



**IERD** Instituto **E**spañol para la  
**R**educción de los **D**esastres

**Antonio Pazos García**

**Sistema de alerta sísmica  
temprana ALERTES-SC3  
desarrollado por el**

**ROA**

**Jornadas técnicas:**

**El riesgo de maremotos en la  
Península Ibérica a la luz de la  
catástrofe del 1 de noviembre de 1755**



# Sistema de Alerta Sísmica Temprana ALERTES-SC3 desarrollado en el ROA

Pazos, A.<sup>(1)</sup>; López de Mesa, M.<sup>(1)</sup>; Rioja, C.<sup>(2)</sup>; Davila, J.M.<sup>(1)</sup>;  
Morgado, A.<sup>(2)</sup>; Gallego, J.<sup>(1)</sup>; Buforn, E.<sup>(3)</sup>; Cibeira, A.<sup>(1)</sup>; Carranza,  
M.<sup>(3)</sup>; Cabieces, R.<sup>(1)</sup>; Lozano, L.<sup>(4)</sup>; Cantavella, J.V.<sup>(4)</sup>; Strollo, A.<sup>(5)</sup>;  
Carrilho, F.<sup>(6)</sup>; Hanka, W.<sup>(5)</sup>;

<sup>(1)</sup> Dpt. Sismología, Real Instituto y Observatorio de la Armada, San Fernando, Spain.

<sup>(2)</sup> Facultad Informática, Universidad de Cádiz, Spain

<sup>(3)</sup> Dpt. Física de la Tierra, Facultad CC.FF., Universidad Complutense de Madrid. Spain.

<sup>(4)</sup> Instituto Geográfico Nacional

<sup>(5)</sup> Dpt. Seismology, GFZ, Potsdam, Alemania.

<sup>(6)</sup> Divisão de Geofísica, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Lisboa, Portugal





# INDICE

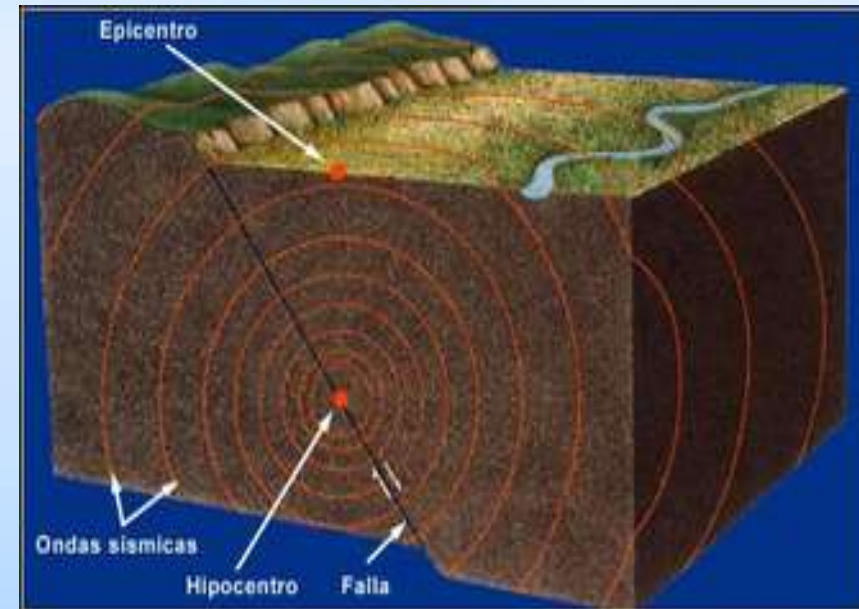
## ¿ Qué es un EEWS?

- Sistema regional
- Sistema in situ
- ¿Para qué hay tiempo?

## Proyecto ALERTES-RIM

- Antecedentes.
- ¿Por qué en el Sur de la Península?
- ¿Es viable?
- Leyes de escalamiento.
- Prototipo **ALERTES-SC3**
  - Sistema in situ.
  - Módulo alarma in situ.
  - Viabilidad uso GPS.

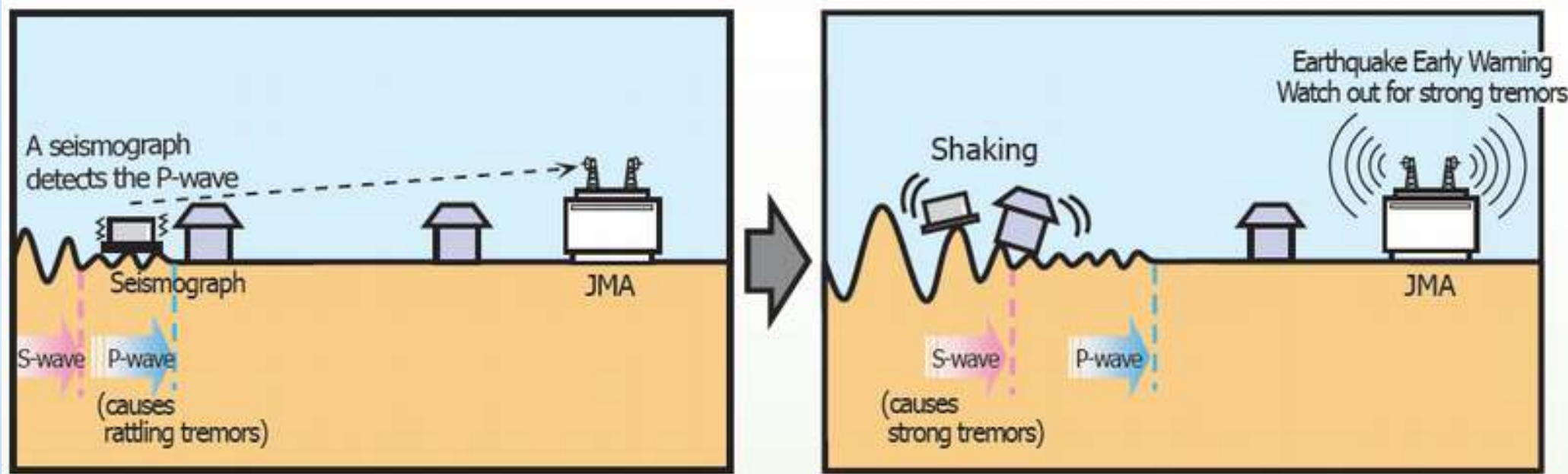
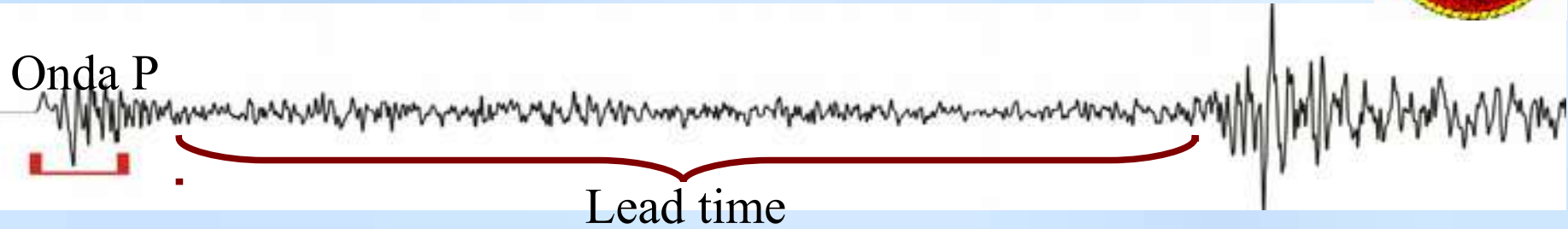
## Agradecimientos y Conclusiones



Terremoto de KOBE  
17 Enero 1995



# ¿Qué es un EEWWS?



1.- En un terremoto se generan diversos tipos de ondas. La onda P de mayor velocidad llega primero, pero los daños son causados por la onda S más lenta y que por tanto llegará más tarde.

2.- Los sismógrafos detectan la onda P y avisan al centro de datos.

3.- El centro de datos determina la localización y magnitud y emite la alerta.



## EEWS Regional

La onda P llega a varias estaciones.

