

# Modelado de movimientos no lineales en el mantenimiento de marcos de referencia

(Reporte del Proyecto “Movimientos No Lineales – MoNoLin”)

Hermann Drewes<sup>1</sup>, Juan Báez<sup>2</sup>, Sergio Cimbaro<sup>3</sup>, Laura Sánchez<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Alemania



<sup>2</sup> Universidad de Concepción, Chile



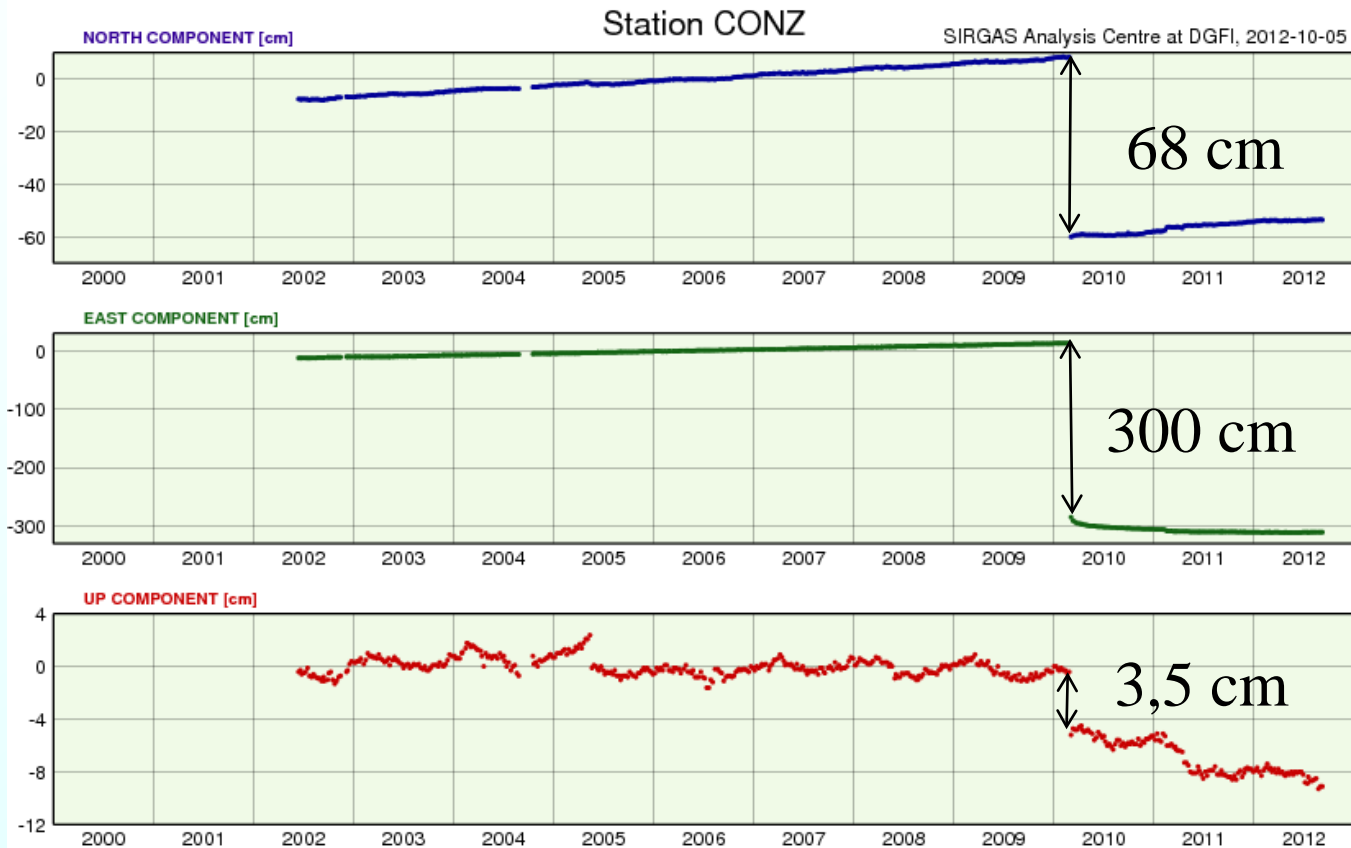
<sup>3</sup> Instituto Geográfico Nacional, Argentina



Reunión SIRGAS, Concepción, Chile, 29-31 de octubre de 2012

# Motivación

Los sistemas de referencia actuales contienen coordenadas para una época fija y su variación lineal (velocidad constante). Qué hacer con variaciones no lineales, p.ej. después de terremotos?

