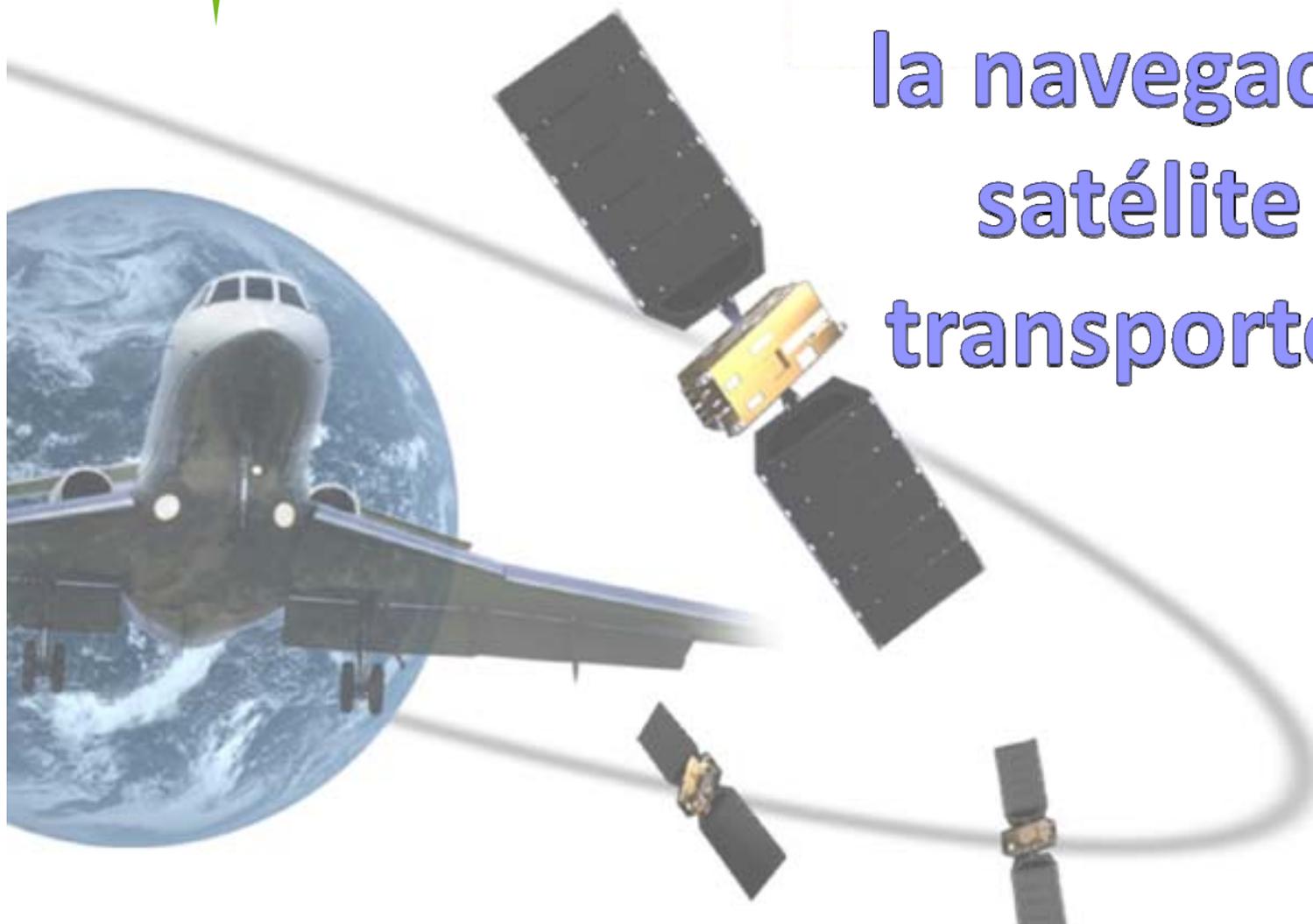


Aena



El clima espacial y la navegación por satélite en el transporte aéreo



Jornada Técnica sobre Clima Espacial
23 de marzo de 2011

Dirección de Navegación Aérea de Aena
Aitor Álvarez Rodríguez



Índice de contenidos

1. Transición hacia la Navegación por Satélite
2. Sistemas GNSS
 - I. Sistemas de Aumentación
 - a) SBAS (EGNOS Europeo)
 - b) GBAS
3. GBAS y las tormentas ionosféricas
 - I. Metodología
 - II. Datos
 - III. Conclusiones
4. Actividades previstas EUROCONTROL



Índice de contenidos

1. **Transición hacia la Navegación por Satélite**
2. Sistemas GNSS
 - I. Sistemas de Aumentación
 - a) SBAS (EGNOS Europeo)
 - b) GBAS
3. GBAS y las tormentas ionosféricas
 - I. Metodología
 - II. Datos
 - III. Conclusiones
4. Actividades previstas EUROCONTROL



1.- Transición hacia GNSS

Las estrategias de

- **OACI** (Organización de Aviación Civil Internacional) y
- **Eurocontrol** (Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea)

apoyan la transición hacia sistemas de navegación satelitales

Los planes Europeos, “**European ATM Master Plan**” y “**SESAR Master Plan**” reconocen que los sistemas de navegación primarios serán los sistemas satelitales, manteniendo siempre una red de radioayudas terrestres que sirvan de apoyo en caso de contingencia.

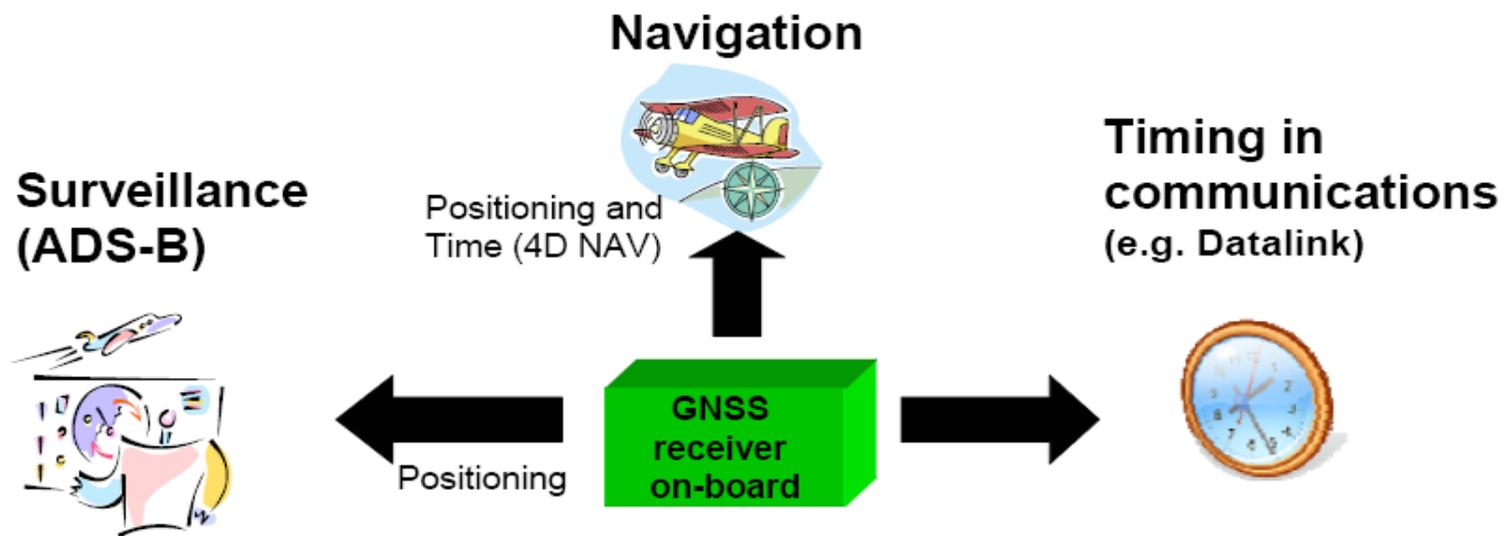
European ATM Master Plan → elemento fundamental para la implementación del Cielo Único Europeo

SESAR → Single European Sky ATM Research, pilar tecnológico del Cielo Único Europeo.



1.- Transición hacia GNSS

El Plan de Navegación Aérea Global de OACI para los sistemas CNS/ATM reconoce **GNSS como un elemento clave** para los sistemas de Comunicaciones, Navegación, Vigilancia y Gestión del Tráfico Aéreo y los cimientos sobre los cuales los Estados puedan suministrar servicios de navegación aeronáuticos mejorados.





