

BADA

ICAO/EUROCONTROL
Taller BADA

indra



Date: 03/08/2023

Índice

Sistemas Indra	1
Introducción	2
BADA	3
Investigación SESAR PJ18 TP	4

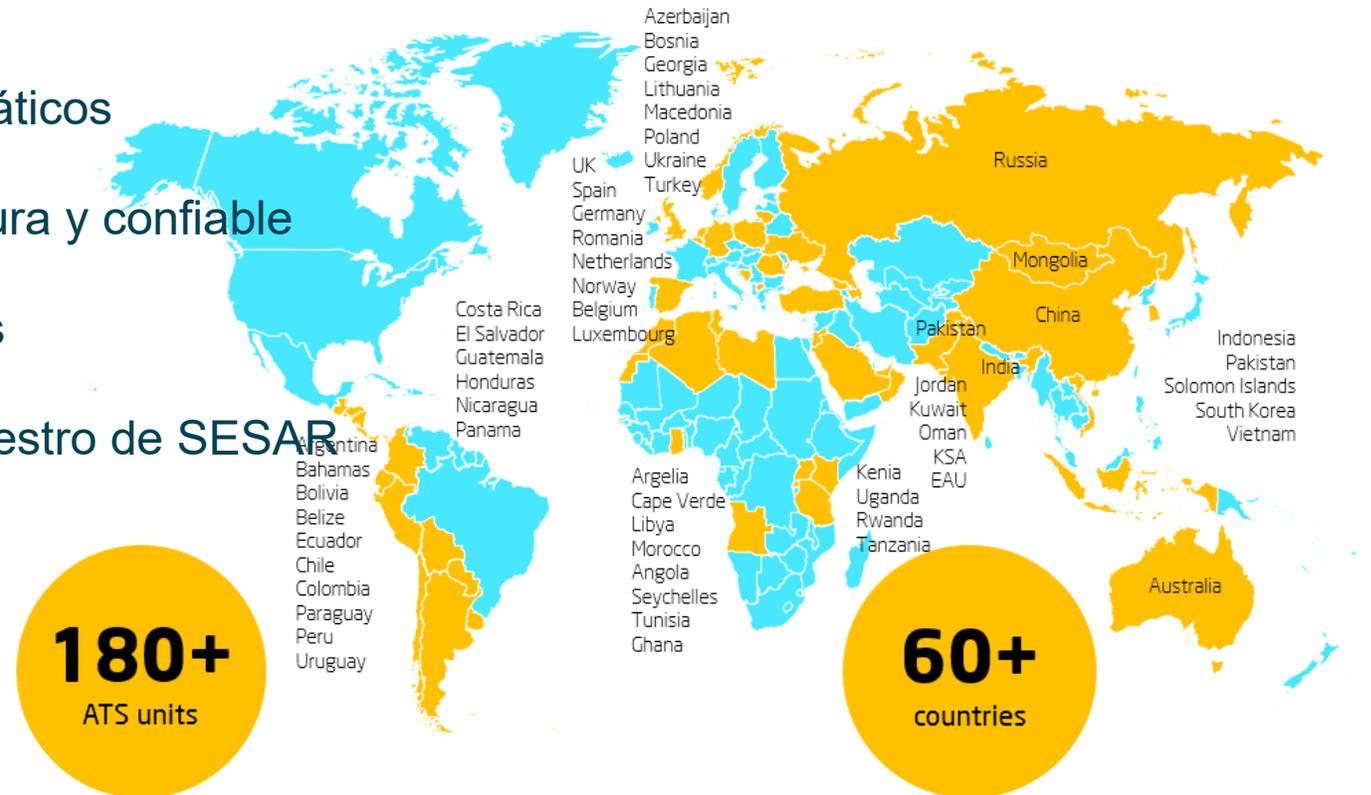
Sistemas Indra

indra

1

Introducción

- Automatización líder para cajeros automáticos
- Última solución de Indra: avanzada, segura y confiable
- Las funcionalidades ATC más avanzadas
- Evolución continua siguiendo el Plan Maestro de SESAR
- Arquitectura flexible y modular
- Gráficos optimizados y HMI
- Contingencia y redundancia



iTEC SkyNex

Maastrich Upper Airspace Centre (MUAC) ATM system (2008). Air Navigation Service Provider (ANSP): Eurocontrol.

