, el equipo de diseño del espacio aéreo debería mantenerse en contacto estrecho con el equipo operacional de las unidades ATC.

4.5.5.8 Si los recursos lo permiten, los miembros del equipo deberían estar disponibles en la sala de operaciones a tiempo completo desde, al menos, dos días antes de la implementación hasta, al menos, una semana después de la fecha en la que tenga lugar. Esto permitirá al equipo del espacio aéreo:

- a) supervisar el proceso de implementación;
- b) apoyar al supervisor del centro/ jefe de aproximación o al director de operaciones en caso necesario para usar los procedimientos de redundancia o contingencia;
- c) brindar apoyo e información a los controladores y los pilotos operacionales; y
- d) mantener un registro de las dificultades de implantación para su uso en futuras planificaciones de proyectos.

#### 4.5.5.9 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Gerente del Proyecto (GER), con el apoyo del equipo del proyecto, según el área de especialización de cada participante, debe:
  - i. confirmar si todos los requisitos necesarios a la implementación del proyecto fueron alcanzados;
  - ii. establecer/ confirmar la fecha efectiva de implementación del proyecto, en un proceso CDM y con la autorización de la autoridad aeronáutica;
  - iii. establecer requisitos especiales para la transición al nuevo escenario operacional para mitigar posibles situaciones indeseables (ver numeral 4.2.7.13);
  - iv. implementar el nuevo concepto de espacio aéreo.

#### 4.5.6 Actividad 19: Examen post-implementación

4.5.6.1 Después de la implementación de los cambios en el espacio aéreo, debería vigilarse el sistema y recopilarse datos operacionales para asegurarse de que se mantiene la seguridad operacional y para determinar si se han logrado los objetivos estratégicos. Si tras la implementación ocurren hechos imprevistos, el equipo del proyecto debería aplicar medidas para mitigar los efectos lo antes posible. En circunstancias excepcionales, esto podría exigir el retiro de las operaciones RNAV o RNP mientras se corrigen los problemas específicos.

4.5.6.2 Después de la implementación se debería realizar una evaluación de la seguridad operacional del sistema y recoger pruebas para cerciorarse de ella.

4.5.6.3 El Gerente del Proyecto (GER) debe decidir el momento apropiado para aplicar las mediciones de performance posteriores a la implementación. Sin embargo, se recomienda que la medición y el análisis posteriores a la implementación se realicen de 3 meses a 1 año a partir de la fecha de implementación, comparando con meses iguales del año anterior, para evitar la estacionalidad.

4.5.6.4 Al final del período post-implementación, luego de que se hayan completado los ajustes realizados dentro de este período, el GER debe enviar el informe final del proyecto a la autoridad aeronáutica, para su consideración y deliberación sobre el cierre del proyecto. El informe final del proyecto debe abordar, como mínimo, los siguientes temas:

- a) Descripción de la necesidad operacional que motivó la apertura del proyecto;
- b) Criterios y supuestos para definir el escenario de referencia y el nuevo escenario operacional; y
- c) Resultados, problemas y oportunidades de mejora encontrados.

#### 4.5.6.5 RESPONSABILIDADES Y DETALLES DE LAS ACTIVIDADES:

- a) Gerente del Proyecto (GER), con el apoyo del equipo del proyecto, según el área de especialización de cada participante, debe adoptar las acciones necesarias a la adecuada ejecución del Plan Post-Implementación del proyecto, desarrollado en la Fase de Planificación.

## 5 REFERENCIAS

- ✓ International Civil Aviation Organization. Manual on the Use of Performance Based Navigation (PBN) in Airspace Design. DOC 9992 AN/424. First Edition. 2013.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Performance-Based Navigation (PBN) Manual. DOC 9613 AN/937. Fifth Edition. 2023.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Continuous Climb Operations (CCO) Manual. DOC 9993 AN/495. First Edition. 2013.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Continuous Descent Operations (CDO) Manual. DOC 9931 AN/476. First Edition. 2010.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations (PANS-OPS). DOC 8168 OPS/611. First Edition. 2006.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Global Air Traffic Management Operational Concept. DOC 9854 AN/458. First Edition. 2005.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Global Air Navigation Plan 2016 – 2030. DOC 9750 AN/963. Fifth Edition. 2016.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Air Traffic Services Planning Manual. DOC 9426 AN/924. First Edition. 1984.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Manual on Civil-Military Cooperation. DOC 10088. First Edition. 2021
- ✓ EUROPEAN COMMISSION. EUROCONTROL. European Route Network Improvement Plan (ERNIP). Part 1 – Airspace Design Methodology Guidelines. Edition 2.6. 2022.
- ✓ U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. Terminal Instrument Procedures (TERPS). ORDER 8260.3C. 2016.
- ✓ U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. Airspace Management Handbook. Version 2.1. 2004.
- ✓ Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Conceito de Espaço Aéreo: ICA 100-44. [Rio de Janeiro], 2021.
- ✓ Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Conceito de Espaço Aéreo: MCA 100-19. [Rio de Janeiro], 2021.

**SAMIG31 NE/WP 3.2 - Apéndice/Appendix B**



**ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL  
OFICINA REGIONAL SUDAMERICANA**

**MANUAL GUÍA DE PLANIFICACIÓN DE ESPACIO AÉREO  
DE LA REGIÓN SAM**

**PARTE II: TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN**

Draft 3.0



# MANUAL GUÍA DE PLANIFICACIÓN DE ESPACIO AÉREO DE LA REGIÓN SAM

## PARTE II: TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN

### CONTROL DE CAMBIOS

<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Cambio</b>	<b>Paginas</b>
Draft 2.0	23 octubre 2023	Borrador presentado para proceso de validación / aprobación ante SAM/IG/30	Todas
Draft 2.1	Desde 12 diciembre 2023	Revisión Grupo Adhoc de SAMIG30	Todas
Draft 3.0	26 abril 2024	Para Presentar a SAMIG31	Todas
Draft 3.0	06 mayo 2024	Revisión Editorial	Todas

## CONTENIDO

1	PREFACIO.....	5
2	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	5
3	TRAYECTORIAS: LLEGADAS, SALIDAS Y RUTAS.....	5
3.1	ESPECIFICACIONES DE NAVEGACIÓN .....	6
3.2	LLEGADAS Y SALIDAS .....	7
3.3	RUTAS.....	17
3.4	SEPARACIÓN ENTRE TRAYECTORIAS.....	21
4	ORGANIZACIÓN DEL ESPACIO AÉREO.....	27
4.1	CRITERIOS GENERALES .....	27
4.2	ORGANIZACIÓN DE TMA .....	28
4.3	ORGANIZACIÓN CTR.....	31
4.4	ESPERAS.....	31
4.5	ESPACIOS AÉREOS PARA USO ESPECIAL (SUA).....	33
5	SECTORIZACIÓN .....	36
5.1	CRITERIOS GENERALES .....	36
5.2	SECTORIZACIÓN DE TMA .....	41
5.3	SECTORIZACIÓN DE RUTAS.....	41
6	ESCENARIOS OPERACIONALES.....	49
6.1	DISPOSICIONES GENERALES .....	49
6.2	COMPARACIÓN DE ESCENARIOS.....	50
7	REFERENCIAS .....	51

## 1 PREFACIO

**Nota: Ver Prefacio en Parte I del Manual**

## 2 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

**Nota: ver Definiciones y Abreviaturas en Parte I del manual**

## 3 TRAYECTORIAS: LLEGADAS, SALIDAS Y RUTAS

- 3.0.1 El establecimiento de trayectorias es un proceso interactivo que está directamente relacionado, entre otros factores, con la sectorización, con los espacios aéreos y con los aeródromos involucrados.
- 3.0.2 Durante la fase de diseño, es necesario asegurarse que las trayectorias desarrolladas sean factibles y viables desde el punto de vista de la complejidad, especialmente en términos de interacción entre llegadas y salidas de uno o más aeropuertos.
- 3.0.3 Luego de la definición preliminar de las trayectorias de salida y llegada, considerando la complejidad, se iniciará la elaboración de la sectorización y el volumen del espacio aéreo (CTR y TMA). Dentro de la interacción antes mencionada, el proceso de elaboración de la sectorización puede llevar a la necesidad de cambiar las trayectorias de llegada y salida, hasta optimizar las trayectorias al máximo, dentro de un nivel de complejidad aceptable, lo que redundará en una adecuada sectorización.
- 3.0.4 Cuando el espacio aéreo se considere de alta complejidad debido a su estructura de rutas, entre otros factores, se puede realizar un análisis de factibilidad de su regionalización, a fin de permitir una mayor especialización de los controladores de tránsito aéreo (ATCO) en porciones más pequeñas del espacio aéreo y reducir el tiempo necesario para la capacitación.
- 3.0.5 El desarrollo de trayectorias debe considerar la información relacionada con el desempeño óptimo de la aeronave, la cual debe obtenerse de los diferentes segmentos de la aviación que operan en el espacio aéreo, identificando posibles diferencias en el desempeño en términos de velocidad y gradiente de ascenso o descenso a diferentes épocas del año.

**Nota 1:**– Cuando la operación del aeródromo involucra aeronaves con diferencias significativas en el rendimiento, puede ser útil diseñar trayectorias de llegada y salida para acomodar aeronaves de bajo rendimiento. Esta práctica también se puede utilizar por motivos de ruido aeronáutico.

**Nota 2:** Puede obtenerse información útil sobre el rendimiento de la aeronave también a través del sitio web de EUROCONTROL:

<https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/default.aspx>

- 3.0.6 El desarrollo de trayectorias y el nuevo concepto de espacio aéreo deben cumplir con las premisas establecidas para el proyecto, basándose en las aeronaves con mejores capacidades de navegación, entre otros aspectos.
- 3.0.7 Los sistemas de automatización CNS/ATM implementados para ayudar al ATCO en la provisión de ATS deben tenerse en cuenta en la planificación del espacio aéreo.

- 3.0.8 Siempre que sea posible, las nuevas trayectorias deberán ser más eficientes en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> que las anteriores, en particular, debido a los requisitos de compensación de los Estados establecidos por CORSIA, a partir de 2021.
- 3.0.9 La trayectoria más eficiente no siempre será la línea recta. Es necesario considerar el desempeño de las aeronaves que evolucionan en el espacio aéreo en estudio, el cual puede verse muy afectado si el perfil vertical de la trayectoria propuesta es desfavorable. Como premisa general, las trayectorias niveladas a baja altura tienden a consumir más combustible. En general, en un TMA, se prefiere un viraje de descenso constante a una línea recta a baja altitud que requiere un vuelo nivelado (a través de restricciones de altitud).

### 3.1 ESPECIFICACIONES DE NAVEGACIÓN

- 3.1.1 La especificación de navegación consiste en definir los requisitos de performance requeridos de los sistemas de navegación de a bordo dentro de un espacio aéreo determinado.
- 3.1.2 Una de las etapas del desarrollo de la trayectoria es la selección de las especificaciones de navegación que se utilizarán. Debe realizarse en función de las características del espacio aéreo y la capacidad de navegación de la flota de aeronaves.
- 3.1.3 La especificación de navegación incluye requisitos de funcionalidad (RNAV y RNP) y precisión para equipos de a bordo que están directamente relacionados con la separación entre trayectorias.
  - Nota 1:** Considerando las diversas generaciones de aeronaves que pueden estar utilizando el espacio aéreo simultáneamente, se debe establecer la especificación de navegación para acomodar la mayoría de estas aeronaves, considerando la capacidad PBN de la flota.
  - Nota 2:** La capacidad del espacio aéreo y la carga de trabajo del ATCO pueden verse afectadas por la decisión de acomodar diferentes aeronaves con diferentes capacidades de navegación en el mismo espacio aéreo.
- 3.1.4 La infraestructura de ayudas a la navegación aérea debe ser evaluada considerando la especificación de navegación elegida como facilitadora para la implementación del nuevo Concepto de Espacio Aéreo.
- 3.1.5 También se debe considerar la conveniencia de mantener algunas ayudas a la navegación aérea para explotadores no aprobados para la especificación de navegación elegida, o como respaldo, así como la infraestructura de ayudas a la navegación aérea existente.
- 3.1.6 Las especificaciones de navegación a ser utilizadas en el establecimiento de trayectorias que utilizan el concepto PBN se enumeran en la Tabla 3-1; en la Figura 3-1 se observan las especificaciones de navegación por fases de vuelo en espacio aéreo SAM

Tabla 3-1 Especificación de Navegación

Tipo de Trayectoria	Especificación de Navegación
<b>Ruta</b>	RNAV 10, RNAV 5, RNP 4, RNP 2 o A-RNP
<b>Llegada</b>	RNAV 1, RNP 1 o A-RNP
<b>Salida</b>	RNAV 1, RNP 1, A-RNP o RNP AR DP
<b>Aproximación</b>	RNP APCH o RNP AR APCH

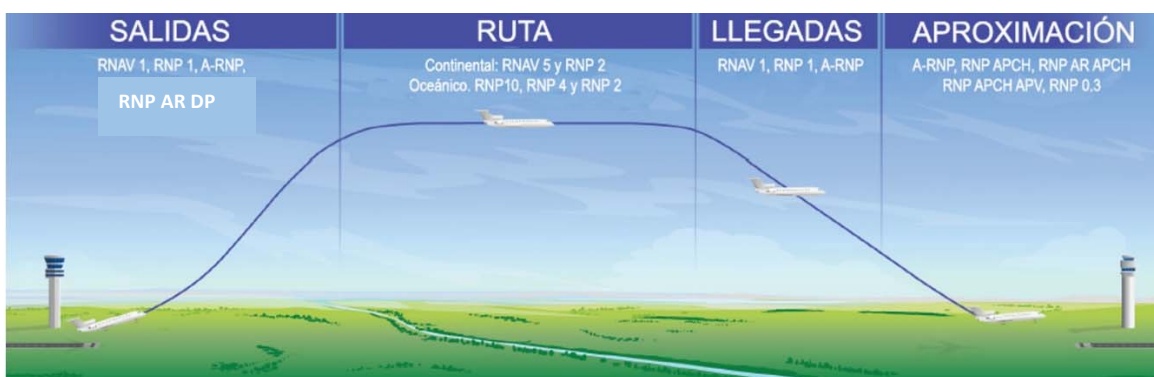


Figura 3-1 – Especificaciones de navegación por fases de vuelo en espacio aéreo SAM.

**Nota 1:** Ver Doc 9613 (Manual PBN) para más detalles de las especificaciones de navegación.

**Nota 2:** El uso de la especificación de navegación RNAV 1 (uso obligatorio de GNSS) en las trayectorias de llegada y salida no estará sujeto a la existencia de un sistema de vigilancia ATS.

**Nota 3:** En el caso de un procedimiento de aproximación ILS con Transición RNAV, la especificación de navegación del tramo RNAV será RNAV 1 o RNP 1.

**Nota 4:** Siempre que se utilice especificación de navegación con la posibilidad de utilizar un sistema DME/DME, se deberá insertar en la carta aeronáutica una indicación clara de la necesidad de un sistema de vigilancia ATS.

## 3.2 LLEGADAS Y SALIDAS

### 3.2.1 CRITERIOS GENERALES

3.2.1.1 A continuación, son presentados algunos principios para la implementación de trayectorias de llegada y de salida:

- Los cambios en la pista en uso en los aeródromos involucrados tendrán un impacto mínimo en la complejidad operacional;

- b) Evaluar, considerando el volumen de tránsito y la complejidad, los pros y los contras de aplicar separación lateral y vertical entre trayectorias;
- c) Proporcionar, considerando el criterio descrito en “b”, separación entre las trayectorias de llegada y salida IFR y VFR;
- d) Evitar áreas donde frecuentemente se conocen fenómenos meteorológicos asociados a turbulencia;
- e) Considerar posibles picos estacionales de tránsito aéreo;
- f) Conocer la infraestructura y medios CNS/ATM disponibles para los espacios aéreos involucrados y utilizarlos de manera óptima.

**Nota:** Aplicar separación lateral y vertical entre todas las trayectorias, especialmente donde el volumen de tránsito es bajo, puede no ser ventajoso. La resolución de conflictos a través de la circulación aérea reduce la carga de trabajo del ATC, por otro lado, puede perjudicar el desempeño de las aeronaves en términos de consumo. Es necesario evaluar la pertinencia de este tipo de solución. En ambientes donde el volumen de tránsito es alto, este tipo de separación puede generar un aumento en el número de aeronaves que se pueden controlar simultáneamente.

3.2.1.2 Una vez cumplidos los criterios establecidos en el numeral 3.4 (Separación entre trayectorias), el espejamiento (*mirroring*) de las trayectorias, como se ilustra en la Figura 3-2, se considera una buena práctica internacional para minimizar el impacto en la complejidad operacional resultante de un cambio de la pista en uso, por ejemplo.

**Nota:** La Figura 3-2 tiene fines ilustrativos únicamente. En este caso específico, la “X” representa solo un posible punto importante de conflicto y no una prohibición.

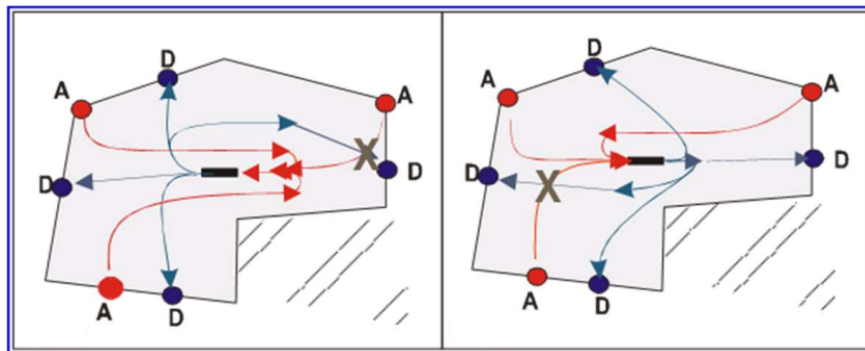


Figura 3-2 – Espejamiento (*Mirroring*) de trayectorias.

3.2.1.3 Las trayectorias de aproximación frustrada deberían estar separadas unas de otras y de los tramos iniciales de las trayectorias de salida, siempre que sea posible, para obtener el mayor beneficio en pistas con operaciones segregadas independientes o convergentes.

3.2.1.4 Las trayectorias de salida deben proporcionar separación lateral entre aeronaves lo más rápido posible, siempre que sea factible estar conectadas a la red de rutas ATS y ser compatibles con otras trayectorias de TMA adyacentes, independientemente de la pista en uso en el aeródromo.

**Nota 1:** Las rutas de salida VFR deben diseñarse para evitar, lo más rápido posible, el área inicial de las trayectorias de salida IFR.

