

SIRGAS ↔ Bolivia

Laura Sánchez

Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI)
Munich, Alemania

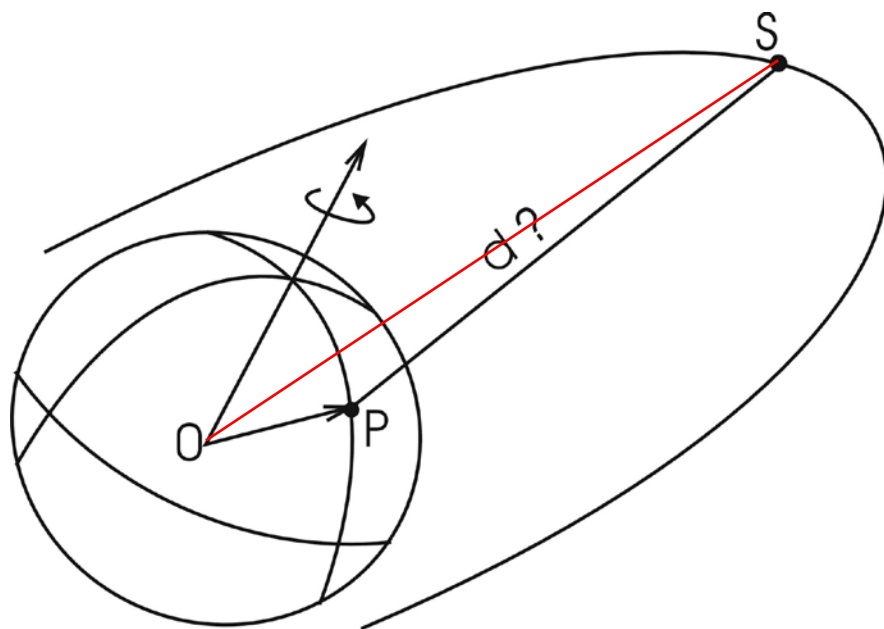
Vicepresidente SIRGAS



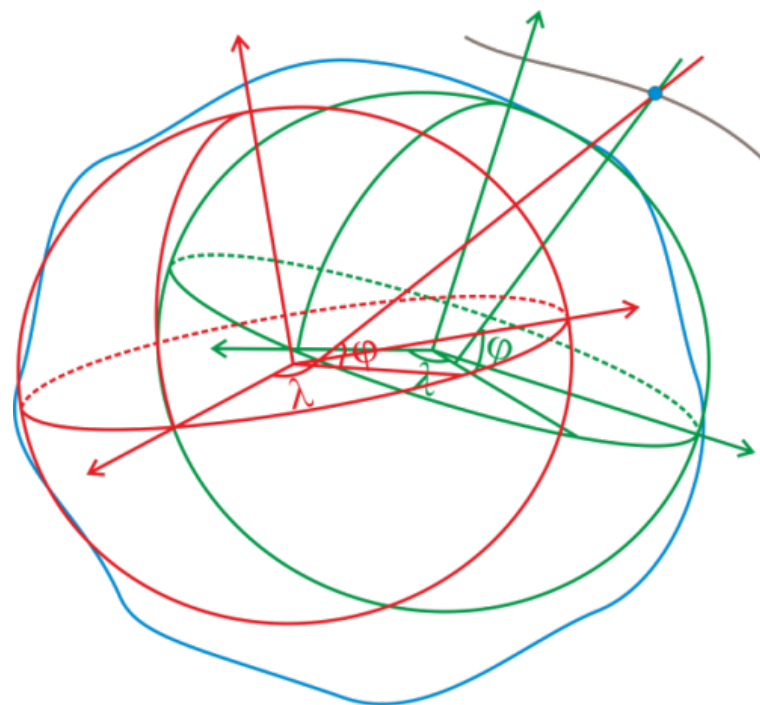
SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas

Motivación (1)

- Posicionamiento apoyado en satélites desde los comienzos de los 1990's
- Movimiento de los satélites al rededor del centro terrestre (geocentro)
- Sistemas de referencia clásicos no geocéntricos.



Movimiento geocéntrico de los satélites

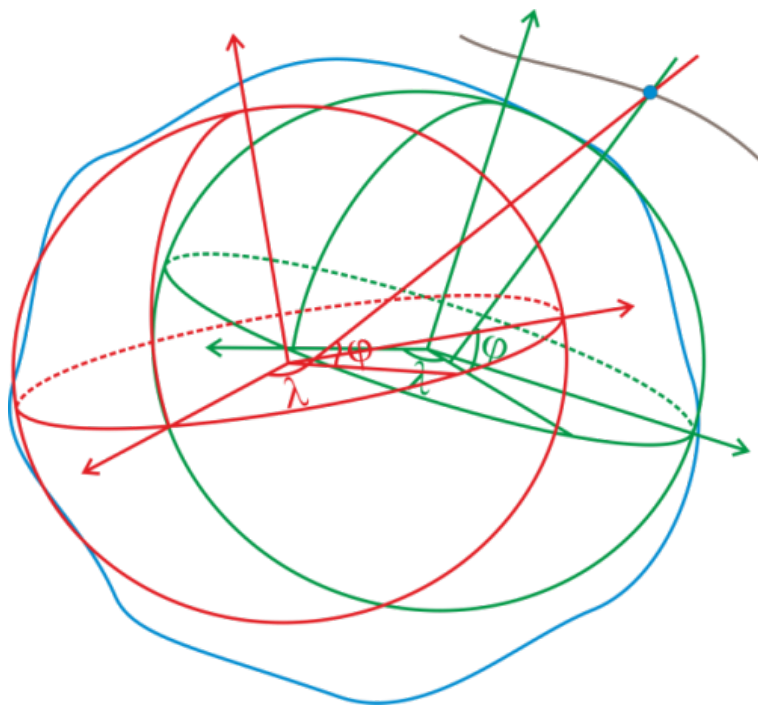


Sistemas de referencia clásicos

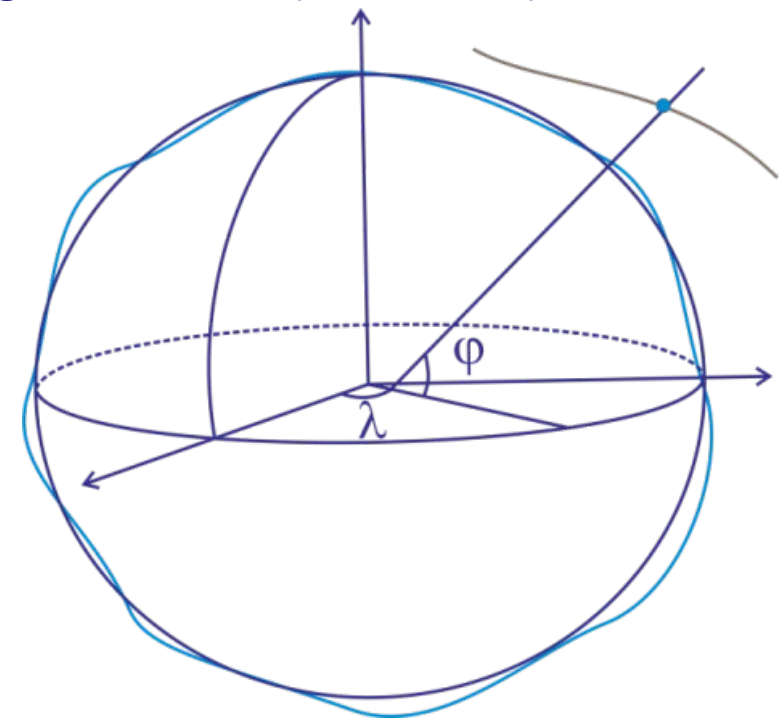
SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas

Motivación (2)

- El uso de técnicas como el GPS (GLONASS, GALILEO) requiere que las estaciones de referencia terrestres estén en el mismo sistema de referencia en que las coordenadas de los satélites (efemérides) están dadas.
- Reemplazo de los sistemas clásicos por uno geocéntrico (moderno).



