



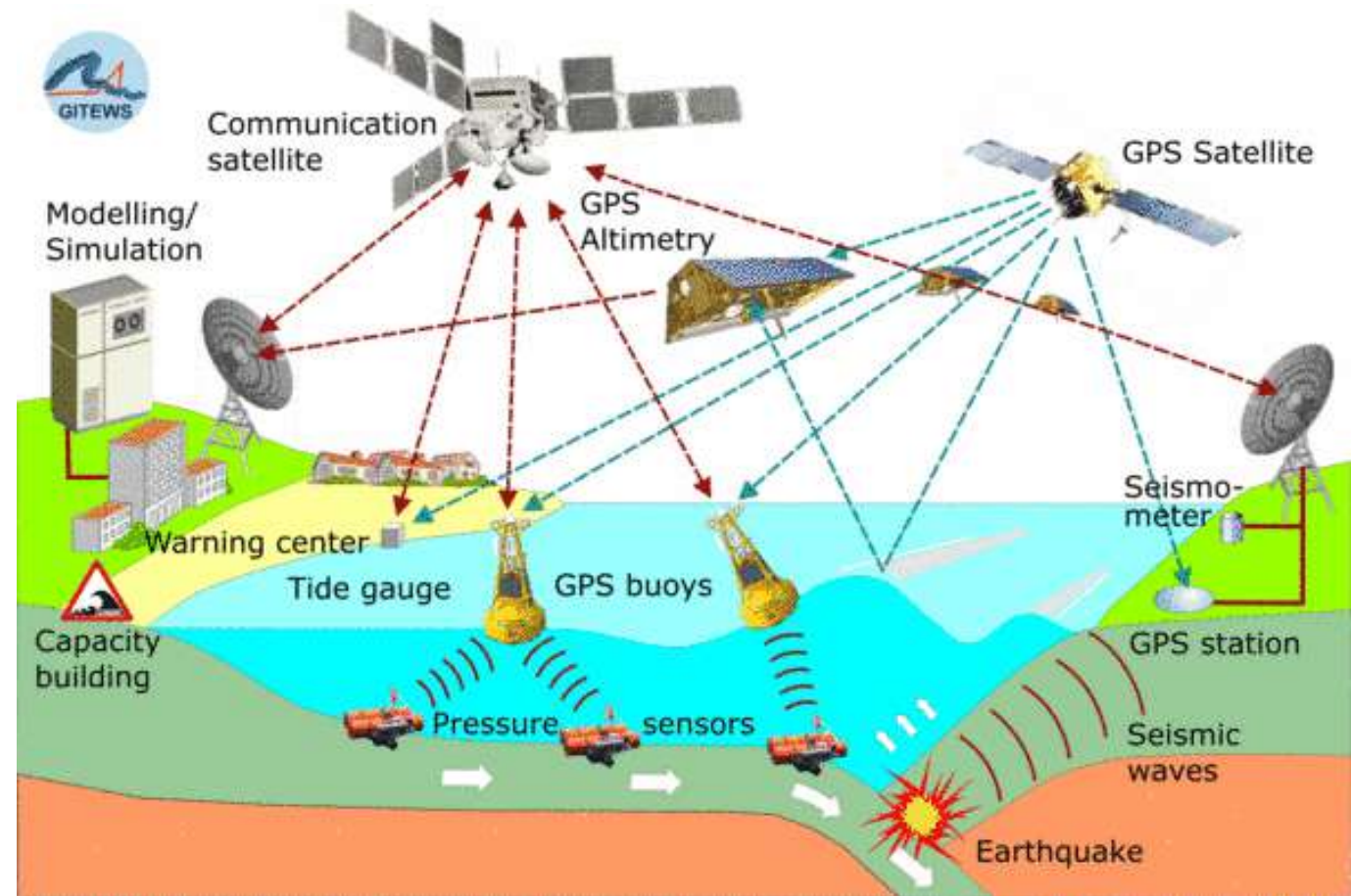
Detección y Medida del Tsunami

Begoña Pérez Gómez
Puertos del Estado

Red marina: función en un sistema de alerta

Confirmación y medida del tsunami (amplitud y tiempo de llegada)

- Validación modelos numéricos
- Mejora predicción de tsunamis en tiempo-real (asimilación de datos)
- Detección eventos no sísmicos: deslizamientos submarinos, seiches, rissagas, meteotsunamis



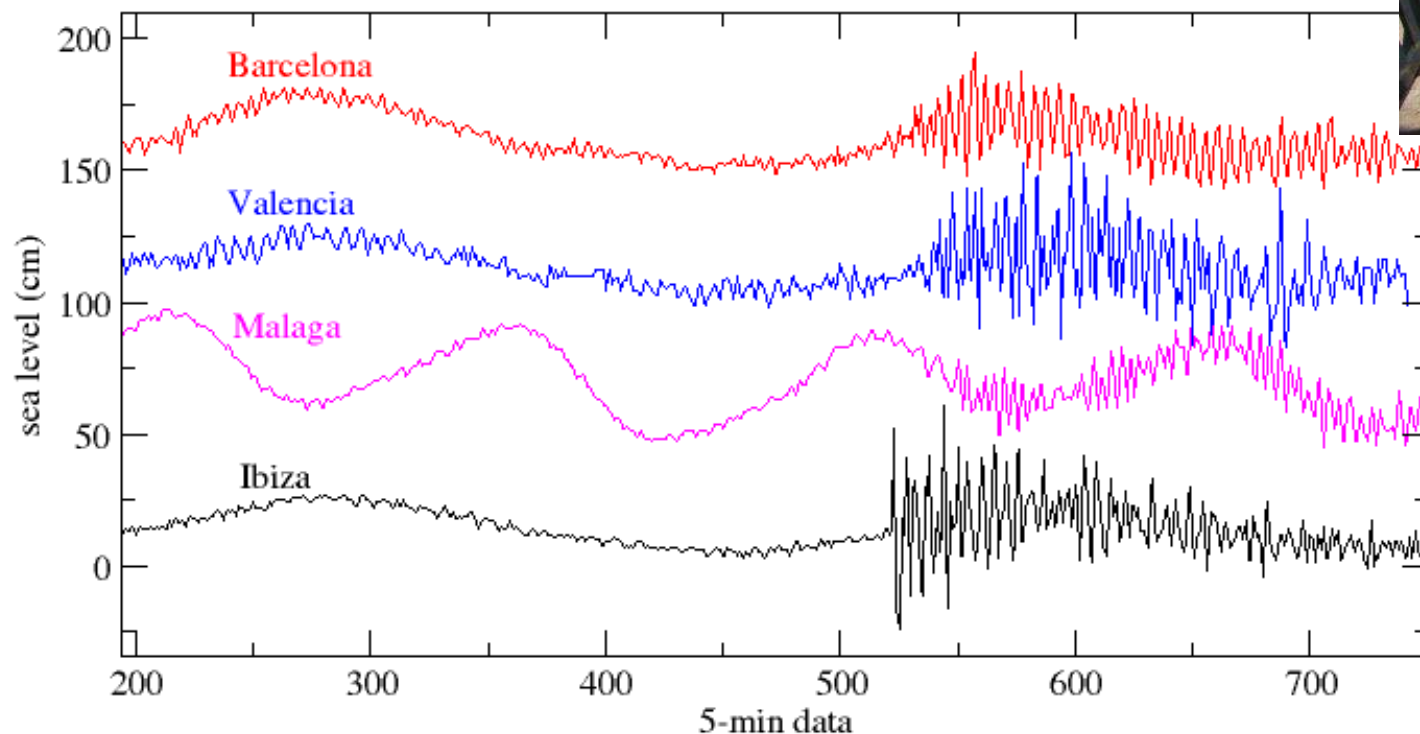
Reducción de incertidumbre y alertas falsas

Red marina: características de la señal

Oscilaciones de nivel del mar con periodos de minutos

Ejemplo: tsunami en Baleares (Mayo 2003)

Tsunami recorded by REDMAR tide gauges in the Mediterranean.
20-22 May 2003. 5-min data.



Necesidad renovación de la red de mareógrafos

Red marina: tipos de instrumentación

En costa: sensor de nivel del mar o mareógrafo



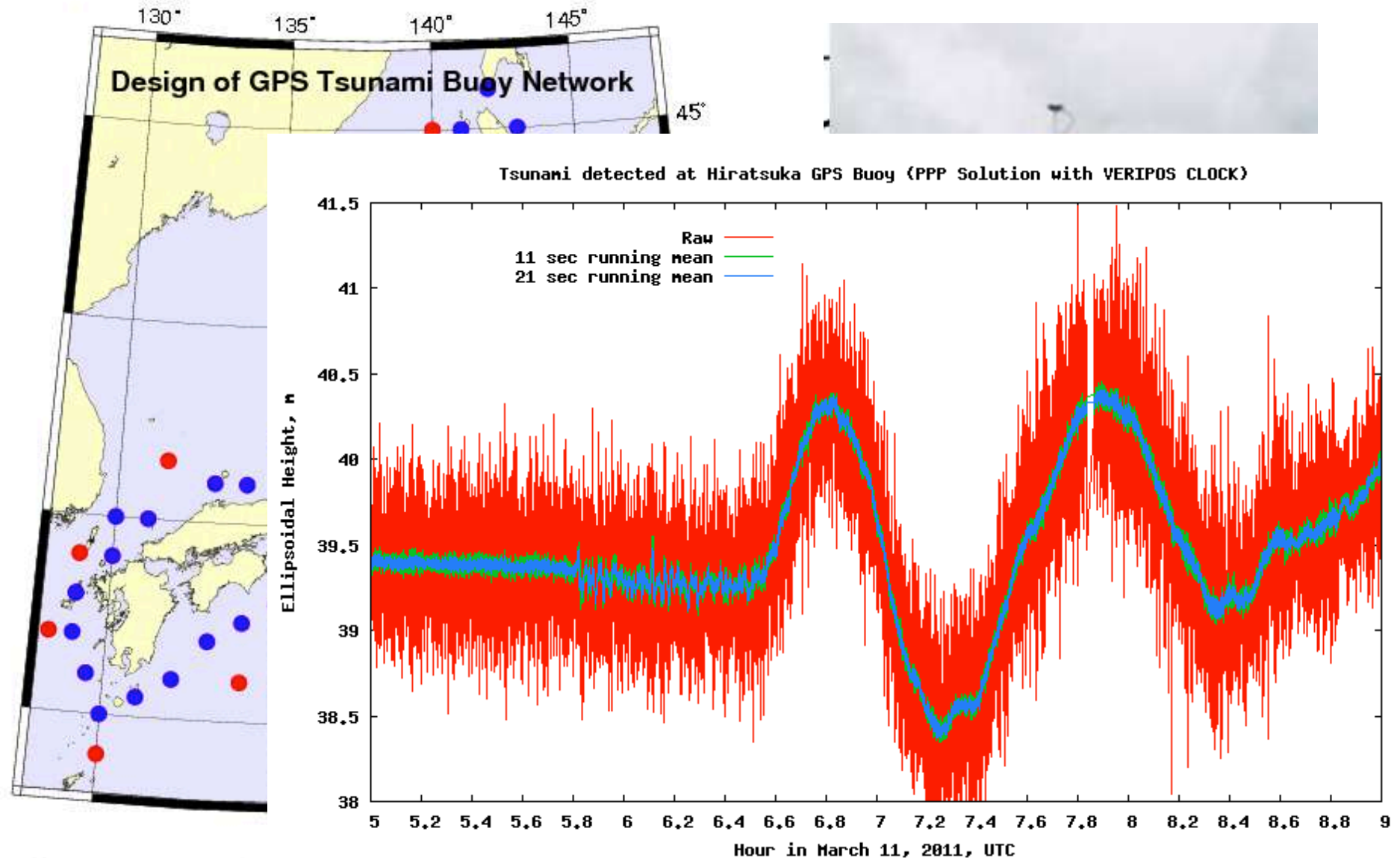
En alta mar: sensores de presión (boyas DART: Bernard et al, 2001)