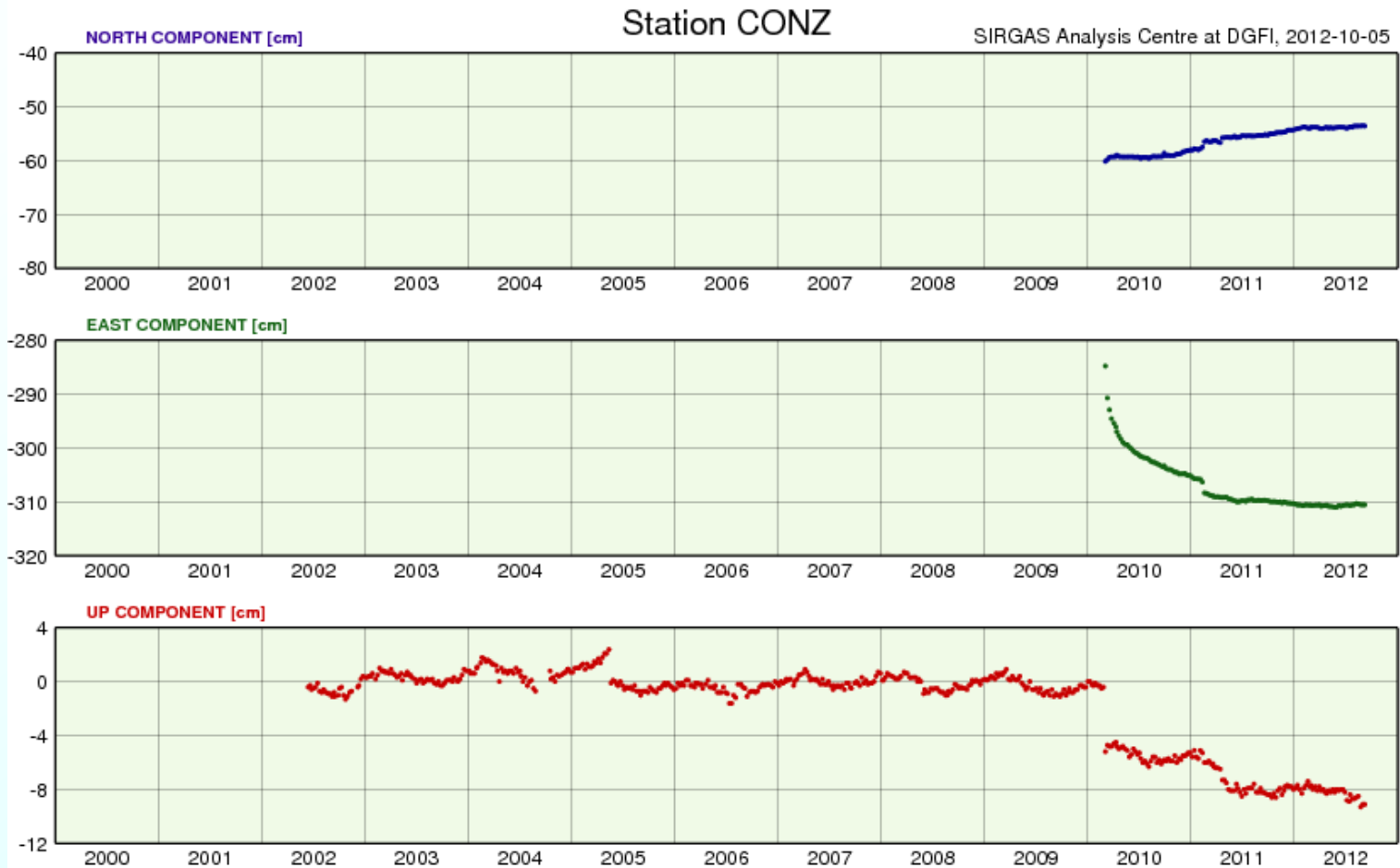


Ejemplo:  
Salto en las  
coordenadas  
después del  
terremoto  
Maule, 27 de  
febrero 2010



# Ejemplo de variación no lineal

## Velocidad no constante después del terremoto en detalle



↕ 10 cm

↕ 20 cm

↕ 10 cm

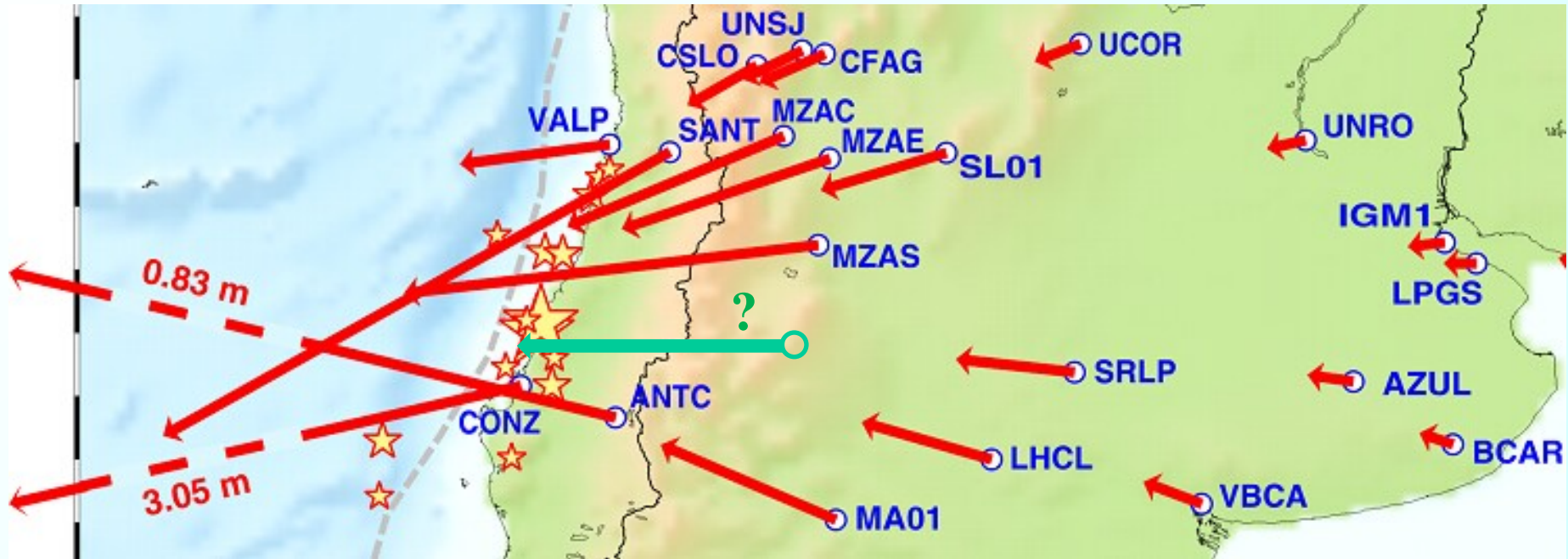


# El problema en la práctica

- Las posiciones actuales de las estaciones no corresponden a las coordenadas dadas por el marco de referencia para la época  $t_0$  más su variación lineal:  $X(t_i) \neq X(t_0) + dX/dt \cdot (t_i - t_0)$ .
- Se conocen los desplazamientos verdaderos en las estaciones de observación continua, pero ...
  - se necesitan también los desplazamientos de las estaciones de referencia medidas en campañas para garantizar la relación de sus posiciones actuales con respecto a las coordenadas del marco de referencia (p. ej. en Chile: SIRGAS 2002),
  - se necesitan los desplazamientos de todos los puntos oficiales (límites, catastro, ingeniería, etc.) con respecto al sistema oficial.
- Cómo conseguir la relación entre las coordenadas antes de un terremoto y después del terremoto?



# Deformación regional por el terremoto Maule



La idea para solucionar el problema general es interpolar los desplazamientos de los puntos pasivos a partir de puntos ocupados antes y después del terremoto **en una época idéntica.**

