

Transformación de marcos nacionales de referencia entre dos épocas diferentes: Ejemplo Colombia

Hermann Drewes¹, Nathalie Ramírez²,
Laura Sánchez¹, William Martínez²



¹ Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Alemania



² Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia



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

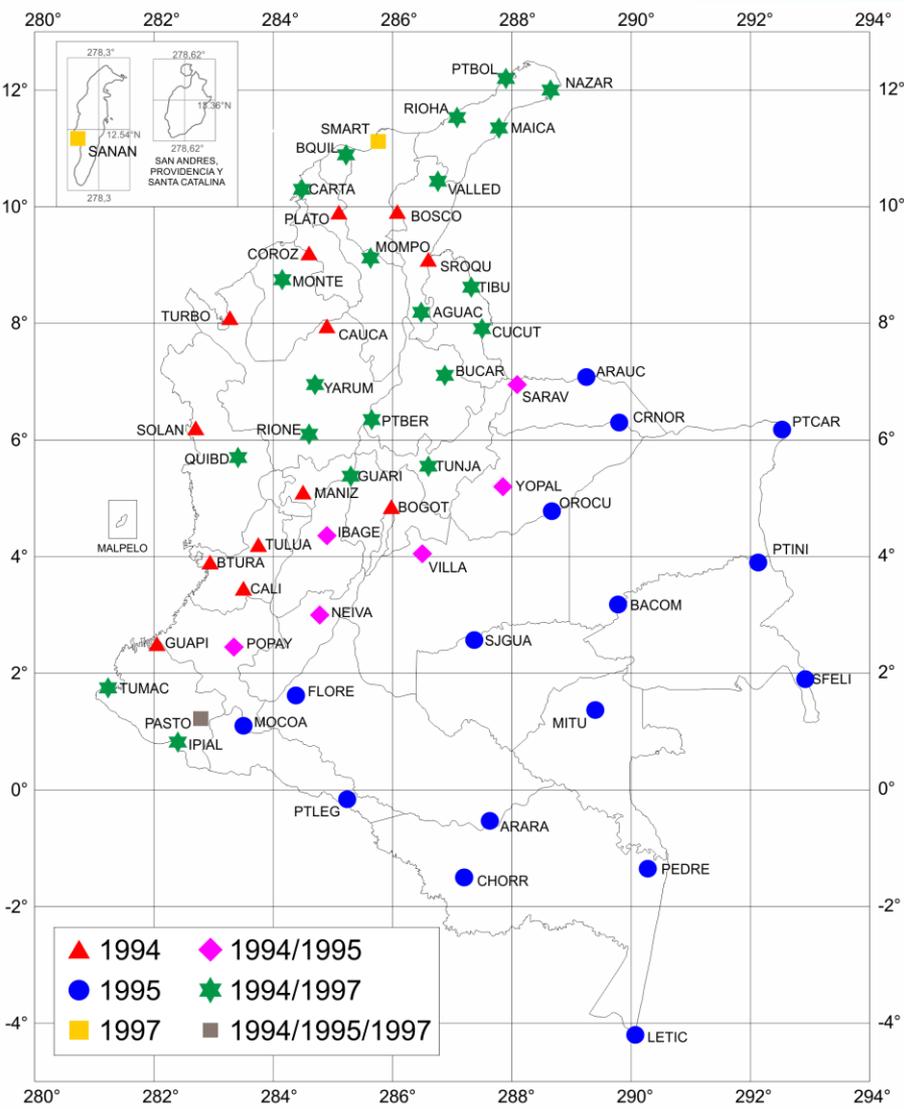
Marco Geocéntrico Nacional: Ejemplo Colombia

El Marco Geocéntrico Nacional de Colombia (MAGNA) se estableció mediante tres campañas GPS en 1994, 1995 y 1997.