Red marina: tipos de instrumentación

Boyas GNSS (Japón)

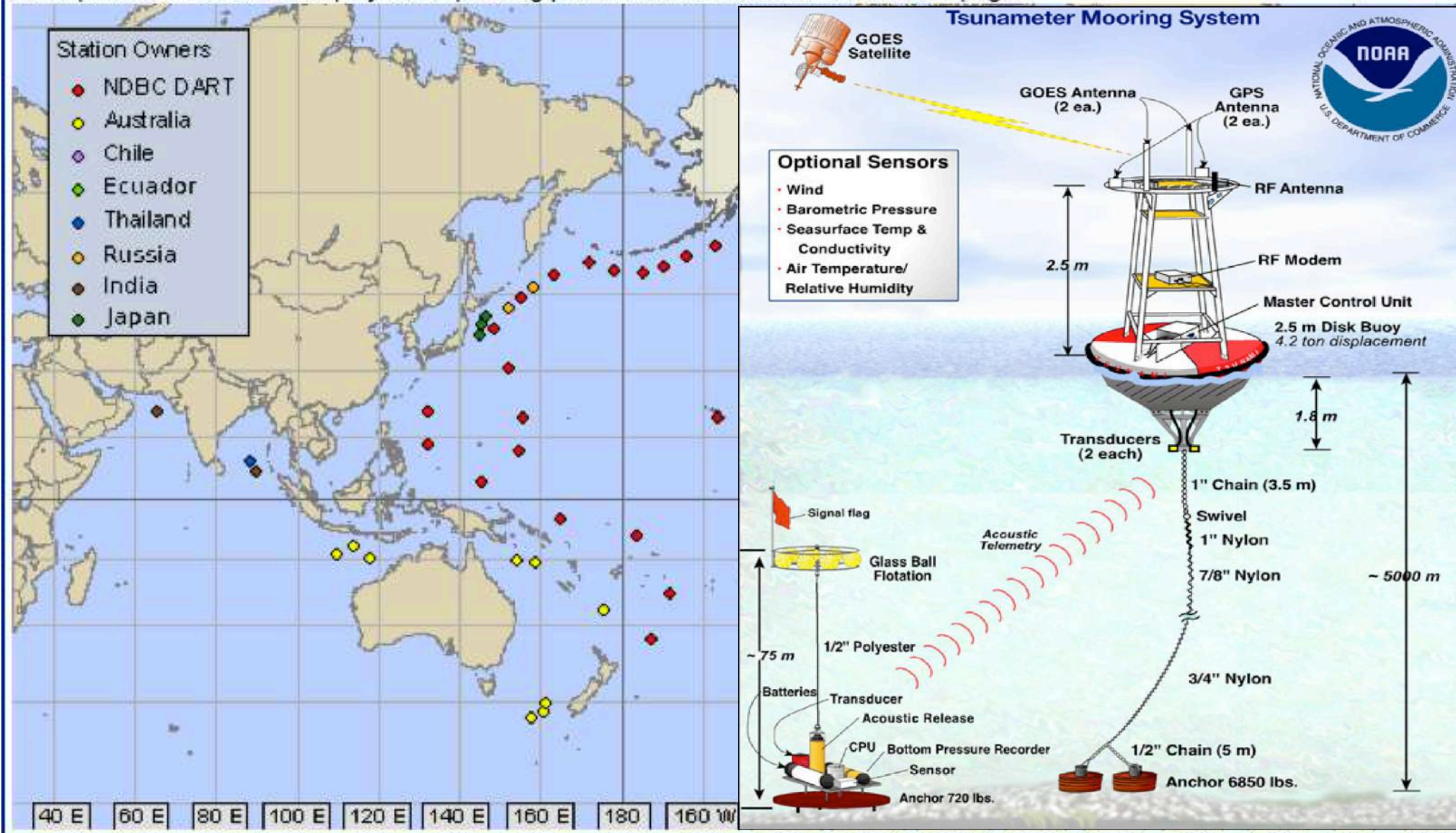
Proposal of New GPS Tsunami Buoy Network for Urgent Warning



Red marina: situación actual

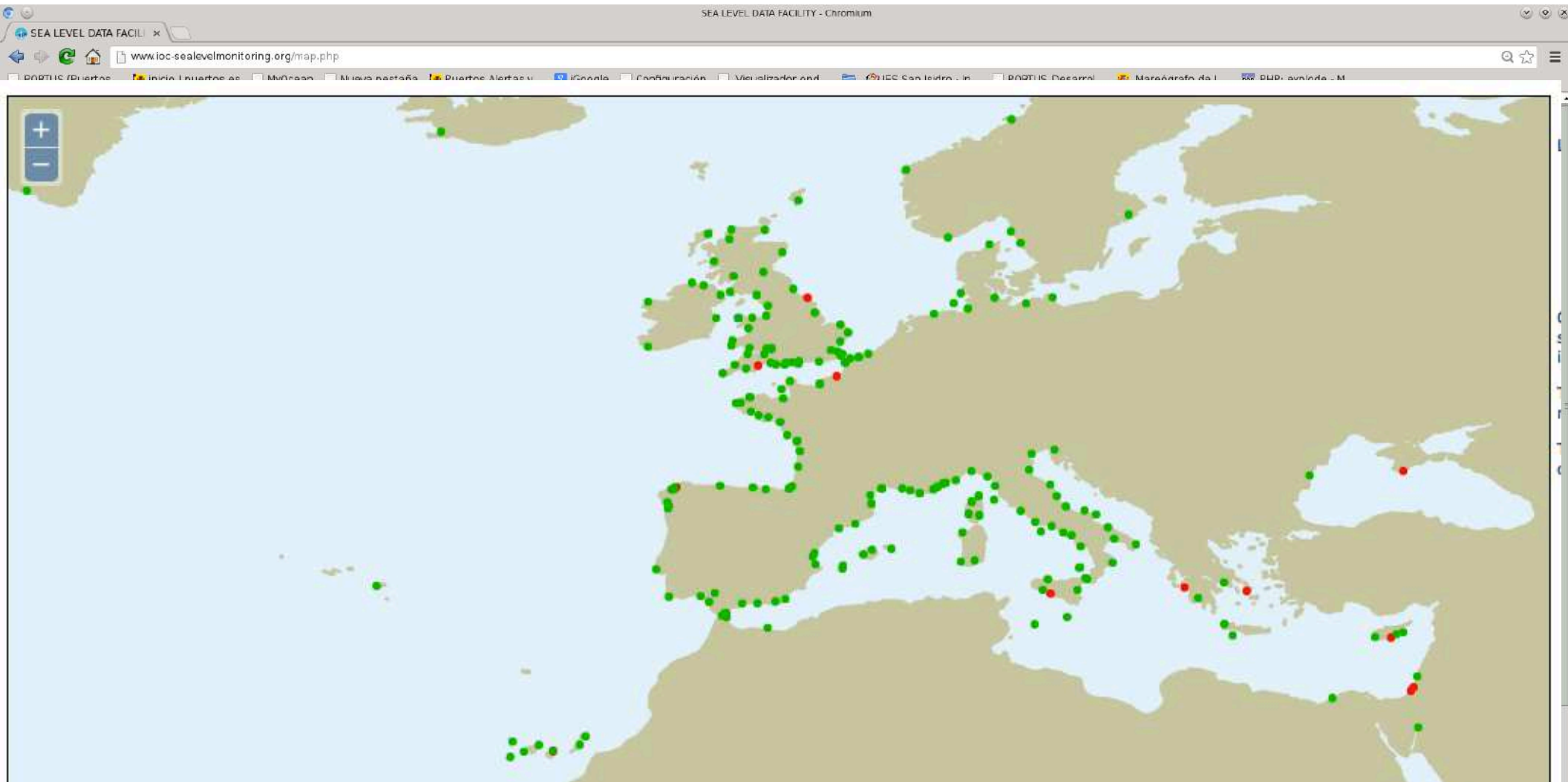
Red de boyas DART de la NOAA

Place pointer on station to display corresponding plot or click on station to view station page.



Red marina: situación actual

Red de mareógrafos contribuyendo al portal SLSMF (UNESCO)



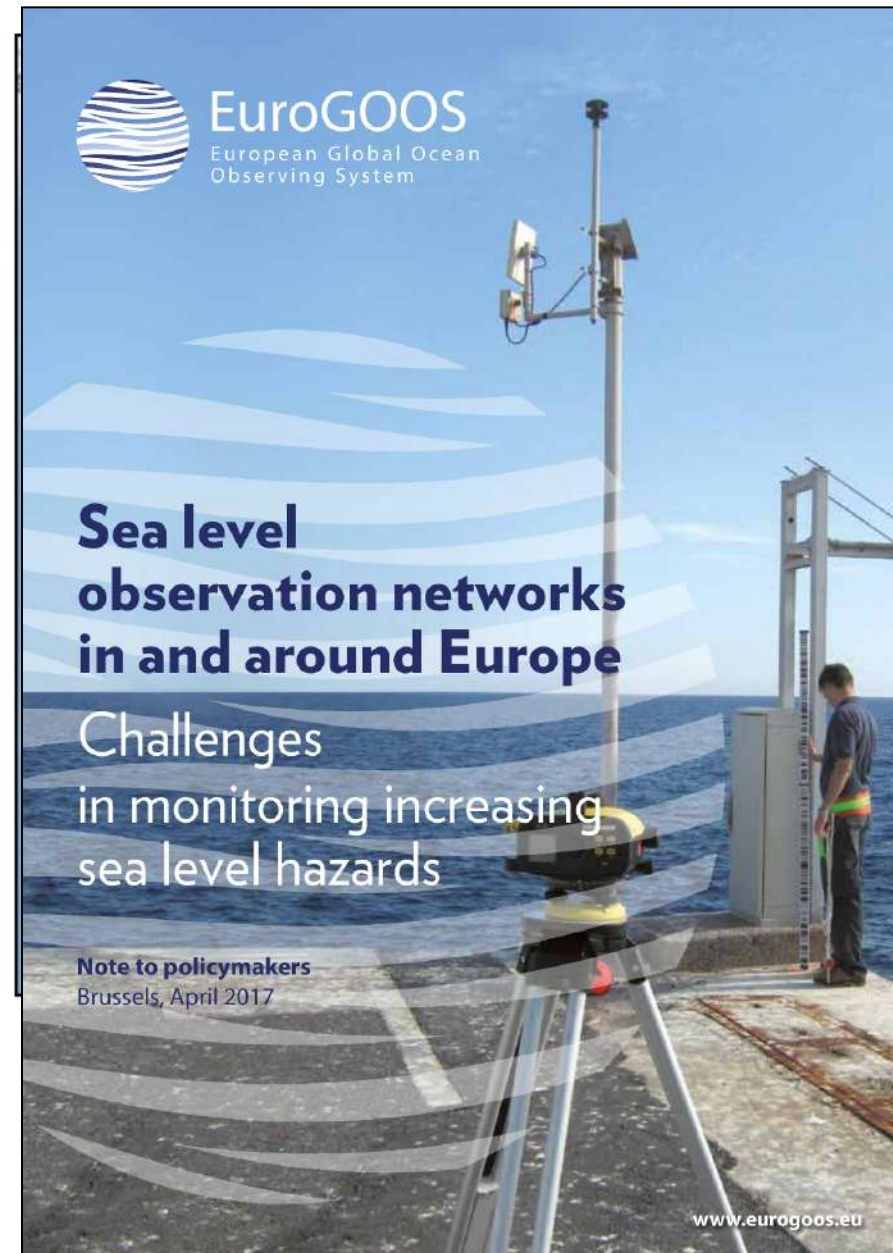
Requisitos Tsunamis: muestreo y latencia transmisión ≤ 1 min
Importancia como elementos de una red

