



**Sistema de Referencia Geocéntrico  
para las Américas**



# SIRGAS en el Contexto del Marco de Referencia Geodésico Global (GGRF): Evolución, Alcances y Perspectivas

Víctor J. Cioce  
William Martínez  
M. Virginia Mackern  
Roberto Pérez Rodino  
Silvio R.C. de Freitas

Caracas, Septiembre de 2017



# Esquema



1. Introducción
2. La integración regional y global a través de SIRGAS
3. El sistema y marco de referencia SIRGAS
4. Avances en el establecimiento del datum vertical
5. El rol de SIRGAS dentro del GGRF
6. Comentarios finales



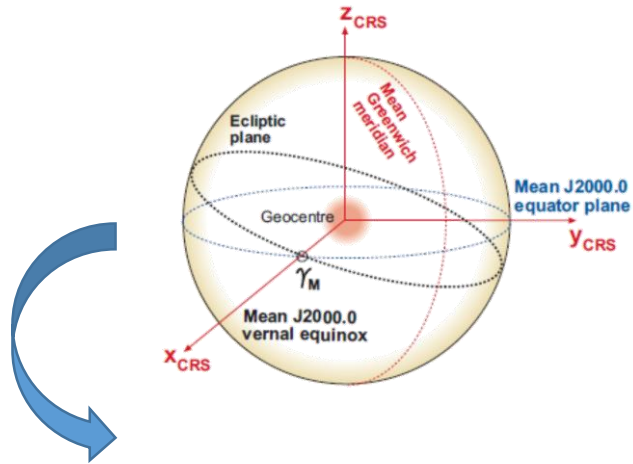


# Introducción

- La geodesia define y establece sistemas y marcos de referencia imprescindibles para:
  - Garantizar consistencia entre diferentes observaciones y estimaciones.
  - Establecer la base para observar y modelar procesos globales.
  - Soportar el posicionamiento y la navegación.
  - Estudiar la rotación terrestre y la medición del tiempo.
  - Determinar órbitas satelitales.
  - Ejecutar levantamientos geoespaciales y trabajos de ingeniería.
- Estos sistemas de referencia se establecen por convención, haciéndose accesible a través de su materialización (i.e. marco de referencia).
- El IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) es quien provee los dos sistemas/marcos de referencia aceptados por la geodesia, geofísica y astronomía:

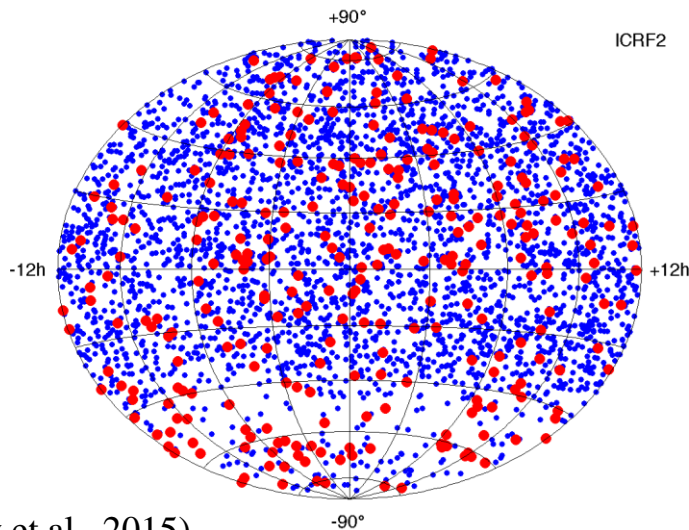
# ICRS

(International Celestial Reference System)



# ICRF

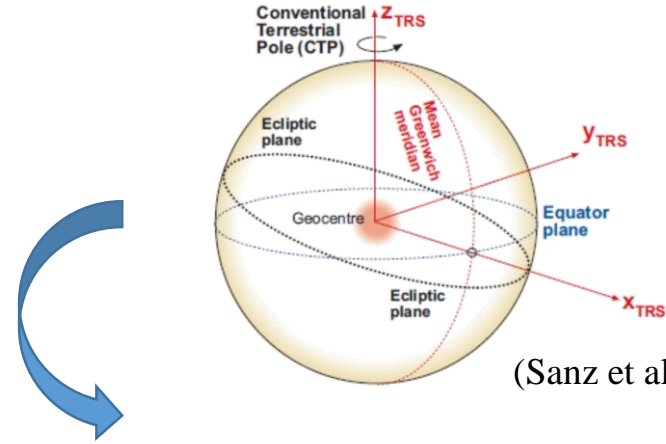
(International Celestial Reference Frame)



(Fey et al., 2015)

# ITRS

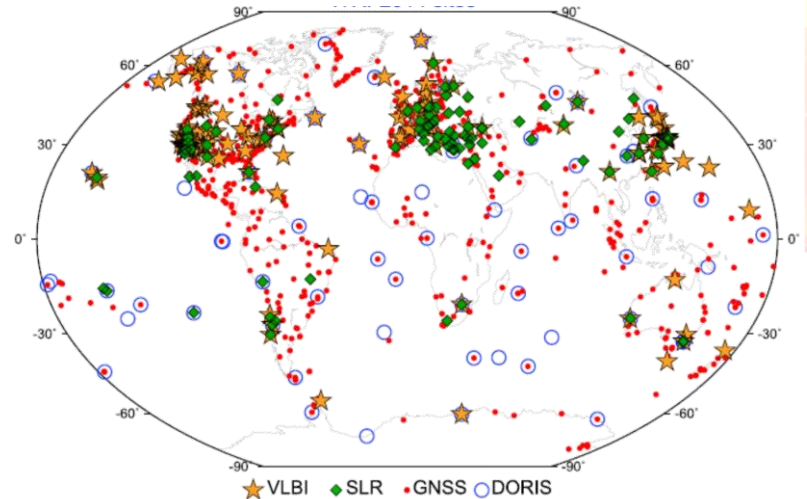
(International Terrestrial Reference System)



(Sanz et al., 2013)

# ITRF

(International Terrestrial Reference Frame)



(Altamimi et al., 2016)

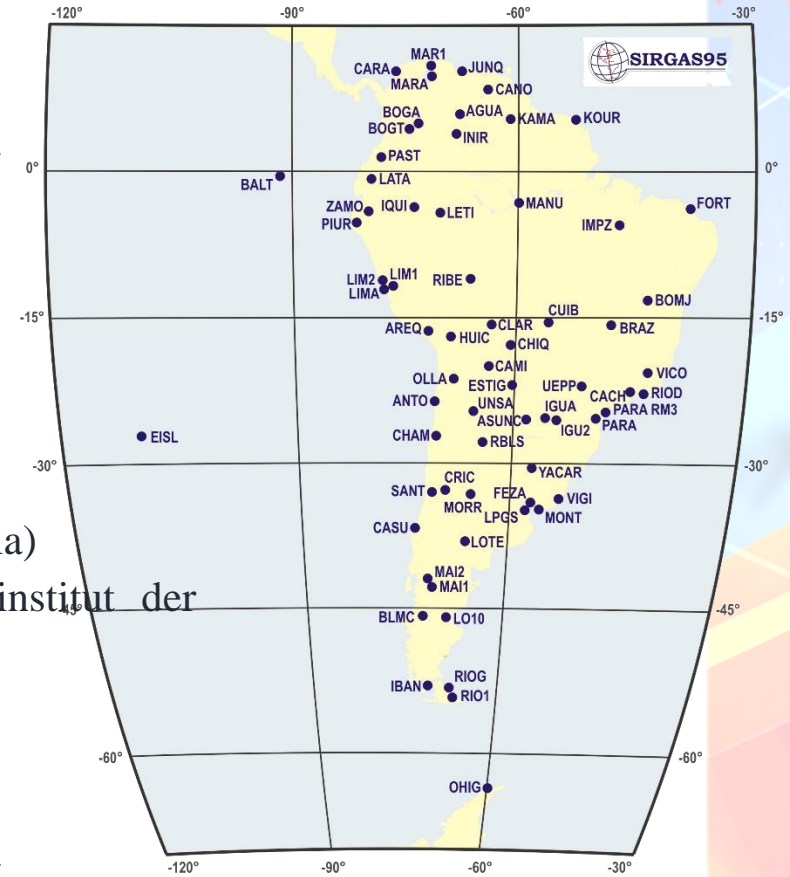


- Ambos sistemas/marcos de referencia cuentan con altos niveles de calidad ( $10^{-9}$  o mejor), esto debido a:
  - Incremento en la precisión y exactitud de las observaciones geodésicas.
  - Demanda actual de datos/información geoespacial más confiable.
- La temática trasciende al campo de la geodesia involucrando a la sociedad en general.
- Acciones necesarias están siendo promovidas por las Naciones Unidas.
  - Consolidación e implementación práctica de un Marco de Referencia Geodésico Global o GGRF.
- El rol de SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) es fundamental para el logro de las metas propias del GGRF en el caso de América Latina y El Caribe.



