

Detección Marina de Maremotos

Estado actual y contribución de Puertos del
Estado mediante la Red de Mareógrafos
REDMAR y la Red de Radares HF

Begoña Pérez Gómez
Puertos del Estado



Sumario

- Red Marina: papel en los sistemas de alerta
- Situación en NEAMTWS
- Contribución de Puertos del Estado
 - La red de mareógrafos REDMAR
 - Algoritmos de control de calidad y detección de tsunamis en tiempo real
 - Interpretación de datos y ejemplos
 - Futuro: Red de Radares HF?
- Conclusiones



Red Marina: papel en los sistemas de alerta

Objetivos:

- Confirmación del tsunami (tiempo real)
- Validación y mejora de los modelos numéricos
- Mejora de predicción en tiempo-real (asimilación de datos)
- Detección de eventos no sísmicos: deslizamientos submarinos, secas o rissagas, onda larga..



Red Marina: papel en los sistemas de alerta

Operacionales hoy en día:

- Nivel del mar en la costa: mareógrafos
- Sensores de presión en alta mar: ej. boyas DART

Nuevas tecnologías:

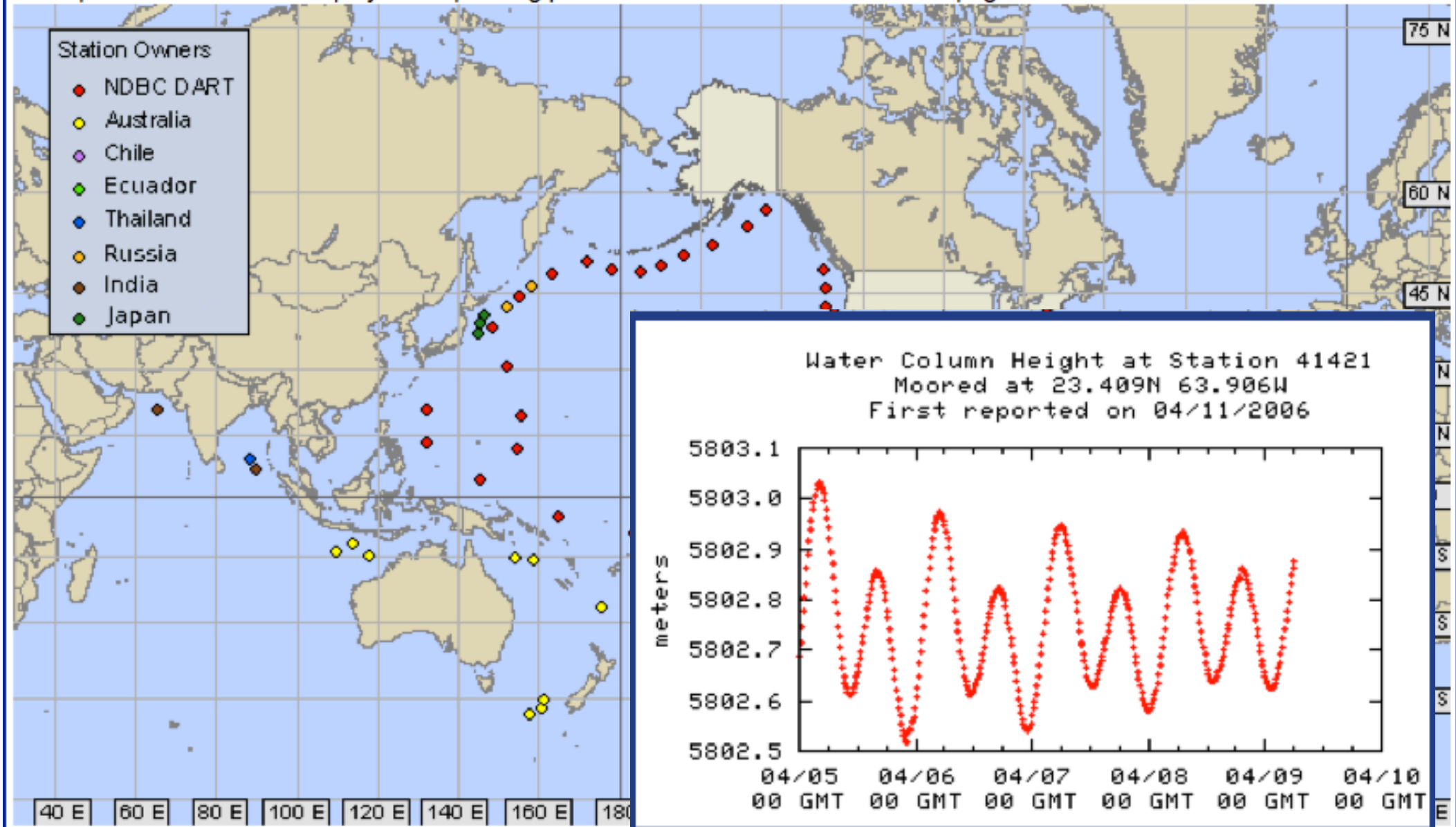
- Radar HF
- Boyas GPS
- Instrumentación de cables submarinos de comunicaciones

Red Marina: papel en los sistemas de alerta

Reyes DART



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



DART Program Description

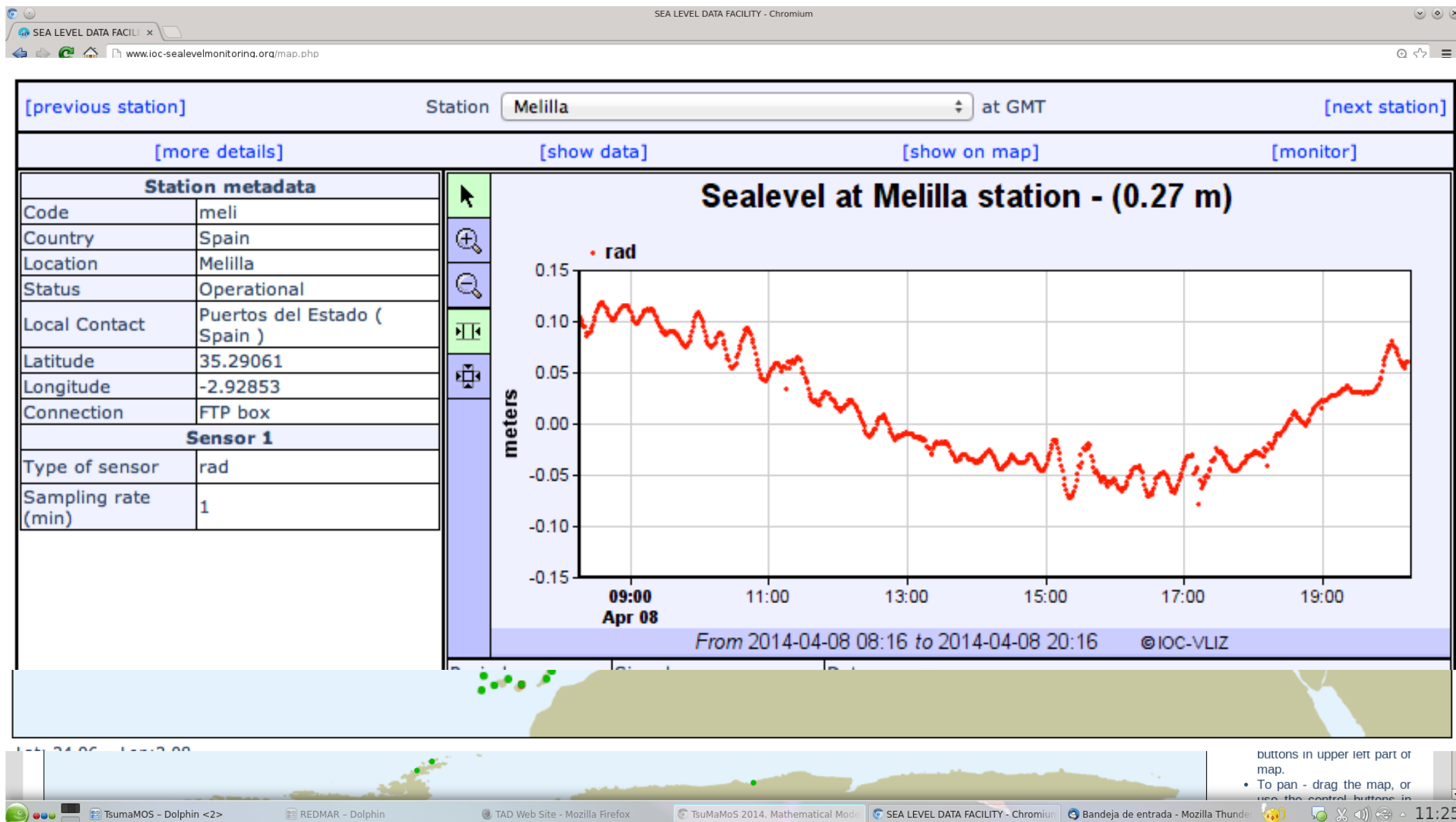
Situación en NEAMTWS

Instrumentación en alta mar:

- Previstas tres boyas DART en Grecia (Pylos, Este y Sur de Creta)
- Prevista una boya GPS en Portugal
- Sensor de presión del observatorio Antares (Sur de Toulon, Francia)
- Nuevas estaciones radar HF están siendo instaladas en este momento en las costas europeas
- Observatorios EMSO

Pero, ¿qué tenemos realmente disponible en la actualidad, de manera operacional y en tiempo real, para detección de un tsunami?

