

Modelado de deformaciones sísmicas en el mantenimiento de marcos geodésicos de referencia

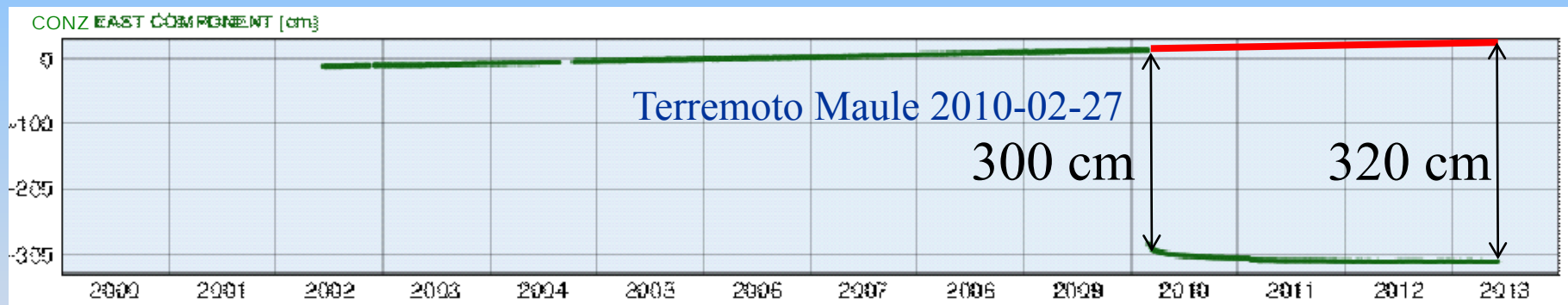
Hermann Drewes, Laura Sánchez

Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut
Munich, Alemania



El problema

Las coordenadas de los sistemas de referencia terrestres se refieren a una época definida (t_0) y su variación lineal en el tiempo ($d\underline{X}/dt$), es decir velocidades constantes ($v_{\underline{X}}$). Desviaciones del movimiento lineal de los puntos, p.ej. “saltos” generados por eventos sísmicos (terremotos), no se modelan en la variación de las coordenadas. La consecuencia es, que las coordenadas están falsas después de un sismo.

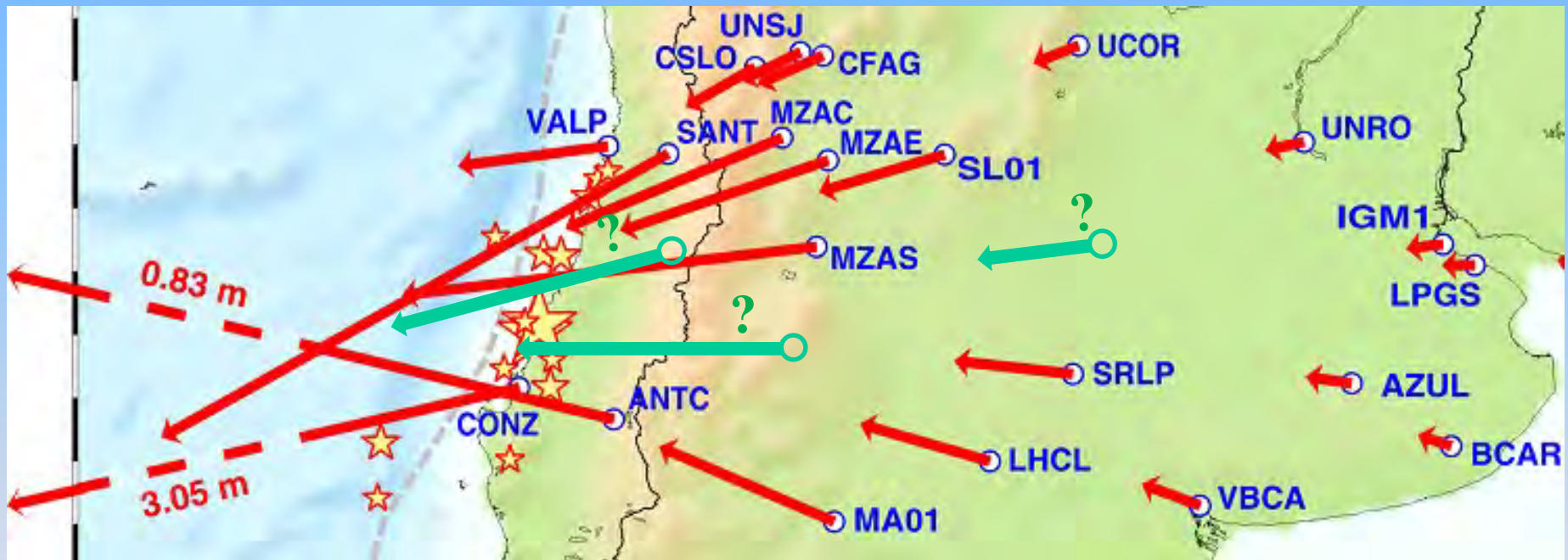


En la práctica no se pueden utilizar las coordenadas del marco de referencia y de los puntos referidos a este marco después de un terremoto, p.ej. para localizar tuberías, alcantarillados, mojones fronterizos destruidos, etc.



Propuesta de solución

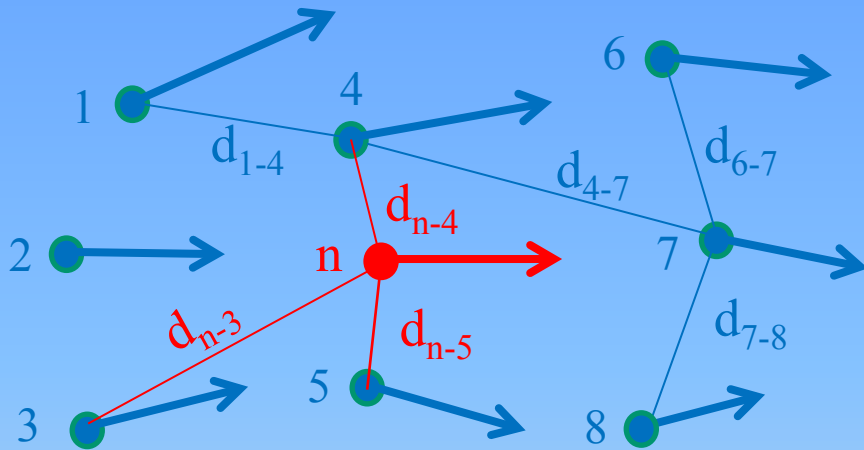
La idea para resolver el problema es interpolar los saltos en cualquier punto de la región entre los saltos registrados por las estaciones de observación continua o por puntos medidos antes y después del sismo.



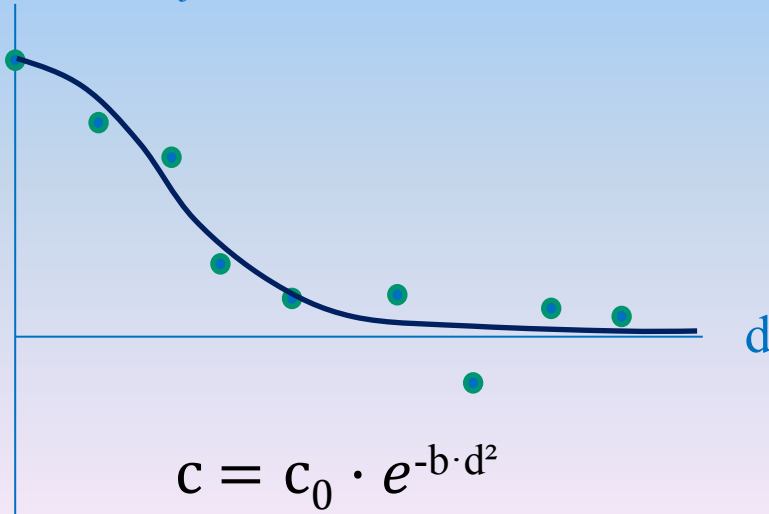
Como método de interpolación se propone la predicción por mínimos cuadrados (colocación), igualmente como se interpolan las velocidades (VEMOS). Se estudia este método en el sismo Maule (Chile) 2010.