Prestwick Centre Upper Airspace (PCUA) ATM system (2016). ANSP: National Air Traffic Services Holdings (NATS). Country: United Kingdom.

Karlsruhe Upper Airspace Centre (KUAC) ATM system (2017). ANSP: Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS). Country: Germany.

Romania ATM system (2019). ANSP: Romanian Air Traffic Services Administration (ROMATSA). Country: Romania.

Vilna ATM system (2021). ANSP: Oro Navigacija (ON). Country: Lithuania.

Munich ATM system (2023). ANSP: Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS). Country: Germany.



Canary Islands



ENAIRe NATS



AVINOR

PANSA



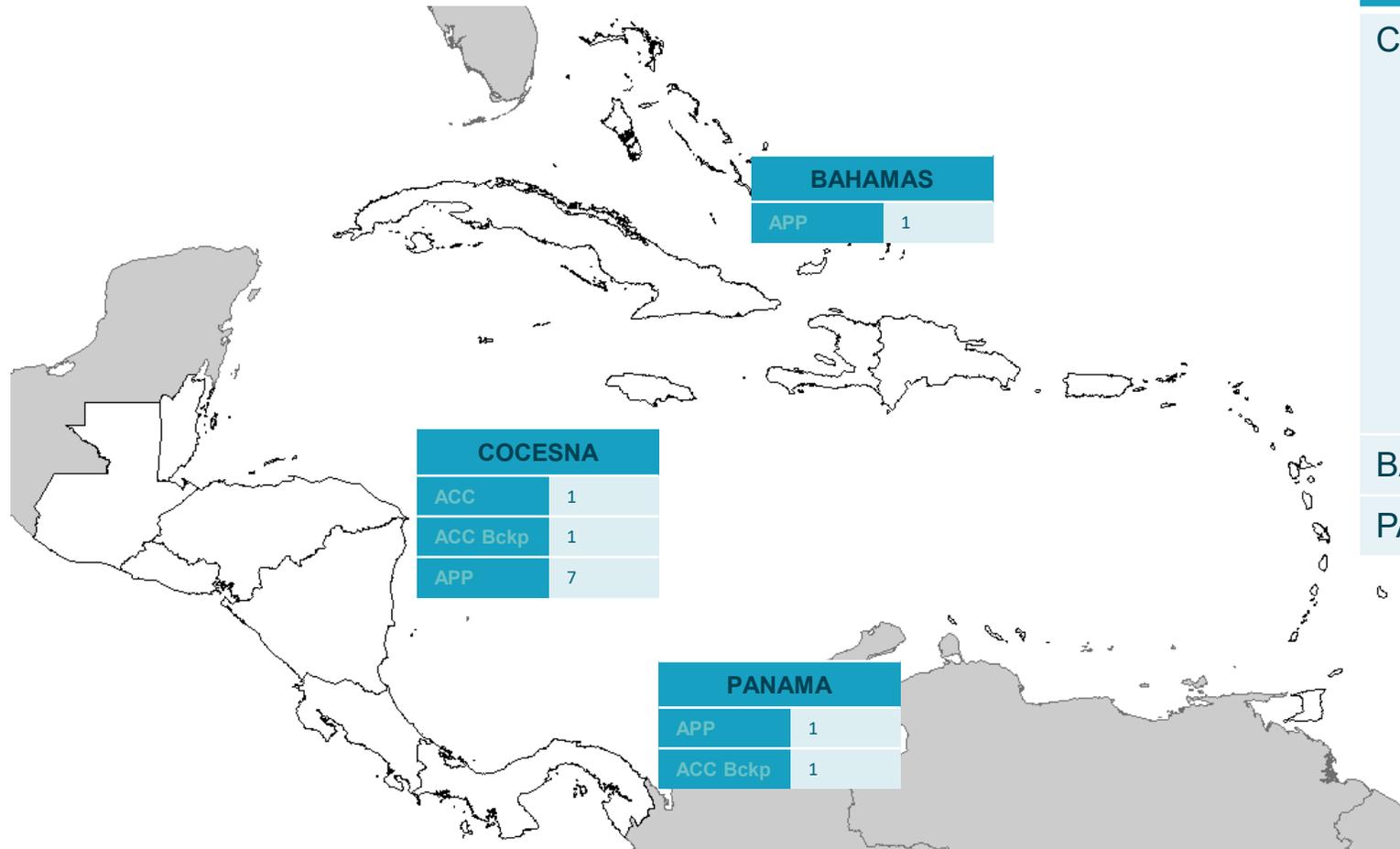
+

NAV
CANADA

evaluation period

Sistemas de automatización

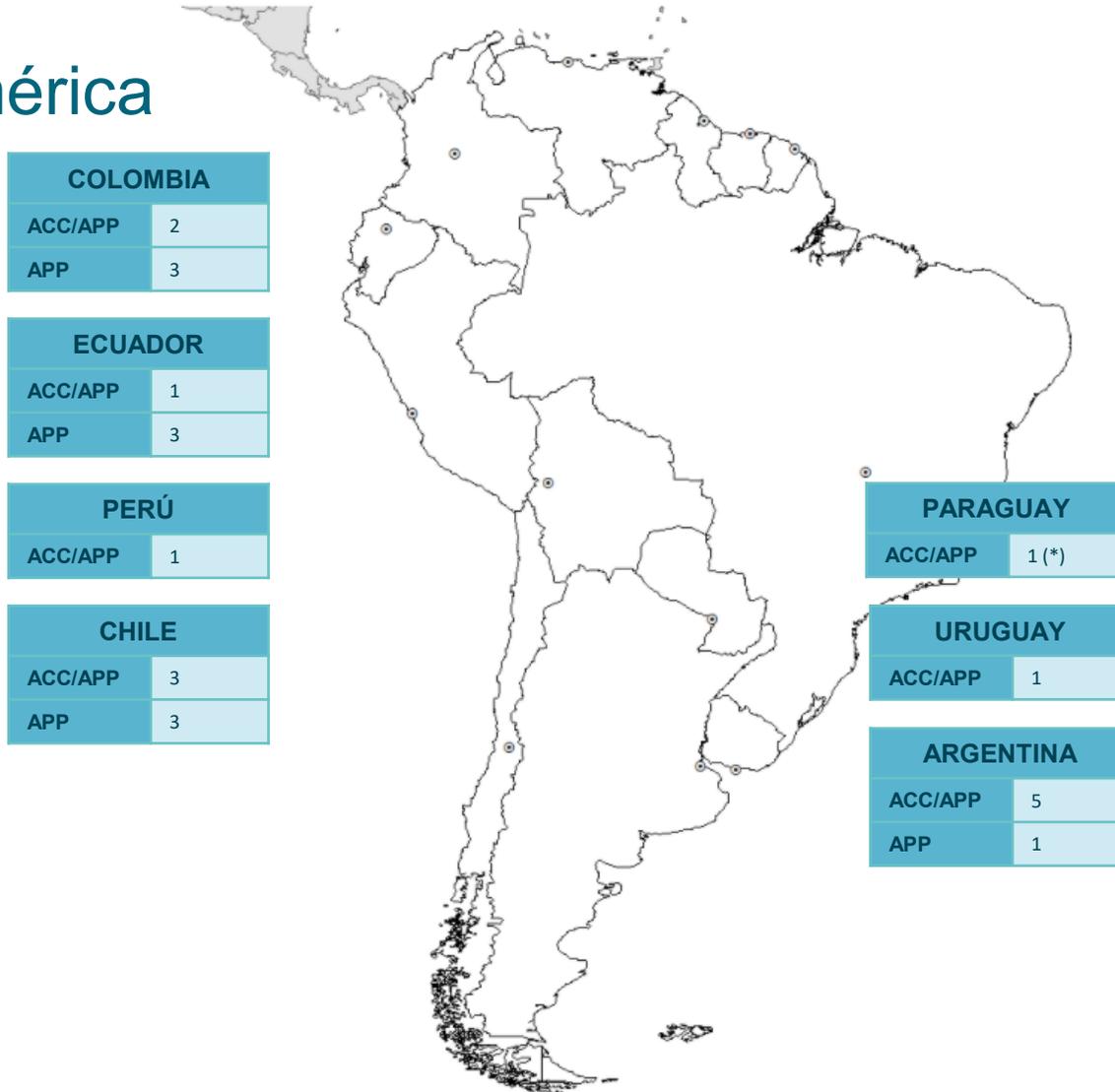
Centroamérica y Caribe (CAR)