Sistemas de referencia clásicos



Sistema de referencia geocéntrico

SIRGAS: Objetivos

1. Definición, realización y mantenimiento (actualización) de un sistema de referencia geocéntrico:

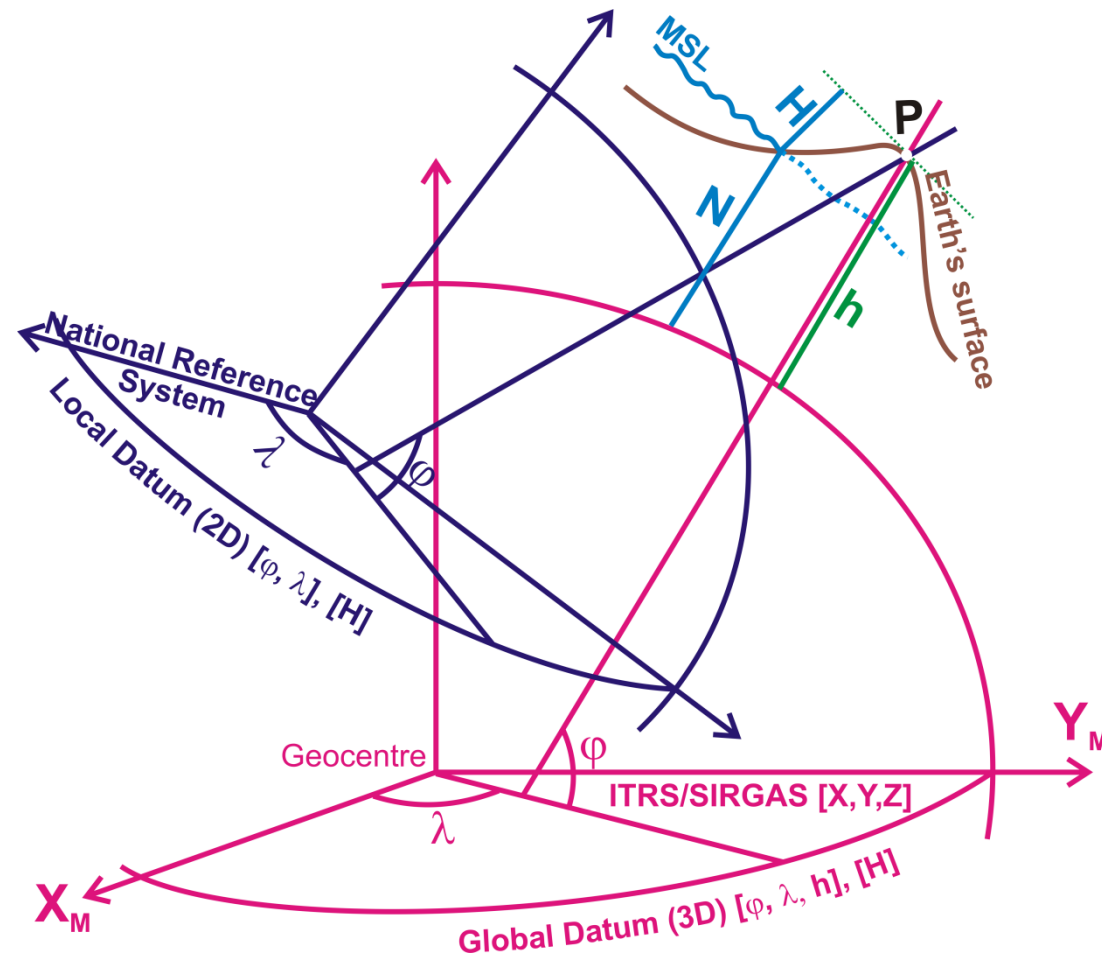
$$[X, Y, Z], [V_x, V_y, V_z]$$

2. Densificación (adopción y uso) del marco de referencia continental en los países latinoamericanos y de El Caribe:

$$[\varphi, \lambda]_{\text{Local}} \rightarrow [X, Y, Z]_{\text{SIRGAS}}$$

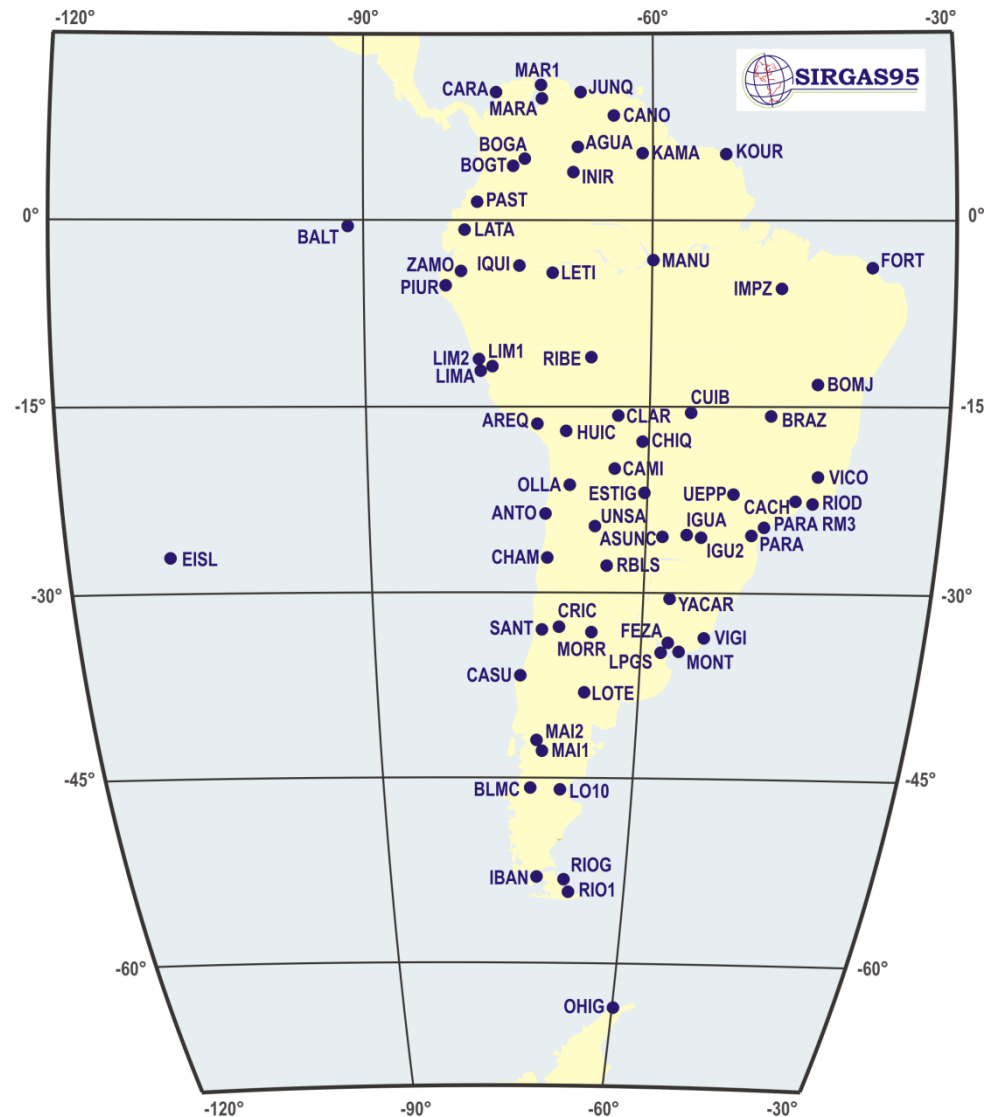
3. Definición y realización de un sistema de referencia vertical unificado, que soporte alturas geométricas y alturas físicas:

$$h = H + N; (V_h, V_H, V_N)$$



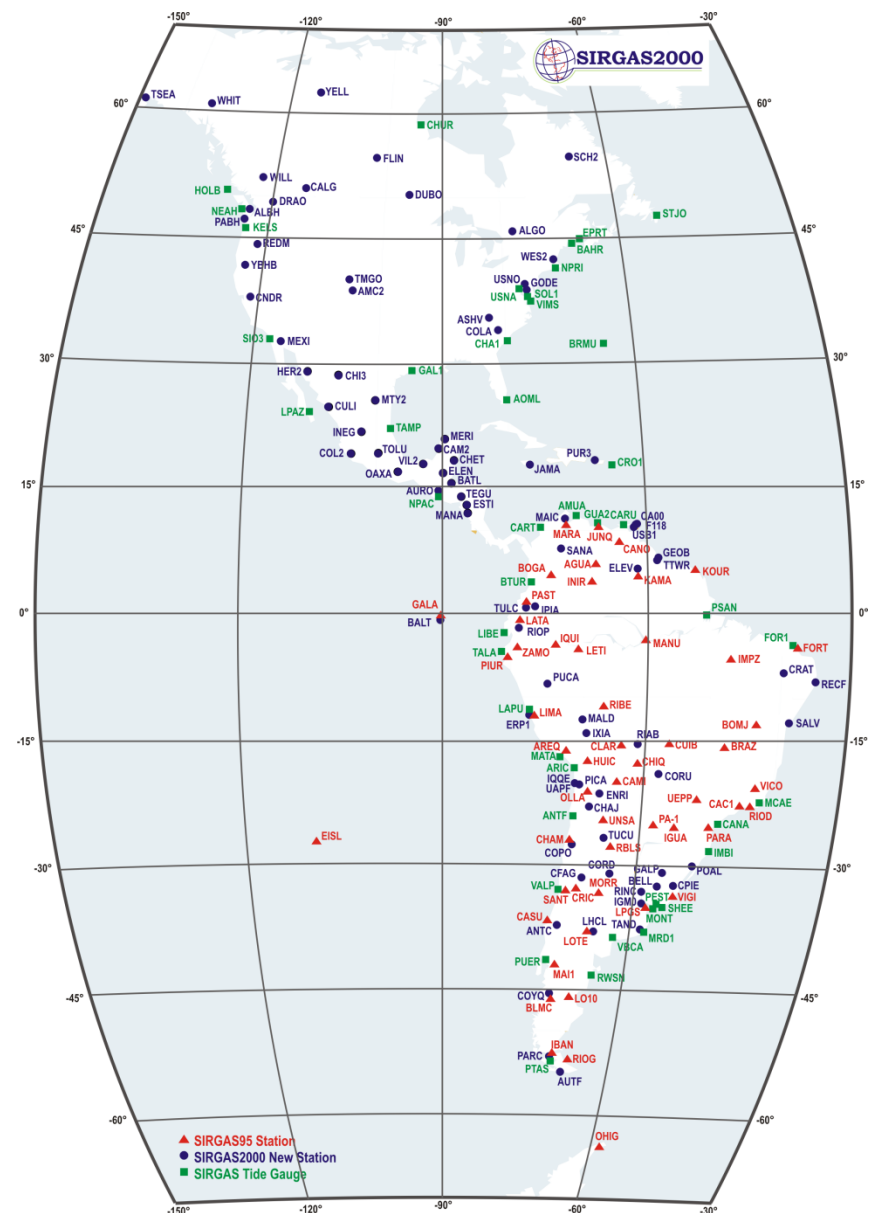
Primera Realización: SIRGAS1995

- Obs.: 1995-05-26 ... 1995/06/04;
- 58 estaciones en América del Sur;
- Procesamiento:
 - DGFI (Bernese V. 3.4)
 - NIMA (GIPSY/OASIS II)
- Diferencia entre las dos soluciones: Máx. 3,5 cm con RMS de $\pm 1,0$ cm en X, $\pm 1,4$ cm en Y y $\pm 0,7$ cm en Z;
- Solución final combinada: SIRGAS95, ITRF94, época 1995.4;
- Estaciones bolivianas (6):
Riberalta, Clara, Huichuraya, SJ de Chiquitos, Camiri, Ollague



Segunda Realización: SIRGAS2000

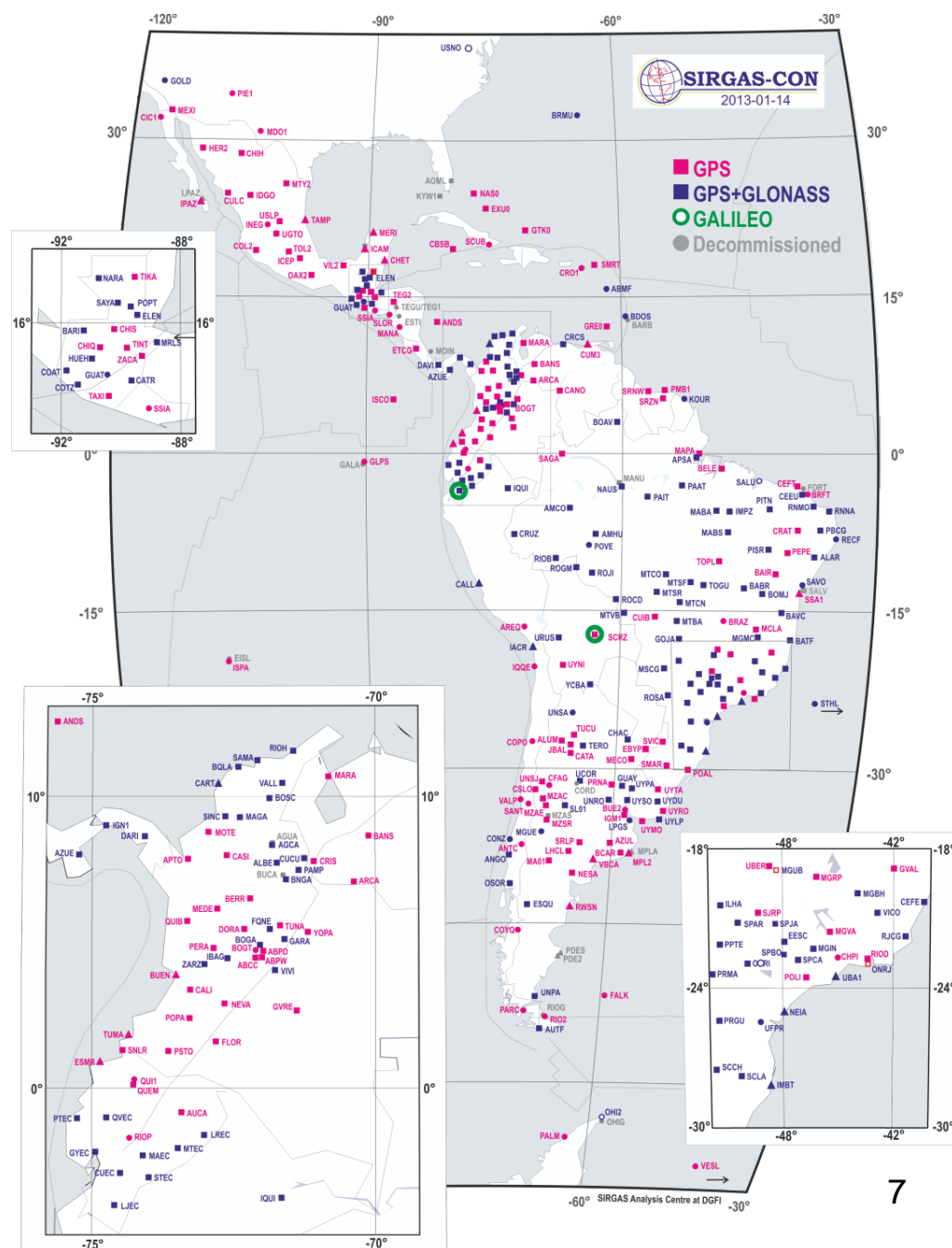
- Campaña de repetición: velocidades lineales de SIRGAS95;
- Obs.: 2000-05-10/19;
- 184 estaciones distribuidas en Norte-, Centro- y Suramérica;
- Procesamiento:
 - DGFI, IBGE (Bernese, v. 4.0)
 - BEK (GIPSY/OASIS II);
- Solución final: combinación de las ecuaciones normales individuales. SIRGAS2000, ITRF2000, época 2000.4;
- Precisión: $\pm 3 \dots \pm 6$ mm;
- Estaciones bolivianas (9):
Riberalta, Clara, Huichuraya, SJ de Chiquitos, Camiri, Ollague, Entre Río, Ixiamas y RIA-BE.