Colocación por mínimos cuadrados



$$c = E(\underline{x}_i \cdot \underline{x}_j)$$



Predicción de vectores:

$$\underline{v}_{\text{pred}} = \underline{C}_{\text{nuevo}}^T \underline{C}_{\text{obs}}^{-1} \underline{v}_{\text{obs}}$$

$\underline{v}_{\text{obs}}$ = saltos observados en las estaciones

$\underline{v}_{\text{pred}}$ = saltos predichas en una reja $1^\circ \times 1^\circ$

$\underline{C}_{\text{obs}}$ = matriz de correlación entre vectores observados

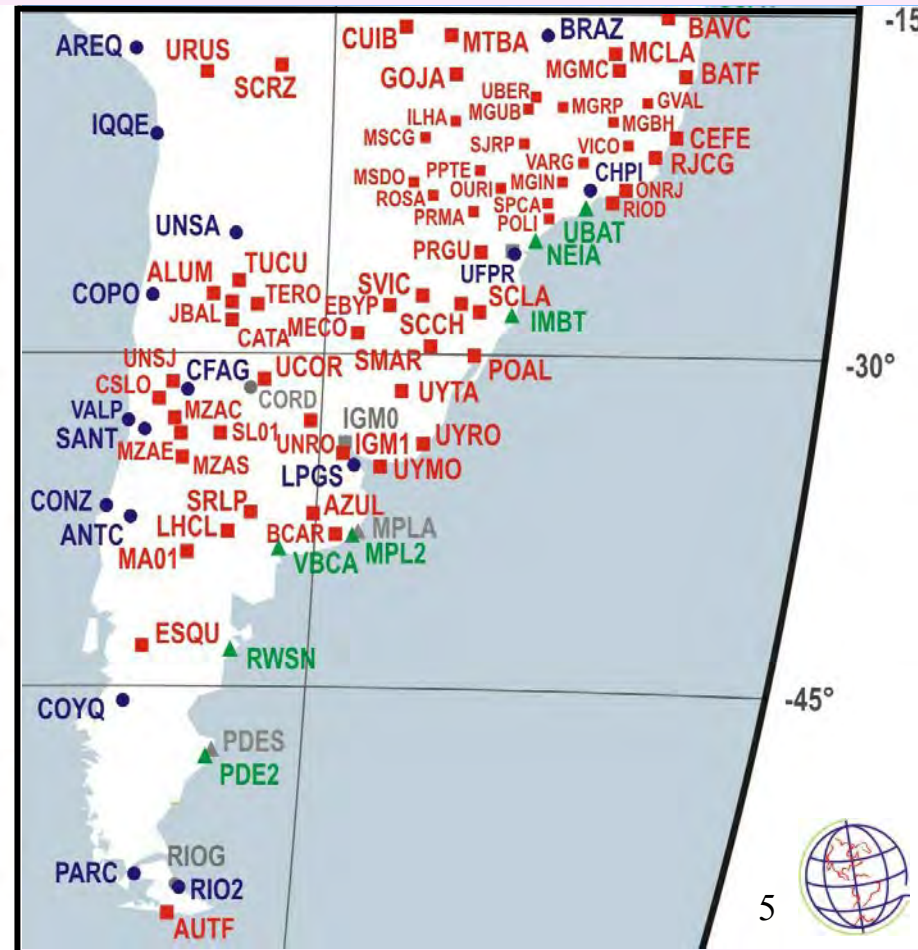
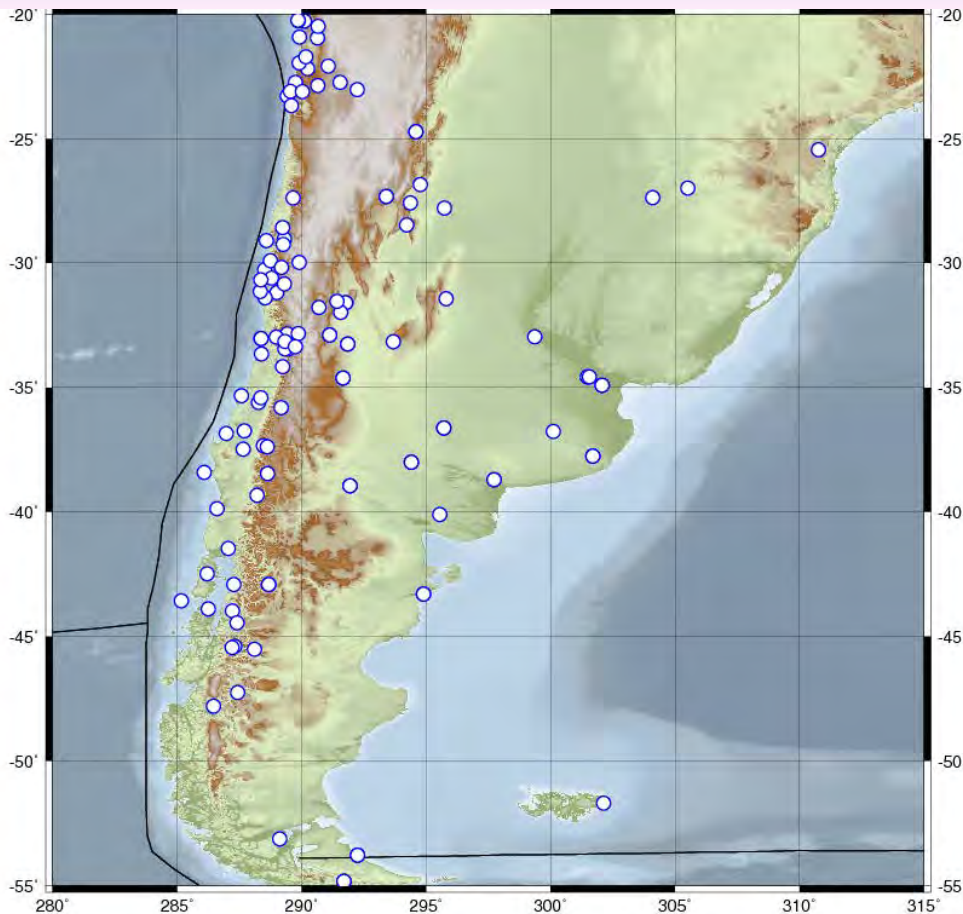
$\underline{C}_{\text{nuevo}}$ = matriz de correlación entre vectores predichos y vectores observados

Las matrices \underline{C} se componen de las funciones de covarianza isotrópicas empíricas.