Situación en NEAMTWS



Situación en NEAMTWS

Red básica NEAMTWS: requisitos mínimos para alerta de tsunamis: intervalo de muestreo y latencia $\leq 1'$ (se cumple solo en un subconjunto de las estaciones)

Necesidad de más estaciones: las redes nacionales deben aumentar el número de estaciones para los sistemas de alerta nacionales

Comunicaciones poco robustas (GPRS-ADSL) 1';
latencia de los datos en el GTS: 6' a 15'

Contribución de Puertos del Estado

Sistemas de monitorización y previsión de parámetros oceano-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

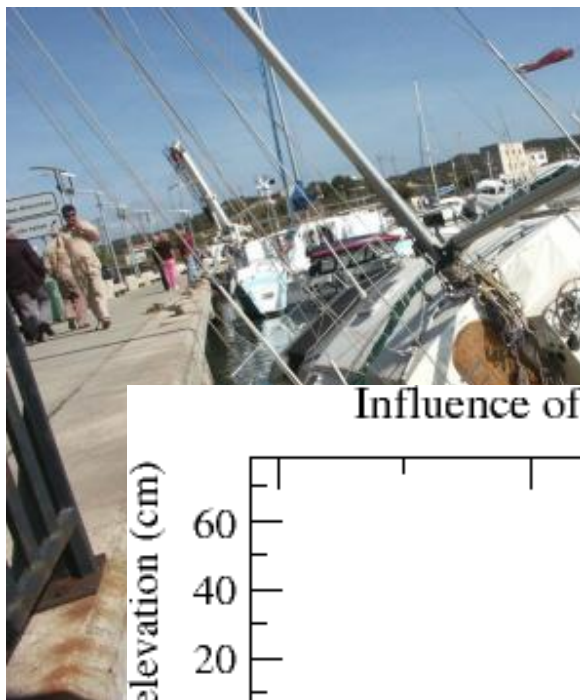
Sistema PORTUS: <http://www.puertos.es>



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

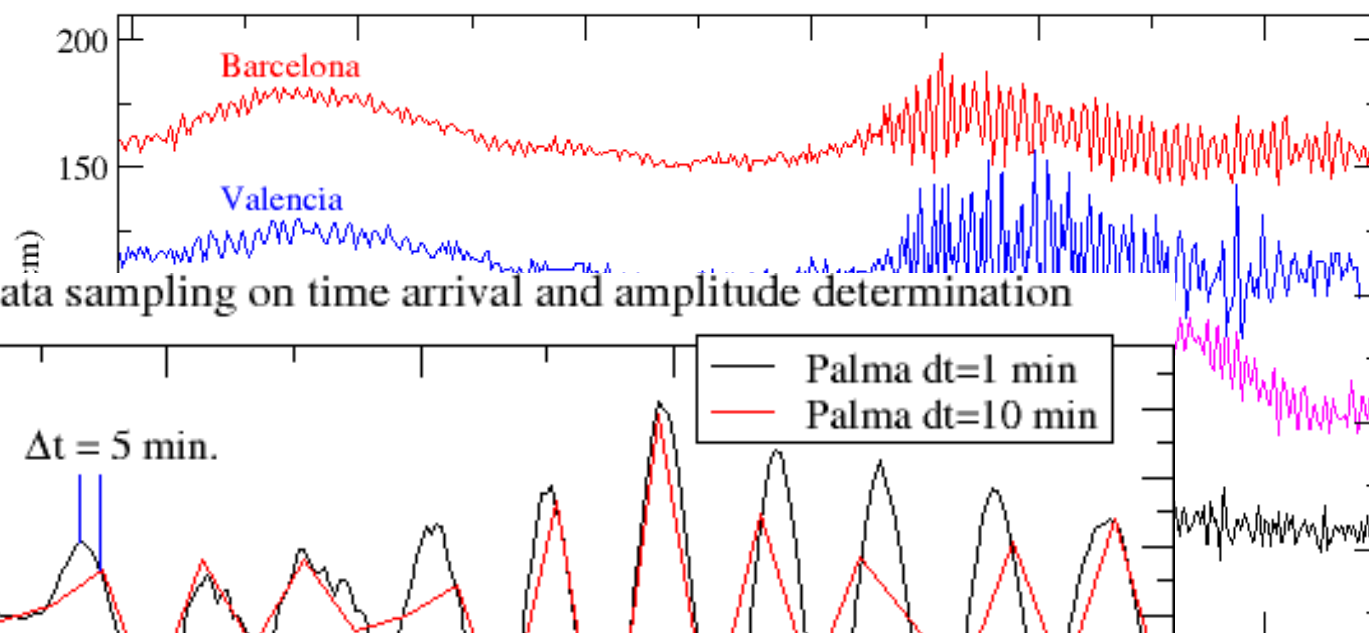
Contribución de Puertos del Estado

Tsunami de Mayo de 2003 (terremoto Argelia): impacto en las islas Baleares

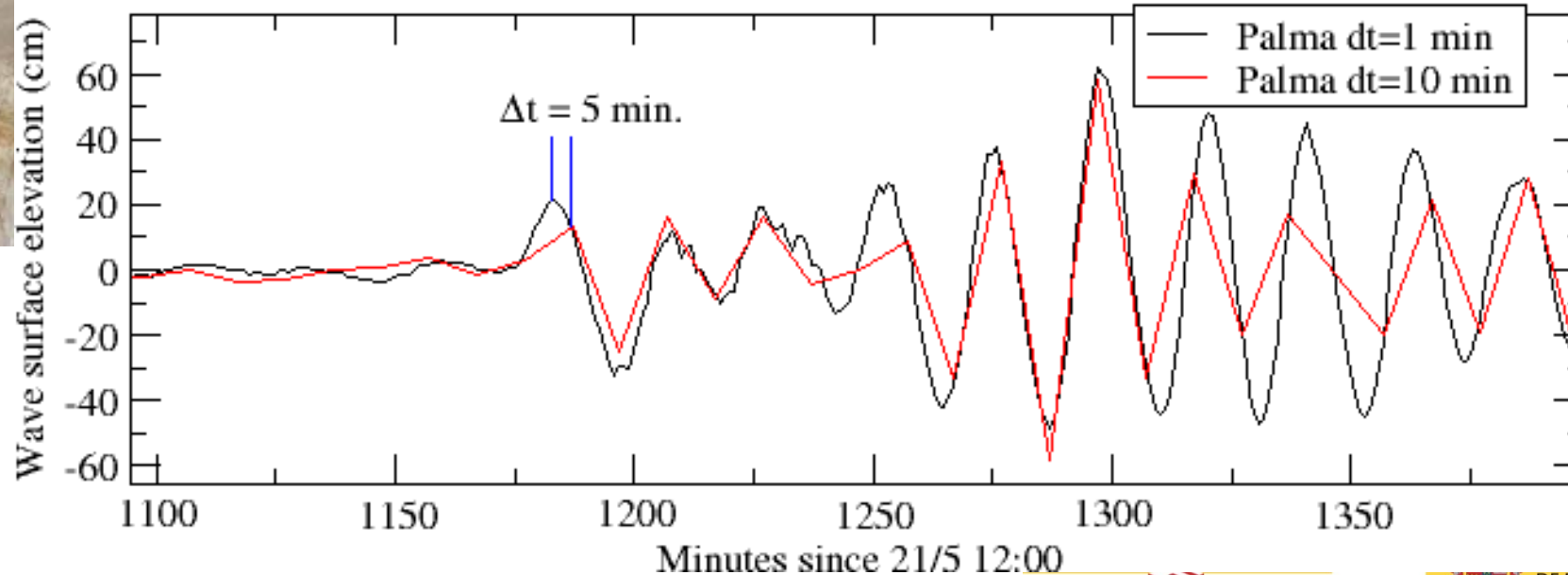


Tsunami recorded by REDMAR tide gauges in the Mediterranean.

20-22 May 2003. 5-min data.

