

Influencia en la Península Ibérica del evento solar del 22 de octubre del 2011

M. Rodríguez-Bouza, I. Rodríguez-Bilbao, I. Blanco-Cid,
M. Herraiz, G. Rodríguez-Caderot, B. Moreno-Monge,
S.M. Radicella, B. de la Morena, M. Piserra



FUNDACIÓN MAPFRE

Índice

- Introducción.
- El Fenómeno en el Sol.
- El camino hacia la Tierra.
- El impacto en la Tierra.
 - La tormenta geomagnética.
 - El impacto en la ionosfera.
- Efectos en GPS.
- Efectos en EGNOS.
- Conclusiones

Introducción

Los eventos ocurrido en el Sol el 22 de octubre del 2011 produjeron la primera gran tormenta geomagnética del ciclo 24.

Las tormenta geomagnéticas pueden afectar a los satélites, sistemas de posicionamiento satelital, los ferrocarriles y a las líneas de transmisión de potencia eléctrica.

Introducción

Efectos en satélites:

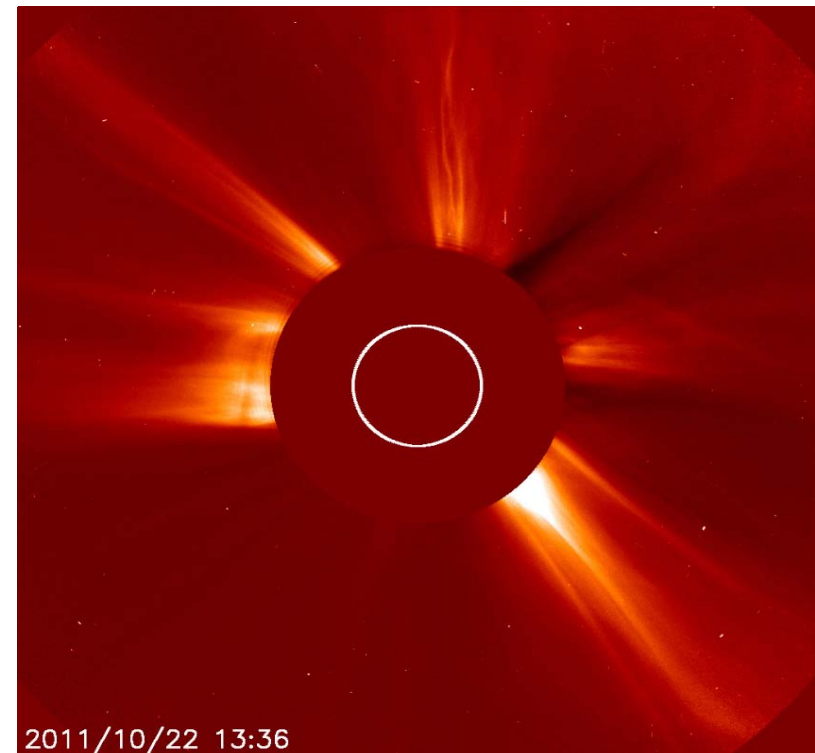
- Reducción de su vida útil.
- Exceso de carga eléctrica en sus componentes.
- Pérdida de velocidad y altura.
- Degradación de señales de telecomunicación.

Efectos en sistemas de posicionamiento:

- Daños y reducción de vida útil en los satélites.
- Pérdida de datos.
- Degradación del posicionamiento.
- Interrupción del servicio.

El fenómeno en el Sol

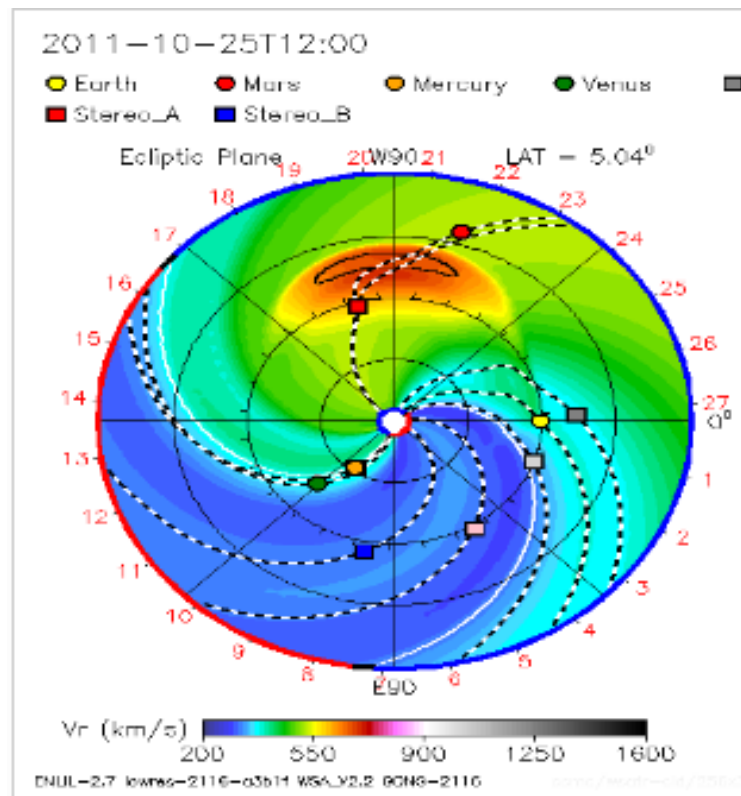
- Fulguración solar del tipo M1
- Eyección de Masa Coronal, EMC
 - Emisión de protones muy energéticos.
 - Fulguración solar más débil.



EMC observada por LASCO C2, a bordo del satélite SOHO.

El camino hacia la Tierra

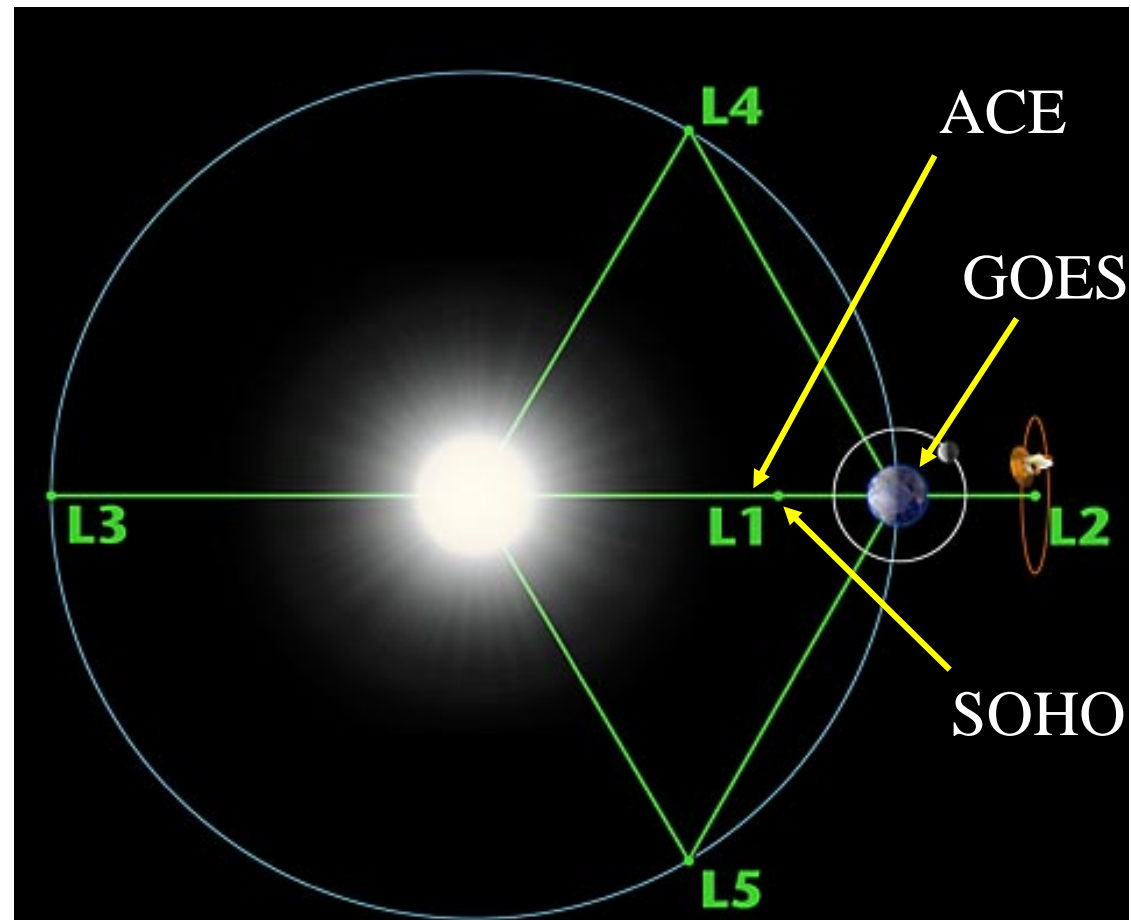
La EMC se propaga a través del medio interplanetario con el viento solar:



El camino hacia la Tierra

Satélites:

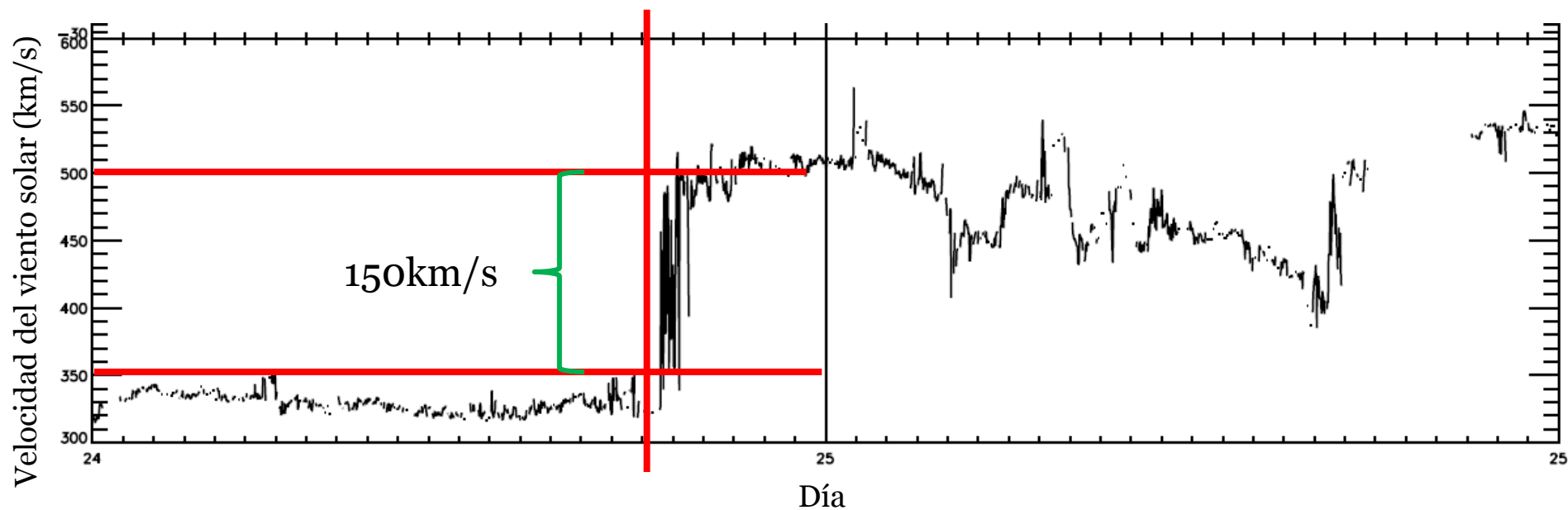
- ✓ SOHO
- ✓ STEREO A
- ✓ STEREO B
- ✓ THEMIS
- ✓ ACE
- ✓ WIND
- ✓ GOES



El camino hacia la Tierra

Registro del satélite ACE:

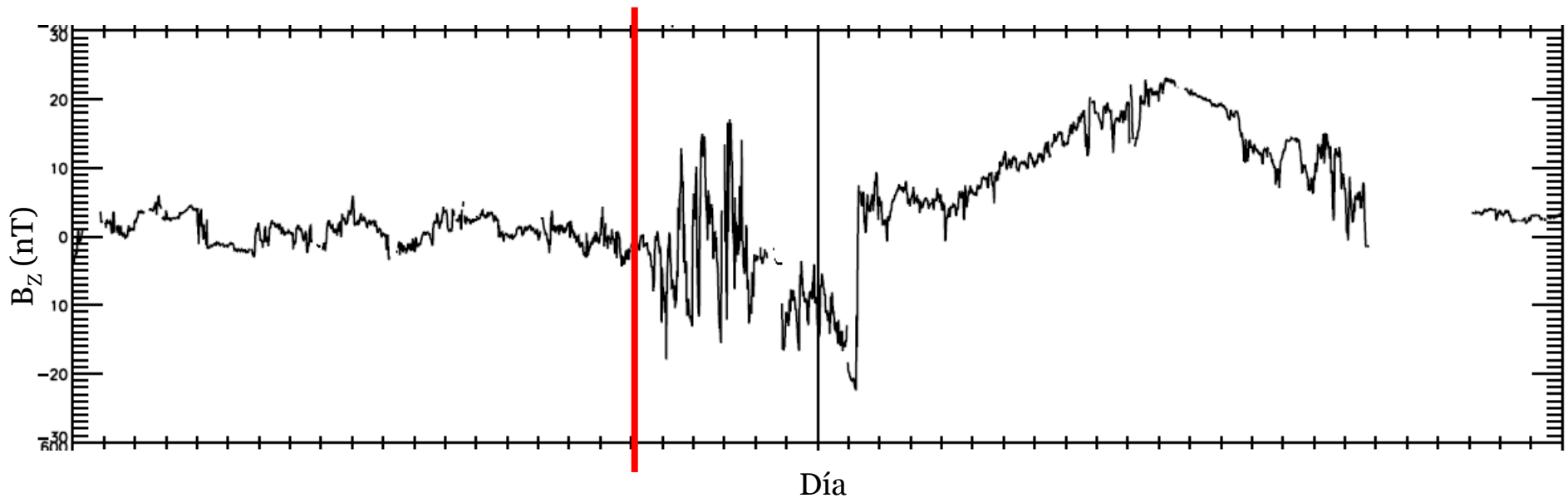
Incremento en la velocidad del viento solar.



El camino hacia la Tierra

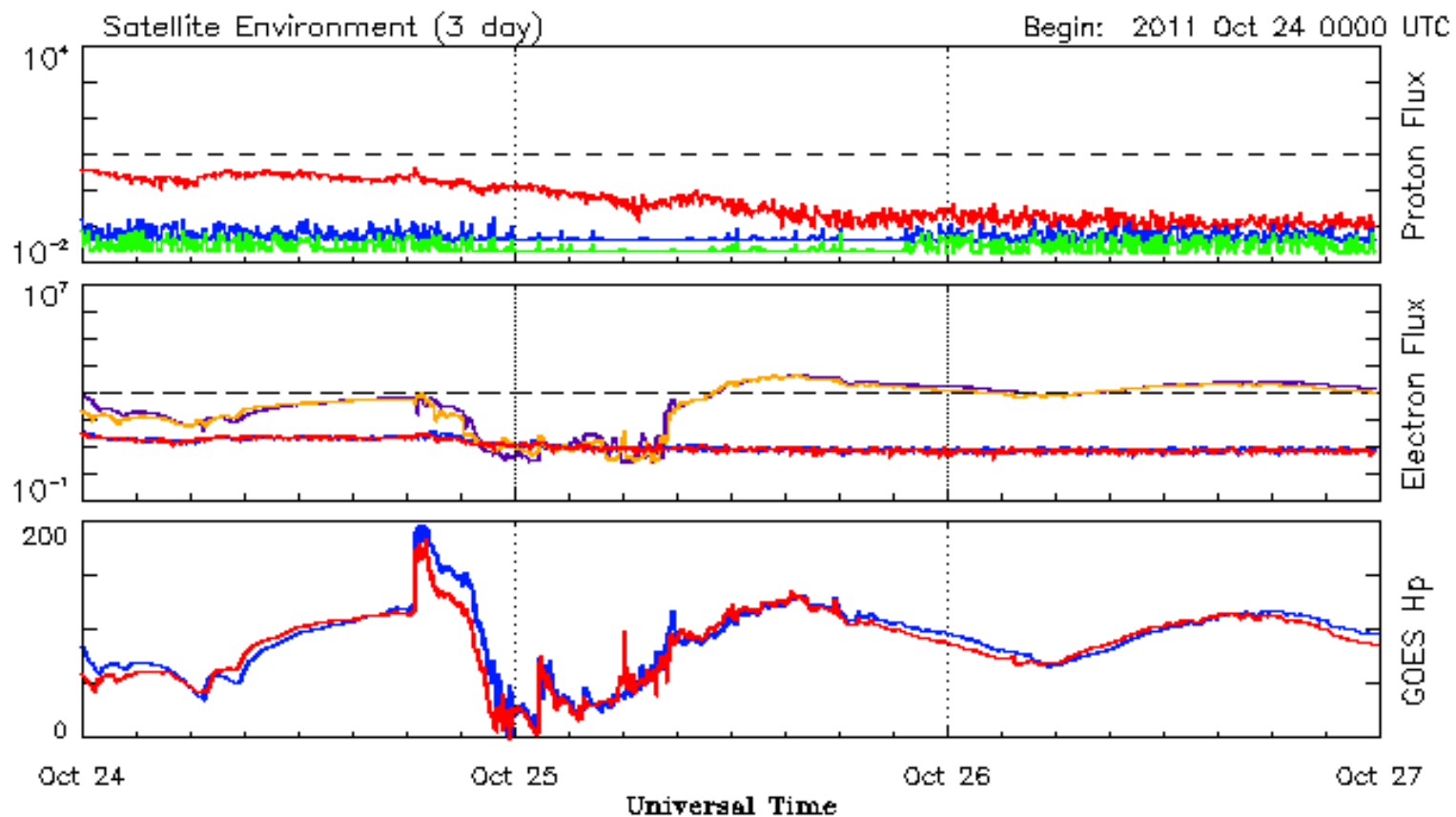
Registro del satélite ACE:

Componente B_z del Campo Magnético Interplanetario.