**Nota 2:** Las salidas omnidireccionales son una excepción y no requieren conexión a rutas ATS.

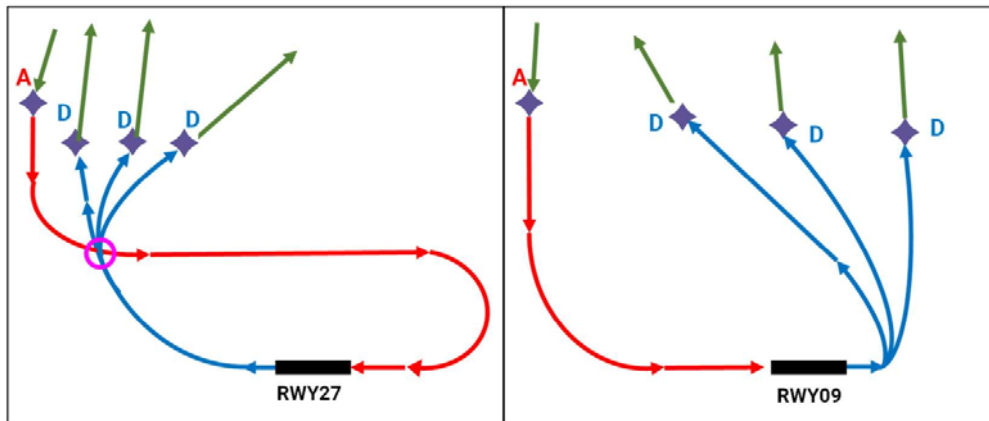


Figura 3-3 – Conexión entre trayectorias de salida con la red de rutas ATS

3.2.1.5 El diseño de las trayectorias de salida debe realizarse de manera que puedan ser acortadas por el controlador de tránsito aéreo tan pronto como se libere el tránsito conflictivo, de modo que se reduzca la carga de trabajo del sector y se pueda aumentar la capacidad ATC. De esta forma, en caso de ser necesario, las trayectorias de salida podrán alargarse, considerando que el controlador de tránsito aéreo podrá autorizar una trayectoria directa y más corta al siguiente *waypoint* de salida, si ya no se presentan conflictos de tránsito. Ver Figura 3-3

3.2.1.6 Las trayectorias de llegada deberán converger progresivamente, a medida que se acerquen al límite de la TMA, de modo que el número de puntos de entrada sea preferiblemente un máximo de cuatro, con excepción de los siguientes casos en los que no se recomienda la convergencia:

- a) Cuando exista un porcentaje significativo de aeronaves con performances diferentes;
- b) Cuando existan varios aeródromos principales;
- c) Cuando el volumen de tránsito sea bajo.

**Nota 1:** En estos casos, se deben establecer puntos/gates de entrada definidos en términos de performance o destino, entre otros criterios, para las cuales las trayectorias de llegada deben convergir.

**Nota 2:** En circunstancias excepcionales, puede ser necesario incluso dividir un flujo de llegada común dentro del espacio aéreo, para facilitar la gestión del flujo de aeronaves con diferentes performances.

Nota 3: ver Figura 3-4 y Figura 3-5 como ejemplo

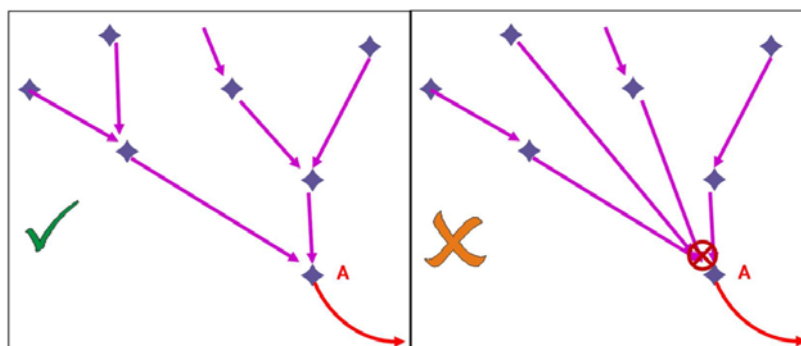


Figura 3-4 – Convergencia de las trayectorias de llegada (Ejemplo 1)

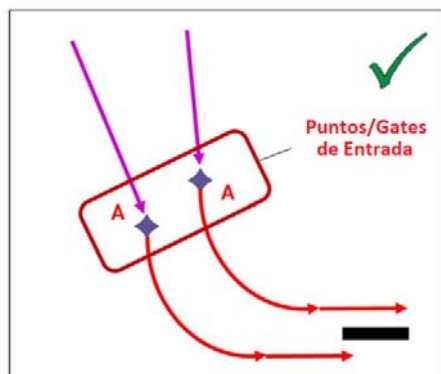


Figura 3-5 – Convergencia de las trayectorias de llegada (Ejemplo 2)

3.2.1.7 A diferencia de las trayectorias de salida, el diseño de las trayectorias de llegada debe realizarse de manera que su reducción no sea un estándar operativo, dado que tal medida normalmente no es beneficiosa para los operadores de aeronaves. De esta forma, la reducción de las trayectorias de llegada debería tener en cuenta el perfil promedio ideal de las aeronaves que operan el aquel espacio aéreo.

3.2.1.8 Existen numerosas técnicas que pueden ser utilizadas en un determinado concepto de espacio aéreo, tales como el concepto CCO/CDO, técnica *Four Corner*, STAR Abierta, STAR Cerrada, técnica Trombón y *Point Merge*, entre otras.

### 3.2.2 Operaciones de Descenso Continuo (CDO) y de Ascenso Continuo (CCO)

3.2.2.1 Al diseñar rutas de salida, de llegada y de aproximación, se debe tener en cuenta que tanto el diseño del espacio aéreo como el de los procedimientos son los habilitadores claves para CCO y CDO y que pueden proporcionar ahorros considerables de combustible, emisiones y reducción de ruido,.

3.2.2.2 Por lo tanto, CCO y CDO deben ser una parte integral del proceso de diseño del espacio aéreo/procedimiento. Cuando la situación local lo permita, el diseño del espacio aéreo/procedimiento debe permitir el uso de los conceptos de CCO y CDO en la mayor medida posible (idealmente, se proporciona CCO óptimo hasta la parte superior del ascenso y CDO desde la parte superior del descenso).

3.2.2.3 En general, teniendo en cuenta todo el vuelo y el hecho que se realizan más nivelaciones en la fase de descenso, CDO proporciona aproximadamente 10 veces el nivel de beneficios de ahorro de combustible/emisiones en comparación con CCO.

3.2.2.4 CDO se centra en el perfil vertical del tránsito entrante. La intención es permitir que las aeronaves descendan sin interrupción desde su nivel de vuelo intermedio o de crucero hasta la aproximación final, interceptando la trayectoria de planeo según sea necesario. El descenso sin interrupción permite que la aeronave permanezca más tiempo en niveles de vuelo de crucero, más eficientes en combustible, en lugar de nivelaciones temporales en niveles inferiores menos eficientes en combustible. Esto solo puede funcionar si se puede dar una distancia exacta hasta el aterrizaje, ya sea adhiriéndose a un punto de STAR o recibiendo una distancia exacta a recorrer por parte del ATC.

3.2.2.5 Cuando un espacio aéreo cambia para habilitar CDO optimizado, hay una serie de buenas prácticas que deben tenerse en cuenta. Estas se relacionan con el espacio aéreo y el diseño de procedimientos, con la definición de Cartas de Acuerdo Operacional (LoAs) entre centros/sectores y con la designación de cualquier restricción de altitud o velocidad en el procedimiento de llegada. Las buenas prácticas incluyen lo siguiente:

- a) El diseño de cada ruta de llegada debe realizarse en estrecha colaboración entre el ANSP y los explotadores de aeronaves, ya que un diseño optimizado debe tener en cuenta tanto las limitaciones como los requisitos de cada parte;
- b) Las salidas (SID) y llegadas (STAR) deben diseñarse lateralmente segregadas tanto como sea posible. Al considerar entre la optimización de los perfiles verticales y laterales de las rutas de salida y llegada, cada caso tendrá una solución local. Sin embargo, al diseñar un procedimiento, debe tenerse en cuenta que cualquier segmento nivelado incluido en la trayectoria de descenso aumentará el consumo de combustible y las emisiones de cada llegada en una cantidad que depende del tipo de aeronave, la altitud del segmento nivelado y condiciones atmosféricas. Como regla general, si los segmentos nivelados son inevitables, deben tener lugar lo más alto posible en el procedimiento;
- c) También hay que tener en cuenta que no solo se debe considerar el peso de la aeronave y el consumo de combustible asociado. Para aeronaves similares, el rango específico (la cantidad de distancia recorrida por una unidad de consumo de combustible) diferencial entre un nivel de crucero (por ejemplo, FL350) y un nivel inferior intermedio (por ejemplo, FL100) para una aeronave más pesada (en ascenso) puede ser menor que para la misma aeronave cuando es más liviana (en descenso). Por lo tanto, las penalizaciones por combustible a FL más bajos son mayores cuando la aeronave es más liviana, es decir, al aterrizar. Las penalizaciones de combustible por volar a niveles de vuelo no óptimos son mucho menores cuando las aeronaves son pesadas, por lo que nivelar una aeronave en ascenso puede tener un menor impacto en el consumo de combustible en esa aeronave que cuando la aeronave es más liviana;
- d) LoAs, cuando se requiera/necesite, deben permitir perfiles de descenso óptimos (idealmente desde el *Top of Descent*) y donde se puedan habilitar los beneficios operacionales, diseñarse sobre una base flexible que se pueda adaptar a la dirección de la pista, períodos de demanda alta/baja, tránsito estacional, estándar de tránsito de semana/fin de semana y deben revisarse regularmente en base a restricciones individuales;
- e) LoAs puede beneficiarse de la creación de nuevos waypoints para habilitar un punto de *Top of Descent*, más óptimo y más alto, o un perfil de descenso más óptimo. Dichos cambios deben promoverse durante las revisiones periódicas de la LoA;
- f) El personal ATFM, siempre que sea posible y cuando la situación del tránsito lo permita, puede utilizar rutas DCT, sobre una base táctica, para permitir a las aeronaves mantener niveles de crucero más altos, niveles más óptimos y renunciar a las restricciones verticales para facilitar un mejor rendimiento;
- g) Para una CDO optimizada, las rutas de llegada deben definirse con una cantidad mínima de restricciones (los FMS pueden no ser capaces de manejar las restricciones ubicadas cerca), mientras se demuestre que un número reducido de *waypoint* aumenta el cumplimiento de las restricciones laterales y verticales;
- h) Aunque la implementación de restricciones de altitud se debería limitar tanto como sea posible, cualquier restricción debe publicarse exactamente en punto de descenso ideal para la mayoría de los tipos de aeronaves e incluir en ventanas de altitud con las siguientes instrucciones:
  - i) “a o por encima de”;
  - ii) “a o por debajo de”;
  - iii) “ventana” de altitud/nivel de vuelo.
- i) Las ventanas de nivel y velocidad de las rutas de llegada deben diseñarse para tener en cuenta los límites de performance de las aeronaves y deben ser lo suficientemente grandes como para dar cabida a perfiles de descenso de la flota específica de aeronaves que operan en cada aeródromo, pero no demasiado grandes como para bloquear demasiado el espacio aéreo;

- j) Desde la perspectiva del CDO, las restricciones de velocidad deben evitarse siempre que sea posible, aunque estas pueden ser necesarias en ciertos escenarios (por ejemplo, con *Point Merge*);
- k) Si se requieren restricciones/ajustes de velocidad, es preferible definir una velocidad de entrada en la llegada de CDO.

3.2.2.6 El concepto de CCO es sencillo: no se debería exigir a la aeronave que nivele el ascenso en ninguna etapa. La aeronave puede ascender desde el despegue hasta el nivel de crucero sin ninguna restricción.

3.2.2.7 Tanto CDO como CCO pueden considerarse extensiones verticales de procedimientos SID o STAR. Teniendo en cuenta los perfiles normales de ascenso y descenso, es posible colocar puntos de cruce de SID y STAR en un lugar donde los perfiles naturales no interactúen. Al hacerlo, ya no se requiere una nivelación obligatoria, pero es importante que el ATC siga monitoreando los puntos de cruce.

**Nota:** Los criterios detallados para la implementación de los conceptos CDO/CCO están contenidos en los Doc 9931 (Manual CDO) y Doc 9993 (Manual CCO) de la OACI.

### 3.2.3 TÉCNICA *FOUR CORNER*

3.2.3.1 El *Four Corner* es una técnica definida mediante un cuadrilátero ficticio, centrado en el aeródromo, orientado según la posición de las pistas, a partir del cual se desarrolla un sistema de trayectorias de llegada y salida que incrementa la eficiencia de los flujos de tránsito aéreo.

3.2.3.2 Esta técnica no requiere una aplicación rígida y simétrica. Dependiendo de las necesidades, configuración y características de los espacios aéreos involucrados, esta geometría del trazado de las trayectorias puede flexibilizarse cuando sea pertinente.

**Nota:** El *Four Corner* permite realizar cruces próximos al aeródromo de forma bien definida, facilitando la aplicación de técnicas CCO y CDO.

3.2.3.3 Las trayectorias de llegada se establecen desde los vértices del cuadrilátero y las trayectorias de salida desde los lados, como se ilustra en la Figura 3-6.

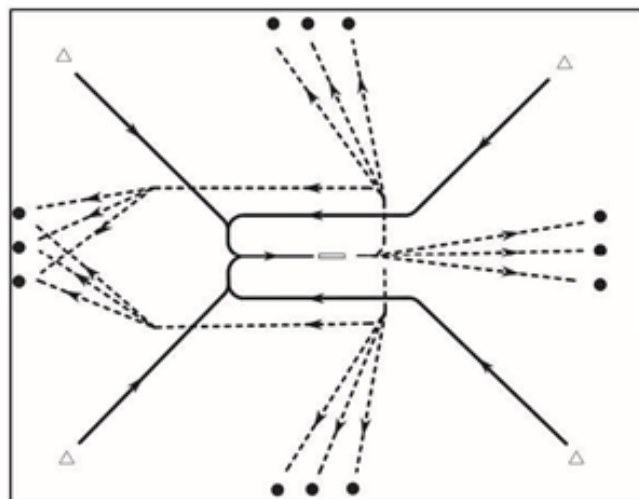


Figura 3-6 – Técnica *Four Corner*.

3.2.3.4 El *Four Corner* puede aplicarse parcialmente, a fin de evitar la interferencia entre las trayectorias de llegada y salida de los aeródromos cercanos.

**Nota:** En estos casos, se puede establecer la configuración de las trayectorias de llegada y salida para que los cruces se produzcan en puntos más alejados de los aeródromos involucrados, pero siempre considerando los perfiles óptimos de ascenso y descenso de la aeronave.

### 3.2.4 STAR ABIERTA

3.2.4.1 STAR Abierta es una técnica definida por medio de una trayectoria de llegada, generalmente paralela a la pista y en contra de la dirección de aterrizaje, hasta un determinado *waypoint* a partir del cual la aeronave esperará la guía vectorial para interceptar la aproximación final, como se muestra en la Figura 3-7.

3.2.4.2 La elección de aplicar el concepto de STAR Abierta debe considerar los siguientes puntos:

- a) cuanto mayor sea la extensión de la trayectoria aplicada por la unidad ATC, desde el último *waypoint*, mayor será la dificultad para que el sistema de navegación de la aeronave garantice un perfil de descenso continuo;
- b) su aplicación apoya el concepto de espacio aéreo en la reducción de guía vectorial, considerando que se puede aplicar básicamente en el tramo a favor del viento, evitando su aplicación en otras porciones del espacio aéreo;
- c) cuanto mayor sea la distancia lateral de la trayectoria con relación al eje de la pista, mayor será la flexibilidad para la guía vectorial por parte de la unidad ATC.

### 3.2.5 STAR CERRADA

3.2.5.1 STAR Cerrada es una técnica definida por medio de una trayectoria de llegada, generalmente paralela a la pista y contra la dirección de aterrizaje, hasta un *waypoint* coincidente con el IAF o IF, como se muestra en la Figura 3-7.

3.2.5.2 Una STAR Cerrada se puede utilizar como trayectoria alternativa, para ser aplicada tácticamente por la unidad ATC, utilizándose *waypoint* que pueden significar trayectorias más grandes o más pequeñas en asociación con un concepto de trombón.

**Nota:** Al igual que con la STAR Abierta, cuanto mayor sea la extensión de la trayectoria aplicada por la unidad ATC, desde el último *waypoint*, mayor será la dificultad para que el sistema de navegación de la aeronave garantice un perfil de descenso continuo.

3.2.5.3 También es posible aplicar los conceptos de STAR Abierta y Cerrada simultáneamente, insertando un *waypoint* coincidente entre el último punto de la STAR y el IAF de una IAC, así como considerando que el controlador pueda proporcionar guía vectorial después de este *waypoint*, en caso de necesidad de establecer una secuencia de aeronaves.

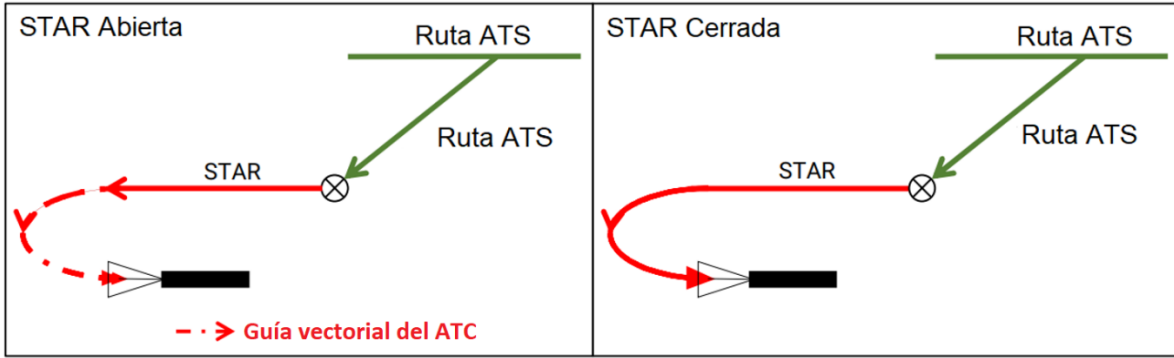


Figura 3-7 – STAR Abierta – STAR Cerrada

### 3.2.6 TÉCNICA TROMBÓN

3.2.6.1 El trombón es una técnica definida mediante el establecimiento de *waypoints* a intervalos fijos a lo largo de las trayectorias de llegada, con el fin de permitir la prolongación de estas trayectorias y facilitar el secuenciamiento de las aeronaves al entrar en el tramo a favor del viento para la aproximación final.

**Nota:** El trombón puede tener una o dos trayectorias paralelas al tramo a favor del viento, según la necesidad operacional.

3.2.6.2 En el trombón, las trayectorias de llegada están predefinidas, como se muestra en la Figura 3-8, y permiten una mejor predictibilidad por parte del ATCO y aumentan la capacidad de los sectores. Sin embargo, el aumento de las distancias voladas puede comprometer la eficiencia del vuelo.

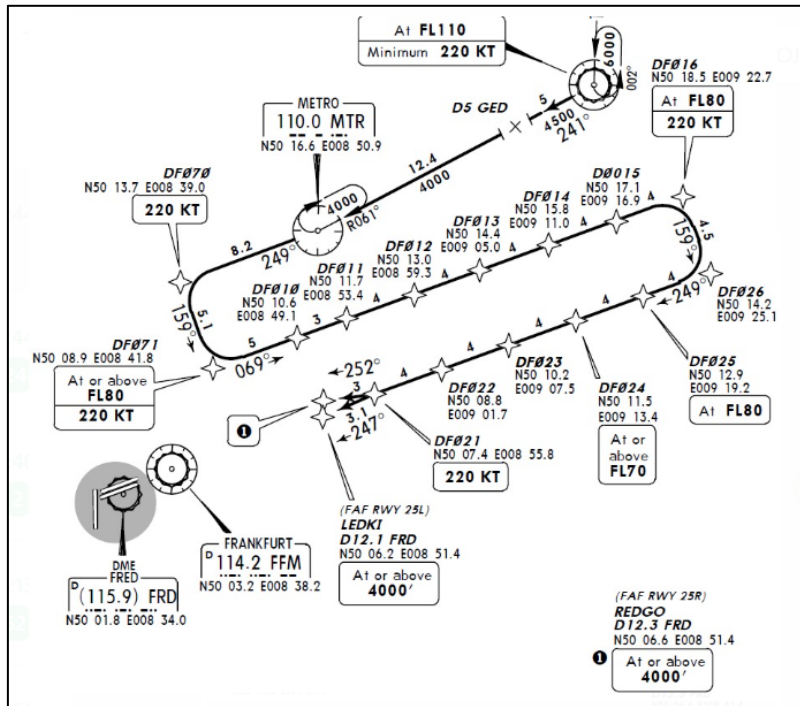


Figura 3-8 – Técnica Trombón

### 3.2.7 TÉCNICA MERGE POINT

3.2.7.1 El *Merge Point* es una técnica desarrollada para integrar flujos entrantes de alta densidad al fusionar los flujos entrantes en un solo punto, aumentando la conciencia situacional y reduciendo la carga de trabajo de las tripulaciones y de los controladores de tránsito aéreo.