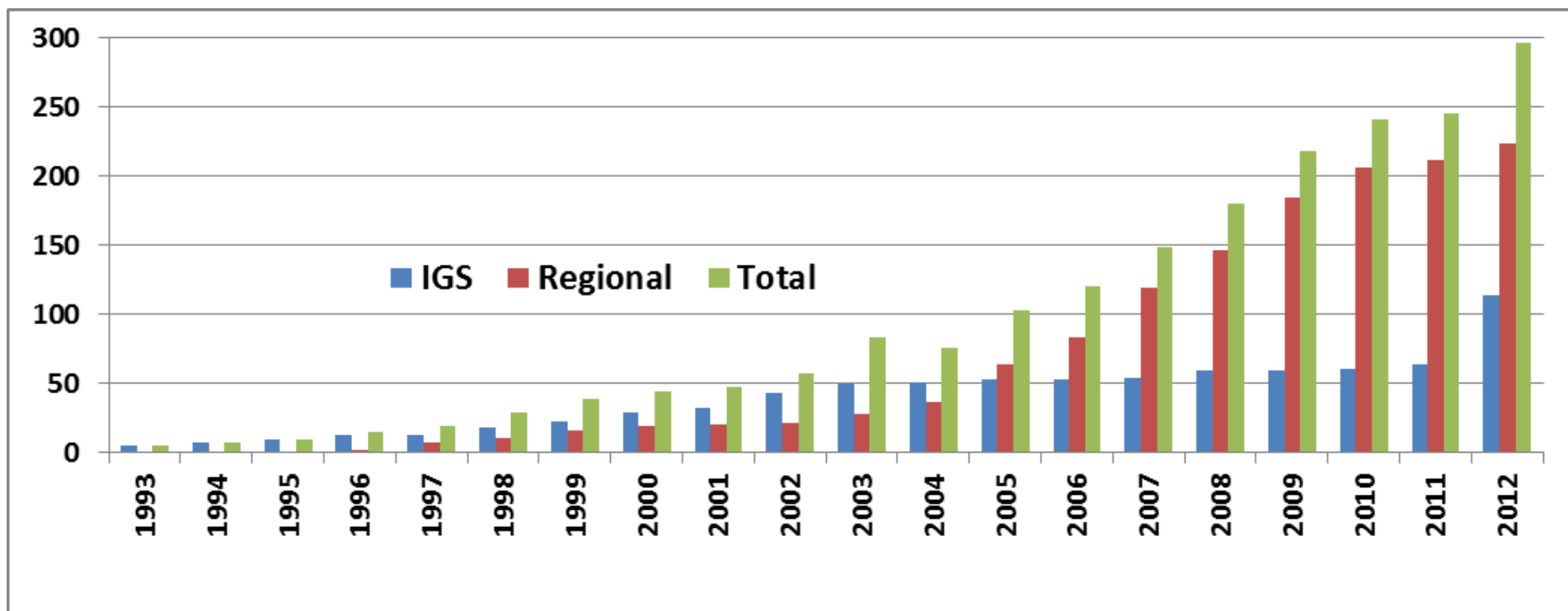
Sistema de referencia geocéntrico para Las Américas

Realización actual: SIRGAS-CON

- Red de estaciones GNSS de operación continua;
- 300 estaciones ;
- 180 estaciones con GLONASS;
- 2 estaciones con GALILEO;
- 60 estaciones con capacidad de transmisión en tiempo real;
- Estaciones de operación continua son estaciones de procesamiento continuo: cálculo permanente de coordenadas semanales;
- Estaciones bolivianas (4): Santa Cruz (SCRZ), Uyuni (UYNI), Yacuiba (YCBA), Oruro (URUS).



Densificación de SIRGAS-CON



- Mejoramiento de los marcos nacionales de referencia mediante la instalación de estaciones GNSS de operación continua (especialmente a partir de 2005);
- Integración de las estaciones nacionales en el marco continental SIRGAS-CON para procesamiento simultáneo (calidad, redundancia) y para garantizar consistencia con el ITRF (y las órbitas satelitales)

Centros de Análisis GNSS SIRGAS

**10 centros de procesamiento +
1 experimental**



CEPGE-Ec



CIMA-Ar



CPAGS-Ve



IGM-CI



IBGE-Br



IGAC-Co



SGM-Uy



INEGI-Mx



DGFI-De



IGN-Ar

UNA
UNIVERSIDAD
NACIONAL
COSTA RICA

UNA-CR
Experimental
desde 01-01-2013

2 centros de combinación



IBGE-Br



DGFI-De

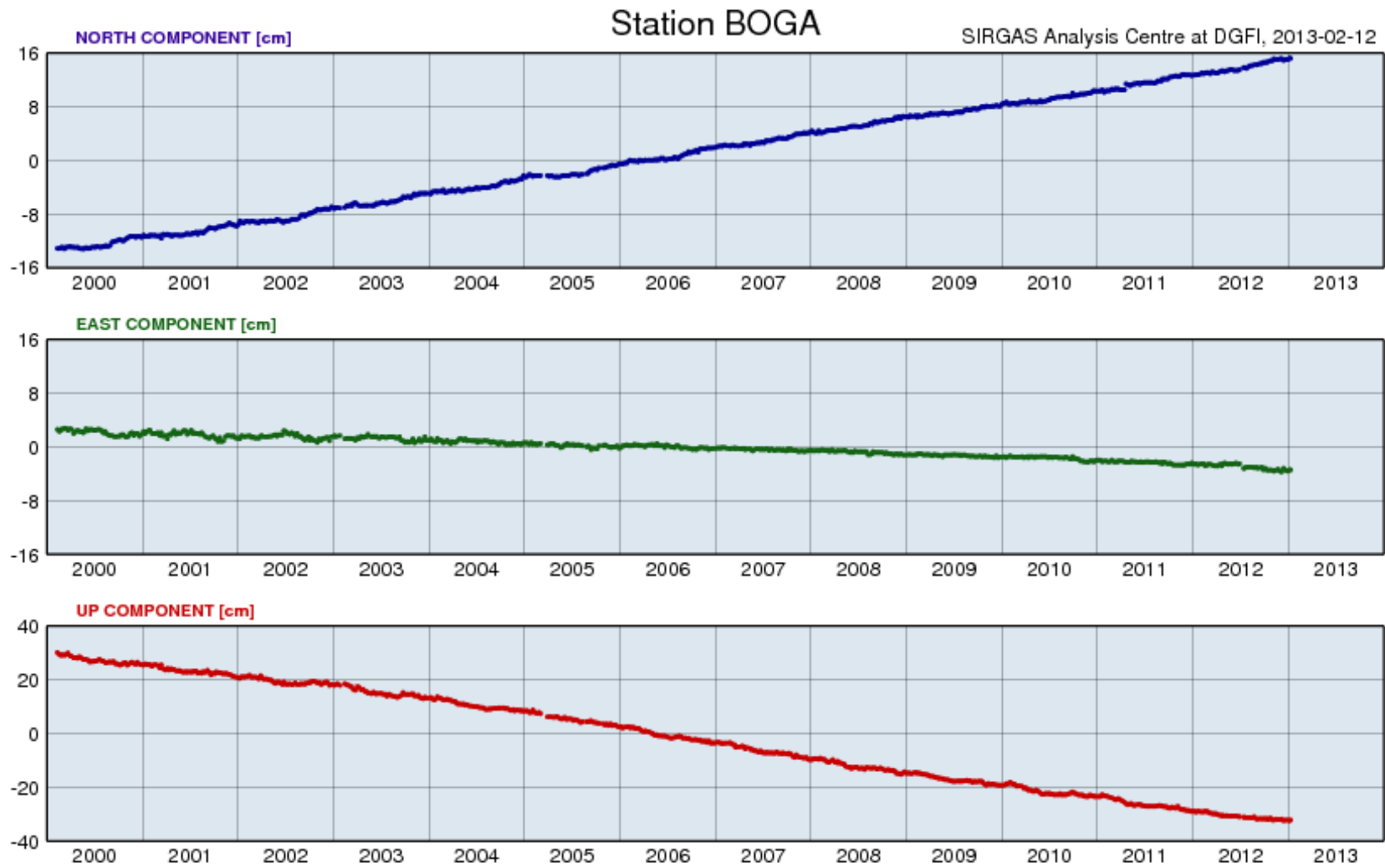
- ✓ Cada estación calculada por 3 centros de procesamiento
- ✓ 2 combinaciones independientes
- ✓ Coordenadas semanales:
 - ✓ $\sigma = \pm 1,7$ mm en N-E
 - ✓ $\sigma = \pm 3,7$ mm en h

**Próximo Centro de
Procesamiento
experimental:**

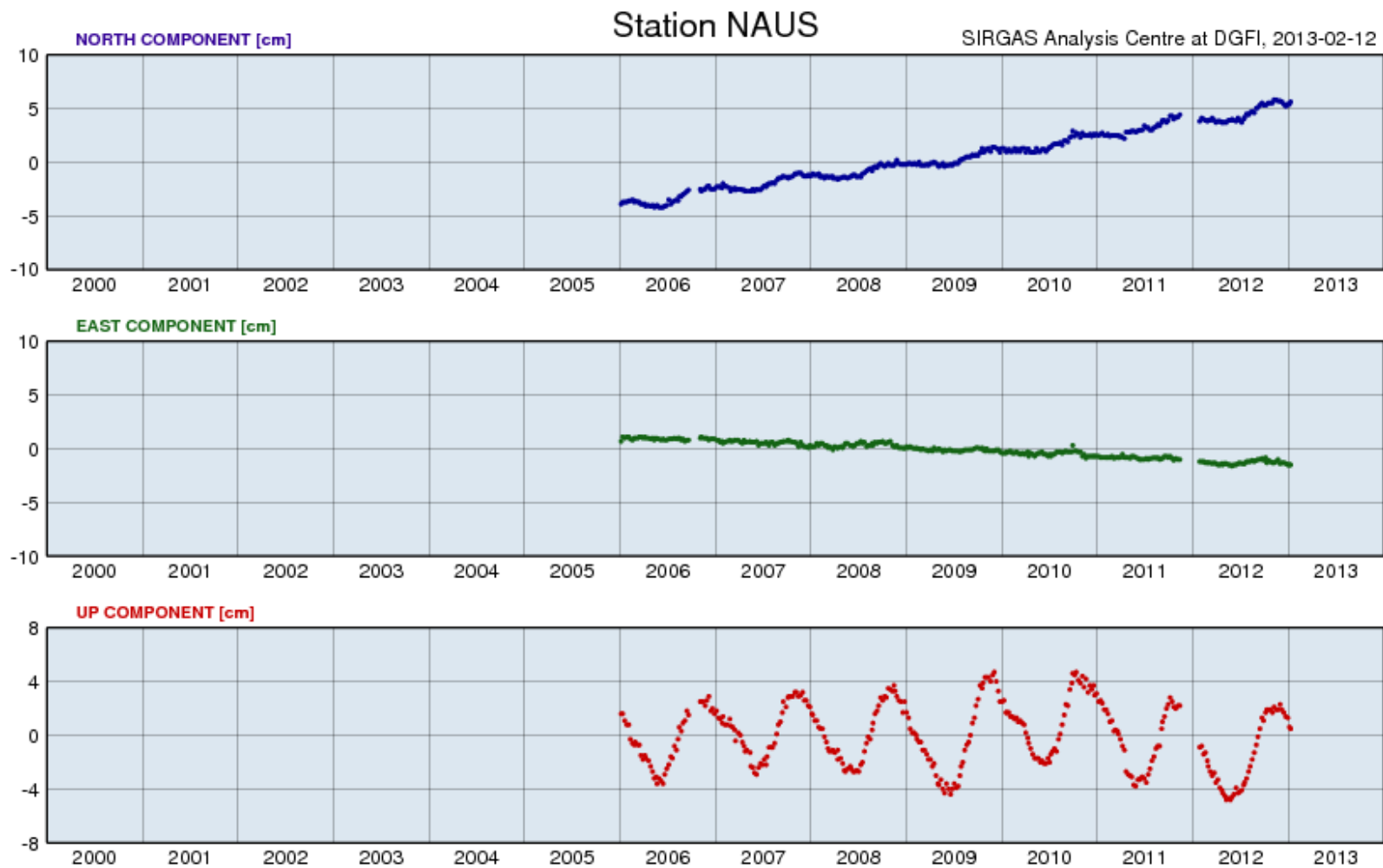


**Capacitación última semana
de mayo de 2013, inicio de
actividades en junio de 2013**

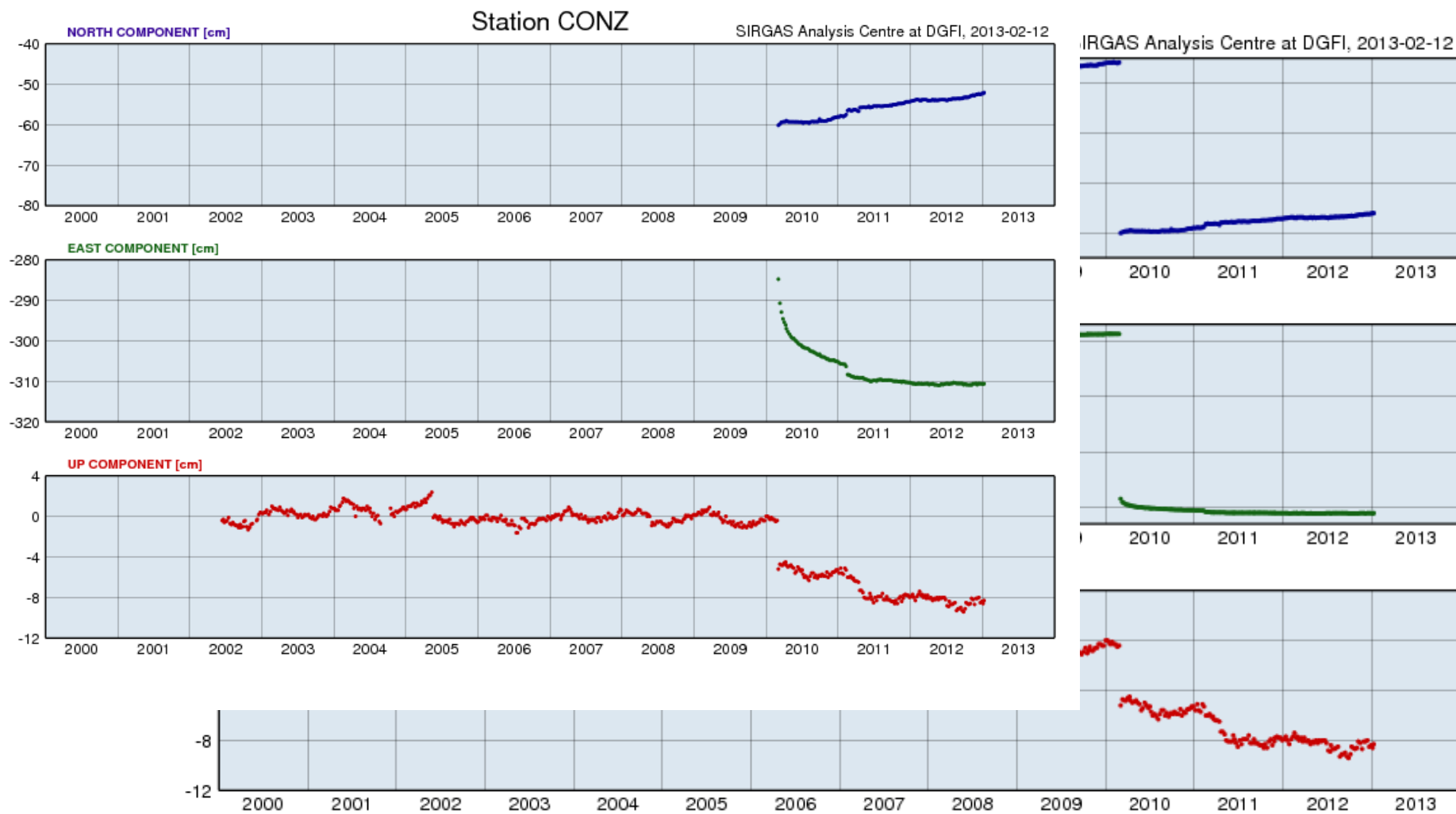
Por qué procesamiento continuo?