# La integración regional y global a través de SIRGAS

- SIRGAS surge en 1993 como un proyecto de cooperación internacional entre países de la región.
- Esfuerzos tangibles en 1995 con una primera campaña de observaciones GPS.
- El éxito temprano SIRGAS contó con el apoyo de:
  - **IAG** (International Association of Geodesy)
  - **IPGH** (Instituto Panamericano de Geografía e Historia)
  - **DGFI-TUM** (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut der Technischen Universität München)
- Las Naciones Unidas recomienda su adopción como marco de referencia oficial para todos los países del continente en 2001.



**SIRGAS95**





**SIRGAS**  
es



**Sub-comisión 1.3b** (Marco de Referencia Regional para Sur y Centro América) de la Comisión 1 (Marcos de Referencia)



**Grupo de Trabajo** de la Comisión de Cartografía del IPGH



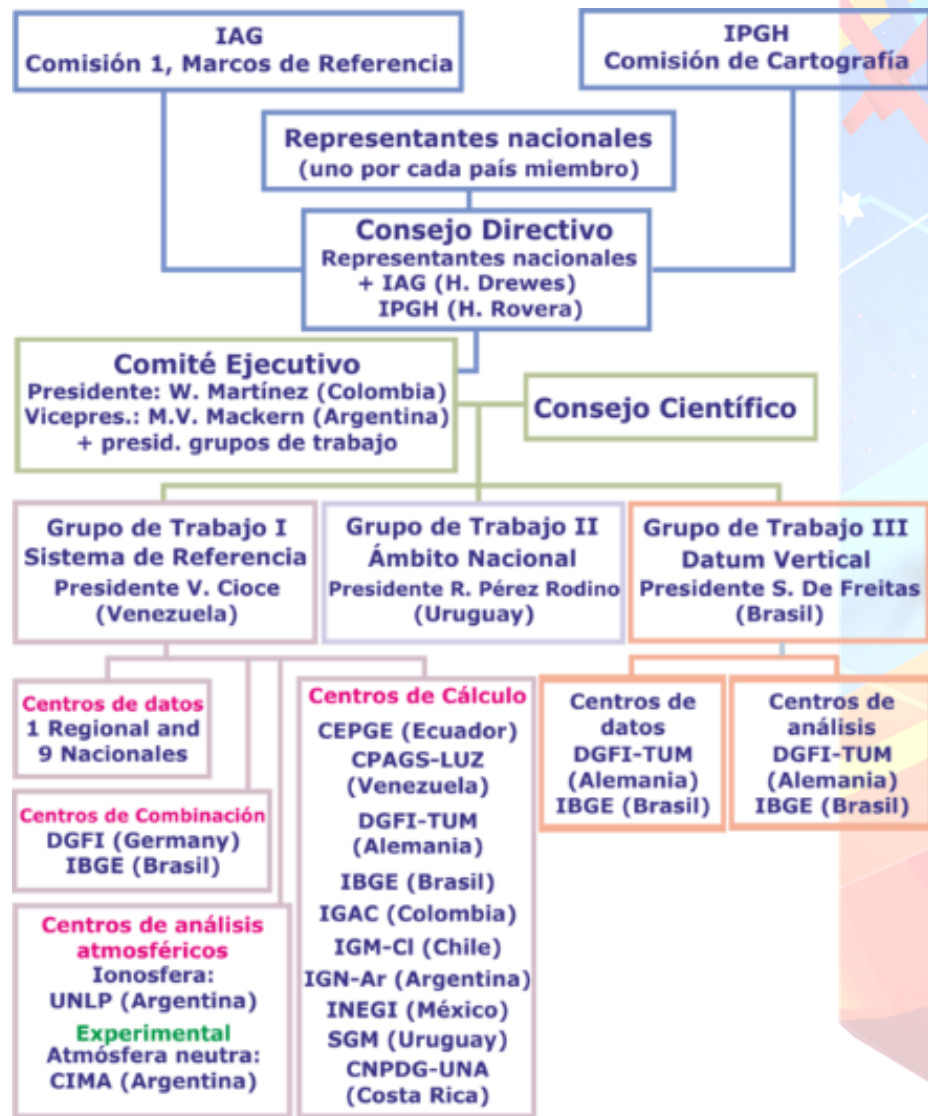
**Comité Regional** de las Naciones Unidas sobre la Gestión de Información Geoespacial para Las Américas (UN-GGIM: Américas)

- SIRGAS como comunidad técnica y científica de la región:

- Provee un marco de referencia geodésico (geométrico y físico) altamente confiable y consistente a nivel global.

- Implementa y mantiene la infraestructura de datos espaciales basada en SIRGAS como capa fundamental.

- Mide y modela efectos del cambio global en su área de influencia.



- 20 países y más de 50 instituciones gubernamentales, académicas y de investigación conforman el recurso humano de SIRGAS.



# El sistema y marco de referencia SIRGAS

- SIRGAS es idéntico del ITRS y representa la densificación regional del ITRF en América Latina y El Caribe.

- Dos campañas de observación GPS permitieron materializar a SIRGAS (1995 y 2000).

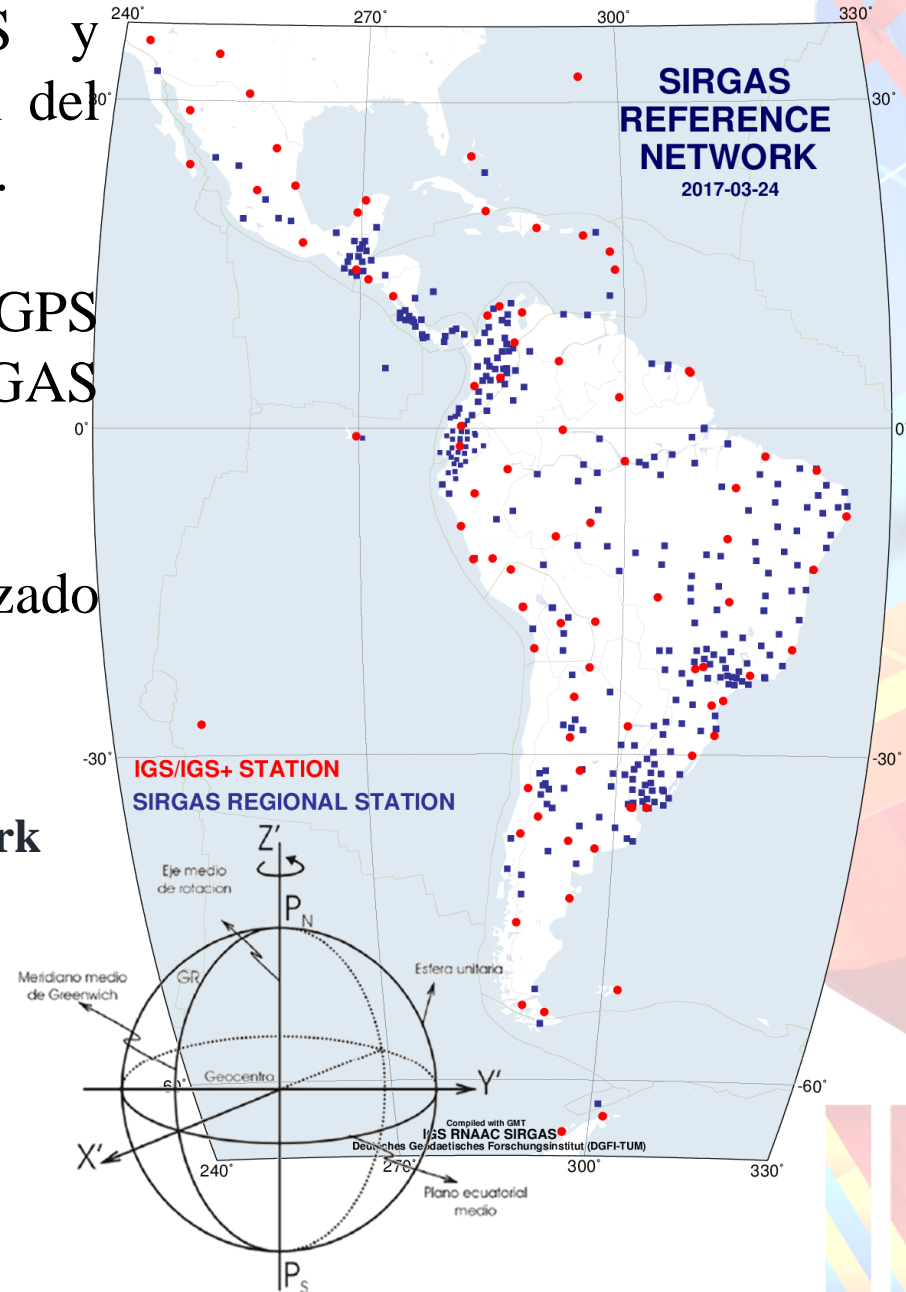
- Desde 2005 SIRGAS es materializado por una red de operación continua