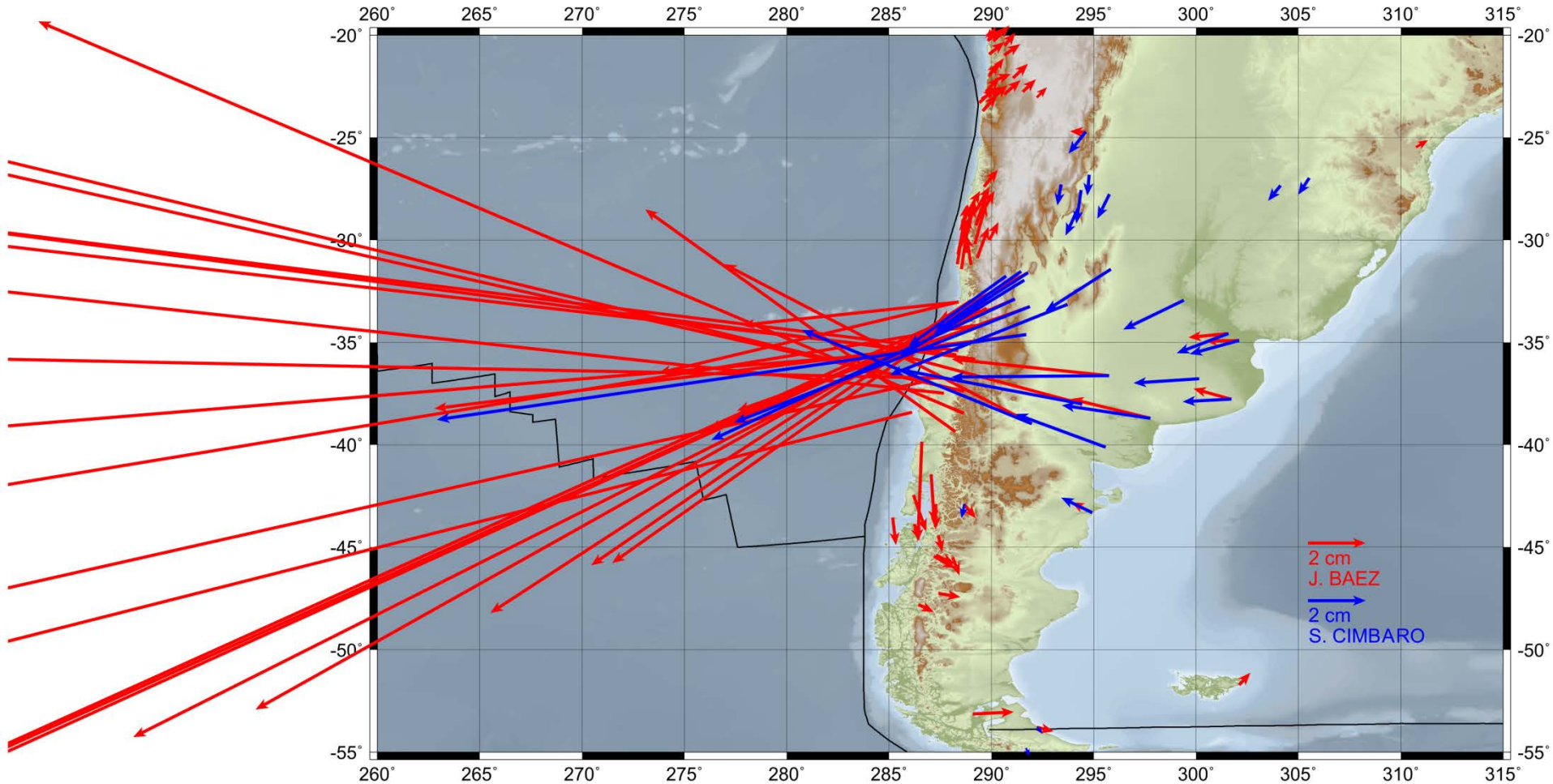
Mediciones GPS continuas cosmósmicas disponibles

Chile 112 estaciones (datos diarios: 2010, día 65 - día 51)
Argentina 40 estaciones (datos semanales: GPS 1573 - 1571)
SIRGAS 63 estaciones (datos semanales: GPS 1573 - 1571) } 148



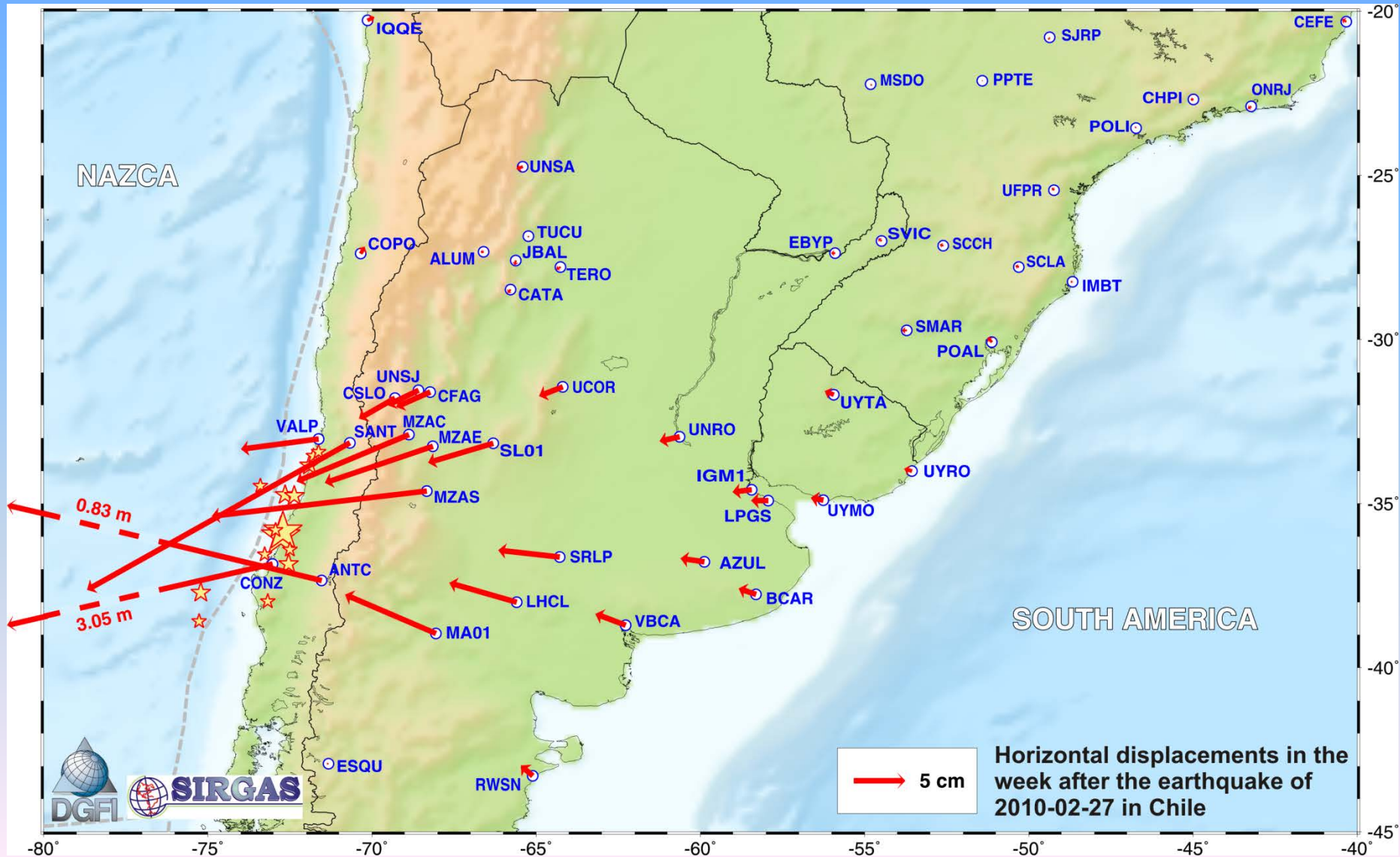
Mediciones cosmósmicas de Chile y Argentina