Por qué procesamiento continuo?

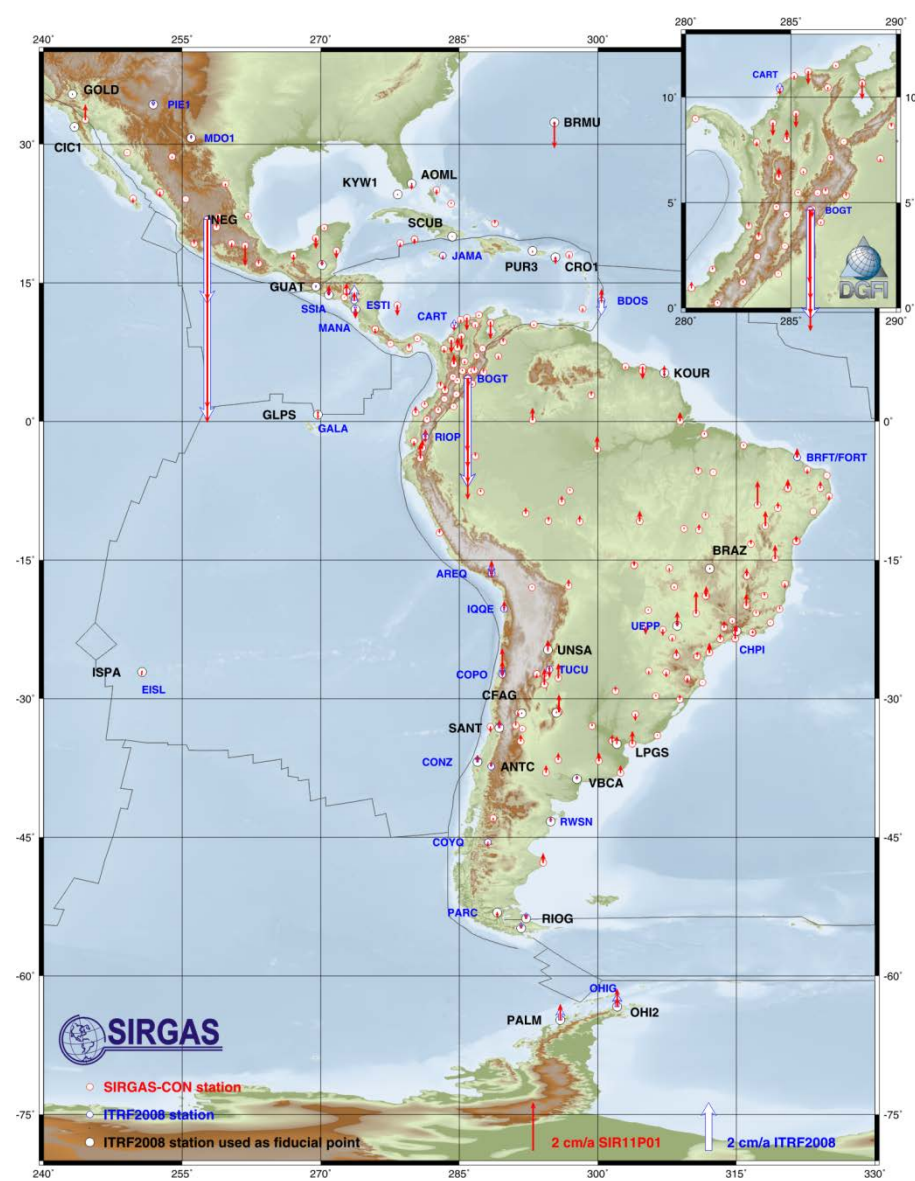
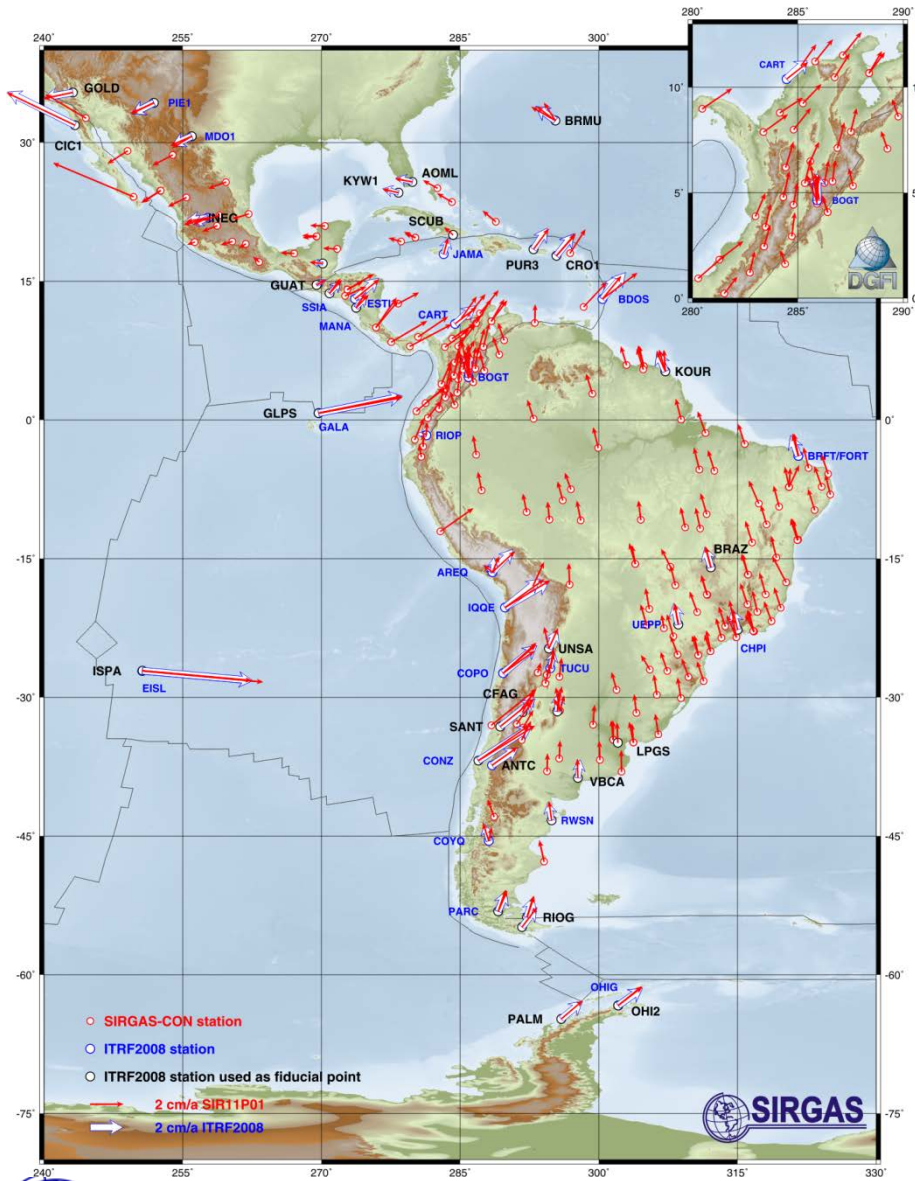


Por qué procesamiento continuo?