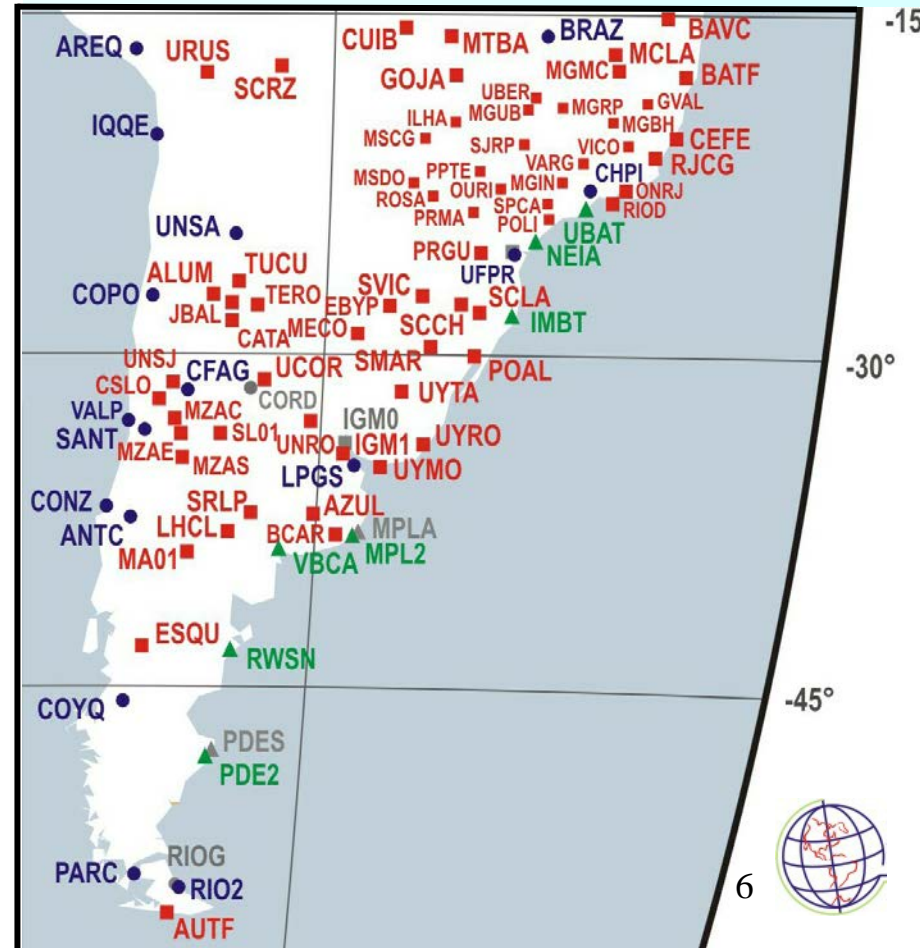
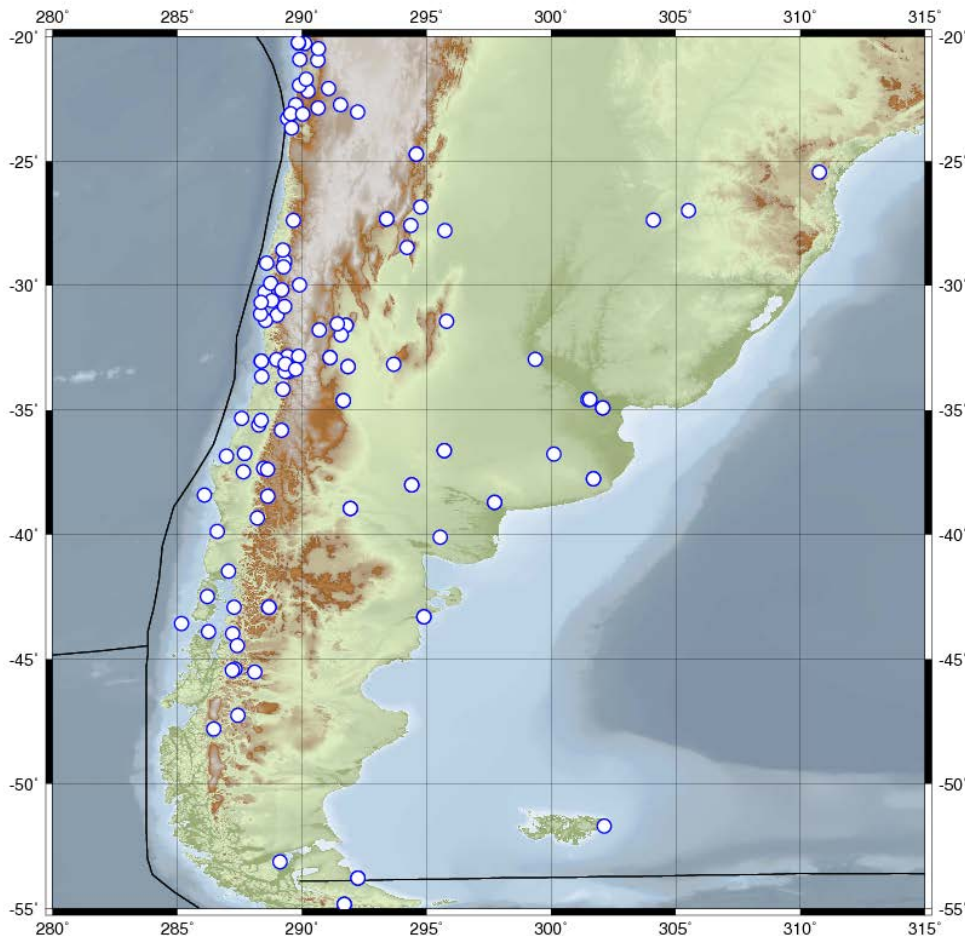
Una posibilidad es la colocación por mínimos cuadrados de la misma manera como se interpolan las velocidades (VEMOS).





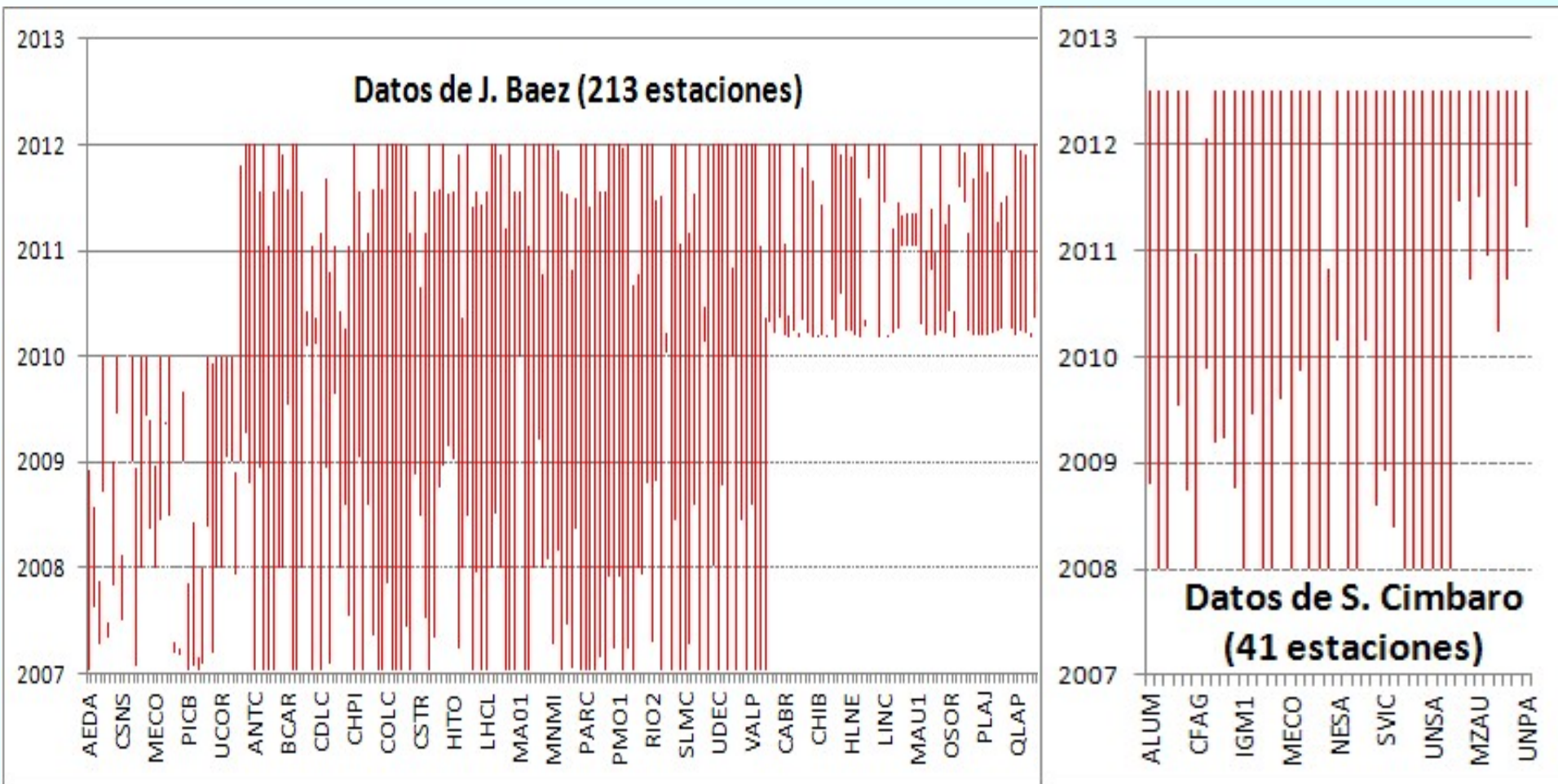
# Mediciones GPS continuas cosmósmicas disponibles