PAÍS	SITIO	TIPO	
COCESNA	Honduras	Tegucigalpa	ACC
	El Salvador	Ilopango	ACC
	El Salvador	Comalapa	APP
	Nicaragua	Managua	APP
	Guatemala	Guatemala	APP
	Guatemala	Mundo maya	APP
	Honduras	San Pedro Sula	APP
	Belice	Belice	APP
	Costa Rica	San José	APP
BAHAMAS	Nassau	APP	
PANAMA	Panamá	APP	

Sistemas de automatización

Sudamérica



PAÍS	SITIO	TIPO
COLOMBIA	Bogota	ACC/APP
	Barranquilla	ACC/APP
	Río Negro	APP
	Cali	APP
	Villavicencio	APP
ECUADOR	Guayaquil	ACC/APP
	Quito	APP
	Manta	APP
	Shell	APP
PERÚ	Lima (1)	ACC/APP
ARGENTINA	Ezeiza	ACC/APP
	Aeroparque	APP
	Córdoba	ACC/APP
	Mendoza	ACC/APP
	Resistencia Comodoro	ACC/APP
CHILE	Iquique	ACC/APP
	Antofagasta	APP
	Concepción	APP
	Temuco	APP
	Puerto Montt	ACC/APP
	Punta Arenas	ACC/APP
URUGUAY	Carrasco	ACC/APP
PARAGUAY	Asunción	ACC/APP