El camino hacia la Tierra

Registro del satélite GOES:



Updated 2011 Oct 26 23:56:03 UTC

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

Tormenta Geomagnética

La EMC cumple las condiciones para provocar una tormenta geomagnética:

- ✓ EMC suficientemente energética.
- ✓ EMC golpee a la Tierra
- ✓ CMI del Viento Solar tenga la orientación adecuada ($B_z < 0$) y fluctúe.

La llegada del viento solar perturbado a la Tierra genera una tormenta geomagnética.

Perturbación del campo magnético de varias horas de duración y de carácter planetario.

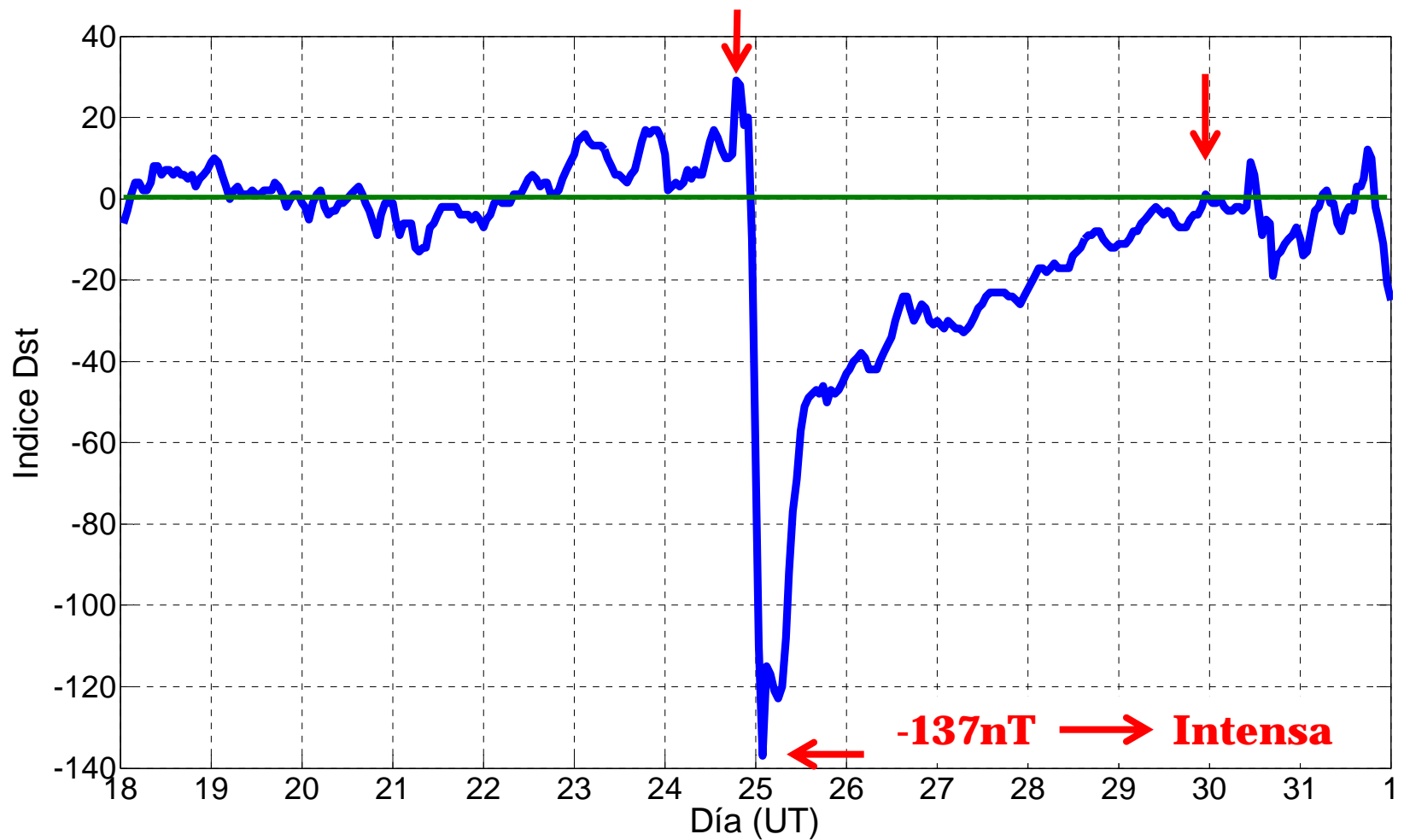
Tormenta Geomagnética: Clasificación

Índices de actividad magnética:

- Índice trihorario: K_p
- Índice Dst.

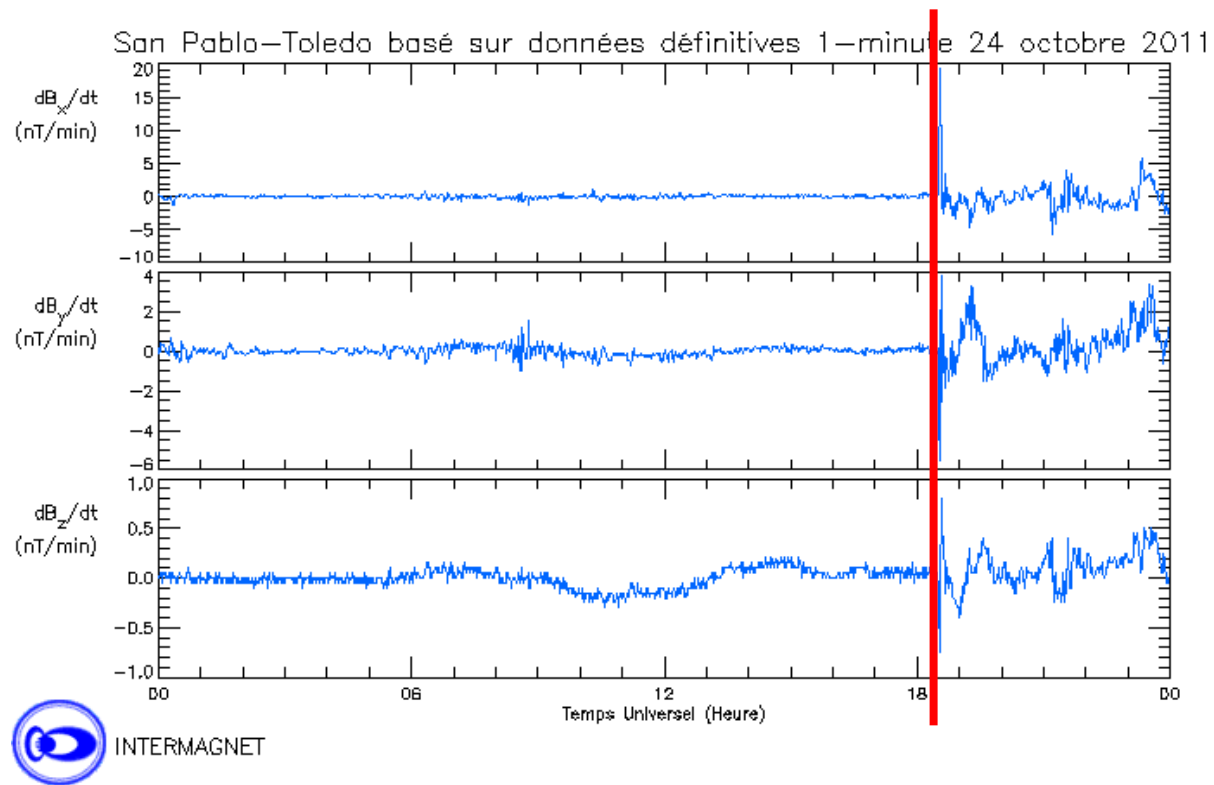
K_p	Escala	Categoría		Valor Dst_{pico}
9	G 5	Extrema	Intensa	$-100nT > Dst_{pico}$
8	G 4	Severa		
7	G 3	Fuerte		
6	G 2	Moderada		$-50nT > Dst_{pico} \geq -100nT$
5	G 1	Menor		$-30nT > Dst_{pico} \geq -50nT$