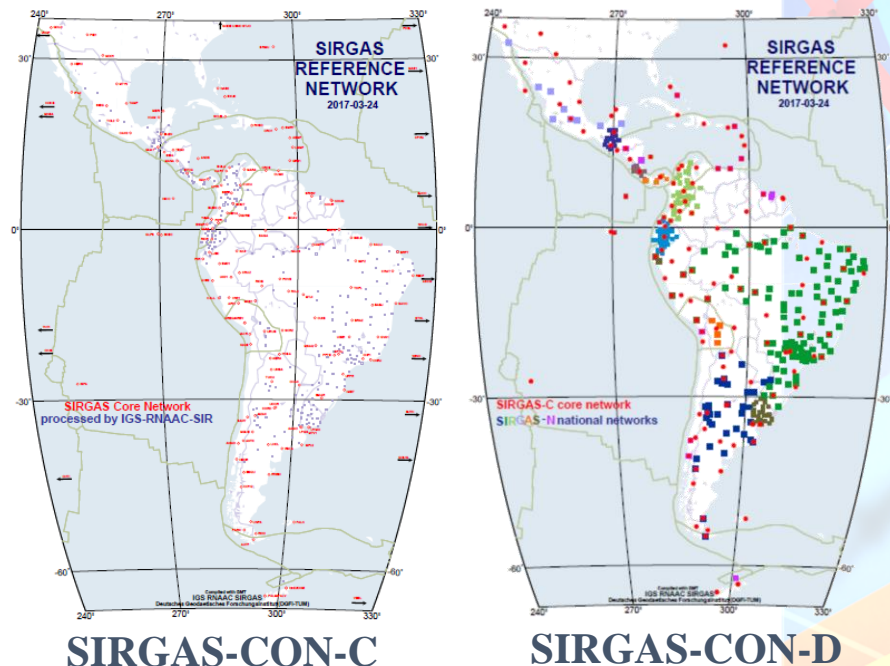
**SIRGAS-Continuously Operating Network (SIRGAS-CON)**



**417 estaciones GNSS (GPS+GLONASS)**



- La consistencia con el ITRF se logra gracias al procesamiento semanal del conjunto de observaciones GNSS de la red SIRGAS-CON.
- Tarea realizada por diez Centros de Análisis y dos Centros de Combinación.

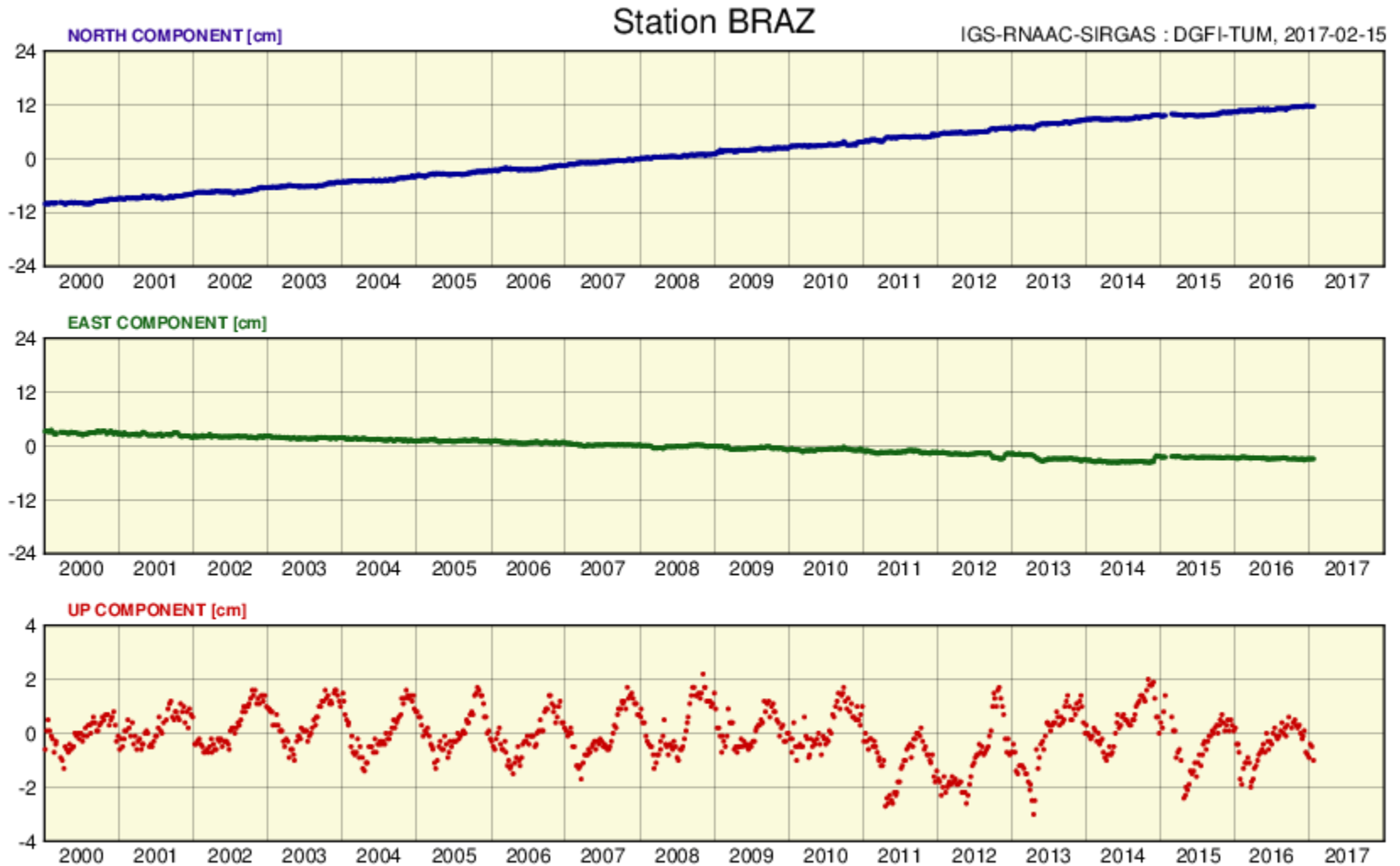


- Coordenadas geodésicas son estimadas con calidad de:
  - $\pm 1$  mm para posición horizontal
  - $\pm 4$  mm para posición vertical