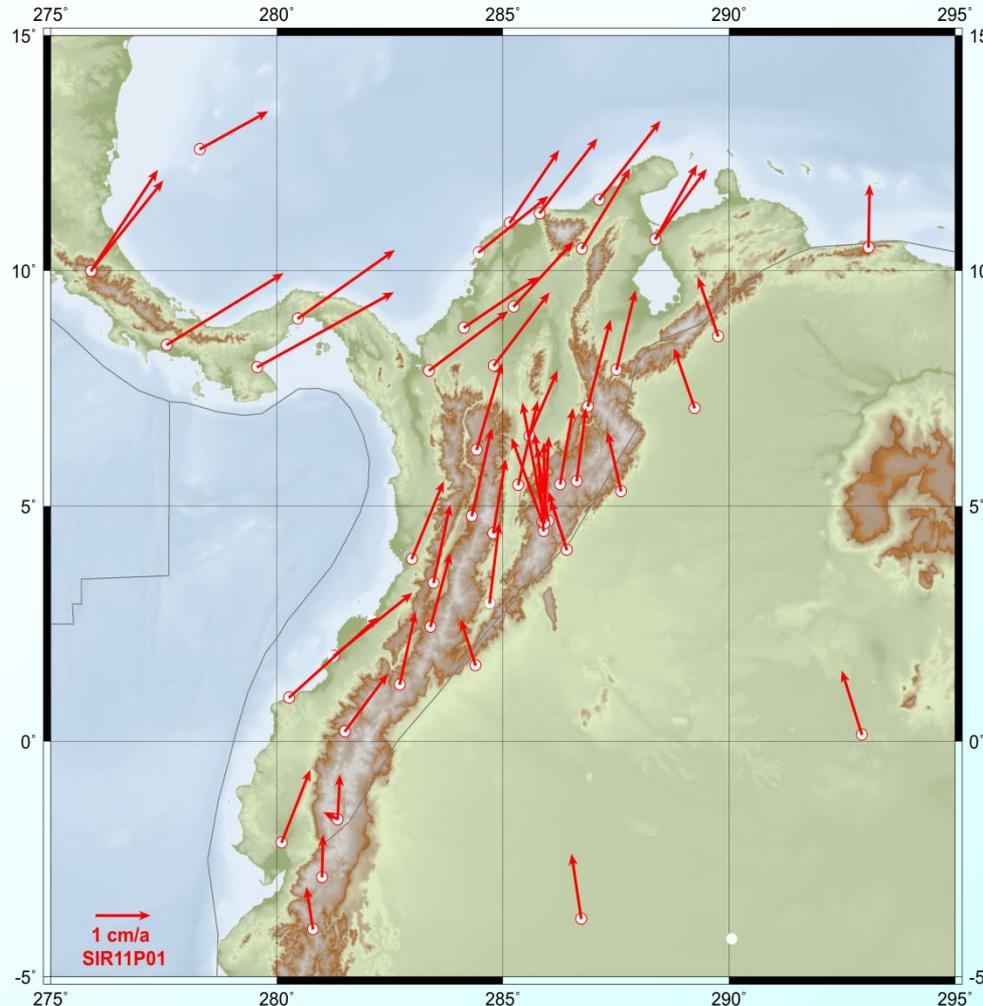
Fue ajustado en combinación con la campaña SIRGAS 1995.

Las coordenadas se refieren al ITRF94, época 1995.4.

El problema actual es el uso de las coordenadas en la práctica debido al cambio del marco de referencia GPS (IGS) y al movimiento de las estaciones por deformaciones de la superficie terrestre en 17 años.



Estaciones de medición continua (MAGNA-ECO)



Velocidades horizontales de la solución multianual SIRGAS SIR11P01 para las estaciones MAGNA-ECO

Actualmente hay velocidades de estaciones de medición continua (ECO) en aprox. 30 sitios.

La distancia entre las estaciones es muy grande para interpolar las deformaciones, en particular en el suroeste del país.

Las estaciones MAGNA95 se remidieron entre agosto y octubre de 2011 para

- vincularlas a MAGNA-ECO
- densificar las velocidades y
- verificar si hay movimientos no lineales.