Saltos entre las semanas 1571 y 1573

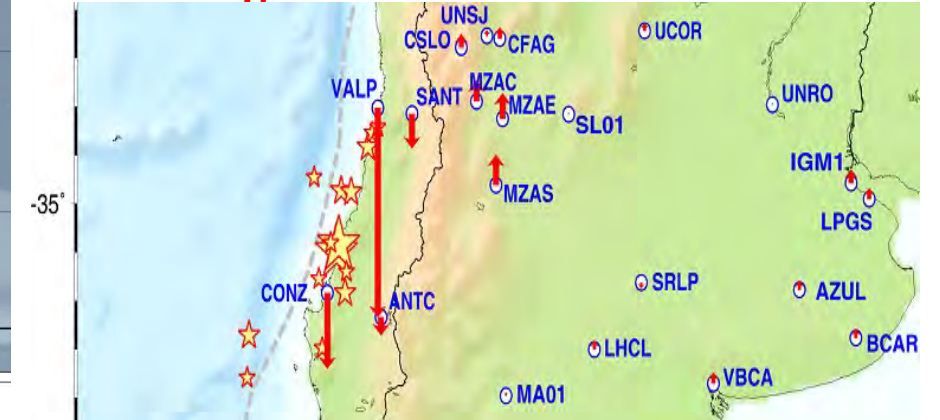
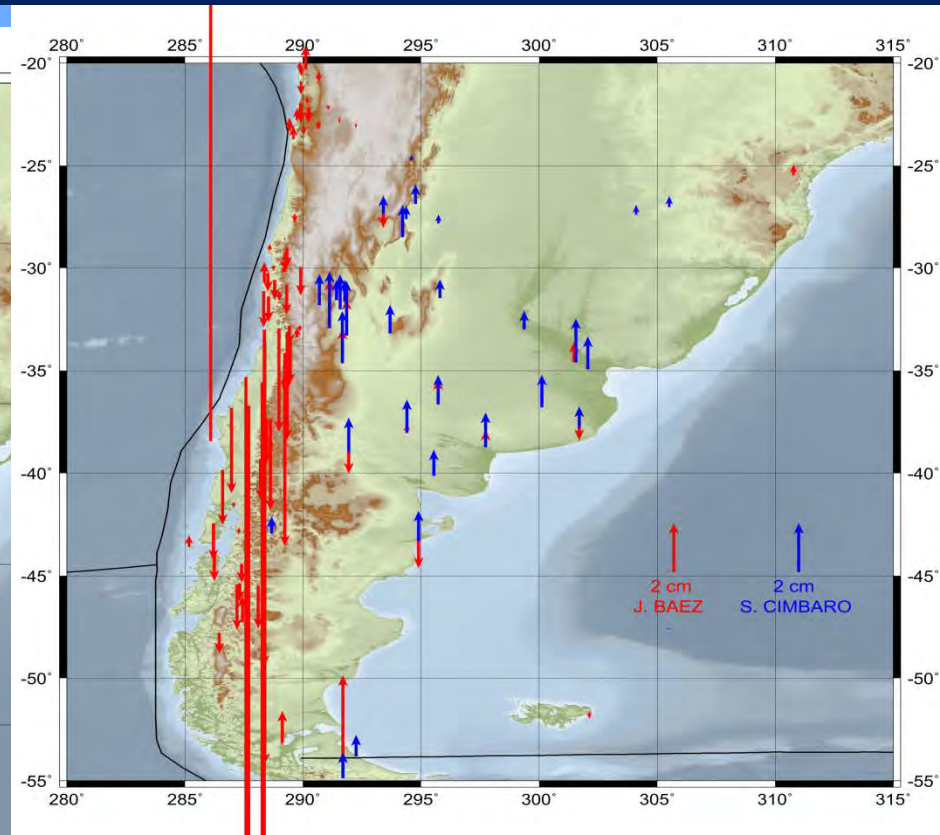
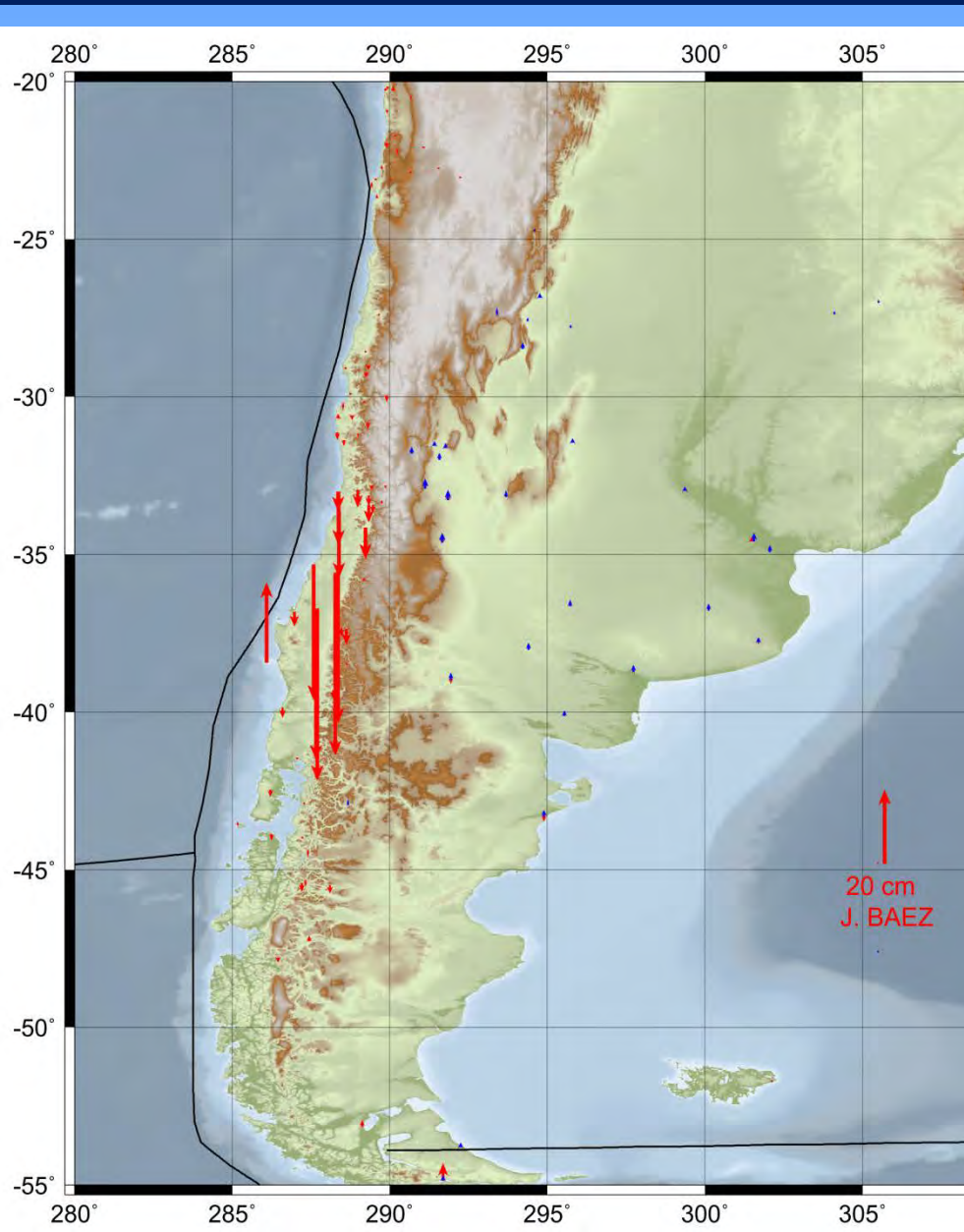


Saltos cosísmicas de la red SIRGAS

(mediciones de la red SIRGAS-CON)