Tormenta Geomagnética: Índice Dst



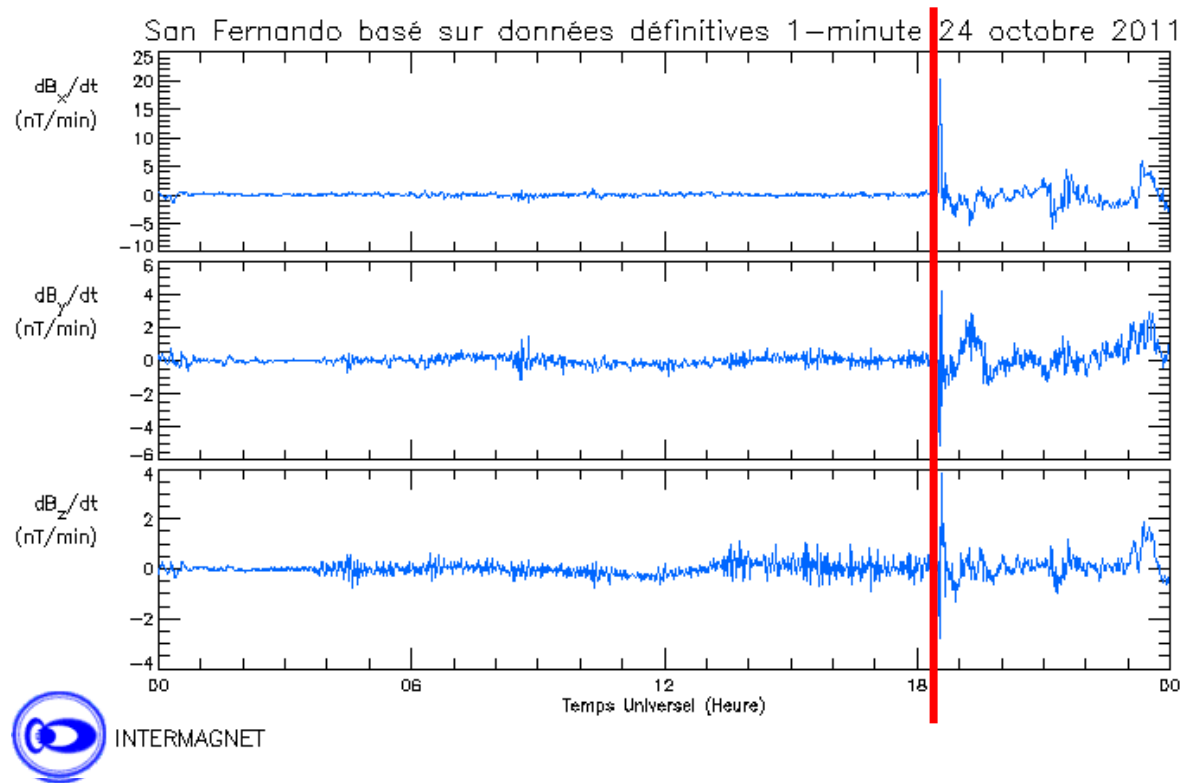
Tormenta Geomagnética

Perturbación en el campo magnético terrestre:



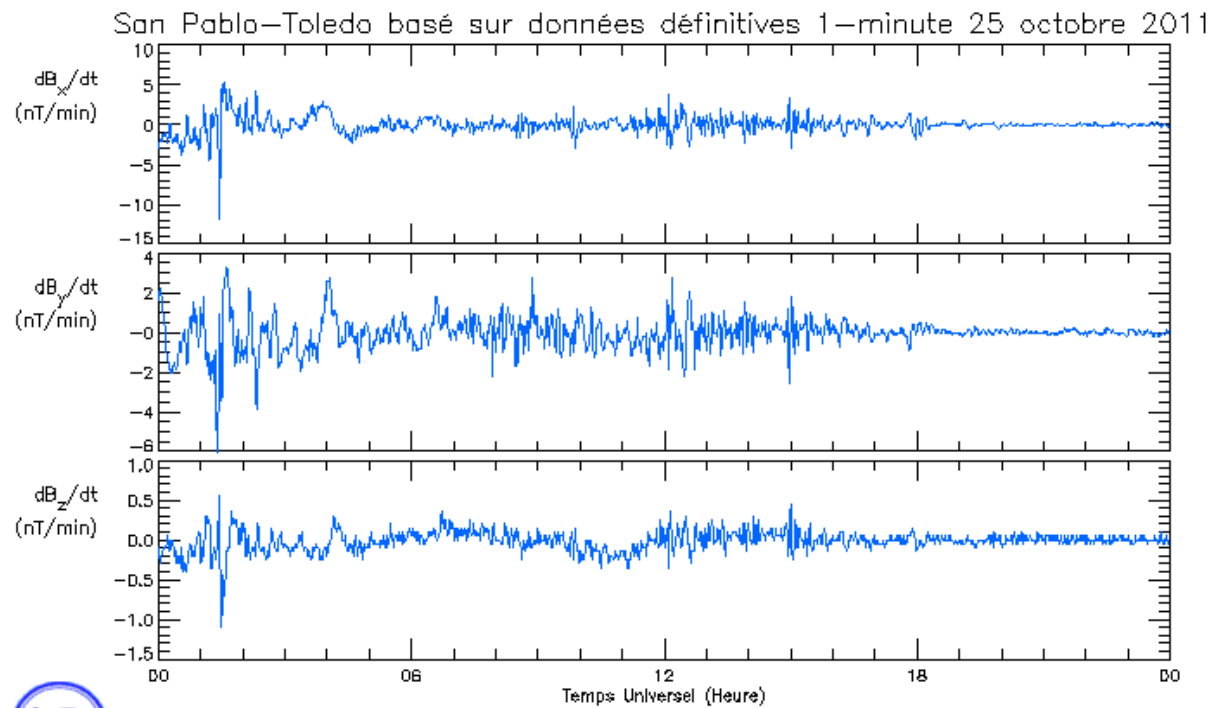
Tormenta Geomagnética

Perturbación en el campo magnético terrestre:



Tormenta Geomagnética

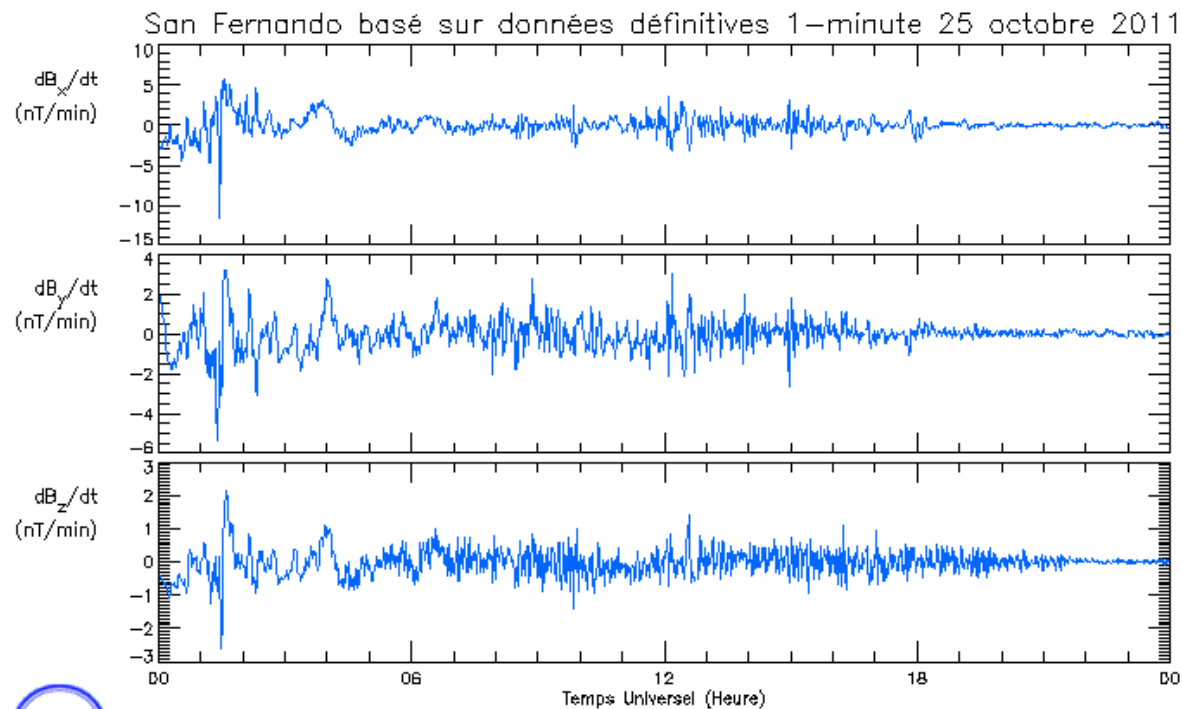
Perturbación en el campo magnético terrestre:



INTERMAGNET

Tormenta Geomagnética

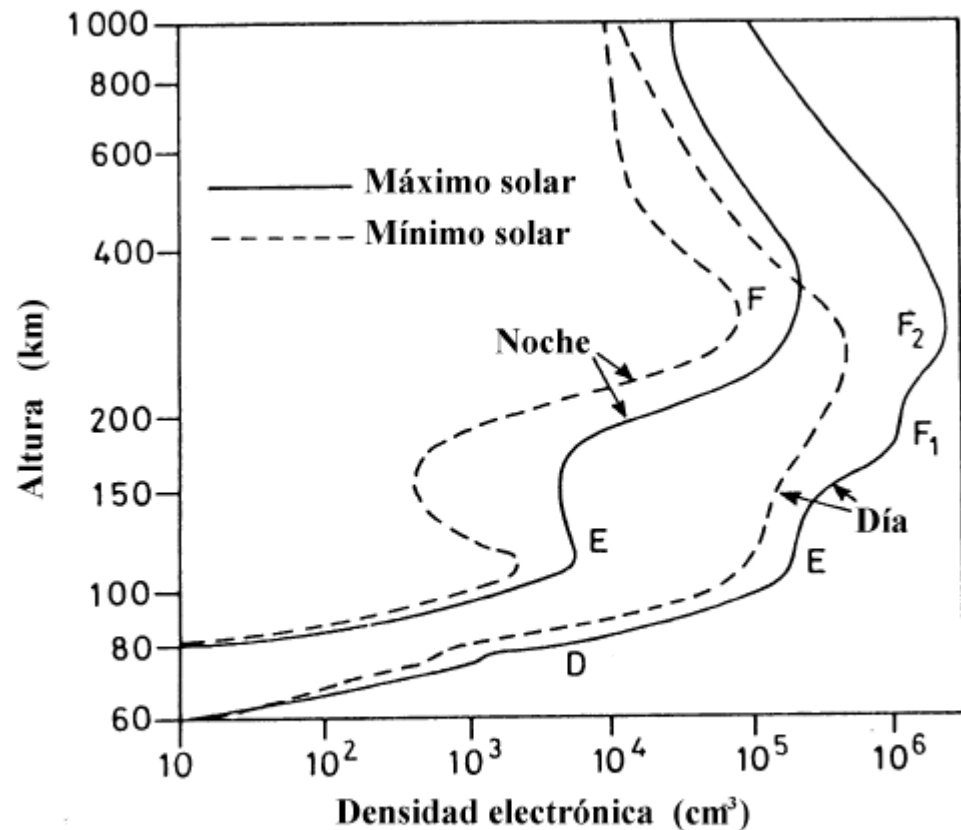
Perturbación en el campo magnético terrestre:



Impacto en la Ionosfera

Ionosfera:

zona de la atmosfera
donde existen cargas
libres.



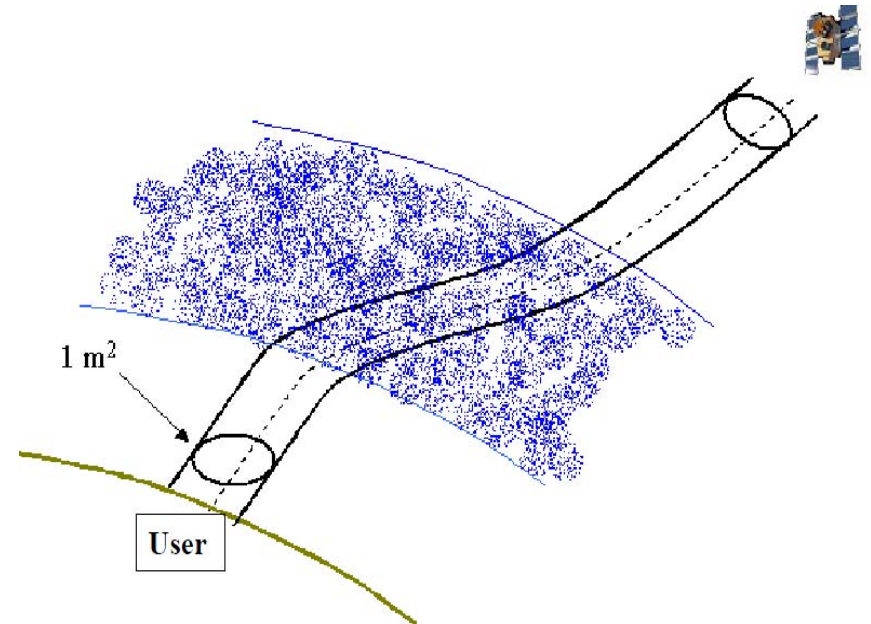
Impacto en la Ionosfera: TEC

$$\text{TECU} = 10^{16} \text{electrones/m}^2$$

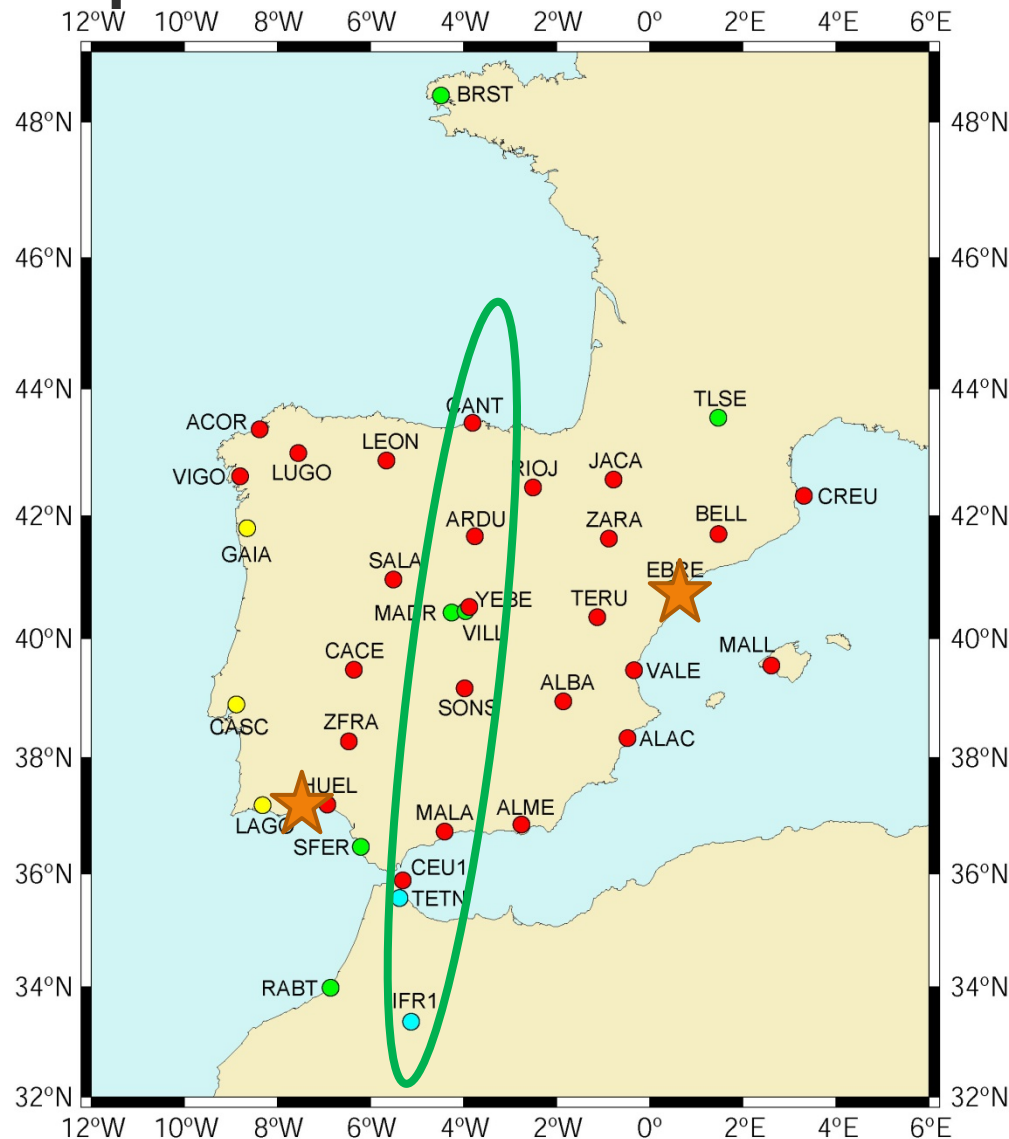
1 TECU equivale a un error de
16 cm en el posicionamiento