Índice de contenidos

1. Transición hacia la Navegación por Satélite
- 2. Sistemas GNSS**
 - I. Sistemas de Aumentación
 - a) SBAS (EGNOS Europeo)
 - b) GBAS
3. GBAS y las tormentas ionosféricas
 - I. Metodología
 - II. Datos
 - III. Conclusiones
4. Actividades previstas EUROCONTROL



2.- Sistemas GNSS

Constelaciones básicas globales

A día de hoy:

- GPS → **G**lobal **P**ositioning **S**ystem
- GLONASS → **G**LObal **N**avigation **S**atellite **S**ystem

Futuro:

- Galileo (Europa)
- COMPASS (China)
- GINS (India)

Y sus aumentaciones

- ABAS → **A**ircraft-**B**ased **A**ugmentation **S**ystem (**Cobertura global**)
- SBAS → **S**atellite-**B**ased **A**ugmentation **S**ystem (**Cobertura regional**)
- GBAS → **G**round-**B**ased **A**ugmentation **S**ystem (**Cobertura local**)



Índice de contenidos

1. Transición hacia la Navegación por Satélite
2. Sistemas GNSS
 - I. Sistemas de Aumentación**
 - a) SBAS (EGNOS Europeo)
 - b) GBAS
3. GBAS y las tormentas ionosféricas
 - I. Metodología
 - II. Datos
 - III. Conclusiones
4. Actividades previstas EUROCONTROL



2.- Sistemas GNSS: Aumentaciones

- **Ni GPS ni GLONASS cumplen por sí solas** los requisitos aeronáuticos (principalmente integridad, continuidad y disponibilidad) para operaciones en todas las fases de vuelo.
- Las constelaciones básicas necesitan de **“aumentaciones”**.
 - **ABAS** se basa en **algoritmos de aviónica o integración de sensores embarcados**.
 - **SBAS** y **GBAS** usan **estaciones terrestres de monitorización** para verificar la validez de las señales de los satélites y calcular correcciones que mejoren las prestaciones de los sistemas GNSS.

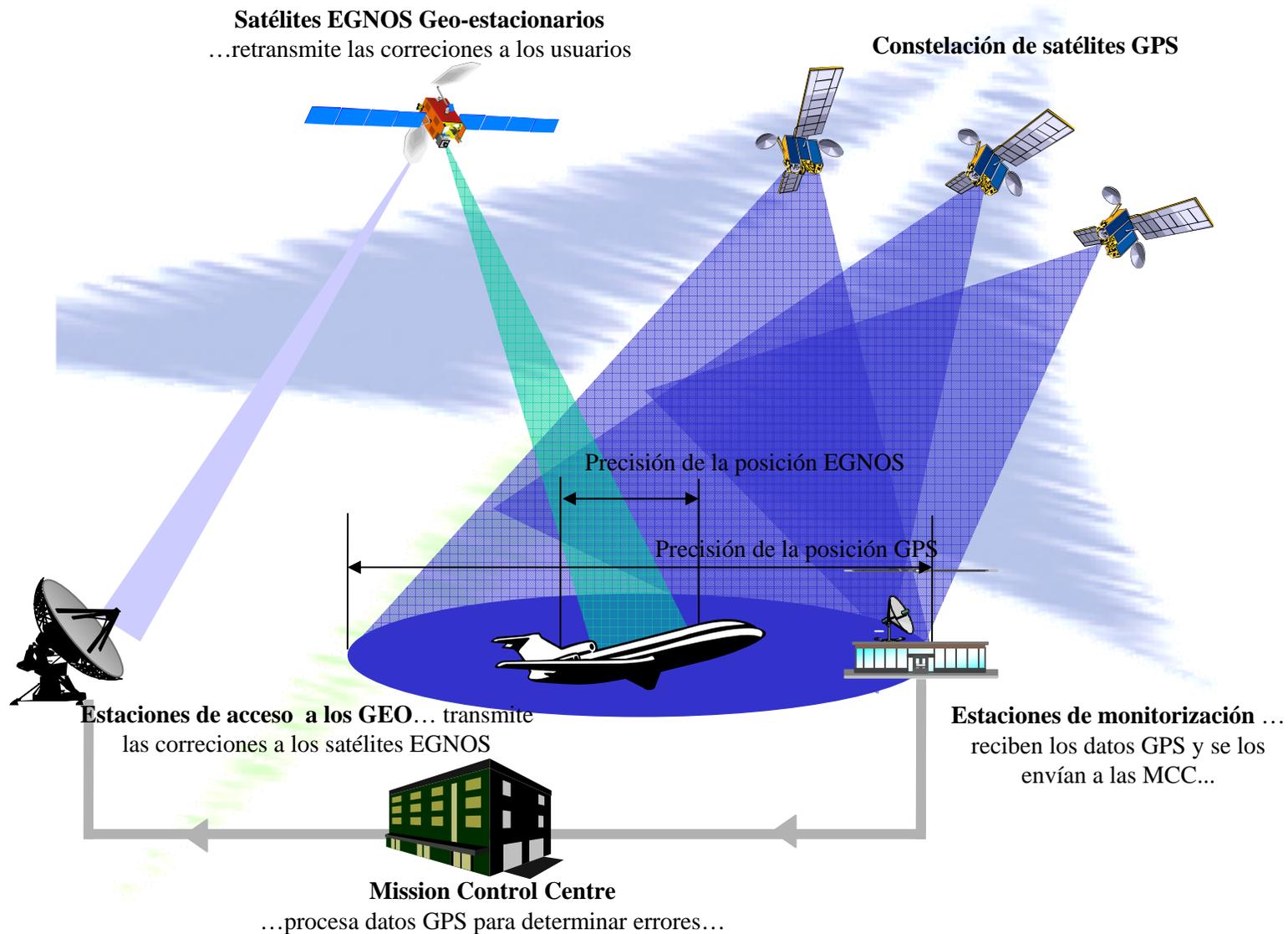


Índice de contenidos

1. Transición hacia la Navegación por Satélite
2. **Sistemas GNSS**
 - I. **Sistemas de Aumentación**
 - a) **SBAS (EGNOS Europeo)**
 - b) GBAS
3. GBAS y las tormentas ionosféricas
 - I. Metodología
 - II. Datos
 - III. Conclusiones
4. Actividades previstas EUROCONTROL