Mediciones cosmicas en Chile y Argentina



Comparación de los desplazamientos medidos

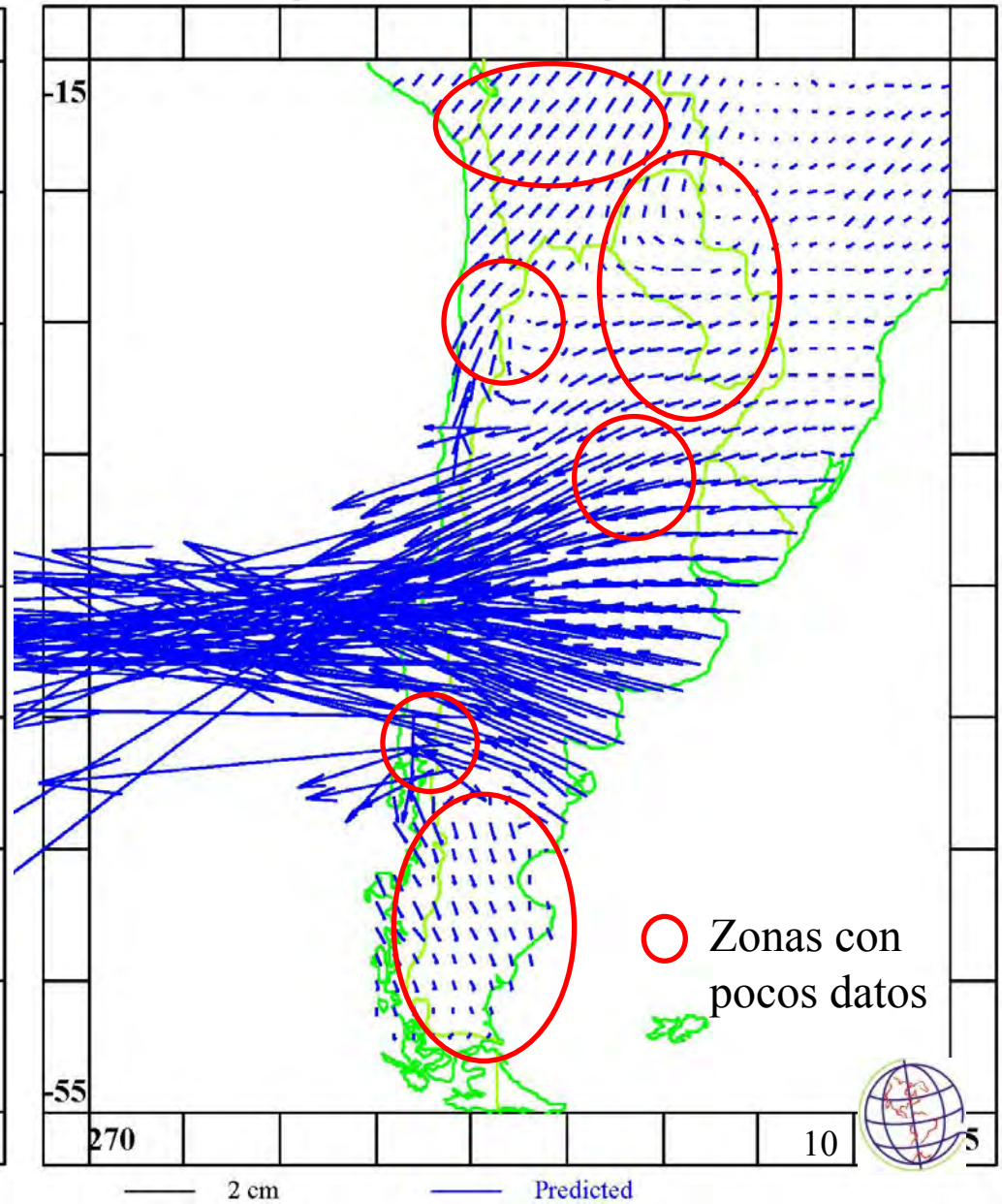
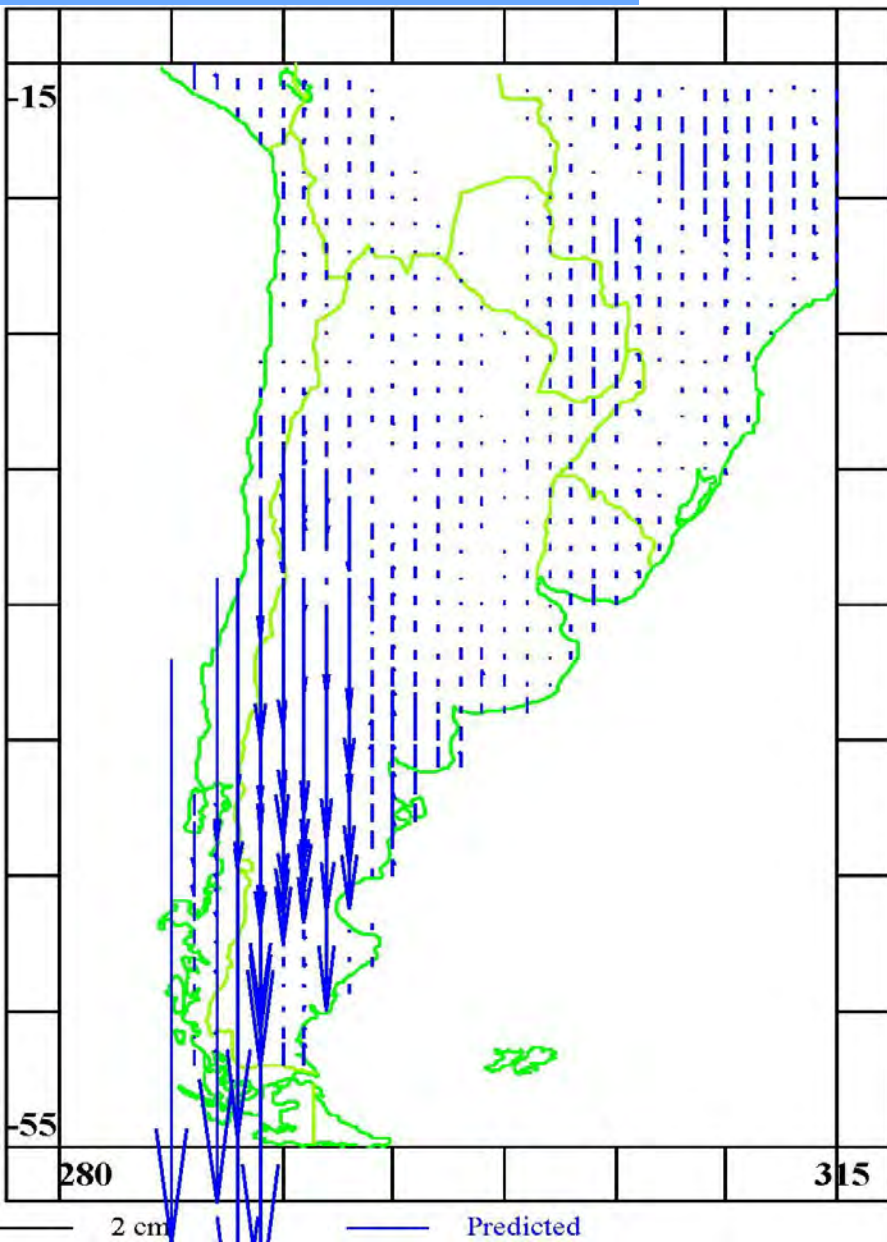
Desviaciones sistemáticas (biases) y w.r.m.s [mm]

		Argentina	SIRGAS
Chile	N	15 estaciones: $3,4 \pm 3,8$	25 estaciones: $0,4 \pm 2,0$
	E	(1 eliminada) $1,1 \pm 2,2$	(3 eliminadas) $-2,2 \pm 3,3$
	h	$-6,4 \pm 7,7$	$2,8 \pm 6,4$
Argentina	N		29 estaciones: $4,3 \pm 4,4$
	E		(1 renombrada) $-1,1 \pm 1,6$
	h		$-4,2 \pm 5,0$