3.2.7.2 Antes del *Merge Point*, se crea un *sequencing leg* (tramo de secuenciamiento) que funcionará como un *buffer*. Una aeronave llegando puede ser instruida a mantener el *sequencing leg*, lo que permitirá al controlador alargar la trayectoria manteniendo la aeronave en el *sequencing leg*, durante un cierto período de tiempo, antes de autorizar el vuelo directo al *Merge Point*. Alternativamente, el controlador puede acortar la trayectoria autorizando a la aeronave directamente al *Merge Point*, como se muestra en la Figura 3-9.

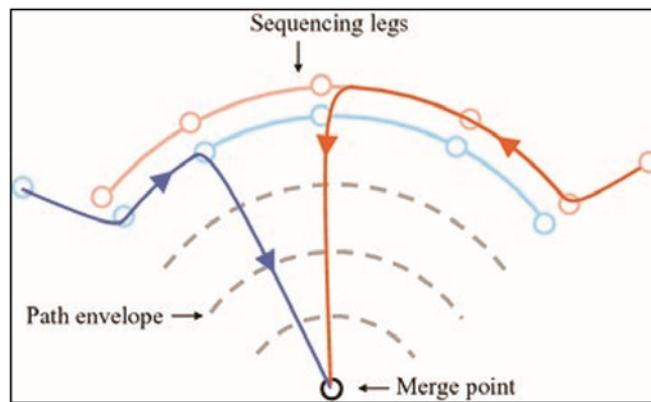


Figura 3-9 – *Merge Point*

3.2.7.3 Un *sequencing leg* debe estar aproximadamente a la misma distancia del *Merge Point* en toda su longitud, siendo similar a un arco con el *Merge Point* ubicado en su centro.

3.2.7.4 Cuando se crean varios *sequencing legs*, la distancia desde el *Merge Point* debe ser similar y se debe evitar la superposición exacta. El tramo más cercano al *Merge Point* debe tener la mayor altitud y el tramo más alejado debe tener la menor altitud, como se muestra en la Figura 3-10, para garantizar la separación vertical entre las aeronaves, dejando el tramo exterior para el *Merge Point* y los aviones que vuelan sobre el tramo interior.

**Nota:** Se deben crear líneas adicionales en la pantalla del radar para ayudar al controlador a determinar si dos aeronaves consecutivas han establecido la separación necesaria para el *sequencing leg*.

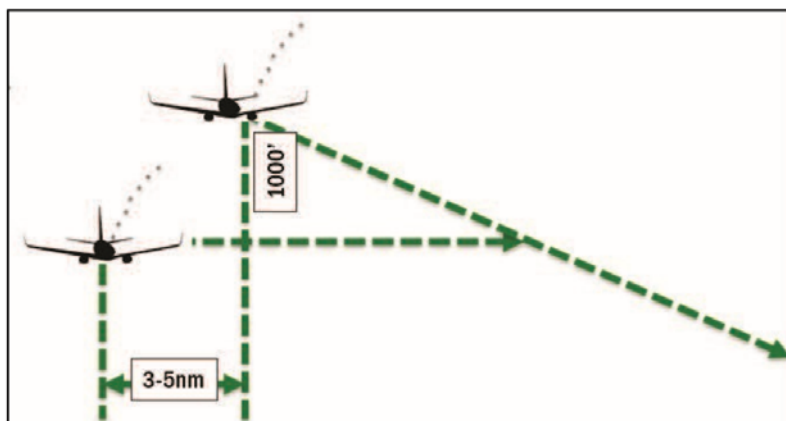


Figura 3-10 – Vista en perfil del *Merge Point*

3.2.7.5 Cuando una aeronave pasa la primera línea hacia el *Merge Point*, se establece la separación con todas las demás aeronaves aún en la(s) *sequencing leg*(s), de modo que se pueda indicar a la siguiente aeronave que vuele directamente al *Merge Point*.

3.2.7.6 Parte del procedimiento es fijar la velocidad de la aeronave en las *sequencing legs* y en el *Merge Point*, a fin de mantener la separación longitudinal incluso después del *Merge Point*. El proceso de monitoreo de la aeronave a medida que pasa las líneas equidistantes y gira la siguiente aeronave hacia el *Merge Point* se repite constantemente. Así, es posible gestionar un gran volumen de tráfico aéreo de forma segura y eficiente.

3.2.7.7 Después del *Merge Point*, la aeronave seguirá un procedimiento de llegada y, en esta fase, se mantendrá la separación a través del control de velocidad.

3.2.7.8 Suposiciones para el uso de la técnica del *Merge Point*:

- a) Suponga que la aeronave llegará programada para ingresar a la *sequencing leg* y se le indicará que vuele al *Merge Point* lo antes posible;
- b) Dirija el flujo principal a la *sequencing leg*, ya que normalmente tendrá prioridad en *sequencing leg*;
- c) La aeronave que navegue en la *sequencing leg* exterior sólo tendrá preferencia si la del tramo interior tiene mayor distancia a recorrer;
- d) La distancia entre la *sequencing leg* interna y el *merge point* debe ser de al menos 15 NM; y
- e) Las *sequencing legs* deben estar separados por al menos 1000 pies verticalmente y entre 3 y 5 NM lateralmente.

### 3.2.8 RUIDO DE AERONAVES

3.2.8.1 En cuanto al ruido de aeronaves, es deseable que en el desarrollo de las trayectorias se tengan en cuenta, en la medida de lo posible, algunos indicadores relacionados, tales como:

- a) Densidad de población: las rutas de llegada y salida de las terminales deben, en la medida de lo posible, evitar las zonas densamente pobladas;
- b) Topografía: los lugares con elevaciones altas están más expuestos al ruido de las rutas de llegada y salida;
- c) Curvas de ruido alrededor de aeródromos: simulación de curvas de ruido teniendo en cuenta todas las llegadas y salidas propuestas al aeródromo.

**Nota:** Durante la implementación de proyectos de modificación del espacio aéreo en TMA, se recomienda solicitar a la autoridad competente un análisis de ruido de aeronaves.

3.2.8.2 Para mitigar el ruido en las trayectorias de llegada y salida, se pueden utilizar una o más de las siguientes soluciones:

- a) Procedimiento de Salida con Atenuación de Ruido (NADP);
- b) técnicas CCO y CDO;
- c) SID/STAR preferenciales de ruido;
- d) sistema preferencial de pistas;
- e) alternancia de pistas;
- f) desplazamiento de umbral;
- g) incrementos en VPA;
- h) múltiples trayectorias de salida para dispersar el ruido;
- i) restricción de velocidad en las salidas.

Nota: Los criterios para abordar el tema de ruido de aeronaves se encuentran en la Circular 351 (Participación de la comunidad en la gestión ambiental en la aviación), el Doc 8168, Vol. III PANS OPS, así como otros documentos de referencia de la OACI.

### 3.3 RUTAS

#### 3.3.1 RED DE RUTAS FIJAS

3.3.1.1 Siempre que sea posible, la red de rutas fijas debe establecerse considerando:

- a) **versión de la red de rutas de la Región SAM** – los cambios en el espacio aéreo y la estructura de rutas pueden afectar la red de rutas de la Región SAM. De esta forma, se debe realizar una coordinación e intercambio de información previos con los actores internacionales, preferentemente a través de un foro multilateral;
- b) **problemas conocidos** – los esfuerzos para eliminar cuellos de botella específicos deben incluir, en un primer momento, un análisis profundo de los factores que causan la congestión, no permitiendo la transferencia del problema de un área a otra como solución;
- c) **pronósticos de demanda** – con base en estos pronósticos, se deben establecer nuevas trayectorias, así como la racionalización de las rutas actuales para eliminar aquellas rutas cuya demanda ya no se justifica;
- d) **los flujos principales** – deben definirse desde las áreas principales hacia las áreas periféricas, considerando las trayectorias más directas posibles entre los aeródromos de salida y llegada y la necesidad de interconectar un mayor número de áreas principales de llegada y salida;
- e) **requisitos de performance de las aeronaves** – para optimizar el uso del espacio aéreo y la capacidad de los aeródromos, el sistema de rutas debe diseñarse teniendo en cuenta las diferentes capacidades de performance de las aeronaves.

3.3.1.2 Cuando exista una demanda que lo justifique, y con el objetivo de ampliar la capacidad de los sectores, reducir la carga de trabajo y el número de cruces y aumentar la seguridad operacional, podrán utilizarse trayectorias paralelas y unidireccionales, con flujo dedicado, en particular donde la interacción entre el tránsito ascendente y descendente es un factor limitante.

**Nota:** Es importante señalar que las rutas unidireccionales pueden aumentar la distancia volada entre pares de ciudades y pueden no ser eficientes, en algunos casos, para ser aplicadas en espacios aéreos con baja densidad de tránsito aéreo.

3.3.1.3 Cuando se aplican caminos duales, unidireccionalmente, para flujos opuestos, se deben evitar los cruces tanto como sea posible, como se muestra en la Figura 3-11.

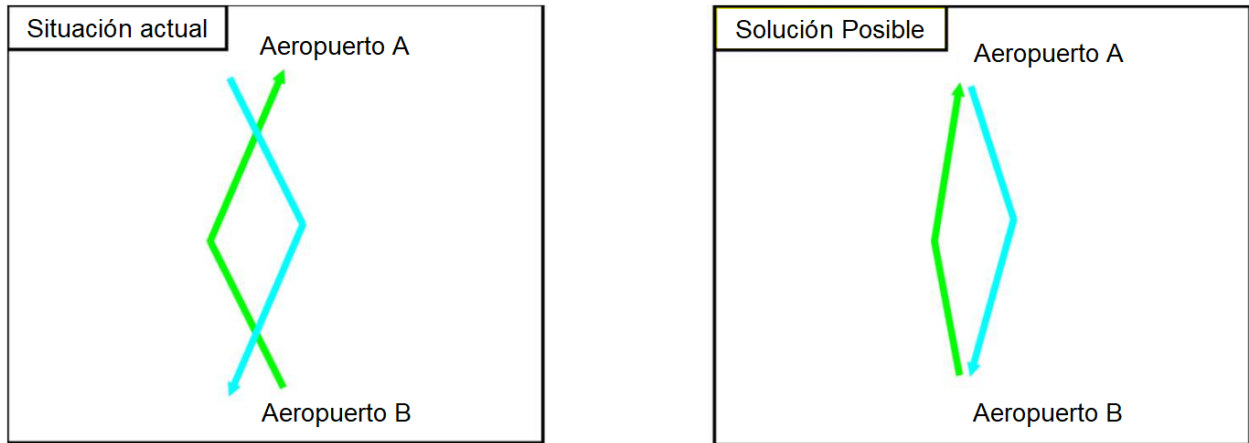


Figura 3-11 – Reducción de cruces en rutas unidireccionales con flujos opuestos

3.3.1.4 El concepto de espacio aéreo debe asegurar que la estructura de rutas no entre en conflicto con las trayectorias de ascenso y descenso de los aeropuertos principales, como se muestra en la Figura 3-12.

**Nota;** En estos casos, se debe buscar un equilibrio entre la reducción de distancia y la posibilidad de disminuir el número de cruces.

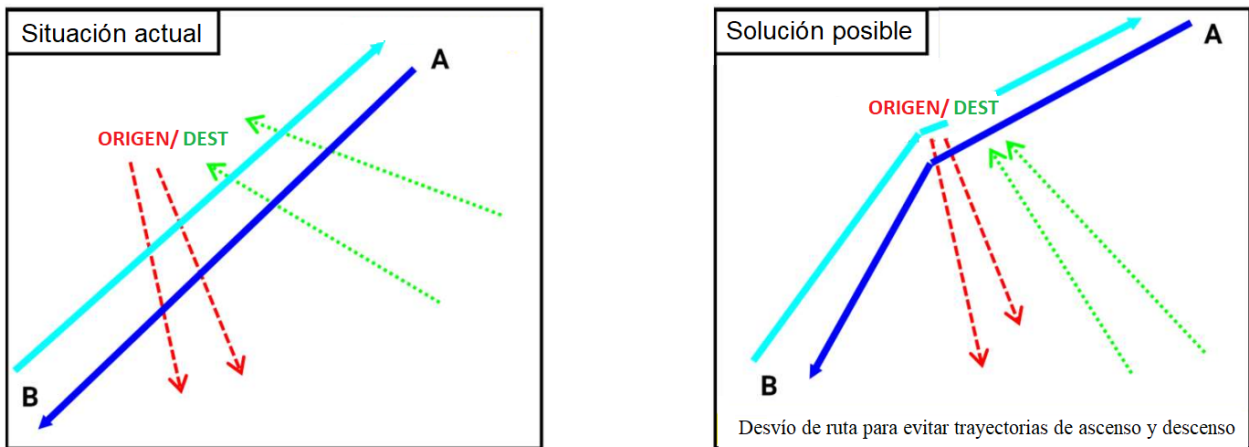


Figura 3-12 - Desvío de ruta para evitar trayectorias de ascenso y descenso

3.3.1.5 Cuando sea necesario cruzar, el área de cruce entre trayectorias debe ser lo más pequeña posible y en un ángulo apropiado, para resolver el conflicto rápidamente, como se muestra en la Figura 3-13.

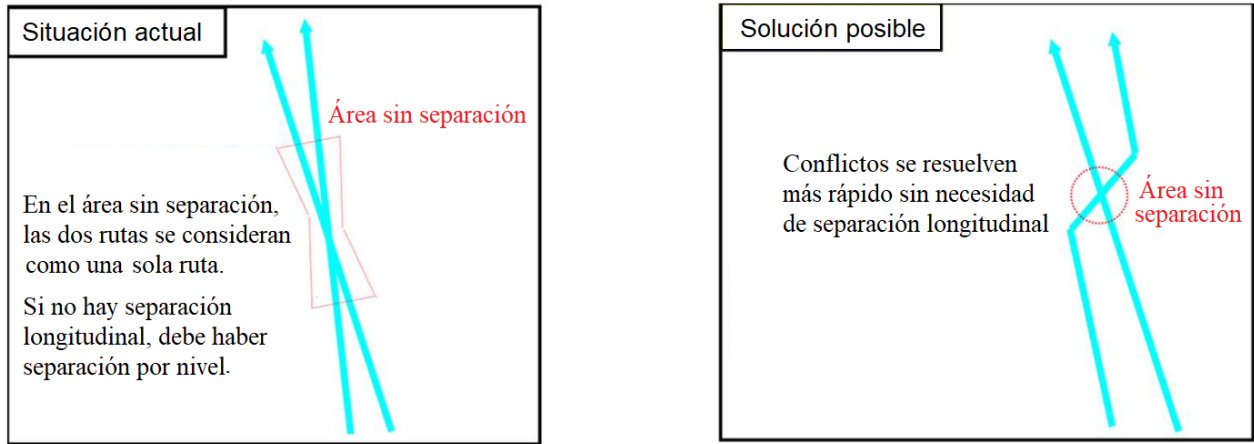


Figura 3-13 - Reducción de la extensión del área de cruce entre rutas

3.3.1.6 Con el objetivo de ampliar la capacidad de los sectores, se debe utilizar preferentemente un esquema de asignación de niveles de vuelo que resulte en una mejor organización de los puntos de cruce.

**Nota 1:** Se debe minimizar el uso del método tradicional de asignación de nivel de vuelo (tabla del Anexo 2 – Apéndice 3 – OACI).

**Nota 2:** En el caso de rutas cortas entre pares de ciudades, se deben implementar rutas dedicadas o asignación de niveles de vuelo específicos.

3.3.1.7 Las rutas principales deben estar integradas y compatibilizadas con las trayectorias de llegada y salida, como se muestra en la Figura 3-14.

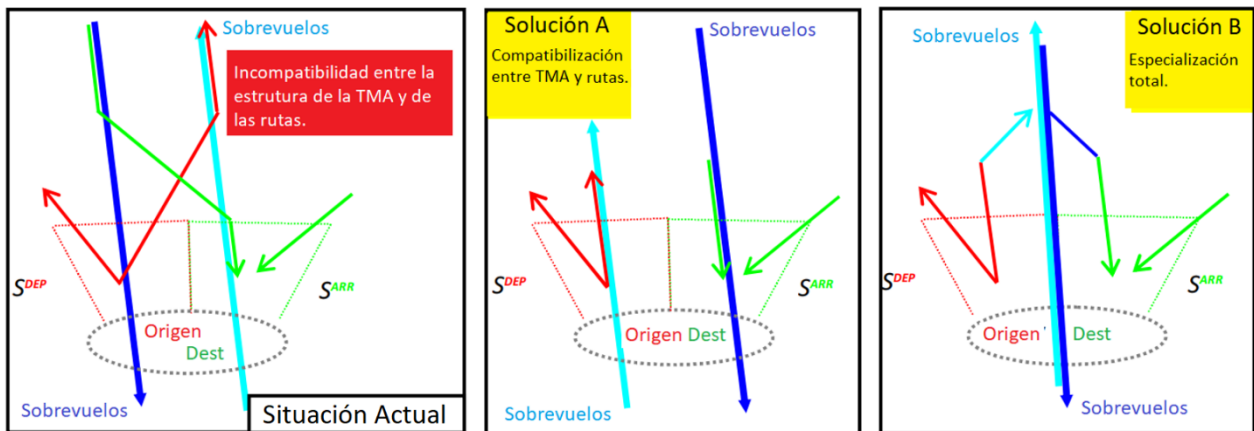


Figura 3-14 - Integración y compatibilización con trayectorias de llegada y salida.

### 3.3.2 RUTAS DCT

3.3.2.1 Según el Doc 9750 (*Global Air Navigation Plan*), en su elemento ASBU FRTO, las Rutas Directas (*Direct Routings*) se establecen con el objetivo de proporcionar a los usuarios del espacio aéreo opciones adicionales de rutas de planificación de vuelos, a mayor escala en las FIR, de modo que las distancias generales planificadas de los tramos se reduzcan en comparación con la red de rutas fijas.

3.3.2.2 Tomando como referencia la implantación que se ha llevado a cabo en Brasil, el uso del concepto de Rutas Directas (DCT), como alternativa a la red de rutas fijas, permite mayores opciones de planificación de vuelo y de selección de rutas para el FPL, lo que permite lograr importantes beneficios, especialmente en lo que se refiere a la reducción de la distancia nominal de vuelo, en comparación con la red de rutas fijas.

3.3.2.3 Una vez implementada, la Red de Rutas DCT se convierte en un escenario alternativo más dinámico y eficiente, que puede ser utilizado cumpliéndose ciertos requisitos y según lo permita la demanda del tránsito aéreo.

**Nota:** Los requisitos necesarios pueden establecerse en términos de puntos preestablecidos de entrada y salida, puntos intermedios y distancia máxima entre puntos en la ruta DCT, entre otros.

