



**Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.**

---

# **Tecnología Autónoma para Aviación: Procedimientos de vuelo instrumental como base para garantizar una gestión segura del tráfico aéreo**

SEMINARIO AYUDAS A LA NAVEGACIÓN EN EL ENTORNO MASS (IALA)

30 Junio 2021

# TABLA DE CONTENIDOS



Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

- INTRODUCCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE VUELO INSTRUMENTAL
  
- PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS DE VUELO INSTRUMENTAL
  
- EJEMPLO PRÁCTICO: VUELO DE BARCELONA A MADRID
  
- CONCLUSIONES





# 1. INTRODUCCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE VUELO INSTRUMENTAL



Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

# INTRODUCCIÓN



- Un **Procedimiento de Vuelo Instrumental (IFP)** es una serie de maniobras previamente determinadas y realizadas por referencia a los instrumentos de a bordo, diseñadas para alcanzar y mantener un nivel aceptable de seguridad en las distintas fases del vuelo: **SALIDA, RUTA, LLEGADA y APROXIMACIÓN.**

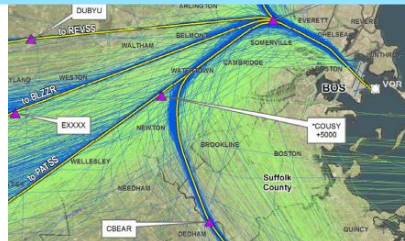
- Objetivos:**

Protección específica contra obstáculos



Lateral (2D) & Vertical (3D)

Flujo ordenado del tráfico aéreo y separación entre aeronaves.



Trayectorias predecibles

- Estandarizado a nivel Internacional.**



OACI

- El proceso de diseño (FPD) debe estar coordinado con los usuarios.

Controladores aéreos



Pilotos



Aerolíneas



Áreas circundantes al aeropuerto




# INTRODUCCIÓN



Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

- El proceso de Diseño de Procedimientos de Vuelo (FPD) es un componente clave en la navegación aérea:





## 2. PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS DE VUELO INSTRUMENTAL



Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

# EVOLUCIÓN DE LA NAVEGACIÓN AÉREA

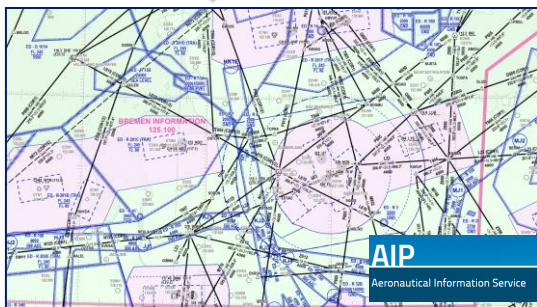
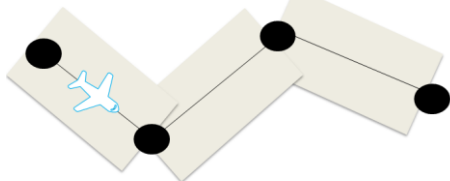


Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

## EVOLUCIÓN

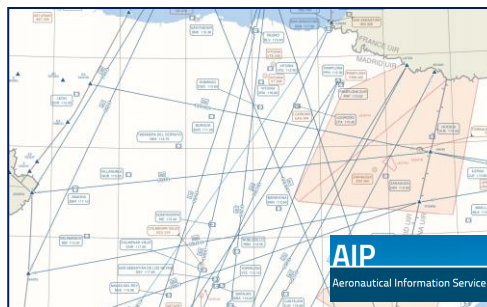
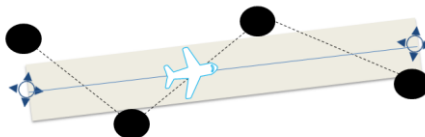
### Convencional (hasta 1990s)

- IFPs basados en radioayudas terrestres.
- Navegación A / DESDE radioayudas.
- Áreas de protección amplias.



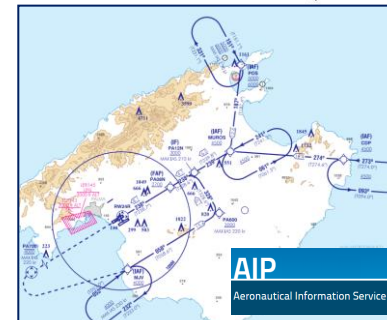
### RNAV (1990s)

- IFPs basados en waypoints.
- No posible para aproximaciones.
- Áreas de protección amplias.



### RNP (desde 2000s)

- IFP basados en waypoints (no necesariamente basados en radioayudas terrestres).
- Optimización de las trayectorias para todas las fases de vuelo.
- Áreas de protección estrechas.