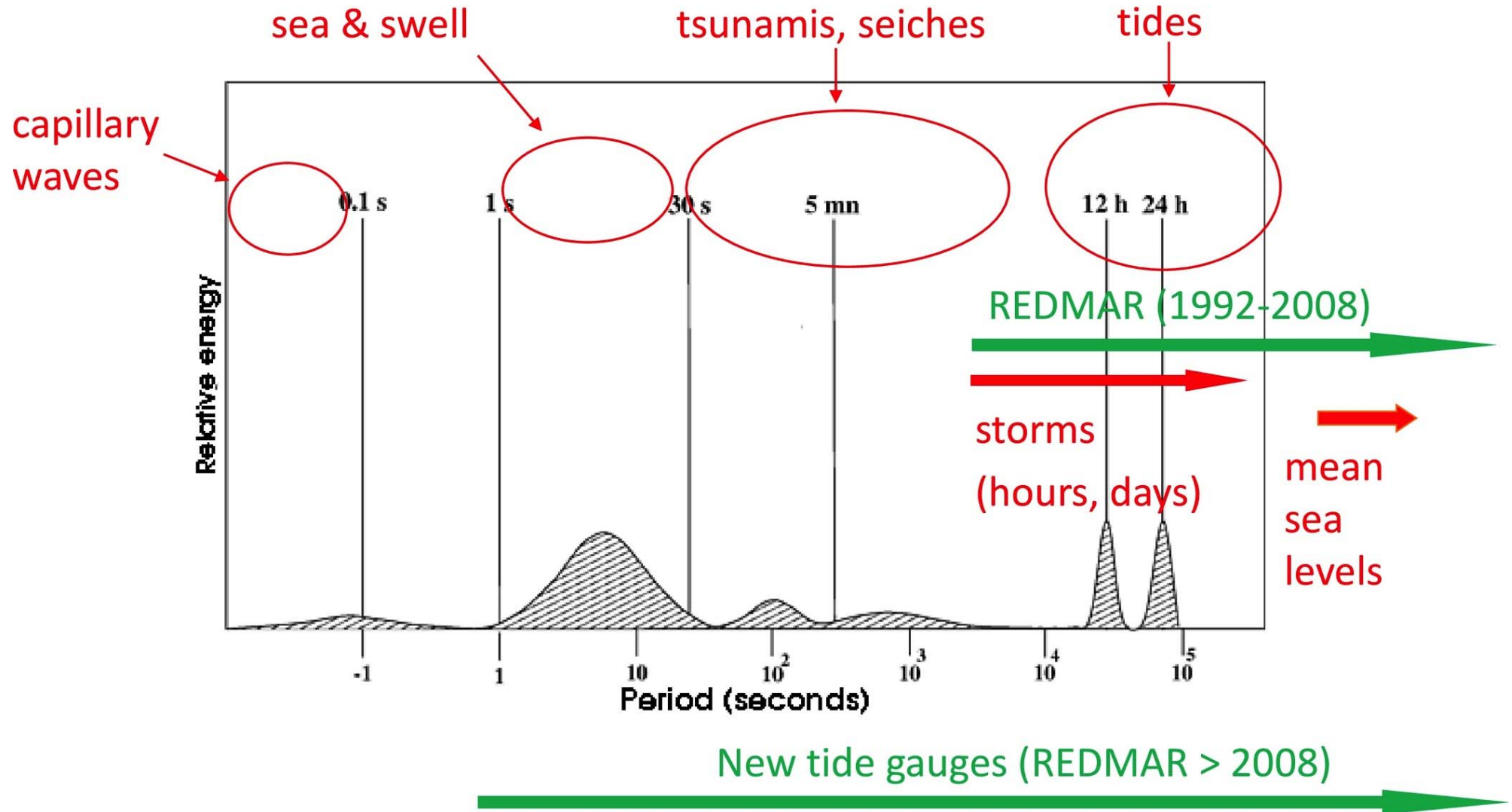


Influence of data sampling on time arrival and amplitude determination



La Red de Mareógrafos REDMAR

Una red de mareógrafos multi-propósito:

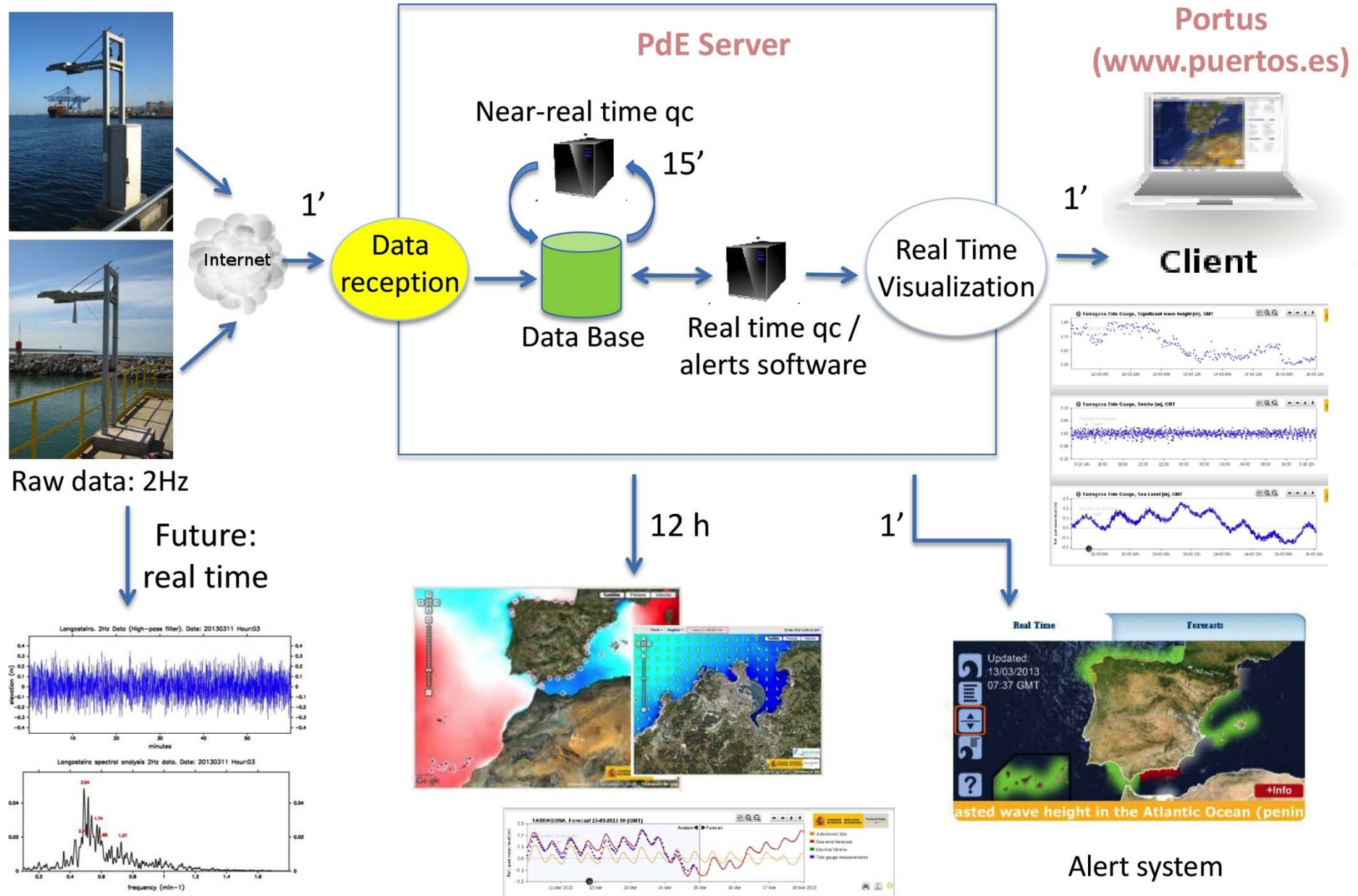


La Red de Mareógrafos REDMAR

- 36 mareóg. radar
- datos brutos 2Hz
- parámetros:
nivel, agitación,
presión
atmosférica y
viento
- Transmisión:
nivel del mar y
presión atm: 1'
agitación: 20'
- Acceso a datos:
PORTUS
SLSMF (IOC)
Futuro: Sistema
Nacional (IGN)



La Red de Mareógrafos REDMAR



Seiche analysis tool

Validation of sea level and loc: forecasts (Portus products)