2.- Sistemas GNSS: SBAS



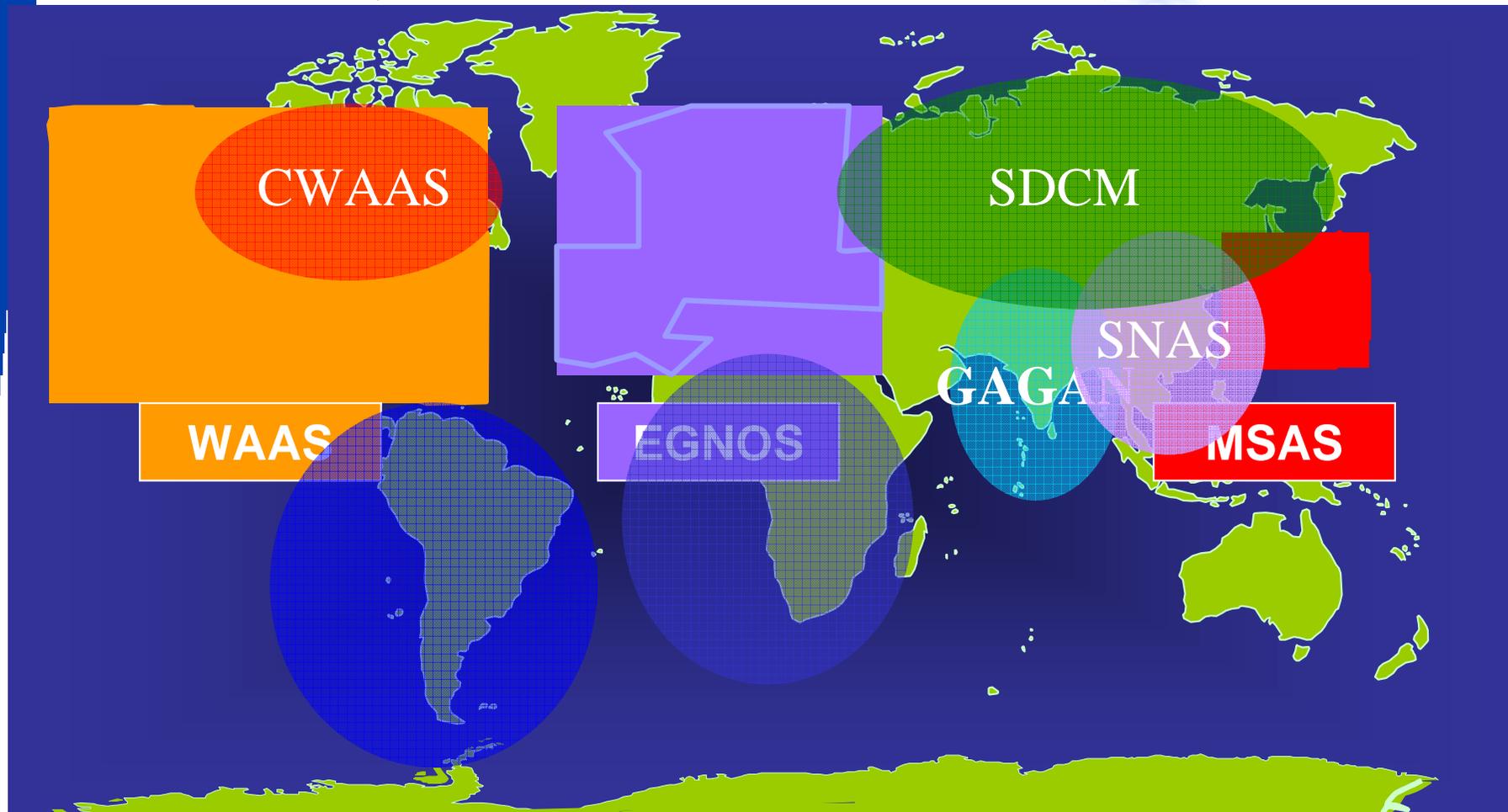


2.- Sistemas GNSS: SBAS





2.- Sistemas GNSS: SBAS



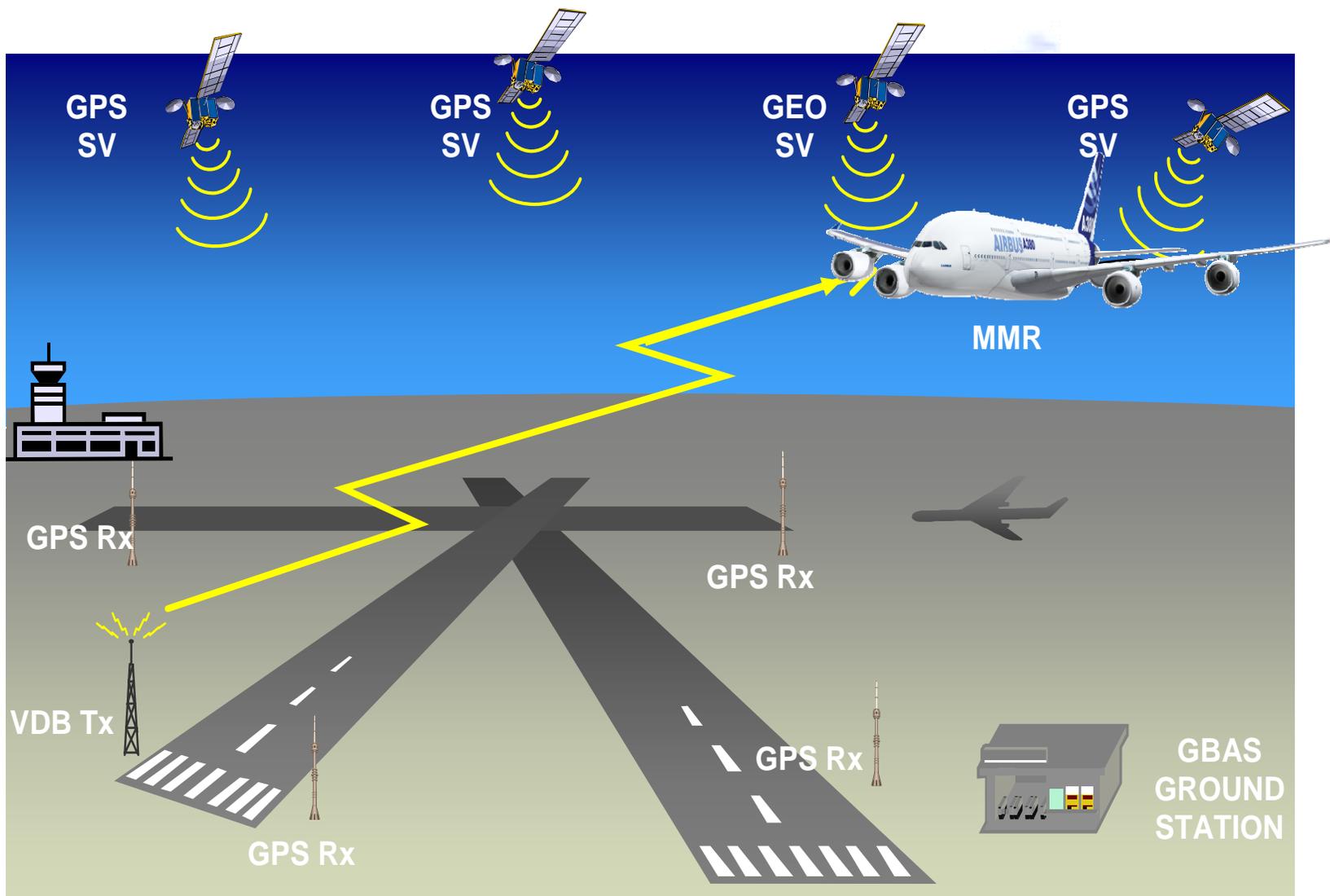


Índice de contenidos

1. Transición hacia la Navegación por Satélite
2. **Sistemas GNSS**
 - I. **Sistemas de Aumentación**
 - a) SBAS (EGNOS Europeo)
 - b) **GBAS**
3. GBAS y las tormentas ionosféricas
 - I. Metodología
 - II. Datos
 - III. Conclusiones
4. Actividades previstas EUROCONTROL



2.- Sistemas GNSS: GBAS





2.- Sistemas GNSS: GBAS



Instaladas

Planificadas / En Estudio

S-CAT I



Índice de contenidos

1. Transición hacia la Navegación por Satélite
2. Sistemas GNSS
 - I. Sistemas de Aumentación
 - a) SBAS (EGNOS Europeo)
 - b) GBAS
- 3. GBAS y las tormentas ionosféricas**
 - I. Metodología
 - II. Datos
 - III. Conclusiones
4. Actividades previstas EUROCONTROL



3.- GBAS y las tormentas ionosféricas

Los Sistemas GBAS disponen de un modelo de amenaza ionosférica frente a posibles errores en la información de la señal GBAS que pudieran ocasionar una tormenta ionosférica que tuviera lugar en el entorno de la estación.



El único sistema GBAS CAT I certificado hasta la fecha (Honeywell SLS-4000 Smartpath) incluye un modelo de amenaza ionosférica adaptado a la región CONUS (Continental US)



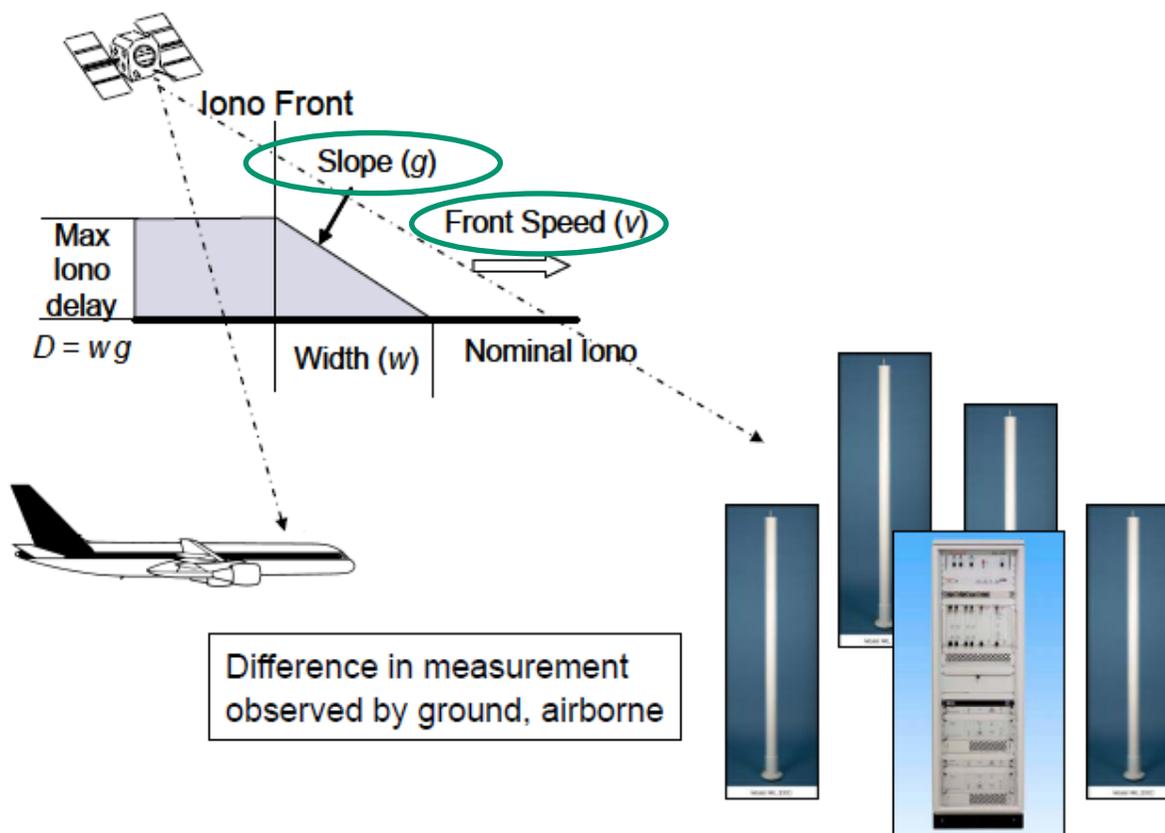
Hay que validar la aplicabilidad de ese modelo a la región en que se quiere implantar el sistema