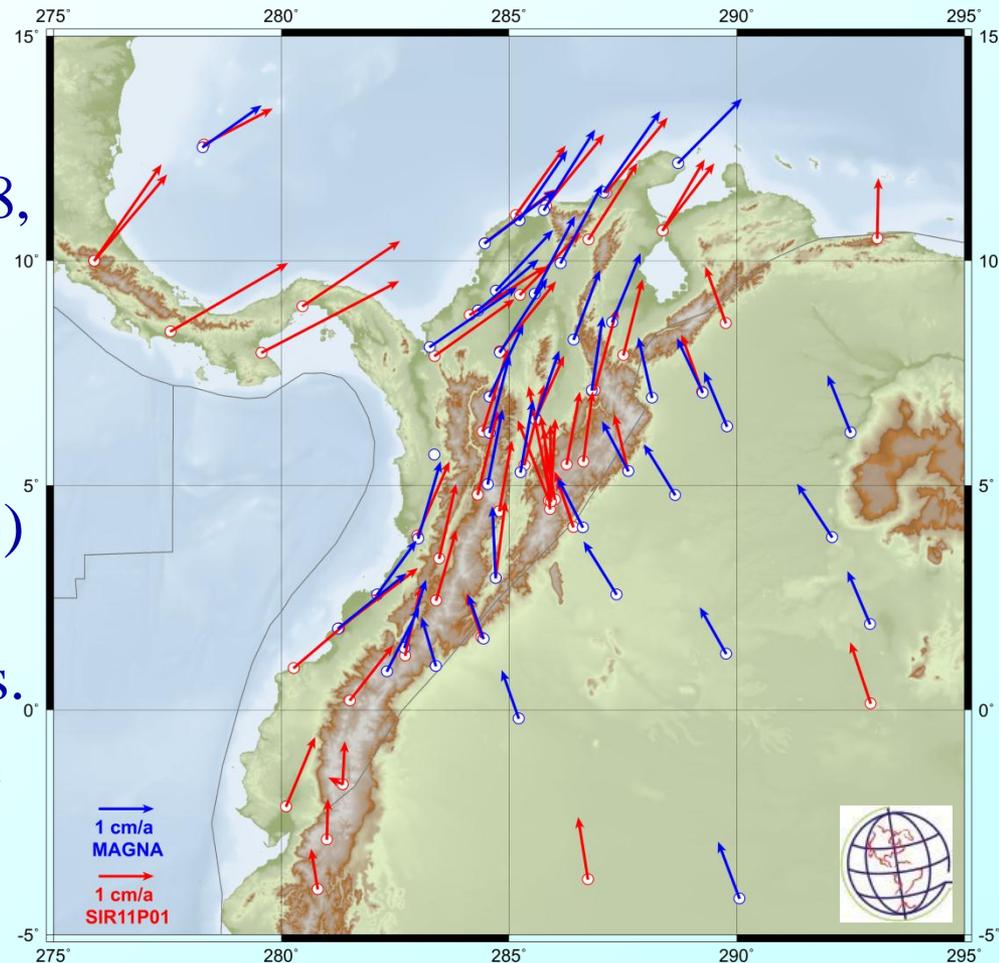


Remediación de las estaciones MAGNA 1995

Se remidieron 43 puntos MAGNA de medición no continua (pasivos). El ajuste se hizo en el marco IGS08, época 2011.76; las coordenadas de 1995 se transformaron del ITRF94 al mismo marco IGS08.

Las diferencias $\mathbf{X}(2011) - \mathbf{X}_t(1995)$ muestran una imagen homogénea. No aparecen saltos extraordinarios. Se concluye que las diferencias de coordenadas pueden considerarse (e interpolarse) como cambios lineales.

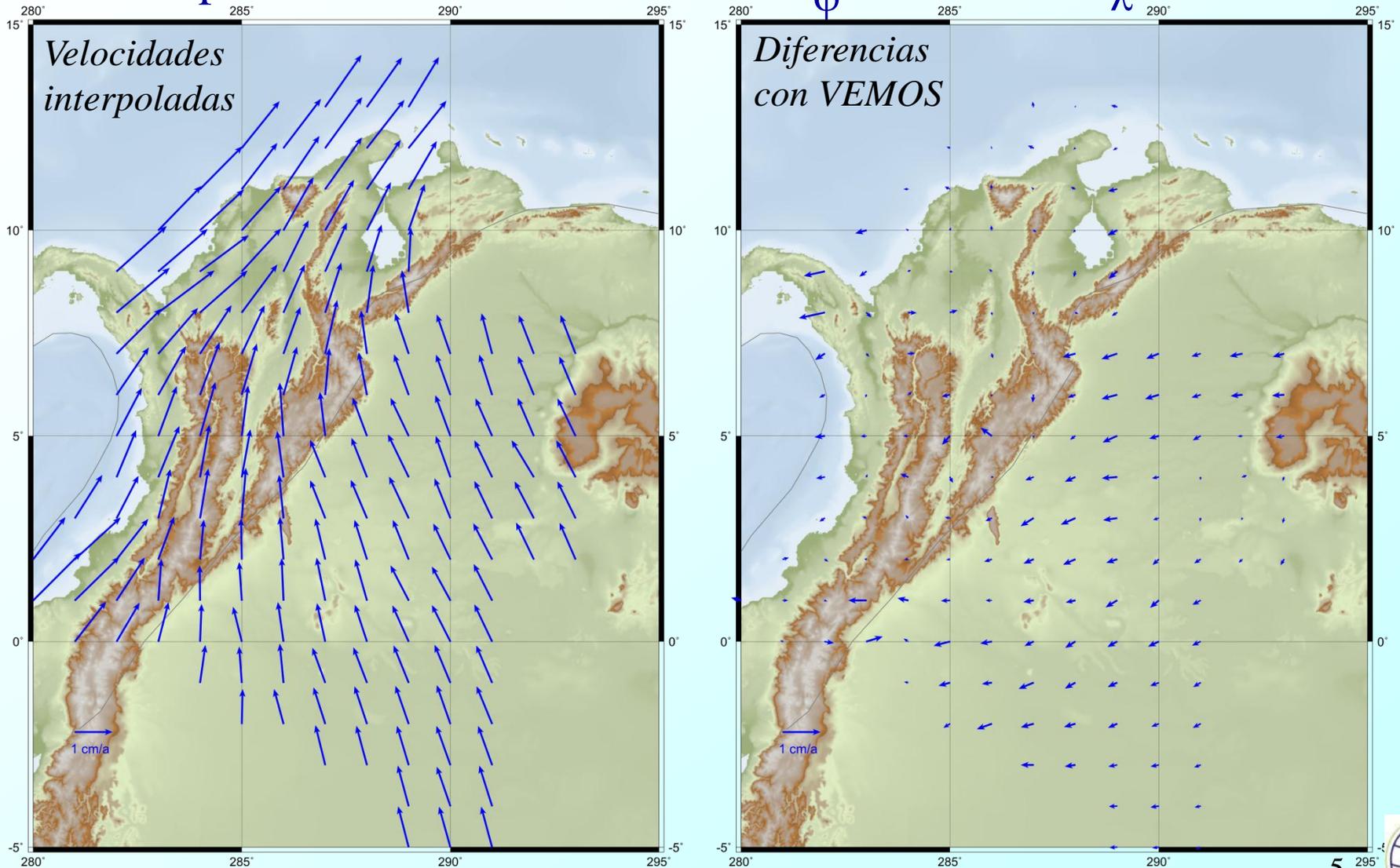
Se aplicó la interpolación por mínimos cuadrados (colocación).