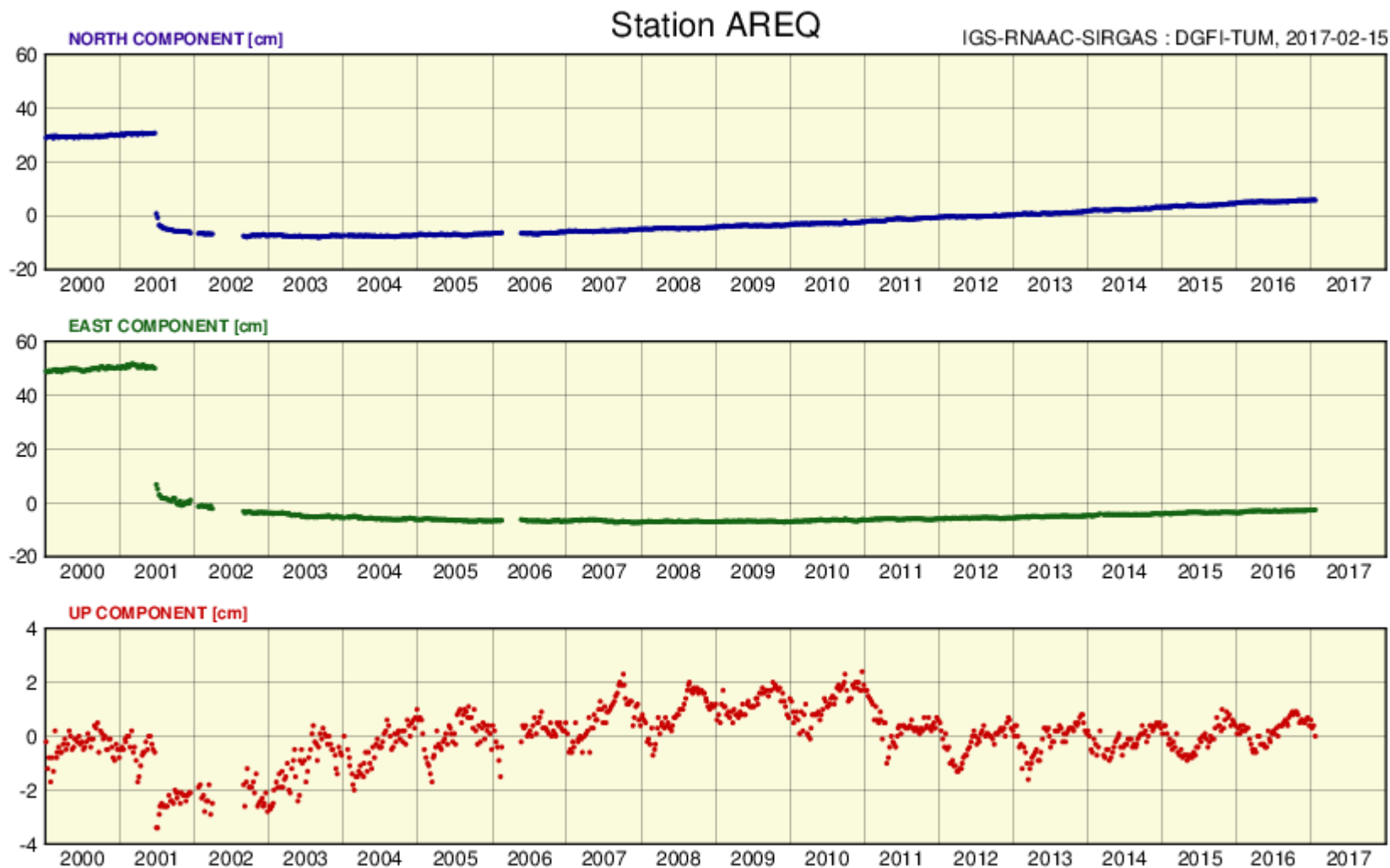
¿se justifica un procesamiento semanal?



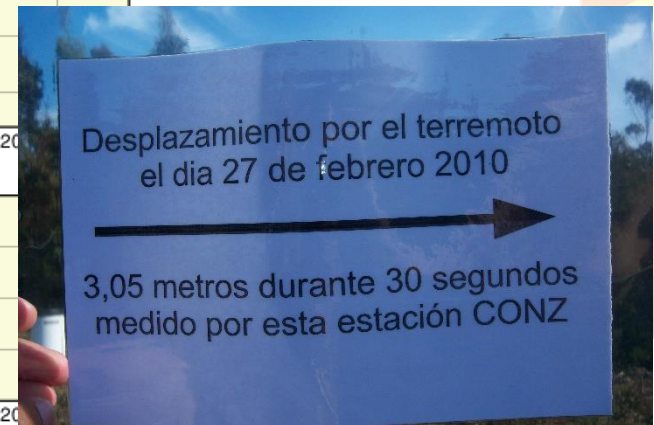
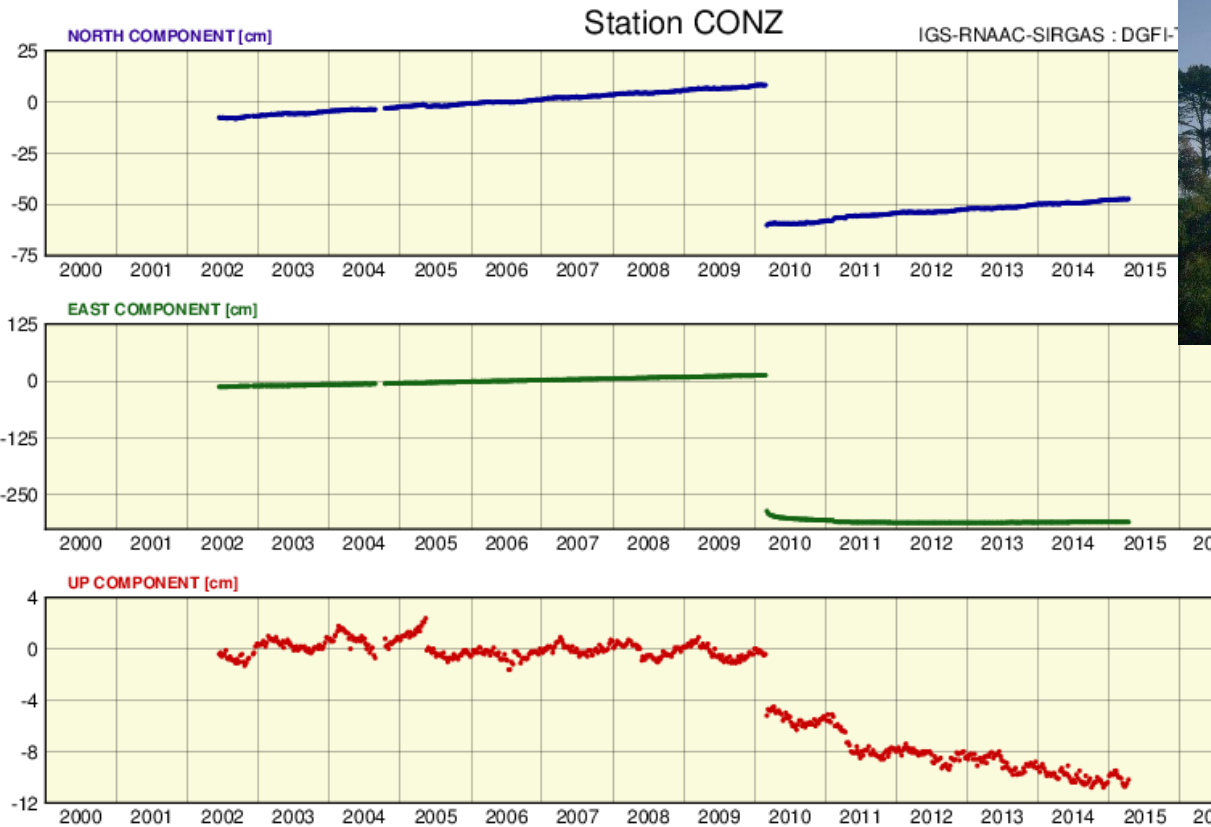
# Brasilia, Brasil (BRAZ00BRA)