Chile 112 estaciones (datos diarios: 2010, día 65 - día 51)  
 Argentina 33 estaciones (datos semanales: GPS 1573 - 1571)  
 SIRGAS 63 estaciones (datos semanales: GPS 1573 - 1571) } 141



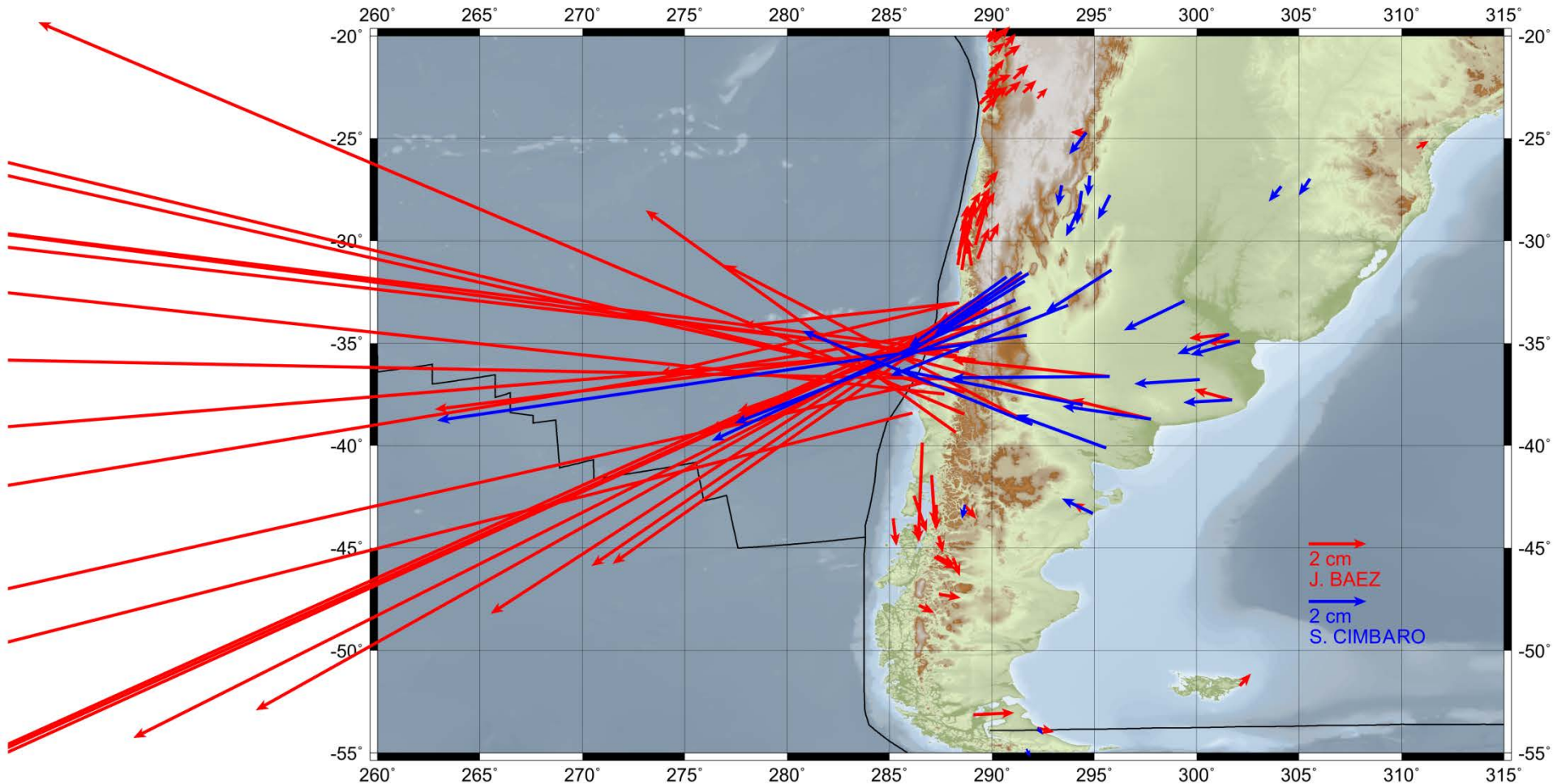
# Problemas de las mediciones cosmósmicas

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.