Comparación de las velocidades horizontales de la solución SIR11P01 con los movimientos anuales promedio derivados de (MAGNA2011-MAGNA95).

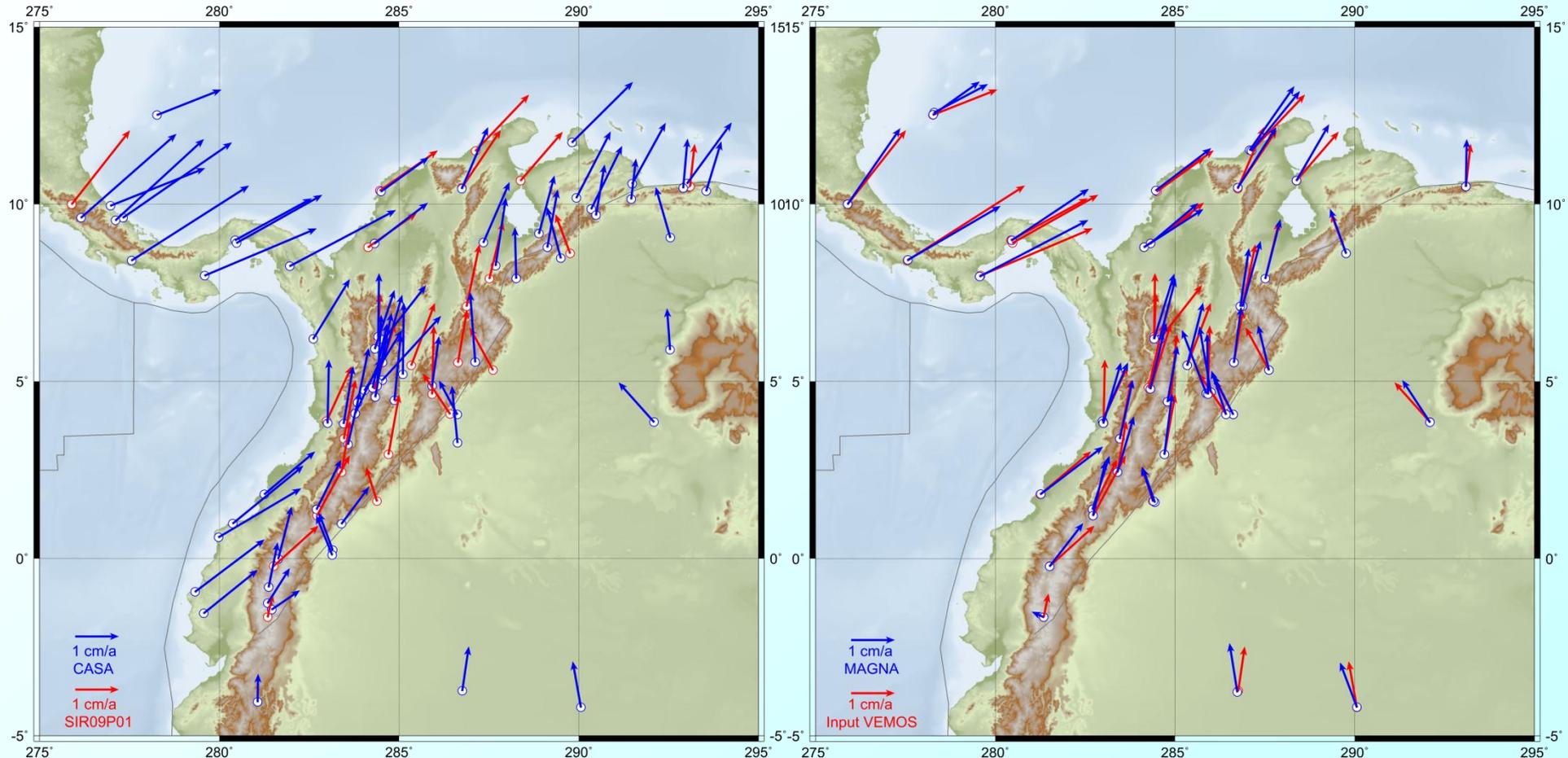
Interpolación por mínimos cuadrados (colocación)