Puertos del Estado



GOBIERNO DE ESPAÑA

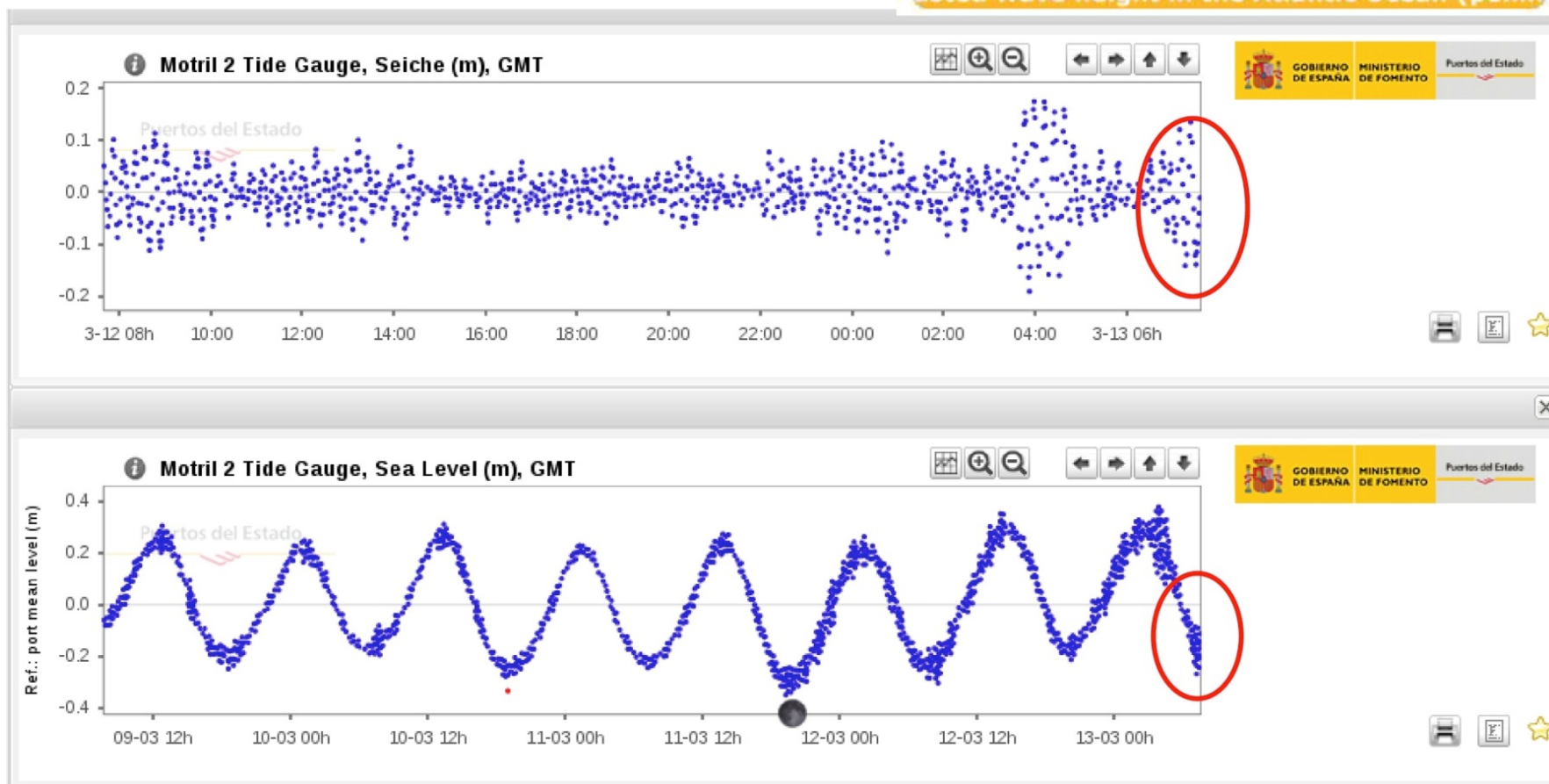
MINISTERIO DE FOMENTO

La Red de Mareógrafos REDMAR

Sistema de alertas de nivel y oleaje

www.puertos.es

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



La Red de Mareógrafos REDMAR

Algoritmo de detección de tsunamis, pasos:

- Control de calidad
- Filtro paso altas
- Configuración de umbrales
- Algoritmo de detección
- Envío de mensaje y visualización

Varios algoritmos desarrollados y publicados (e.g. Proyecto TRANSFER)

La Red de Mareógrafos REDMAR

Algoritmo detección tsunamis en Puertos del Estado:

- QC simple en tiempo real combinado con QC más sofisticado cada 15' (algoritmo basado en ajuste de “splines” para detección de picos o datos erróneos)
- Filtro paso altas (periodos < 3 horas): Filtro digital FIR con ventana Kaiser de orden 15:

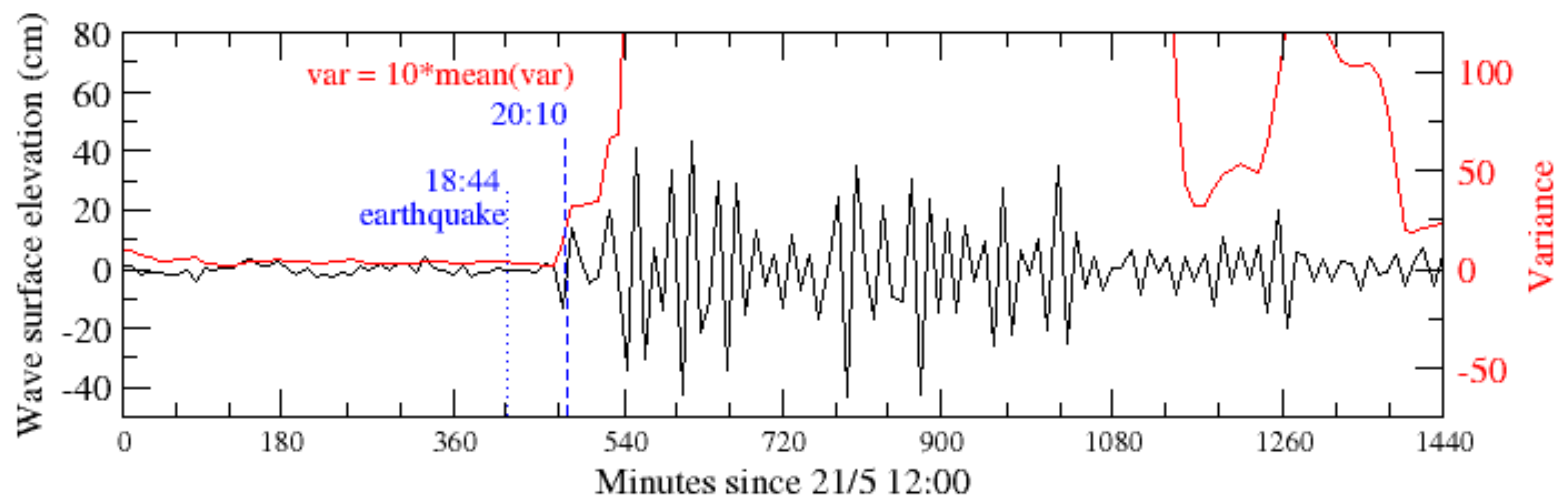
$$y_n = \sum_{k=0}^{N-1} b_k x(n - k)$$

- Cálculo de la **evolución de la varianza** en un ventana móvil en la serie filtrada