Red marina: situación actual

Evolución redes de mareógrafos en Europa/Mediterráneo

- ✓ Renovación de estaciones desde el tsunami de 2004: actualmente un 61% cumplen requisitos mínimos de latencia de transmisión y muestreo ≤ 1 min
- ✓ Instalación de nuevos mareógrafos en zonas de riesgo tsunamigénico

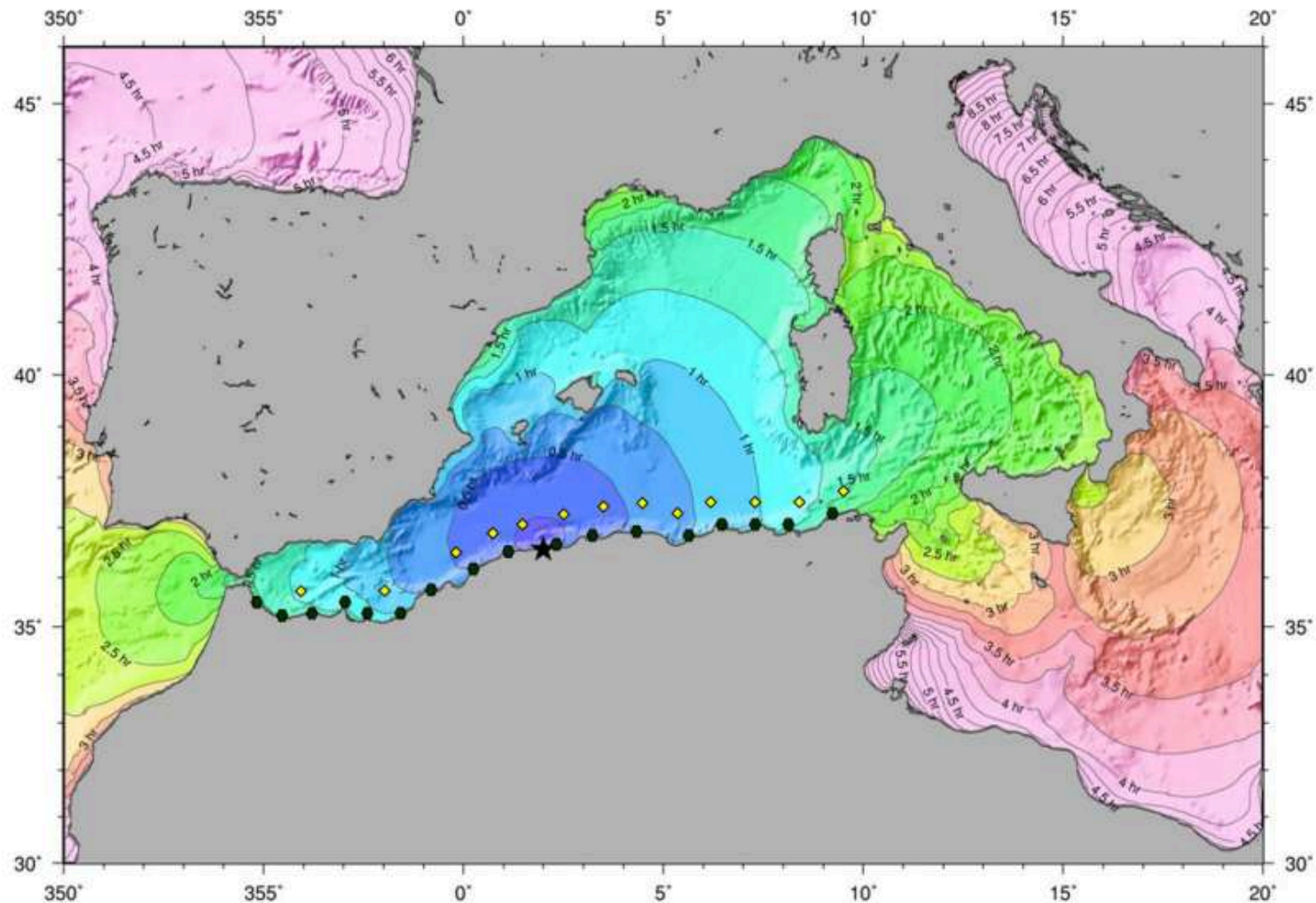
Data sampling and delivery (%)



Propuestas teóricas en nuestras costas

Propuesta red para el Mediterráneo Oeste, **Schindele et al, 2008**:

13 boyas DART cada 50-90 km, 50 km de la costa africana; más mareógrafos en la costa española y hasta 17 en norte de Africa



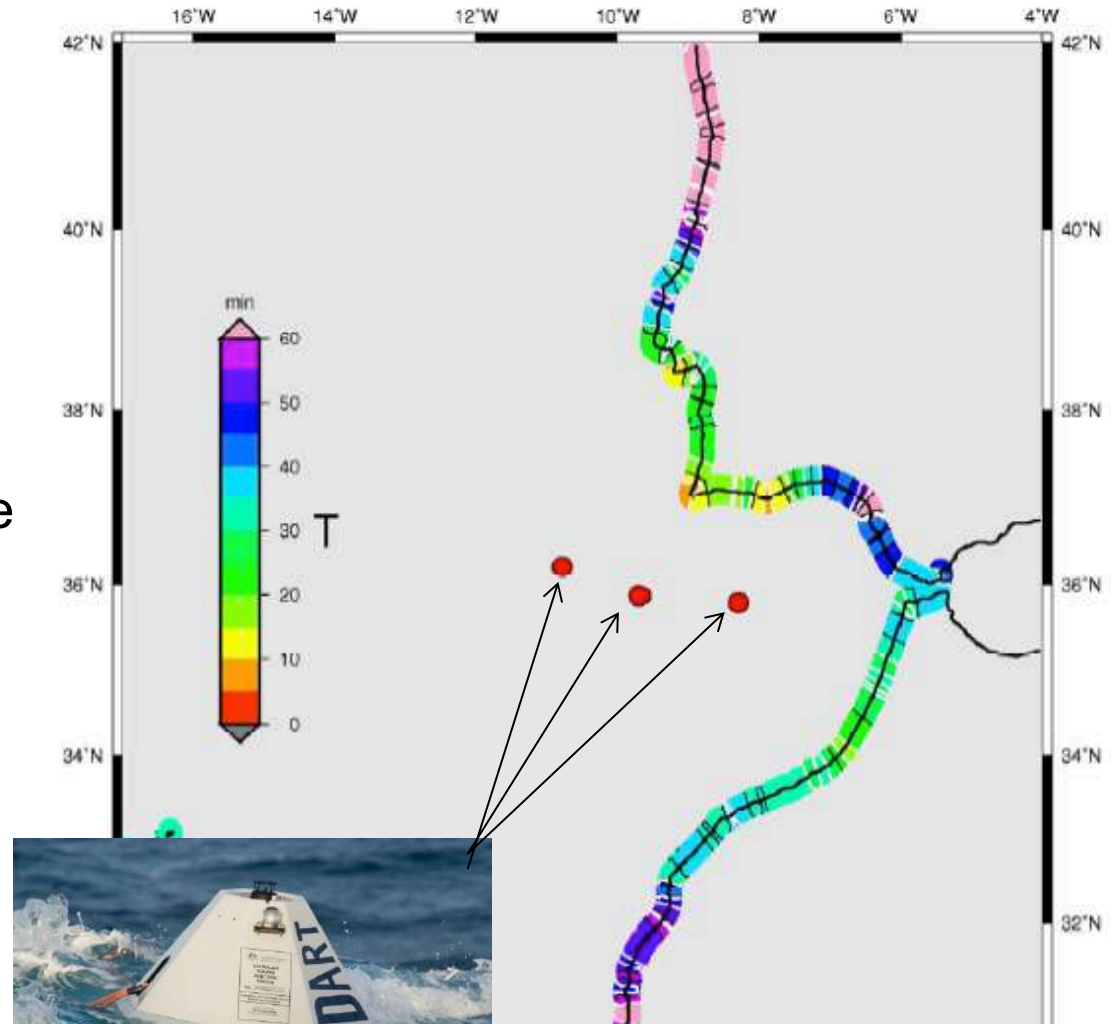
Propuestas teóricas en nuestras costas

Propuesta red para el Golfo de Cádiz, **Omira et al, 2009:**

3 boyas DART y 29 mareógrafos
(Portugal, España y Marruecos)

Efecto 3 boyas DART tiempo emisión
de alerta:

- Aumento del tiempo de alerta entre 7 y 15.4 min para el primer punto afectado (Sagres)
- Aumento del tiempo de alerta para Cádiz de 33.4 a 64.7 minutos



Negociaciones en 2015 Portugal-USA (NOAA) para reubicación de una boya DART del Atlántico al Suroeste del Algarve

Pero....

hoy en día los mareógrafos siguen siendo el único elemento de confirmación disponible en la zona NEAMTWS

tiempos de propagación cortos, hacen difícil justificar la inversión en boyas DART

Contribución de Puertos del Estado

Centro responsable oceanografía operacional en la costa española: sistemas de monitorización y previsión de parámetros océano-meteorológicos: oleaje, **nivel del mar**, corrientes, temperatura y salinidad

- 4 Redes de medida:
 - Red de boyas de aguas profundas
 - Red de boyas costeras
 - **Red de mareógrafos REDMAR (nivel del mar)**
 - Red de radares HF
- 3 Sistemas de predicción:
 - Oleaje
 - Nivel del mar (“storm surge”)
 - Corrientes, temperatura y salinidad