$$\text{TEC Oblicuo } sTEC = \int_E^B N ds$$

$$\text{TEC vertical } vTEC = \int_E^A N dh$$



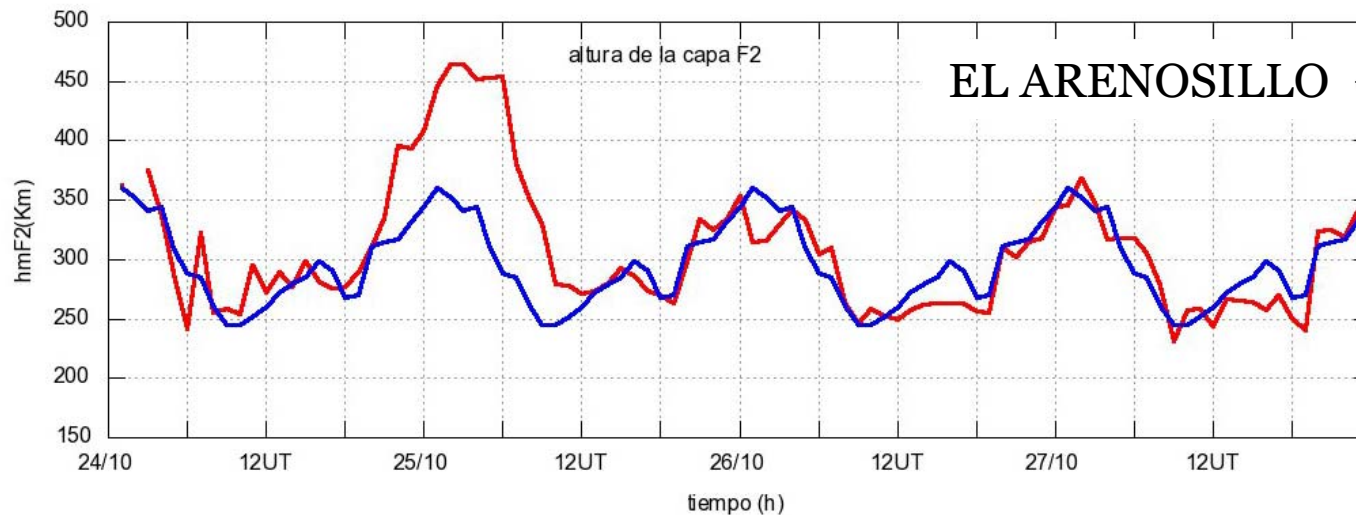
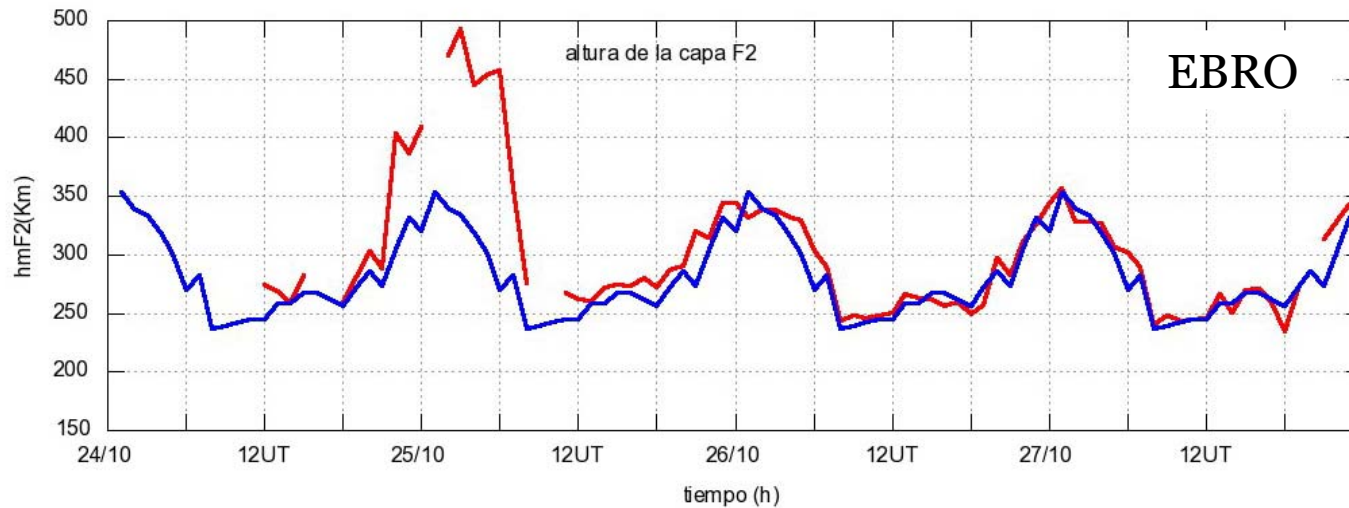
Impacto en la Ionosfera



Estaciones GNSS:

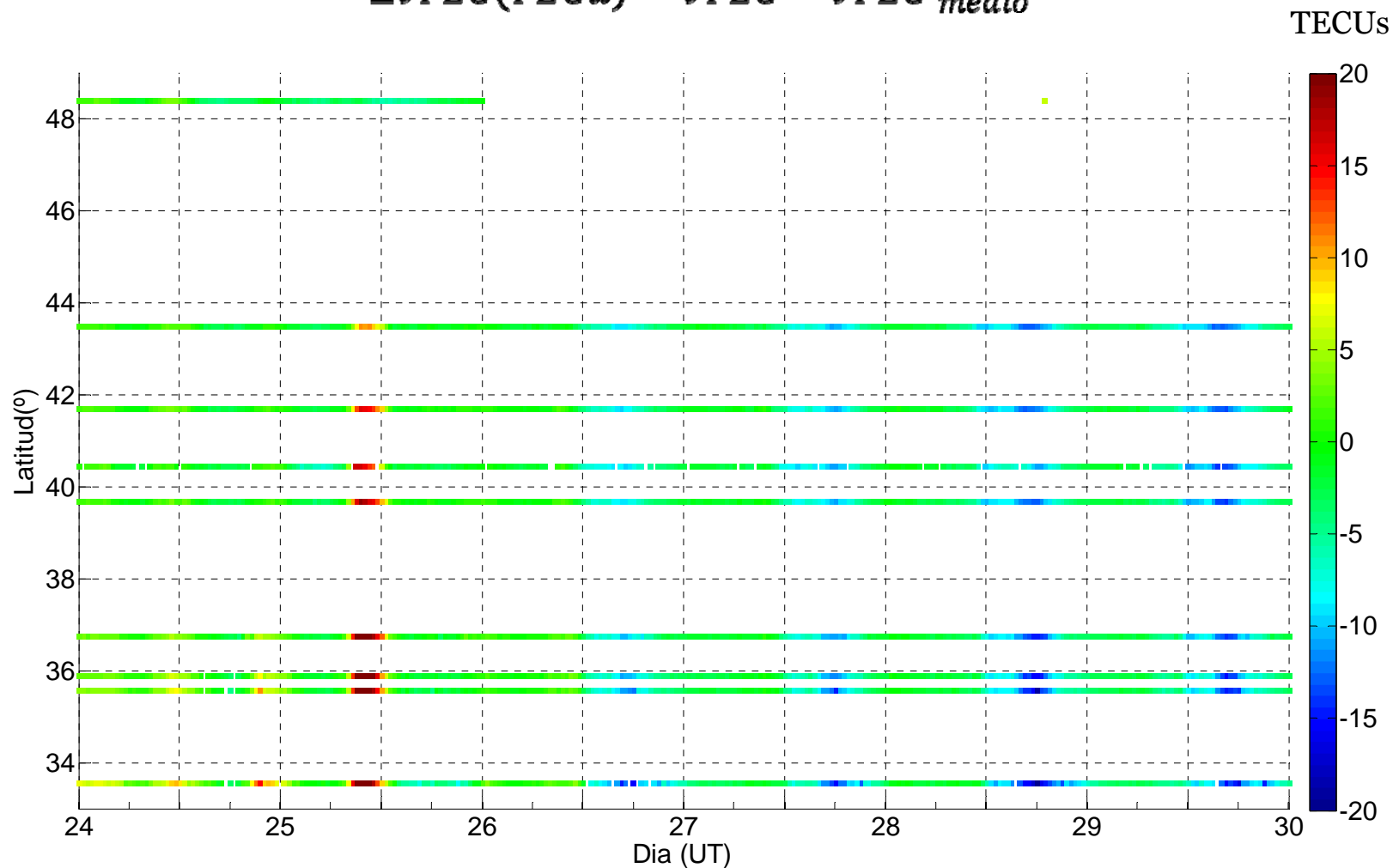
- IGN
Instituto Geográfico Nacional
- IGS
International GNSS Service
- UNAVCO
University Navstar Consortium
- IGP
Instituto Geográfico Portugués
- ★ Ionosonda