3.3.2.4 La red de rutas DCT debe, siempre que sea posible, establecerse considerando los siguientes criterios:

- a) **límite vertical inferior** – debe ser el más pequeño posible, teniendo en cuenta la complejidad del espacio aéreo y la demanda y asegurando la interconectividad con las demás redes de rutas adyacentes;
- b) **límites laterales** – deben basarse en requisitos operacionales, no necesariamente obedeciendo a los límites de FIR/UIR, sectores ATC o fronteras estatales. En las áreas donde la configuración de los límites laterales de los sectores FIR/UIR o ATC sea tal que las rutas directas puedan conducir al ingreso al espacio aéreo adyacente por un período corto, se deberá realizar la coordinación correspondiente con las unidades ATS o Estados adyacentes;
- c) **clase de espacio aéreo** – debe implantarse, en principio, en espacio aéreo clase “A”;
- d) tener flexibilidad de acuerdo a la demanda;
- e) el esquema de asignación de nivel de vuelo debe incluirse en las publicaciones de información aeronáutica.

3.3.2.5 La implementación de una red de rutas DCT debe hacerse de manera progresiva, comenzando con una implementación transitoria, durante períodos definidos, con el objetivo de identificar posibles problemas de transición entre la red de rutas ATS y la red de rutas DCT.

3.3.2.6 La red de rutas DCT debe ser integrada y compatible con la red de rutas ATS adyacentes y con las trayectorias de llegada y salida.

**Nota 1:** Cuando exista una red de rutas ATS por debajo de la red de rutas DCT, dicha red debe ajustarse en toda su extensión para permitir la operación en rutas DCT en el espacio aéreo superpuesto.

**Nota 2:** En caso de implantación de la red de rutas DCT por debajo del límite superior de una TMA, sus puntos de entrada y salida deberán ser preferentemente el último punto de una trayectoria de salida y el primer punto de una trayectoria de llegada, respectivamente.

3.3.2.7 La definición de puntos de entrada y salida de la red de rutas DCT debe permitir una transición estructurada entre los sectores operacionales.

3.3.2.8 La red de rutas DCT considerará las reservas de espacio aéreo, de manera que se pueda cruzar o evitar un determinado espacio aéreo reservado, según el grado de coordinación y el estado de actividad en el área.

**Nota 1:** En estos casos, se deben definir puntos intermedios en la red de rutas DCT para facilitar la planificación de vuelos, con el fin de liberar espacio aéreo reservado y asegurar una separación suficiente de actividades en el momento de la activación.

**Nota 2:** Los puntos intermedios y las condiciones específicas para su uso deben publicarse en las publicaciones de información aeronáutica.

### 3.4 SEPARACIÓN ENTRE TRAYECTORIAS

**Nota:** Los criterios específicos para separación de aeronaves se encuentran en el DOC 4444 - Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea.

#### 3.4.1 CRITERIOS GENERALES

3.4.1.1 Habrá separación entre dos trayectorias cuando la distancia entre sus ejes sea igual o mayor a los valores siguientes:

- 13 km (7 NM) entre trayectorias RNAV 1; RNAV 1 y RNP 1; RNAV 1 y RNP APCH; RNAV 1 y RNP AR APCH;
- 9,3 km (5 NM) entre trayectorias RNP 1; RNP 1 y RNP APCH; RNP 1 y RNP AR APCH;
- En los demás casos, el ancho de las respectivas áreas de protección PANS-OPS, cuando no se superpongan.

**Nota 1:** La separación lateral mínima entre el tramo a favor del viento del radar y el eje de la pista debe establecerse en función de la performance de la aeronave, de manera que la aeronave más lenta realice el tramo a favor del viento más cerca de la pista.

**Nota 2:** Las mejores prácticas indican que la inercia de la aeronave más rápida hace impracticable establecer una separación lateral menor a 5NM entre el tramo del viento radar y el eje de la pista, ya que aumenta el riesgo de que la aeronave exceda la trayectoria predefinida (originando un *overshooting*) durante el viraje para interceptar el tramo de aproximación final.

**Nota 3:** Véase la Figura 3-15

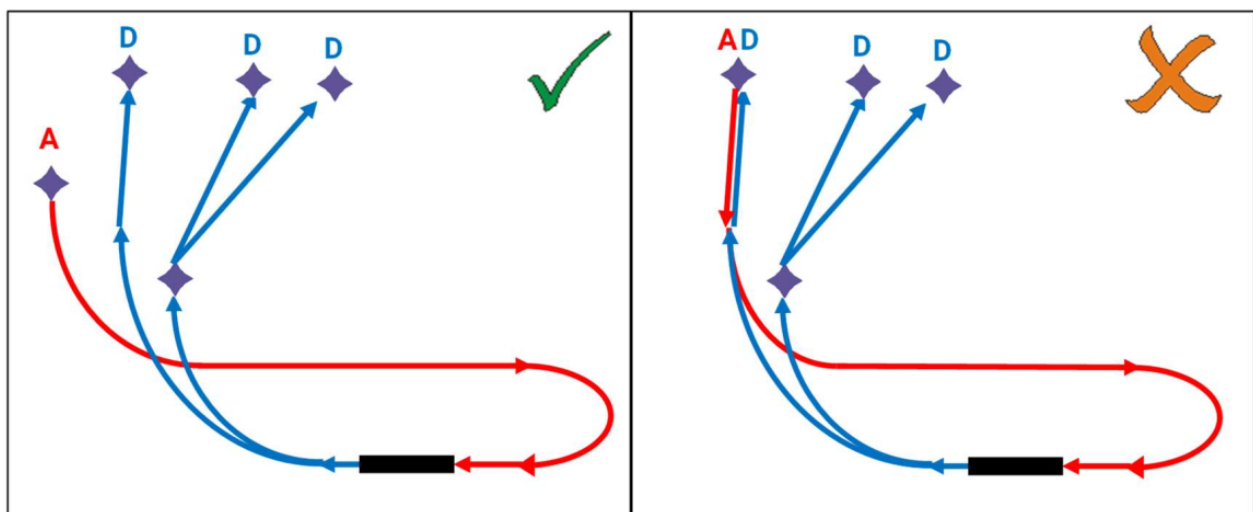


Figura 3-15 – Separación lateral entre trayectorias de salida (D) y llegada (A)

3.4.1.2 De manera similar a lo dispuesto en el numeral anterior, existirá separación lateral entre rutas oceánicas o continentales cuando se cumplan los valores establecidos en la Tabla 3-2.

TABLA 3-2 - Separación lateral entre trayectorias oceánicas y continentales.

Especificación de Navegación	Separación Lateral	Escenarios de Aplicación	Referencia
<b>RNAV 10</b>	50 NM	Trayectorias oceánicas e continentales remotas	DOC 9613, Parte B, Capítulo 1, nuream 1.2.3
<b>RNP 4</b>	30 NM	Trayectorias oceánicas con comunicación vía CPDLC o directa y vigilancia por ADS con contrato y desviación máxima de 9,3 km	DOC 9613, Vol. II, Anexo B, numeral 3.3)
<b>RNAV 5</b>	18 NM	Trayectorias paralelas (rutas/STAR)	DOC 9613, Parte B, Capítulo 2, numeral 2.2.3.3 (para virajes observar numeral 2.2.3.4)
<b>RNAV 5</b>	16,5 NM	Trayectorias paralelas (rutas/STAR) dedicadas	DOC 9613, Parte B, Capítulo 2, numeral 2.2.3.3 (para curvas observar numeral 2.2.3.4)
<b>RNAV 5</b>	10 NM	Trayectorias paralelas (rutas/STAR) dedicadas con vigilancia ATS	DOC 9613, Parte B, Capítulo 2, numeral 2.2.3.3 (para virajes observar numeral 2.2.3.4)
<b>RNAV 2</b>	15 NM	Trayectorias paralelas (rutas/STAR) dedicadas con vigilancia ATS, requerido GNSS y comunicación bilateral	DOC 4444, Tabla 5-2; e DOC 9613.
<b>RNAV 2</b>	8-9 NM	Trayectorias paralelas, comunicación VHF bilateral continua y vigilancia ATS	DOC 9613, Vol. II. Anexo B, numeral 4.4)
<b>RNAV 2</b>	7 NM	Durante cruces de trayectorias paralelas (Rotas/STAR) dedicadas con vigilancia ATS, requerido GNSS y comunicación bilateral	Mientras una aeronave cruza el nivel de otra (DOC 4444, Tabla 5-2)

Especificación de Navegación	Separación Lateral	Escenarios de Aplicación	Referencia
<b>RNAV 1</b>	TBD	En desarrollo	NIL
<b>RNP 2</b>	15 NM	Trayectorias paralelas (rutas/STAR) y comunicación bilateral	DOC 4444 Tabla 5-2
<b>RNP 2</b>	7 NM	Trayectorias paralelas (rutas/STAR) y comunicación bilateral	Mientras una aeronave cruza el nivel de otra (DOC 4444, Tabla 5-2)
<b>A-RNP</b>	TBD	En desarrollo	NIL

**Nota:** Los valores mínimos de separación lateral previstos en la Tabla 3-2 podrán ser reducidos, a criterio de la autoridad aeronáutica, observando los criterios previstos en el DOC 4444 - Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea - Gestión del Tránsito Aéreo o en el DOC 9689 - Manual sobre Metodología de Planificación del Espacio Aéreo para la Determinación de Mínimas de Separación.

3.4.1.3 La separación compuesta, que consiste en una combinación de separación vertical y una de las formas de separación horizontal (longitudinal o lateral), podrá ser aplicada considerándose valores de mínimos inferiores a los utilizados cuando se aplican individualmente, pero no inferiores a la mitad de estos mínimos.

**Nota 1:** Se recomienda utilizar la separación compuesta sólo cuando la complejidad de establecer trayectorias y circulación aérea así lo requiera, a fin de lograr los objetivos estratégicos definidos.

**Nota 2:** Cuando se utiliza, una buena práctica que se puede adoptar para los cruces de las trayectorias es:

- ✓ STAR pasando sobre SID: Vertical 1000 ft y longitudinal 3 NM después del punto de cruce;
- ✓ SID pasando sobre STAR: Vertical 1000 ft, longitudinal no menos de 5 NM antes del punto de cruce y pendiente de ascenso practicable, dependiendo de la combinación de aeronaves, para evitar que no se cumplan las restricciones.

3.4.1.4 Las condiciones especiales de operación en caso de contingencia, como la indisponibilidad del servicio de vigilancia ATS, deberán establecerse en el Plan de Degradación de la unidad ATC (Plan de Contingencia).

3.4.1.5 Los responsables de desarrollar el concepto de espacio aéreo deben informar, a las unidades ATC afectadas, los puntos en los que NO se cumplen los criterios de separación lateral entre trayectorias. Por tanto, será necesario aplicar otro tipo de separación entre las aeronaves.

3.4.1.6 Al determinar la separación vertical entre aeronaves en el punto de cruce, además de la performance de ascenso de la aeronave y las técnicas CCO y CDO, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- a) en determinados espacios aéreos, el establecimiento de valores superiores a 1.000 pies, considerando la posibilidad de variaciones en la altitud de vuelo al imponer restricciones verticales;
- b) datos estadísticos sobre la ocurrencia de violación de la restricción vertical en ascenso y descenso;
- c) datos estadísticos sobre la ocurrencia de alertas relacionadas con ACAS;
- d) existencia de altitudes de transición muy bajas, ya que la experiencia demuestra que cuando se solicita a las aeronaves que detengan su ascenso o descenso cerca o en la altitud de transición, puede aumentar la probabilidad del número de violaciones de las restricciones verticales establecidas.

3.4.1.7 El principal beneficio de aplicar las técnicas CCO y CDO es hacer que el perfil vertical de los vuelos sea ambientalmente sostenible, permitiendo que las aeronaves operen cerca de su régimen de performance óptimo y, en consecuencia, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> y el ruido aeronáutico.

**Nota:** Los estudios preliminares que comparan las técnicas CDO y CCO en términos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> muestran ganancias similares en ambas técnicas.

3.4.1.8 La aplicación de la técnica CCO tiene por objeto permitir que las aeronaves asciendan sin interrupción desde el despegue hasta el nivel de crucero.

3.4.1.9 La aplicación de la técnica CDO tiene como objetivo permitir que la aeronave descienda sin interrupción desde el nivel de crucero hasta el IAF a una altitud compatible, teniendo en cuenta los perfiles de las aeronaves que utilizarán estos procedimientos.

3.4.1.10 En la situación ilustrada en la Figura 3-16, se puede observar que, en el punto de intersección entre las trayectorias de llegada y salida, considerando los perfiles verticales óptimos, la aeronave al despegar habría recorrido 7 NM del DER y estaría a 3.500 pies AMSL, mientras que una aeronave que llega estaría a 30 NM del aterrizaje entre 7.500 y 10.000 pies AMSL. Es decir, la aeronave estaría, en el punto más cercano, separada por al menos 4.000 pies, asegurando la aplicación de técnicas CCO y CDO.

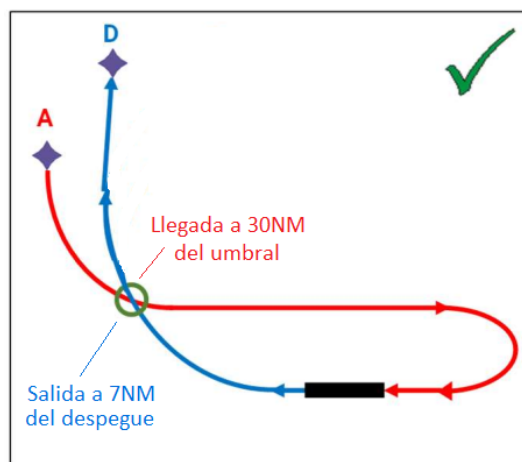


Figura 3-16 – Punto de Cruce (CP) ideal entre las trayectorias de salida y llegada.

3.4.1.11 En la situación ilustrada en la Figura 3-17, se puede observar que, en el punto de intersección entre las trayectorias de llegada y salida, considerando los perfiles verticales óptimos, la aeronave al despegar habría recorrido 22 NM del DER y estaría entre 7.600 pies y 11.000 pies AMSL, mientras que una aeronave que arriba estaría a 32 NM del aterrizaje entre 7.900 y 10.200 pies AMSL. Es decir, la aeronave podría estar, en el punto más cercano, con una separación menor a 1.000 pies, requiriendo la aplicación de restricciones por la unidad ATS y no garantizando la aplicación de las técnicas CCO y CDO.

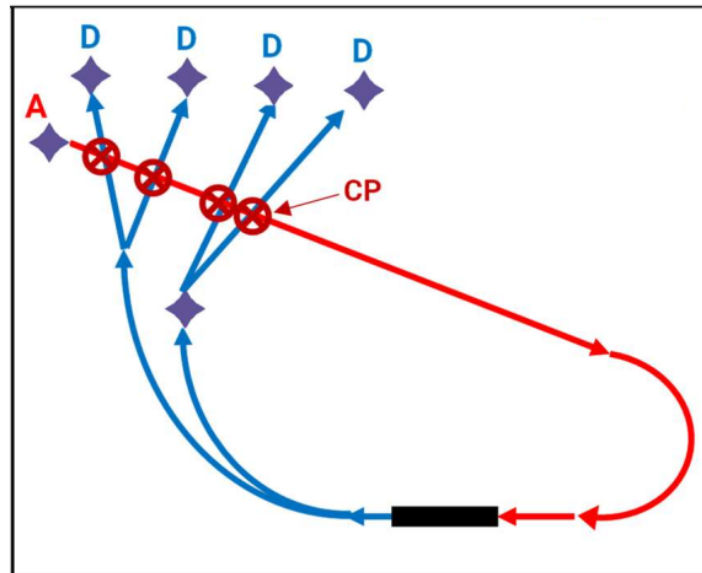


Figura 3-17 - Puntos de Cruce (CP) no deseados entre las trayectorias de salida y llegada.

### 3.4.2 RUTAS DE LLEGADA Y SALIDA

3.4.2.1 Para asegurar que los cruces se realicen sin posibilidad de violación simultánea de los mínimos de separación vertical y lateral, el establecimiento de restricciones verticales debe obedecer a una distancia anterior o posterior al punto de cruce nominal, calculada mediante la siguiente fórmula (referencia numeral 5.4.2.1 del Doc 4444):

$$d = \frac{\text{(Separación lateral reglamentaria)}}{\sin(\alpha)}$$

- ❖ Donde “d” representa la distancia calculada,  $\alpha$  es el ángulo de cruce y el numerador es el valor de la separación lateral reglamentaria practicada en el espacio aéreo.

**Nota 1:** Como se puede observar en la aplicación de la fórmula, una buena práctica sería establecer intersecciones cercanas a los 90° para evitar restricciones con distancias muy elevadas.

**Nota 2:** Una buena práctica para cruces SID sobre STAR sería aumentar la distancia desde el punto de cruce y establecer un gradiente de ascenso factible, dependiendo de la combinación de aeronaves, para evitar que no se cumplan las restricciones.

**Nota 3:** A criterio de la autoridad aeronáutica, en escenarios específicos, se pueden utilizar diferentes parámetros para establecer restricciones verticales. Ver los ejemplos en Figura 3-18 y Figura 3-19

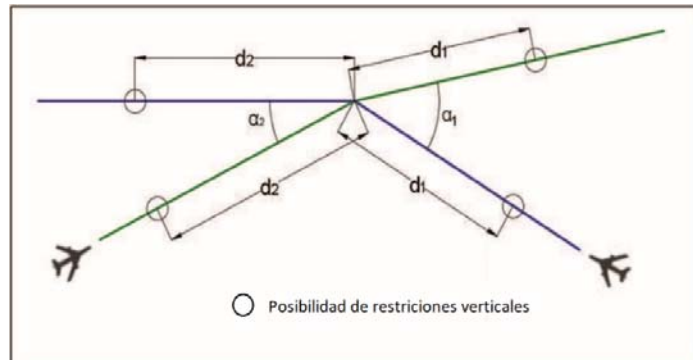


Figura 3-18 - Metodología para la asignación de restricciones verticales en intersecciones

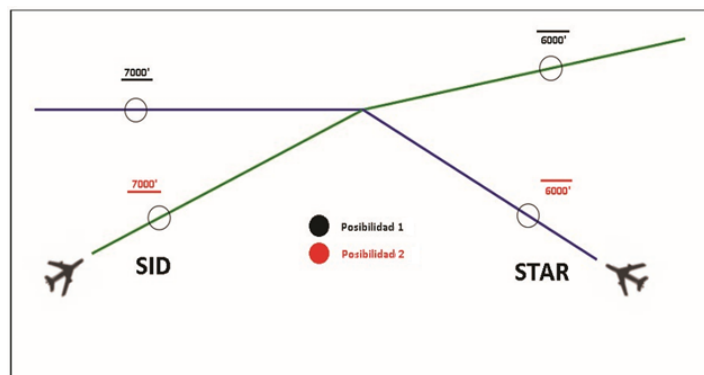


Figura 3-19 - Ejemplo de aplicación de restricciones verticales.

3.4.2.2 Cuando el ángulo de cruce sea igual a  $90^\circ$ , la distancia antes o después del punto de cruce nominal será igual al valor de separación lateral aplicado en el espacio aéreo. Ver Figura 3-20

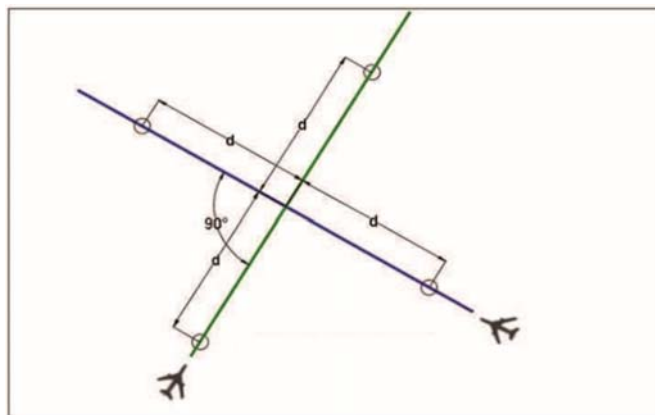


Figura 3-20 - Caso particular de un ángulo de cruce igual a  $90^\circ$ .