- Hipocentro, hora origen.
- Magnitud Momento ( $M_w$ )

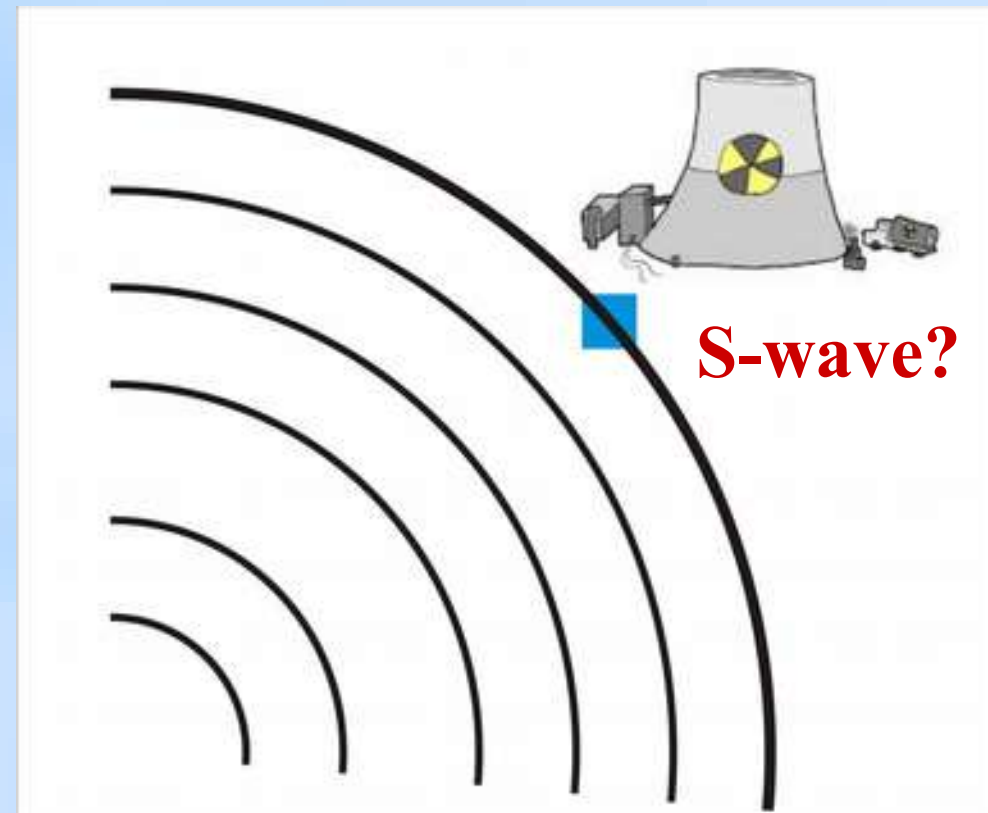
¿De cuánto tiempo se dispone?  
Dependerá de la distancia al hipocentro.

## EEWS In situ

La onda P llega a una estación.

- Pico desplazamiento (local)
- Periodo predominante ( $M_w$ )

¿Localización?  
¿De cuánto tiempo se dispone?







## ¿ Para qué hay tiempo?

Control trenes:

- Retrasar salida.
- Para trenes en marcha



Prevención accidentes:

- Semáforos en rojo.
- Parar el tráfico.

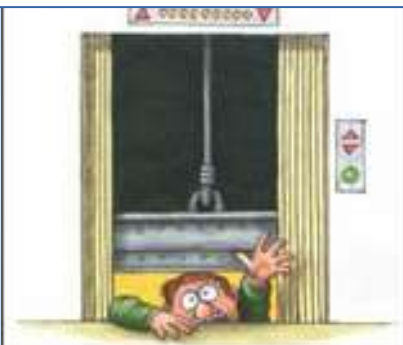


Control líneas de montaje:

- Parar líneas para evitar accidentes

Control de ascensores:

- Parar su funcionamiento.



En casa / Edificios:

- Refugiarse.
- Evitar entrada / salida Edificios.



Hospitales:

- Suspender operaciones.

Trabajos de riesgo:

- Suspender trabajos en altura.

En colegios / Asambleas:

- Refugiarse.
- Evitar pánico general.

# Proyecto ALERTES-RIM



**ALERTES-RIM: Sistema de Alerta Sísmica Temprana: Sistema Regional e in situ para la región Ibero-Mogrebí.**

(CGL2013-45724-C03-03-R) 01/01/2014 – 31/12/2016

Financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad  
Proyecto coordinado: UCM, ROA e IGC.

## ANTECEDENTES

● **Proyecto ALERTES:** Sistema de Alerta Sísmica Temprana: aplicación al sur de España (CGL2010-19803-C03-01) 01/01/2011 – 31/12/2013



**Terremoto de Lorca  
11 Mayo 2011**





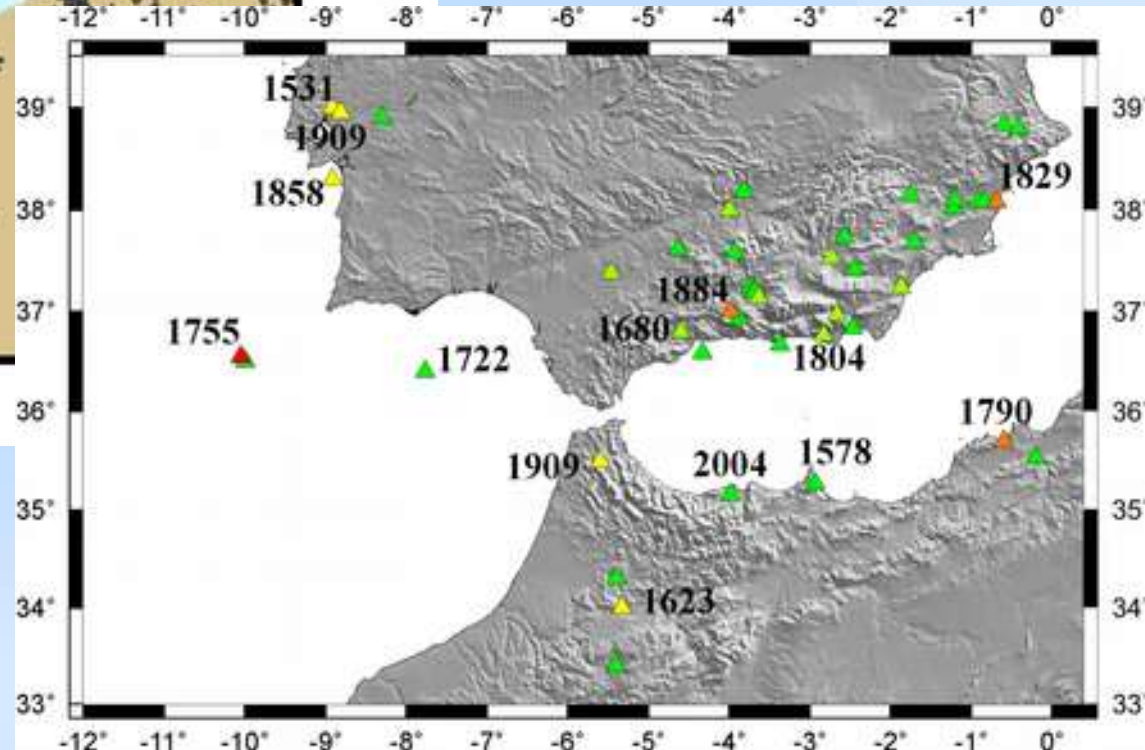
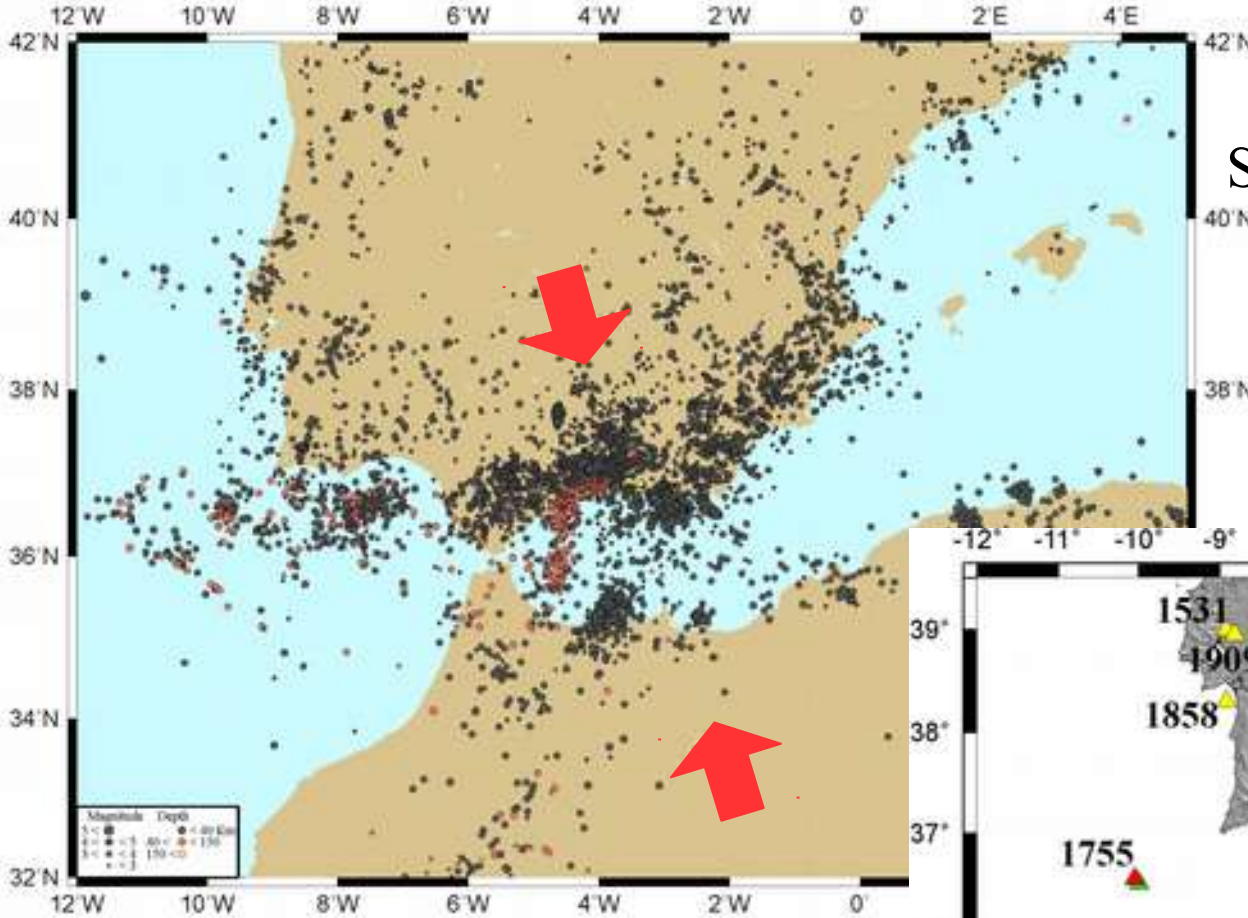
## ¿ Por qué en el Sur de la Península?