# Arequipa, Perú (AREQ00PER)

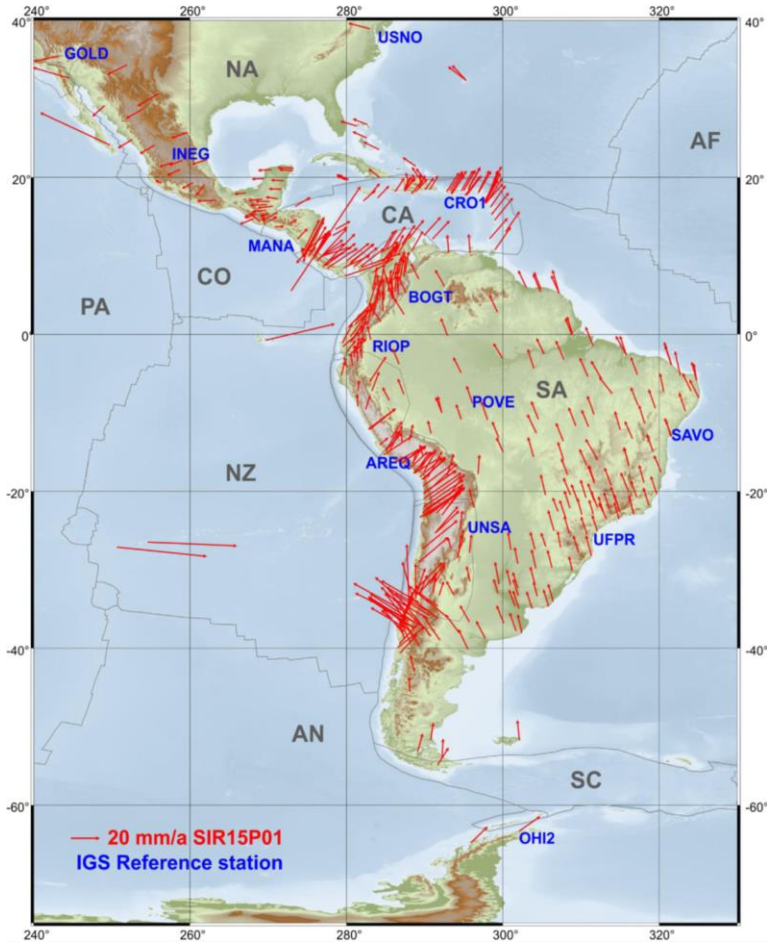


# Concepción, Chile (CONZ00CHL)

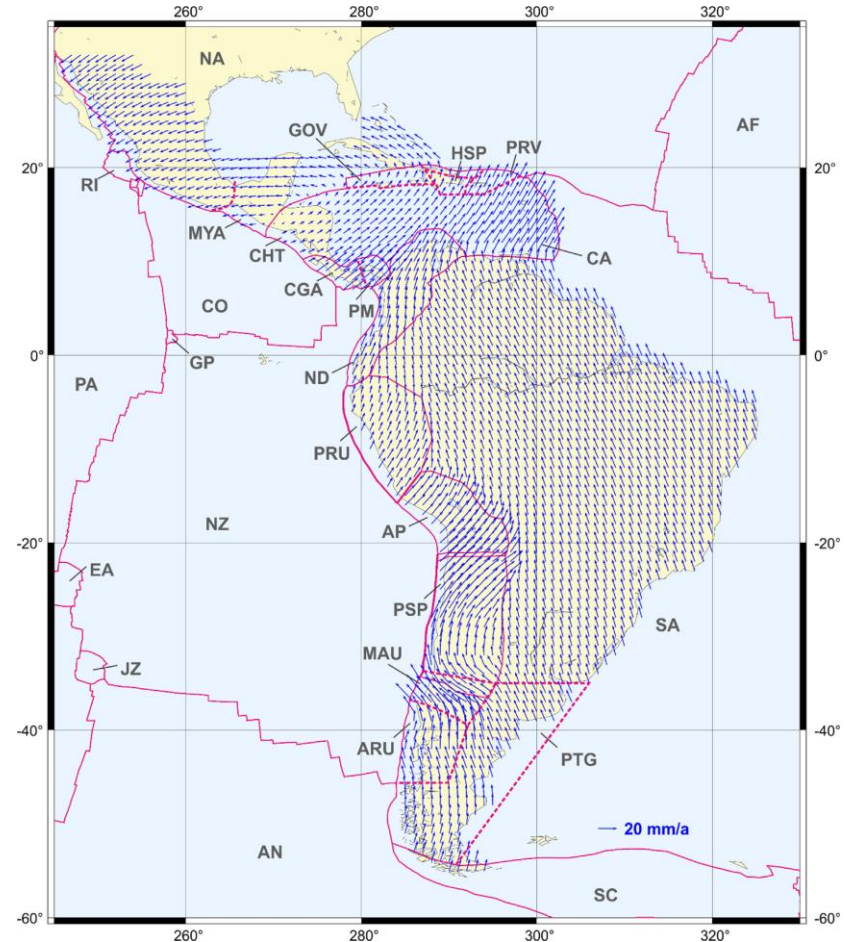


- Las soluciones SIRGAS cuentan con calidad suficiente como para detectar cambios casi imperceptibles en la posición de las estaciones.
  - Necesarias para satisfacer cualquier aplicación práctica en el campo de las geociencias.
  - Útiles para la observación de fenómenos geofísicos propios del Sistema Tierra.
- El cálculo semanal de la red es imprescindible para mantener el marco actualizado y consistente con el sistema que materializa.
- Las soluciones semanales dan paso a soluciones multianuales con las que se evalúa la cinemática del marco de referencia.
  - Se garantiza la compatibilidad de las coordenadas en el tiempo y la estabilidad del marco de referencia a largo plazo.

# Solución Multianual SIR15P01



# Velocity Model for SIRGAS 2015 (VEMOS2015)



## Calidad en coordenadas:

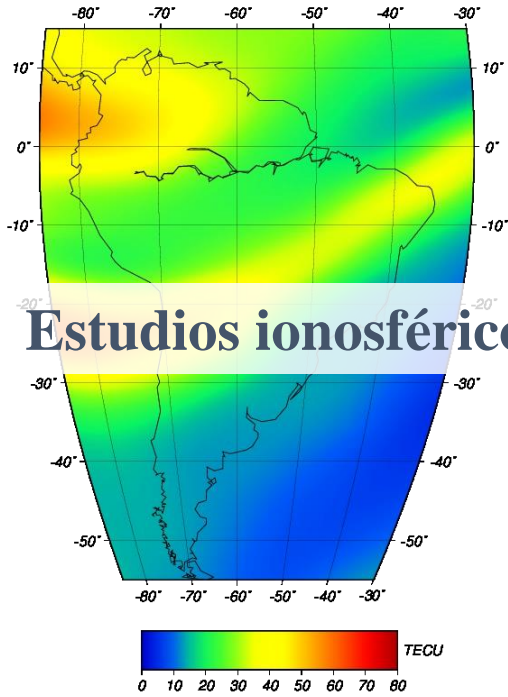
- ±0.7 mm en componente N-S
- ±0.9 mm en componente E-W
- ±3.5 mm en vertical

## Calidad en velocidades:

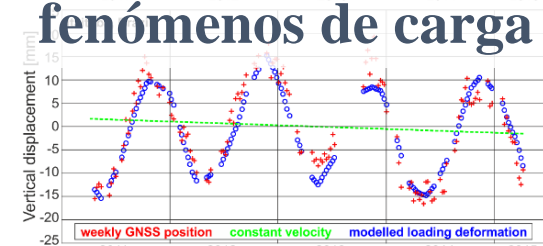
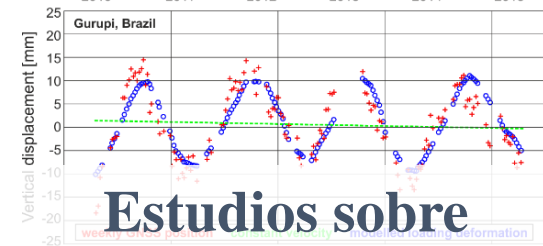
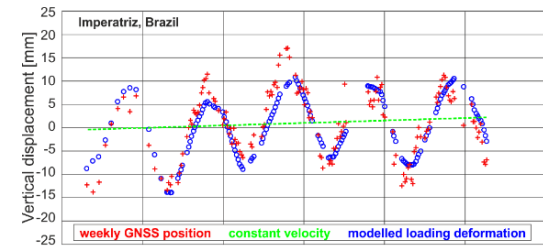
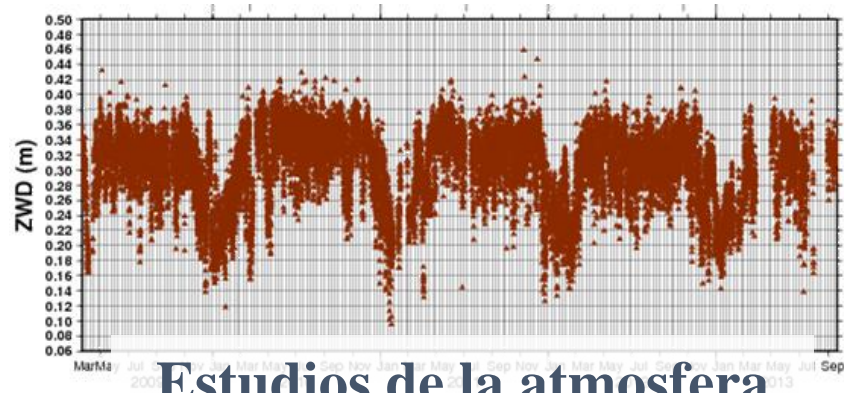
- ±0.5 mm/yr en componente N-S
- ±0.8 mm/yr en componente E-W
- ±1.6 mm/yr en vertical