### 3.4.3 TRAYECTORIAS DE RUTA

3.4.3.1 En el contexto de múltiples puntos de cruce, el concepto de *Roundabout* consiste en agrupar rutas unidireccionales de la misma serie de niveles de vuelo (pares e impares) en dos puntos diferentes, separados entre sí, a fin de permitir el establecimiento de dos sectores diferentes, la distribución de la carga de trabajo y la posibilidad de aumento de la capacidad de los sectores resultantes.

**Nota 1:** En algunos casos específicos, para cumplir con los sistemas ATC, puede ser necesario crear puntos límite para FIR/UIR, TMA, AWY o sectores.

**Nota 2:** Se debe aplicar el concepto de *Roundabout* para que las rutas se ajusten a una sectorización específica, además de permitir la división de múltiples intersecciones en diferentes sectores, como se muestra en la Figura 3-21.

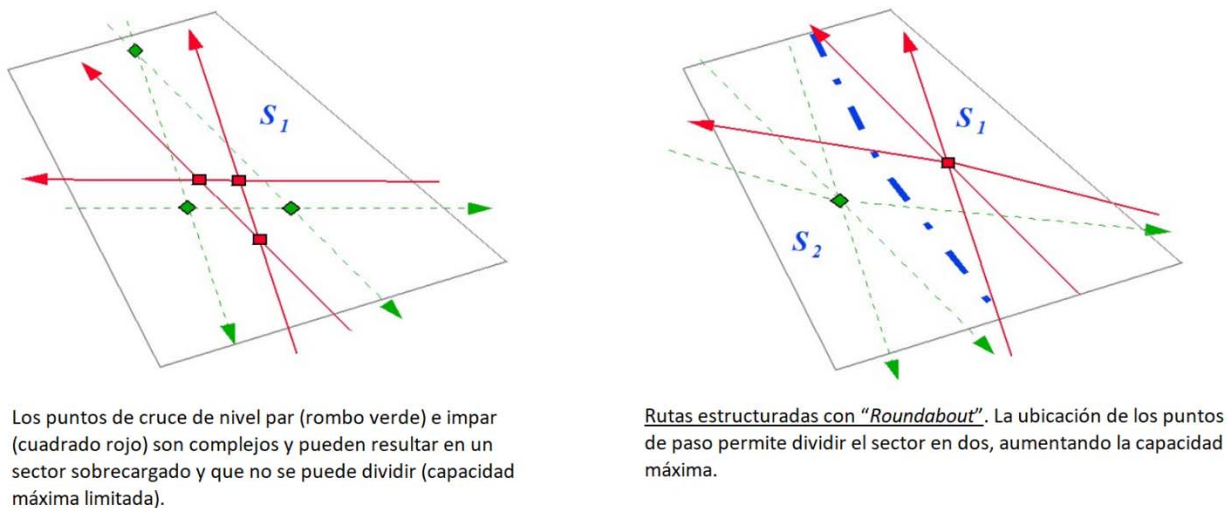


Figura 3-21 - Agrupamiento de rutas según el concepto *Roundabout*.

## 4 ORGANIZACIÓN DEL ESPACIO AÉREO

NOTA - En ese capítulo son presentados criterios para organizar y estructurar espacios aéreos. Sin embargo, destácase que los fundamentos de Organización de Espacio Aéreo están detallados en el Doc 9426 - *Air Traffic Services Planning Manual* de la OACI.

### 4.1 CRITERIOS GENERALES

4.1.1 A través de la organización del espacio aéreo se establecen estructuras adecuadas para cubrir los diferentes tipos de actividades aéreas, el volumen de tránsito existente y esperado, así como los diferentes niveles de servicios.

4.1.2 Durante el desarrollo de un Concepto de Espacio Aéreo, es deseable que el espacio aéreo esté organizado globalmente y no debe verse afectado por fronteras nacionales o por límites de FIR y/o sectores de control. Dichos límites deben ser transparentes para los usuarios del espacio aéreo (espacio aéreo continuo), sin por ello afectar la soberanía del país.

4.1.3 La organización de un determinado espacio aéreo debe realizarse de forma personalizada para el escenario operacional existente. Cualquier modificación en este escenario, por simple que sea, posiblemente implicará la necesidad de una reorganización, a fin de cumplir con los objetivos que generaron dicha modificación.



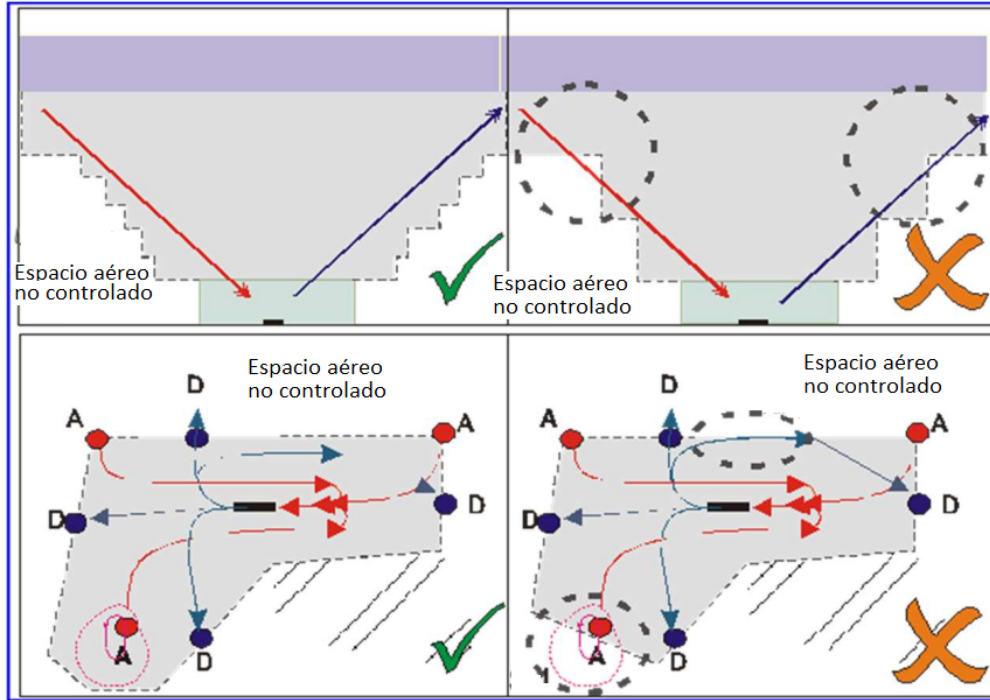


Figura 4-2 – Protección continua de las trayectorias.

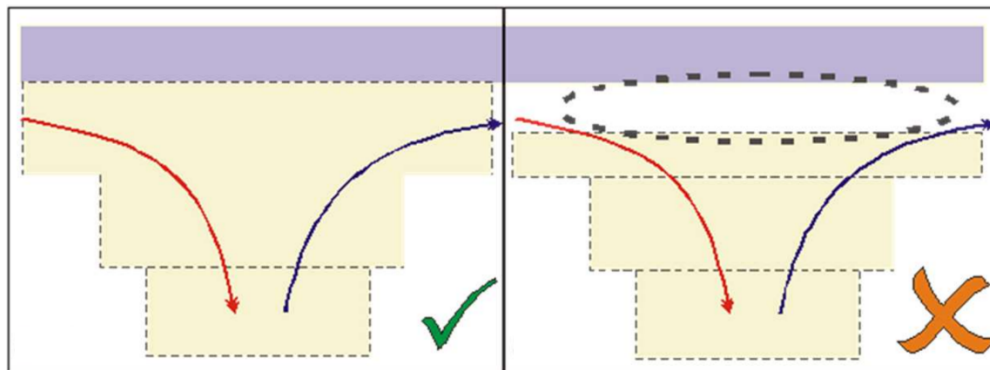


Figura 4-3 – Límites superiores de la TMA.

4.2.3 El límite inferior de una TMA debe considerar la necesidad de operar vuelos VFR en el espacio aéreo no controlado inmediatamente debajo de la TMA. Ver Figura 4-4

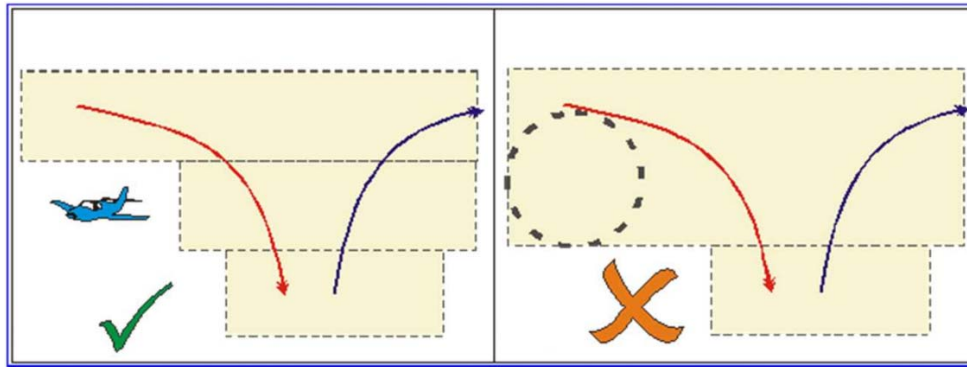


Figura 4-4 – Límites inferiores de la TMA.

4.2.4 Siempre que haya una ganancia operacional, las TMA adyacentes pueden unificarse para reducir la complejidad de las operaciones.

**Nota:** En los casos en que las TMA adyacentes tengan trayectorias interdependientes en la vecindad de sus límites laterales, se deben ajustar sus configuraciones para aumentar la eficiencia del espacio aéreo, como se muestra en la Figura 4-5.

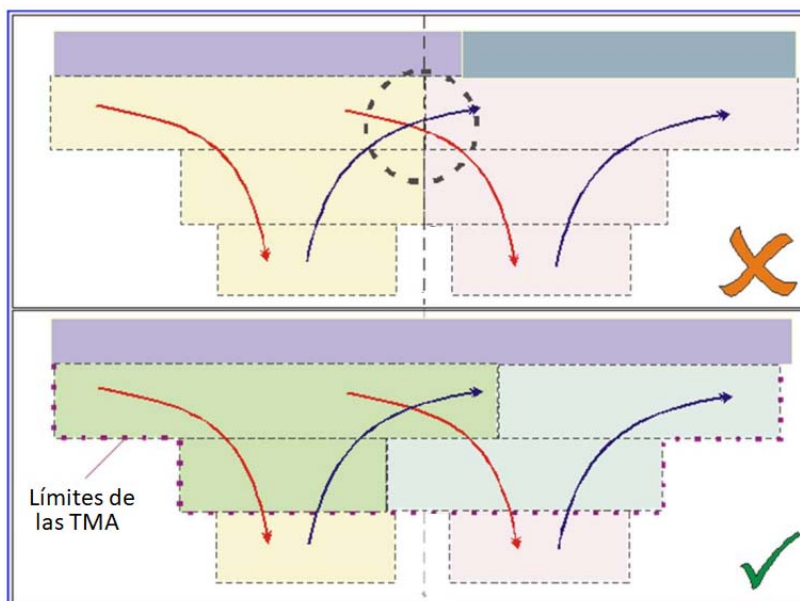


Figura 4-5 – Organización de TMA adyacentes.

4.2.5 En el diseño de la **ATCSMAC** se deberá observar los límites laterales y verticales del espacio aéreo controlado, así como, siempre que sea posible, se deberá establecer un Área de Vectorización de Aproximación Final (FAVA), a fin de permitir el establecimiento de altitudes menores en la aproximación final y, por lo tanto, una mayor flexibilidad para el secuenciamiento de llegadas.

### 4.3 ORGANIZACIÓN CTR

4.3.1 La organización de una CTR debe realizarse de la siguiente manera:

- a) **longitudinalmente** - considerando la distancia desde el FAF hasta el umbral, en la aproximación, y la distancia desde el umbral hasta el primer viraje, u otra distancia en la que el tránsito aéreo tenga una altitud compatible con los demás elementos existentes en el despegue;
- b) **lateralmente** – considerando la superficie de protección de vuelo visual, establecida según las categorías de aeronaves que operan en el aeródromo. Observe la Tabla D-5

**Nota:**– En ambas dimensiones también se deben considerar los flujos preexistentes como, por ejemplo, rutas especiales de aeronaves/helicópteros, entre otros, además de los espacios aéreos SUA y otras cuestiones que puedan influir en la CTR.

Tabla D-5 - Dimensiones de la Superficie de Protección de Vuelo Visual					
ÁREAS <sup>(1)</sup>	TODOS LOS TIPOS DE OPERACIÓN				
	Categoría de Desempeño de Aeronave <sup>(2)</sup>				
ÁREA	HEL	A	B	C	D y E
Altura mínima en el circuito de tránsito (m)	H <sup>(3)</sup>	H <sup>(4)</sup>	H <sup>(4)</sup>	H <sup>(4)</sup>	457
Ancho (m)	2350	2350	2780	4170	7410
Buffer (m)	470	470	470	930	930
Longitud (m)	2350	2350	2780	4170	5560
Sección de Través					
Altura (m)	H - 76	H - 152	H - 152	H - 152	305

4.3.2 El límite superior de una CTR debería coincidir con el límite inferior del espacio aéreo controlado superpuesto para contener, cuando sea posible, las trayectorias de llegada y salida IFR.

4.3.3 La necesidad de crear una CTR debe tener en cuenta el tipo y volumen de tráfico, así como el grado de complejidad de las trayectorias.

### 4.4 ESPERAS

4.4.1 Se recomienda que la ubicación de las áreas de espera se defina de manera colaborativa entre los diferentes usuarios del espacio aéreo, como se muestra en la Figura 4-6, con el fin de:

- a) no aumentar la complejidad del espacio aéreo;
- b) establecer una interfaz colaborativa entre sectores adyacentes o entre el ambiente en ruta y el ambiente TMA, según sea el caso;
- c) permanecer igual, independientemente de la pista en uso.

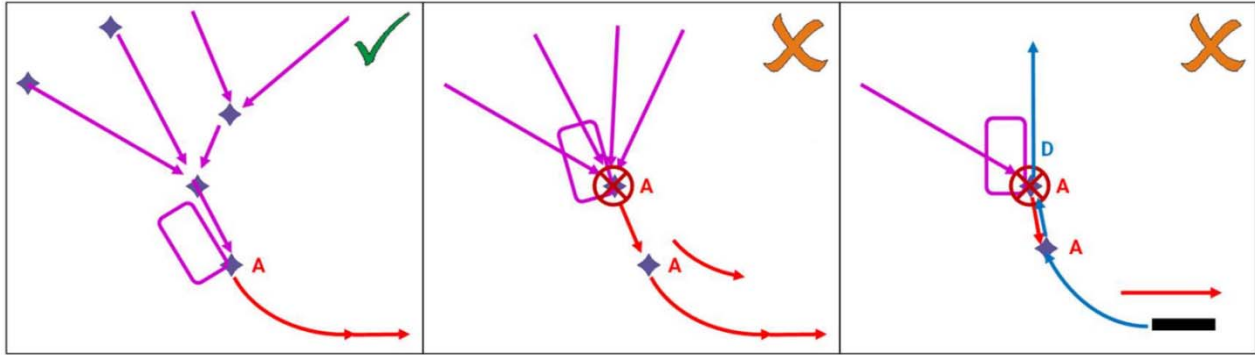


Figura 4-6 – Ubicación de las áreas de espera.

4.4.2 El establecimiento de áreas de espera en puntos estratégicos antes de ingresar al TMA tiene como objetivo mantener constante la carga de trabajo del ATCO, optimizando el uso del espacio aéreo ajustando el tránsito aéreo cercano al aterrizaje.

**Nota:** Las esperas deben diseñarse como una alternativa a la resolución de conflictos a nivel táctico, permitiendo los ajustes y secuenciamiento que requiere la situación del tránsito aéreo de momento.

4.4.3 En los espacios aéreos donde operan aeronaves de diferentes performances, las áreas de espera deben estar separadas para acomodar diferentes performances y simplificar el secuenciamiento de aeronaves.

4.4.4 El tramo de aproximación de las esperas debería, siempre que sea posible, estar alineado o desfasado en un ángulo máximo de 30° con respecto al eje de la trayectoria siguiente, a fin de evitar que la aeronave realice demasiados virajes al salir de la espera y correr el riesgo de *overshooting*. Figura 4-7.

**Nota:** Cuando sea inevitable un número excesivo de virajes, se puede incluir una restricción de velocidad para reducir el riesgo de *overshooting*.

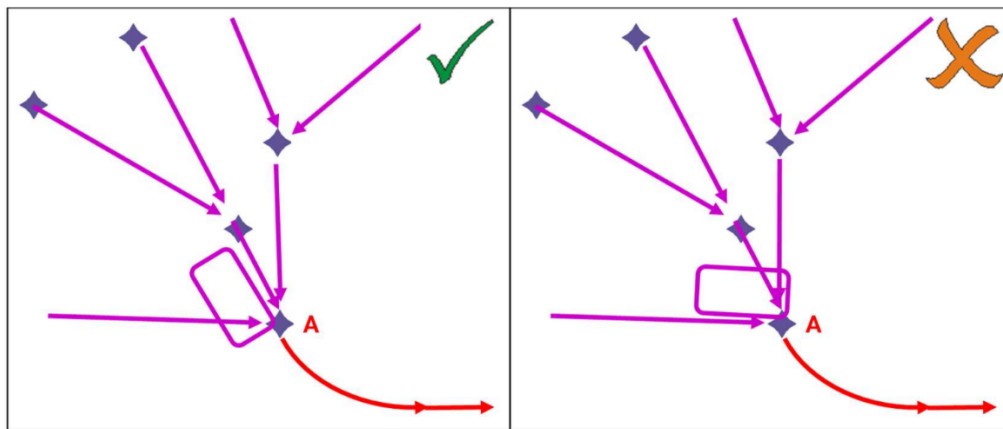


Figura 4-7 – Alineación de trayectoria de las esperas.

4.4.5 Las áreas de espera VFR generalmente requieren menos espacio aéreo que el requerido para las áreas de espera IFR y se establecen preferiblemente sobre referencias visuales en tierra y cerca de los aeródromos para facilitar el secuenciamiento entre aeronaves VFR e IFR.

**Nota:** La creación de dichas áreas de espera debe tener en cuenta la proximidad a trayectorias IFR, la proximidad a SUA, el uso de referencias visuales bien establecidas y fácilmente identificables y lugares menos propensos a reducciones significativas de visibilidad y efectos orográficos, entre otros aspectos.

## **4.5 ESPACIOS AÉREOS PARA USO ESPECIAL (SUA)**

### **4.5.1 GENERALIDADES**

4.5.1.1 El establecimiento de un SUA debe observar criterios de separación vertical y horizontal, los cuales deben considerar la búsqueda de eficiencia en el diseño y garantizar el establecimiento de operaciones que optimicen el uso del espacio aéreo.

4.5.1.2 Los criterios de separación deben observar:

- a) definición, si es necesario, de mínimas de separación específicas, dependiendo de las actividades realizadas en el espacio aéreo reservado, con la adición de un volumen de separación adecuado;
- b) establecimiento de LoA, si es necesario;
- c) inclusión en las rutas ATS de niveles IFR mínimos y máximos utilizables, respectivamente, por encima y por debajo de un determinado SUA.