Contribución de Puertos del Estado

Posición boya aguas profundas de Cádiz



Contribución de Puertos del Estado

Sistema PORTUS: <http://portus.puertos.es>



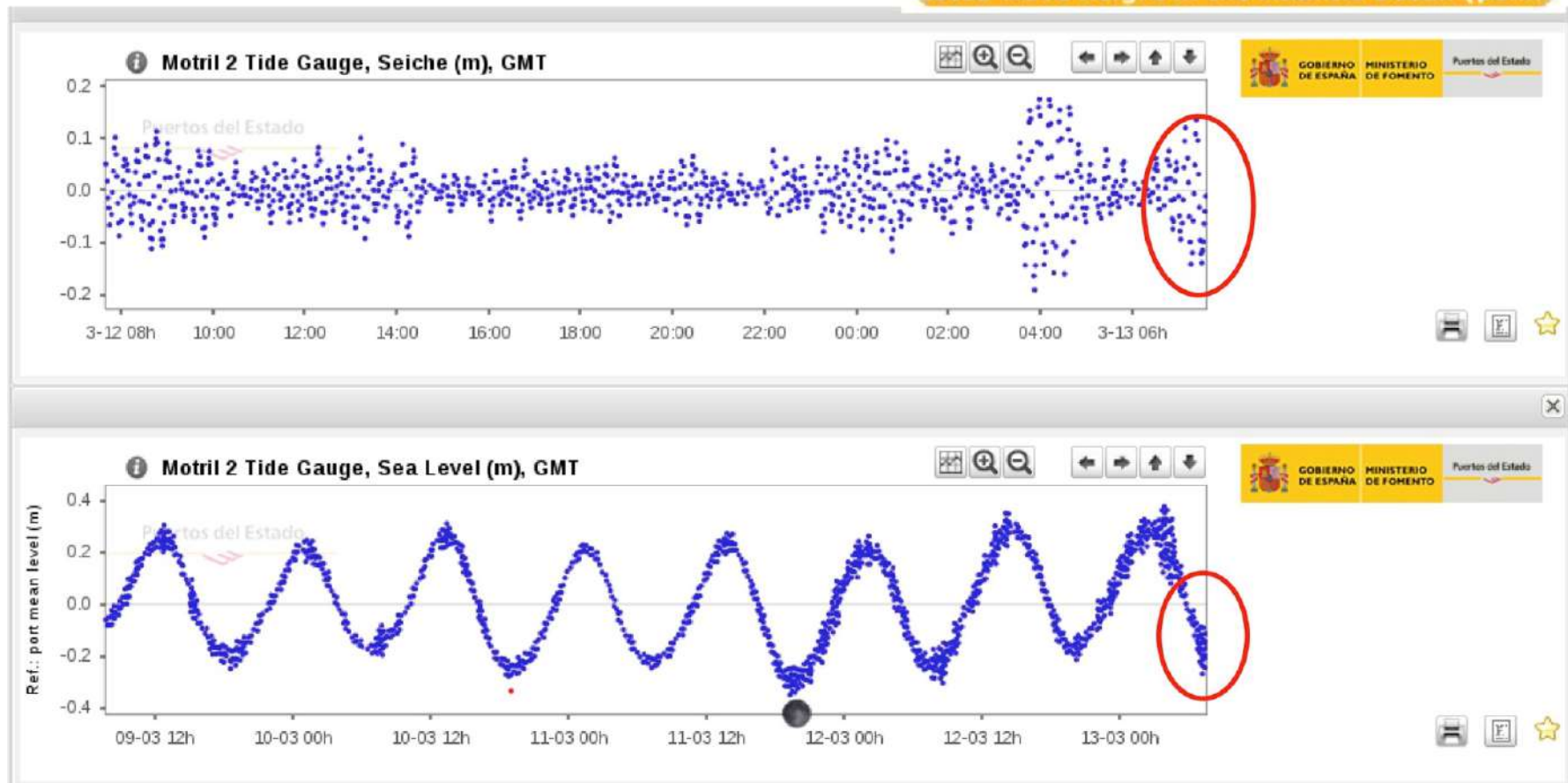
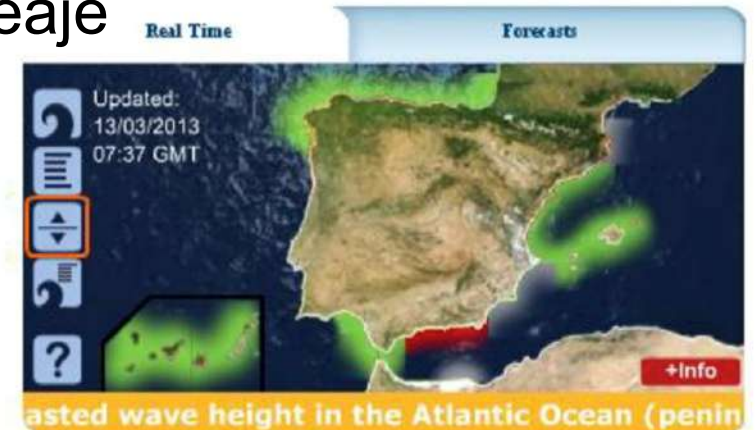
The screenshot displays the PORTUS web application interface. At the top, there is a search bar labeled 'Búsqueda localidad, puerto o playa' and a clock showing '18:25:09 GMT'. Below the search bar is a map of the Iberian Peninsula with numerous port locations marked by red and green icons. To the right of the map is a sidebar with three sections: 'Predicciones', 'Datos en Tiempo Real', and 'Datos Historicos'. Each section contains a list of data types with checkboxes. The 'Predicciones' section includes 'Oleaje Atlántico', 'Viento', 'Corrientes', 'Salinidad', 'Oleaje Medit.', 'Nivel del Mar', and 'Temp. del Agua'. The 'Datos en Tiempo Real' section includes 'Oleaje', 'Onda Larga', 'Viento', 'Temp. del Agua', 'Corrientes', 'Nivel del Mar', 'Agitación', 'Presión Atm.', 'Temp. del Aire', and 'Salinidad'. The 'Datos Historicos' section includes 'Oleaje', 'Viento', 'Temp. del Agua', 'Nivel del Mar', 'Agitación', and 'Presión Atm.'. The 'Datos en Tiempo Real' section is circled in red. At the bottom of the interface, there is a Google logo, a footer with 'GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO Puertos del Estado', and a copyright notice 'Imágenes ©2014 TerraMetrics'.

Aplicaciones básicas: operatividad y diseño de infraestructuras portuarias, estudios de cambio climático, ayuda a la navegación, oceanografía operacional, salvamento marítimo, vertidos...

Contribución de Puertos del Estado

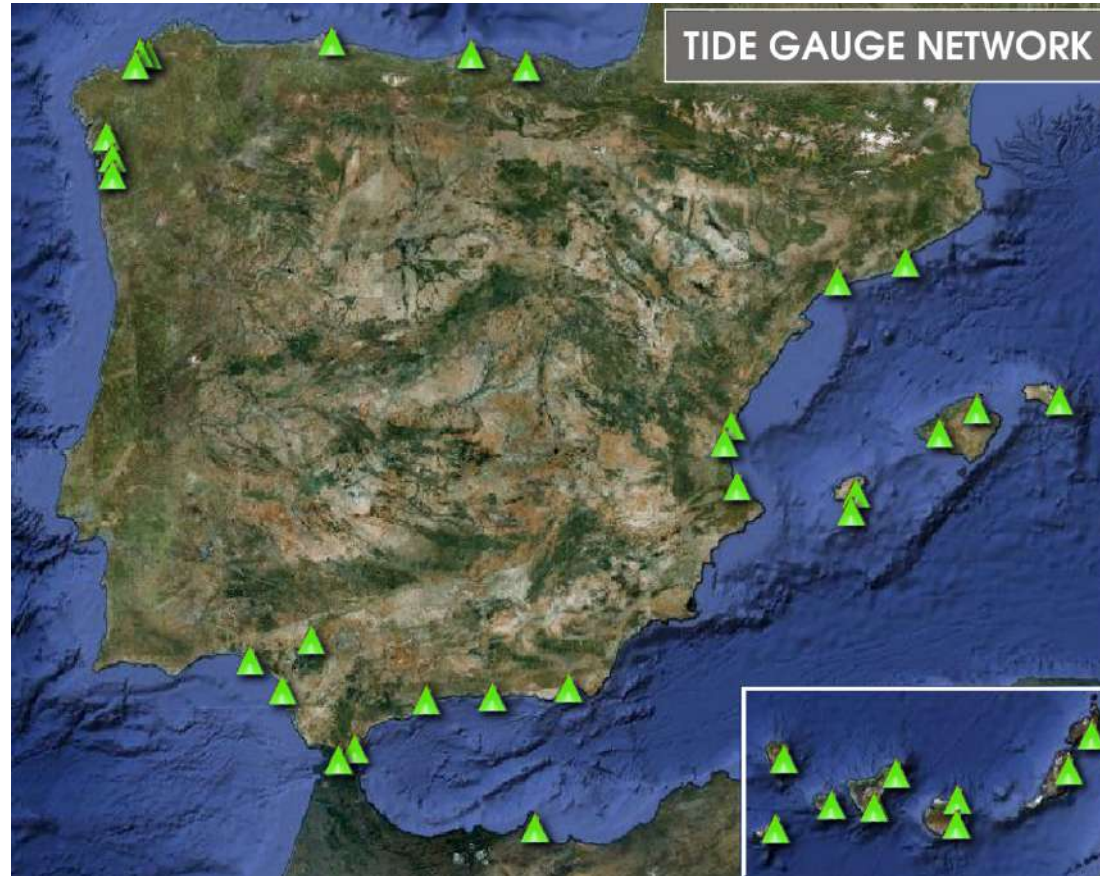
Sistema de alertas de nivel, oscilación y oleaje

- Wave alert →
- Sea level alert →
- Oscillations alert →**
- Wave / sea level combined alert →

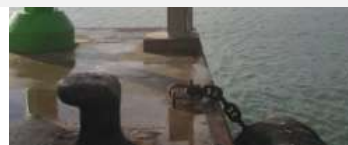


La red de mareógrafos REDMAR

36 estaciones multi-propósito

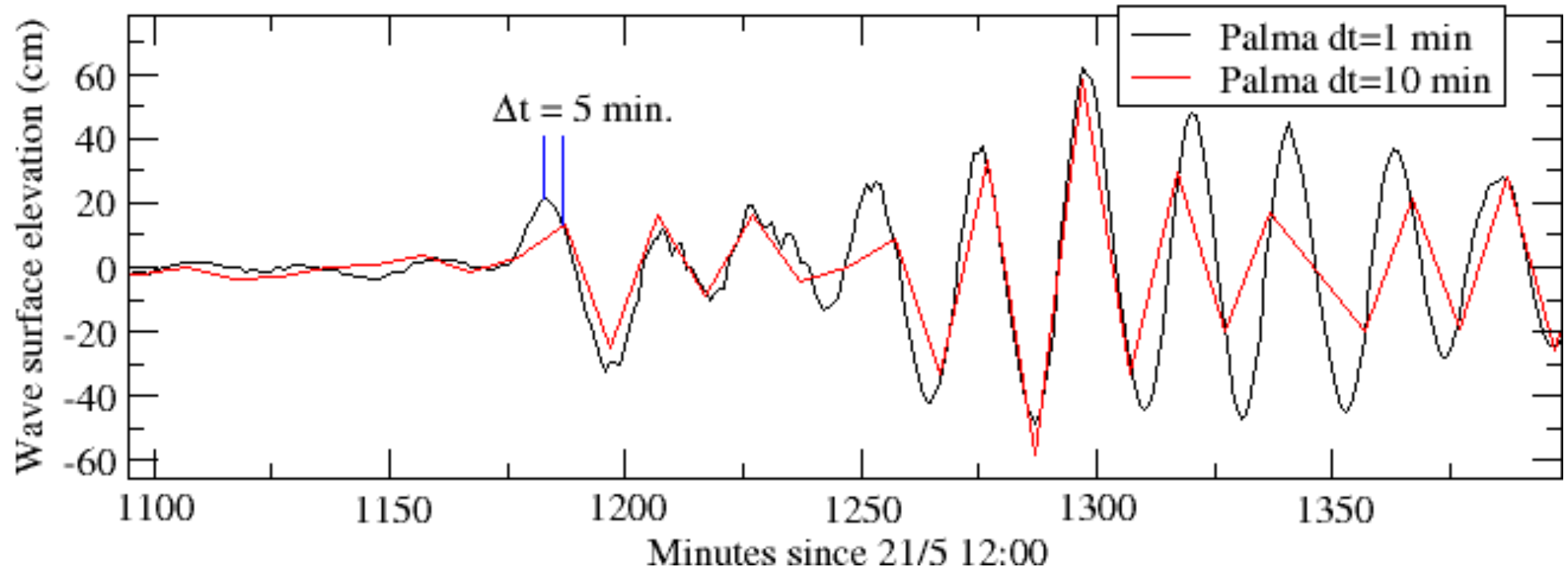


Muestreo y transmisión de datos cada minuto
Integrada en la Red Nacional de Alerta de Tsunamis (IGN) desde
2015