LPIM REGIONAL IONOSPHERE FOR DAY 245, 2012 - 00:00 UT



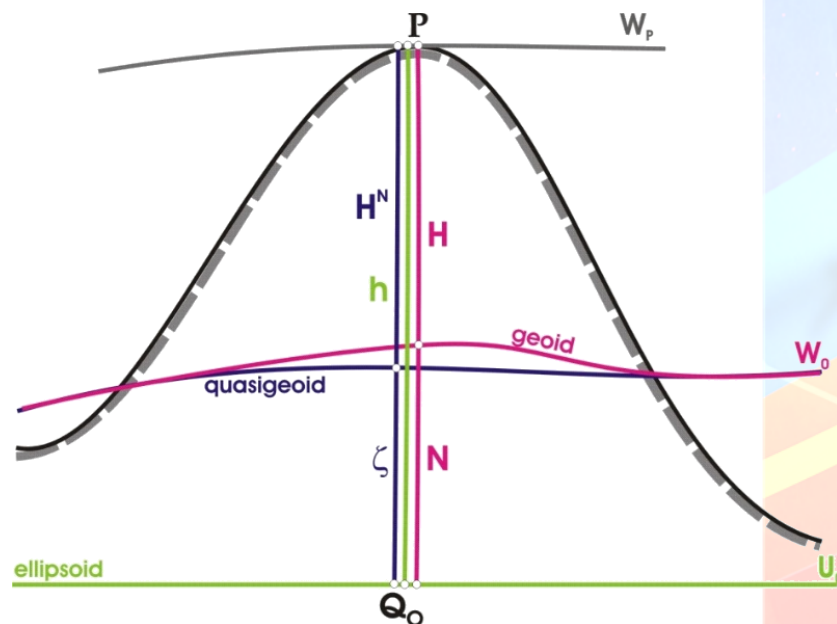
SIRGAS define una infraestructura geodésica para





# Avances en el establecimiento del datum vertical

- La componente geométrica del sistema/marco de referencia geodésico continental viene dada a través de SIRGAS-CON.
- Establecer la componente física (asociada al campo gravitatorio terrestre) es un tópico de gran interés para SIRGAS.
- Un datum vertical unificado permitirá la combinación efectiva y consistente entre coordenadas verticales de uso común (i.e.  $H$ ,  $h$ ,  $N$ ).
- Se siguen directrices de la IAG sobre
  - IHRS (International Height Reference System)
  - IGRS (International Gravity Reference System)



$$H = h - N$$

$$H^N = h - \zeta$$

- El moderno sistema de referencia vertical (i.e. IHRF) asume:
  - Cotas geopotenciales ( $C_p$ ) como coordenada vertical primaria.
  - La superficie equipotencial convencional  $W_0 = 62\,636\,853.4 \text{ m}^2\text{s}^2$ .
  - Referencia espacial mediante coordenadas dadas en el ITRF.

- Para SIRGAS ha sido fundamental:

- Recuperar datos históricos de las redes de nivelación y gravimetría.
- Su integración adecuada con magnitudes geométricas, GGM, registros mareográficos, altimetría satelital.

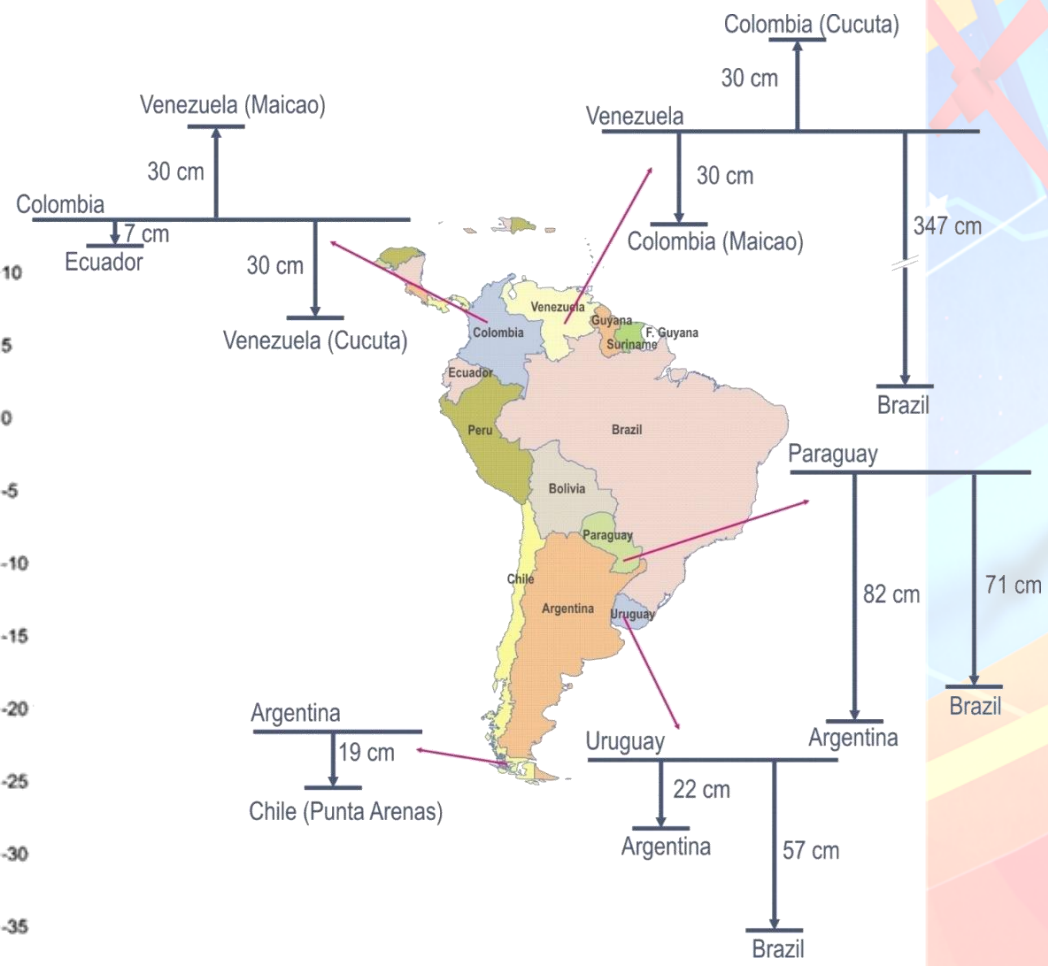
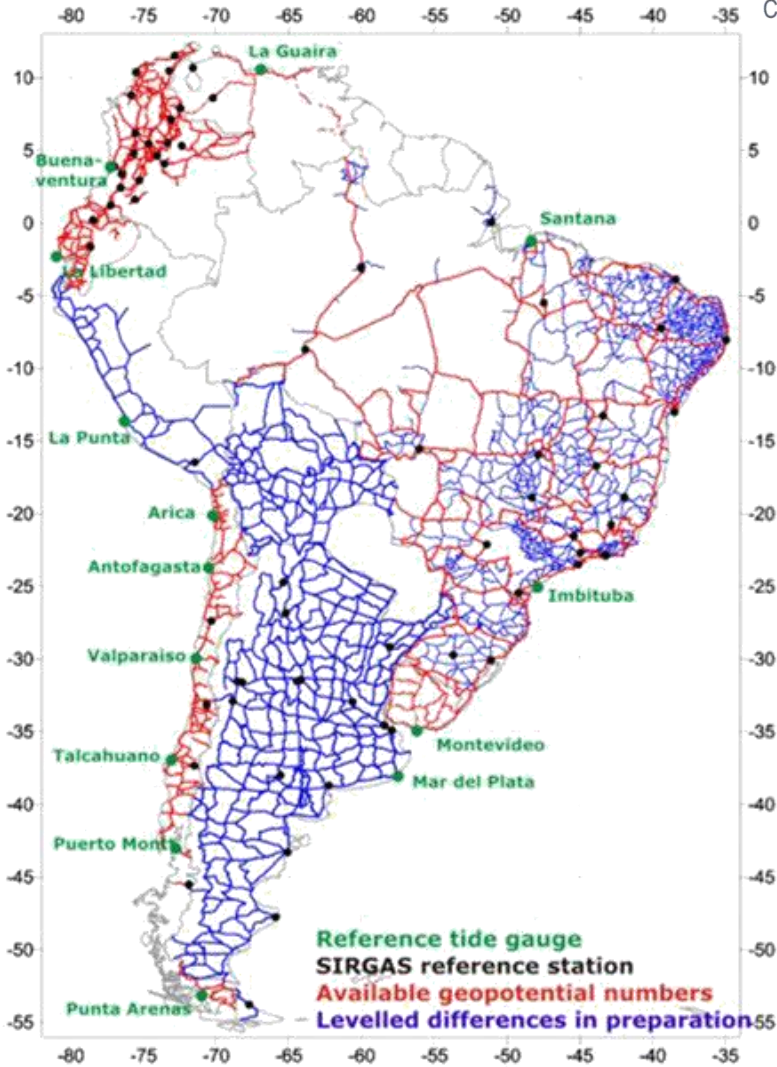