# Mediciones cosmósmicas en Chile y Argentina

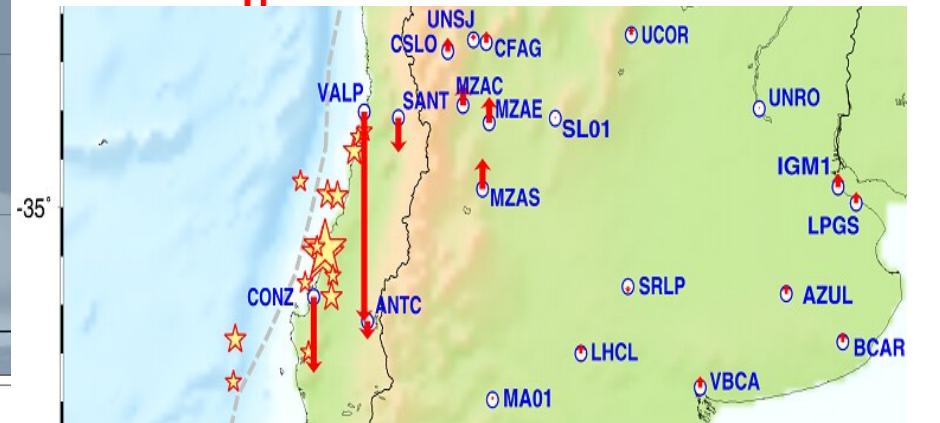
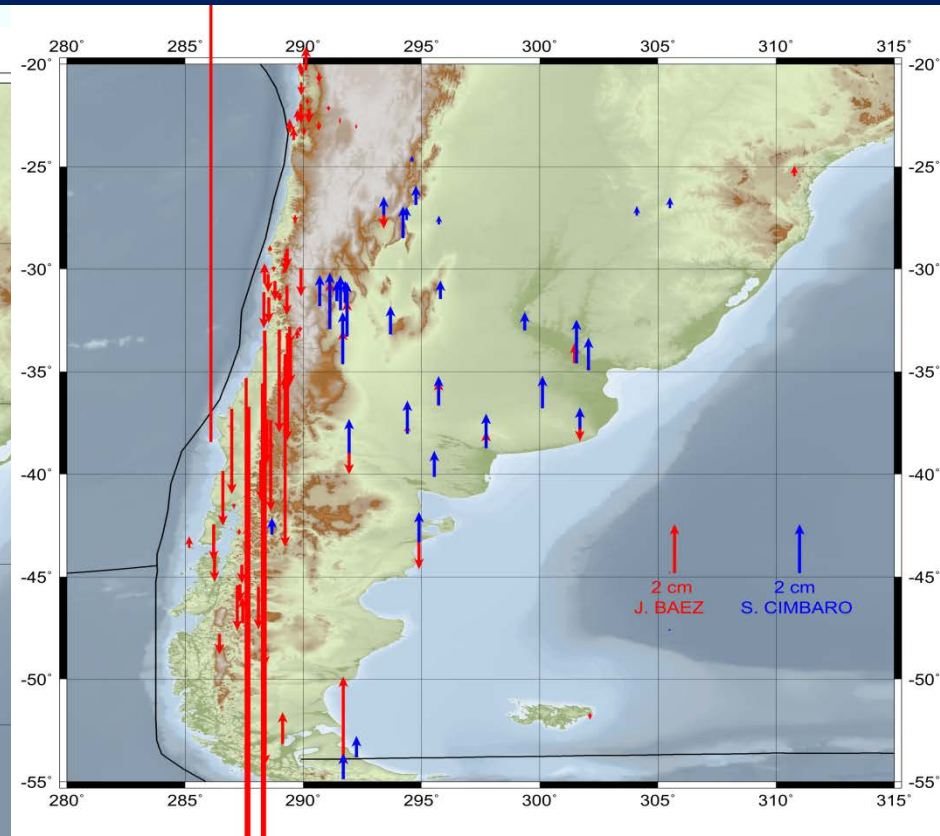
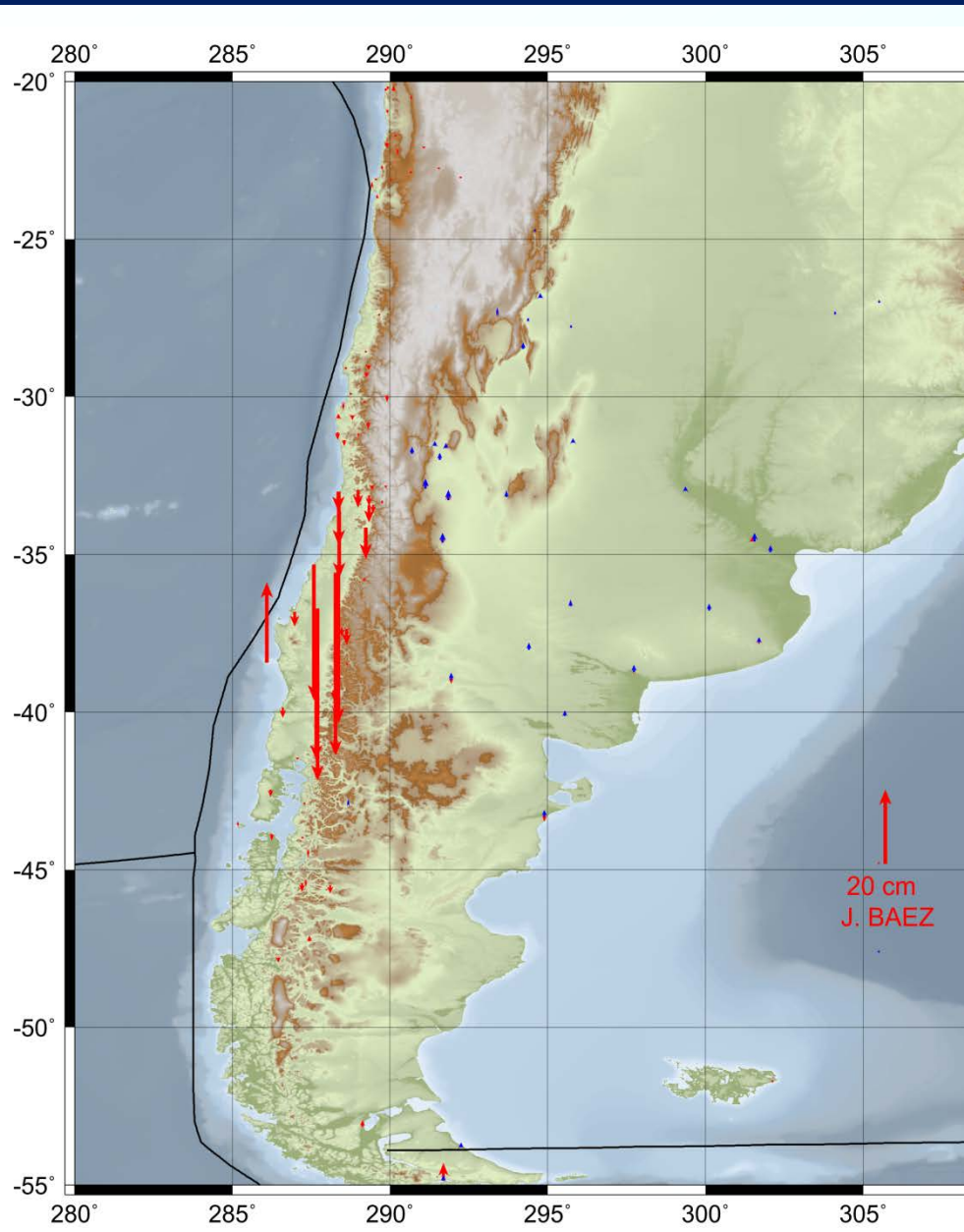
(mediciones simultáneas proporcionadas por J. Báez y S. Cimbaro)