Comparación con VEMOS 2009: $v_{\varphi} \pm 1 \text{ mm/a}$ / $v_{\lambda} \pm 2 \text{ mm/a}$



Interpolación por mínimos cuadrados

Las discrepancias se deben a los datos de entrada para VEMOS (en general eran diferencias de coordenadas entre campañas, o sea CASA)



Datos de entrada para VEMOS

Puntos comparables entre VEMOS y MAGNA (incluyendo SIR11P01)



Conclusiones (1)

Las velocidades nuevas (MAGNA [2011-1995] + SIRGAS 2011) son mucho mejores que las velocidades utilizadas en VEMOS 2009.

La exactitud de las velocidades *medidas* está en el orden $\pm 1 \dots 2$ mm/a.

La exactitud de las velocidades interpoladas está en el mismo orden de magnitud (y no puede ser mejor debido a la incertidumbre de medida).

Como consecuencia, las coordenadas de puntos geodésicos referidos a MAGNA95 pueden transformarse a MAGNA2011 con una precisión de

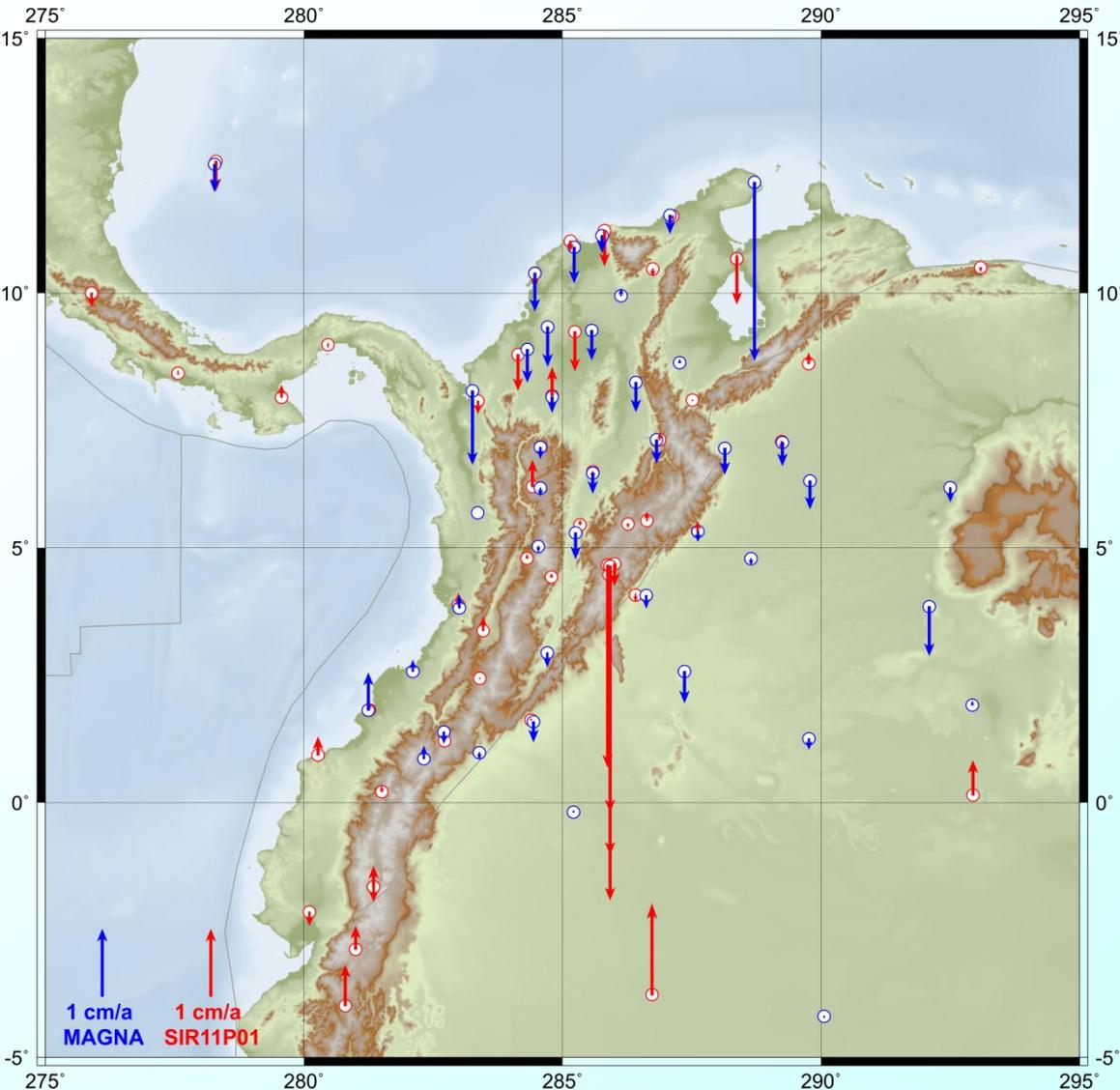
$16 [a] \cdot (\pm 1 \dots \pm 2 [mm/a])$, o sea $\pm 2 \dots \pm 3$ cm.