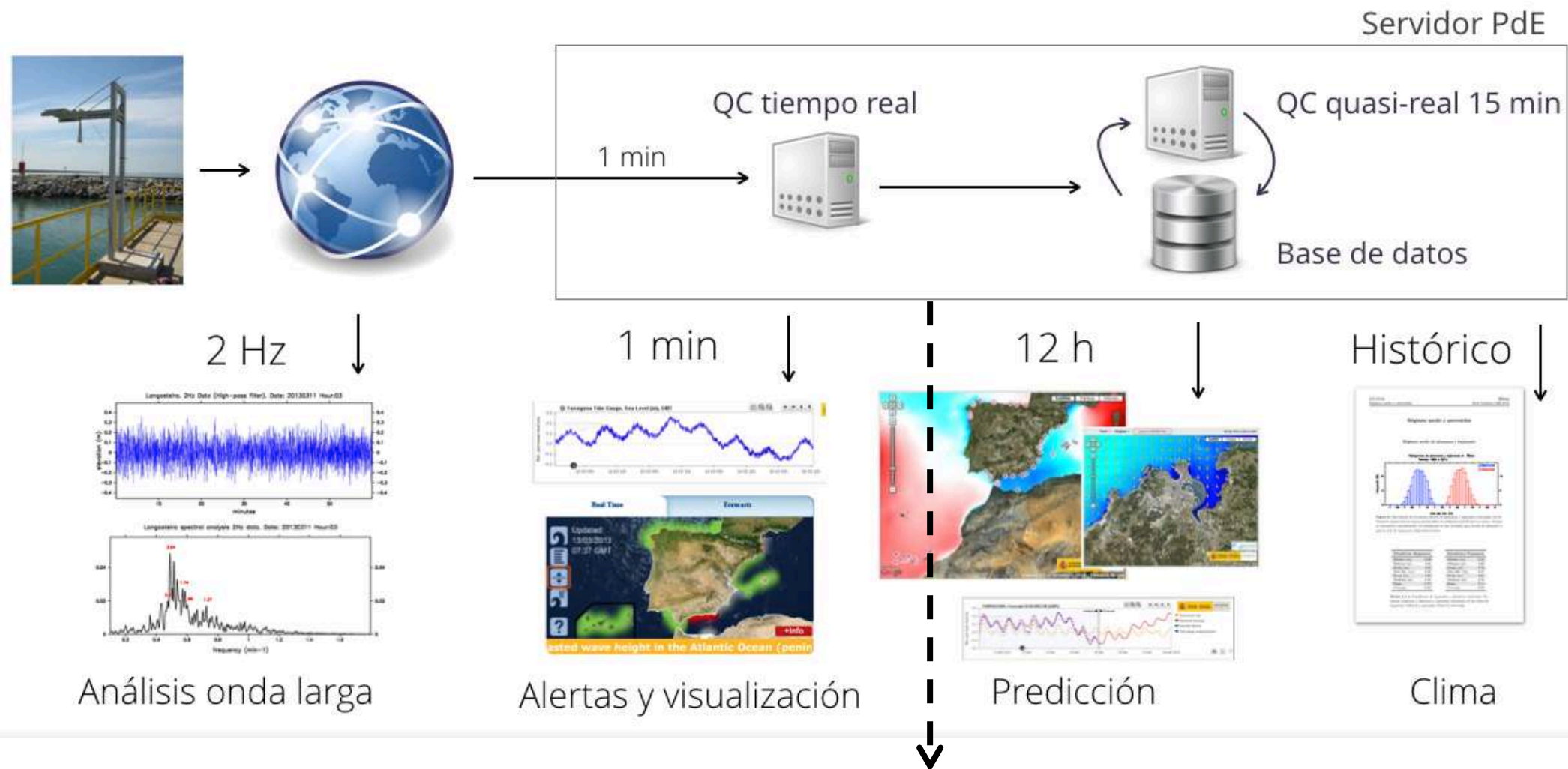
La red de mareógrafos REDMAR

Influence of data sampling on time arrival and amplitude determination



Nuevos equipos: reducción muestreo y frecuencia de transmisión a 1 min tras tsunami de Baleares en 2003

La red de mareógrafos REDMAR



Proyecto en marcha (SOPRANO):
proceso datos 2Hz,
caracterización de la señal de alta
frecuencia en tiempo real

**IGN y SLSMF
(UNESCO)**

Delay 1-2 min

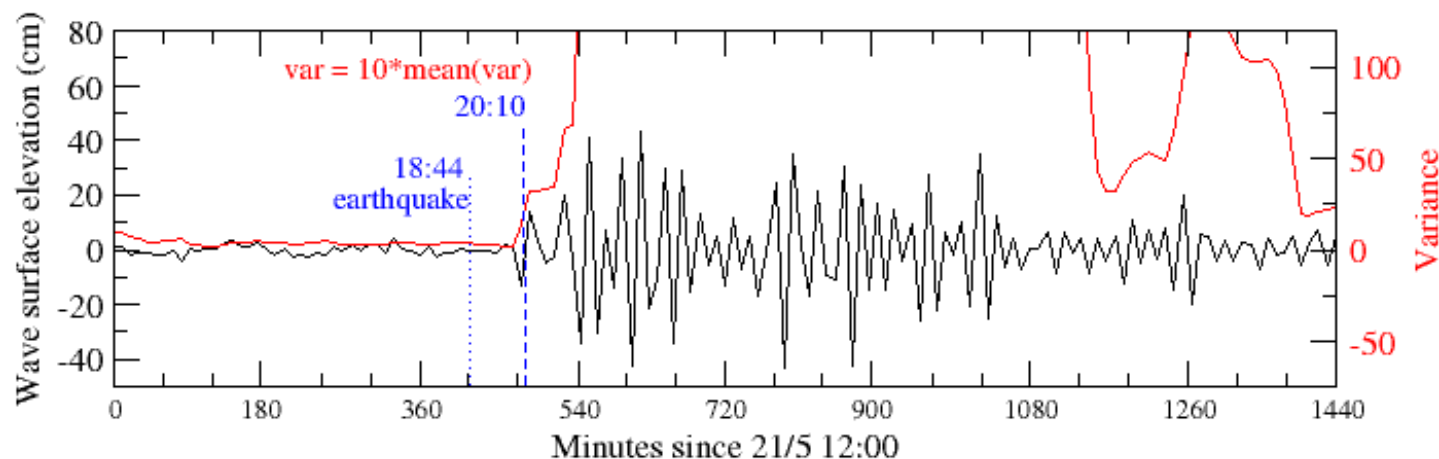
La red de mareógrafos REDMAR

Algoritmo automático de detección de tsunamis operativo en PdE:

Elementos del algoritmo:

- Control de calidad automático en dos fases: cada minuto y cada 15 minutos
- Filtro digital (FIR) paso altas frecuencias (periodos < 3 horas)
- Configuración de umbrales para emisión de alerta
- Algoritmo de detección: evolución varianza señal filtrada en una ventana móvil
- Envío automático de mensajes y visualización

Alicante Sea Level Data



Alertas transmitidas también al IGN en la actualidad

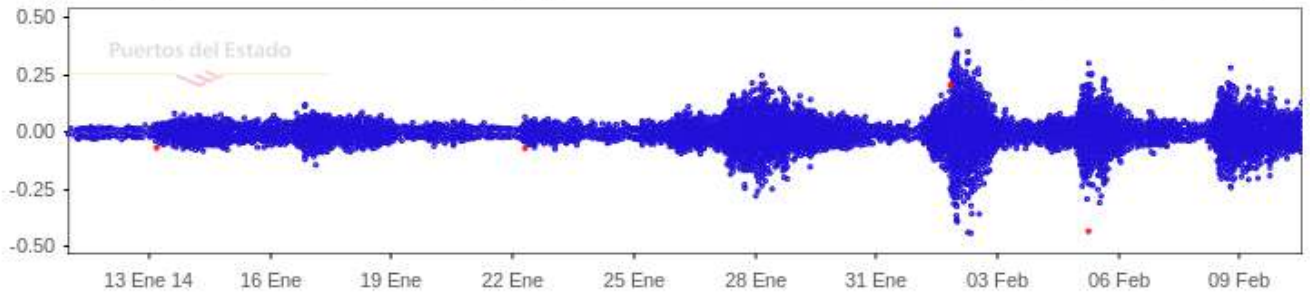
Interpretación de datos y alertas

Eventos “similares” a un tsunami: tormentas Enero-Febrero 2014

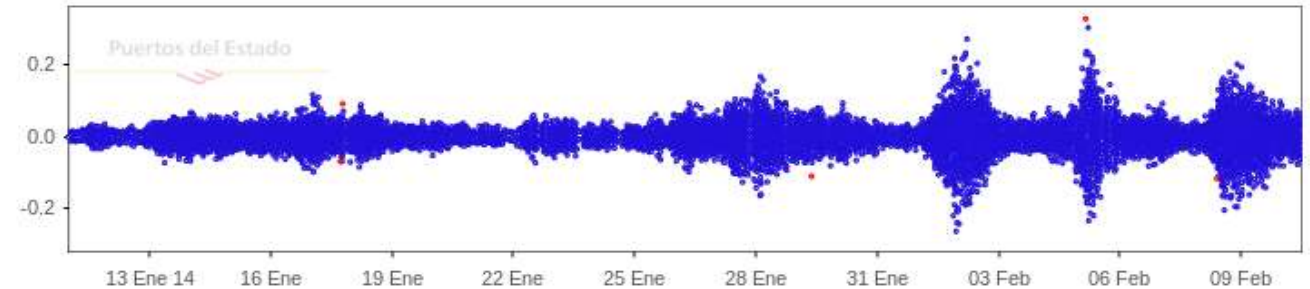


ondas infra-gravitatorias generadas por el oleaje

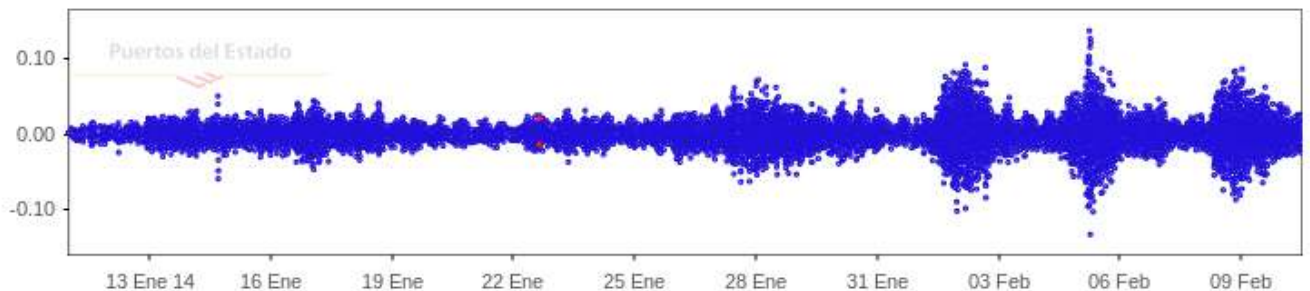
Mareógrafo de A Coruña, Onda Larga (m), Hora GMT