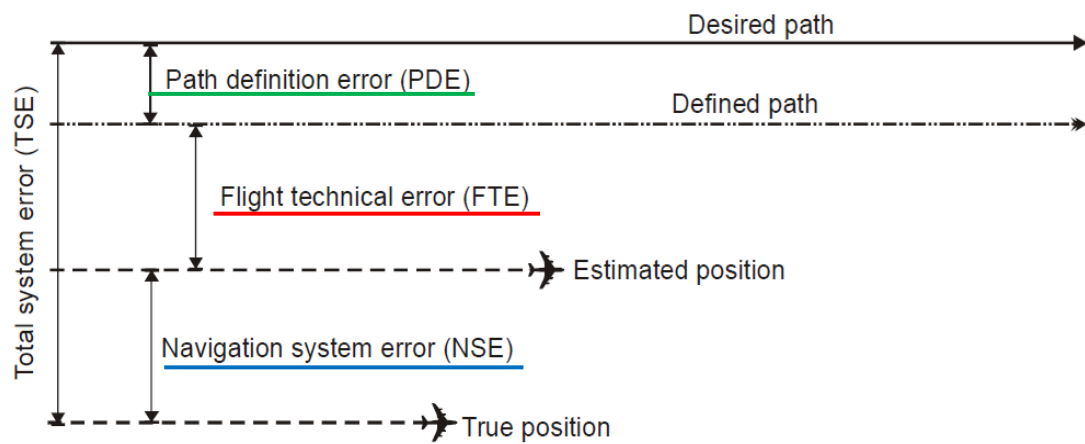
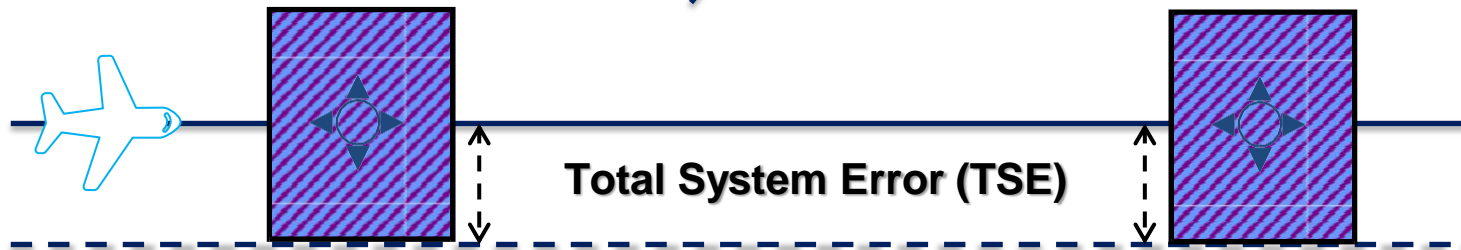


# PROCEDIMIENTOS RNP



Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

$$TSE = f (PDE + FTE + NSE)$$



**PDE** → La trayectoria definida en el sistema de a bordo no corresponde a la trayectoria deseada (*despreciable*).

**FTE** → Capacidad de la tripulación o del sistema de a bordo de seguir la trayectoria deseada.

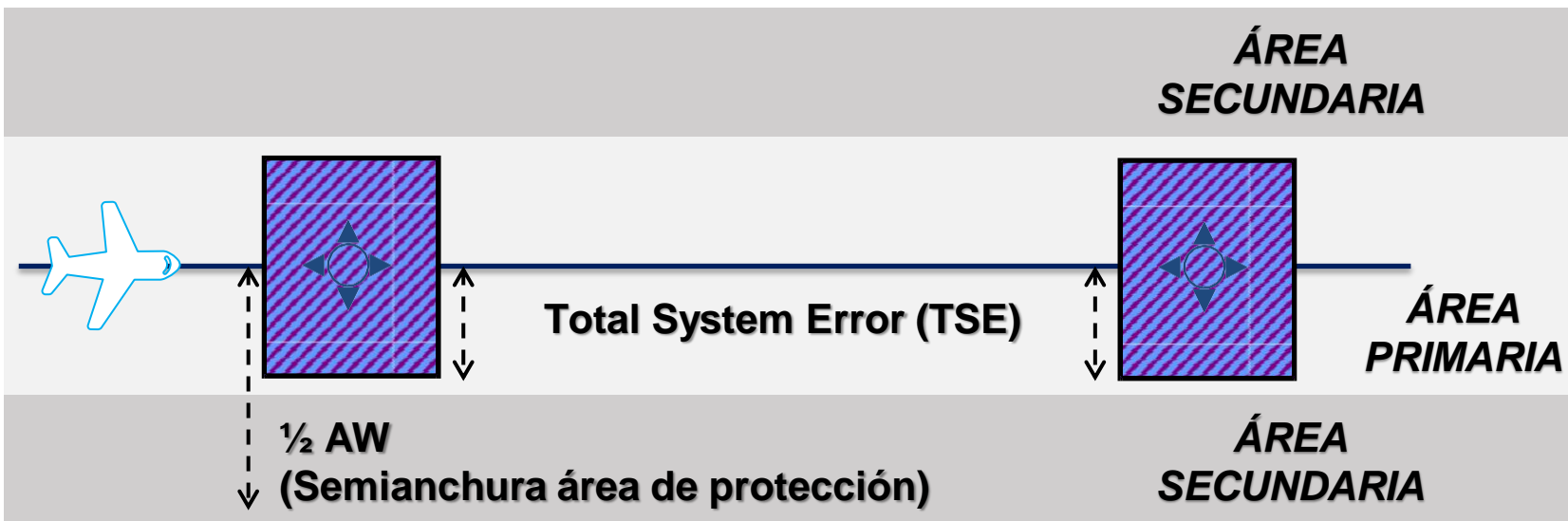
**NSE** → Error de estimación de la posición