Todo lo dicho hasta ahora es válido para las coordenadas horizontales (N y E o latitud y longitud).

En cuanto a la coordenada vertical, se sabe que su precisión en posicionamiento GNSS es entre 2 y 3 veces peor que la de las coordenadas horizontales.



Movimiento vertical



Velocidades verticales de SIRGAS 2011 y MAGNA2011-MAGNA95 muestran variaciones locales en las regiones

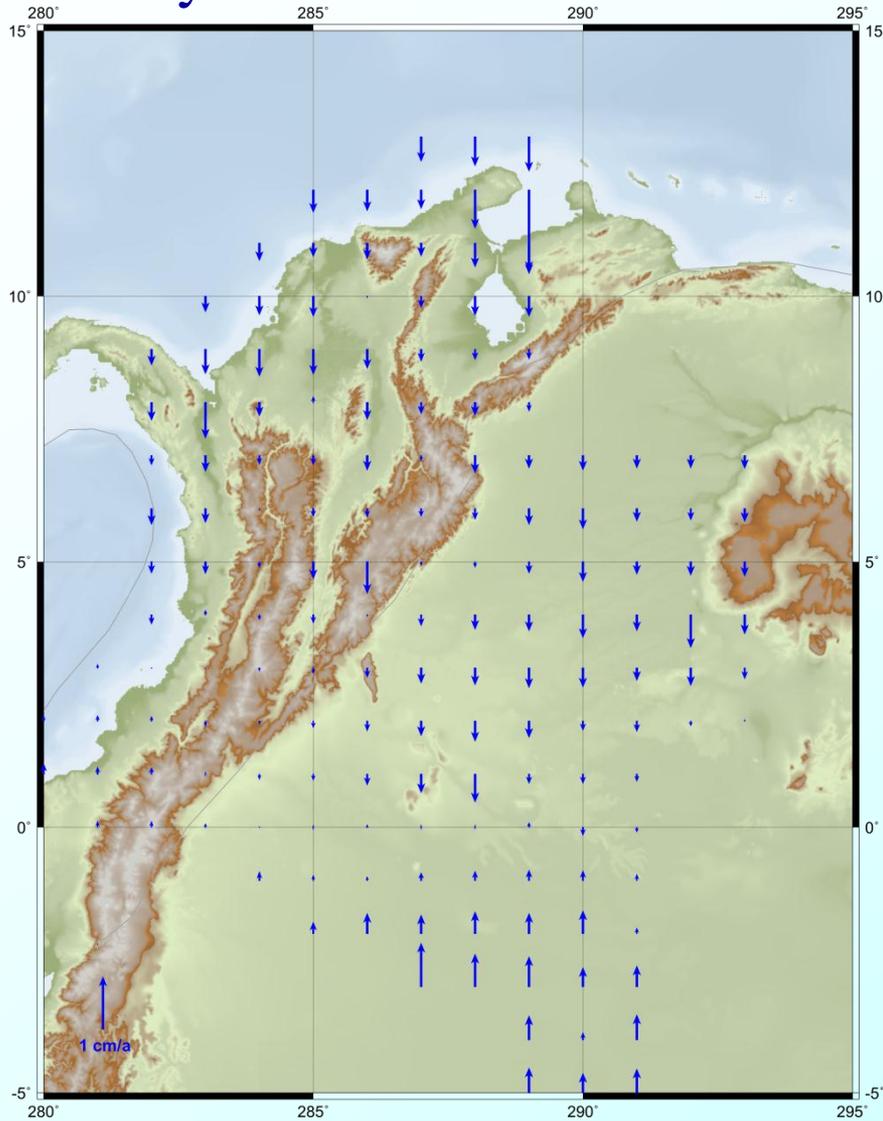
- Bogotá
- Guajira (norte)
- Iquitos (sur)

Comparación de velocidades verticales de SIR11P01 con los movimientos anuales promedio derivados de (MAGNA2011-MAGNA95)