Aena ha realizado un primer estudio de aplicabilidad sujeto a confirmación durante el próximo pico del ciclo solar. Este estudio trata dos regiones de forma diferenciada: a) la península + Baleares y b) las islas Canarias

3.- GBAS y las tormentas ionosféricas

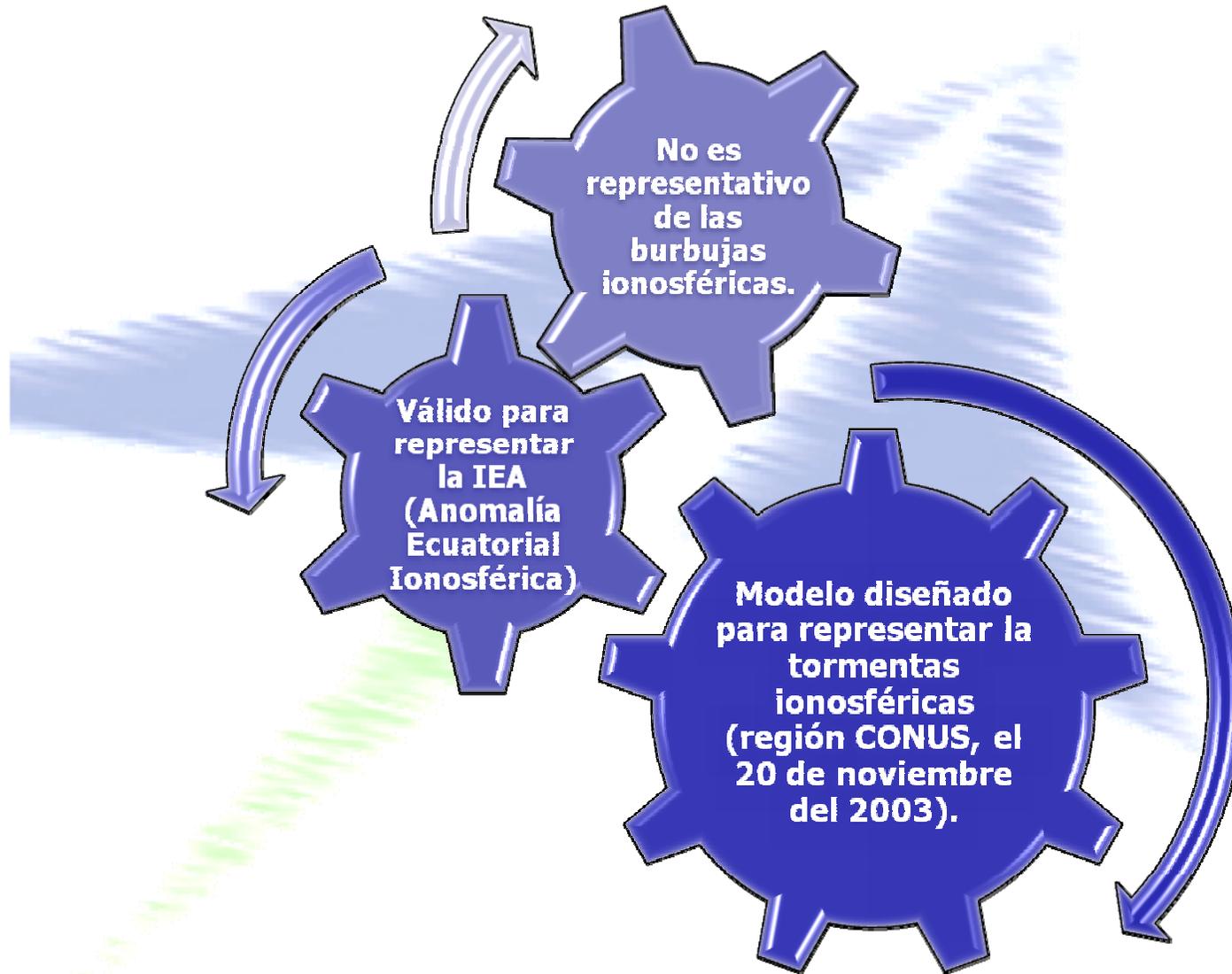
- Eventos ionosféricos modelados como un frente lineal que se mueve a una velocidad constante (m/s) y caracterizado por un gradiente (mm/Km)



Gradient = Slope (g)