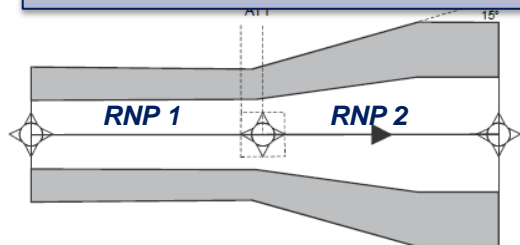
# PROCEDIMIENTOS RNP



Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

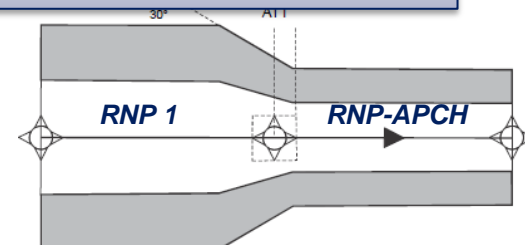


$$\frac{1}{2} AW = f(TSE + \text{Fase de vuelo})$$

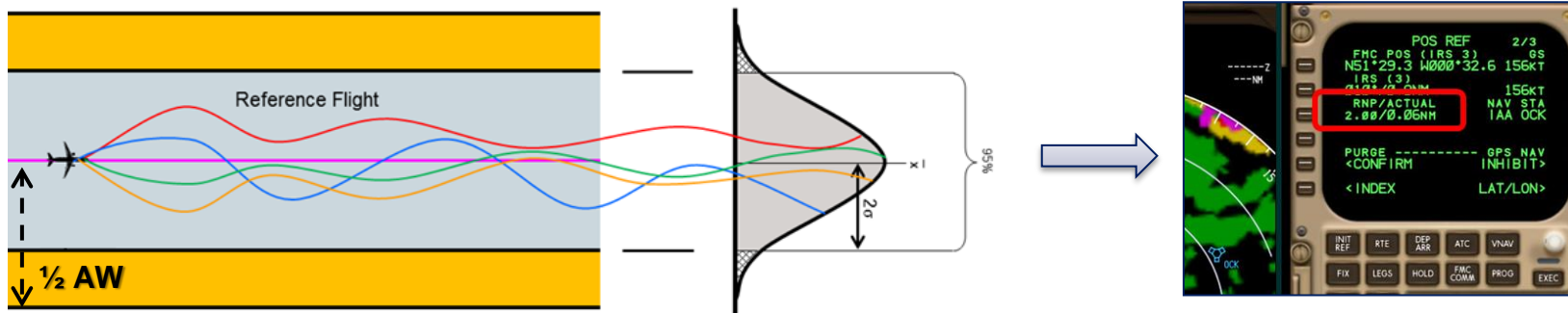


**ESPECIFICACIÓN DE NAVEGACIÓN**

<b>RNP 4</b> RUTA OCEÁNICA	<b>RNP 2</b> RUTA CONTINENTAL	<b>RNP 1</b> SALIDAS & LLEGADAS	<b>RNP APCH</b> APROXIMACIONES
-------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------



- Los procedimientos RNP, utilizando la funcionalidad “on-board monitoring and alerting”, garantizan la contención de la aeronave dentro de las zonas de protección.



- Los pilotos y aeronaves deben tener la certificación y la cualificación adecuadas para volar los procedimientos RNP.