4.5.1.3 Para brindar a los operadores la oportunidad de presentar planes de vuelo que no infrinjan el volumen de espacio aéreo asociado con un SUA activo, se deben publicar los volúmenes de dicho espacio aéreo, incluida la totalidad del espacio que deben evitar las aeronaves, a menos que esté autorizado por la unidad ATS apropiada.

4.5.1.4 El término “mínimas de separación” representa las distancias reglamentarias mínimas que deben observarse entre una aeronave y un peligro (generalmente otra aeronave) para mantener el riesgo de colisión asociado dentro de un nivel deseado de seguridad operacional.

4.5.1.5 El término “separación” se refiere a cualquier aplicación de distancia o tiempo entre una aeronave y un peligro (típicamente en el contexto de establecer la distancia necesaria entre rutas u otras estructuras del espacio aéreo), de valor igual o superior las mínimas de separación establecidas para mantener la seguridad operacional y el flujo de tránsito aéreo.

### **4.5.2 SEPARACIÓN DE SUA**

4.5.2.1 La separación necesaria entre las aeronaves participantes dentro de un SUA deberá estar contenida en la definición general de la reserva o restricción del espacio aéreo, bajo la responsabilidad del concesionario. Observe un ejemplo en la Figura 4-8

4.5.2.2 La extensión de esta separación (y su *buffer*, si es necesario) se determinará de acuerdo con la naturaleza de la actividad que tendrá lugar en dichas partes del espacio aéreo. También influirá si la reserva o restricción es aplicable o no a la circulación de aeronaves, requiriendo, por ejemplo, la necesidad de coordinación de cruces en nivel táctico.

4.5.2.3 Se deben observar los siguientes criterios para determinar un SUA:

- a) La actividad que se desarrollará en el espacio aéreo;
- b) El volumen operacional, incluido el volumen de seguridad operacional necesario;
- c) Seleccionar la denominación adecuada, en función del grado de segregación (TRA, TSA, zonas D, R o P);

- d) Definir la descripción reglamentaria a través de la base normativa necesaria para el establecimiento del espacio aéreo considerado;
- e) Agregar volúmenes de separación (lateral, vertical, temporal), cuando se considere operacionalmente necesario;
- f) Si el espacio aéreo es demasiado limitado para soportar el volumen de un SUA proyectado en el escenario existente, definir un procedimiento de mitigación.

**Nota 1:**– Se entiende por volumen operacional la porción de espacio aéreo, en sus dimensiones vertical y horizontal, efectivamente necesaria para llevar a cabo la actividad que se pretenda realizar en un área determinada, incluyendo las adiciones necesarias para mantener la seguridad entre las aeronaves involucradas en la actividad (volumen de seguridad).

**Nota 2:**– También se considerarán volúmenes operacionales las porciones de espacio aéreo, en sus dimensiones vertical y horizontal, establecidas con el objetivo de: resaltar los obstáculos naturales y/o artificiales cuya delimitación se haya considerado operacionalmente necesaria; delimitar la región en la que se realizarán actividades que no impliquen el uso de aeronaves; y hacer cumplir la protección de las instalaciones sensibles o el medio ambiente.

**Nota 3:**– Por volumen de separación se entiende la porción de espacio aéreo, en sus dimensiones vertical y horizontal, que se suma al volumen operacional para proporcionar la separación necesaria entre las aeronaves participantes dentro de un SUA y las aeronaves no participantes que evolucionan cerca de sus límites.

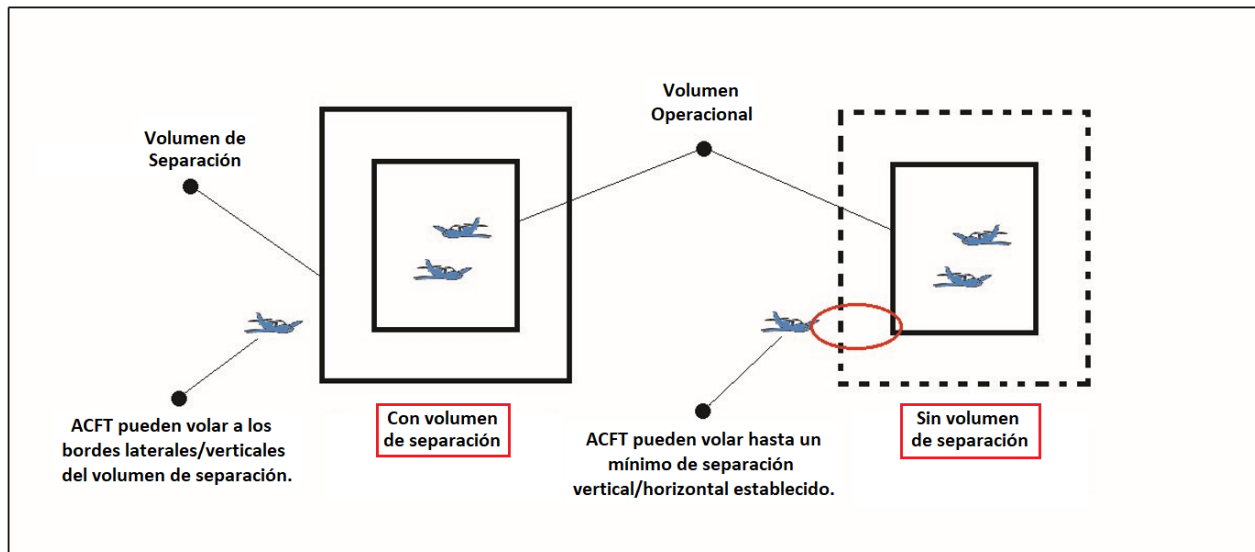


Figura 4-8 – Volumen de separación x volumen operacional.

4.5.2.4 Las separaciones entre los SUA con actividad aérea y las trayectorias PBN no deben ser menores a:

- a) Vertical: 1000 pies; o
- b) Longitudinal:
  - ✓ 3 NM, entre SUA y trayectoria RNP 1;
  - ✓ 6 NM, entre SUA y trayectoria RNP 2;

- ✓ 12 NM, entre SUA y trayectoria RNP 4;
- ✓ 3 NM o 5.5 NM, entre SUA y trayectoria RNAV 1, cuando la distancia desde el ARP sea, respectivamente, menor o mayor a 30 NM;
- ✓ 3.5 NM o 6 NM, entre SUA y trayectoria RNAV 2, cuando la distancia desde el ARP sea, respectivamente, menor o mayor a 30 NM;
- ✓ 8.5 NM, entre SUA y trayectoria RNAV 5;
- ✓ 25 NM, entre SUA y trayectoria RNAV 10.

**Nota 1:** A criterio de la autoridad aeronáutica, se podrán utilizar valores inferiores a la separación mínima reglamentaria entre SUA específicos con actividad aérea y trayectorias PBN.

**Nota 2:** Las condiciones especiales de operación en caso de degradación, como, por ejemplo, indisponibilidad del servicio de vigilancia ATS, deben estar definidas en el Plan de Degradación de la unidad ATC (Plan de Contingencia).

4.5.2.5 Las áreas destinadas a actividades sin utilización de aeronaves, la delimitación de grupos de obstáculos naturales o artificiales, y las destinadas a la protección del medio ambiente o instalaciones sensibles, no tendrán volúmenes de separación.

**Nota:** En tales casos, la aeronave podrá traspasar los límites establecidos por los respectivos volúmenes operacionales.

4.5.2.6 El impacto que genera el posicionamiento de un SUA en relación con las trayectorias de los procedimientos de navegación aérea (llegadas, aproximaciones y salidas por instrumentos) debe ser evaluado, con base en los criterios de diseño de procedimientos, observando los siguientes parámetros:

- a) Área destinada a actividad aérea, sin volumen de separación proporcionado: su volumen operacional, más las mínimas de separación aplicadas en el espacio aéreo de que se trate, debe tener el impacto de su posicionamiento verificado (no es necesario aplicar el MOC);
- b) Área destinada a la actividad aérea, con volumen de separación proporcionado: este volumen debe ser considerado como un obstáculo artificial y verificar el impacto de su posicionamiento (no es necesario aplicar el MOC);
- c) Área destinada a actividades sin uso de aeronaves, protección ambiental o instalaciones sensibles: su volumen operacional debe ser considerado como un obstáculo artificial y debe verificarse el impacto de su posicionamiento (aplicando el MOC correspondiente).

**Nota 1:** Solo se establecerá un SUA (o procedimiento de navegación aérea, si es posterior al espacio aéreo ya establecido), sin cumplir con los parámetros enumerados en este punto, cuando se considere operacionalmente aceptable que el procedimiento de navegación aérea no está disponible debido a la activación del SUA. En este caso, las acciones mitigadoras serán descritas en una publicación específica por parte de la unidad ATS.

**Nota 2:** En el análisis de impacto entre los SUA y los procedimientos de navegación aérea, también se debe verificar la posibilidad de alterar los SUA existentes y planificados, a fin de viabilizar el diseño de nuevos procedimientos de llegada, aproximación y salida por instrumentos.

4.5.2.7 Debe existir un estrecho intercambio de información entre los planificadores del espacio aéreo, los diseñadores de procedimientos de navegación aérea y los controladores de la unidad ATS involucrada, a fin de permitir la adecuada evaluación de los posibles impactos derivados de la presencia de un SUA en relación con los procedimientos de navegación aérea.

4.5.2.8 La delimitación de reservas o restricciones en el espacio aéreo superior debe armonizarse con los requisitos de tolerancia de navegación, de manera similar a lo que debe hacerse en el espacio aéreo inferior.

Sin embargo, puede haber diferencias entre los requisitos de tolerancia para la navegación en el espacio aéreo superior e inferior, así como en términos de regulación y diseño (por ejemplo, diferencias en la realización de vuelos en el espacio aéreo de clase C y clase G).

## 5 SECTORIZACIÓN

### 5.1 CRITERIOS GENERALES

5.1.1 La prestación del servicio de control de tránsito aéreo se basa en una subdivisión del espacio aéreo en sectores, con el objetivo principal de:

- a) cuantificar la tasa de transferencia de tránsito;
- b) racionalizar el número de rutas, intersecciones, puntos de conflicto y aeronaves en la misma frecuencia;
- c) equilibrar la carga de trabajo del ATCO;
- d) dedicación de flujos de salida y de llegada;
- e) aumentar la capacidad del espacio aéreo.

**Nota:** En determinadas circunstancias, para atender demandas específicas, tales como, por ejemplo, misiones militares, ejercicios, eventos y exhibiciones aéreas, entre otras, podrá establecerse la sectorización temporal en un determinado espacio aéreo, de conformidad con lo dispuesto en este Capítulo.

5.1.2 La sectorización es un recurso finito y podemos considerar que se llega a su límite cuando el beneficio de crear un nuevo sector se ve superado por otros factores, en particular el aumento de las tareas de coordinación.

**Nota 1:** La creación de una sectorización inadecuada puede generar problemas de capacidad, limitaciones del espacio aéreo y, en consecuencia, demoras y aumento de la carga de trabajo de los ATCO.

**Nota 2:** El aumento de la capacidad del espacio aéreo no es proporcional al aumento del número de sectores disponibles, lo que tiene un alto costo financiero en términos del número de ATCO necesarios y de infraestructura CNS.

**Nota 3:** Como solución menos costosa y alternativa a la creación de sectores adicionales, se debe evaluar la factibilidad de aumentar la capacidad de los sectores existentes.

5.1.3 La sectorización del espacio aéreo debe considerar:

- a) el tipo de servicio de tránsito aéreo que se va a proporcionar;
- b) medios CNS disponibles y necesarios, tales como frecuencias VHF, vigilancia ATS y ayudas a la navegación aérea, entre otros;
- c) priorización de la eficiencia y capacidad ATM en línea con aspectos de seguridad operacional, economía y medio ambiente;
- d) los objetivos estratégicos, que facilitan la adaptación a escenarios futuros.

5.1.4 Una vez identificada la necesidad de sectorización, el siguiente tema a analizar es su factibilidad, la cual está determinada por la disponibilidad de ATCO, la disponibilidad de puestos de trabajo y las capacidades de los sistemas ATM:

- a) determinar el número máximo de sectores ATC, teniendo en cuenta el número de personal, la disponibilidad de recursos CNS y la capacidad del sistema;
- b) definir la configuración óptima de los sectores para variaciones conocidas en los flujos de tránsito aéreo, tales como mañana versus noche y semana versus fin de semana, entre otros;
- c) definir los límites individuales de los sectores ATC;
- d) definir los bloques esenciales de espacio aéreo para permitir la sectorización modular y las configuraciones sectoriales requeridas;
- e) de ser necesario, en un ACC multisectorial, por ejemplo, definir una serie de grupos sectoriales, considerando habilitación ATCO versus escala, capacitación, operación de sectores saturados en periodos pico y gestión de frecuencias, entre otros.

5.1.5 El proceso de creación, modificación y validación de sectores debe considerar la protección de trayectorias y esperas, y la evaluación cualitativa de la factibilidad, a través de un software de modelado del espacio aéreo, de dichas trayectorias y esperas con la nueva sectorización, además de cumplir con los siguientes principios:

- a) necesidades operacionales;
- b) coordinación con APPs y ACCs adyacentes;
- c) nivel de la red de rutas ATS;
- d) eficiencia operacional, por ejemplo, maximizando la capacidad para acomodar la demanda;
- e) coherencia con la evolución de la red de rutas;
- f) coherencia con el uso del espacio aéreo (disponibilidad de Rutas DCT, FRA, FUA, Plan de Contingencia, etc.).

5.1.6 Hay dos tipos de sectorización:

- a) **sectorización geográfica** – el espacio aéreo se divide en sectores y un único ATCO es responsable del tráfico en cada uno de estos sectores;
- b) **sectorización funcional** – el espacio aéreo se divide en sectores según la fase de vuelo o destino, entre otros. El tipo más común de sectorización funcional ocurre cuando un ATCO es responsable de los vuelos de llegada, mientras que otro es responsable de los vuelos de salida. Otro ejemplo sería la llegada de aeronaves a diferentes aeródromos dentro de un mismo volumen de espacio aéreo, estando bajo la responsabilidad de diferentes ATCO, según el destino. Observe el ejemplo dado en la Figura 5-1

**Nota 1:** Normalmente, el término “sectorización” se asocia con la sectorización geográfica, siendo la sectorización funcional una especie de “sub-sectorización” de la sectorización geográfica.

**Nota 2:** La sectorización está directamente relacionada con el sistema ATC, el cual debe ser capaz de soportar el tipo de sectorización seleccionado, como por ejemplo tener condiciones de filtrado de tránsito que no están bajo el control del ATCO responsable del sector.

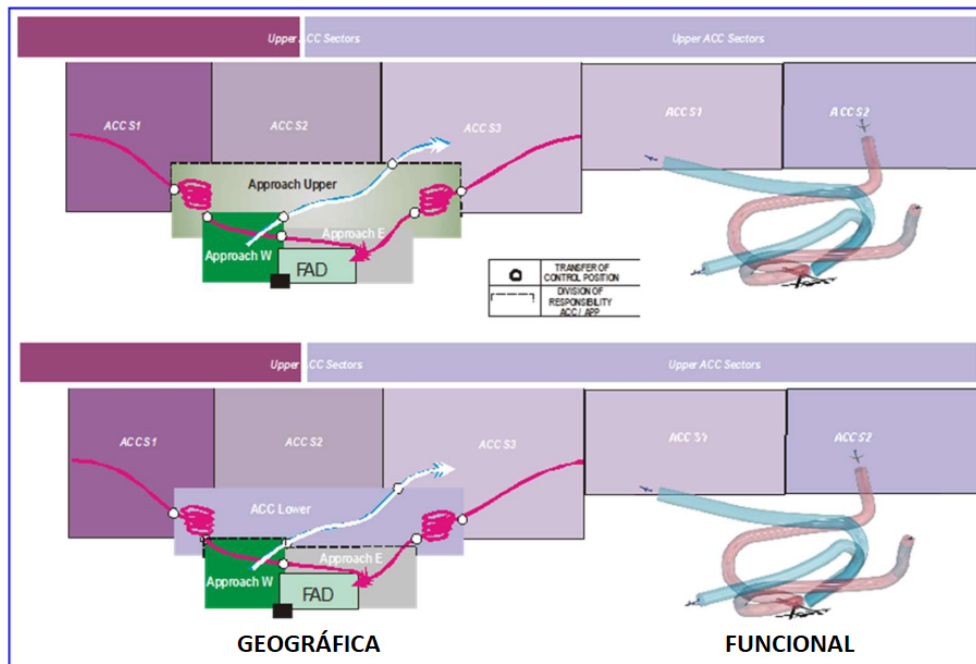


Figura 5-1 - Tipos de sectorización.

5.1.7 Las ventajas y desventajas de cada uno de los tipos de sectorización se resumen en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1 - Ventajas y desventajas de los tipos de sectorización.

Sectorización	Ventaja	Desventaja
<b>Geográfica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. ATCO puede aprovechar al máximo el espacio disponible en el sector para definir los mejores niveles de vuelo para el tránsito y agilizar los ascensos y descensos sin necesidad de coordinación;</li> <li>b. La carga de trabajo se equilibra fácilmente entre sectores;</li> <li>c. Puede ser menos exigente en términos de visualización radar y sistemas ATC;</li> <li>d. Se pueden describir fácilmente las instrucciones operacionales para las áreas de responsabilidad del ATC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. ATCO tiene que lidiar con el tránsito que llega, sale y en tránsito;</li> <li>b. En los casos en que se produce una división de sector a lo largo de la proyección del eje de la pista, las aeronaves que parten en diferentes direcciones pueden ser controladas por diferentes ATCO después de sus despegues;</li> <li>c. Si una aeronave tiene que transitar por más de un sector de la TMA, la complejidad puede incrementarse debido a la coordinación adicional requerida.</li> </ul>

Sectorización	Ventaja	Desventaja
<b>Funcional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Los ATCO controlan solo un tipo de tránsito (llegadas o salidas), ya que el sector se define según la tarea;</li> <li>b. Generalmente, todos los aviones permanecen en la misma frecuencia después del despegue. En algunas configuraciones, existe una mayor flexibilidad de operaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Los límites verticales y laterales pueden ser demasiado restrictivos. La sectorización vertical puede no ser suficiente para satisfacer todos los tipos de performance de las aeronaves;</li> <li>b. Dificultad para equilibrar la carga de trabajo entre sectores, especialmente cuando los picos de llegada y salida no coinciden;</li> <li>c. Puede exigir mucho del sistema de visualización radar y sistemas ATC;</li> <li>d. La descripción de la operación en áreas de responsabilidad puede ser difícil de formular.</li> </ul>

5.1.8 La sectorización también debe ser flexible y dinámica, a fin de permitir la optimización del uso del espacio aéreo:

- a) **sectorización dinámica** - es una técnica para modificar los límites geográficos entre sectores, a fin de permitir la transferencia del flujo de un sector congestionado a otro sector adyacente que tiene capacidad disponible. Depende de una estructura física de un conjunto de sectores que permite un máximo de combinaciones posibles de agrupamiento y desagrupamiento, tanto horizontal como vertical, de porciones de estos sectores, lo que posibilita una operación que atiende a las diversas variaciones de los flujos de tránsito, reduciendo la complejidad y balanceando la carga de trabajo ATCO en todos los sectores;
- b) **sectorización flexible** - es una técnica considerada como etapa avanzada de sectorización dinámica, que permite:
  - i. tal variación de combinaciones entre sectores que satisface la gran mayoría o la totalidad de las necesidades operacionales del espacio aéreo en cuestión, permitiendo, por ejemplo, separación del tránsito según variaciones de flujos, verticales y horizontales, IFR y VFR, circulación aérea civil y militar, flujos entrantes y salientes, entre otros; y
  - ii. un cambio en la configuración de sectores que responda a las incertidumbres de la circulación aérea, tales como esperas, meteorología, impracticabilidad de la pista, degradaciones, entre otras.