Introducción

indra

2

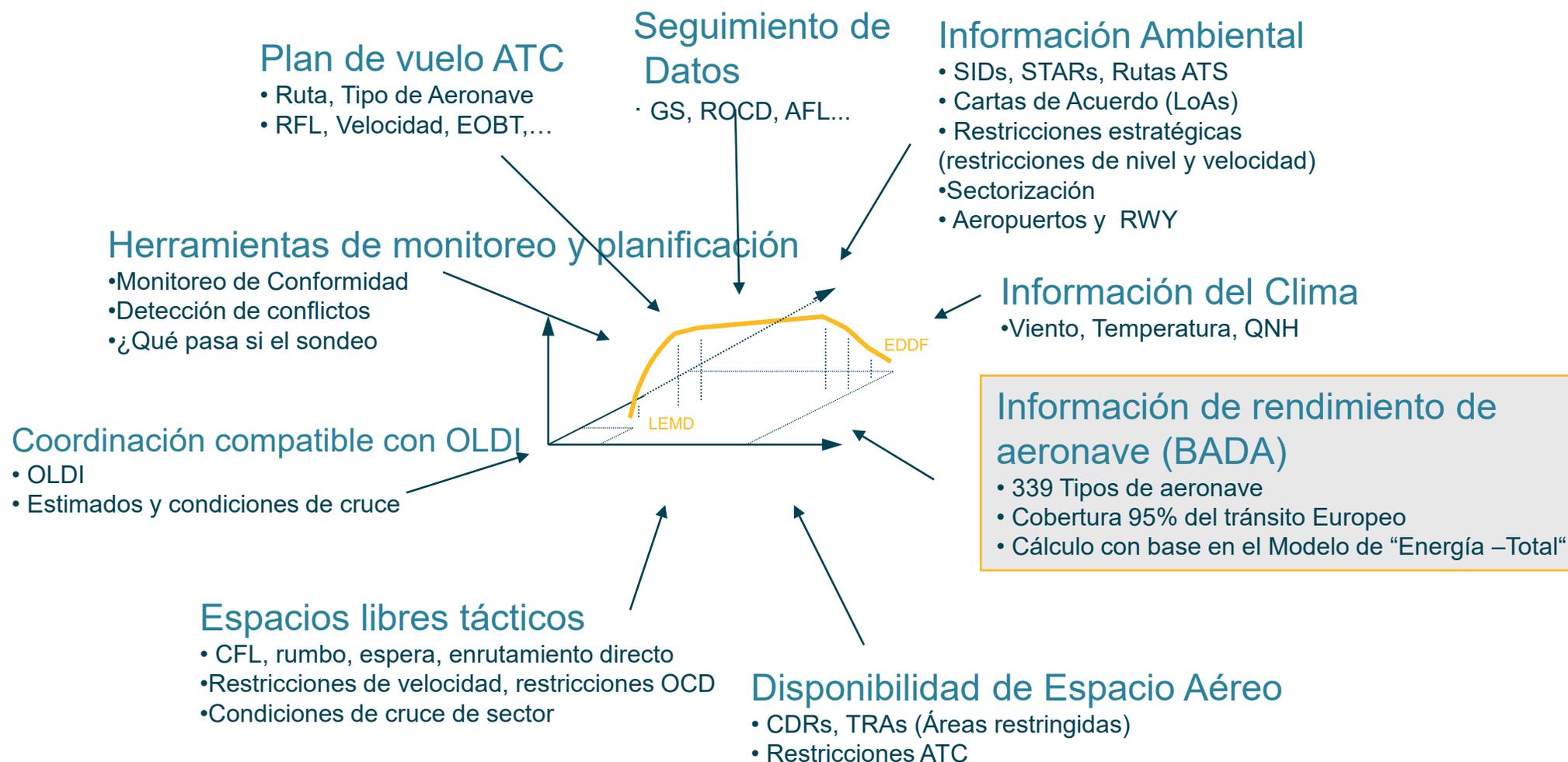
Introducción

Importancia de la predicción precisa de la trayectoria de las aeronaves para los sistemas ATM

- El Modelo de Rendimiento de Aeronave (APM) es el núcleo de la predicción de trayectorias, y BADA ha demostrado ser un APM adecuado tanto para la predicción como para la simulación.
- El sistema iTEC, iniciado por el proyecto VAFORIT para DFS en 1999, se basa en BADA para calcular trayectorias en cuatro dimensiones (4D).
- Los beneficios de la predicción precisa de la trayectoria incluyen puntualidad mejorada, eficiencia, emisiones reducidas y costos operativos más bajos.
- Las trayectorias se calculan sobre la base de planes de vuelo, datos meteorológicos, rendimiento de la aeronave y procedimientos ATC.

Introducción

Entradas para una Predicción de Trayectoria



Introducción

Factores que afectan la precisión del cálculo de la trayectoria planificada

- Incertidumbre en las maniobras planificadas: las instrucciones y autorizaciones tácticas pueden afectar las maniobras planificadas, lo que genera imprecisiones en las predicciones de trayectoria.
- Suposiciones basadas en modelos: la predicción de la trayectoria se basa en modelos (p. ej., clima, rendimiento de la aeronave) en lugar de datos de vuelo individuales.
- Falta de disponibilidad de las preferencias y criterios del operador: los datos específicos del operador y los criterios de optimización a menudo no están disponibles a menos que se intercambien a través de comunicación por radio.
- Mejoras importantes con datos de operadores de aeronaves y FMS: la utilización de datos de operadores de aeronaves y sistemas de gestión de vuelo (FMS) puede mejorar la precisión de la trayectoria.
- Fuentes de datos para la función de predicción de trayectoria (TP): actualizaciones de SFPL, LOA, modelos de datos de rendimiento de aeronaves, disponibilidad de espacio aéreo, datos meteorológicos y datos de seguimiento.

BADA

indra

3

BADA

¿Qué es BADA?

“Especificaciones del modelo teórico y conjuntos de datos específicos relacionados para estimular con precisión el comportamiento de cualquier aeronave”

En la práctica,
BADA se compone de:

Manual de Usuario BADA

Incluye un conjunto de fórmulas matemáticas para:

- Física de la atmósfera
- Física del vuelo

Las fórmulas del vuelo dependen de muchos parámetros de adaptación.