Mareógrafo de Ferrol 1, Onda Larga (m), Hora GMT

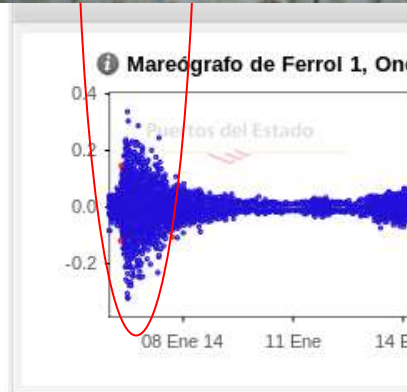
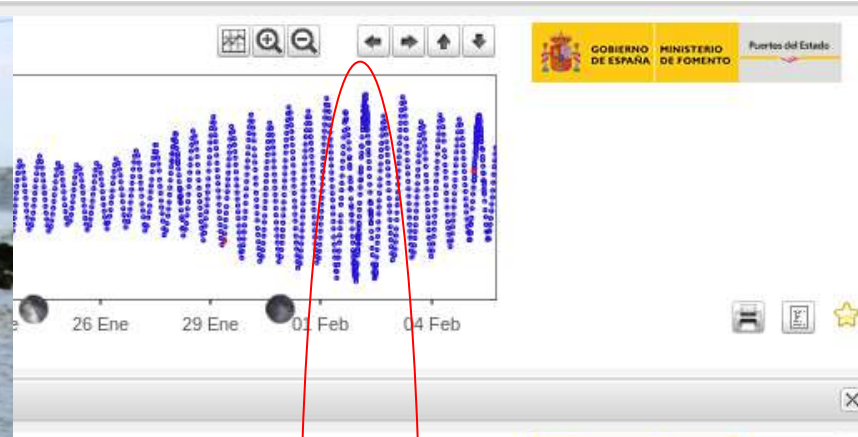


Mareógrafo de Ferrol 2, Onda Larga (m), Hora GMT



Interpretación de datos y alertas

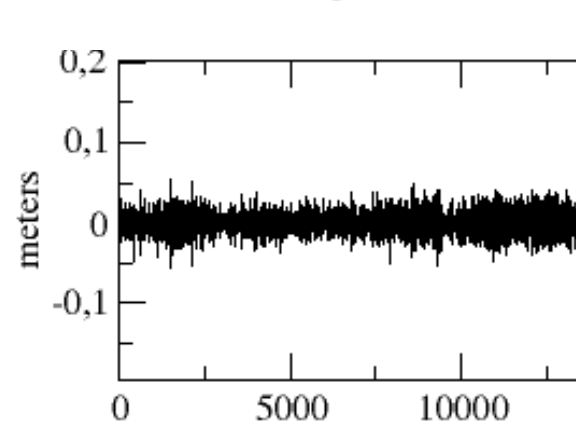
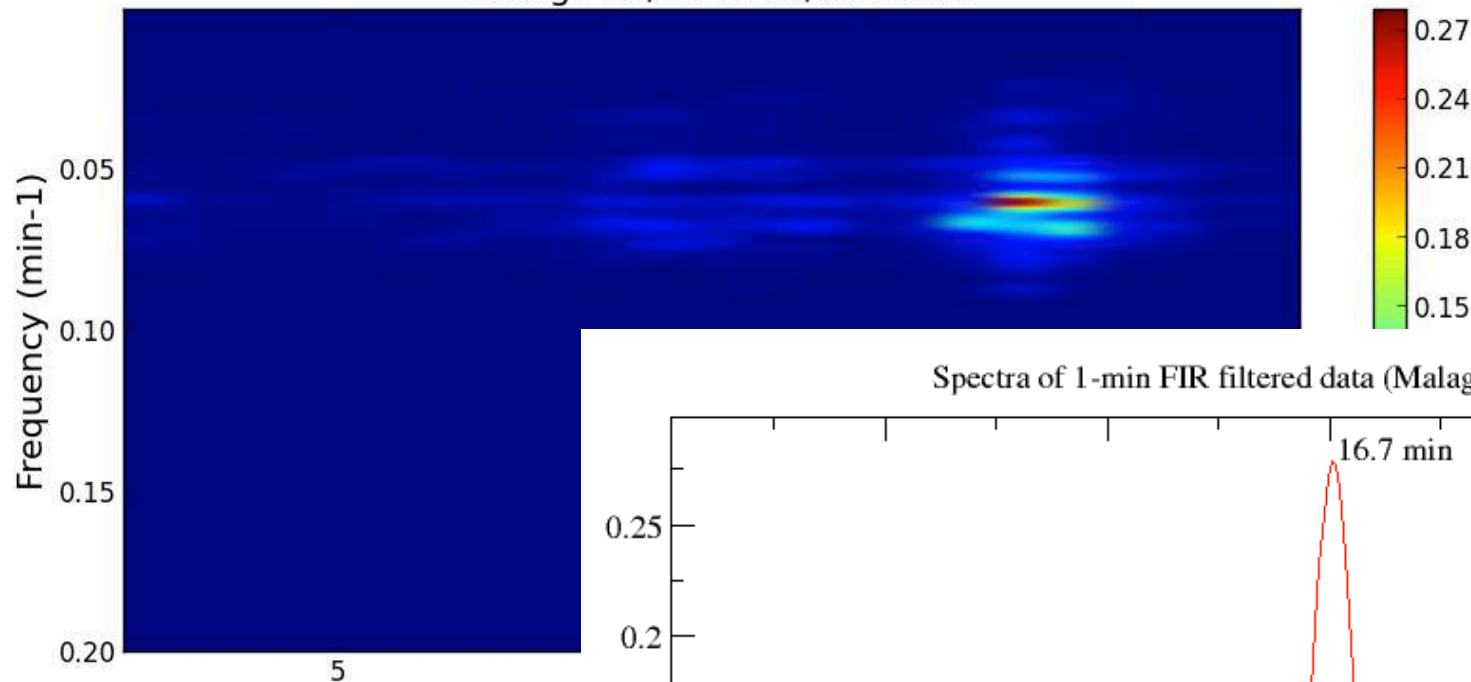
Eventos “similares” a un tsunami: tormentas Enero-Febrero 2014



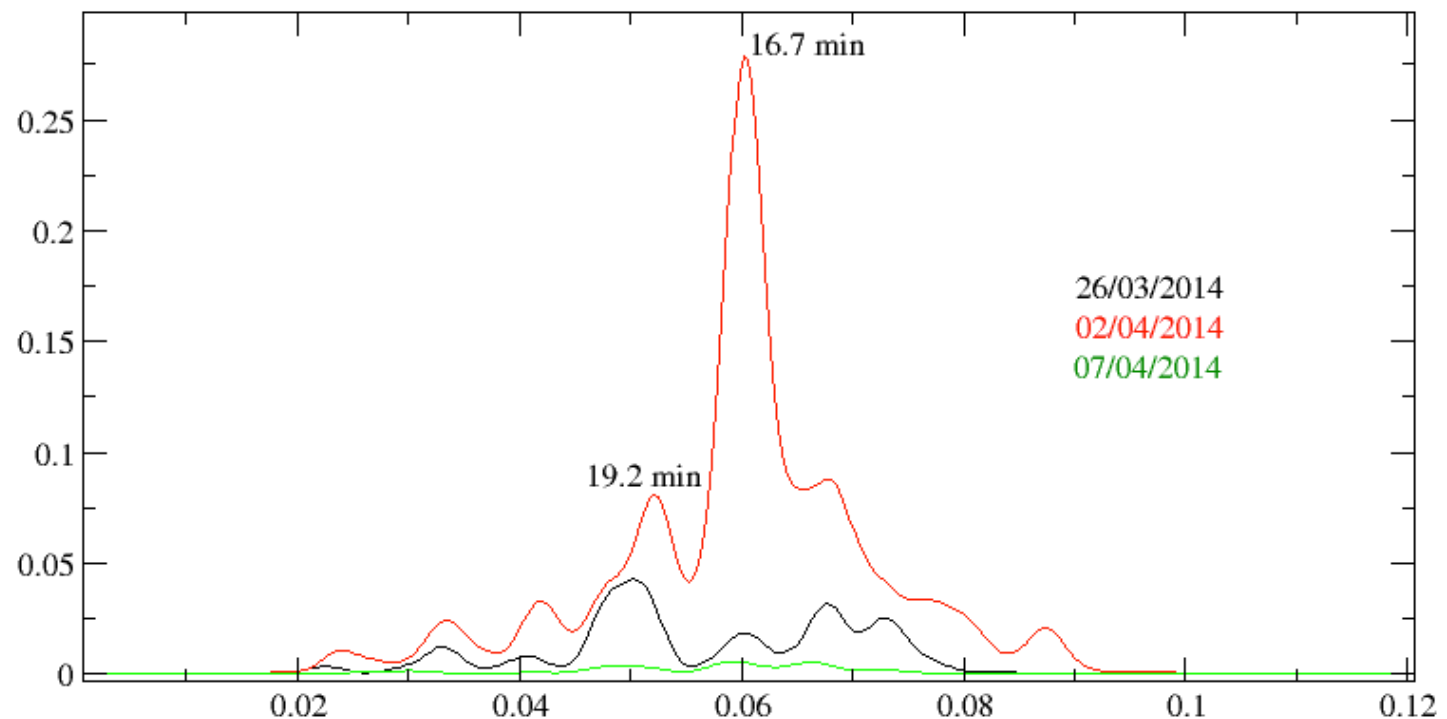
Interpretación de datos y alertas

Eventos “similares” a un tsunami: meteo-tsunamis Mediterráneo

Spectrogram 1-min FIR-filtered sea level.
Malaga 15/03 to 07/04 2014.