Convergencia NNW-SSE  
4 mm/año aprox.

Sismicidad de los últimos 20 años

- Magnitud moderada
- Superficiales o Intermedios

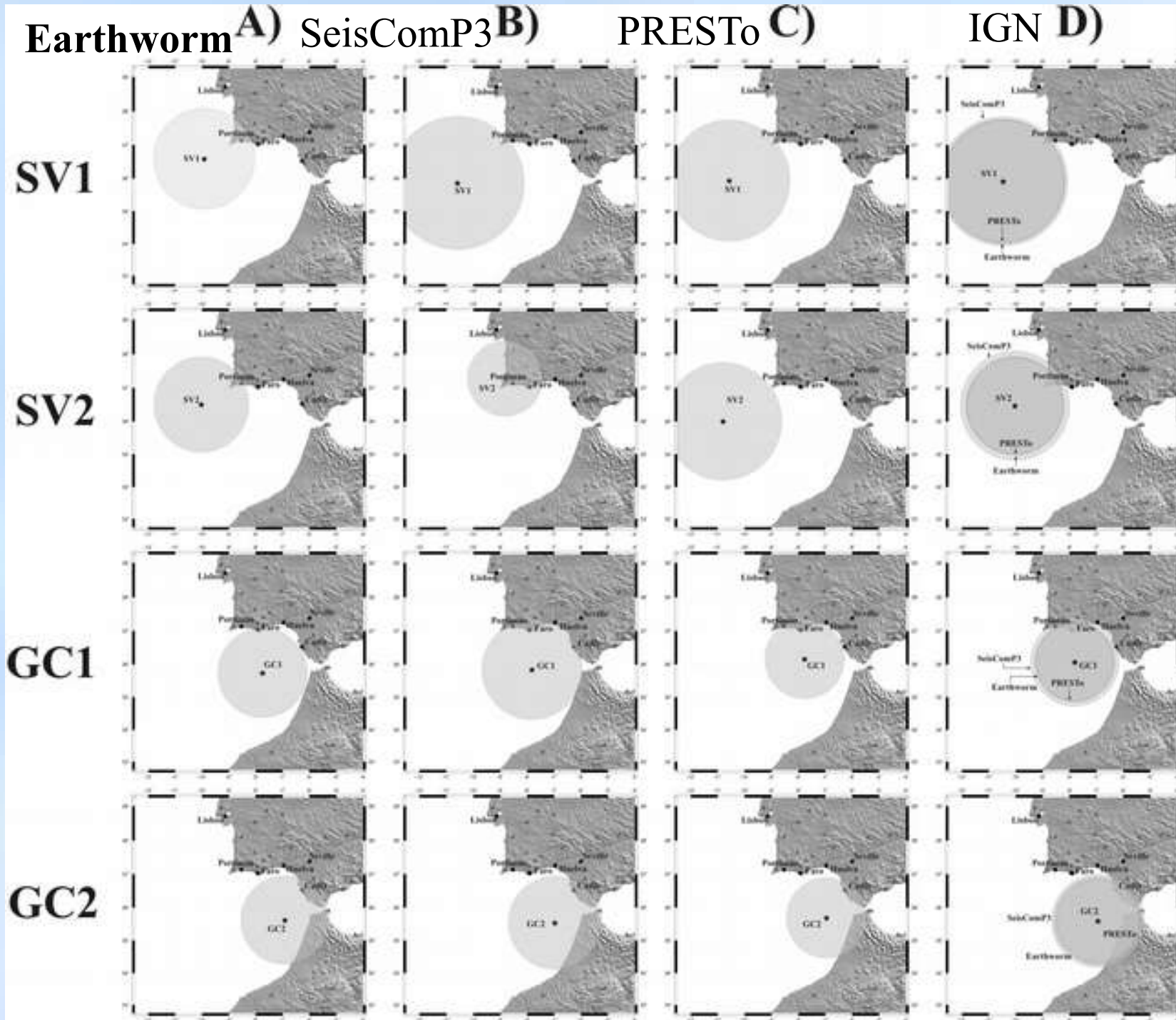
Terremotos con  $I_{max} > VII$



- 1755 Lisboa ( $I_o = X$ ).**
- 1969 San Vicente (8.1)**
- 1980, 2003 Argelia (7.1)**
- 2004 Alhucemas (6.2)**