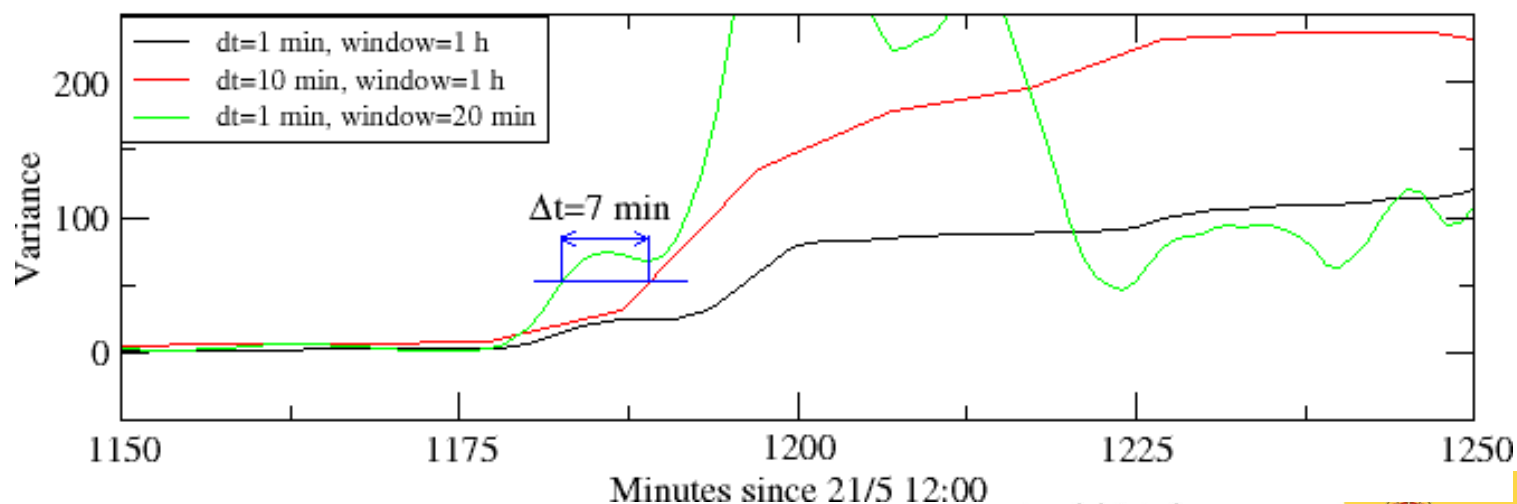
La Red de Mareógrafos REDMAR

Algoritmo detección tsunamis

Alicante Sea Level Data



Influence of window length on time arrival determination



Puertos del Estado



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

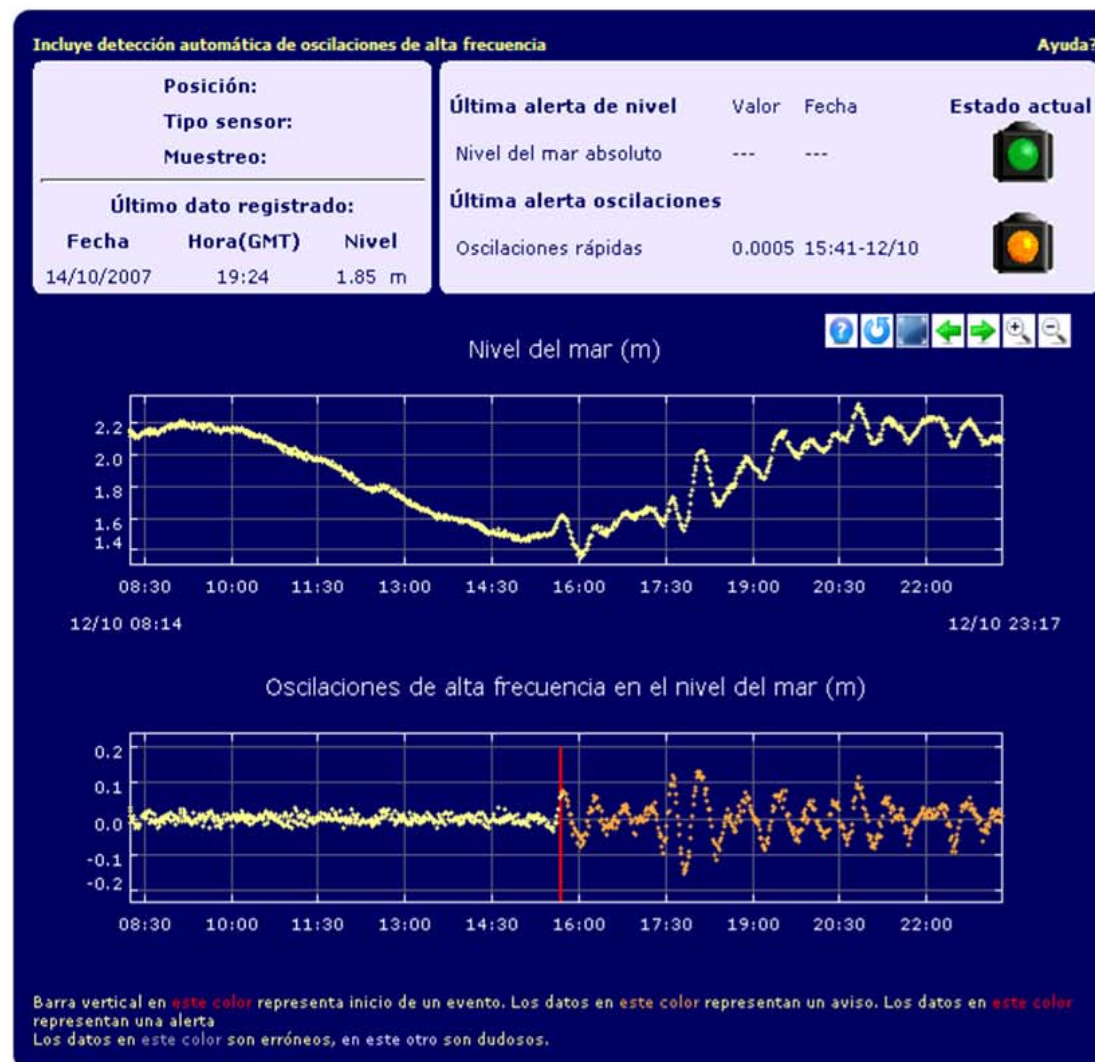
La Red de Mareógrafos REDMAR

Algoritmo detección tsunamis

Colombo, Sri Lanka (2007)

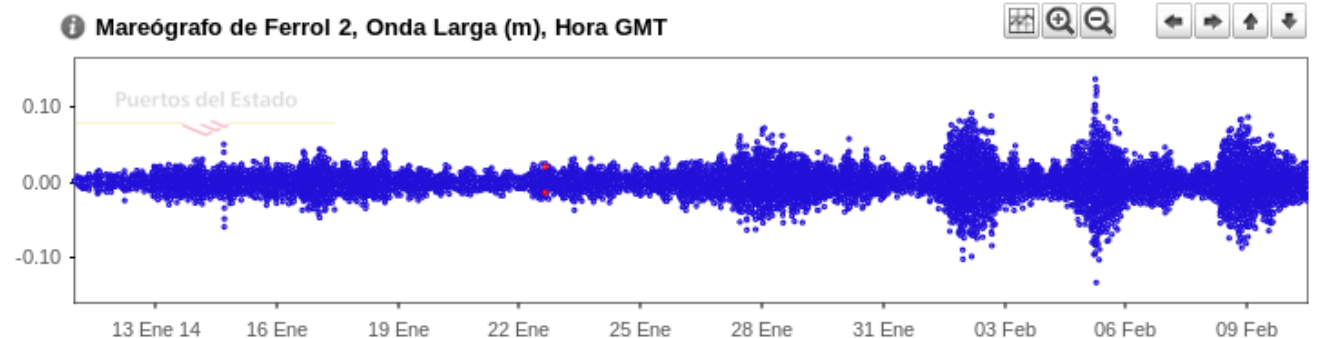
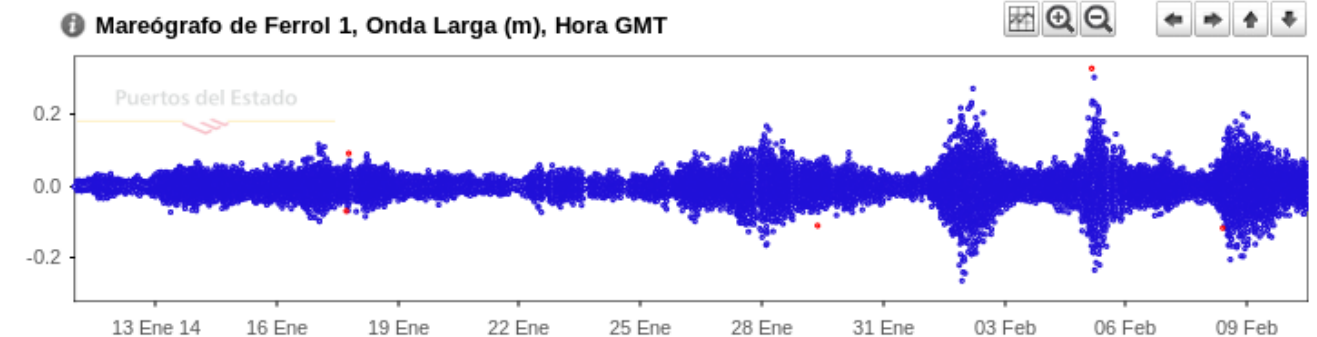
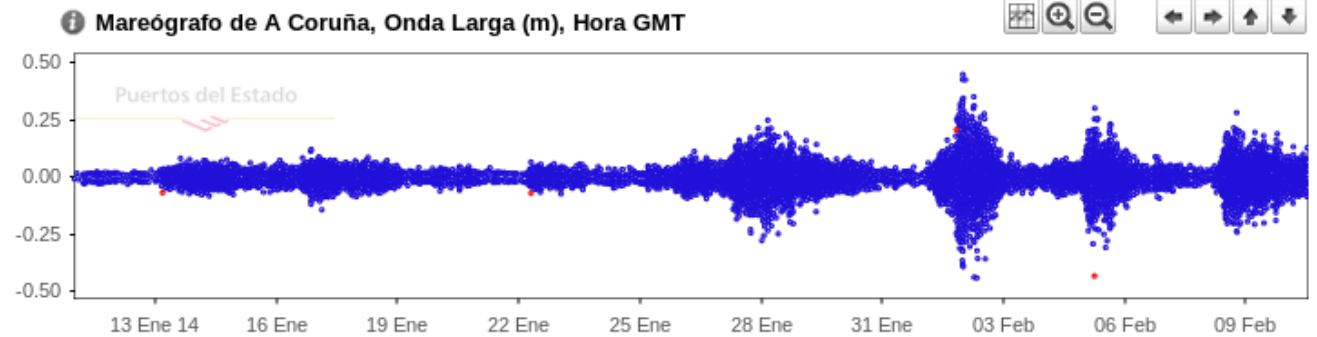
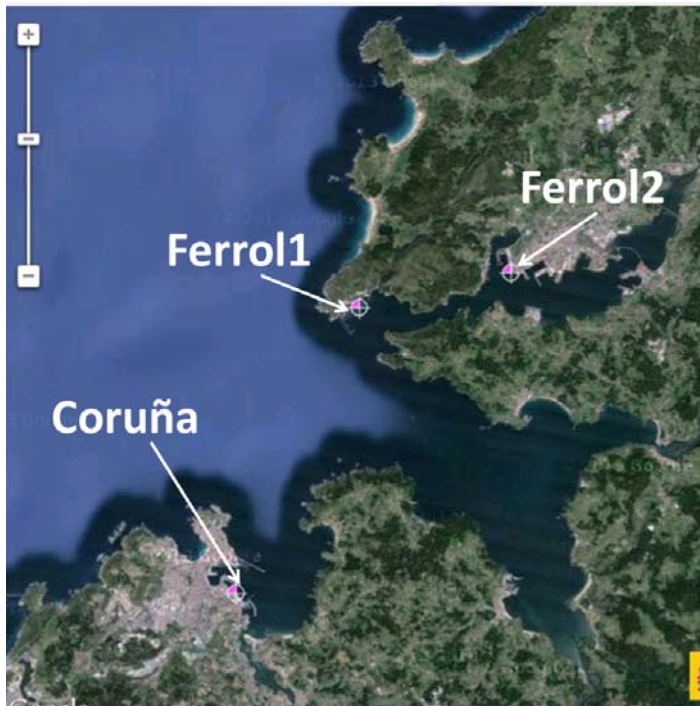
Data sampling: 1 minute