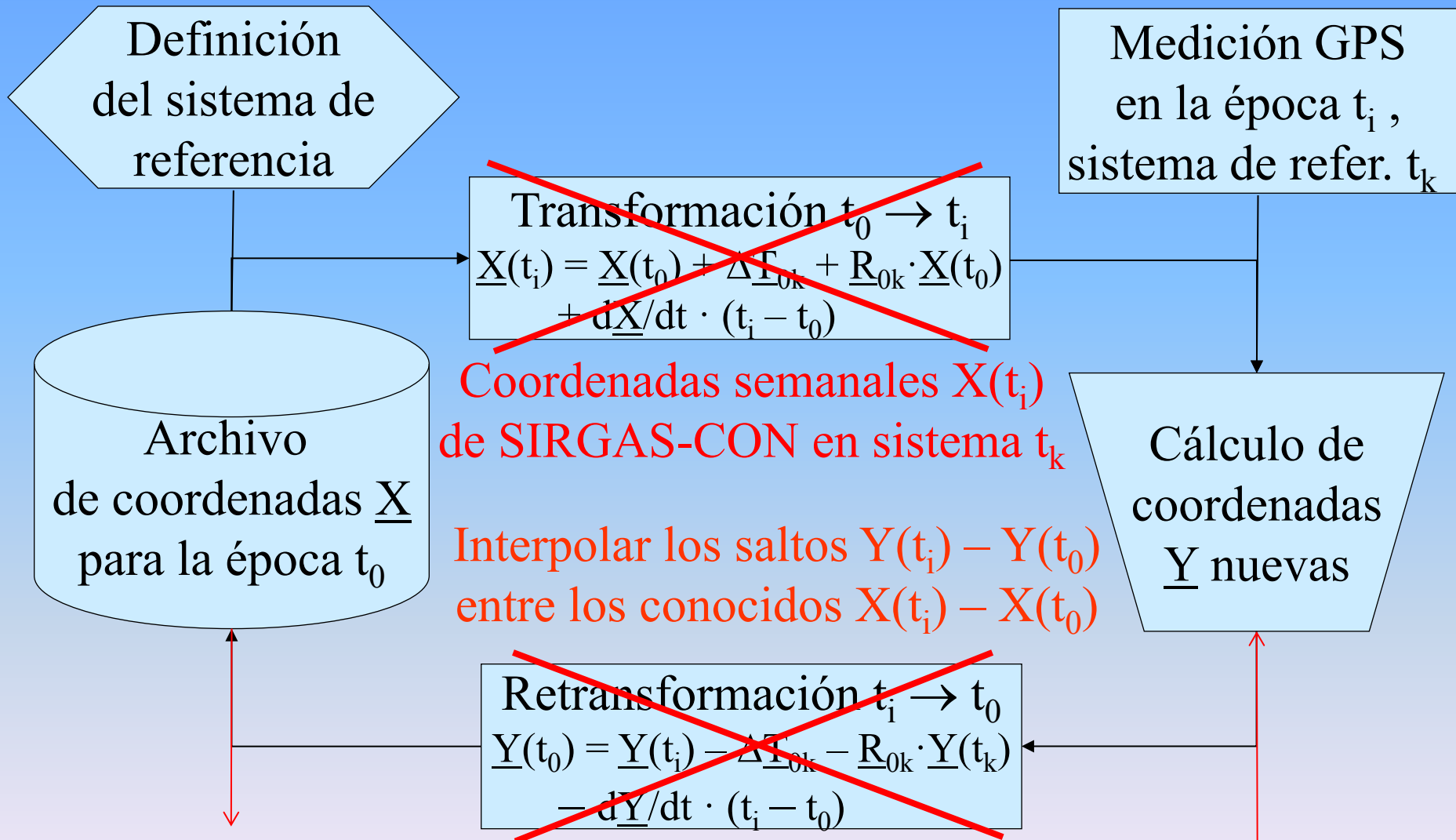
La comparación de los desplazamientos medidos (hasta 25 cm) muestra acuerdo aleatorio en el orden de $\pm 2 \dots 4$ mm (horizontal) y $\pm 5 \dots 8$ mm (vertical). Pero hay discrepancia sistemática en el mismo orden de magnitud.



Predicción de los desplazamientos (colocación)