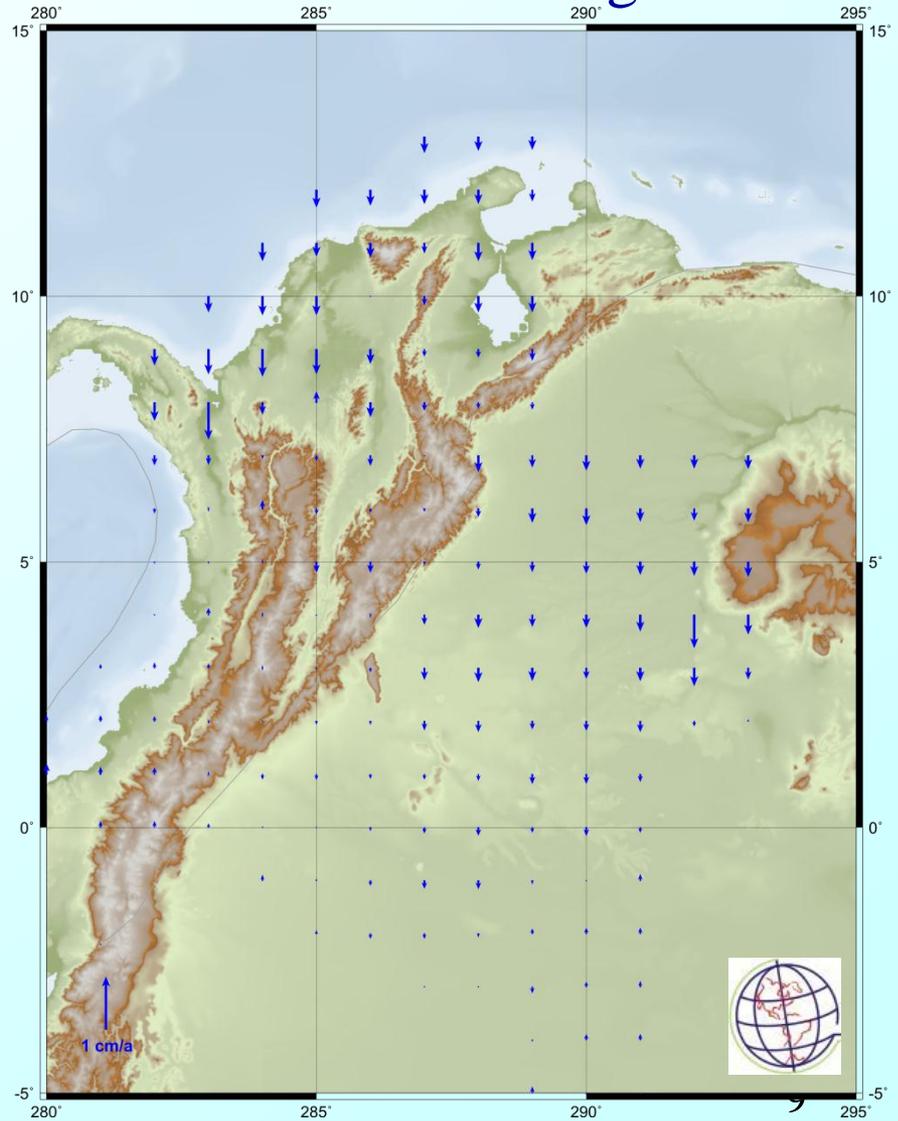


Interpolación por mínimos cuadrados

Incluyendo todas las estaciones



Eliminando zonas irregulares



Conclusiones (2)

Las velocidades verticales pueden interpolarse con una precisión peor que las horizontales, pero igualmente en el nivel de ± 2 mm/a.

La interpolación requiere de un estudio del comportamiento local de la deformación vertical de la superficie terrestre (p.ej. hundimiento por variación del agua subterránea).

Hay que estudiar en detalle las zonas de movimientos grandes (Guajira, Bogotá, Iquitos). Eventualmente hay que calcular un modelo local de velocidades verticales.

Es recomendable ocupar regularmente más estaciones de nivelación con GPS para obtener una imagen más detallada de la deformación terrestre.



Recomendaciones generales

Los marcos de referencia se realizan, actualmente, por coordenadas X, Y, Z para una época fija y sus variaciones lineales en el tiempo (o bien sus velocidades constantes) dX/dt , dY/dt , dZ/dt .

En estaciones de medición continua, se conocen muy bien las velocidades y se pueden utilizar las coordenadas semanales.

En estaciones pasivas (de campañas), las coordenadas se extrapolan de la época de referencia (t_0) a una época t_i de observación

$$\underline{\mathbf{X}}(t_i) = \underline{\mathbf{X}}(t_0) + \underline{\mathbf{dX}}/dt \cdot (t_i - t_0).$$

El error en $\underline{\mathbf{dX}}/dt$ entra directamente en las coordenadas actuales.