# ¿ Es viable?



¡¡SI!!  
San Vicente  
G. de Cádiz



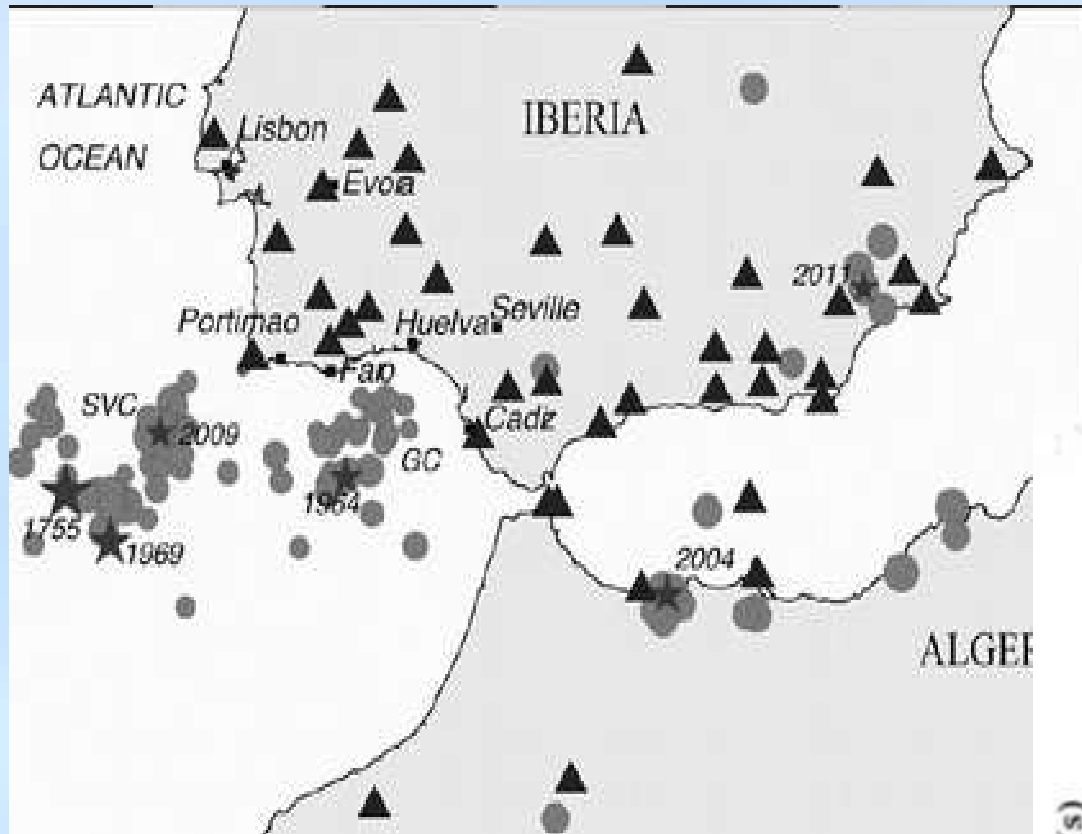
# Leyes de escalamiento

## Base de datos

- 94 eventos
- 41 estaciones BB

## Parámetros onda P

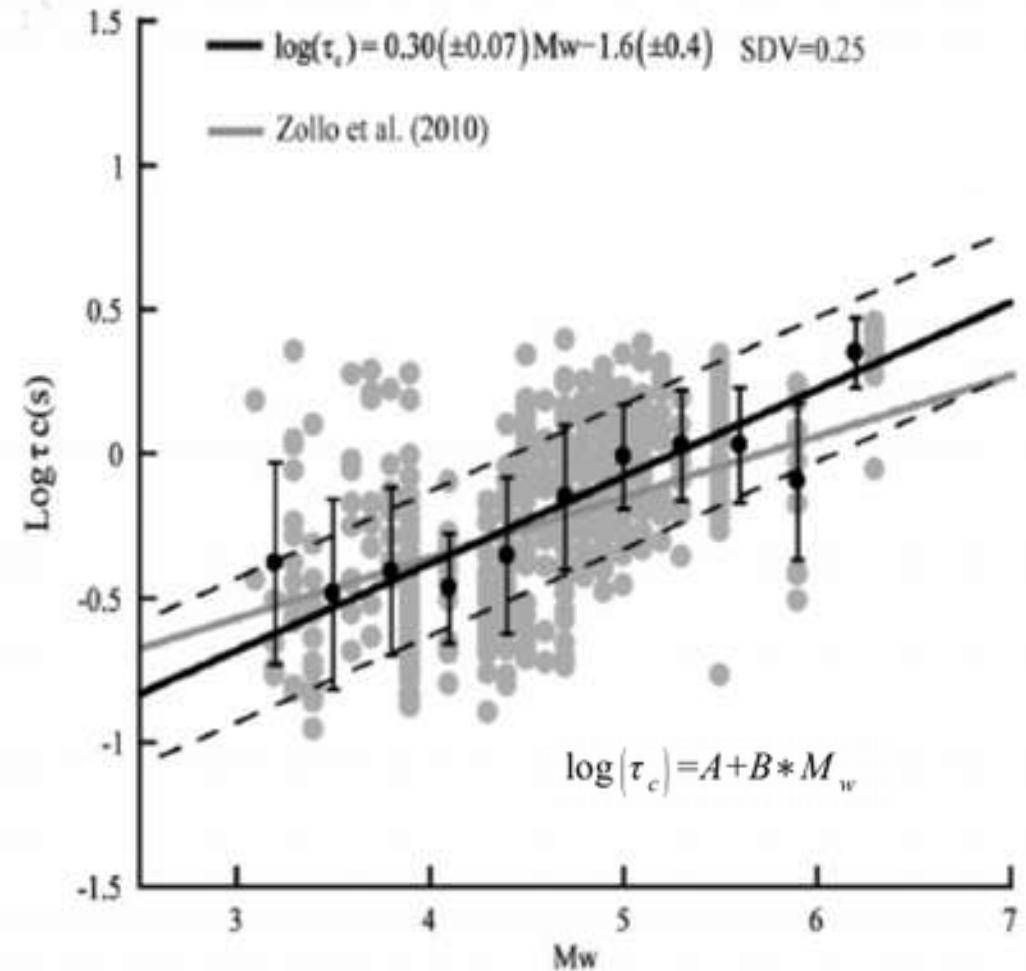
- Periodo predominante.
- Pico desplazamiento.



Figuras: M. Carranza (2013).

## Periodo predominante

$$\tau_c = 2 * \pi * \sqrt{\int_0^{\tau_n} u^2(t) dt / \int_0^{\tau_n} \dot{u}^2(t) dt}$$



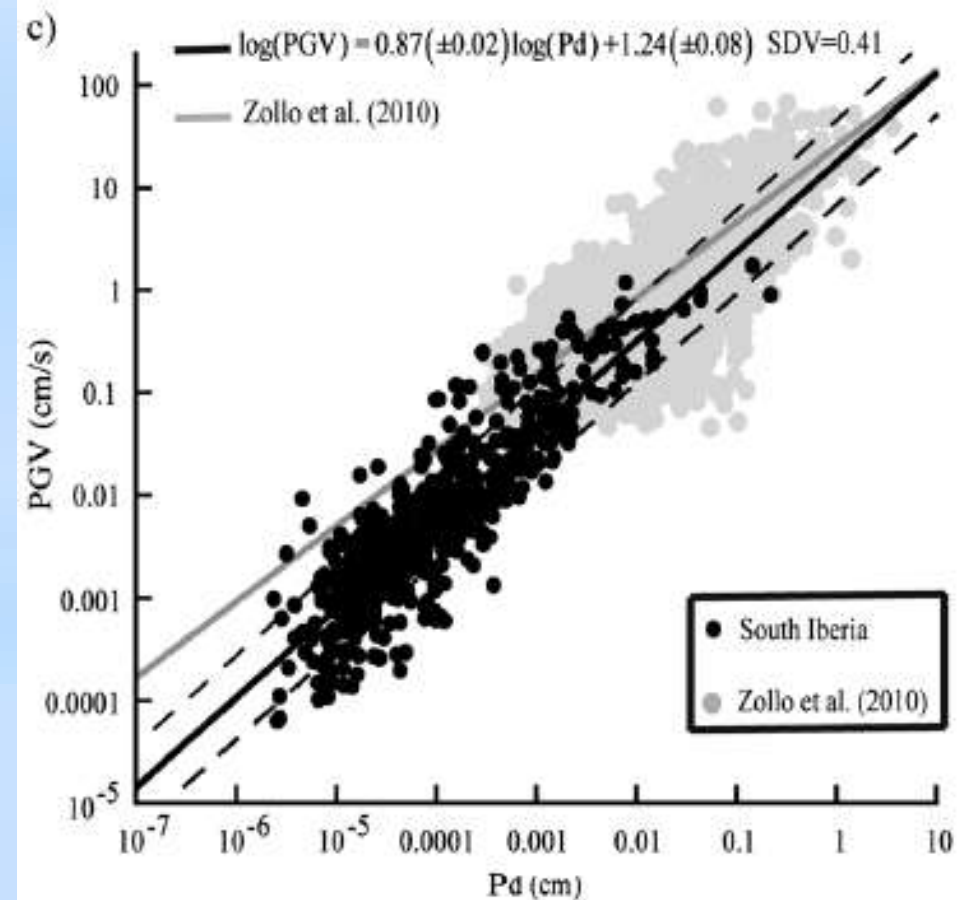
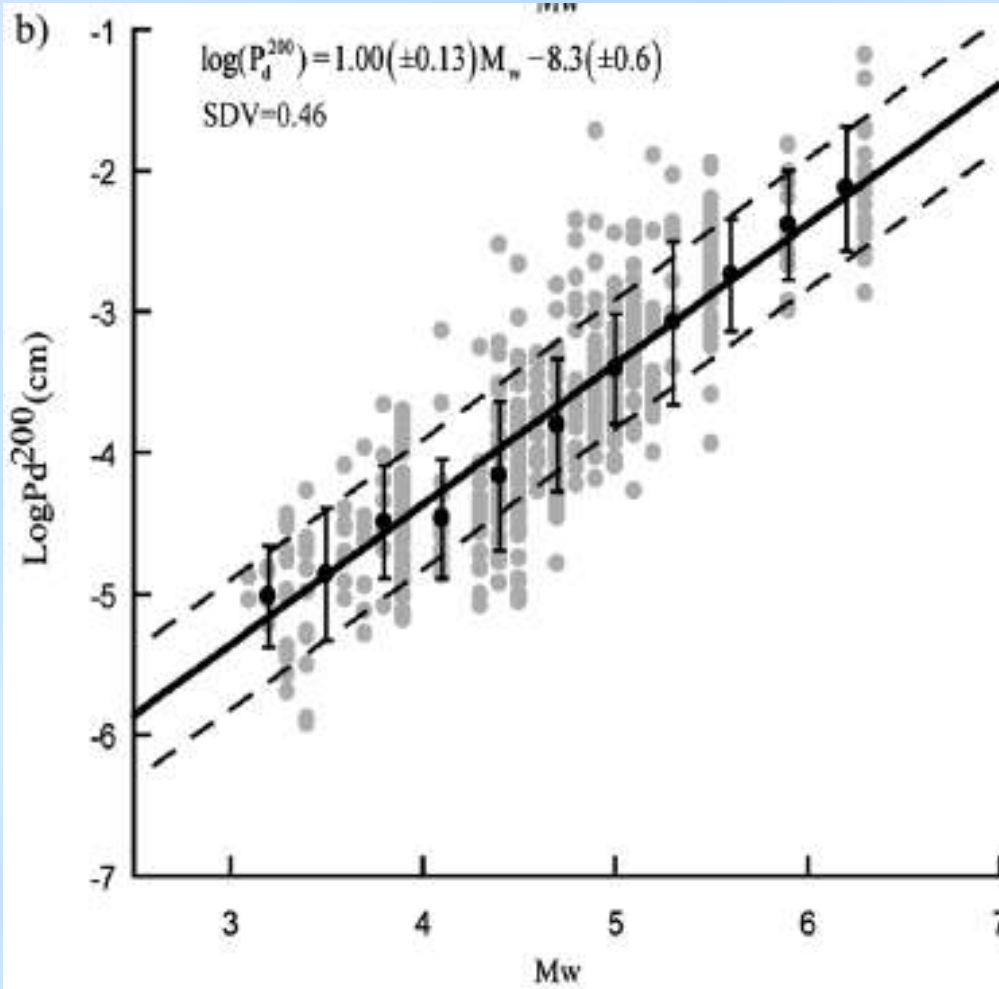