# 3. EJEMPLO PRÁCTICO: VUELO DE BARCELONA A MADRID



Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

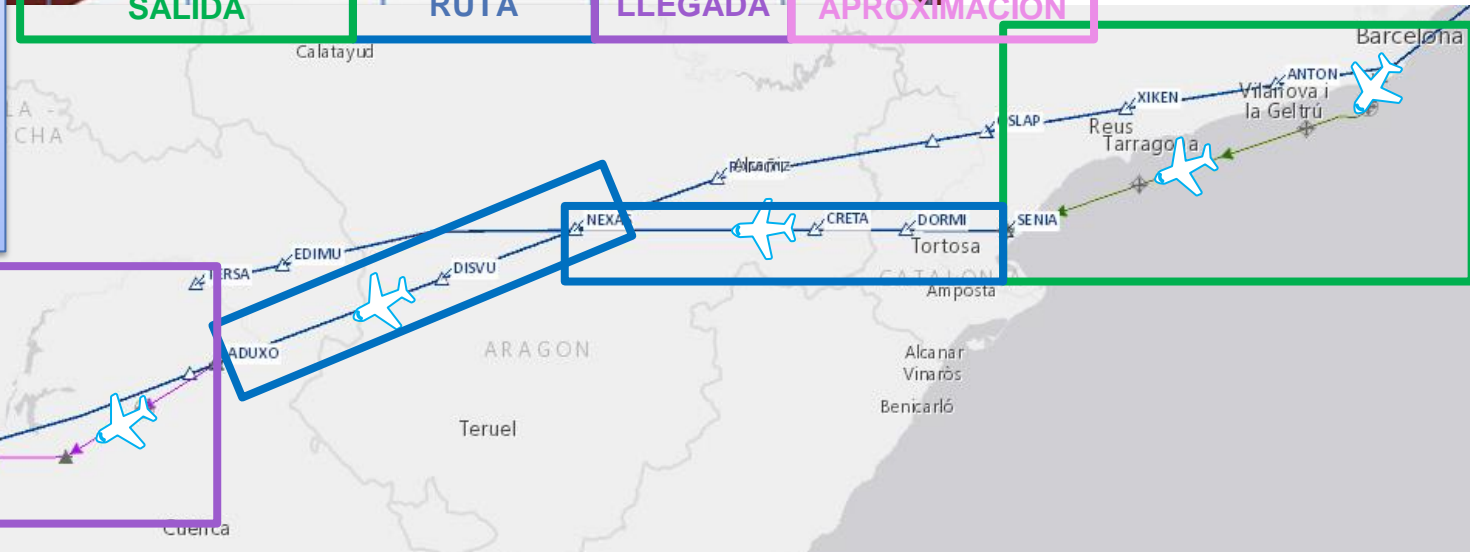
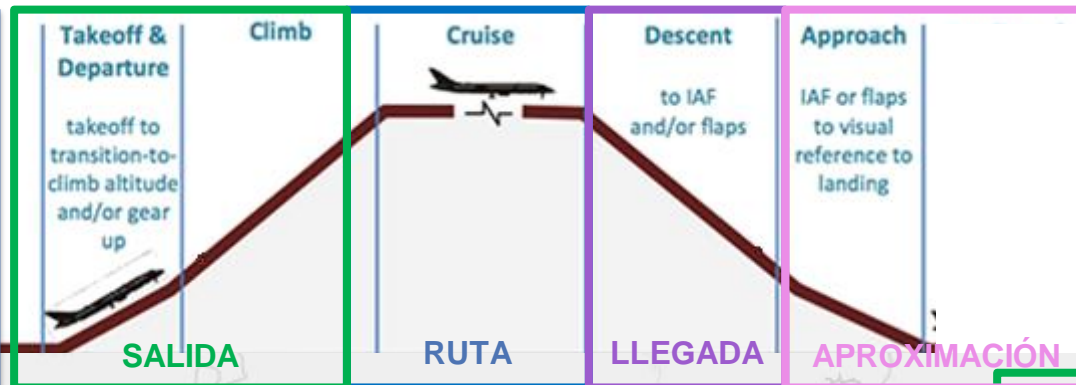
# BARCELONA (BCN) → MADRID (MAD)



Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

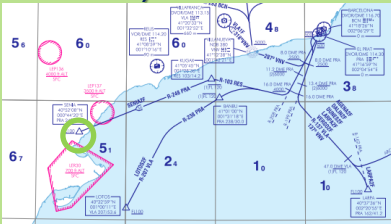
## PLAN DE VUELO

- Las aerolíneas planifican su ruta a través de un Plan de Vuelo.
- El Plan de Vuelo contiene todos los IFP y el equipamiento de a bordo.
- La aerolínea selecciona el IFP disponible más adecuado.
- ATC debe aprobar el Plan de Vuelo.
- ATC comprueba que las aeronaves sigan el Plan de Vuelo definido.