5.1.9 La sectorización debe ser flexible, a fin de satisfacer las variaciones de la demanda y los cambios temporales en el flujo de tránsito aéreo (matutino, vespertino, semanal, de fin de semana), por ejemplo:

- a) diferentes agrupamientos de sectores o diferentes sectores para equilibrar las demandas variables, como se muestra en la Figura 5-2;

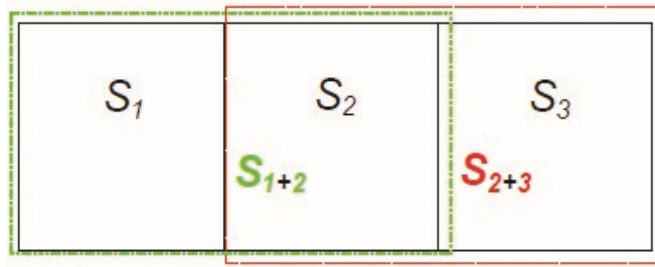


Figura 5-2 - Agrupamiento de sectores

- b) reconfiguración de los límites de los sectores mediante el uso de sectores dinámicos para atender adecuadamente los flujos de tránsito prevalecientes, como se muestra en la Figura 5-3.

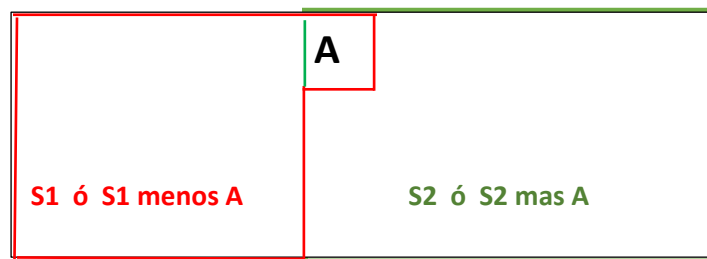


Figura 5-3 - Sectores 1 y 2 y Sector Dinámico “A”.

- c) construido para asegurar la continuidad operacional y procesal a través de las fronteras nacionales;
- d) diseñado, considerando los requisitos militares y los de otros usuarios del espacio aéreo;
- e) configurado para asegurar la utilización óptima de la red de rutas ATS (equilibrio sectorial);
- f) configurado para disminuir la carga de trabajo de coordinación;
- g) diseñados, en su caso, en función de la especialización de los servicios según la naturaleza del tránsito;
- h) diseñado, en general, para ser lateralmente más grande para los sectores del espacio aéreo superior, ya que los sectores del espacio aéreo inferior son normalmente más complejos y con un tránsito más cambiante;
- i) preparado de acuerdo con los siguientes factores:
- ✓ volumen y densidad del tránsito, incluidos el historial de datos y la proyección para los próximos años;
  - ✓ complejidad del tránsito;
  - ✓ naturaleza del tránsito (ruta, ascenso o descenso);
  - ✓ capacidad de los sistemas ATC;
  - ✓ interfaz con el espacio aéreo adyacente.

## 5.2 SECTORIZACIÓN DE TMA

5.2.1 Las dimensiones laterales y verticales de los sectores deben diseñarse de manera que se eviten restricciones de nivel, especialmente en distancias cortas.

5.2.2 No es necesario que los límites verticales de los sectores sean uniformes, por ejemplo, fijos en un nivel superior y en un nivel inferior. Tampoco es necesario que los límites verticales de un sector coincidan con los límites verticales de sectores adyacentes.

5.2.3 Cuando se prevé la necesidad de guía vectorial en un sector, es recomendable que se dimensione de forma que minimice la necesidad de coordinación.

5.2.4 El concepto de espacio aéreo debería, en la medida de lo posible, prever la mayoría de los guías vectoriales fuera del sector final, utilizando, en condiciones normales de operación, el uso de esta técnica en los demás sectores de control. El objetivo es promover la reducción de la carga de trabajo, el tiempo de comunicación y, en consecuencia, aumentar la capacidad y fluidez en el sector final.

5.2.5 Las áreas de protección de esperas y trayectorias de TMA deben estar contenidas en un solo sector geográfico.

5.2.6 Para asegurar la menor complejidad operacional posible, un sector no debe prepararse aislado de los demás. Los puntos de cruce de las trayectorias no deben colocarse demasiado cerca de los límites del sector, lo que permite suficiente tiempo para la resolución del conflicto.

5.2.7 Se debe definir la configuración de sectores dentro de la TMA para responder de manera más realista a los cambios en la demanda de tránsito. Cualquier combinación de sectores debe garantizar que la complejidad operacional se mantenga al mínimo.

5.2.8 Los sectores entrantes deben estar diseñados para abarcar los principales flujos entrantes y hacer que estos flujos converjan y se secuencien hasta los sectores finales. A excepción de la aplicación de la técnica *Point Merge*, es deseable que el sector alimentador (*feeder*) se diseñe con espacio suficiente para realizar guía vectorial y ordenar el tránsito facilitando el trabajo del sector final.

5.2.9 En la medida de lo posible, la configuración de los sectores definidos geográficamente debe permanecer igual, independientemente de la pista en uso. Naturalmente, si hay un sector de aproximación final, debe modificarse al cambiar la pista en uso.

## 5.3 SECTORIZACIÓN DE RUTAS

### 5.3.1 RED DE RUTAS ATS

5.3.1.1 Los requisitos locales determinarán la pertinencia de aplicar criterios de sectorización en el espacio aéreo que contenga una red de rutas ATS. La aplicación de tales criterios o la solución de un problema local no debe afectar adversamente el espacio aéreo adyacente o la capacidad total de la red de rutas.

5.3.1.2 Un grupo de sector es un conjunto de sectores operacionales que interactúan fuertemente entre sí a través de una coordinación estrecha y compleja que se puede combinar en diferentes configuraciones.

**Nota 1:** La definición de grupos de sectores debe basarse en una red de rutas optimizada que soporte la sectorización, integrando rutas directas, opciones de rutas múltiples y alternativas asociadas. También debe considerar los requisitos operacionales militares. Se debe poner énfasis en la conectividad eficiente al espacio aéreo en TMA. “Grupos de sectores” deben contener sectores elementales con una interacción fuerte y compleja que requiere una estrecha coordinación entre los ATCO.

**Nota 2:** Los criterios para definir grupos de sectores son una combinación de densidad de tránsito, naturaleza del tránsito (ascendente/descendente) y topología de ruta (flujos de cruce, puntos de cruce cercanos). Dentro de un grupo de sector, son posibles varias combinaciones de sectores (configuraciones de sector) dependiendo de los flujos de tránsito.

5.3.1.3 El concepto de áreas fuertes y débiles de interacción puede ayudar a definir los límites de los sectores:

- a) Es más probable que se produzcan áreas de fuerte interacción en espacios aéreos donde la tarea del ATCO es más compleja debido a uno o más factores influyentes, incluida la alta densidad de tránsito, la naturaleza del tránsito, un número considerable de puntos de conflicto o puntos de cruce y restricciones del espacio aéreo, entre otros;
- b) Es más probable que ocurran áreas de interacción débil en espacios aéreos donde la tarea del ATCO es menos compleja debido a uno o más factores influyentes, que incluyen baja densidad de tránsito, pocos conflictos y vuelo nivelado, entre otros.

**Nota:** La interacción débil entre grupos de sectores identificará zonas de complejidad reducida, donde hay menos flujos en conflicto y menos tránsito en evolución. En áreas con alta densidad de tránsito y alta complejidad, donde no hay áreas obvias de interacción débil, puede ser necesario crear artificialmente estas zonas para permitir la definición de un grupo de sector donde corresponda, como se muestra en la Figura 5-4, como generalmente se realiza en los límites de las FIR para facilitar la coordinación entre los ACC.

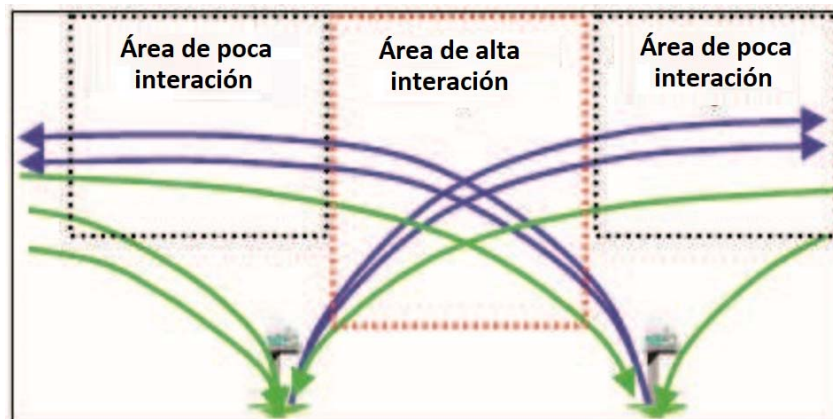


Figura 5-4 - Interacción entre sectores.

5.3.1.4 En cuanto al establecimiento de grupos de sectores, se deben considerar los siguientes criterios:

- a) Los límites deben basarse en los requisitos operacionales y no es necesario que coincidan verticalmente;
- b) Los límites verticales deben variar según su ubicación y el tipo de tránsito contenido en ellos;
- c) Las dimensiones deben definirse para permitir suficiente distancia para la resolución de conflictos en todas las opciones de ruta;
- d) La configuración debe establecerse para contener el tránsito por un tiempo que sea operacionalmente viable y permita una configuración flexible;
- e) La realización de los tránsitos deberá ser, en lo posible, de naturaleza análoga;

- f) Las rutas primarias y alternativas deberían, en general, estar contenidas dentro del mismo grupo de sector para aprovechar el potencial de una mayor flexibilidad de cambio de ruta. Sin embargo, no es un requisito esencial involucrar espacio aéreo segregado dentro de un grupo de sectores;
- g) Los puntos de conflicto situados muy cercanos deben estar contenidos en el mismo grupo de sector, pero idealmente no en el mismo sector;
- h) El número de sectores operacionalmente manejables debe ser de alrededor de 4 a 6 sectores en áreas congestionadas y alrededor de 6 a 8 sectores en otras áreas; y
- i) Los tiempos promedio de vuelo deben ser pequeños, para cumplir con lo establecido en los numerales anteriores.

5.3.1.5 La sectorización del espacio aéreo que contenga una red de rutas ATS deberá considerar los siguientes criterios:

- a) Mantenimiento del menor número posible de rutas ATS controladas en un mismo sector;
- b) Especialización de trayectorias, como, por ejemplo, el uso de trayectorias duales y la separación estratégica de trayectorias de llegada y salida, como se muestra en la Figura 5-5;

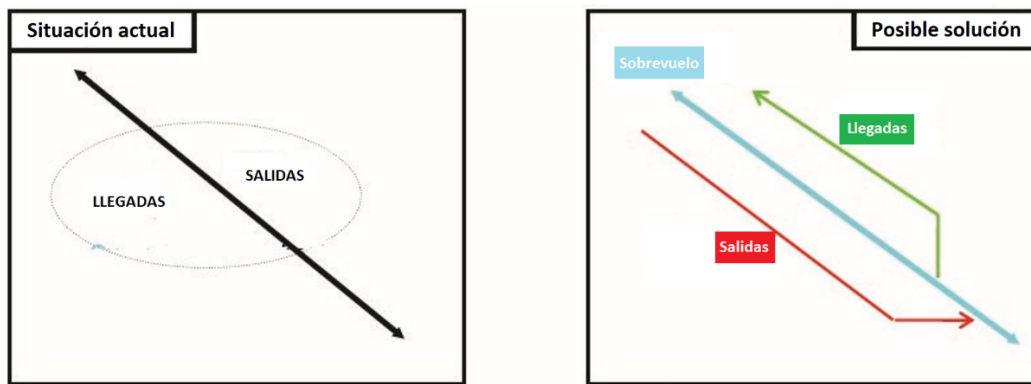


Figura 5-5 - Especialización de trayectorias.

- c) Eliminación de intersecciones y conflictos innecesarios, como se muestra en la Figura 5-6;

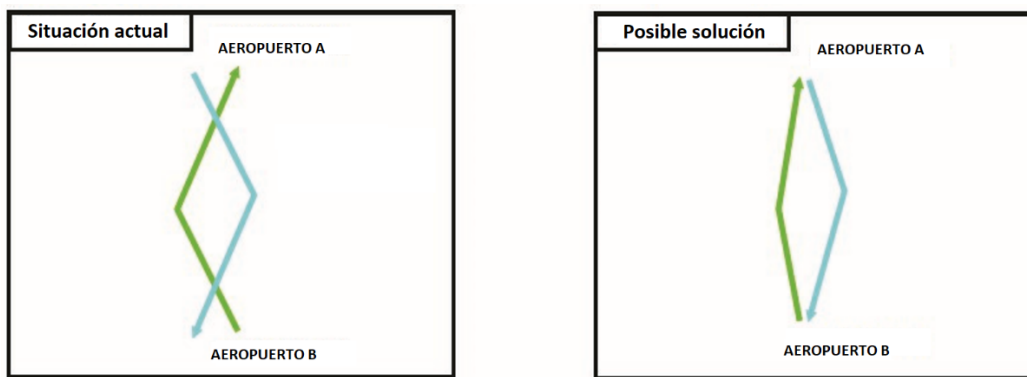


Figura 5-6 – Eliminación de cruces innecesarios.

- d) Organización de los principales flujos de tránsito aéreo, como, por ejemplo, segregación de dichos flujos, como se muestra en la Figura 5-7;

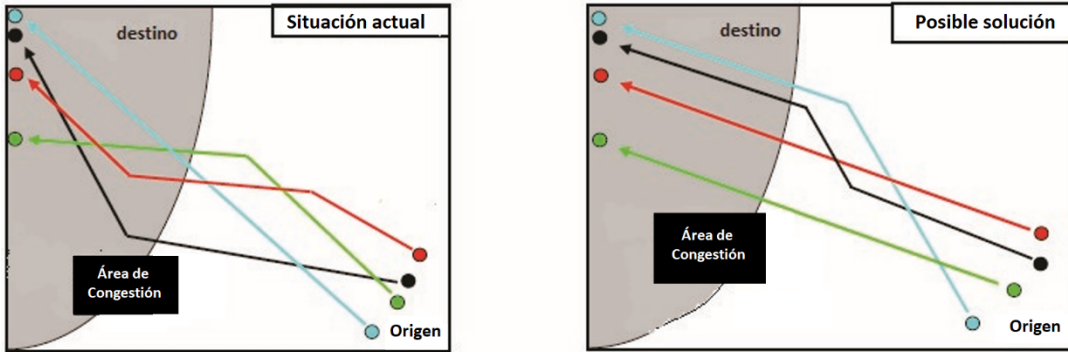


Figura 5-7 – Organización de los flujos de tránsito aéreo.

- e) Reasignación apropiada de puntos, como se muestra en la Figura 5-8;

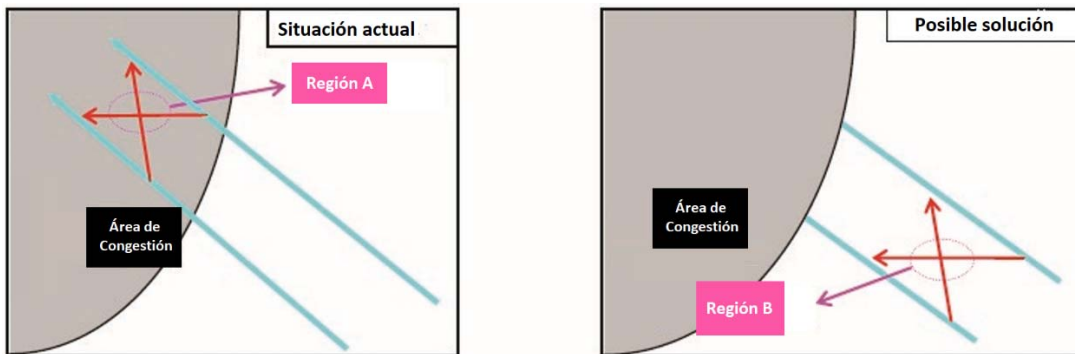


Figura 5-8 – Reasignación de puntos.

- f) Desalineación de los límites laterales entre sectores del espacio aéreo superior e inferior, a fin de permitir una reducción del número de sectores sobrevolados por tránsito descendente o ascendente y, en consecuencia, una reducción del número de coordinaciones, como se muestra en la Figura 5-9.

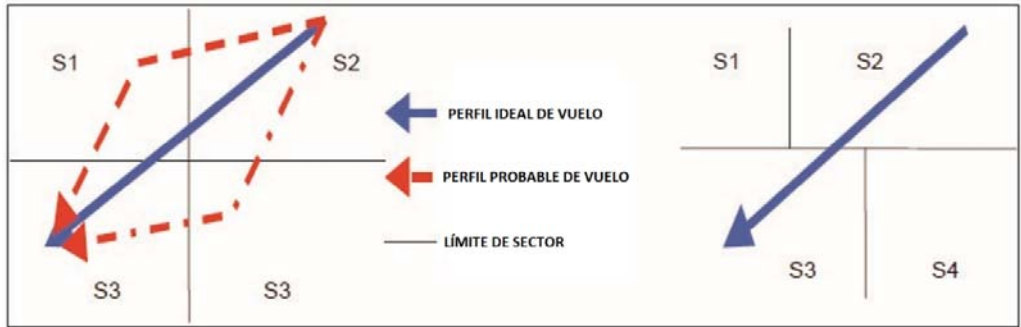


Figura 5-9 – Desalineación de los límites laterales.

5.3.1.6 En cuanto a los puntos de conflicto, se deben considerar los siguientes criterios:

- a) Limitar el número de puntos de conflicto en un mismo sector que involucren los principales flujos de tránsito aéreo, como se muestra en la Figura 5-10.

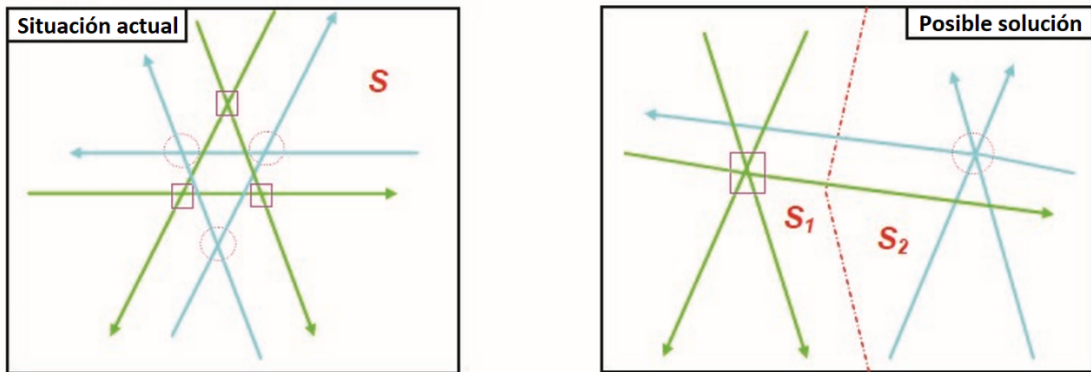


Figura 5-10 – Limitación del número de puntos de conflicto.