## Pico de Desplazamiento

$$\log(P_d) = A + B * M_w + C * \log(R)$$

$$\log(P_d^{200}) = D + B * M_w$$



## Predicción del máximo de la velocidad

$$\log(\text{PGV}) = A * \log(P_d) + B$$

# Prototipo: SC3-ALERTES

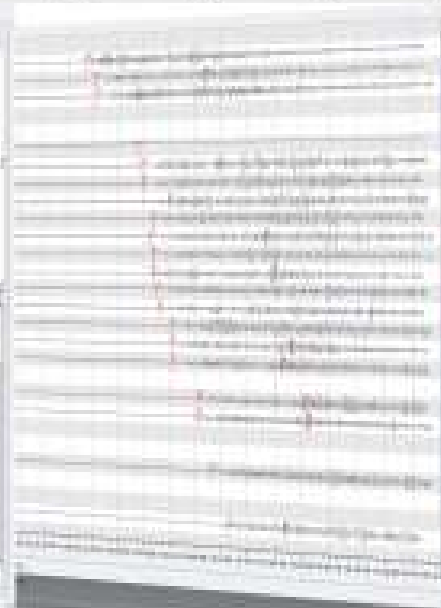
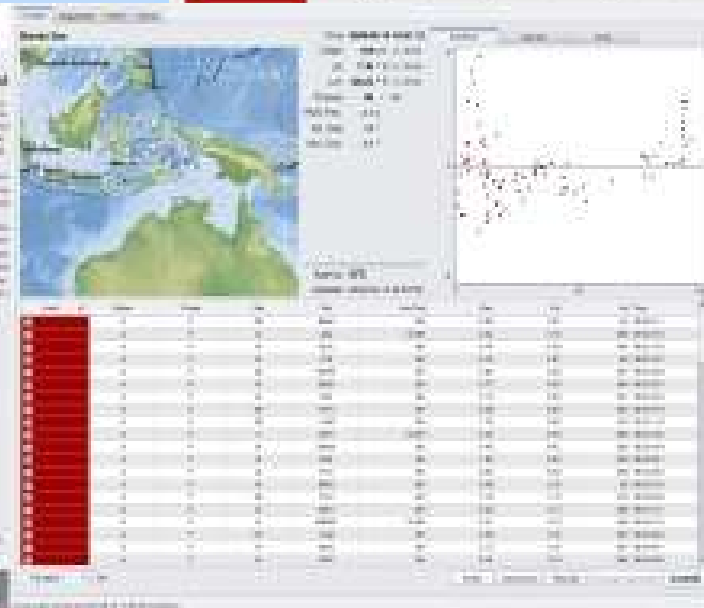
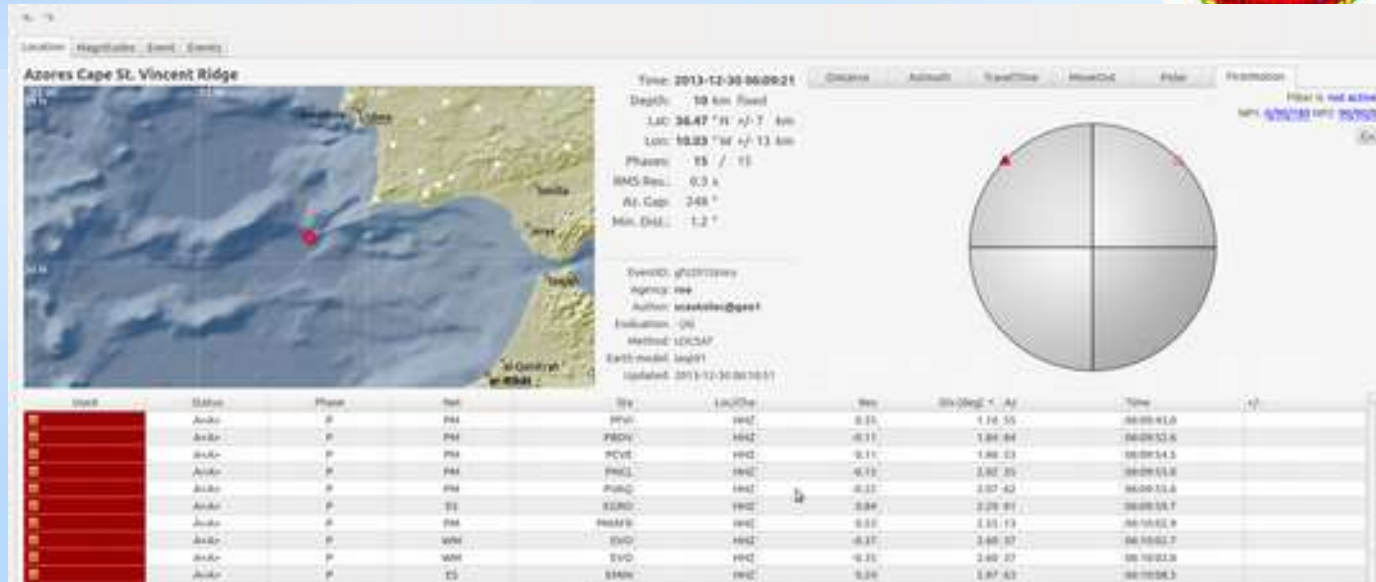