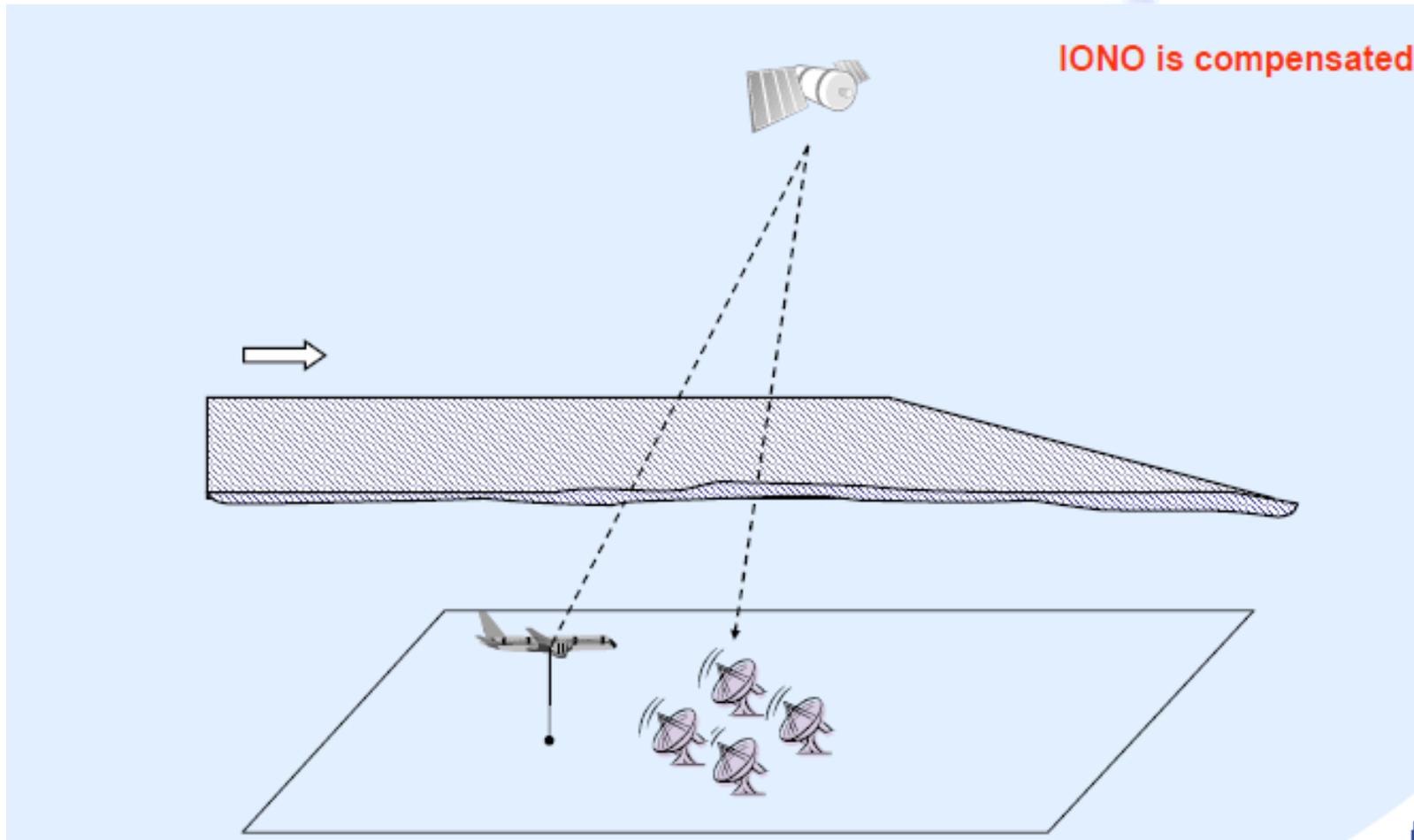


3.- GBAS y las tormentas ionosféricas



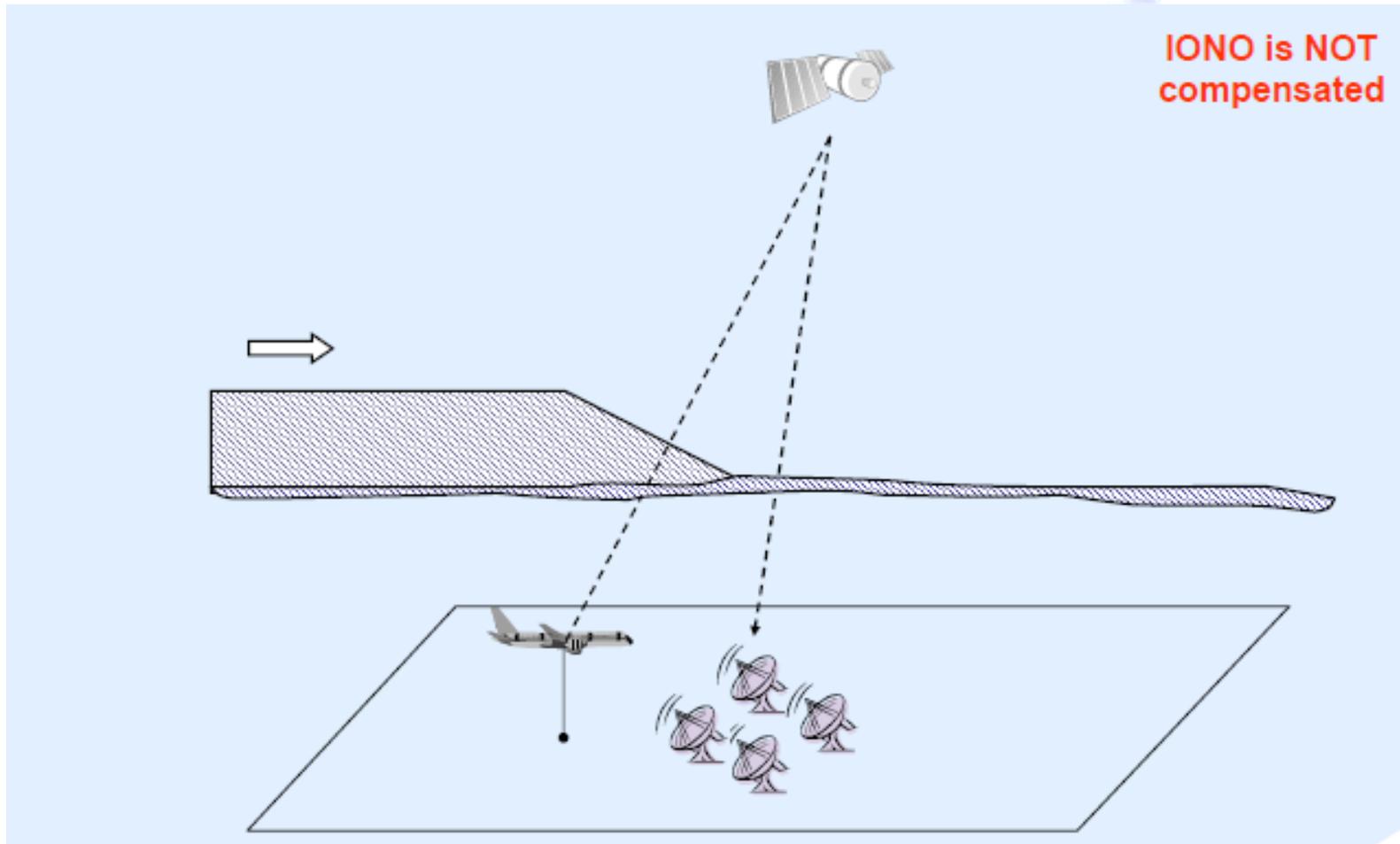


3.- GBAS y las tormentas ionosféricas





3.- GBAS y las tormentas ionosféricas





Índice de contenidos

1. Transición hacia la Navegación por Satélite
2. Sistemas GNSS
 - I. Sistemas de Aumentación
 - a) SBAS (EGNOS Europeo)
 - b) GBAS
3. **GBAS y las tormentas ionosféricas**
 - I. Metodología**
 - II. Datos
 - III. Conclusiones
4. Actividades previstas EUROCONTROL



3.- GBAS y las tormentas ionosféricas. Metodología

Pasos del estudio realizados:

1.- Identificación de los días con presencia de condiciones anómalas en la ionosfera (Identify "stormy" days) → necesidad de datos **entre 1998 y 2008 (pero centrándonos en el máximo entre 2000 y 2003),**

2.- Cálculo de los gradientes ionosféricos espaciales durante esos periodos (Evaluate "storms"). **Objetivo: caracterizar los eventos ionosféricos más fuertes**

3.- Confirmación de que los gradientes detectados son producto de eventos ionosféricos y no de errores de los receptores, cycle slips ...

4.- Comparación de los eventos detectados (gradiente y velocidad) frente al modelo de amenaza implementado en la estación GBAS **(optimizado frente a los peores casos encontrados en la región CONUS)**



Índice de contenidos

1. Transición hacia la Navegación por Satélite
2. Sistemas GNSS
 - I. Sistemas de Aumentación
 - a) SBAS (EGNOS Europeo)
 - b) GBAS
3. **GBAS y las tormentas ionosféricas**
 - I. Metodología
 - II. Datos**
 - III. Conclusiones
4. Actividades previstas EUROCONTROL



3.- GBAS y las tormentas ionosféricas. Datos

Estaciones disponibles desde 2002

- Máxima actividad solar durante (2003)



Península Ibérica

Menor número de estaciones de las deseables (menor de 50 Kms).

Islas Canarias

Número insuficiente de estaciones (3) durante el último máximo del ciclo solar.



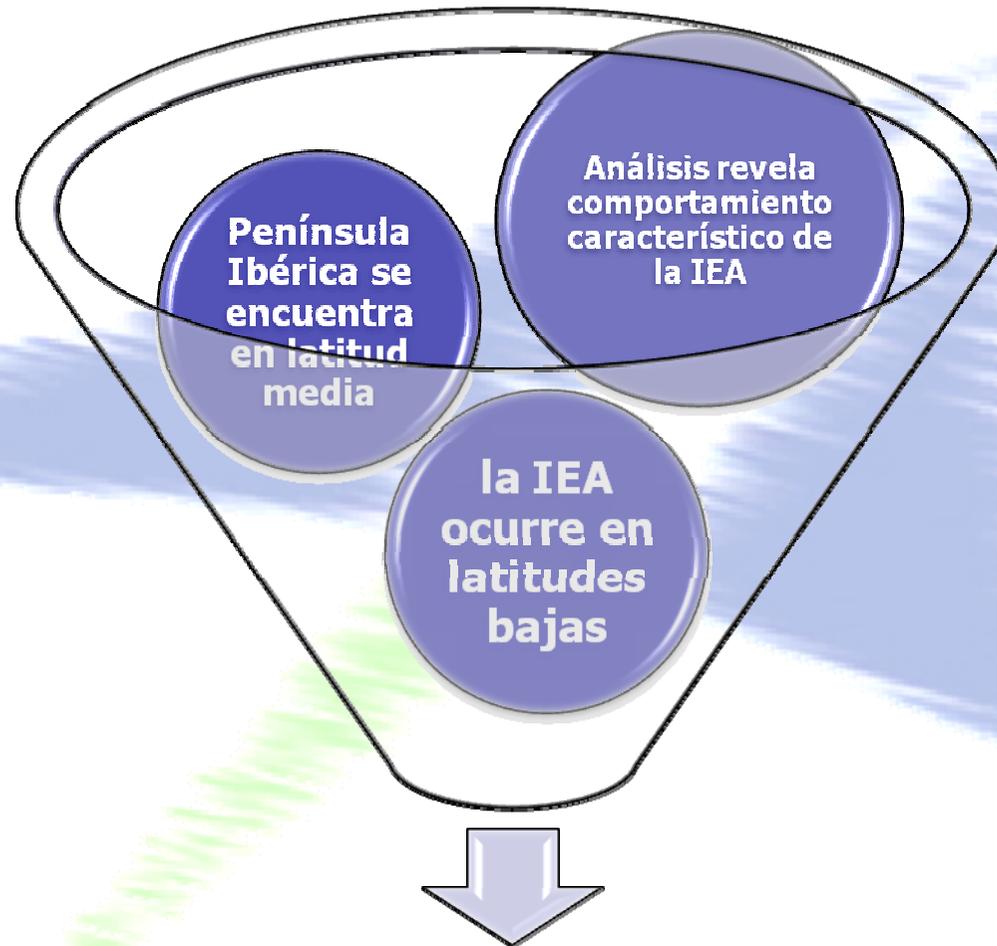


Índice de contenidos

1. Transición hacia la Navegación por Satélite
2. Sistemas GNSS
 - I. Sistemas de Aumentación
 - a) SBAS (EGNOS Europeo)
 - b) GBAS
3. **GBAS y las tormentas ionosféricas**
 - I. Metodología
 - II. Datos
 - III. Conclusiones**
4. Actividades previstas EUROCONTROL