También incluye algunas orientaciones y recomendaciones sobre las maniobras de pilotaje más comunes.

Archivos BADA

Archivos OPF, brindan:

- Parámetros de adaptación específicos de A/C para las fórmulas
- Sobre de vuelo y descripción física específicos del A/C

Archivos APF: Solo proporcionan un programa de velocidad A/C específico.

Archivo GPF: Brinda parámetros para maniobras comunes de pilotaje
Ej. No específico de la aeronave)

BADA

Ejemplo de lo que implica BADA: fase de ascenso

Supongamos que queremos construir una trayectoria de ascenso, desde las condiciones reales hasta la RFL (objetivo obligatorio)

¿Qué proporciona BADA? ¿Y qué no?

BADA le proporciona cuál es la fuerza de empuje máxima que los motores pueden producir
BADA también proporciona una fórmula para calcular el consumo de combustible con base en el empuje.
BADA recomienda moderar las trayectorias de elevación con el máximo empuje.

BADA NO fuerza el uso de Empuje Máximo. Puedes usar los inferiores!

BADA le proporciona fuerza de arrastre en una configuración limpia, dependiendo de la masa, la velocidad y el MET

BADA también proporciona la masa mínima y máxima para cada tipo de A/C

BADA recomienda una configuración limpia por encima de cierta velocidad.

BADA NO obliga a configurar una masa en particular, ni a volar en una configuración limpia

BADA proporciona fórmulas para calcular la tasa de ascenso para un empuje y arrastre dados, asumiendo un ascenso operativo constante IAS o Mach
BADA también proporciona fórmulas para aquellos casos en los que la velocidad no es constante

BADA recomienda calcular trayectorias donde la velocidad es la programada

BADA NO obliga a usar esa velocidad programada, ¡ni siquiera a volar a velocidad constante!

BADA

En Resumen

BADA Brinda una descripción física A/C y entorno operativo.

BADA Brinda formulas que modelan las consecuencias físicas de cualquier maniobra

BADA Recomienda determinadas maniobras, siendo éstas las más habituales

BADA NO fuerza el establecimiento de ninguna maniobra en particular

SESAR PJ18 TP

Investigación

4

SESAR PJ18 TP Investigación

Vista del Programa

Dentro del marco del programa SESAR, se han llevado a cabo varios proyectos y sus soluciones de investigación asociadas para mejorar aún más los sistemas ATM.

Dentro de PJ18, en SESAR2020 Waves 1 y 2, se ha puesto un gran enfoque en el uso de la nueva información ADS-C descargada de la aeronave (informes de perfil proyectado extendido y cronograma de velocidad) con el fin de capturar mejor en tierra las Trayectorias Planificadas que los Usuarios del Espacio Aéreo intentan, y así permitir una visión común de la trayectoria de Vuelo entre las partes interesadas.

También hay otras mejoras adicionales en el TP que no están directamente vinculadas con el uso de ADSC, así como mejoras adicionales de CPDLC.

Este trabajo continuará en SESAR3 dentro del proyecto ATC-TBO, actualmente en sus pasos iniciales.

SESAR PJ18 TP Investigación

Vista de alto nivel sobre las mejoras.

¿Cual de las entradas TP ha sido Mejorada?

CONDICIONES ACTUALES

Posición 4D
Velocidades
Guiño/cabeceo/balaceo ...
...and masa!



OBJETIVOS OBLIGATORIOS

Ruta Expandida
Restricciones
Liquidaciones actuales



PRONÓSTICO DEL TIEMPO

Viento
Temperatura
Presión
Densidad



PREFERENCIAS AU

Horario de velocidad
Maniobras de giro
Política de ajuste de empu
Política de ajuste de flaps
maniobras CDA



MODELO DE RENDIMIENTO

Potencia del motor
El consumo de combustible
Resistencia aerodinámica
Elevación



SESAR: Mejoras TP

Vista de alto nivel sobre las mejoras.