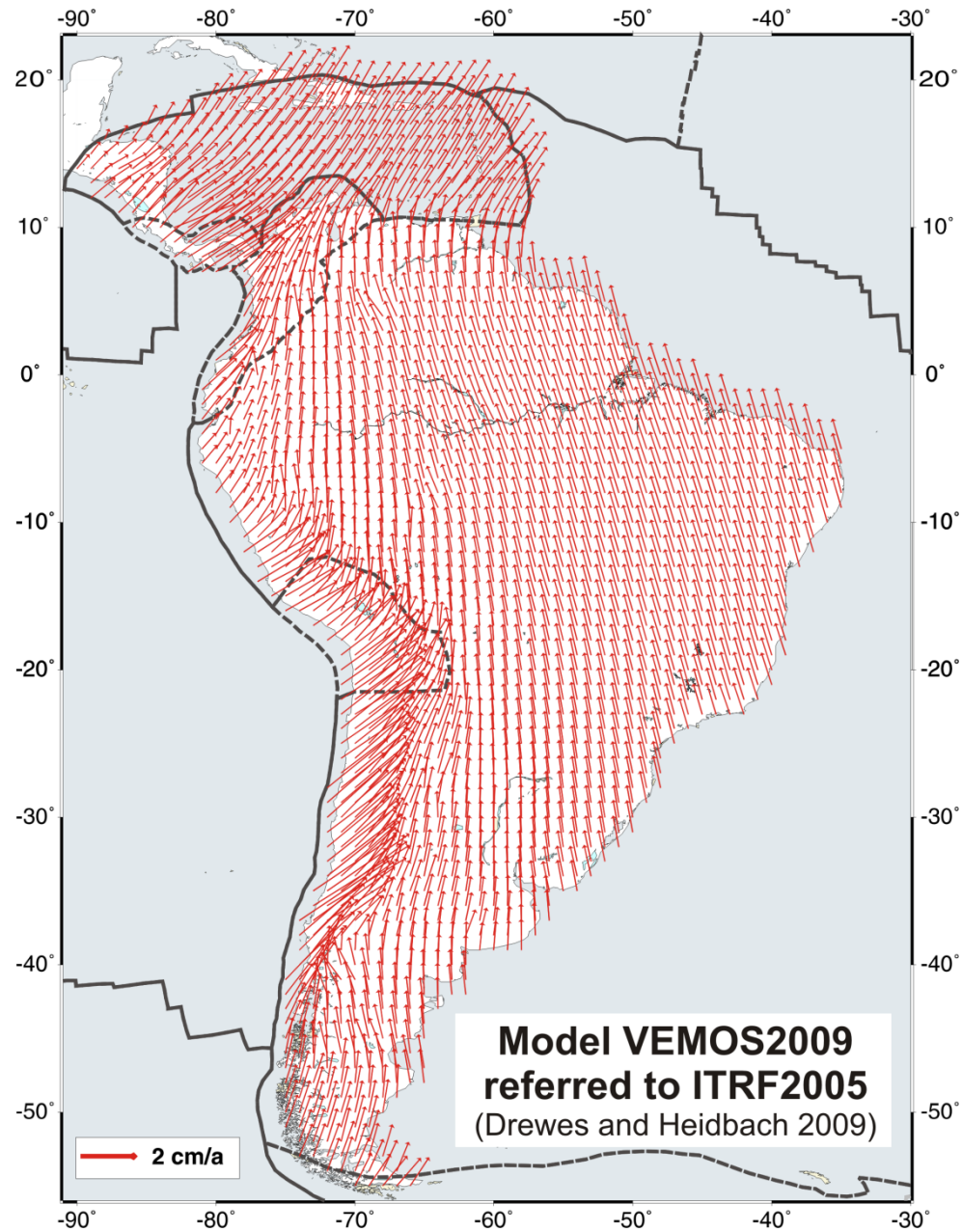
Soluciones multianuales SIRGAS

Instituto Geográfico Militar
 La Paz, Bolivia, mayo 31, 2013



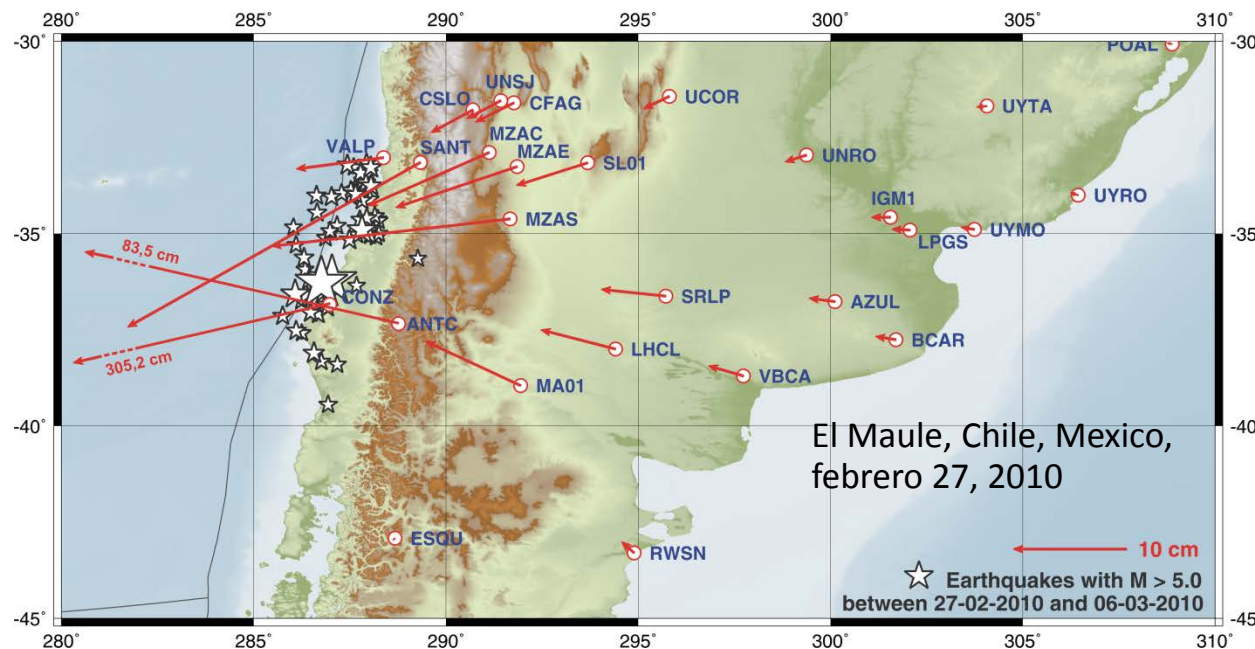
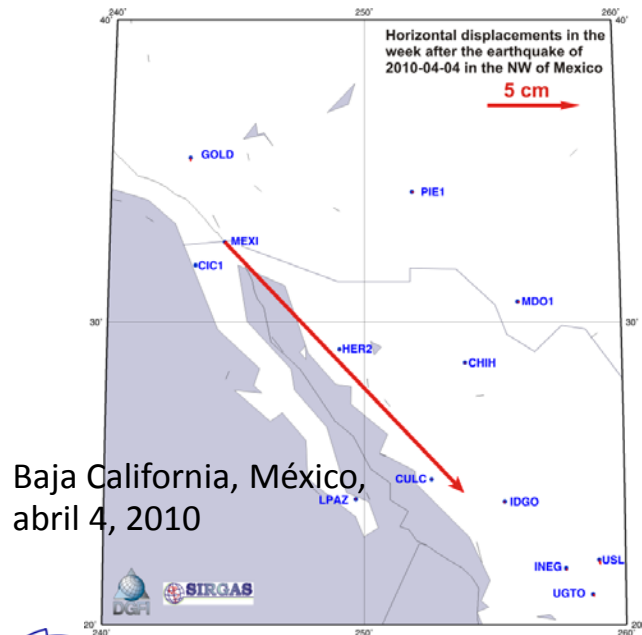
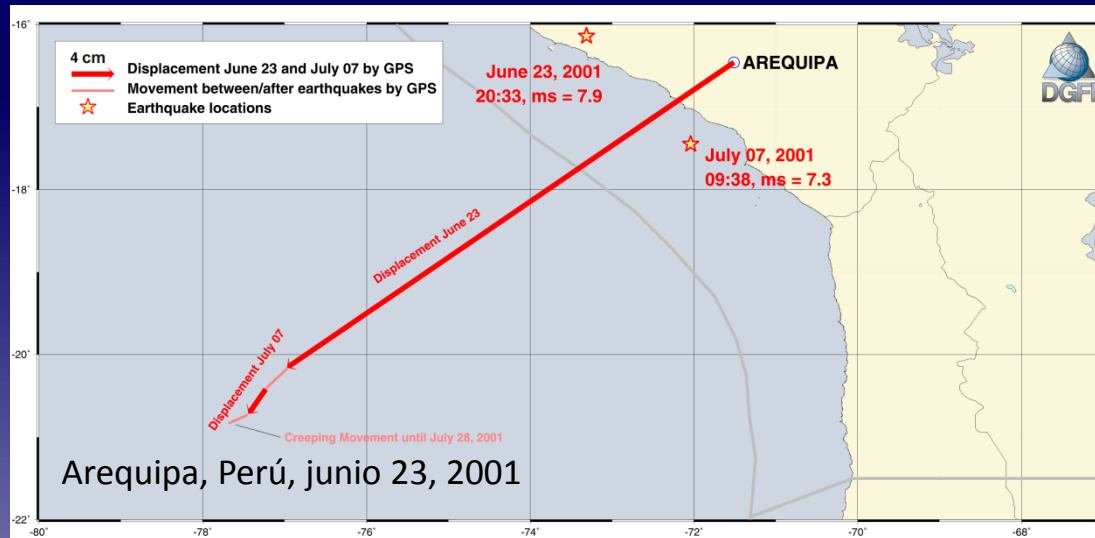
Modelo de deformación SIRGAS

Instituto Geográfico Militar
La Paz, Bolivia, mayo 31, 2013



Cambio de coordenadas por efectos sísmicos

Instituto Geográfico Militar
 La Paz, Bolivia, mayo 31, 2013



SIRGAS: Objetivos

1. Definición, realización y mantenimiento (actualización) de un sistema de referencia geocéntrico:

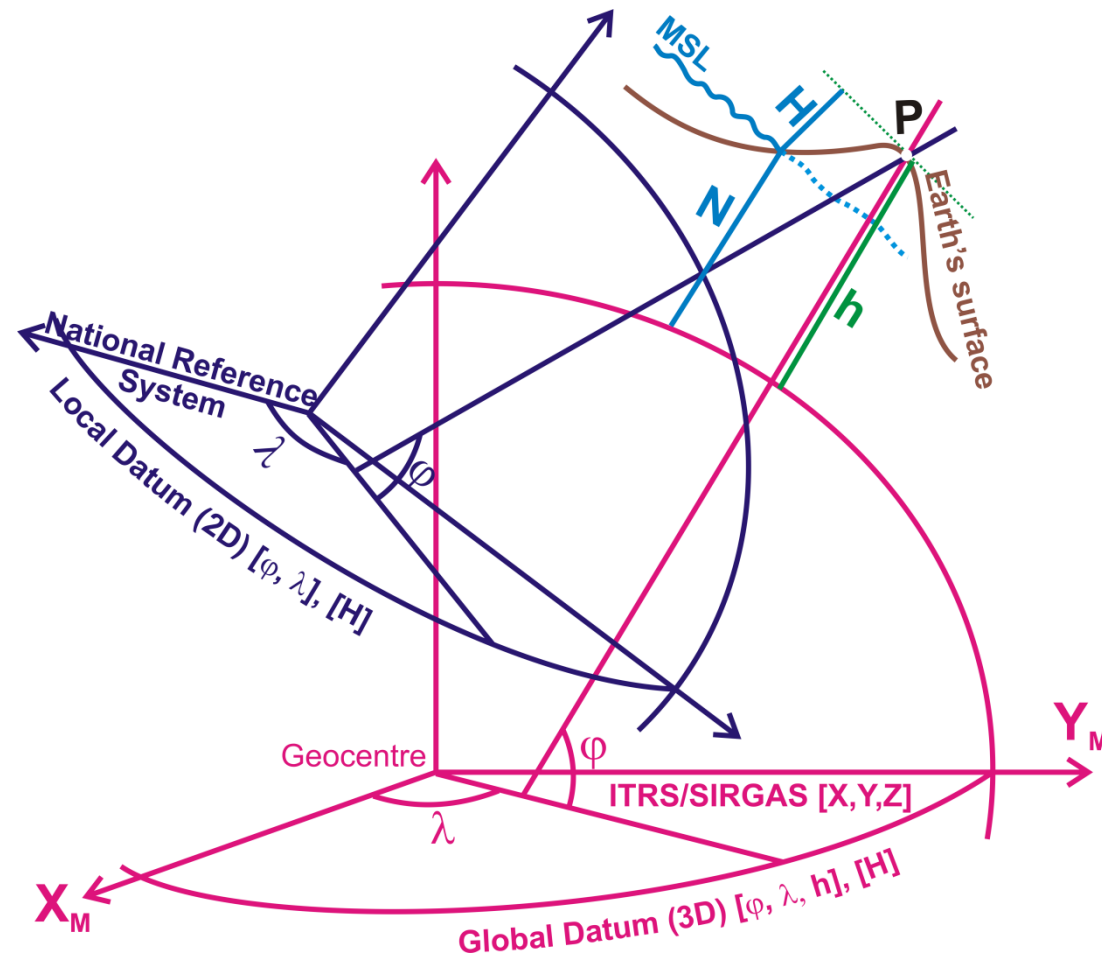
$$[X, Y, Z], [V_x, V_y, V_z]$$

2. Densificación (adopción y uso) del marco de referencia continental en los países latinoamericanos y de El Caribe:

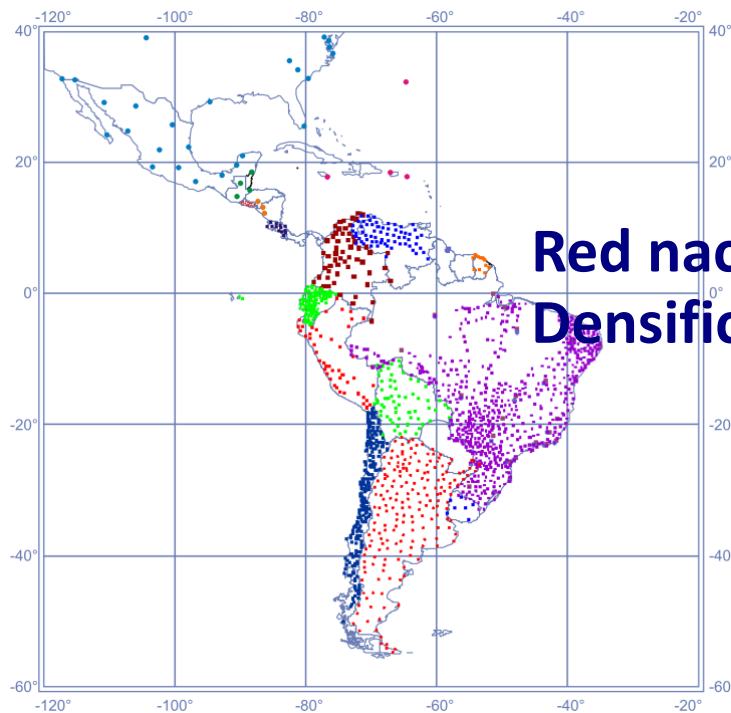
$$[\varphi, \lambda]_{\text{Local}} \rightarrow [X, Y, Z]_{\text{SIRGAS}}$$

3. Definición y realización de un sistema de referencia vertical unificado, que soporte alturas geométricas y alturas físicas:

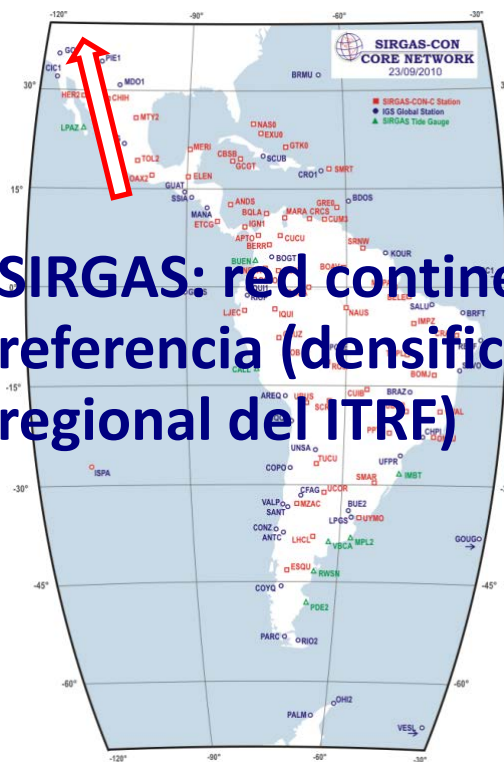
$$h = H + N; (V_h, V_H, V_N)$$



Jerarquía en los marcos de referencia



**Red nacionales de referencia:
Densificaciones locales de SIRGAS**



SIRGAS: red continental de referencia (densificación regional del ITRF)