3.- GBAS y las tormentas ionosféricas. Conclusiones



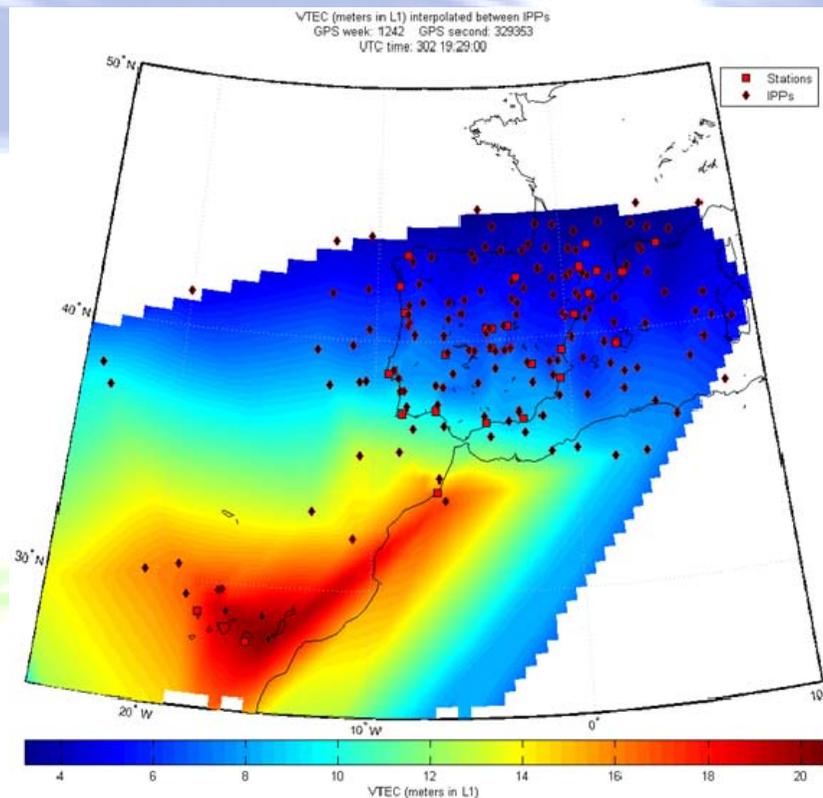
Eventos ionosféricos encontrados responden a una inusual actividad elevada de la IEA, coincidente con elevada actividad solar



3.- GBAS y las tormentas ionosféricas. Conclusiones

IEA (Ionospheric Equatorial Anomaly) en España

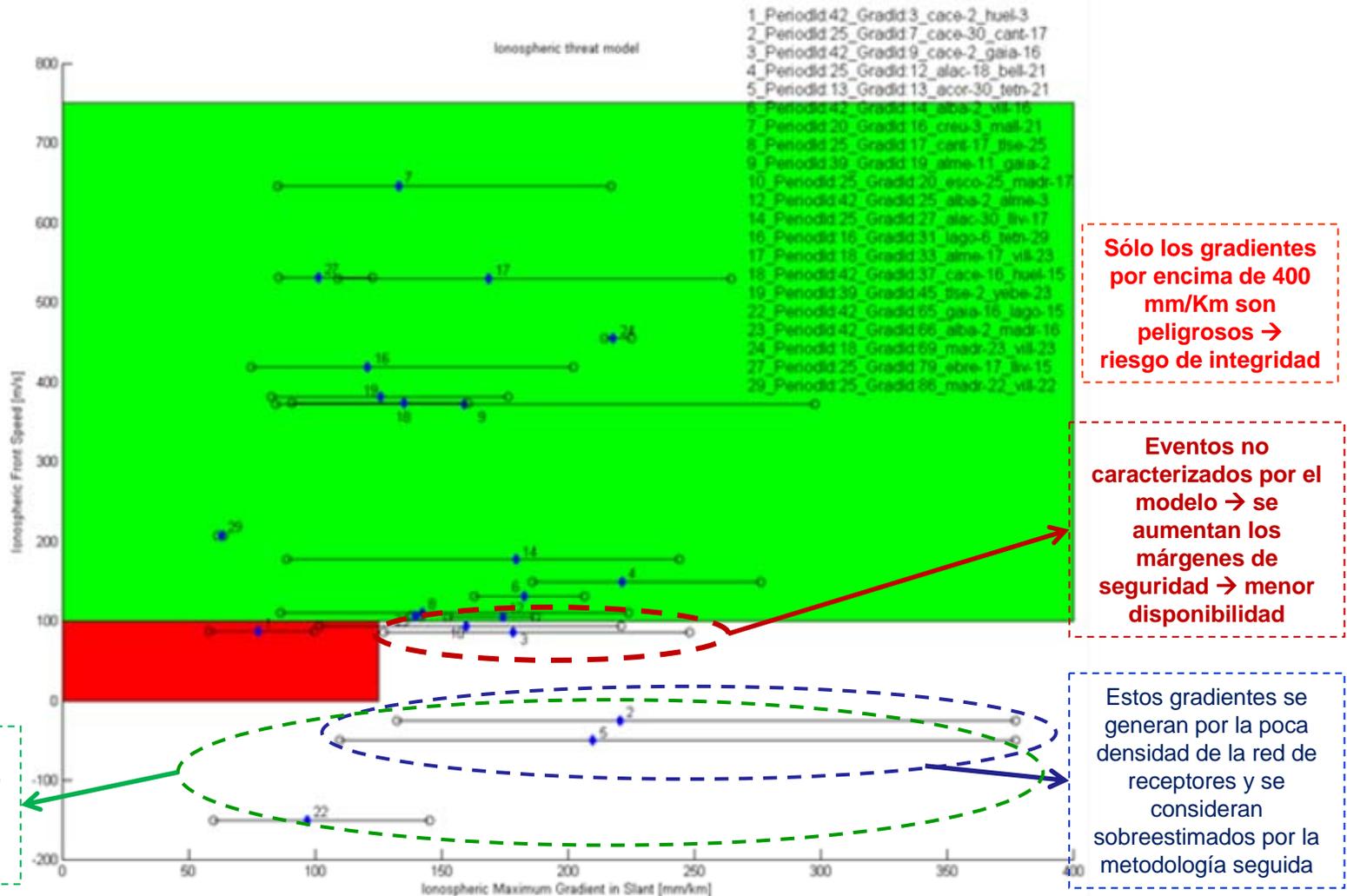
- Gradientes medios y velocidades bajas
- Frente de alta actividad avanza hacia el norte al amanecer y desciende hacia el sur al atardecer → mayor parte de altos gradientes encontrados al atardecer
- Islas Canarias más afectadas por la IEA que la península, pero todos los eventos ionosféricos encontrados están relacionados con IEA





3.- GBAS y las tormentas ionosféricas. Conclusiones

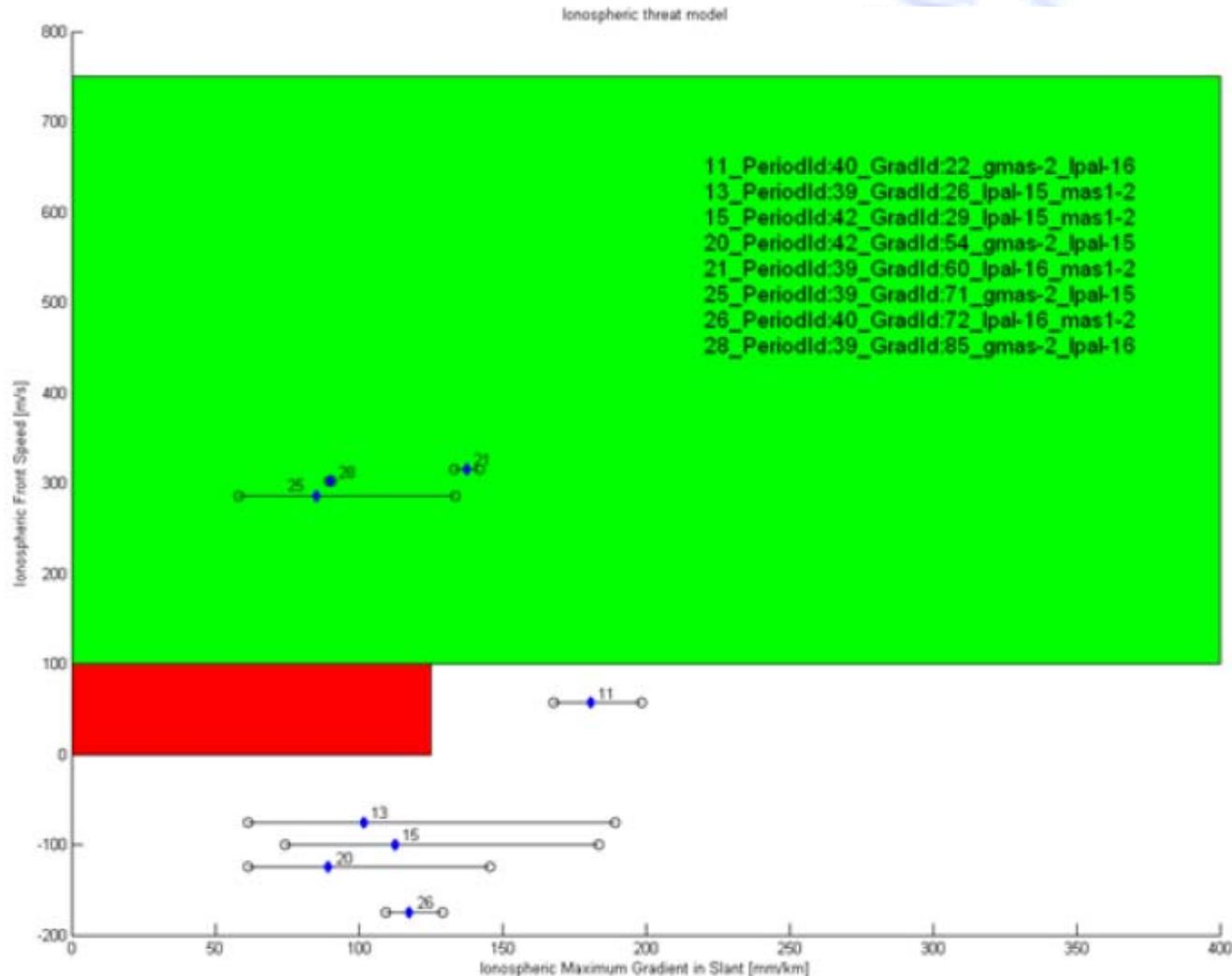
Tormentas ionosféricas en la península Vs. Modelo de amenaza ionosférica