- **Dar cumplimiento a la definición del IHRF.**
- **Establecer el correspondiente marco (IHRF) en la región.**





• **Retos presentados:**

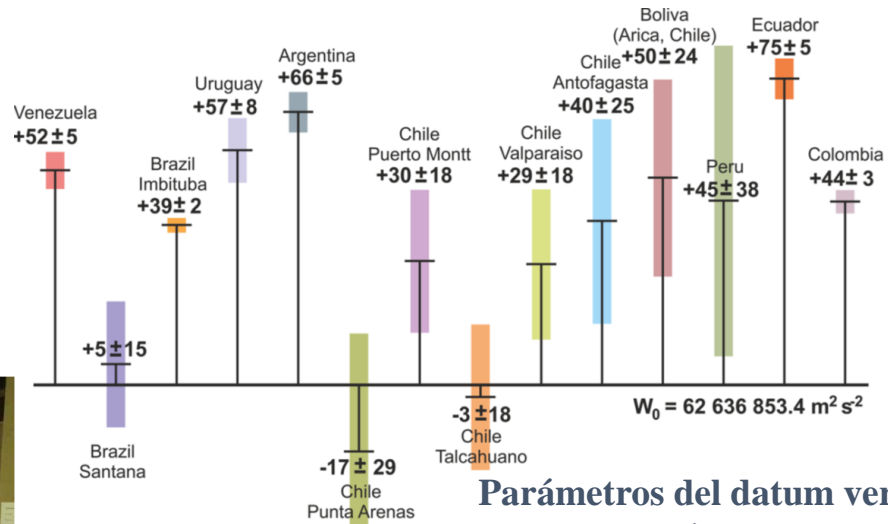
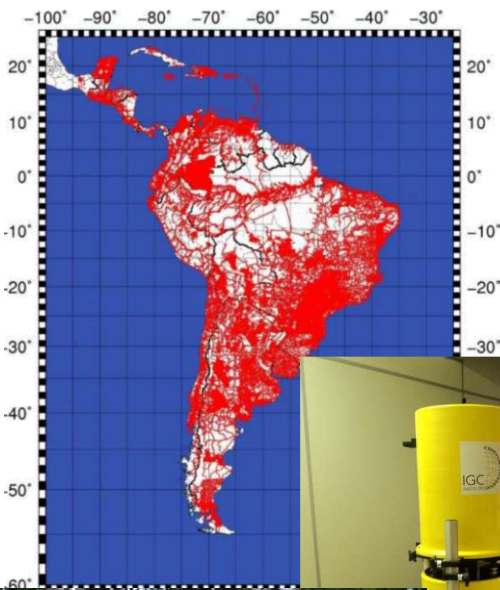


**Todas las acciones las coordina el SIRGAS-GTIII (Datum Vertical)**



- Avances y actividades en desarrollo:

- ajuste continental de las redes verticales en términos de números geopotenciales.
- determinación de un modelo (cuasi)geoidal único para la región.
- transformación/modernización de los sistemas de altura clásicos



Parámetros del datum vertical en cm  $\delta W_{oi}$   
(Sánchez et al., 2017)

- A mediano (largo) plazo:



$$H = h - N$$

$$H^N = h - \zeta$$





# El rol de SIRGAS dentro del GGRF

- La disponibilidad de información geoespacial precisa, autorizada y confiable para apoyar el desarrollo nacional, regional y global, es prioridad de las Naciones Unidas.



## **UN-GGIM**

(United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management)

- Es la información geodésica la capa fundamental de la infraestructura de datos a ser conformada.



## **GGRF como materialización del GGRS**

(Global Geodetic Reference Frame / Global Geodetic Reference System )

- Una representación espacio-temporal de la geometría, campo gravitatorio y orientación terrestre es posible con este marco geodésico único e integral.

- Mediante resolución A/RES/69/266 de febrero de 2015, las Naciones Unidas acuerdan promover la conformación del GGRF.



**Diseño de políticas para el desarrollo sostenible y la detección de los cambios que ocurren en el Sistema Tierra sustentado por información geodésica**

- Se reconoce a la IAG como la organización responsable de sentar las bases científicas del GGRF

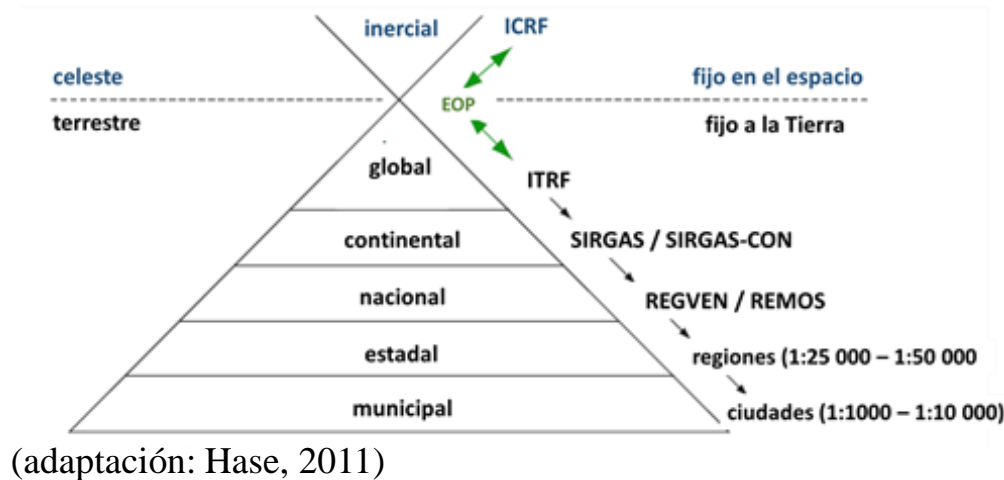


**GGOS**

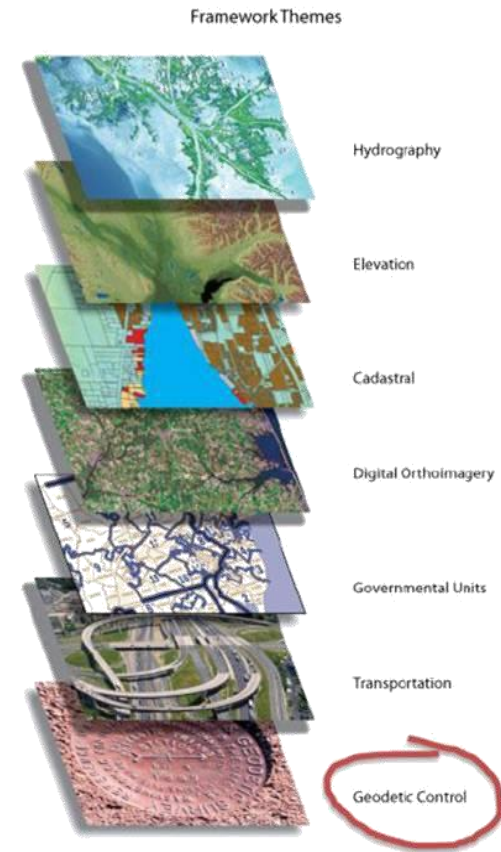
(Global Geodetic Observing System)