# Mediciones cosmicas en Chile y Argentina



# Comparación de los desplazamientos medidos

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

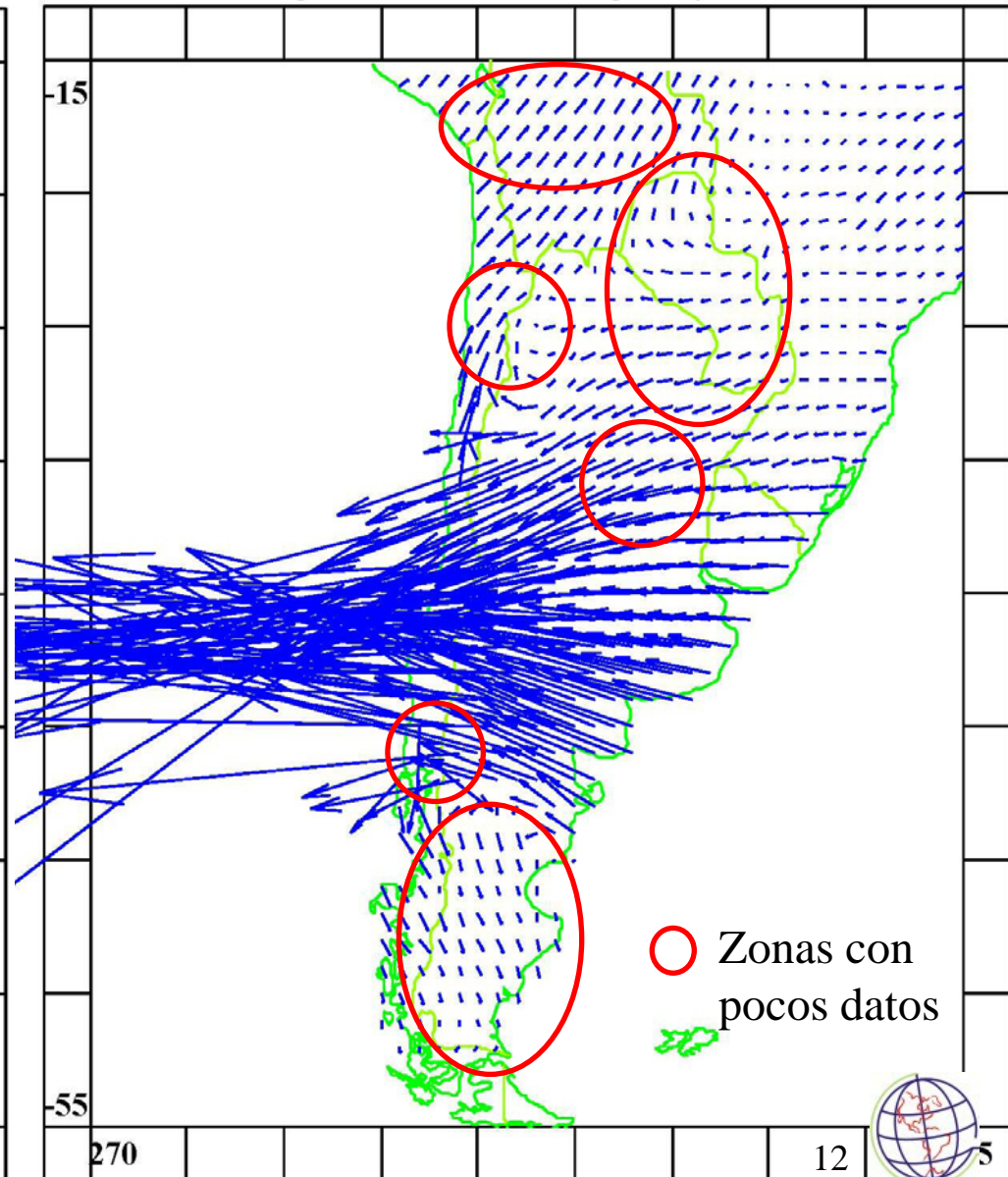
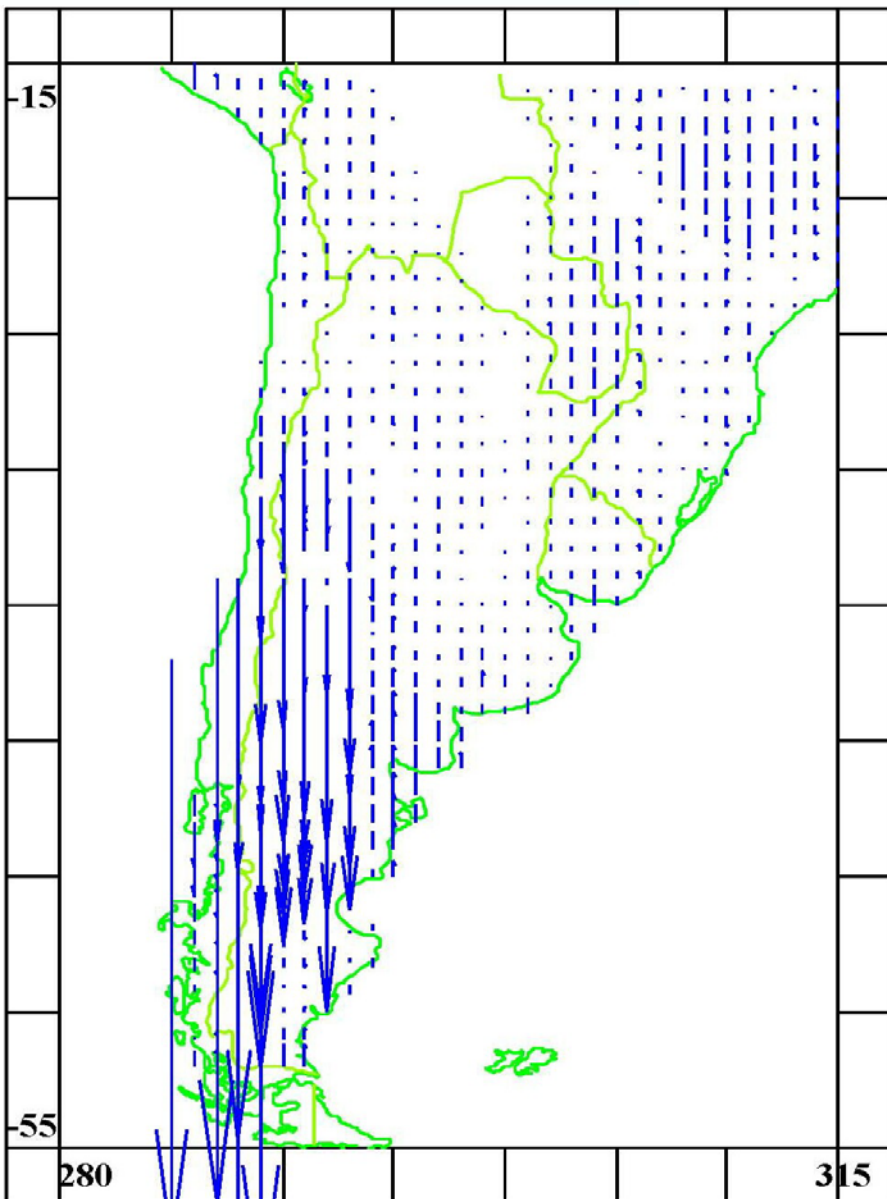
		Cimbaro	SIRGAS
Báez	N	15 estaciones: $3,4 \pm 3,8$	25 estaciones: $0,4 \pm 2,0$
	E	(1 eliminada) $1,1 \pm 2,2$	(3 eliminadas) $-2,2 \pm 3,3$
	h	$-6,4 \pm 7,7$	$2,8 \pm 6,4$
Cimbaro	N		29 estaciones: $4,3 \pm 4,4$
	E		(1 renombrada) $-1,1 \pm 1,6$
	h		$-4,2 \pm 5,0$

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.