3.- GBAS y las tormentas ionosféricas. Conclusiones

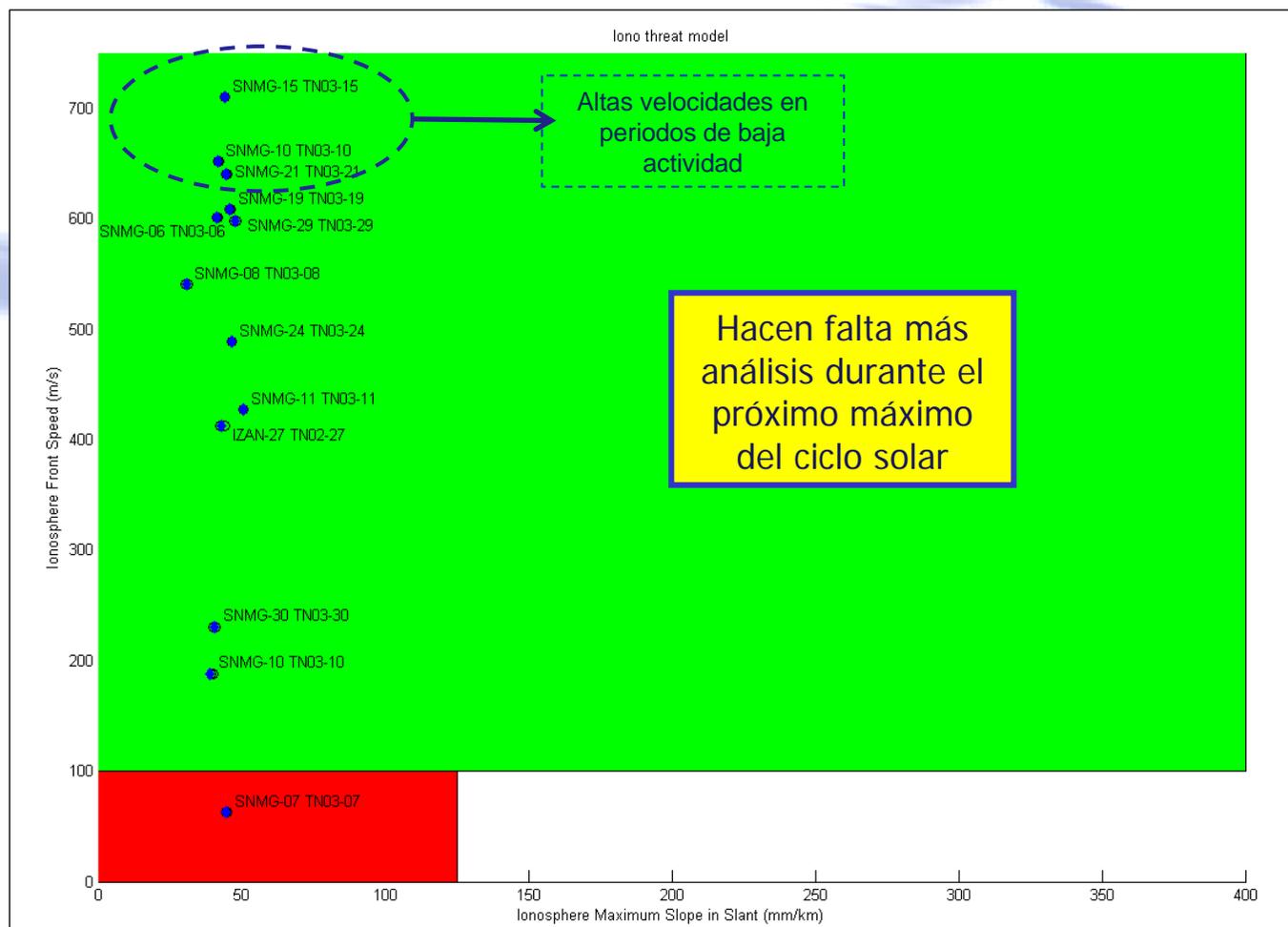
Tormentas ionosféricas en las Canarias Vs. Modelo de amenaza ionosférica (Hasta 2008)





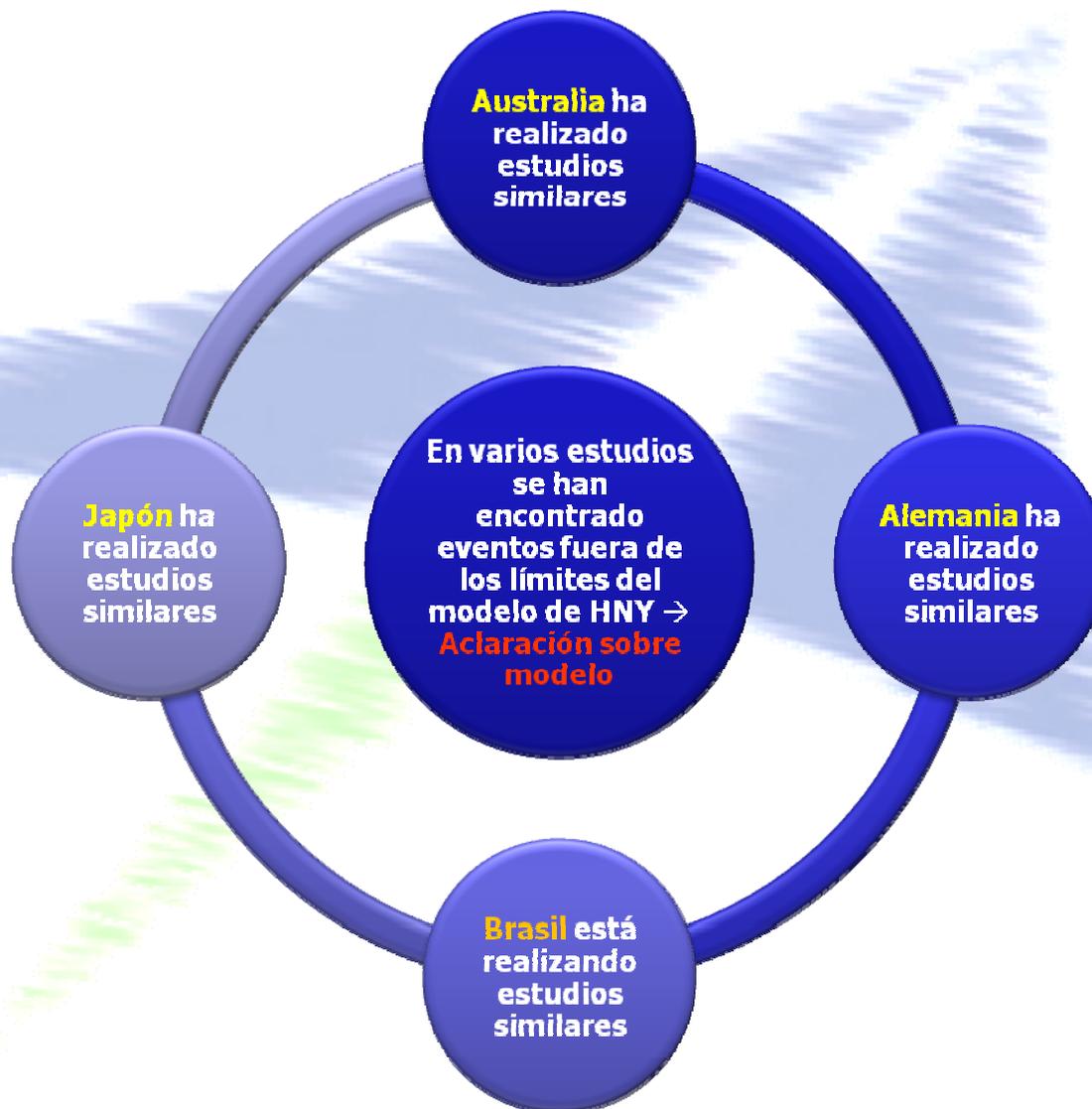
3.- GBAS y las tormentas ionosféricas. Conclusiones