- b) La racionalización de los puntos de cruce, cuando sea posible;
- c) Evitar que diferentes sectores alimenten un mismo sector con tránsito convergente, lo que requiere separación, como se muestra en la Figura 5-11;

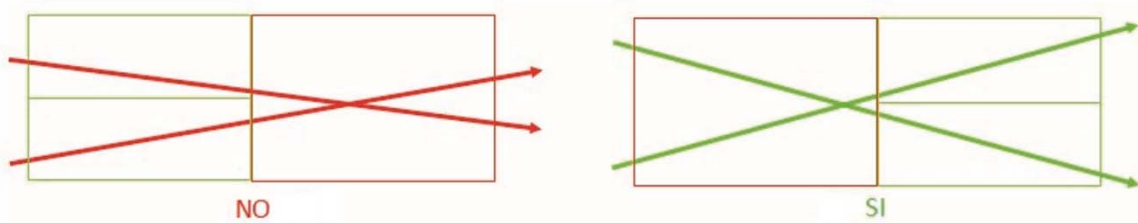


Figura 5-11 – Evitar sectores distintos alimentando el mismo sector.

- d) Evitar puntos de conflicto cercanos al límite del sector, debido al aumento de la carga de trabajo por exceso de coordinación e insuficiente tiempo de anticipación, como se muestra en la Figura 5-12.

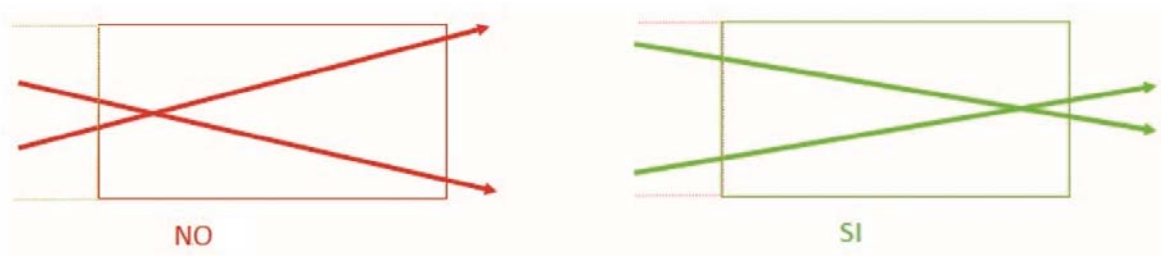


Figura 5-12 – Evitar puntos de conflicto cercanos al límite de sector.

5.3.1.7 En cuanto a la función de los sectores, se deben considerar los siguientes criterios:

- a) Minimizar el número de funciones diferentes (llegada, salida o ruta) realizadas por un mismo sector;
- b) Utilizar procedimientos de asignación de niveles de vuelo óptimos.

5.3.1.8 En cuanto a la dimensión, se deben considerar los siguientes criterios:

- a) Acomodar las funciones del sector;
- b) Permitir la anticipación y resolución de conflictos con un mínimo de coordinación;
- c) Equilibrar la carga de trabajo;
- d) Permitir, en la medida de lo posible, una función dedicada;
- e) Permitir un tiempo de tránsito razonable y picos de tránsito instantáneos de manera manejable;
- f) Permitir el establecimiento de esperas con mínima coordinación.

**Nota:** El tamaño óptimo de cada sector variará según la complejidad y densidad del tránsito. Un escenario con baja complejidad y densidad de tránsito permite escalar a sectores más grandes, pero a medida que aumentan la densidad y la complejidad, se requiere escalar a sectores más pequeños.

5.3.1.9 En cuanto al formato, se deben considerar los siguientes criterios:

- a) Basarse en requisitos operacionales y no en fronteras regionales o nacionales;
- b) Proporcionar flexibilidad general al sistema, combinando o dividiendo sectores según sea necesario y estableciendo rutas directas que sean eficientes en términos de economía de combustible;
- c) Reducir la coordinación y la carga de trabajo y facilitar la transferencia al siguiente sector;
- d) Evitar tiempos de tránsito muy cortos ajustando los límites de sector o delegando la provisión de ATS en el espacio aéreo en cuestión, como se muestra en las Figuras 5-13 y 5-14.

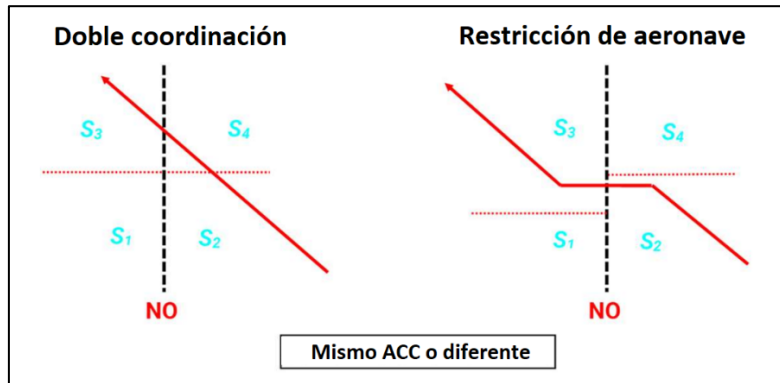


Figura 5-13 - Ejemplo 1 de límites de sector y delegación del ATC.

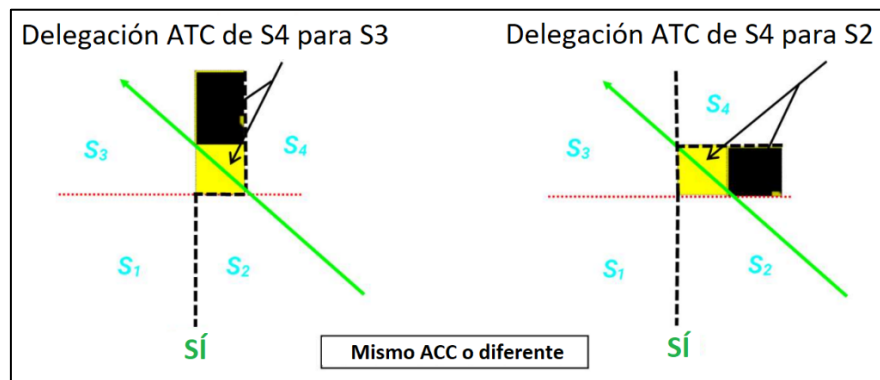


Figura 5-14 - Ejemplo 2 de límites de sector y delegación del ATC.

- e) Estar alineados con los principales flujos de tránsito aéreo;
- f) Considerar el perfil y performance ideal de la aeronave;
- g) Tener límites verticales variables, a fin de acomodar los flujos de tránsito aéreo local y la performance de las aeronaves, especialmente cuando la división entre el espacio aéreo superior e inferior no es suficiente;
- h) Definir divisiones horizontales de sectores si predomina el tránsito de sobrevuelo (segmentación de sectores);
- i) Definir divisiones geográficas de sectores, en caso de que predomine el tránsito ascendente y descendente, como se muestra en la Figura 5-15.

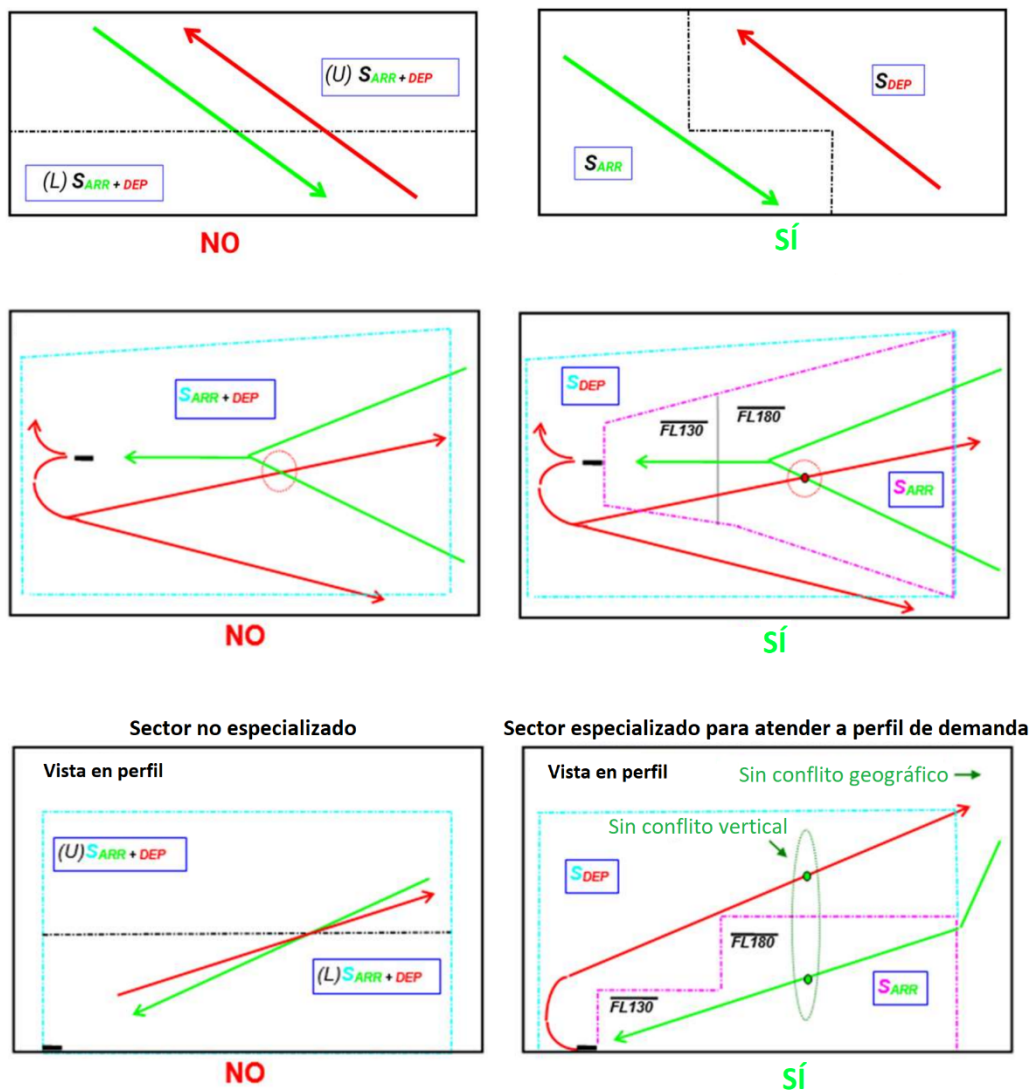


Figura 5-15 – Divisiones de sectores.

### 5.3.2 RED DE RUTAS DCT

5.3.2.1 Los criterios para la sectorización del espacio aéreo que contiene una red de rutas DCT deben observar ciertas particularidades, en especial, el hecho que no existe un flujo de tránsito estandarizado con puntos de cruce conocidos y que se puede utilizar todo el sector, para permitir mayor flexibilidad en función de las variaciones de la demanda.

5.3.2.2 La sectorización del espacio aéreo que contenga una red de rutas DCT deberá considerar los siguientes criterios:

- a) Principales flujos de tránsito y sus orientaciones;
- b) Minimizar los tránsitos cortos por los sectores;
- c) Minimizar el reingreso a sectores y FIR;
- d) Posicionamiento de los SUA;

- e) Coherencia con los sectores de la red de rutas ATS adyacentes, conectando rutas y trayectorias de llegada y salida;
- f) Coordinación civil y militar.

5.3.2.3 Los sectores deben ajustarse lo más posible para que se reduzca al mínimo el número de vuelos con tiempos de ocupación cortos (pasos cortos por el sector).

**Nota:** Cuando dicho ajuste no sea factible, se deben establecer las reglas apropiadas para ese contexto, a fin de evitar un impacto negativo en la capacidad ATC.

5.3.2.4 Al definir la capacidad del sector, se deben tener en cuenta las variaciones más dinámicas en los estándares del tránsito.

5.3.2.5 Se debería considerar la flexibilidad proporcionada por la sectorización dinámica para minimizar tránsitos cortos y evitar reingresos de vuelo en sectores ATC.

5.3.2.6 Es necesario establecer procedimientos para que el Centro ATFM tenga conocimiento en tiempo real de los cambios en la configuración de los sectores, incluyendo agrupamientos y desagrupamientos, y pueda administrar eficientemente la red de rutas DCT.

## 6 ESCENARIOS OPERACIONALES

### 6.1 DISPOSICIONES GENERALES

6.1.1 El escenario de referencia es fundamental en el proceso de desarrollo de un concepto de espacio aéreo, ya que en la fase de validación se utiliza como base de comparación para poder medir las mejoras reales y elegir un escenario final para la implementación.

**Nota:** El escenario de referencia también se puede utilizar en la fase de diseño como ayuda para la toma de decisiones sobre el establecimiento de escenarios alternativos o para evaluar situaciones específicas en un determinado escenario.

6.1.2 En términos generales, el escenario de referencia es el escenario actual y constituye el siguiente conjunto de información representado, pudiendo incluirse otra información que se considere pertinente:

- a) estándar de uso de las pistas de los aeródromos involucrados;
- b) demanda de tránsito actual y su distribución en el tiempo y el espacio;
- c) muestras de tránsito aéreo, incluyendo reglas de vuelo, performance mix, estándares operacionales de las aerolíneas y operaciones militares, entre otros;
- d) red de rutas ATS;
- e) procedimientos de navegación aérea;
- f) escenario de rutas DCT;
- g) áreas de espera;
- h) espacio SUA;
- i) estándares de guía vectorial;
- j) dimensiones de los espacios aéreos;
- k) sectorización;
- l) acuerdos operacionales;
- m) restricciones existentes;

n) infraestructura CNS.

**Nota:** La calidad de la información contenida en el escenario de referencia debe permitir la representación más realista posible de la estructura del espacio aéreo y sus prácticas operacionales.

6.1.3 El escenario de referencia también puede ser el escenario actual más modificaciones que ya hayan sido validadas y que se implementarán a corto plazo, antes de la implementación del nuevo concepto de espacio aéreo, como, por ejemplo, la implementación de una ruta ATS, la creación de sector, la publicación de una SID o STAR, entre otros.

6.1.4 El proceso de identificación de las características actuales de un determinado espacio aéreo, es decir, la construcción del escenario de referencia, permite descubrir fortalezas y debilidades, además de brindar la oportunidad de corregir inconsistencias, tales como:

- a) rutas ATS redundantes o no utilizadas, publicadas;
- b) rutas DCT no utilizadas;
- c) procedimientos de navegación aérea no utilizados o desactualizados;
- d) falla en la conexión de la estructura de rutas ATS con los procedimientos de navegación aérea;
- e) aplicación de restricciones verticales innecesarias o insuficientes;
- f) incorrecciones en la publicación de información aeronáutica;
- g) sub-utilización de SUA;
- h) puntos de conflicto, “cuellos de botella” y puntos de saturación.

6.1.5 Luego de su construcción, el escenario de referencia debe ser revisado críticamente, a través de un análisis cualitativo, que debe señalar:

- a) **condiciones futuras indefinidas** – que necesitan ser consideradas para la construcción del concepto de espacio aéreo y deben tomar en cuenta el escenario operacional que existirá al momento de la implementación, incluyendo, capacidad de navegación de la flota de aeronaves, infraestructura aeroportuaria disponible, principales flujos de tránsito aéreo, sistemas de comunicación y vigilancia disponibles y cuestiones ATC;
- b) **restricciones** – que sugieran la carencia o limitación de la infraestructura CNS, que no serán resueltas para la implantación del nuevo concepto de espacio aéreo. Las restricciones típicas incluyen restricciones a los recursos humanos, en particular a los controladores de tránsito aéreo, que impiden la activación de nuevos sectores, así como niveles de disponibilidad de rutas y requisitos para satisfacer las necesidades ambientales, entre otros. Es posible que se deban aceptar algunas restricciones porque no hay solución;
- c) **facilitadores** – se refiere a cualquier medio CNS necesario para la implementación de un determinado concepto de espacio aéreo, tales como equipos, sistemas, infraestructura de navegación y procedimientos, entre otros. Teniendo en cuenta los costos relacionados con la implementación de algunos **habilitadores**, es necesario un análisis de costo-beneficio para determinar si los beneficios superan los costos o si se deben buscar medidas de mitigación.

## 6.2 COMPARACIÓN DE ESCENARIOS

6.2.1 El escenario de referencia sirve como parámetro para medir el éxito de un nuevo concepto de espacio aéreo y es importante no cambiar muchos parámetros de un escenario a otro, para que se pueda evaluar el impacto de las modificaciones realizadas.

6.2.2 Las mejores prácticas apuntan a la necesidad de comparar el escenario de línea de base con al menos dos escenarios propuestos, los cuales, según el caso, pueden ser sólo un escenario inicial y una variación de este.

6.2.3 Es fundamental conocer las premisas del proyecto, para obtener no sólo una buena comprensión de los resultados, sino también confianza en ellos.

6.2.4 La elección del mejor escenario se lleva a cabo en la fase de validación, cuando se comparan indicadores y las premisas para cumplir con los objetivos estratégicos definidos en la fase de planificación, con el fin de identificar si se pueden cumplir después de la implementación del nuevo concepto de espacio aéreo.

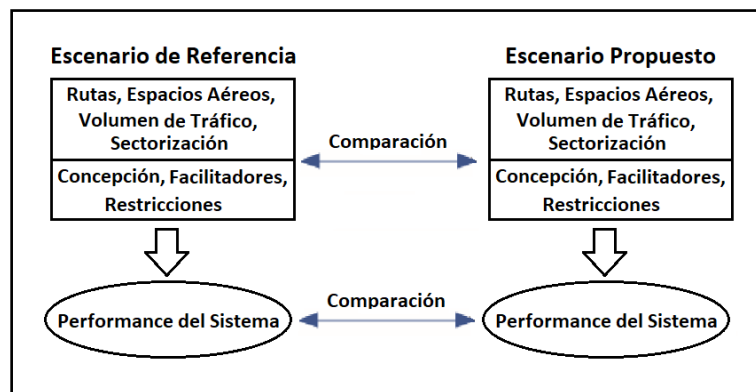


Figura 6-1 - Comparación de escenarios

## 7 REFERENCIAS

- ✓ International Civil Aviation Organization. Performance-Based Navigation (PBN) Manual. DOC 9613 AN/937. Fifth Edition. 2023.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Continuous Climb Operations (CCO) Manual. DOC 9993 AN/495. First Edition. 2013.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Continuous Descent Operations (CDO) Manual. DOC 9931 AN/476. First Edition. 2010.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Manual on the Use of Performance Based Navigation (PBN) in Airspace Design. DOC 9992 AN/424. First Edition. 2013.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations (PANS-OPS). DOC 8168 OPS/611. First Edition. 2006.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Global Air Traffic Management Operational Concept. DOC 9854 AN/458. First Edition. 2005.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Global Air Navigation Plan 2016 – 2030. DOC 9750 AN/963. Fifth Edition. 2016.

- ✓ International Civil Aviation Organization. Air Traffic Services Planning Manual. DOC 9426 AN/924. First Edition. 1984.
- ✓ International Civil Aviation Organization. Manual on Civil-Military Cooperation. DOC 10088. First Edition. 2021
- ✓ EUROPEAN COMMISSION. EUROCONTROL. European Route Network Improvement Plan (ERNIP). Part 1 – Airspace Design Methodology Guidelines. Edition 2.6. 2022.
- ✓ U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. Terminal Instrument Procedures (TERPS). ORDER 8260.3C. 2016.
- ✓ U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. Airspace Management Handbook. Version 2.1. 2004.
- ✓ Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Conceito de Espaço Aéreo: MCA 100-19. [Rio de Janeiro], 2021.