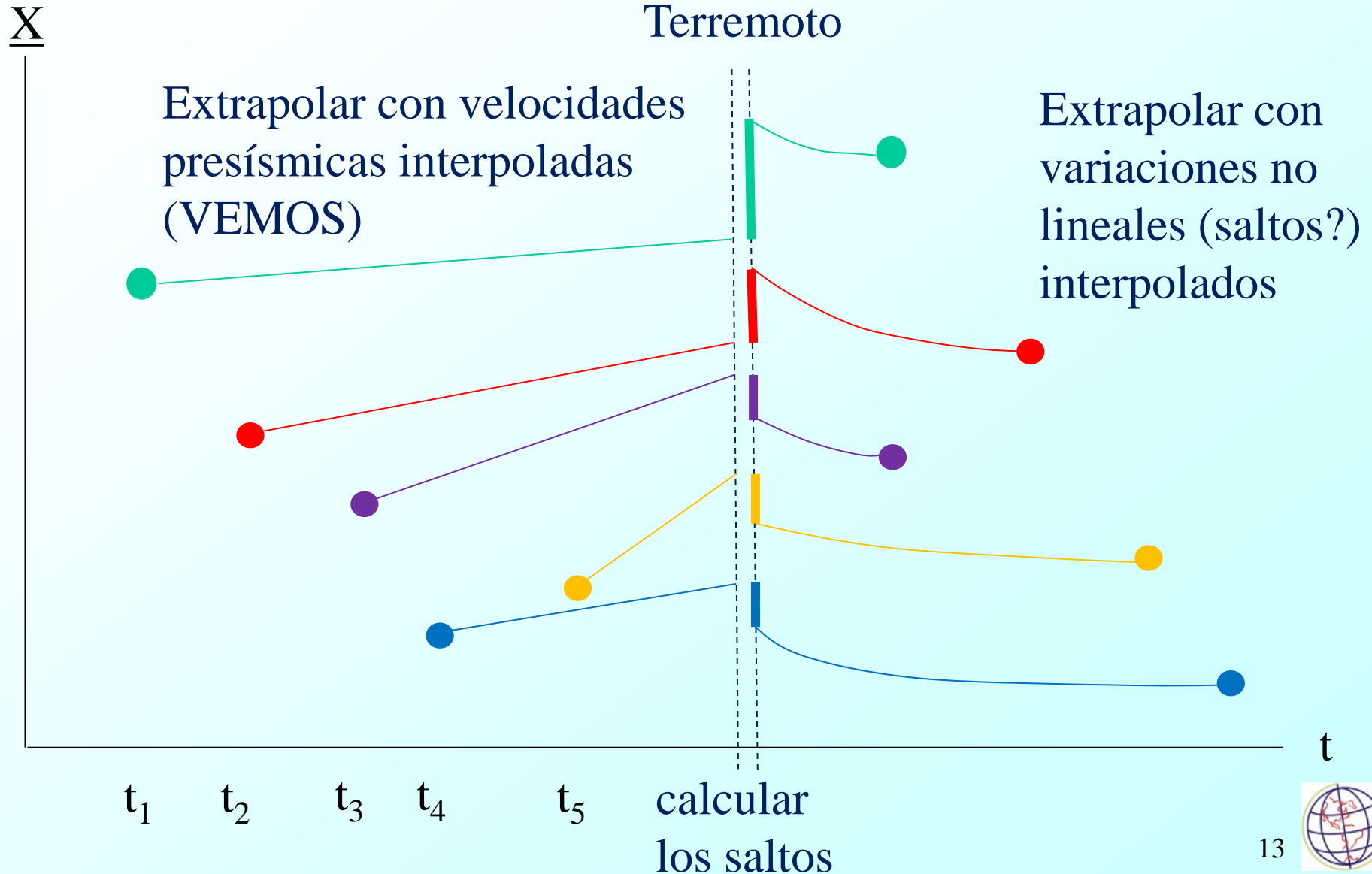


# Predicción de los desplazamientos (colocación)

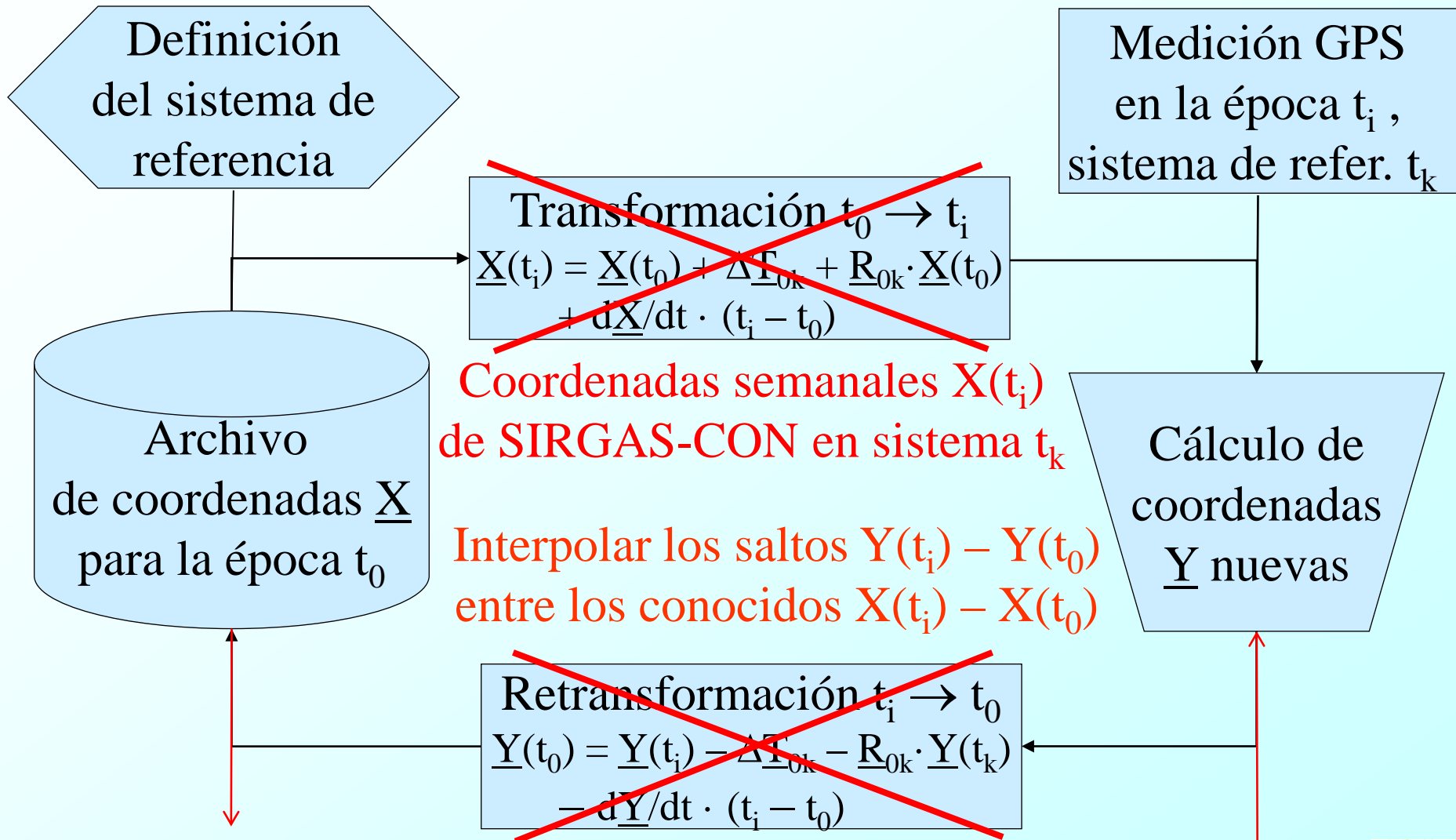




# Inclusión de estaciones de campañas (pasivas)



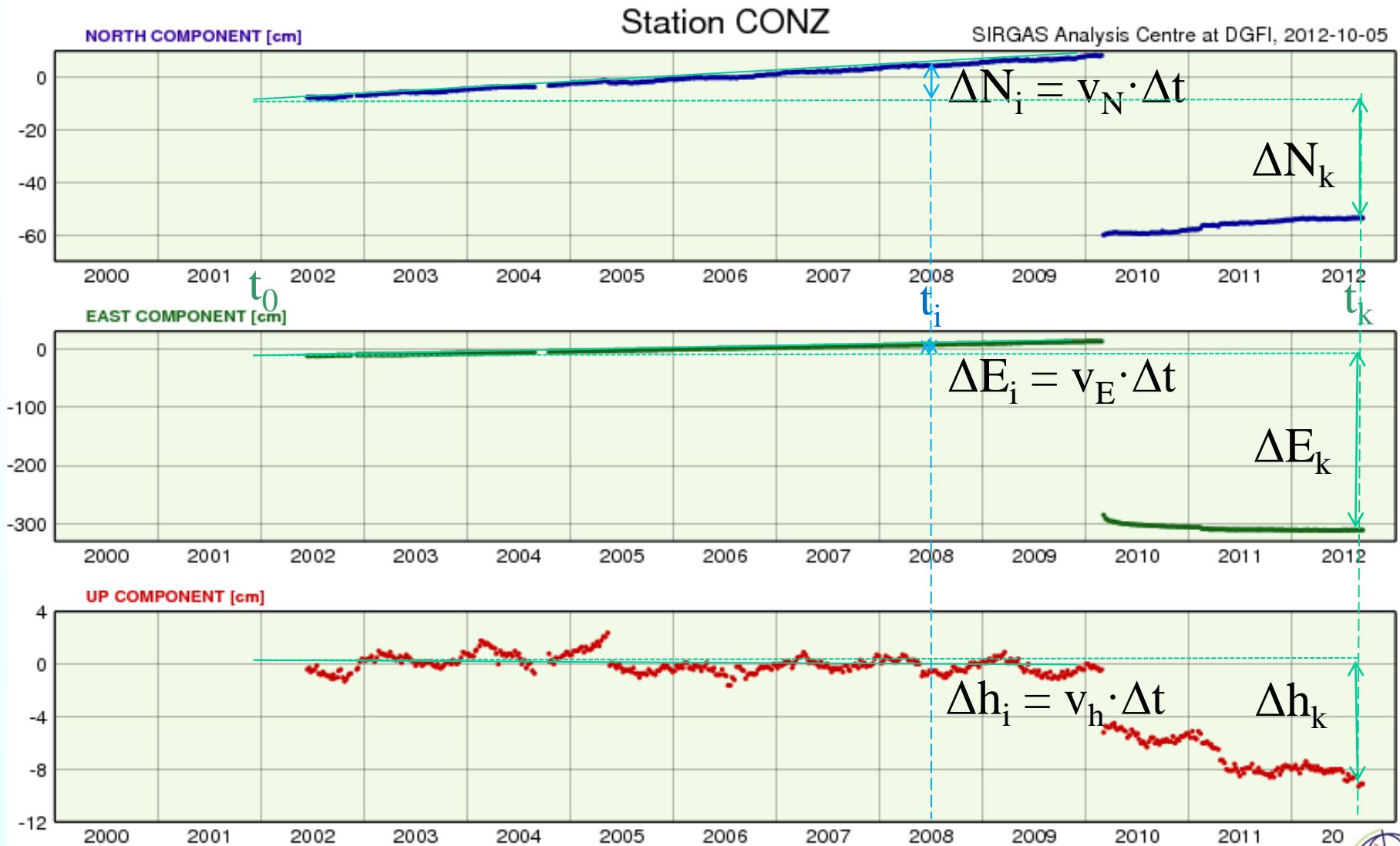
# Cálculo de coordenadas nuevas en el sistema viejo



Condición: Se necesitan suficientes puntos en épocas idénticas



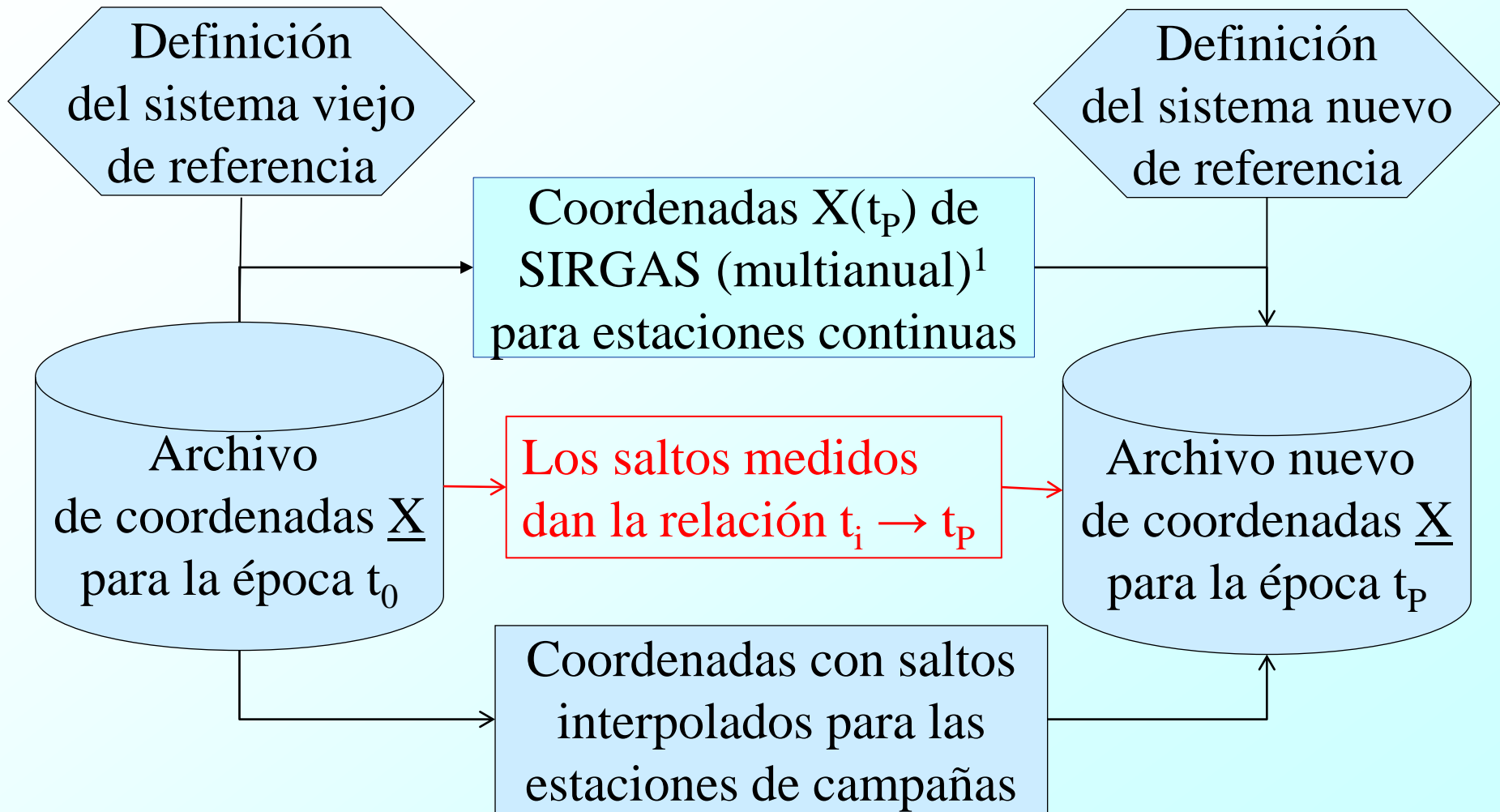
# Transformación entre épocas



Evolución con el tiempo por diferencias en vez de velocidades



# Alternativa: Sistema de referencia postsísmico



<sup>1</sup> Se pueden calcular en unos años después del terremoto





# Continuación del proyecto MoNoLin

- 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.
- El proyecto MoNoLin debe seguir en esta dirección.

**Muchas gracias!**