Basado SeisComP3

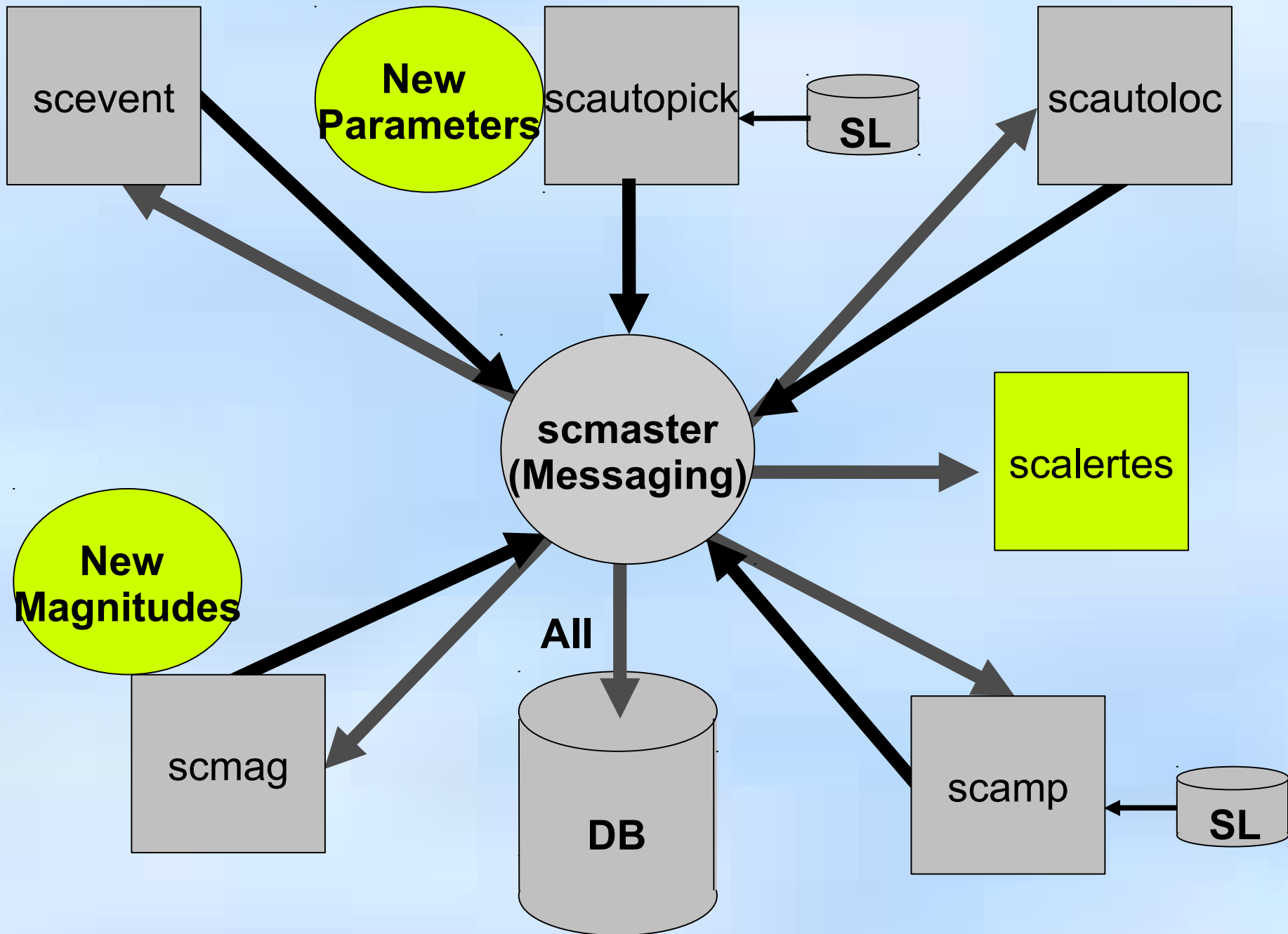
Plugings:  $P_d$  y  $\tau_c$

Módulo: SCAlertes

Reducción tiempo evento









# Programa Análisis

Simula tiempo real (ficheros log)

Mensajes de los módulos

Soluciones , ondas P y S

Lead time a los blancos

PGV esperado

Localización, magnitud

PICK TIME Origin Time 06:09:21.0 + 299 seconds FAST SEQUENTIAL DEBUG STEP REAL TIME PAUSE STOP

### SEISCOMP3

MODULO SCALTOPICK

ARRIVALS 21

- +34 seconds PMPFVL.HHZ emit P pick 20131230.060943.06-AIC-PMPFVL.HHZ
- +39 seconds PMPBDV.HHZ emit P pick 20131230.060952.61-AIC-PMPBDV.HHZ
- +41 seconds PMPCVE.HHZ emit P pick 20131230.060954.52-AIC-PMPCVE.HHZ
- +44 seconds PMPVAQ.HHZ emit P pick 20131230.060955.63-AIC-PMPVAQ.HHZ
- +45 seconds PMPNCL.HHZ emit P pick 20131230.060955.68-AIC-PMPNCL.HHZ
- +49 seconds PMPMAFR.HHZ emit P pick 20131230.061002.93-AIC-PMPMAFR.HHZ
- +49 seconds WMEVO.HHZ emit P pick 20131230.061001.81-AIC-WMEVO.HHZ
- +51 seconds ES.FGRO.HHZ emit P pick 20131230.060959.79-AIC-ES.FGRO.HHZ
- +58 seconds PMPPESTR.HHZ emit P pick 20131230.061009.53-AIC-PMPPESTR.HHZ
- +59 seconds ES.EMIN.HHZ emit P pick 20131230.061008.55-AIC-ES.EMIN.HHZ
- +64 seconds ES.EBAD.HHZ emit P pick 20131230.061012.35-AIC-ES.EBAD.HHZ
- +70 seconds PMPFVL.HHZ emit P pick 20131229.061016.55-AIC-PMPFVL.HHZ
- +73 seconds ES.ECAB.HHZ emit P pick 20131230.061022.32-AIC-ES.ECAB.HHZ
- +77 seconds WMEVO.HHZ emit P pick 20131230.061001.78-AIC-WMEVO.HHZ
- +79 seconds ES.EADA.HHZ emit P pick 20131230.061031.44-AIC-ES.EADA.HHZ
- +83 seconds WMLIFR.HHZ emit P pick 20131230.061035.91-AIC-WMLIFR.HHZ
- +94 seconds PMPPESTR.HHZ emit P pick 20131230.061041.81-AIC-PMPPESTR.HHZ
- +94 seconds ES.EBAD.HHZ emit P pick 20131230.061047.16-AIC-ES.EBAD.HHZ

### MODULO SCALTOLOC

ORIGENS

45	06:09:20.3709 -6.71 108 0.2 4.4 = 17.0
45	06:09:19.3636 -10.07 108 0.2 5.9 = 26.2
45	06:09:22.0362 -9.81 108 0.4 8.0 = 34.0
55	06:09:21.8367 -9.87 108 0.3 10.1 = 39.0
59	06:09:24.0365 -9.86 108 0.4 11.11 = 41.0
65	06:09:23.4361 -9.89 108 0.3 12.12 = 45.0
73	06:09:22.0360 -9.90 108 0.3 14.14 = 51.0
79	06:09:21.0367 -10.03 108 0.3 15.15 = 54.2
90	06:09:21.0367 -10.03 108 0.3 15.15 = 54.2

### MODULO SCALERTES

45	Origin#20131230061006.067547.5340
45	Targets Leadtimes PGV
45	Origin#20131230061010.630891.9379
50	Targets Leadtimes PGV
55	Origin#20131230061016.012256.9401
55	Targets Leadtimes and PGV
59	Origin#20131230061020.599142.9419
60	Targets Leadtimes PGV
65	Origin#20131230061026.013470.9434
65	Targets Leadtimes PGV
73	Origin#20131230061034.388865.9440
73	Targets Leadtimes PGV
80	Origin#20131230061040.681494.9474
80	Targets Leadtimes PGV
90	Origin#20131230061051.016960.9490
90	Targets Leadtimes PGV

### MODULO SCEVENT

45 Origin#20131230061006.067547.5340 created a new event gtz2013new

45	Origin#20131230061006.067547.5340
45	Magnitudes M.Mpd
49	Origin#20131230061016.012256.9401
49	Magnitudes M.Mpd
59	Origin#20131230061020.599142.9419
59	Magnitudes M.Mpd
65	Origin#20131230061026.013470.9434
65	Magnitudes M.Mpd
73	Origin#20131230061034.388865.9440
73	Magnitudes M.Mpd
80	Origin#20131230061040.681494.9474
80	Magnitudes M.Mpd
90	Origin#20131230061051.016960.9490
90	Magnitudes M.Mpd