Spectra of 1-min FIR filtered data (Malaga), for different days



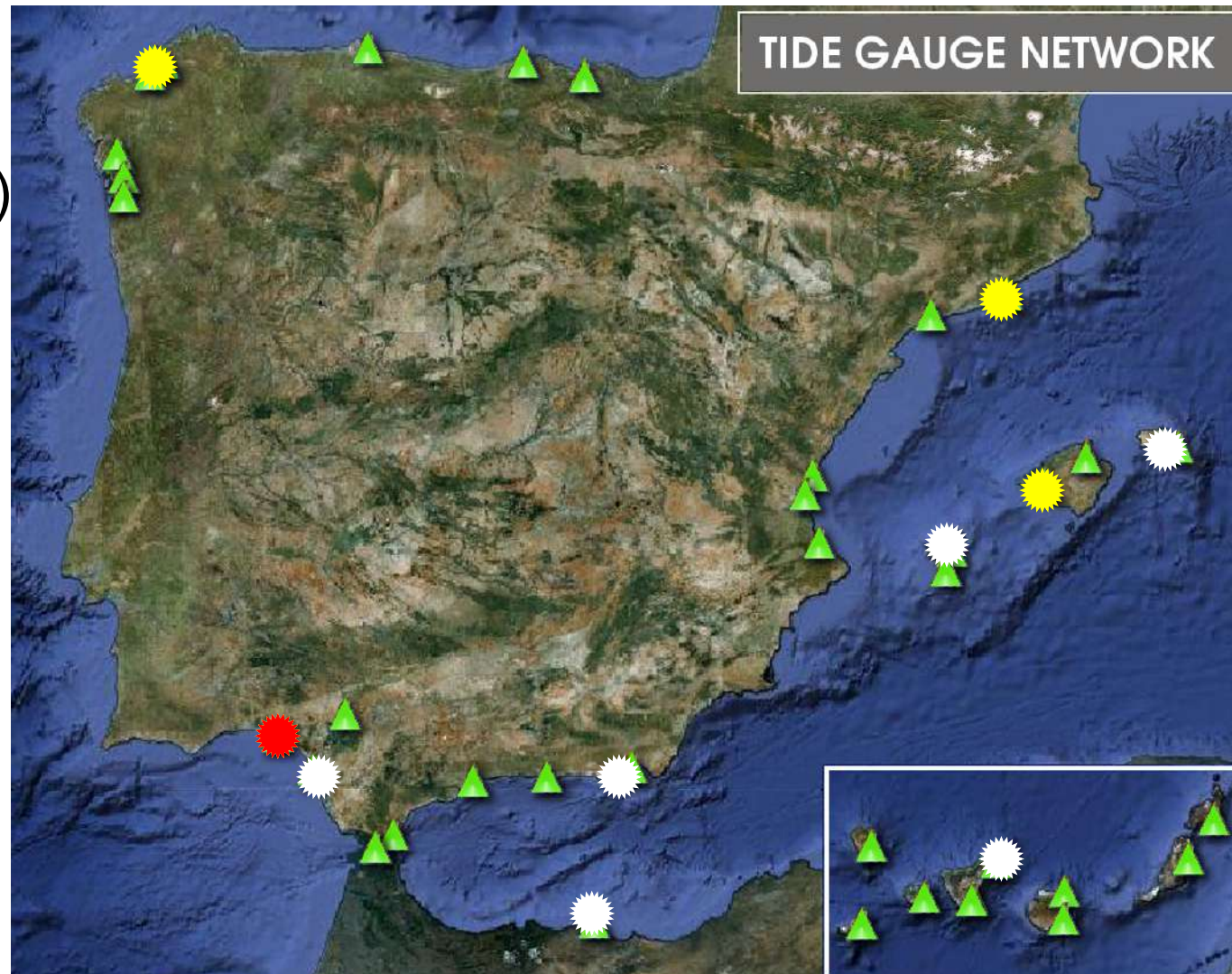
Nuevas actuaciones red mareógrafos

En la REDMAR: redundancia comunicaciones, nuevos sensores

VSAT (IGN)

GNSS – mareógrafo

Sensor presión (Huelva)

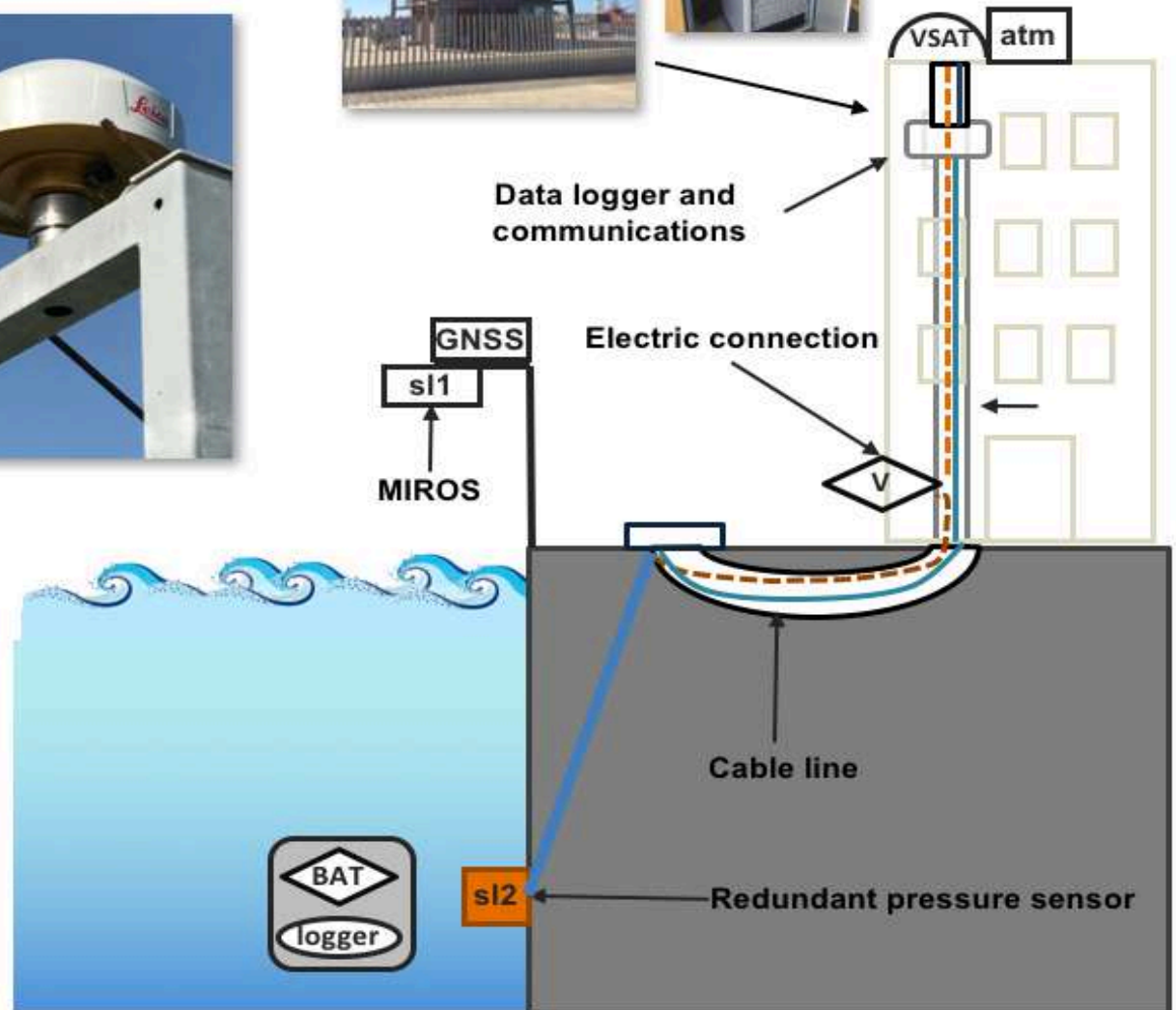
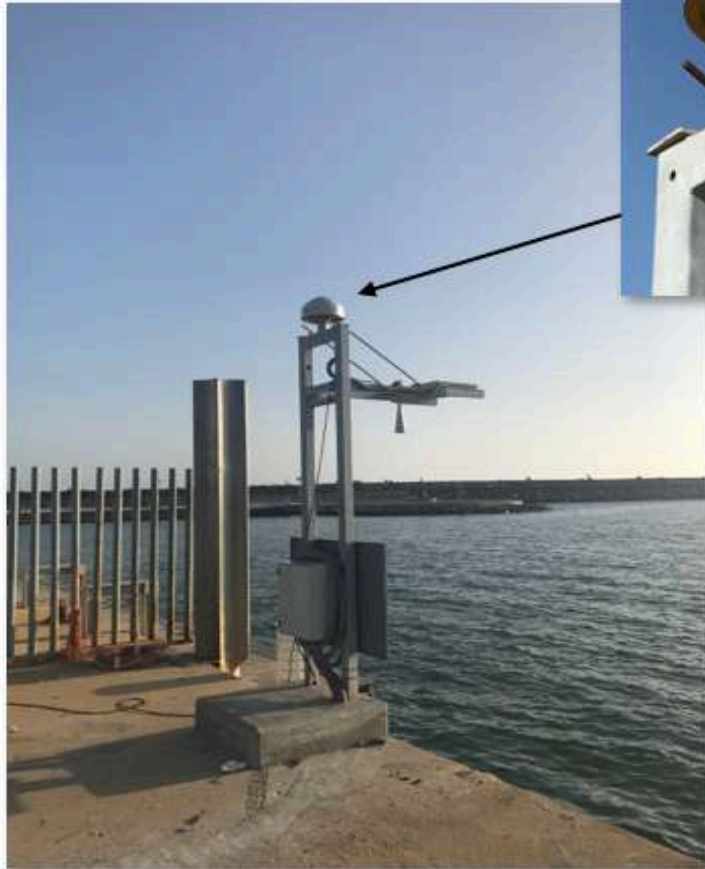


Estación piloto “Tsunami-Ready” en Huelva (SOPRANO)

Nuevas actuaciones red mareógrafos

Estación piloto Huelva:
sensor de presión redundante

Huelva pilot station
Tsunami requirements
SOPRANO project



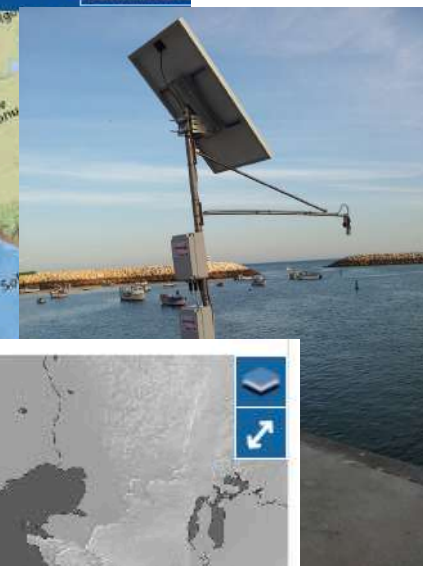
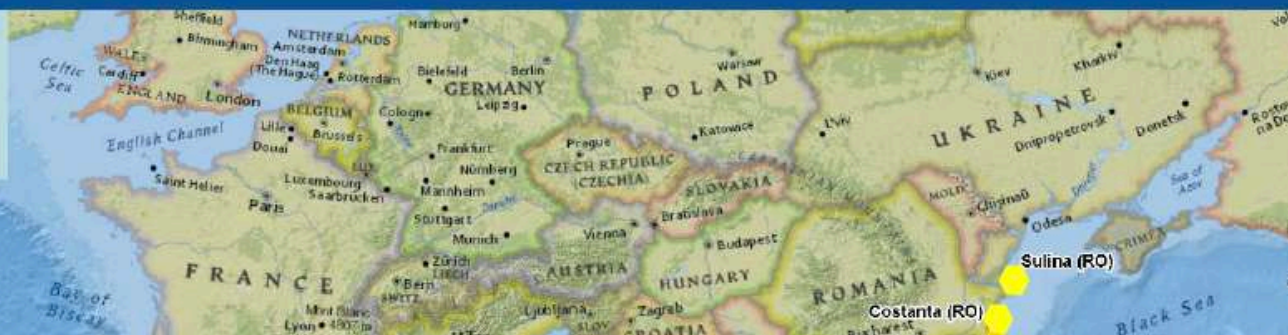
Nuevas actuaciones red mareógrafos