Wave arrival time: 15:41



Algoritmos de detección: Interpretación de datos

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



Causados por
ondas
infragravitatorias
generadas por el
oleaje

Algoritmos de detección: Interpretación de datos

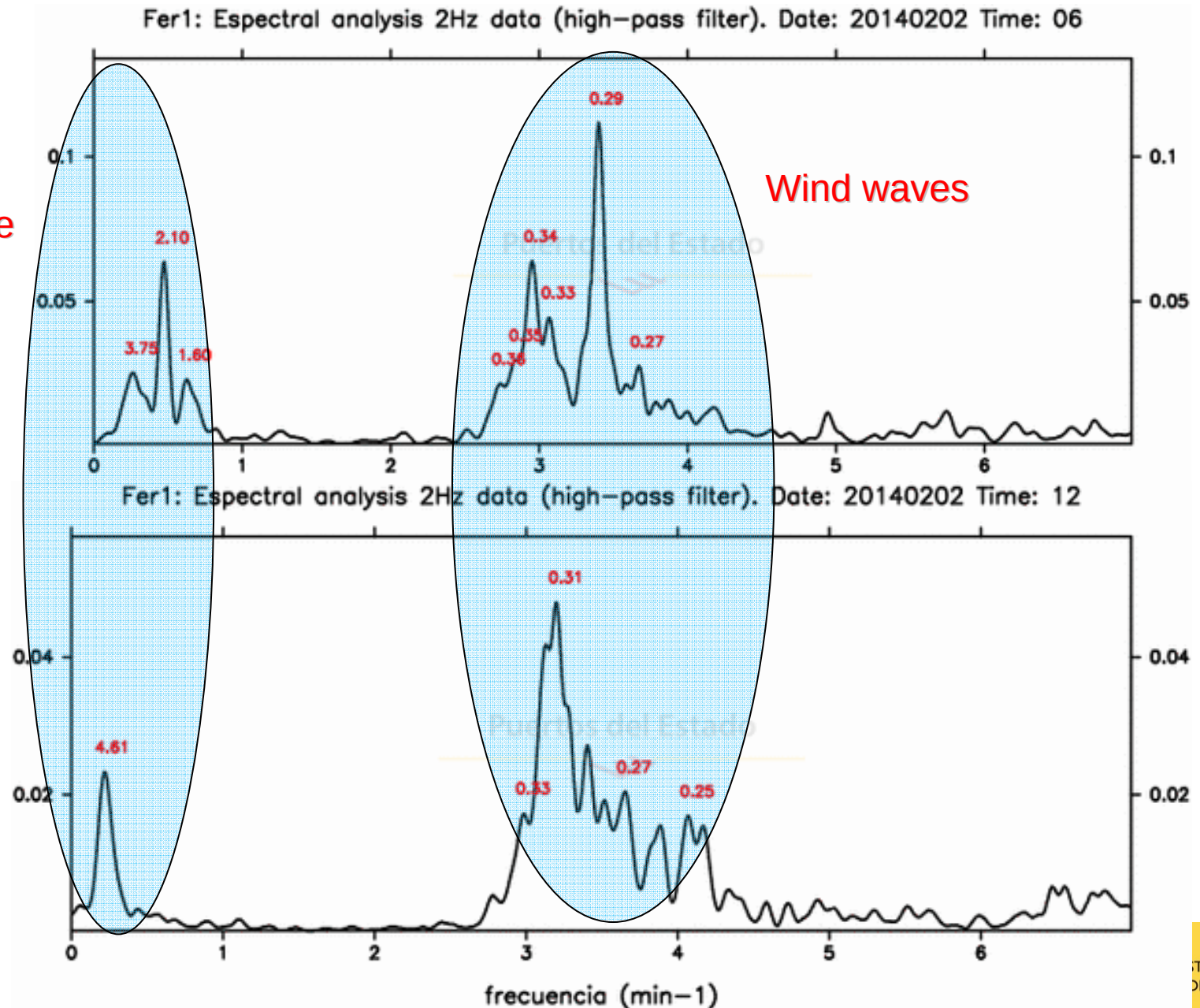


Algoritmos de detección: Interpretación de datos

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

Tsunami-like
Oscillations
(2-4 min)