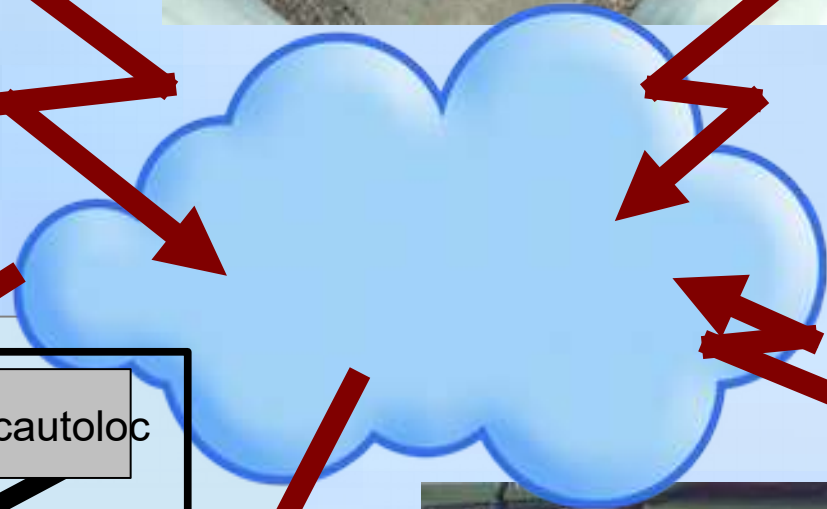
## SEISCOMP3 & IN SITU EEWs



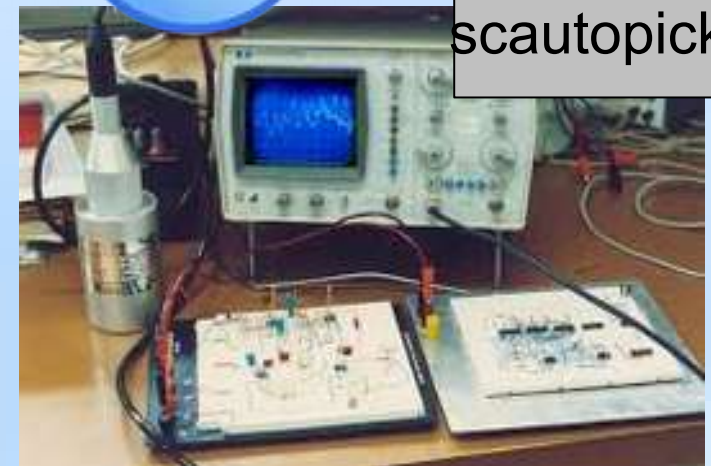
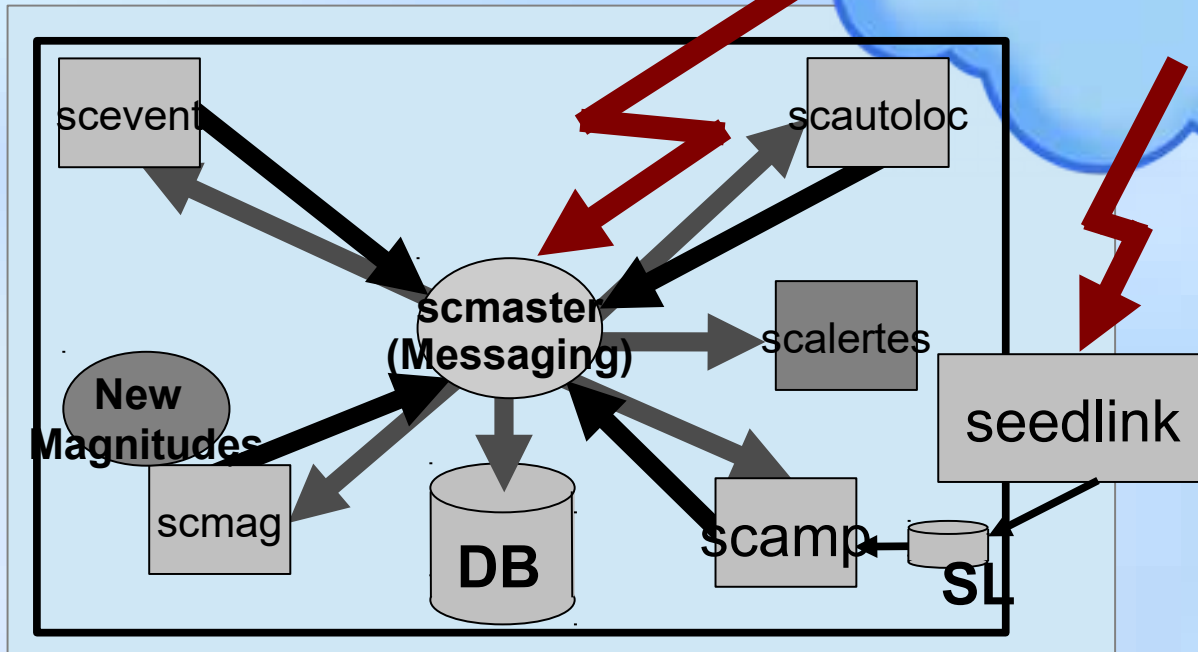
seedlink  
scautopick



seedlink  
scautopick



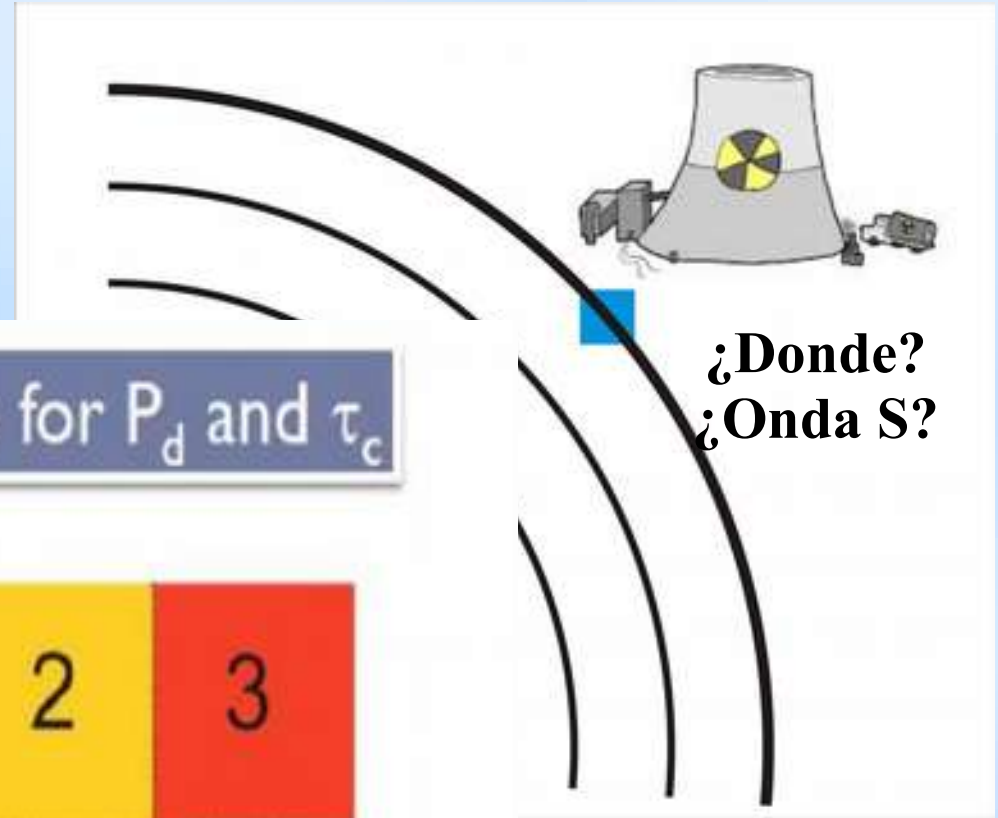
seedlink  
scautopick





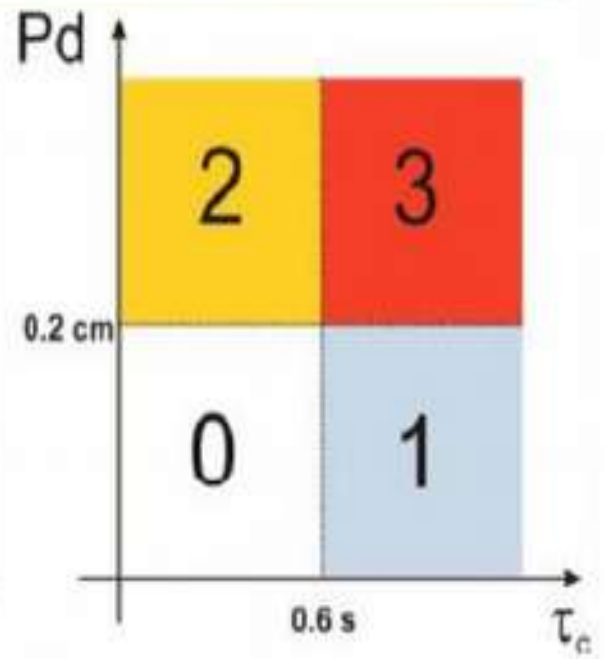
## Módulo alarma IN SITU

- Pico desplazamiento (local)  
0.2 cm  $\rightarrow$  Mw = 6 a 10 km ?
- Periodo predominante (Mw)  
0.6 seg.  $\rightarrow$  Mw = 6 ?