Impacto en la Ionosfera: ionogramas

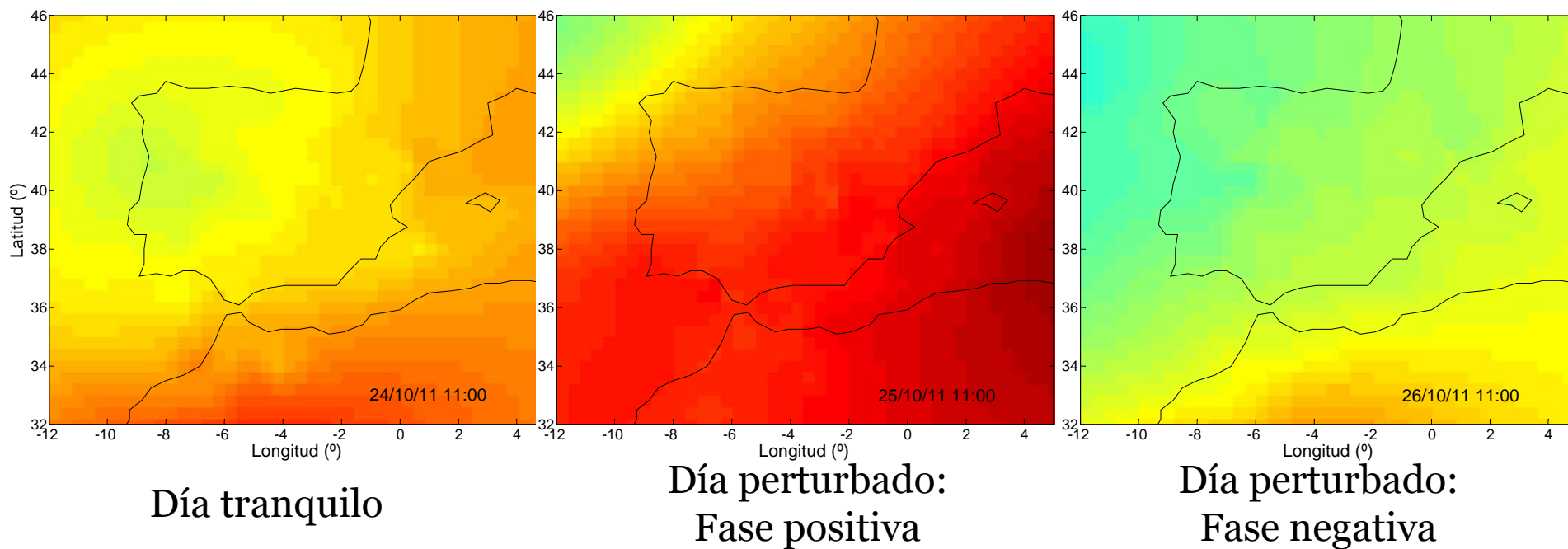


Impacto en la Ionosfera: TEC

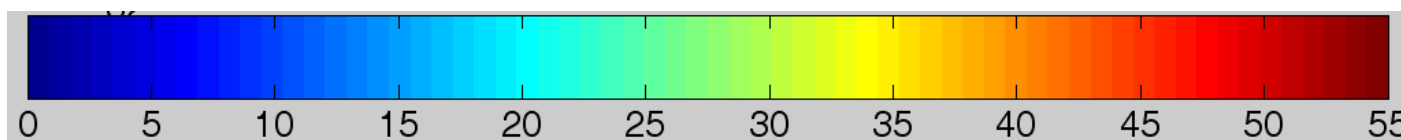
$$\Delta vTEC(TECu) = vTEC - vTEC_{medio}$$



Impacto en la Ionosfera: TEC



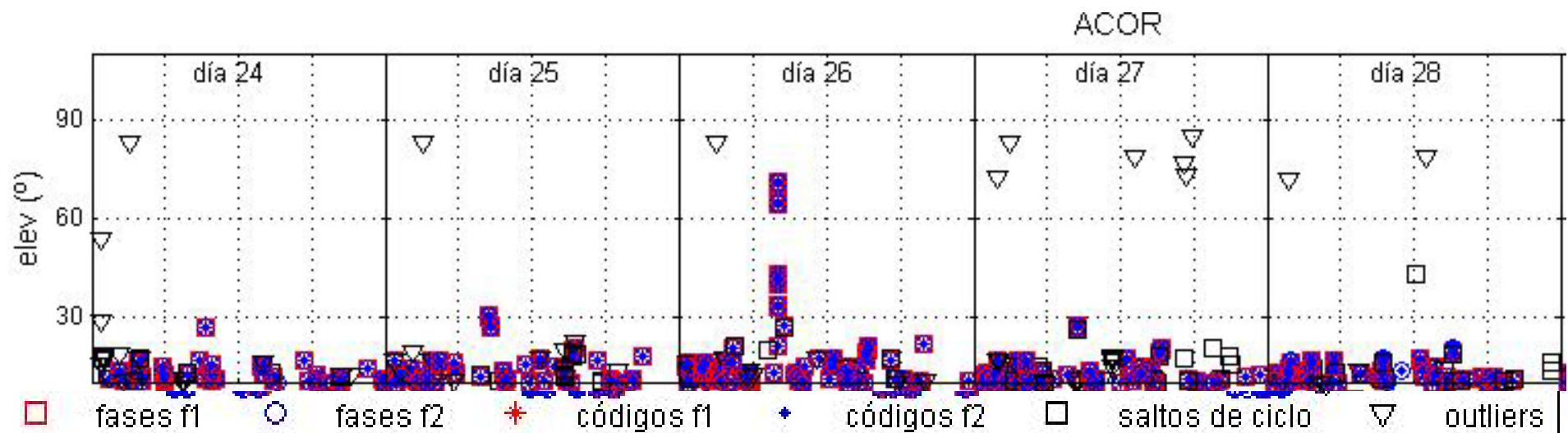
TECUs



Efectos en GPS

Análisis de la pérdida de señal en distintas estaciones de la Península:

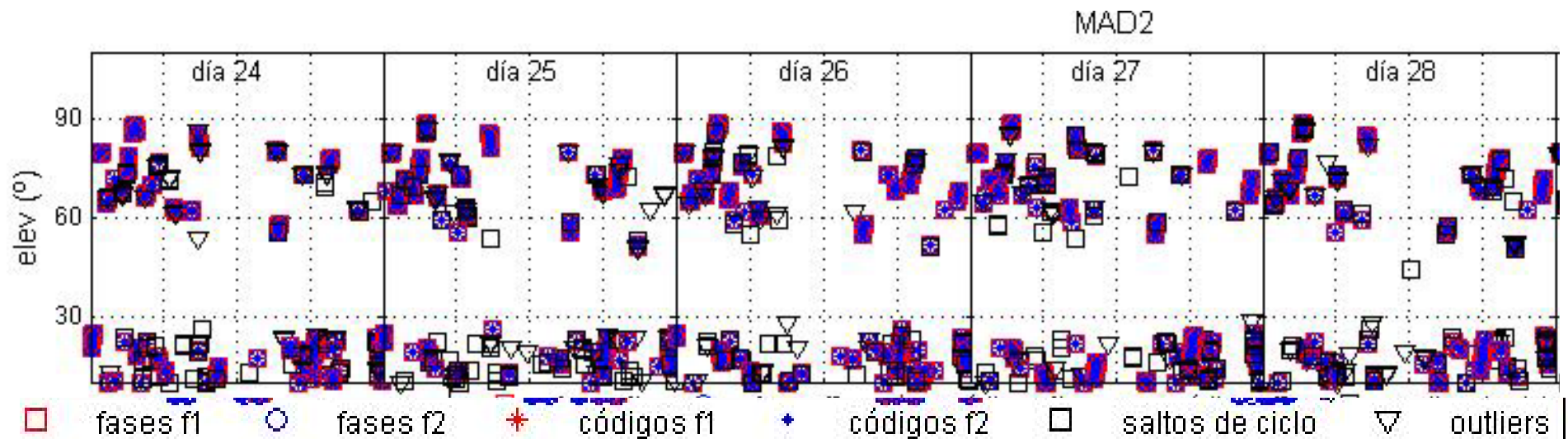
- Pérdidas en las observaciones de código y fase de las frecuencias f1 y f2.