- Desde hace 24 años SIRGAS viene impulsando en la región todos los elementos que hoy son considerados para efectos del GGRF
  - **En 2014 SIRGAS es designado como representante de las Américas ante UN-GGIM.**

- SIRGAS garantiza todo proceso que derive en la conformación y mantenimiento de la infraestructura geoespacial del continente.
  - Proporciona en la región un marco de referencia altamente preciso, consistente y estable.
  - Ofrece un elevado volumen de datos geodésicos recolectados en todo el continente.
  - Brinda soporte técnico y científico.



**SIRGAS** {  
 GTI (Sistema de Referencia)  
 GTII (Ámbito Nacional)  
 GTIII (Datum Vertical)

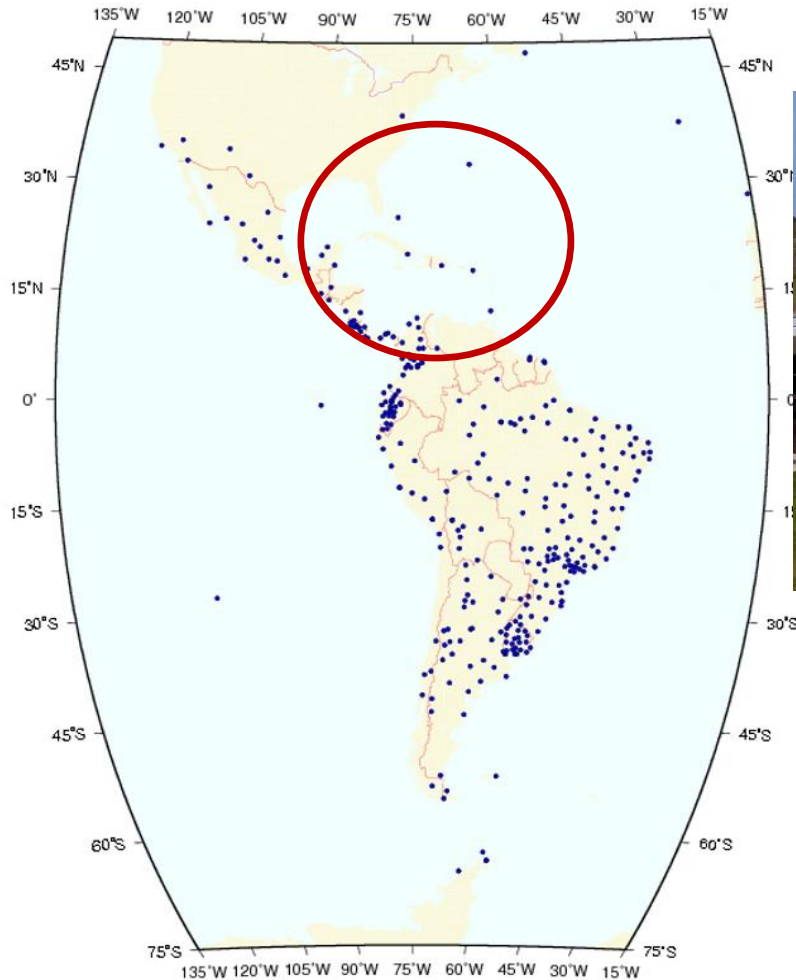




- Debe ser prioritario para los países de la región la instalación y/o adecuación de estaciones GNSS (al menos)

## AGGO

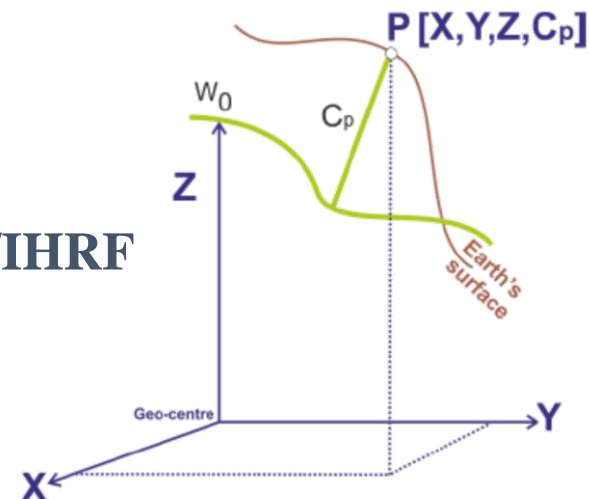
(Argentinian-German Geodetic Observatory)



Situación de la red SIRGAS-CON  
(semana 1952)



IHRS/IHRF





# Comentarios finales

- La demanda actual de datos/información geoespacial confiable y consistente es un factor común para la sociedad globalizada.
- Es la geodesia la disciplina capaz de proveer insumos y herramientas fundamentales para brindarla.
- En Latinoamérica y El Caribe, es SIRGAS la organización que durante las dos últimas décadas ha estado definiendo las bases de la geodesia continental.
- Gracias a la resolución de las Naciones Unidas A/RES/69/266, estos esfuerzos ahora se ven encaminados bajo una perspectiva geopolítica.
- SIRGAS cuenta ahora con mayor representatividad y pertinencia en la región, pues **SIRGAS es el GGRS/GGRF del continente.**

- Mayor información:

*www.sirgas.org*



Home > Home ES BR GB

- Home
- Presentación
- Definición
- Realizaciones
- Red SIRGAS-CON
- VEMOS
- Velocidades
- Redes Nacionales
- Sistema vertical
- Análisis Ionosférico
- SIRGAS-RT
- Grupos de trabajo
- Documentación
- Simposios SIRGAS
- Escuelas SIRGAS
- Sitios de interés
- Sobre la página web
- Sitemap
- Contacto
- Condiciones de uso

## Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas

Subcomisión 1.3b de la IAG  
Grupo de Trabajo de la Comisión de Cartografía del IPGH

### Novedades:

**Simposio SIRGAS2017**

Gracias a la cordial invitación de las Facultades de Ingeniería de la **Universidad Nacional de Cuyo** y de la **Universidad Juan Agustín Maza**, el Simposio **SIRGAS2017** se llevará a cabo en la **Ciudad de Mendoza (Argentina)** del **27 al 29 de noviembre**. Al igual que en oportunidades anteriores, el Simposio SIRGAS2017 cuenta con el respaldo de la **Asociación Internacional de Geodesia (IAG)** y del **Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)**. El propósito central del Simposio SIRGAS2017 es convocar a la comunidad geodésica de las Américas para intercambiar experiencias en los avances actuales y formular nuevos proyectos relacionados con la implementación, mantenimiento y aprovechamiento de la infraestructura geodésica de referencia. Junto con el Simposio se desarrollarán un **Taller en Posicionamiento GNSS en Tiempo Real entre el 22 y el 24 de noviembre** y un **Taller de trabajo sobre SLR en Latinoamérica los días 30 de noviembre y 1 de diciembre**. Mayor información sobre los eventos SIRGAS2017 es proporcionada por el **Comité Organizador Local** en <http://ingenieria.uncuyo.edu.ar/sirgas2017/>.

*<http://ingenieria.uncuyo.edu.ar/sirgas2017>*



*Por su atención...*

*...¡muchas gracias!*