Cálculo de coordenadas nuevas en el sistema viejo

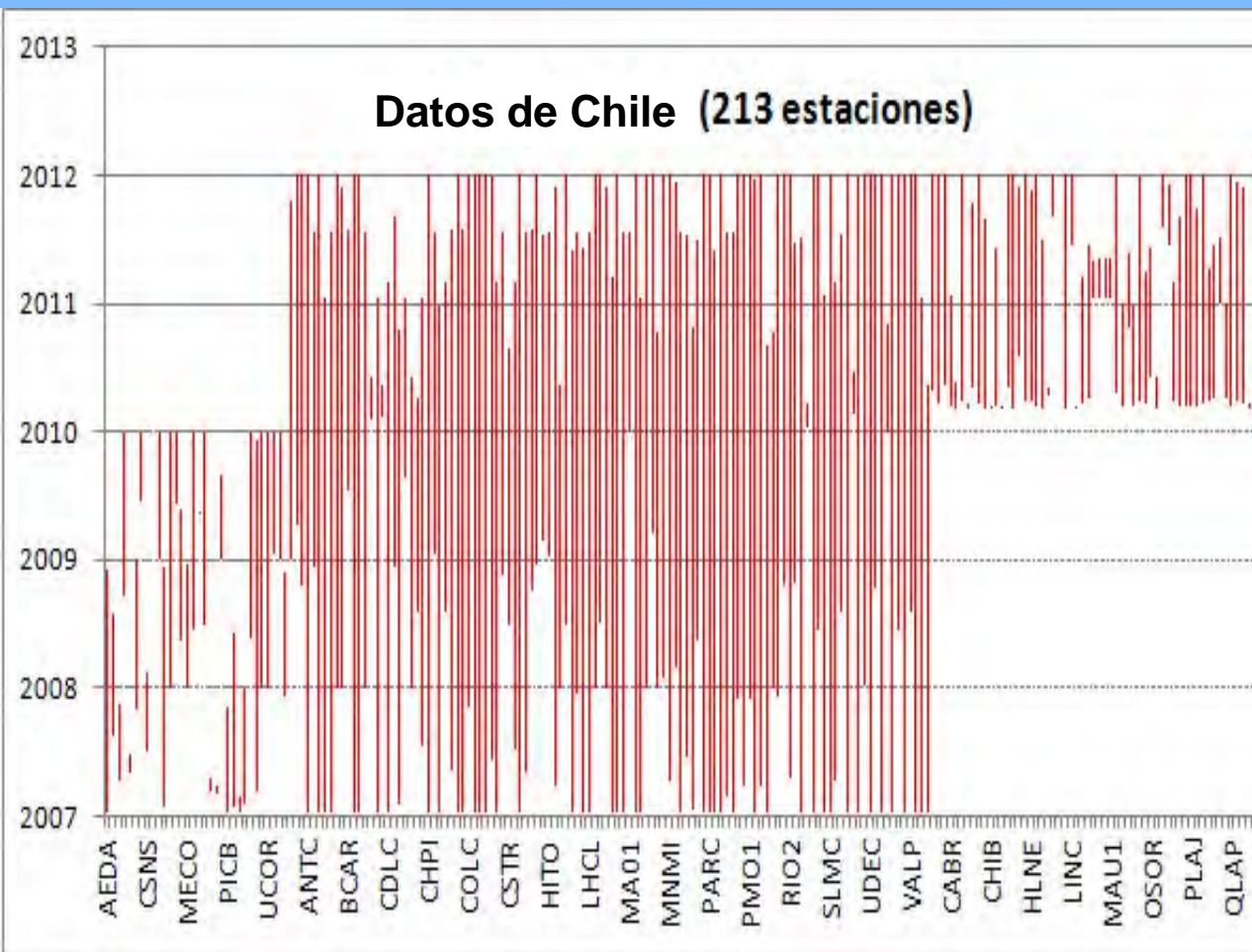


Condición: Se necesitan suficientes puntos en épocas idénticas

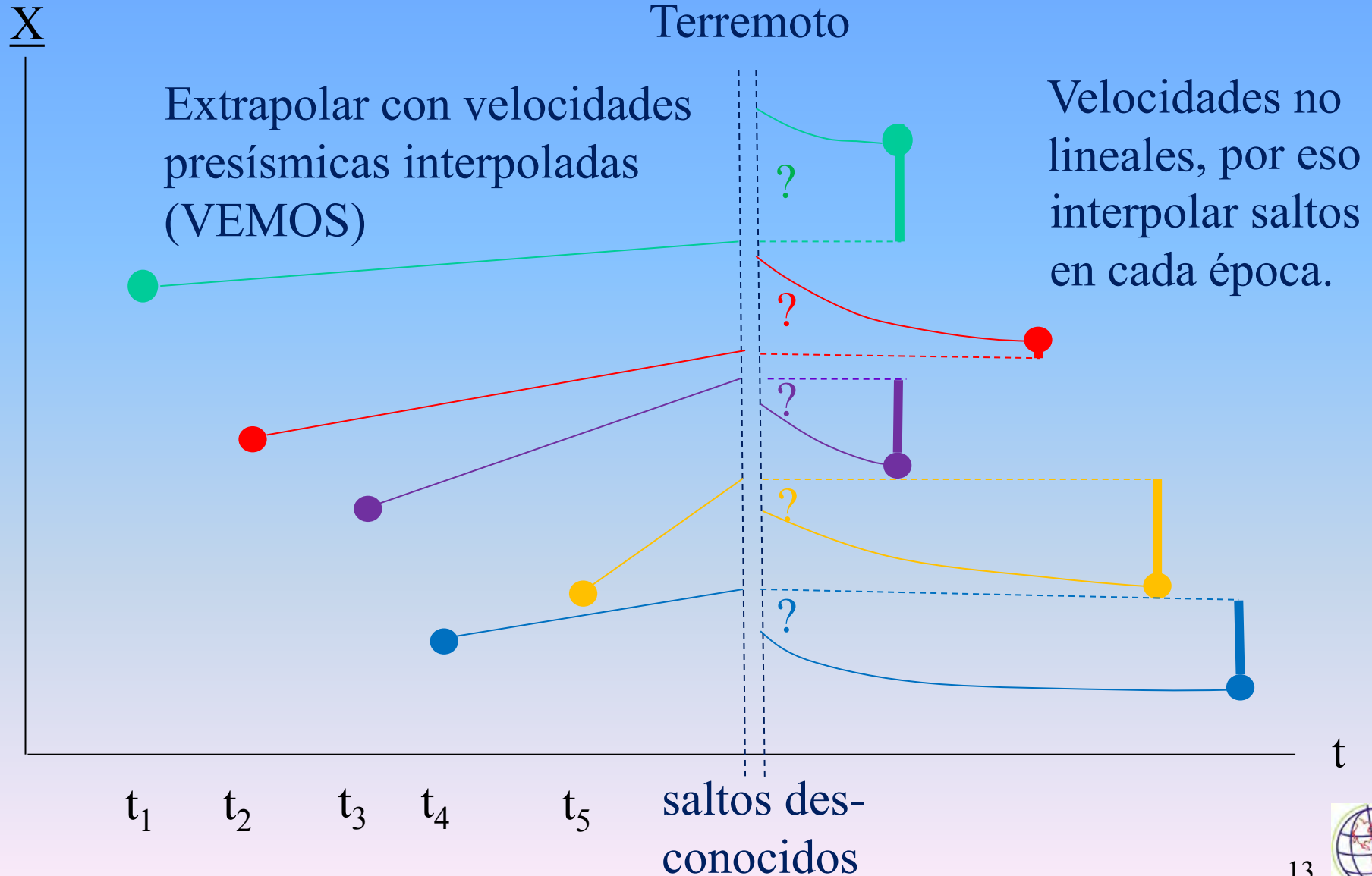


Problemas de las mediciones cosmósmicas

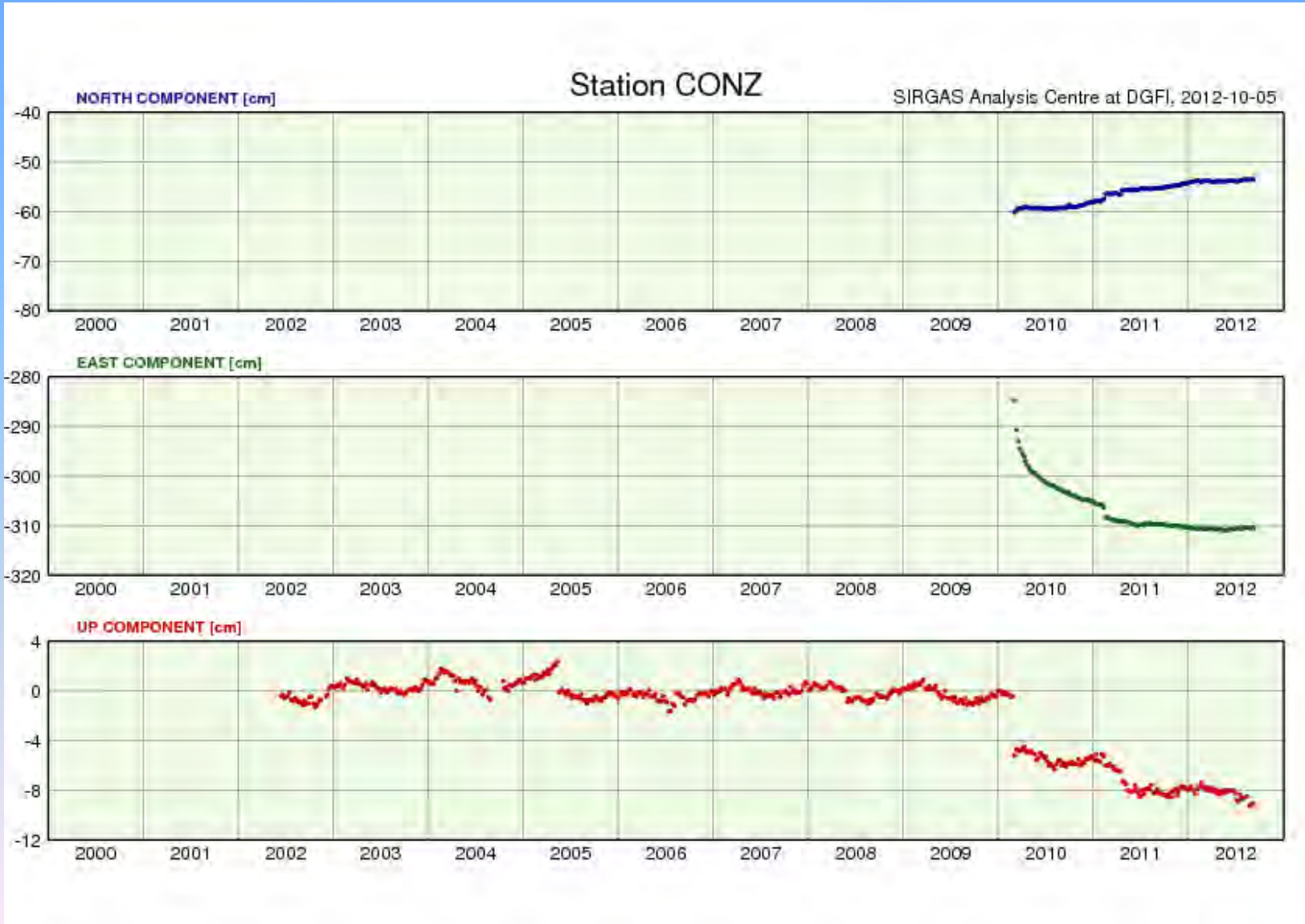
Hay muchas más estaciones de medición continua en la región.
El problema es que no se midieron antes y después del terremoto.
Es un problema general, encontrar suficientes estaciones simultáneas.