Entrada TP	PJ18 Wave 1	PJ18 Wave 2
Condiciones Actuales	Usando la masa EPP	Velocidad inicial de vigilancia
Preferencias AU	Using ADS-C speeds (Scheduled & Predicted Speed) plus surveillance stable speed	Maniobras de recuperación por debajo/por encima
Pronóstico del tiempo	---	Previsión meteorológica inmediata de información de viento y uso de la misma. Mejoras en la resolución GRIB.
Model de Rendimiento	---	Coeficiente para ajustar rendimiento comparando EPP y BADA

SESAR: Condiciones Actuales

Masa y Velocidad

Mejorando Masa

Masa actual recibida a través del informe ADS-C EPP.

Pruebas simples para garantizar que la masa se encuentre dentro de límites razonables (superior/inferior al mínimo/máximo).

No se usa inmediatamente. Almacenado para uso futuro, teniendo en cuenta el algoritmo de consumo masivo.

(LA RECEPCIÓN DE EPP NO ACTIVA EL RECÁLCULO DE LA TRAYECTORIA)

Mejorando Velocidad

Tomando TAS real como velocidad inicial (desde Modo-S)

Antes, TP usaba la velocidad BADA predeterminada y no la velocidad real.

BADA es un modelo de energía total. Una velocidad inicial correcta es crítica para estimar una energía cinética inicial apropiada.

No usarlo significa errores de predicción a corto plazo en el modelo BADA.

SESAR: Preferencias de AU

Velocidades preferidas

Las velocidades de TP se mejoran de la siguiente manera:

- El programa de velocidad ADS-C (calculado según el índice de costos de FMS) reemplaza el programa de velocidad BADA de los archivos APF para el vuelo en cuestión.
- Las velocidades pronosticadas de ADS-C EPP en los puntos de crucero se establecen como objetivos para los puntos terrestres con el mismo nombre.
- Se analiza la estabilidad de las velocidades IAS/MACH en Modo S (Siguiendo diapositiva).
 - Esta es una especie de mejora con respecto al monitoreo de ETO heredado, que solo podía propagarse en segmentos rectos y nivelados. Se están definiendo mejoras adicionales sobre cómo se debe realizar la extrapolación para alcanzar la funcionalidad final.

SESAR: Preferencias AU

Velocidades Preferidas

El CMON/FPM monitorea la estabilidad de las velocidades IAS y MACH de las pistas de Modo-S recibidas. Cuando IAS y/o MACH son estables, se comparan con la velocidad de la trayectoria. Si es diferente, se envía la velocidad estable al TP.

Cuando TP recibe el evento

- En caso de que tanto IAS como MACH fueran estables, selecciona el apropiado (elección razonable).
- Vuelve a calcular la trayectoria asumiendo que la velocidad estable se mantendrá hasta :
 - El final de la fase actual (ascenso/crucero/descenso)
 - La altitud de cruce (si la hay)
 - La próxima restricción de velocidad (si la hay)

Esta es la misma lógica de "punto de desección" que hace el FMS cuando se establece una velocidad seleccionada en la FCU (y por lo tanto, se refleja en la trayectoria del EPP).

La velocidad estable también se registrará y utilizará en futuros cálculos de trayectoria, siempre que la aeronave siga en la misma fase (ascenso/crucero/descenso)

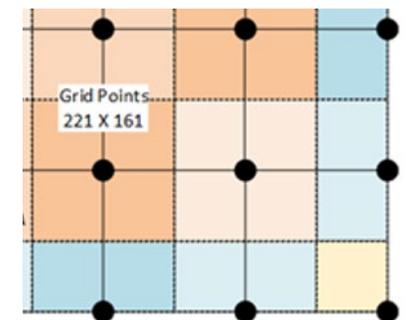
SESAR: Pronóstico del tiempo

Resolución de cuadrícula MET mejorada

DFS quería mejorar la resolución de los datos MET recibidos de su proveedor MET DWD, en comparación con el sistema operativo iCAS.