ITRF: red global de referencia

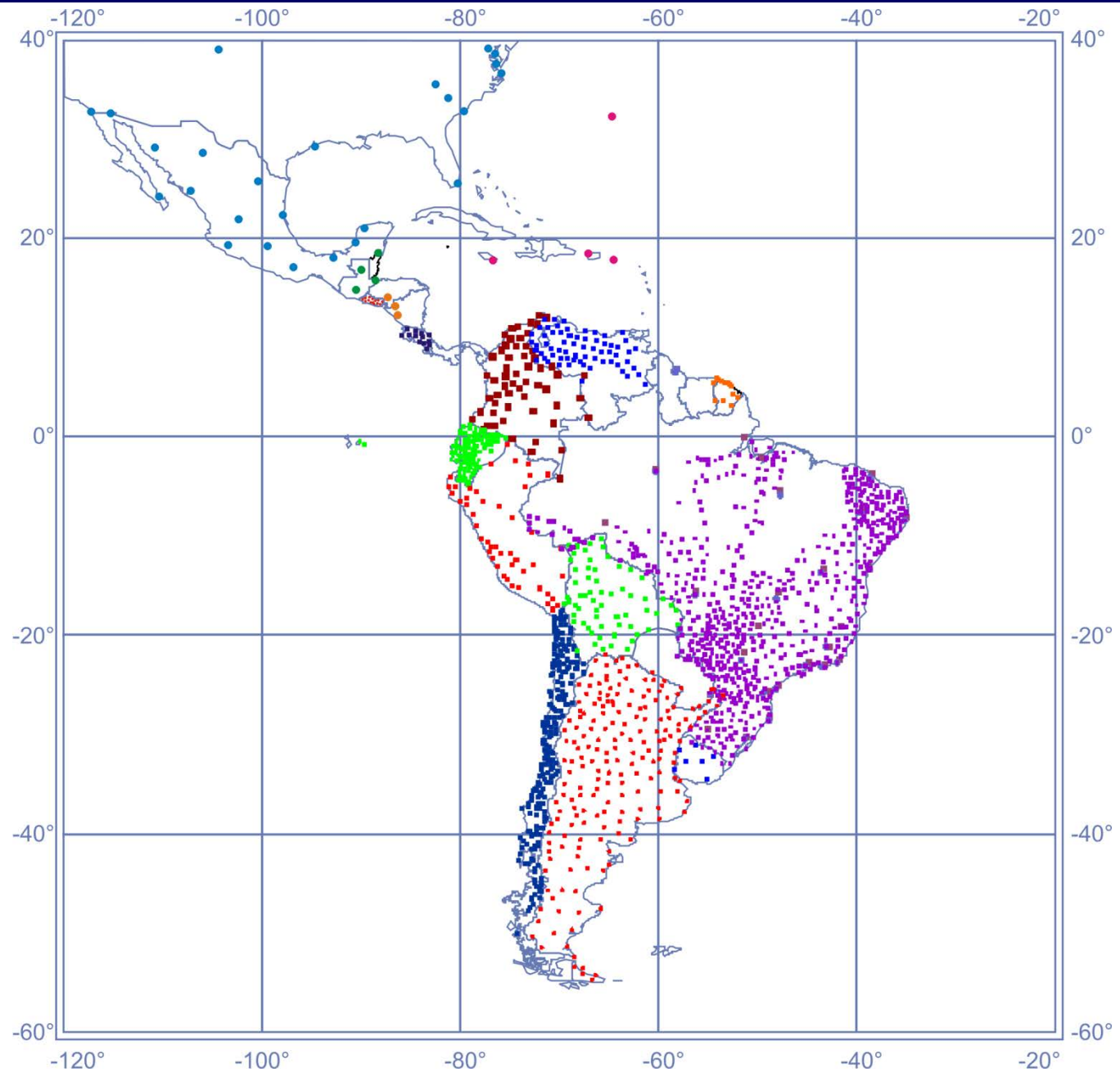
• GPS ■ VLBI ▲ SLR ▼ DORIS

Estrategia para la adopción de SIRGAS

1. Establecimiento de una red nacional GNSS de primer orden, materializada ya sea por pilares (monumentos) o por estaciones de funcionamiento continuo;
2. Determinación de los parámetros “oficiales” de transformación entre los sistemas locales y SIRGAS (posicionamiento GNSS en vértices de las redes antiguas);
3. Adopción de SIRGAS como marco de referencia oficial en cada país (documentación técnica, normativas oficiales, soporte a usuarios, etc.);
4. Migración a SIRGAS de la información georreferenciada asociada a los sistemas locales.

Densificaciones nacionales SIRGAS

Instituto Geográfico Militar
La Paz, Bolivia, mayo 31, 2013



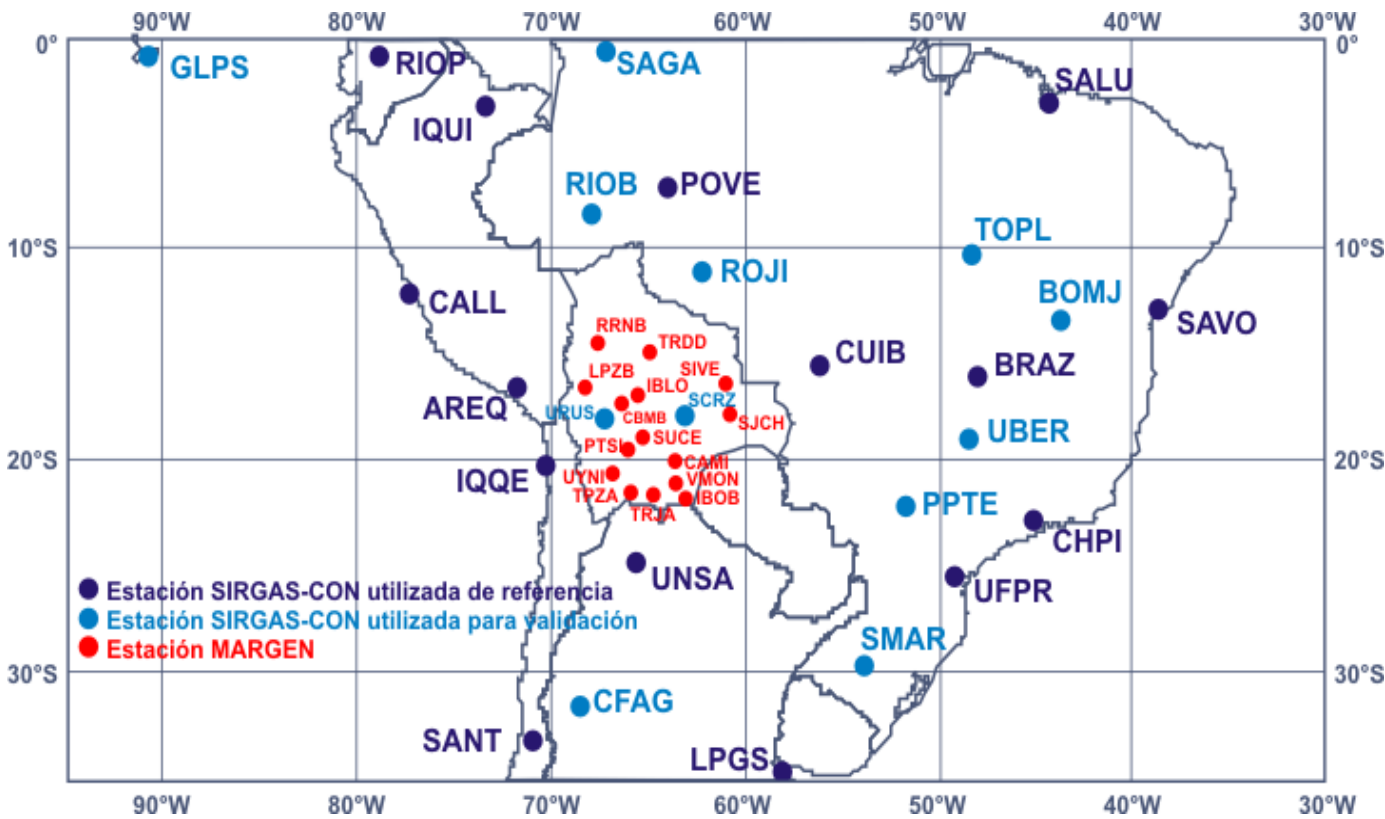
Densificaciones nacionales SIRGAS

País	Densificación SIRGAS/ITRF	No. de estaciones pilares/CON
Argentina	ITRF2005, 2006.6	178 / 38
Bolivia	SIRGAS95, 1995.4	125 / 10
Brasil	SIRGAS2000, 2000.4	1903 / 85
Chile	SIRGAS2000, 2002.0	269 / 12
Colombia	SIRGAS95, 1995.4	70 / 44
Costa Rica	ITRF2000, 2005.8	34 / 9
Ecuador	SIRGAS95, 1995.4	135 / 16
El Salvador	IGS05, 2007.8	34 / 1
F. Guiana	ITRF93, 1995.0	7 / 1
Guatemala	ITRF2005, 2009,6	160 / 17
México	ITRF92, 1988.0	0 / 20
Panamá	ITRF2000, 2000.0	20 / 4
Peru	SIRGAS95, 1995.4	47 / 3
Uruguay	SIRGAS95, 1995.4	17 / 7
Venezuela	SIRGAS95, 1995.4	156 / 5

Integración de MARGEN en SIRGAS

MARGEN: Marco de Referencia Geodésico Nacional de Bolivia

- Ajuste en octubre de 2010
- 17 estaciones
- Precisiones: N, E= $\pm 1,6$ mm, h= $\pm 4,5$ mm

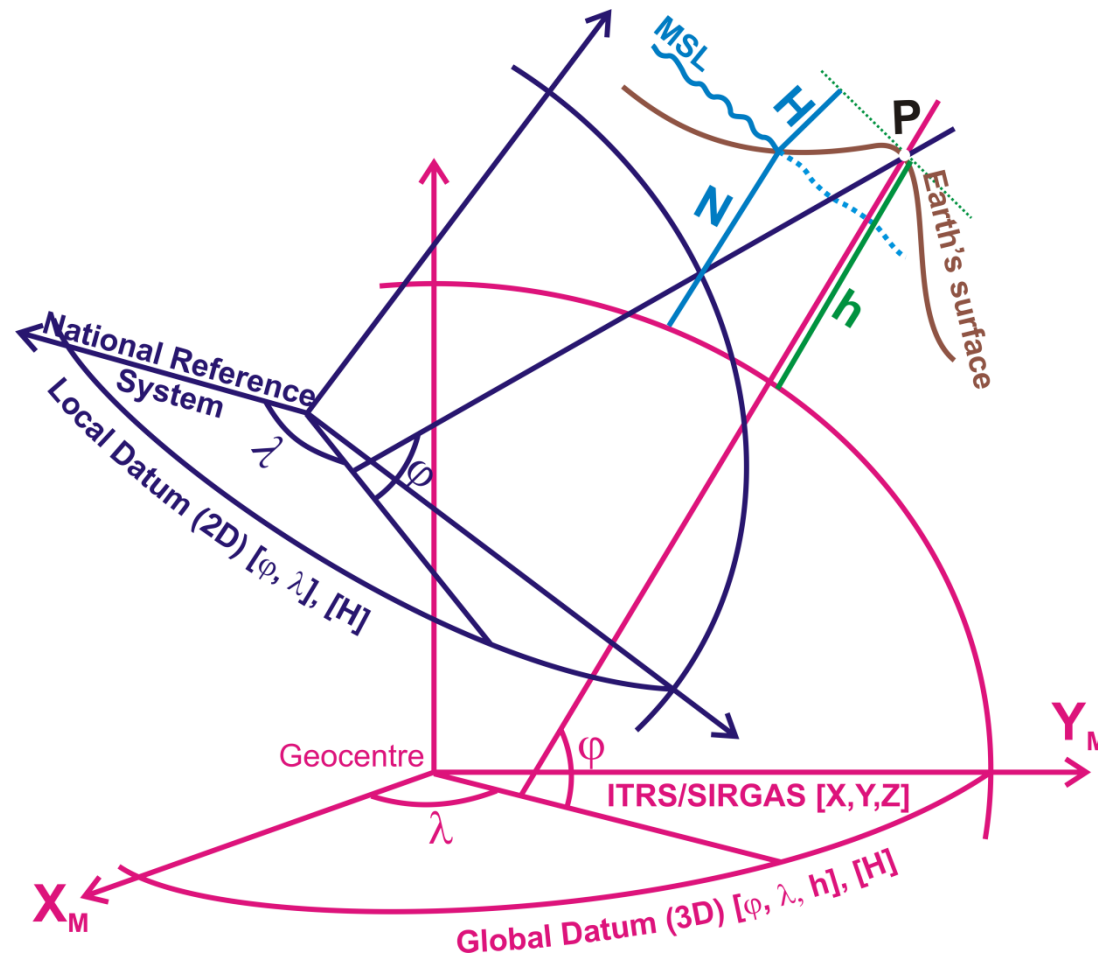


CIUDADES	DESIGNACION
CAMIRI	CAMI
COCHABAMBA	CBMB
IBUELO	IBLO
IBIBOBO	IBOB
LA PAZ	LPZB
POTOSI	PTSI
RURRENABAQUE	RRNB
SANTA CRUZ	SCRZ
SAN IGNACIO DE VELASCO	SIVE
SAN JOSE DE CHIQUITOS	SJCH
SUCRE	SUCE
TUPIZA	TPZA
TRINIDAD	TRDD
TARIJA	TRJA
ORURO	URUS
UYUNI	UYNI
VILLAMONTES	VMON