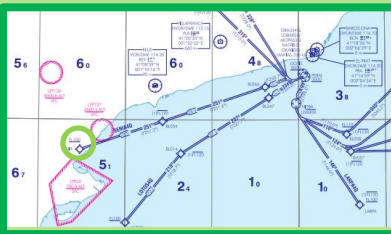


Salidas publicadas en Barcelona:

- Salidas convencionales (basadas en radioayudas terretres)



- Salidas RNAV



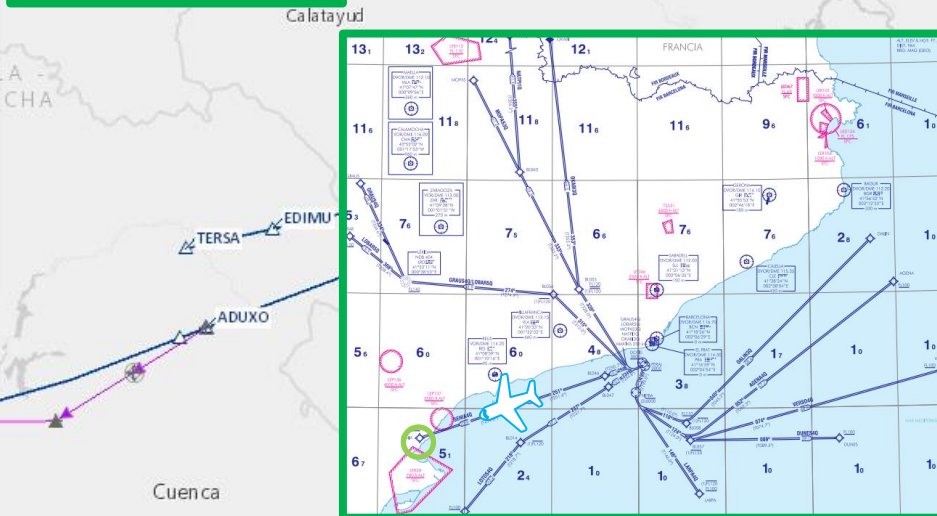
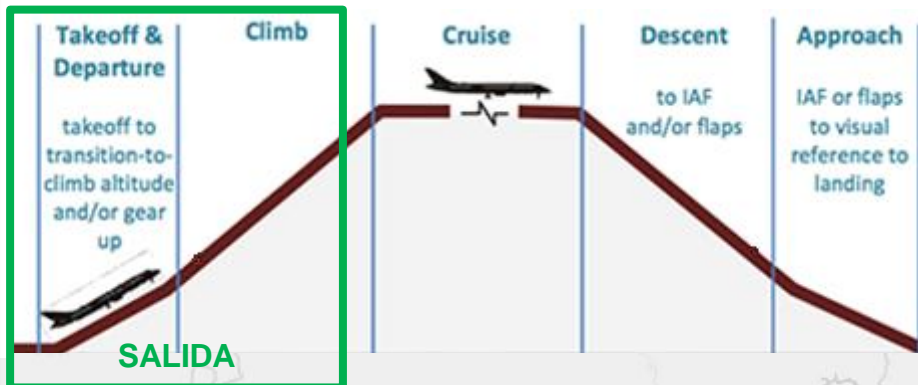
- Salidas RNP (en curso).



# BARCELONA (BCN) → MADRID (MAD)



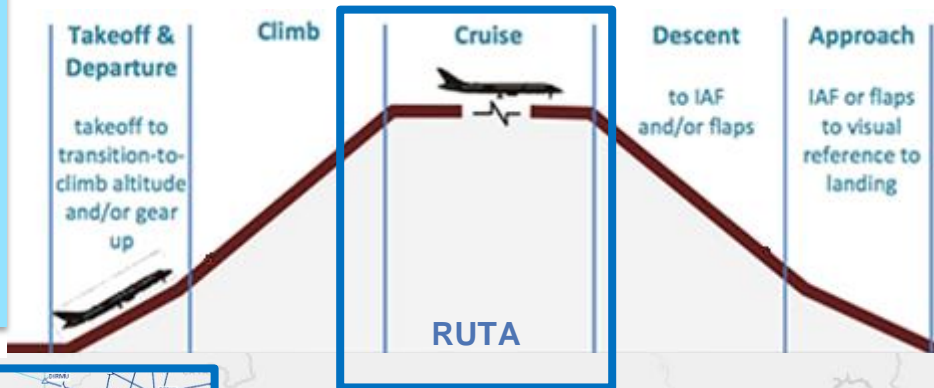
Trust, from space to cockpit, for one clever sky.