- Resolución horizontal: hasta 161 celdas en latitud, 221 en longitud.
 - Esto da una resolución para DFS AOI de 0.0625° , alrededor de 3.6NM.
- Resolución vertical: hasta 20 niveles, escalable para admitir más en el futuro.
- Resolución de tiempo: Pasos de tiempo de 1 hora dentro del mismo pronóstico.
- Periodicidad: podemos recibir 1 pronóstico nuevo cada hora.

Además, se cambió la lógica del centro de los pasos, tanto en 2D como en el tiempo..



SESAR: Pronóstico del tiempo

Modelo de pronóstico inmediato

Objetivos:

- Para deducir, de cada pista Modo-S, información de viento y temperatura en la posición de la pista
- Para transmitir datos meteorológicos basados en todos los datos individuales de viento y temperatura del Modo-S.
- Para aplicar este modelo meteorológico de predicción inmediata en cálculos de trayectoria planificada

Estos se probaron con un prototipo inicial en el que se llenó un GRIB "vacío" con los datos del Modo-S.

Para la continuación en SESAR3, se desarrollará un prototipo donde la información de Modo-S se fusione correctamente con un GRIB recibido previamente.

Para el análisis teórico e implementación del algoritmo se espera una colaboración con la UPM (Universidad Politécnica de Madrid).

SESAR: Modelo de Rendimiento

Coeficientes de Rendimiento

El modelo físico BADA (Empuje y arrastre) no puede ser perfecto ya que carece de cierta información. Las imprecisiones se derivan de:

- Mismas fórmulas de regresión poligonal para todos los tipos de A/C.
 - Lo suficientemente agradable para todos los tipos de A/C, pero no optimizado para ninguno de ellos
- Desconocer el motor específico para un vuelo dado.
- Desconocer la política de reducción de calificación de AU en el empuje para este vuelo específico.
- Desconocer de las actividades de mantenimiento en la aeronave.



ajustes

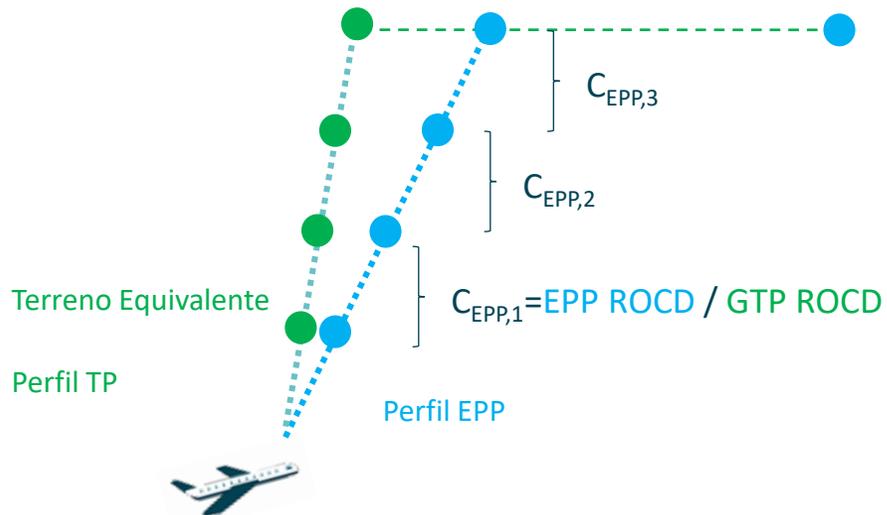
ADS-C

SESAR: Modelo de Rendimiento

Coeficientes de Rendimiento

El FMS implementa un modelo de rendimiento detallado, con información adicional y ajustado para el tipo de A/C, la versión y el motor específicos, y también está al tanto de las actividades de mantenimiento y la política de inactividad y reducción de potencia específica del vuelo.

Por lo tanto, nuestro FDP compara el perfil EPP con un perfil BADA equivalente, cálculo y matriz de "coeficientes de calibración". Esto permite ajustar el modelo de rendimiento ajustando los ROCD de cualquier cálculo de TP posterior.



$$ROCD = C_{EPP} * \frac{T - \Delta T}{T} * \frac{(Thr_{max_climb} - D) * V_{TAS}}{mg_o} * ESF$$

indra
At the core