SIRGAS: Objetivos

1. Definición, realización y mantenimiento (actualización) de un sistema de referencia geocéntrico:
 $[X, Y, Z], [V_x, V_y, V_z]$
2. Densificación (adopción y uso) del marco de referencia continental en los países latinoamericanos y de El Caribe:
 $[\varphi, \lambda]_{\text{Local}} \rightarrow [X, Y, Z]_{\text{SIRGAS}}$
3. Definición y realización de un sistema de referencia vertical unificado, que soporte alturas geométricas y alturas físicas:

$$h = H + N; (V_h, V_H, V_N)$$

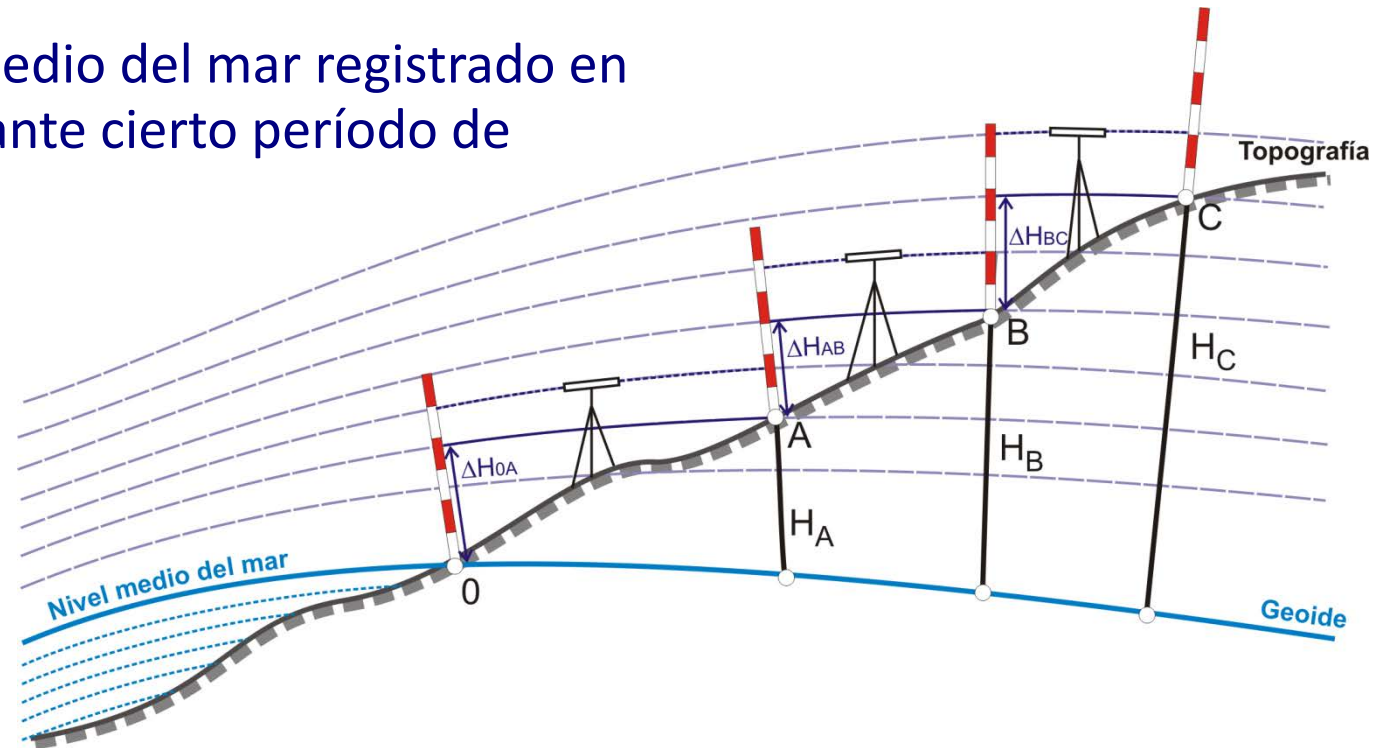


Sistemas de alturas clásicos

Superficie de referencia:

Definición: el geoide.

Realización: nivel medio del mar registrado en un mareógrafo durante cierto período de tiempo.



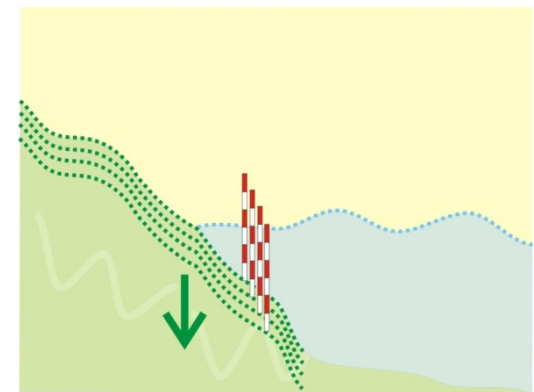
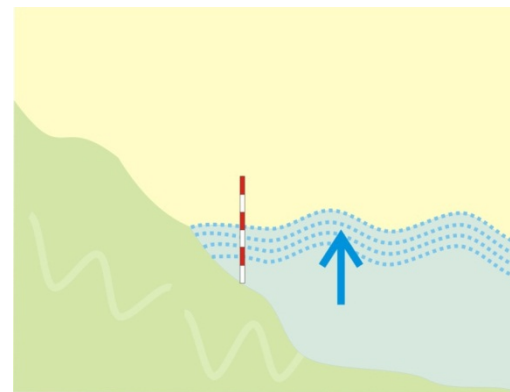
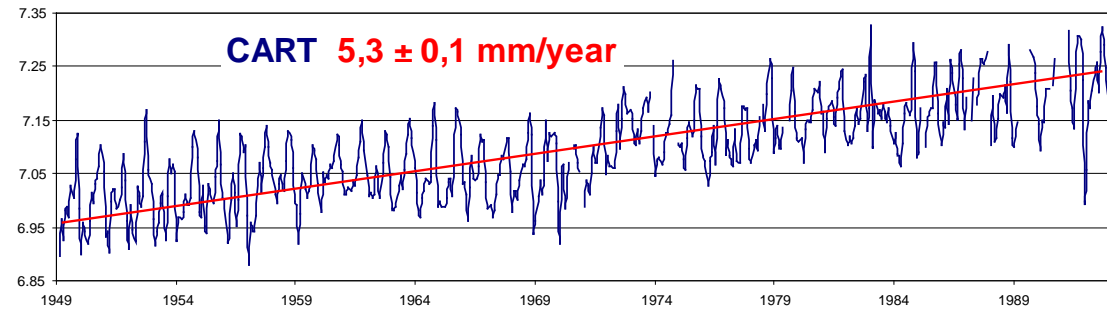
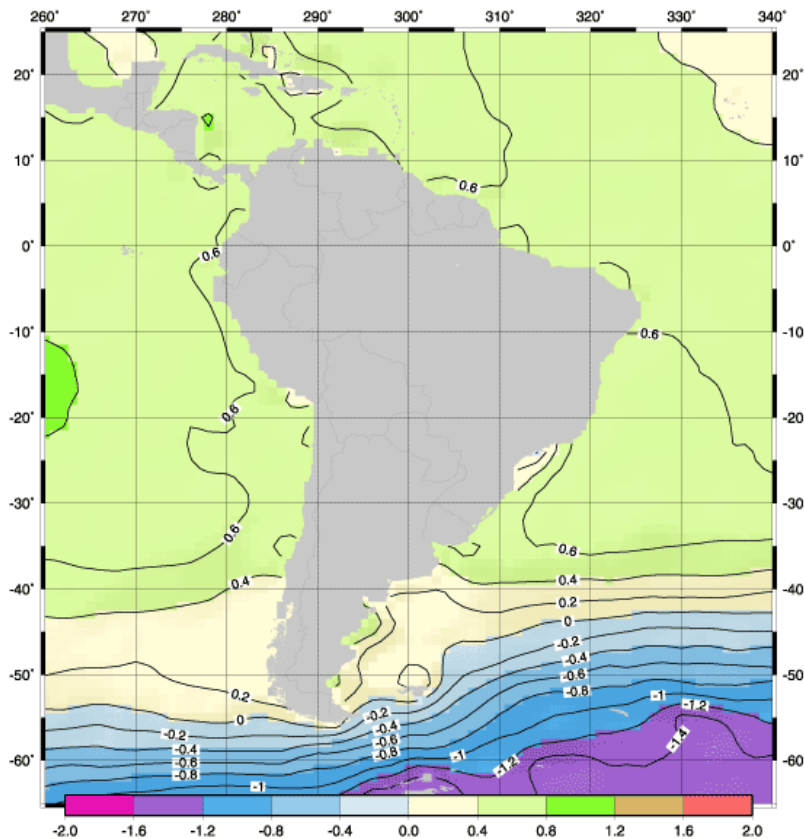
Coordenadas:

Definición: alturas ortométricas.

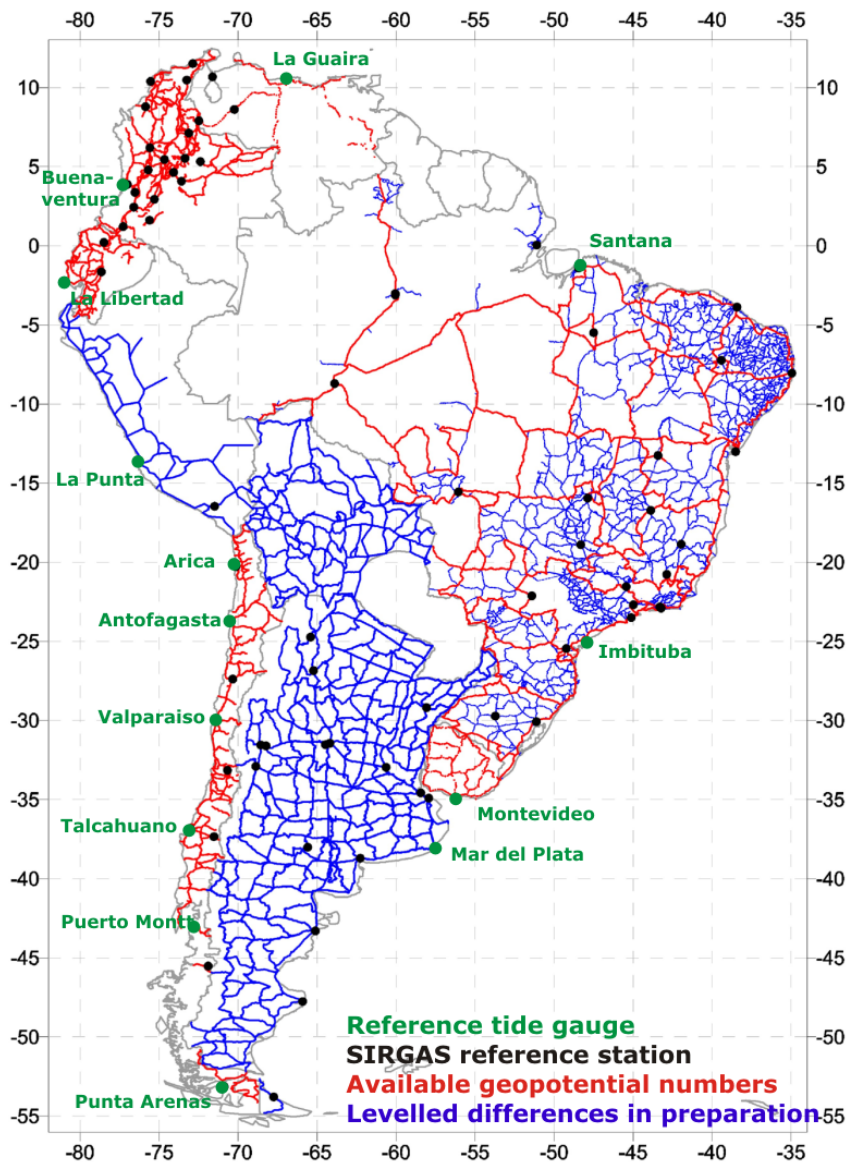
Realización: nivelación geodésica de primer orden con reducciones por efectos del campo de gravedad terrestre.