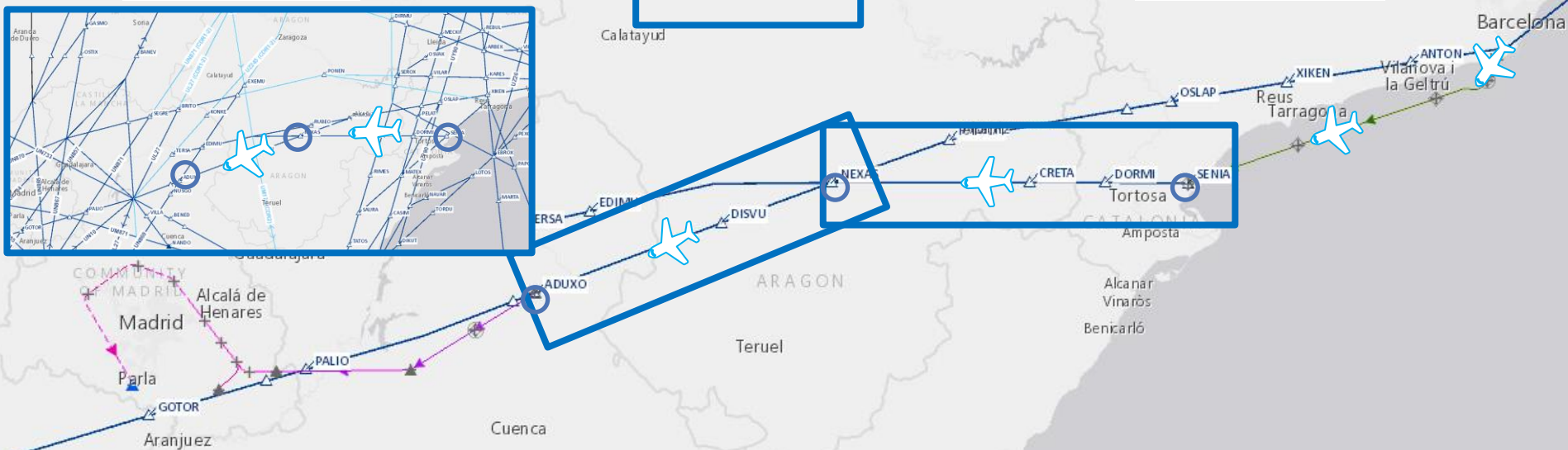
## Rutas publicadas en España:

- Sólo se publican rutas RNAV (no basadas en ayudas radioeléctricas).
- TODAS las aeronaves deberán tener capacidad RNAV para la fase en ruta.
- Las aeronaves no equipadas deberán coordinarse con el ATC.

# BARCELONA (BCN) → MADRID (MAD)

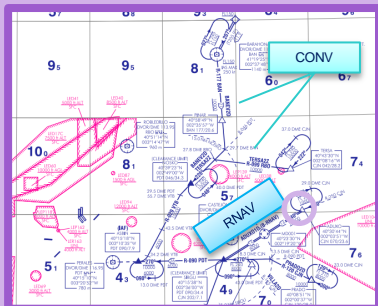


Trust, from space to cockpit, for one clever sky.