### Alert levels and threshold values for $P_d$ and $\tau_c$

Alert levels			
Damages nearby & far away from the station	Damages only nearby the station	Damages only far away from the station	No damages
3	2	1	0



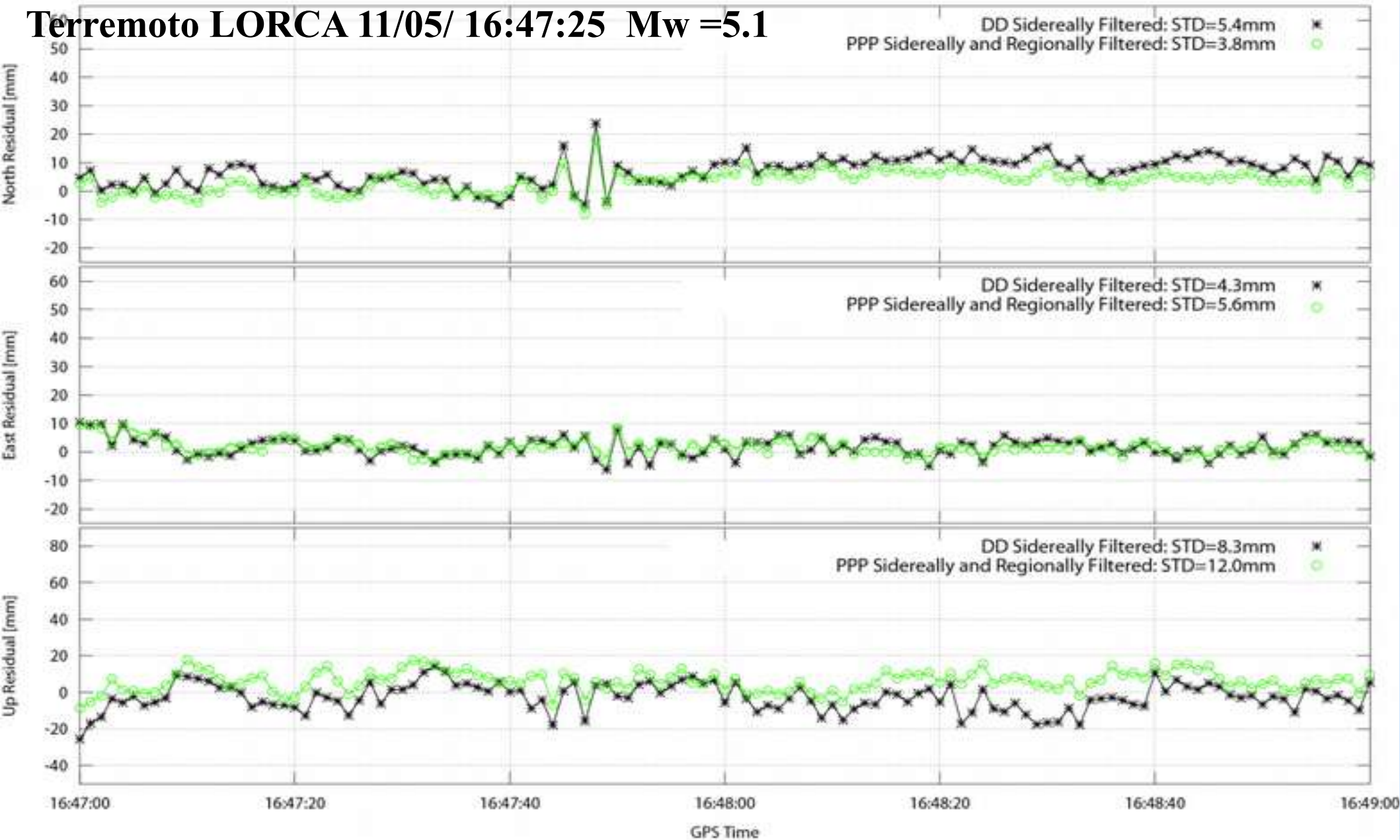
# Viabilidad uso GPS



Leonor Mendoza (2012). "A Test Case for GPS Seismology" Física de la Tierra

Residuals at Station LORC from DD after MSF and PPP after RF

## Terremoto LORCA 11/05/ 16:47:25 Mw =5.1







## 6 OBS de titanio tipo “LOBSTER” (KUM, Kiel, Alemania)

335 kg aprox. (sin ancla)

6000 m operation depth.

Max. 18 meses.

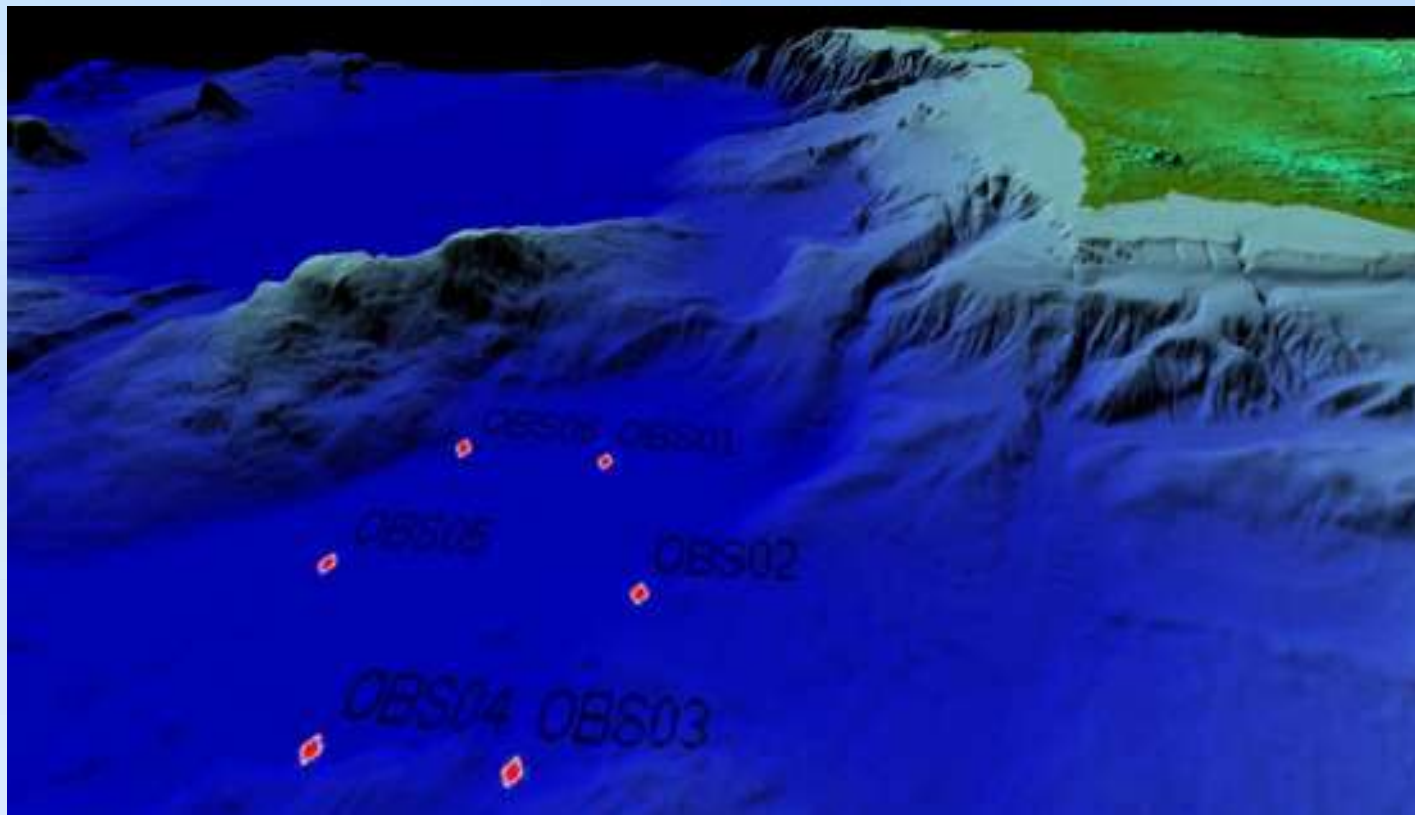
GEOLON-MCS (Send)

K/MT 562 KUMQUAT (acústico)

HTI-04-PCA/ULF (Hidrófono)

3 Guralp CMG-40T / 3 Trillium 120

- The FOMAR pool have been deployed on 2<sup>nd</sup> September
- Deploy duration: 8 months.





# AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos ALERTES y ALERTES-RIM. Tenemos que agradecer al GFZ y a GEMPA por su ayuda y la licencia de uso científico del software SEISCOMP3. Finalmente a Aldo Zollo de la Universidad de Nápoles por sus comentarios y ayuda.

## CONCLUSIONES

- La sismicidad en la Península es moderada, aunque esporádicamente se producen grandes terremotos en este área.
- Un EEWS (SAST) es viable para el SW de la Península, y se han determinado leyes de escalamiento.
- El prototipo ALERTES-SC3 está corriendo en tiempo real, en el ROA, bajo test para el Sur de la Península y Norte de Africa.
- Estudios preliminares sugieren la viabilidad de uso de GPS en EEWS.

# GRACIAS