En NEAMTWS proyecto IDSL JRC/UNESCO: objetivo 20 estaciones

IDSL Status 19th Oct 2015

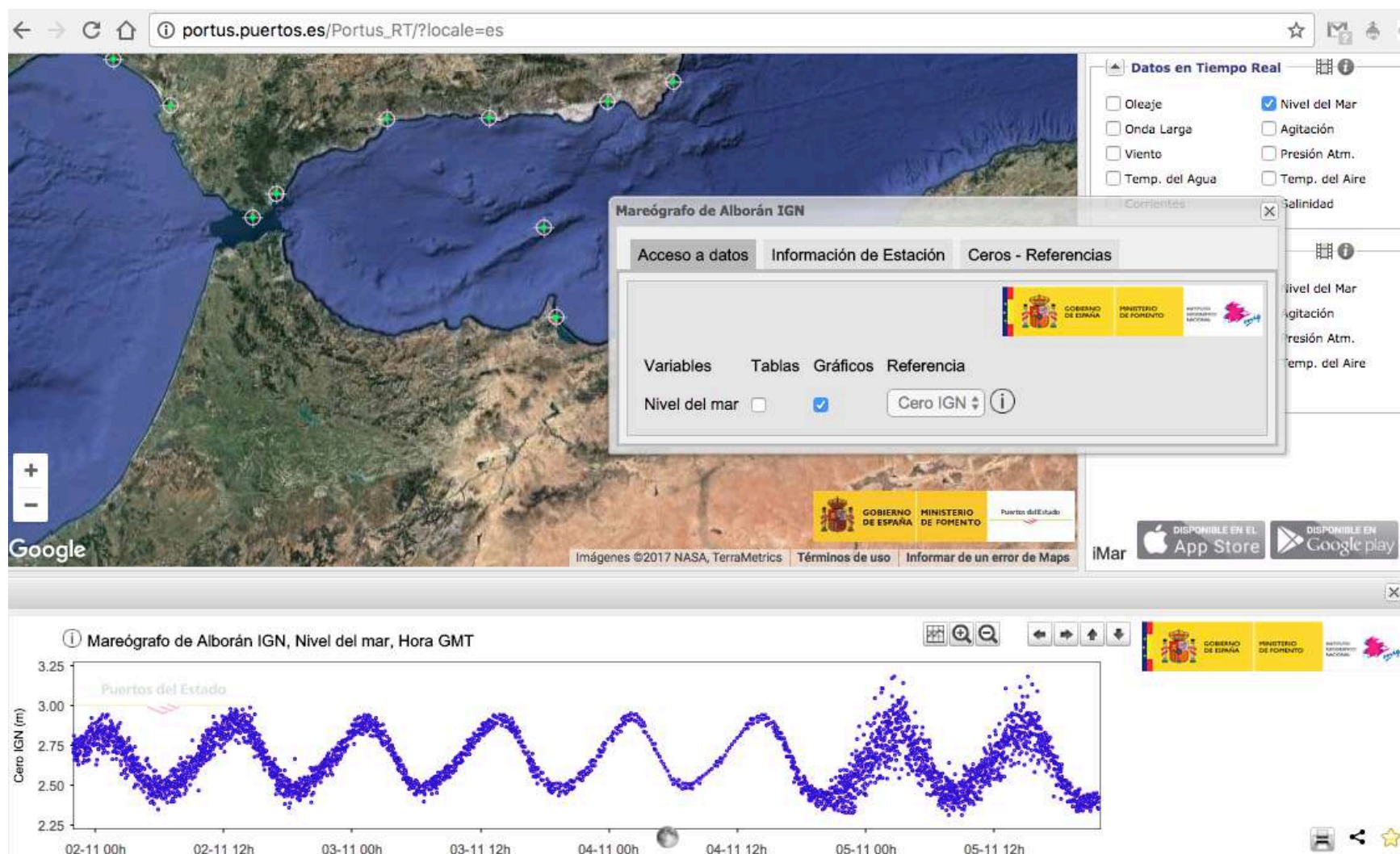


- Planned
- Surveyed
- ★ Installed



Nuevas actuaciones red mareógrafos

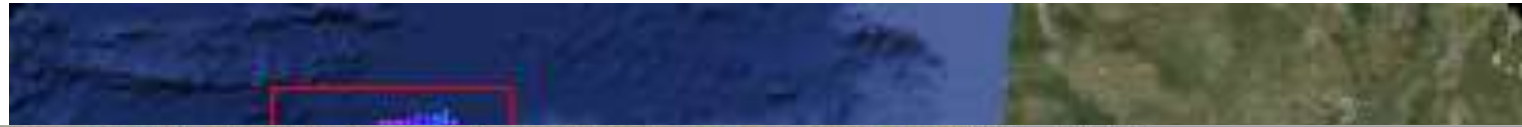
Nuevo mareógrafo del IGN en la isla de Alborán



Ubicación crítica para reducir tiempos de alerta en el Mar de Alborán:
recomendado por NEAMTWS como zona de interés para sensor de tsunamis

Instrumentación adicional (futuro)

Radares HF:



IMPORTANTE:

El sistema no está preparado para detección de tsunamis

*Previsto incorporación algoritmo tsunamis en Portugal
(proyecto OCASO)*

28/09/14 29/09 18H 29/09/14

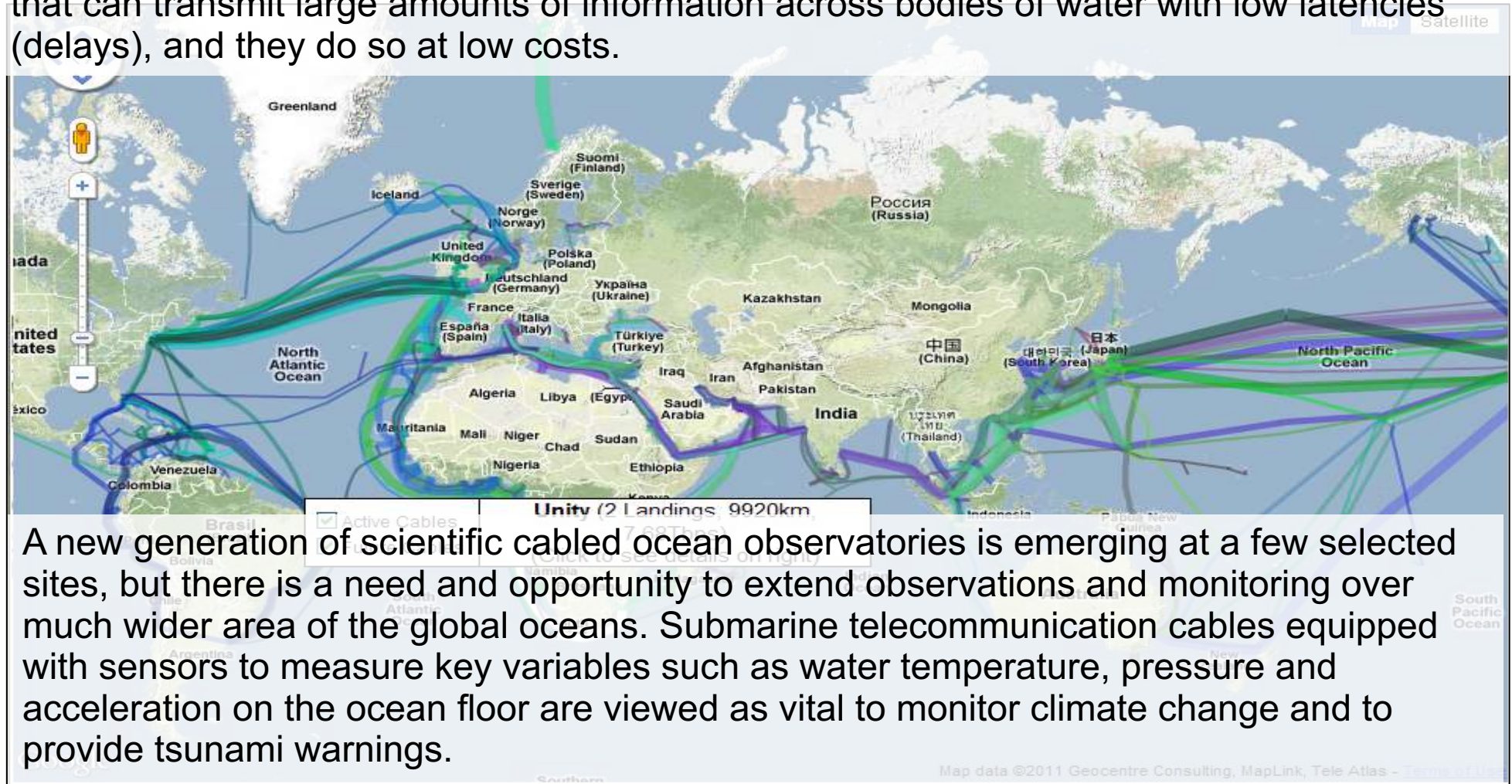
⇒ Dir. Corriente

Instrumentación adicional (futuro)

Cables submarinos de comunicaciones:

Joint Task Force (JTF): ITU, IOC(UNESCO), WMO

Two reasons account for the superiority of submarine cables: they are the only technology that can transmit large amounts of information across bodies of water with low latencies (delays), and they do so at low costs.



Conclusiones y líneas de futuro

- Los **mareógrafos** son hoy día la **principal fuente de información en tiempo real** del tsunami en la zona NEAMTWS
- La **cercanía de las fuentes tsunamigénicas** a nuestra costa dificultan la inversión en redes de instrumentación en aguas abiertas (muy costosas)
- **Los datos han de ser interpretados por expertos.** La variabilidad del nivel del mar hace necesario configurar adecuadamente los algoritmos automáticos de detección para el envío eficiente de alertas
- Otros fenómenos que causan inundación no son considerados en general por los sistemas de alerta de tsunamis, pero sí detectados por los mareógrafos
- Interés creciente en **redes de mareógrafos** cada vez **más densas**, para minimizar la pérdida de datos y para la mejora de los modelos numéricos. Esto contrasta con los problemas de mantenimiento en algunos países

Conclusiones y líneas de futuro

- Necesaria inversión adicional en los mareógrafos para garantizar **supervivencia en eventos extremos** (redundancia sensor y comunicaciones, armarios estancos)
- Imprescindible **intercambio de datos en tiempo real** entre sistemas de alerta regionales y nacionales
- En la costa española la red de mareógrafos continúa actualizándose con nuevas estaciones (Alborán) o mejora de las existentes (Huelva)
- Es necesario desarrollar **nuevos algoritmos de proceso de datos de los mareógrafos que caractericen en tiempo real las oscilaciones** de nivel del mar (amplitud y periodos) y su origen (proyecto SOPRANO, Puertos del Estado)
- **Nuevas tecnologías** como el radar HF o la instrumentación de cables submarinos pueden contribuir a una detección del tsunami antes de su llegada a la costa en el futuro, pero **todavía en estudio**



Muchas gracias por su atención...