## Llegadas publicadas en Madrid:

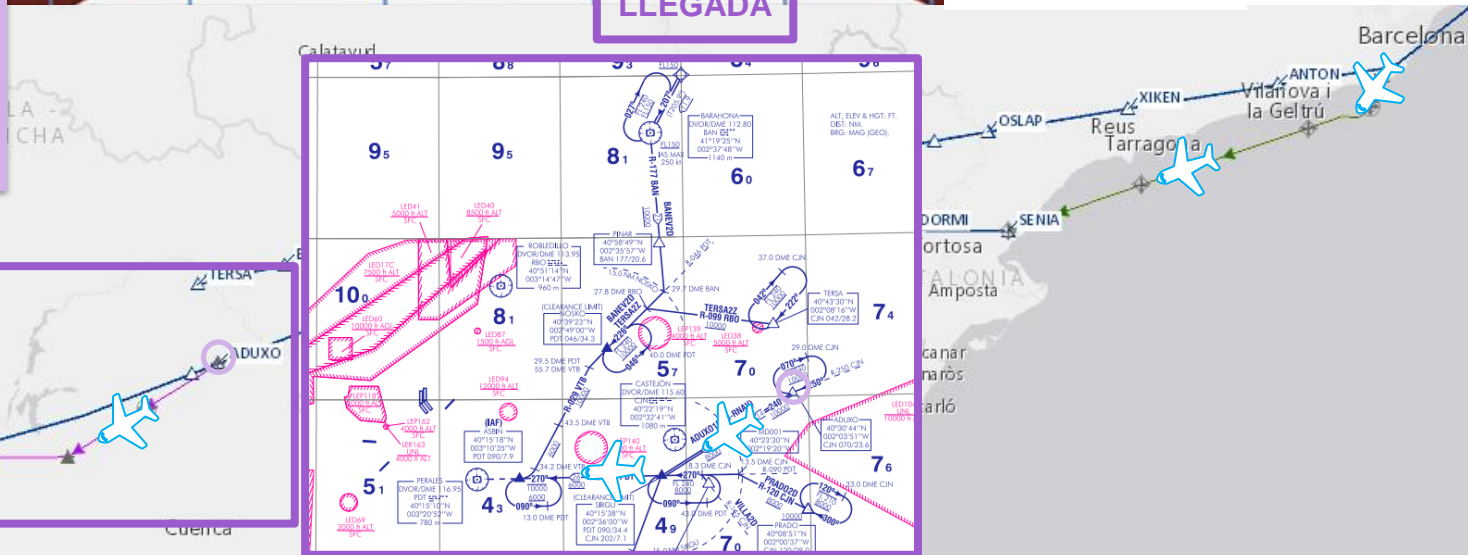
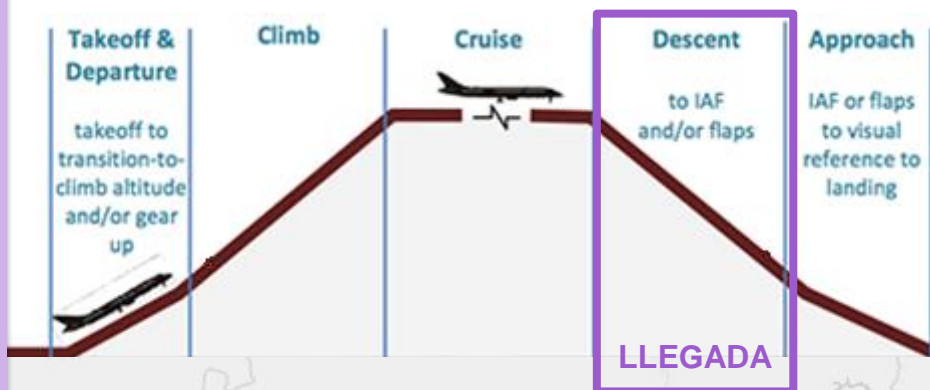
- Las Llegadas convencionales y RNAV están publicadas en la misma carta aeronáutica.
- Las Llegadas RNAV sólo pueden ser voladas por aviones RNAV.



- Llegadas RNP (en curso).