Para evitar este error creciendo cada vez más con el tiempo, es recomendable cambiar la época de referencia a una más actual de vez en cuando y reemplazar las velocidades por estimaciones más recientes (mejores).



Recomendaciones específicas

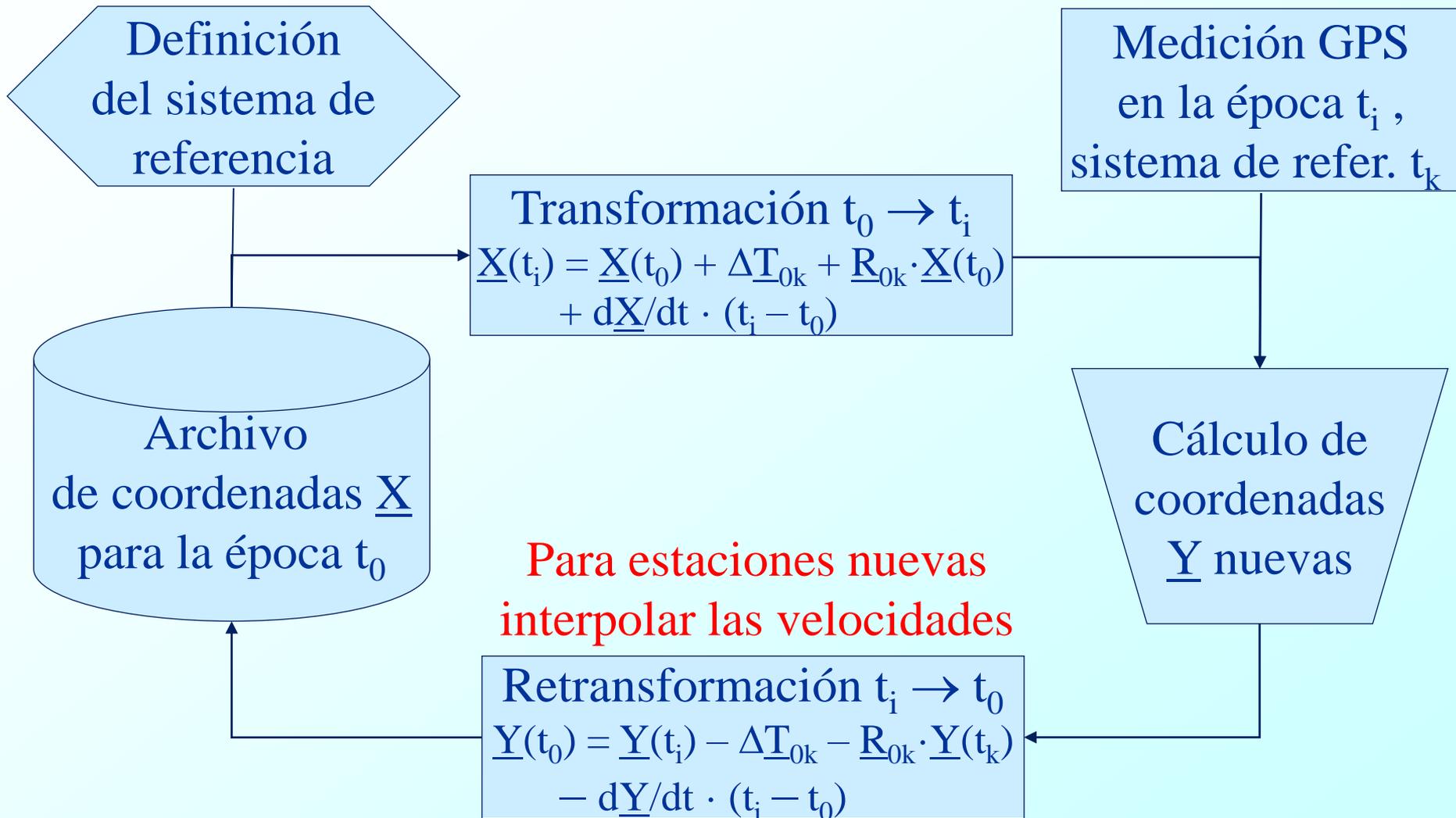
En el caso de Colombia se pueden transformar las coordenadas de la época 1995.4 a la época 2011.76 linealmente, con una precisión de $\pm 2 \dots 3$ cm (horizontal) y $\pm 3 \dots 4$ cm (vertical).

Se puede mantener el marco de referencia MAGNA 1995.4 en su realización de 2011.76.

Es recomendable adoptar la nueva realización con las posiciones y velocidades de 2011.76. Las coordenadas viejas (de época 1995.4) se pueden transformar a 2011.76 para el uso en la práctica, pero no como marco de referencia.



Uso de los sistemas de referencia nacionales



Muchas gracias!