Nivel de referencia en los sistemas clásicos de alturas

1. El nivel medio del mar varía de un lugar a otro
2. El nivel medio del mar depende del periodo de medición
3. Variación del nivel medio del mar o de la costa en donde se encuentra el mareógrafo?

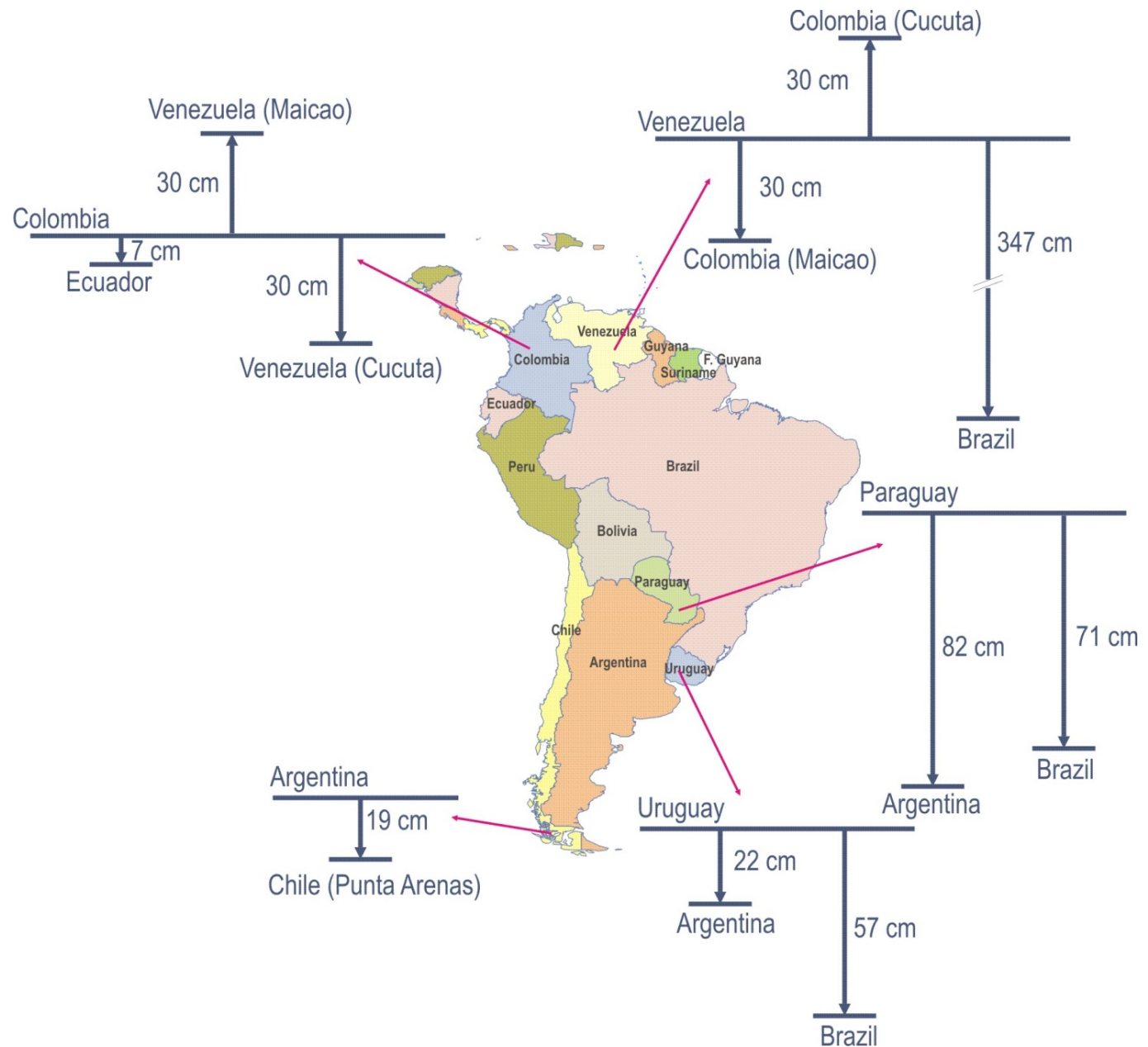


Estado actual en América de Sur



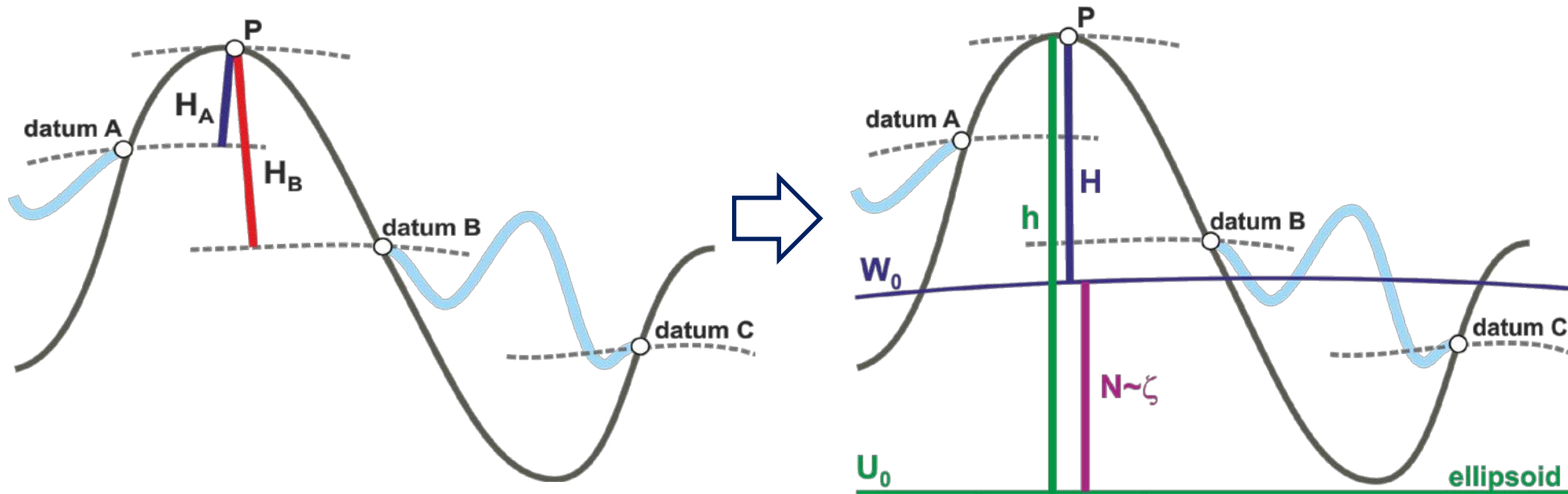
1. 15 sistemas verticales diferentes:
 - Diferentes mareógrafos,
 - Diferentes períodos para el cálculo del nivel medio del mar.
2. En general, no se han tenido en cuenta los efectos del campo de gravedad en el proceso de nivelación.
3. La conexión directa de algunas redes de nivelación entre países vecinos es imposible por la selva amazónica.
4. Las redes verticales han sido ajustadas individualmente (por país o por regiones).
5. Los movimientos verticales (de la corteza terrestre o del nivel del mar) no han sido considerados.

Discrepancias entre redes verticales en América del Sur



Nuevo sistema vertical SIRGAS

Objetivo: referir todas las alturas a una sola superficie de referencia.



Actividades “verticales” en desarrollo

A nivel individual para cada país:

- Nivelación geométrica de los mareógrafos de referencia
- Nivelación geométrica de las estaciones SIRGAS2000/SIRGAS-CON
- Nivelación geométrica entre países vecinos
- Puesta a disposición de las diferencias de nivel + gravimetría entre los nodos principales de las redes de nivelación de primer orden, los mareógrafos de referencia, estaciones SIRGAS2000/SIRGAS-CON y conexiones internacionales.

A nivel continental (global):

- Determinación de la superficie global de referencia (dentro de la Asociación Internacional de Geodesia -IAG-)
- Ajuste continental (en un sólo bloque) de las redes de nivelación de primer orden de todos los países

SIRGAS: aspectos organizativos

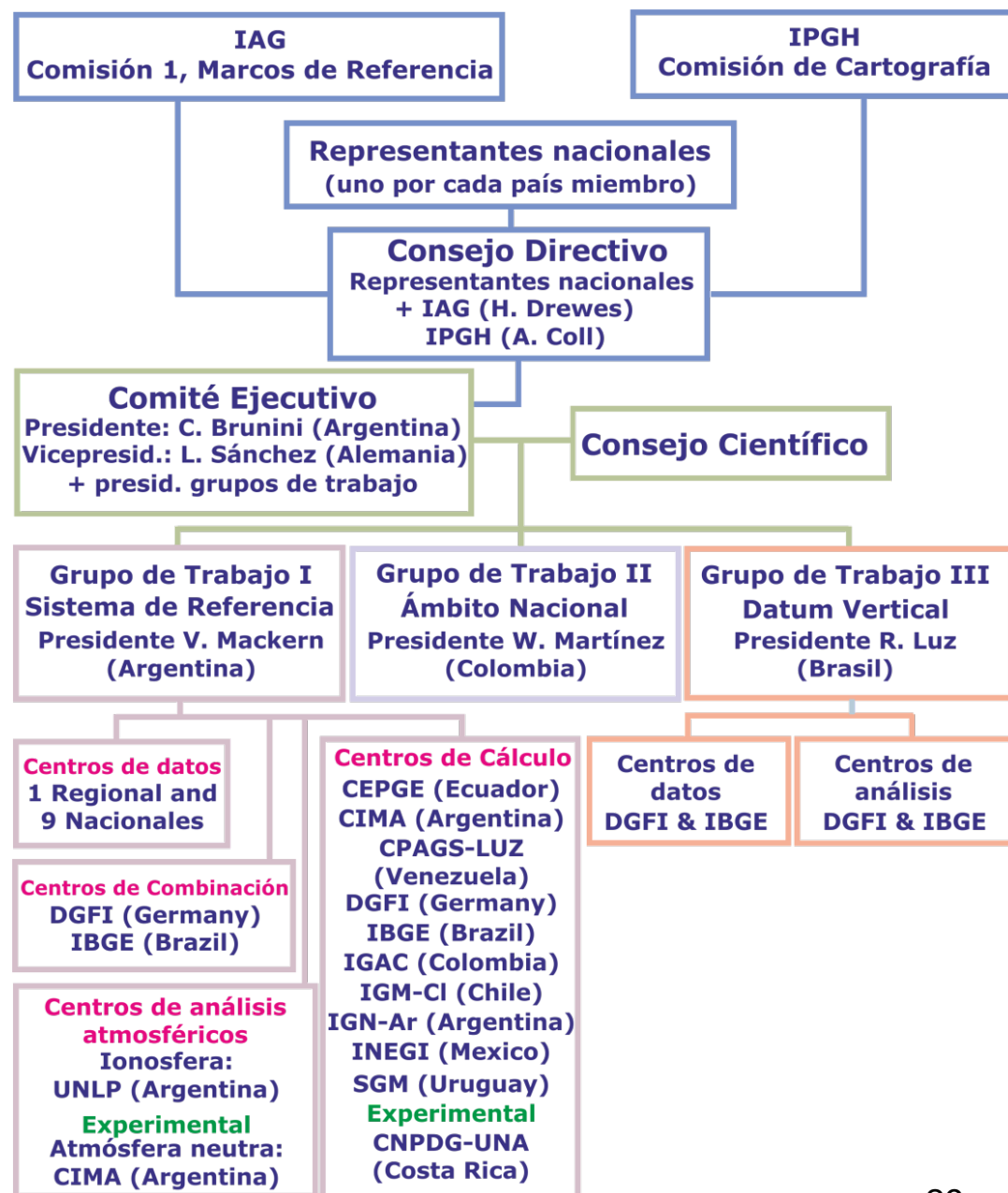
- Reuniones anuales
- Página web: www.sirgas.org
- Participación en reuniones internacionales técnicas y científicas
- Jornadas de capacitación mediante Escuelas SIRGAS en Sistemas de Referencia, Posicionamiento en Tiempo Real, Procesamiento preciso de mediciones GNSS, etc.

Reunión SIRGAS 2013:

Ciudad de Panamá, Panamá,
octubre 24-26, 2013

Reunión SIRGAS 2014:

Santa Cruz, Bolivia, ~octubre, 2014.



Visitenos en www.sirgas.org o contáctenos:

Preguntas generales a sirgas@dgfi.badw.de

Presidente SIRGAS

Caludio Brunini, claudiobrunini@yahoo.com

Vicepresidente SIRGAS

Laura Sánchez, sanchez@dgfi.badw.de

SIRGAS-GTI (Sistema de referencia)

Virginia Mackern, vmackern@mendoza-conicet.gov.ar

SIRGAS-GTII (Datum geocéntrico)

William Martínez, wamartin@igac.gov.co

SIRGAS-GTIII (Datum vertical)

Roberto Luz, roberto.luz@ibge.gov.br