Wind waves

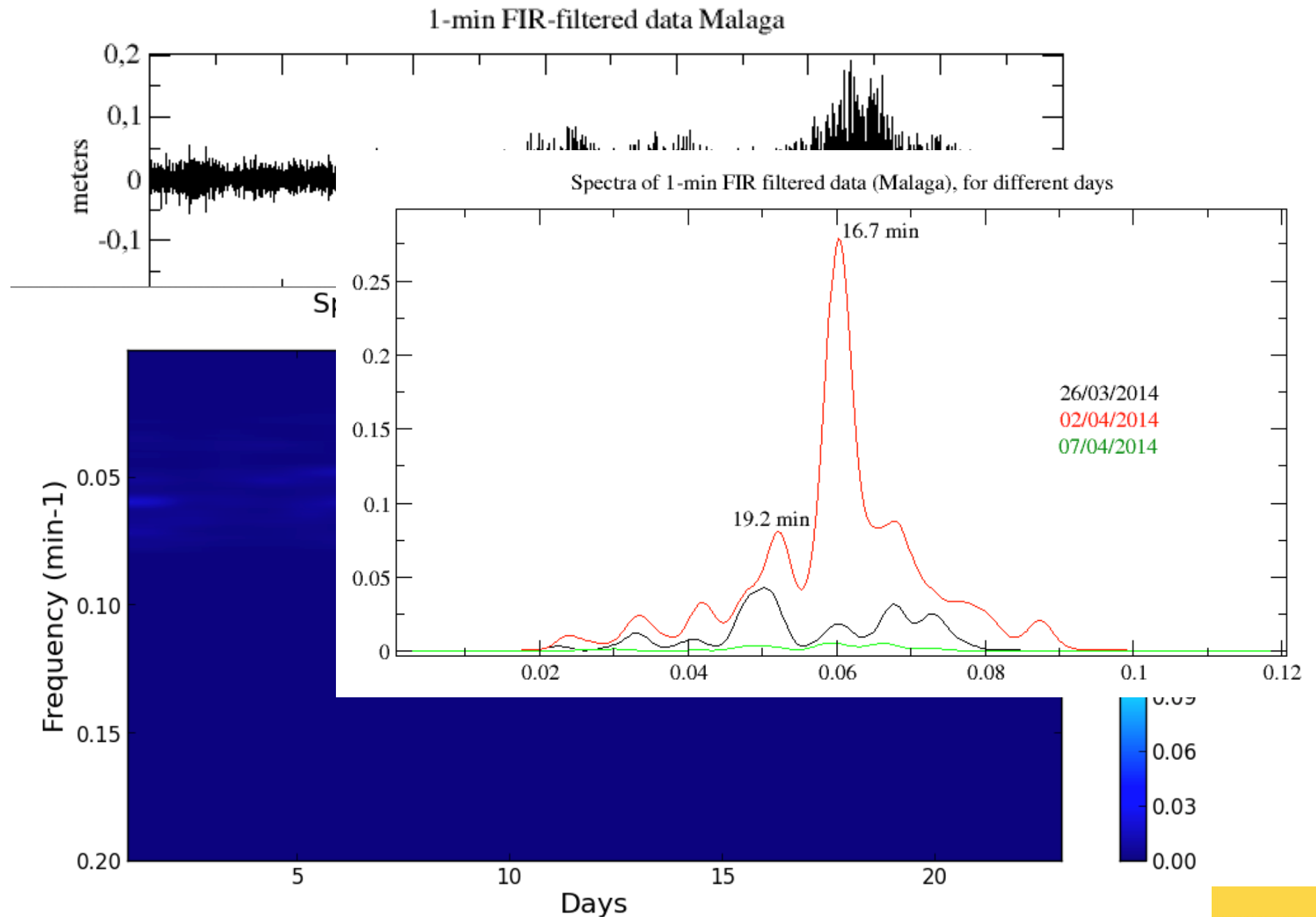


Algoritmos de detección: Interpretación de datos

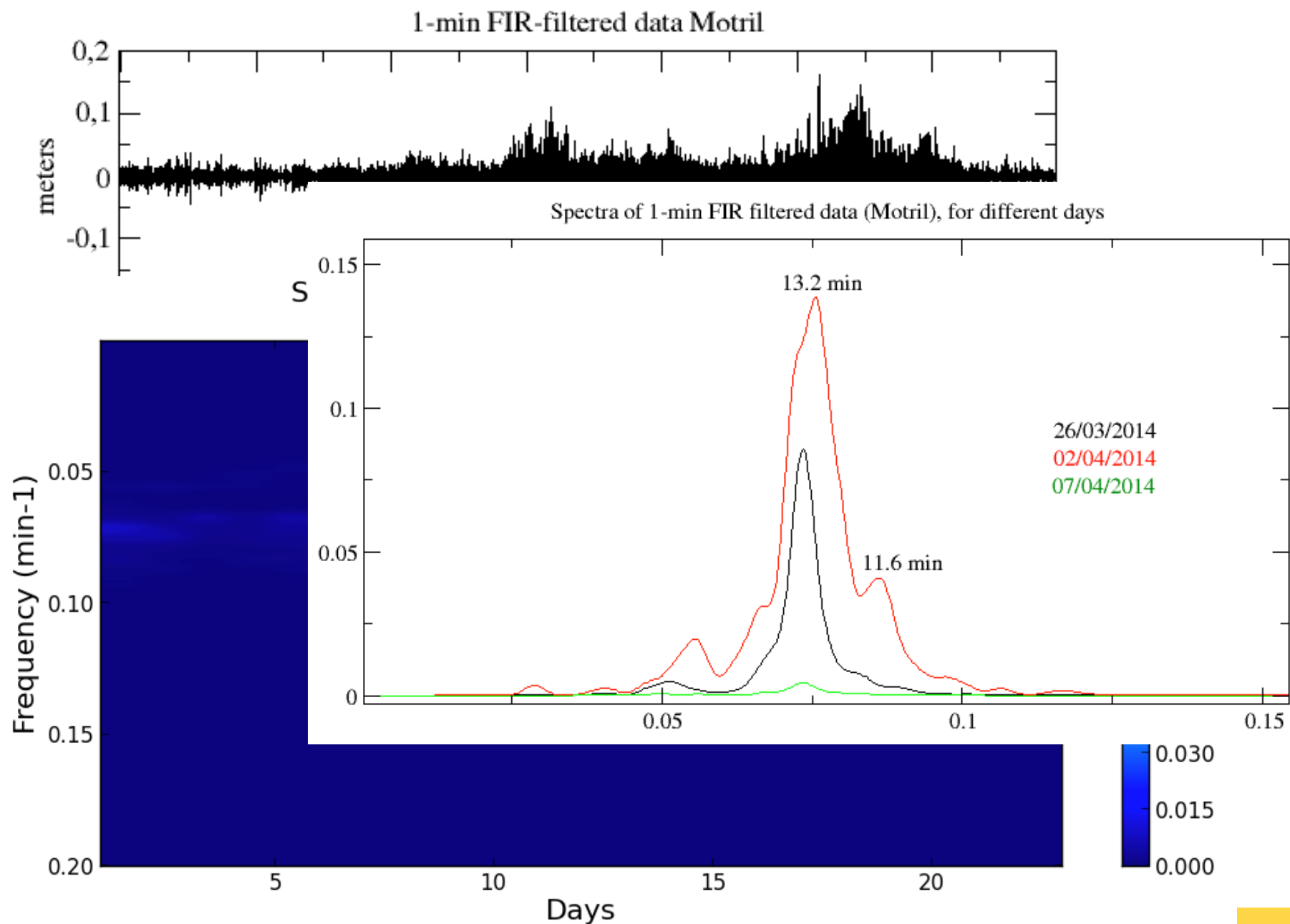
Eventos “similares” a un tsunami: meteo-tsunamis o “rissagas” en el Mediterráneo



Algoritmos de detección: Interpretación de datos

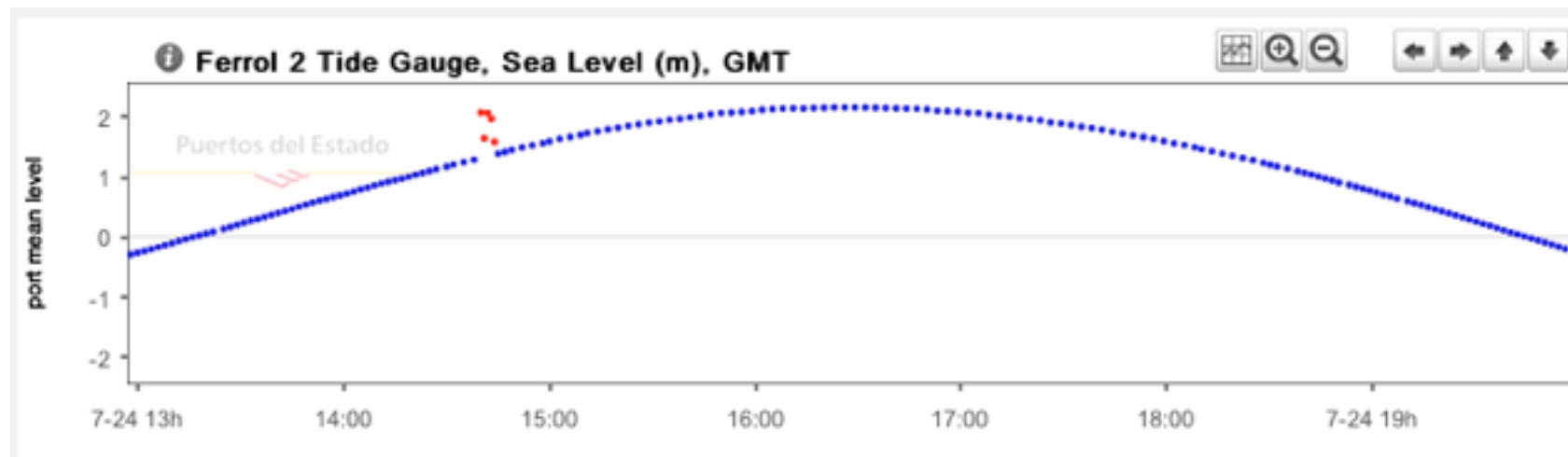
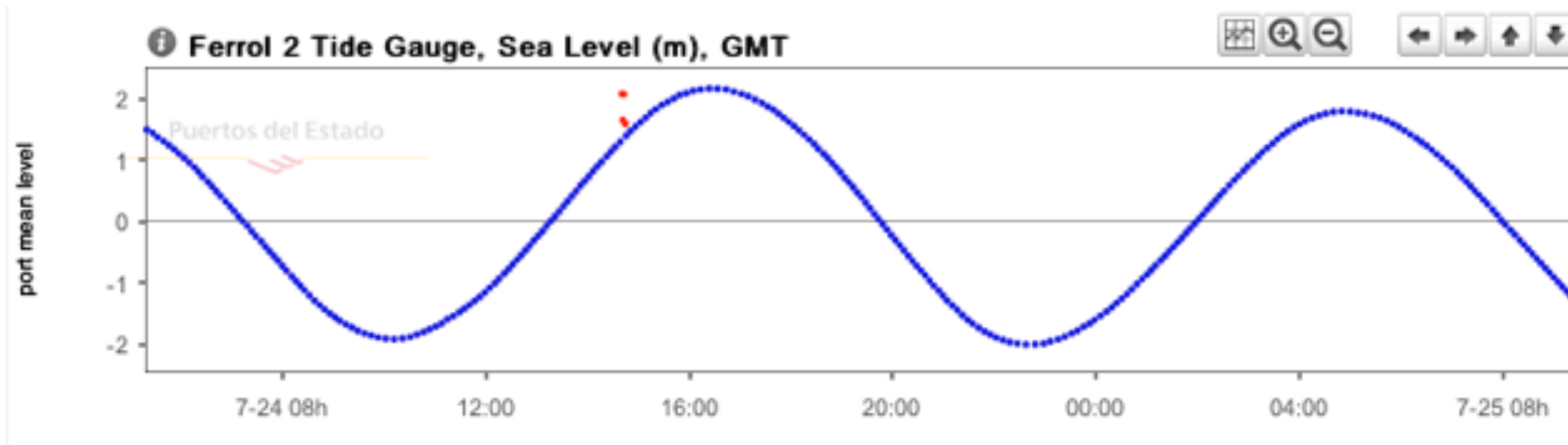