Efectos en GPS

Análisis de la pérdida de señal en distintas estaciones de la Península:

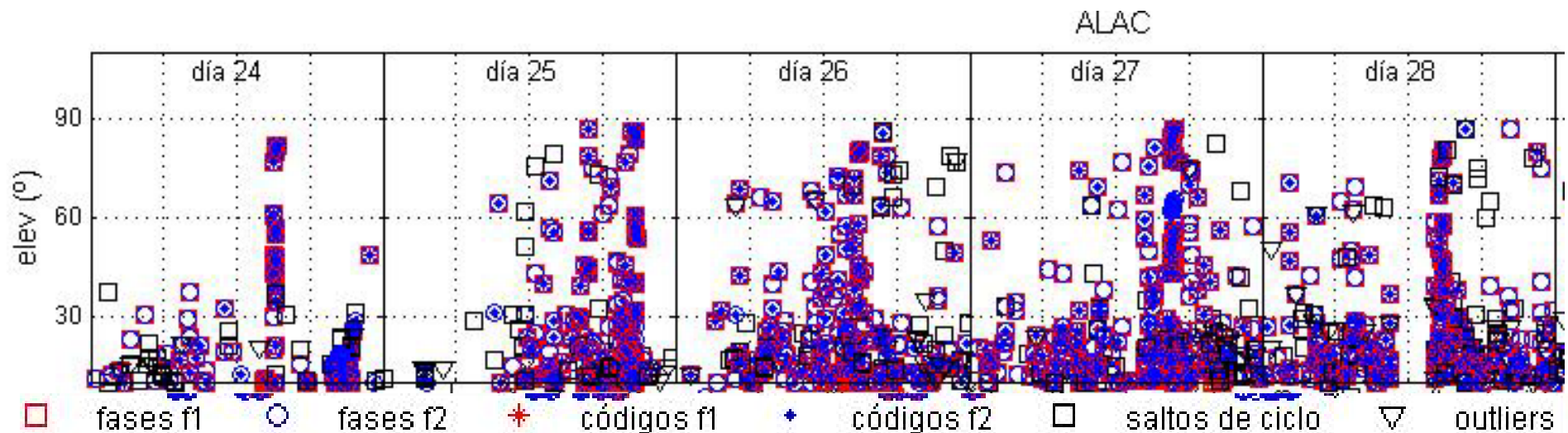
- Pérdidas en las observaciones de código y fase de las frecuencias f1 y f2.



Efectos en GPS

Análisis de la pérdida de señal en distintas estaciones de la Península:

- Pérdidas en las observaciones de código y fase de las frecuencias f1 y f2.



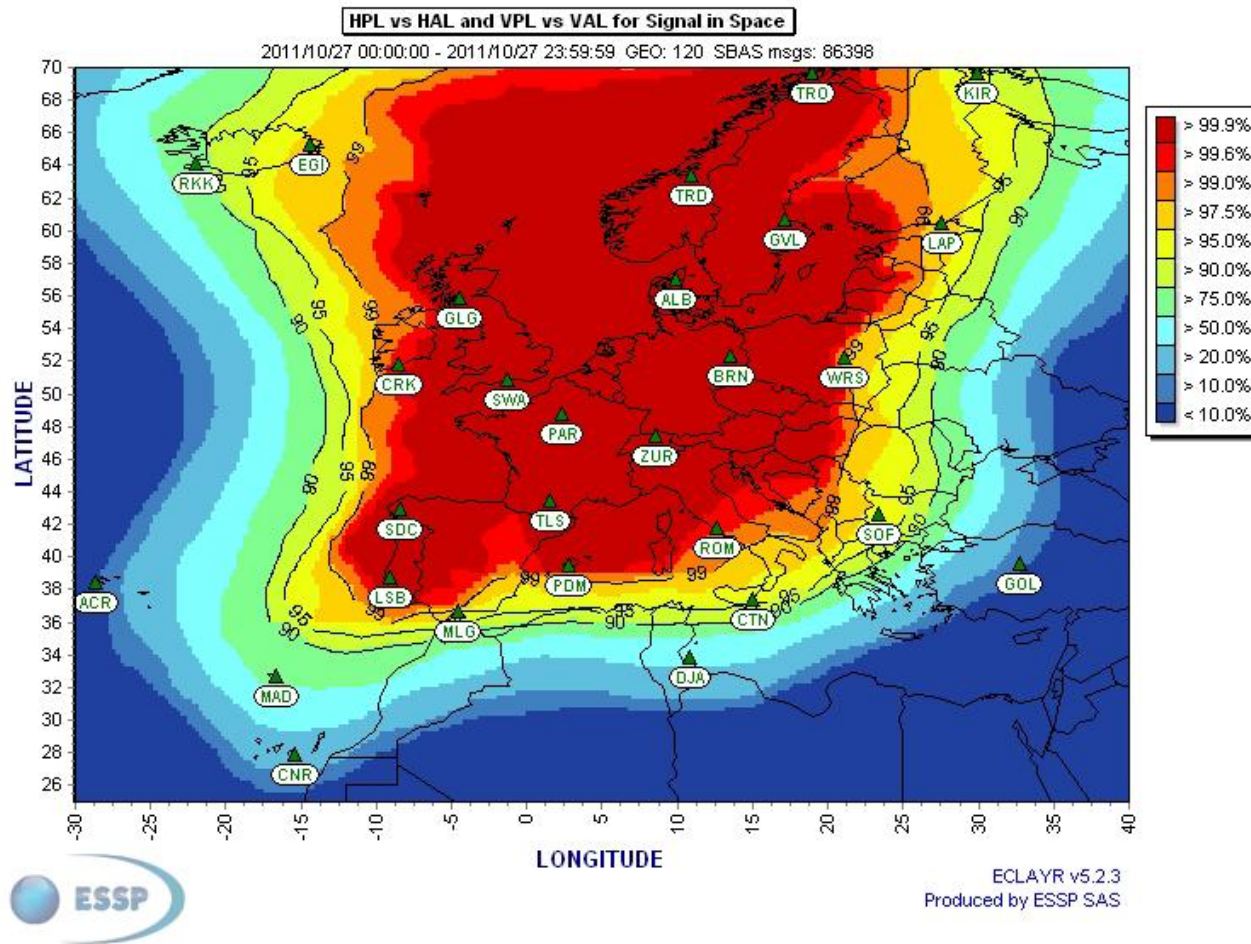
Efectos en EGNOS

El sistema European Geostationary Navigation Overlay Service, EGNOS, es el Sistema de Aumento Europeo desarrollado para mejorar las prestaciones de GLONASS, GPS y GALILEO.

La tormenta afectó al Servicio APV-1 que asegura una exactitud vertical de 20m y horizontal de 16m produciéndose una degradación del sistema los días de la tormenta.

Efectos en EGNOS

27/10/2011



Conclusiones

- ❖ El 22 de octubre de 2011 se produjeron en el Sol eventos que fueron geoefectivos provocando una tormenta geomagnética.
- ❖ Esta tormenta causó una perturbación en la ionosfera sobre la Península Ibérica.
- ❖ Se produjeron pérdidas de señal en sistemas GPS en el Sur de la Península.
- ❖ Se redujeron los niveles de confianza del sistema EGNOS sobre Europa.

Referencias

Afraimovich EL, Lesyuta OS, Ushakov II, Voeykov V. Geomagnetic storms and the occurrence of phase slips in the reception of GPS signals. *Annales of Geophysicae*. 2009, (45).

Arslan N, Demirel H. The effects of geomagnetic storms on ionosphere and GPS signals.

Shea MA, Smart DF, Allen JH, Wilkinson DC. Spacecraft problems in association with episodes of intense Solar activity and related terrestrial phenomena during March 1991. *IEEE Trans. Nuc. Sci*, 1992. (NS-39- 6) 1754-1760.

Rama Rao PVS, Gopi Krishna S, Vara Prasad J, Prasad SNVS, Prasad DSVVD, Niranjana K. Geomagnetic storm effects on GPS based navigation. *Annales of Geophysicae*, 2009 (27) 2101–2110.

<http://iswa.ccmc.gsfc.nasa.gov/IswaSystemWebApp/>

<http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

http://egnos-user-support.essp-sas.eu/egnos_ops/

<http://www.intermagnet.org>

<http://www.swpc.noaa.gov/Data/index.html>

<http://omniweb.gsfc.nasa.gov/ow.html>

Agradecimientos

Los miembros del equipo desean expresar su agradecimiento al Observatorio del Ebro por las facilidades para la obtención y el uso de los ionogramas empleados en este trabajo y a las redes GNSS que nos han facilitado los datos.

Así como al profesor L. Ciruolo del Istituto de Física Applicata “Nello Carrara” por el software de procesamiento para la obtención del TEC.



Muchas gracias por su atención

Influencia en la Península Ibérica del evento solar del 22 de octubre del 2011

M. Rodríguez-Bouza, I. Rodríguez-Bilbao, I. Blanco-Cid,
M. Herraiz, G. Rodríguez-Caderot, B. Moreno-Monge,
S.M. Radicella, B. de la Morena, M. Piserra