# BARCELONA (BCN) → MADRID (MAD)

Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

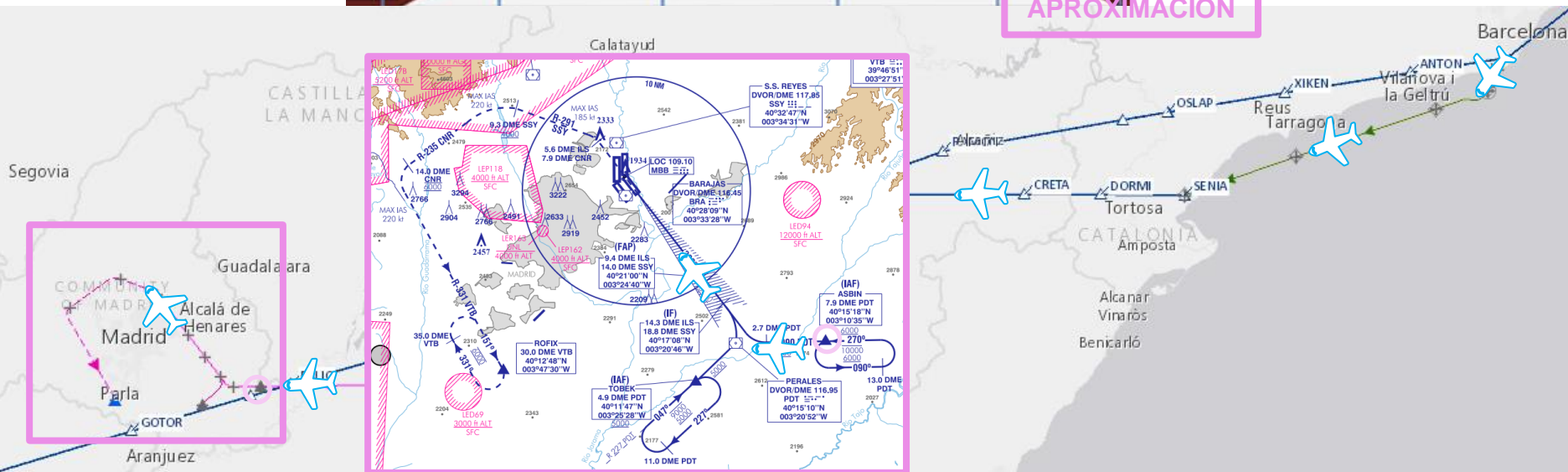
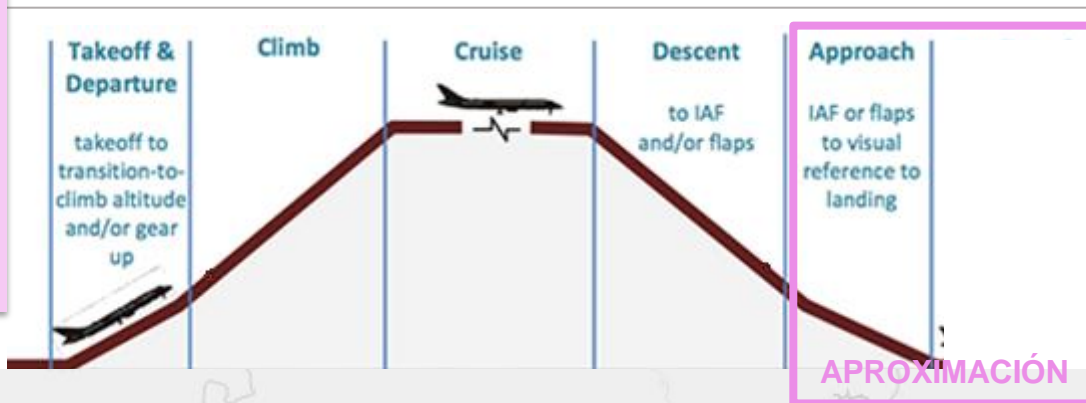


# BARCELONA (BCN) → MADRID (MAD)

Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

## Aproximaciones publicadas en Madrid:

- En el aeropuerto de Madrid sólo están disponibles las aproximaciones convencionales (basadas basadas en radioayudas terretres).
- RNP (en curso).







# 4. CONCLUSIONES



Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

# CONCLUSIONES

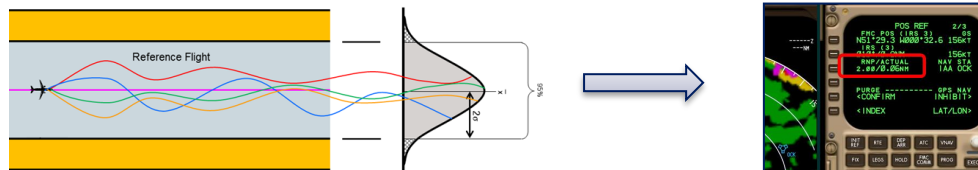


Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.

- Los IFPs se definen para las distintas fases del vuelo: SALIDA, EN RUTA, LLEGADA o APROXIMACIÓN.

- Los IFP son necesarios para garantizar una protección específica contra obstáculos, un flujo ordenado del tráfico aéreo y la separación entre aeronaves.

- Todos los IFPs tienen áreas de protección.



- El proceso FPD está estandarizado a nivel internacional OACI.
- Iniciativas Internacionales y Europeas en curso para apoyar los sistemas comerciales de aeronaves no tripuladas (UAS) → Aún no se dispone de estándar ni requisitos concretos.
- A partir de Enero de 2022, los IFP sólo podrán ser diseñados por organizaciones certificadas (Reglamento UE).

**José Manuel Álvarez**  
**Service Development Manager**

[Jose-Manuel.Alvarez@essp-sas.eu](mailto:Jose-Manuel.Alvarez@essp-sas.eu)

**Manuel Santos**  
**Aviation Consultancy Expert**

[Manuel.Santos@essp-sas.eu](mailto:Manuel.Santos@essp-sas.eu)



**Trust, from space to cockpit,  
for one clever sky.**



[www.essp-sas.eu](http://www.essp-sas.eu)

**Carlos Daroca**  
**Multimodal Service Development Expert**

[Carlos.Daroca@essp-sas.eu](mailto:Carlos.Daroca@essp-sas.eu)

**José María Lorenzo**  
**Aviation Development Expert**

[Jose-Maria.Lorenzo@essp-sas.eu](mailto:Jose-Maria.Lorenzo@essp-sas.eu)