Algoritmos de detección: Interpretación de datos



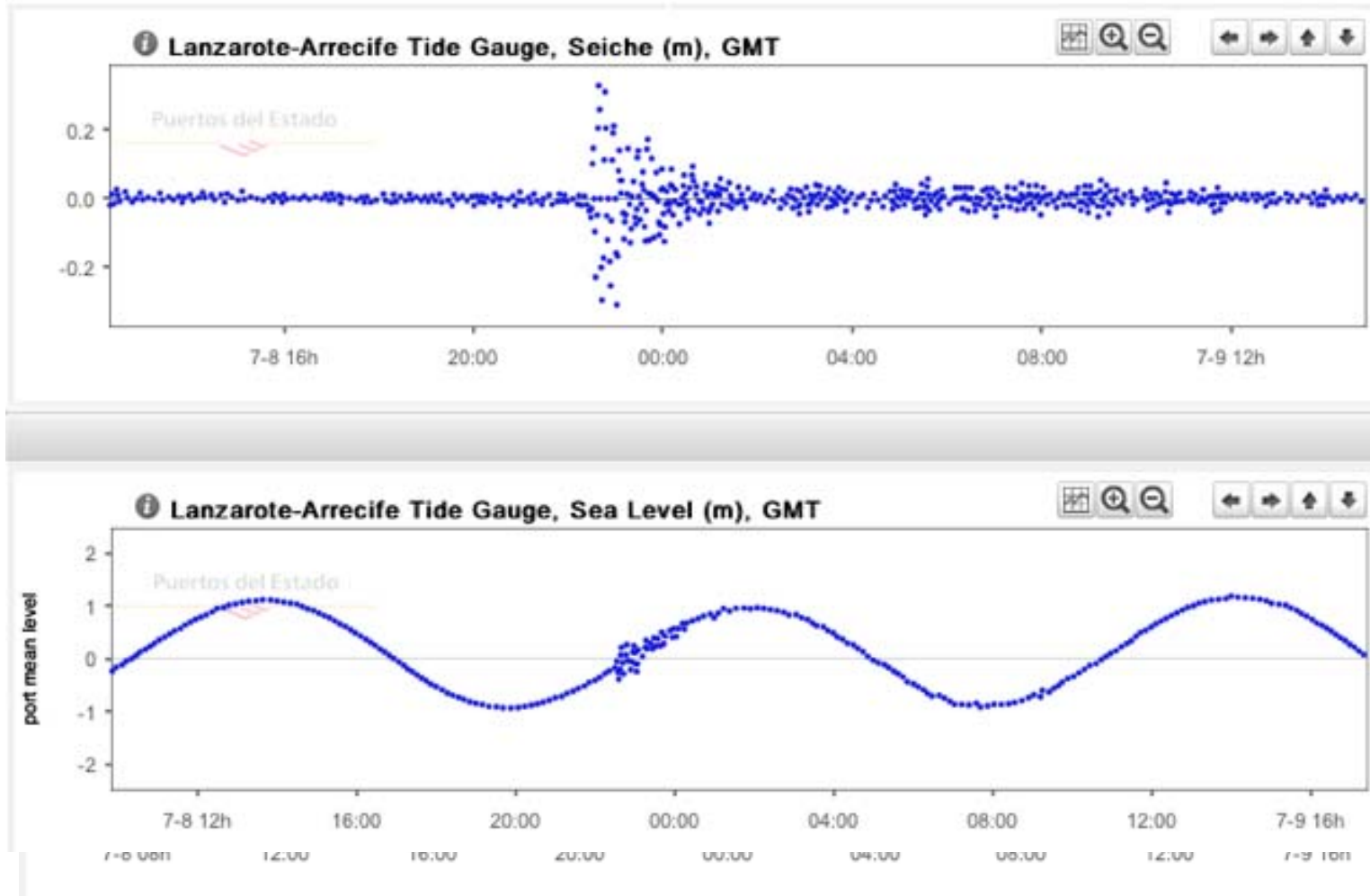
Algoritmos de detección: Interpretación de datos

Problemas control de calidad en tiempo real:



Algoritmos de detección: Interpretación de datos

Problemas control de calidad en tiempo real:



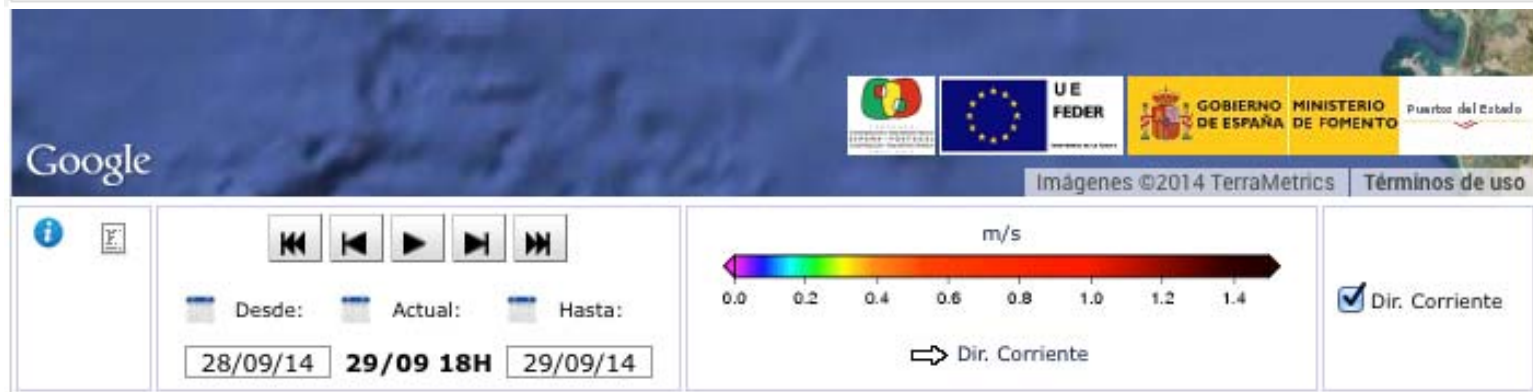
Use of tide gauge data in operational oceanography and sea level hazard warning systems, Pérez et al, Journal of Operational Oceanography, 2013

Limitaciones de la Red REDMAR

- Comunicaciones poco robustas (ADSL, GPRS) ---- **necesidad de redundancia en las comunicaciones** (vía satélite)
- **Datos no disponibles** en el Global Telecommunication System (**GTS**) para acceso otros sistemas de alerta fuera de la zona NEAMTWS
- Un único sensor de nivel del mar, basado en radar. Perfecto para todas las aplicaciones, pero insuficiente para tsunamis en caso de eventos extremos ---> **necesidad de un sensor de presión redundante**
- **Necesidad adaptación instalaciones** (armarios estancos protección de la electrónica en caso de inundación)

Red de radares HF

Corrientes
superficiales y
transportes



Red de radares HF

Estudios recientes de detección de eventos con radar HF. Ejemplo:

High Frequency Radar Observations of the June 2013
U.S. East Coast Meteotsunami
Belinda Lipa et al

Detectado meteo-tsunami en Nueva Jersey a 23 km de la costa, 47' antes de su llegada a los mareógrafos.

El radar HF mide la velocidad orbital del tsunami, no su altura, y proporciona un mapa de la velocidad del mismo en su aproximación a la costa

Estudios previos. No operacional y todavía en desarrollo

Otras líneas de investigación

Submarine telecommunications cables :

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.



A new generation of scientific cabled ocean observatories is emerging at a few selected sites, but there is a need and opportunity to extend observations and monitoring over much wider area of the global oceans. Submarine telecommunication cables equipped with sensors to measure key variables such as water temperature, pressure and acceleration on the ocean floor are viewed as vital to monitor climate change and to provide tsunami warnings.

Conclusiones

- 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)
- A pesar del interés en el “qc” y los algoritmos de detección aplicados a los datos de nivel del mar, **los datos han de ser siempre interpretados por expertos**. La variabilidad del nivel del mar hace necesario configurar adecuadamente estos algoritmos para el envío eficiente de alertas
- Otros fenómenos que causan inundación no son considerados en general por los sistemas de alerta de tsunamis, sí detectados por los mareógrafos

Futuro

- Necesaria inversión adicional en los mareógrafos para garantizar **supervivencia en eventos extremos** (redundancia sensor y comunicaciones, armarios estancos): propuesta proyecto nacional SOPRANO, posible estación completa Huelva
- Interés creciente en **redes de mareógrafos** cada vez **más densas**, para minimizar la pérdida de datos y para la mejora de los modelos numéricos
- Imprescindible **intercambio de datos en tiempo real** entre sistemas de alerta regionales y nacionales
- 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**



gracias por su atención