Inclusión de estaciones de campañas (pasivas)



Variación no lineal despues del terremoto



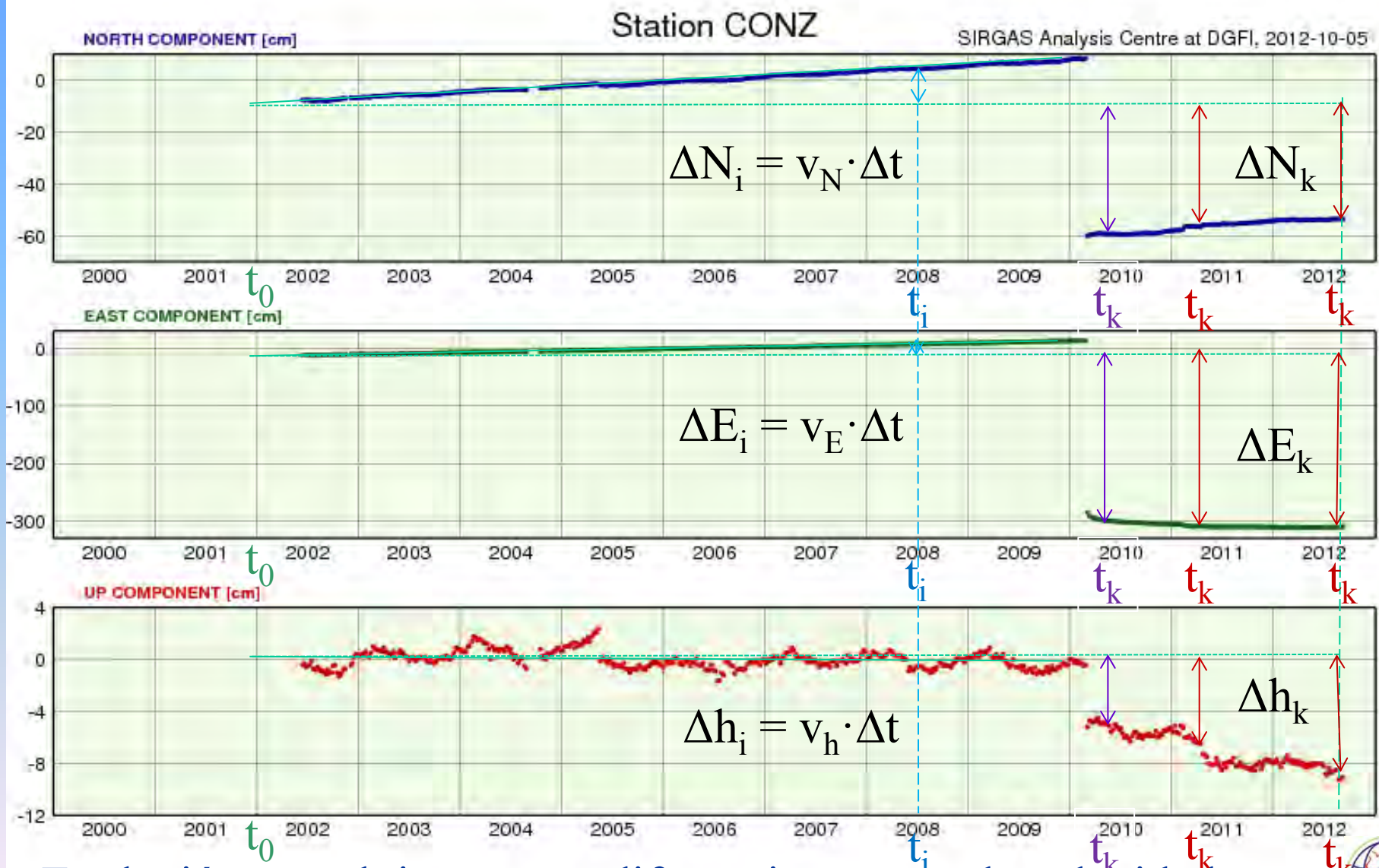
↕ 10 cm

↕ 20 cm

↕ 10 cm



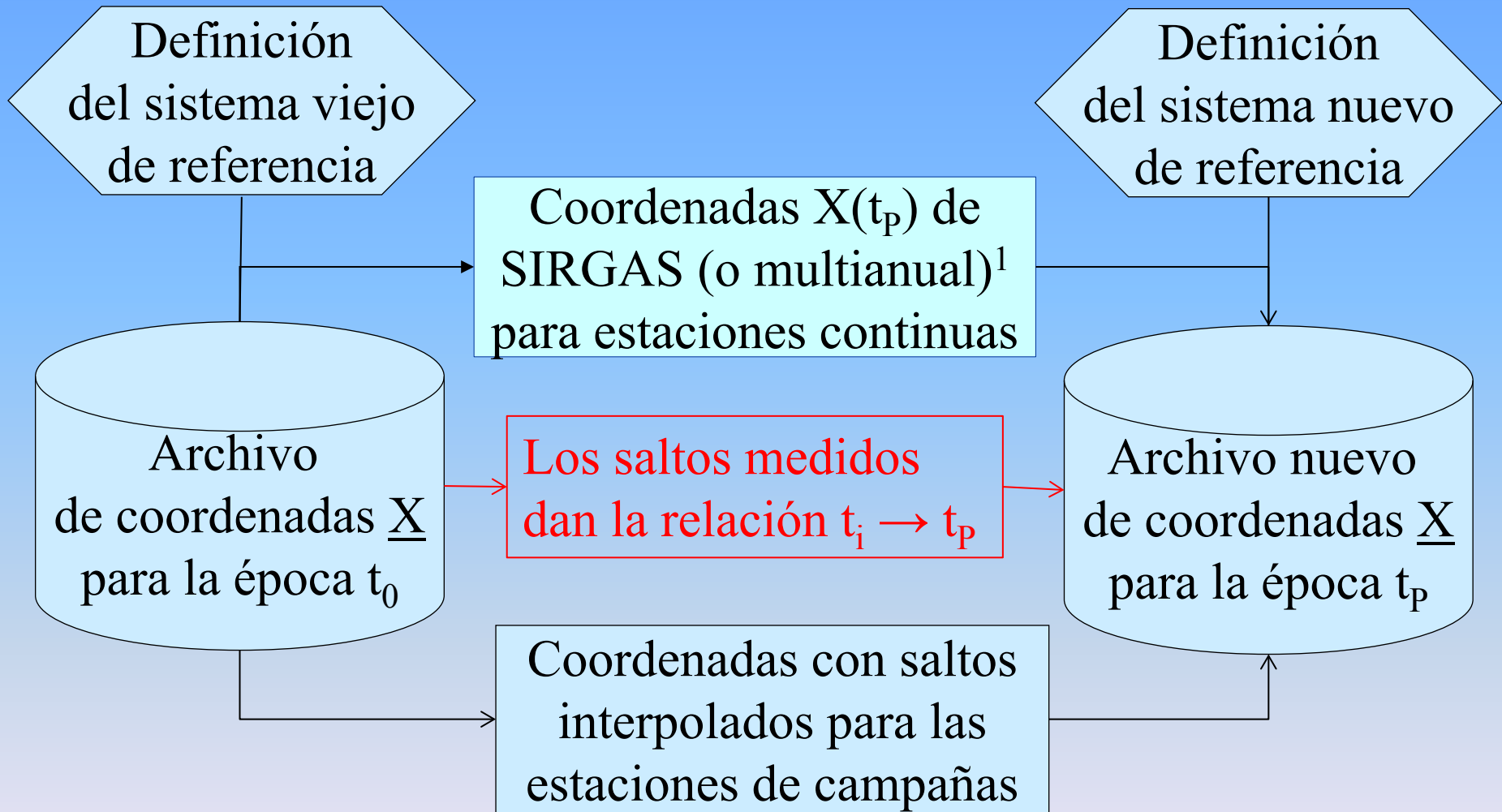
Transformación entre épocas



Evolución con el tiempo por diferencias en vez de velocidades



Alternativa: Sistema de referencia postsísmico



¹ Se pueden calcular en unos años después del terremoto



Continuación del proyecto

- En principio se pueden interpolar los desplazamientos generados por el terremoto.
- Para mejorar la precisión de la predicción sería necesario incluir más datos, sea de medición continua o sea de la repetición de estaciones pasivas en el sistema de referencia antiguo.
- En Chile están repitiendo muchas estaciones del sistema 2002, en Argentina se pueden incluir mas estaciones de las provincias, asi que se puede repetir este cálculo en poco tiempo.

Muchas gracias!