Tormentas ionosféricas en las Canarias Vs. Modelo de amenaza ionosférica (2008-2009) con red de datos adecuada





3.- GBAS y las tormentas ionosféricas. Conclusiones



3.- GBAS y las tormentas ionosféricas. Conclusiones

Inicio

- Modelo original adaptado a la región CONUS

Realidad

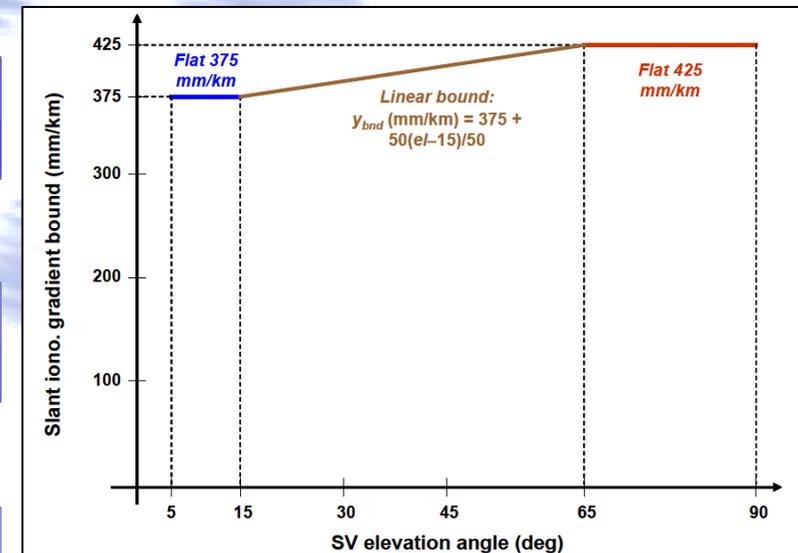
- Necesidad de adaptar el modelo a otras regiones
→ Sólo los eventos con un gradiente superior a 400mm/km pueden ocasionar un riesgo de integridad.

Cambio

- Redefinición del modelo (no se tiene en cuenta la velocidad):
 - De Gradiente Vs. Velocidad
 - A Gradiente Vs. Ángulo de elevación SV

Siguientes pasos

- Aena reevaluará sus análisis para comprobar la validez del nuevo modelo (Universidad de Stanford) con datos del próximo pico del ciclo solar.





Índice de contenidos

1. Transición hacia la Navegación por Satélite
2. Sistemas GNSS
 - I. Sistemas de Aumentación
 - a) SBAS (EGNOS Europeo)
 - b) GBAS
3. GBAS y las tormentas ionosféricas
 - I. Metodología
 - II. Datos
 - III. Conclusiones
4. **Actividades previstas EUROCONTROL**



4.- Actividades previstas por EUROCONTROL



Eurocontrol Iono study: Phases

Eurocontrol study is divided into 3 phases:

- ✓ **Phase 1 (Nov 2009-Nov 2010):** to provide a preliminary analysis and a detailed work plan during the next period of maximum solar activity
 - State of the art on the impact of the ionosphere and on the correction implemented so far
 - Identify the aviation operation that may be impacted
 - Set an efficient work plan for phase 2

- **Phase 2 (Jan 2011-Sept 2013):** to undertake the work plan identified in phase 1:
 - Measurement campaign (July 2011-Sept 2013)
 - Impact and mitigations analysis (Jan 2011-Sept 2013)

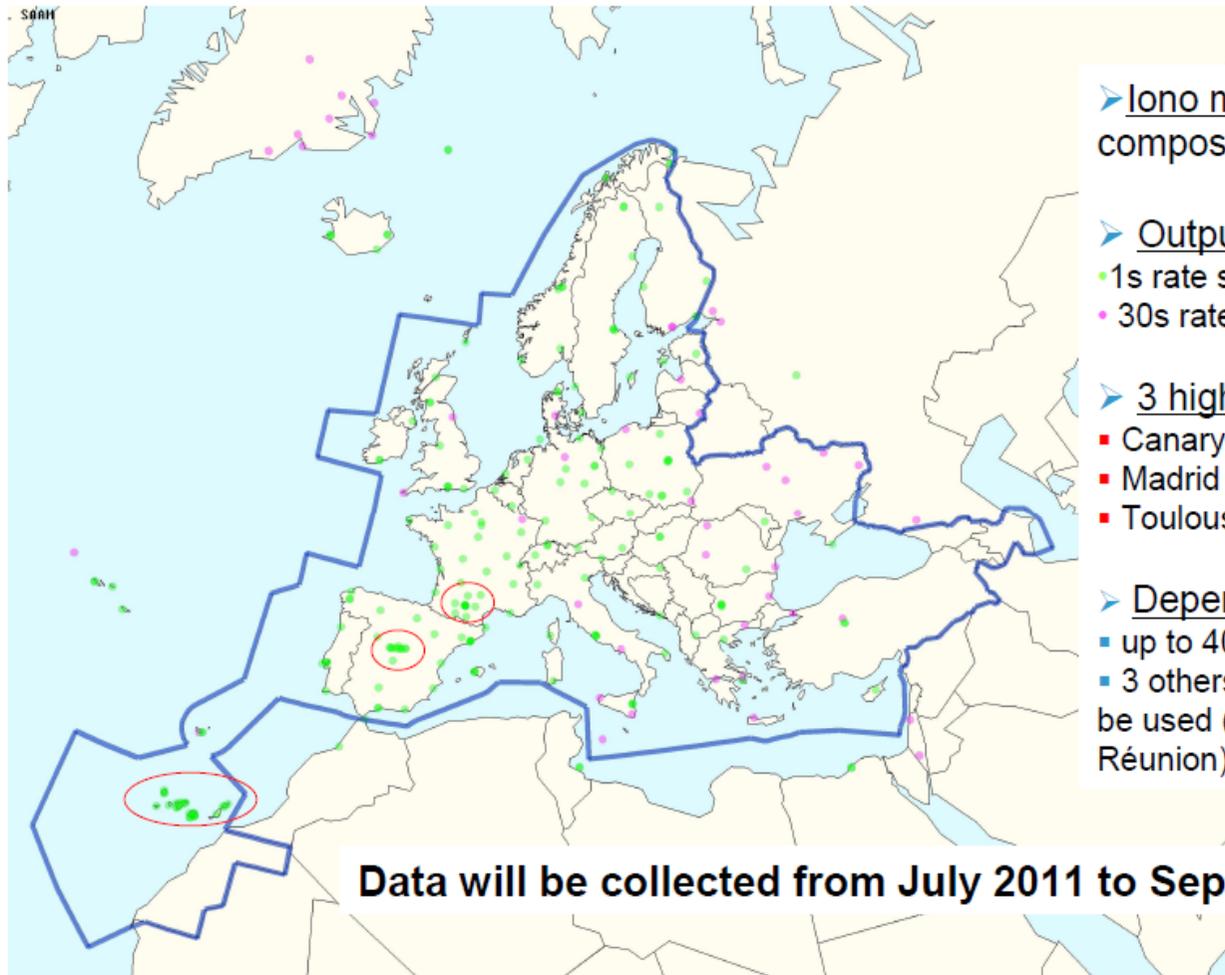
- **Phase 3 (beyond Sept 2013):** under discussion



4.- Actividades previstas por EUROCONTROL



Phase 2: Measurement campaign



➤ long monitoring network: will be composed of at least 265 stations

➤ Output rate of the stations:

- 1s rate stations
- 30s rate stations

➤ 3 high density clusters:

- Canary Island
- Madrid
- Toulouse

➤ Depending on agreement:

- up to 400 stations may be used
- 3 others high density clusters may be used (Norway, Poland, La Réunion)

Data will be collected from July 2011 to Sept 2013



4.- Actividades previstas por EUROCONTROL



ESA-Eurocontrol collaboration on IONO



EUROCONTROL IONO study:

- Focus on the ionosphere impact on the GNSS aviation user
- Covers the ECAC area

ESA MONITOR IONO study:

- system performance oriented
- Covers all regions
- Focus on a better understanding of the ionosphere effects



There is room for both activities but a strong ESA-Eurocontrol collaboration will prevent overlap and will enhance the outcomes for both partners.



Aitor Álvarez Rodríguez
Jefe de la División de Navegación por Satélite
Dirección de Navegación Aérea de Aena
aarodriguez@aena.es

