

22 años del IGS RNAAC SIRGAS: IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS



Laura Sánchez

Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI-TUM)
Technische Universität München

Simposio SIRGAS2018
Aguascalientes, México, 09.10.2018

IGS: International GNSS Service



Nace como respuesta al uso y generación no estandarizados de datos GPS a finales de los 1980s e inicios de los 1990s, especialmente en proyectos de geodinámica.

La motivación inicial es la generación de efemérides satelitales precisas, junto con parámetros de orientación terrestre e información de los relojes de los satelites GPS, que sirvieran de apoyo al procesamiento confiable de levantamientos GPS.

1990-03: La Asociación Internacional de Geodesia (IAG) establece un grupo de trabajo para “**explorar la posibilidad de establecer un servicio de GPS**”.

1990-04: El grupo de trabajo se convierte en **Comité de la IAG para la planeación de un servicio GPS** de uso civil.

1992-06/09: **Experimento** de medición y procesamiento de una red GPS distribuida globalmente (20 receptores).

1992-11: Comienza una **prueba piloto** del IGS.

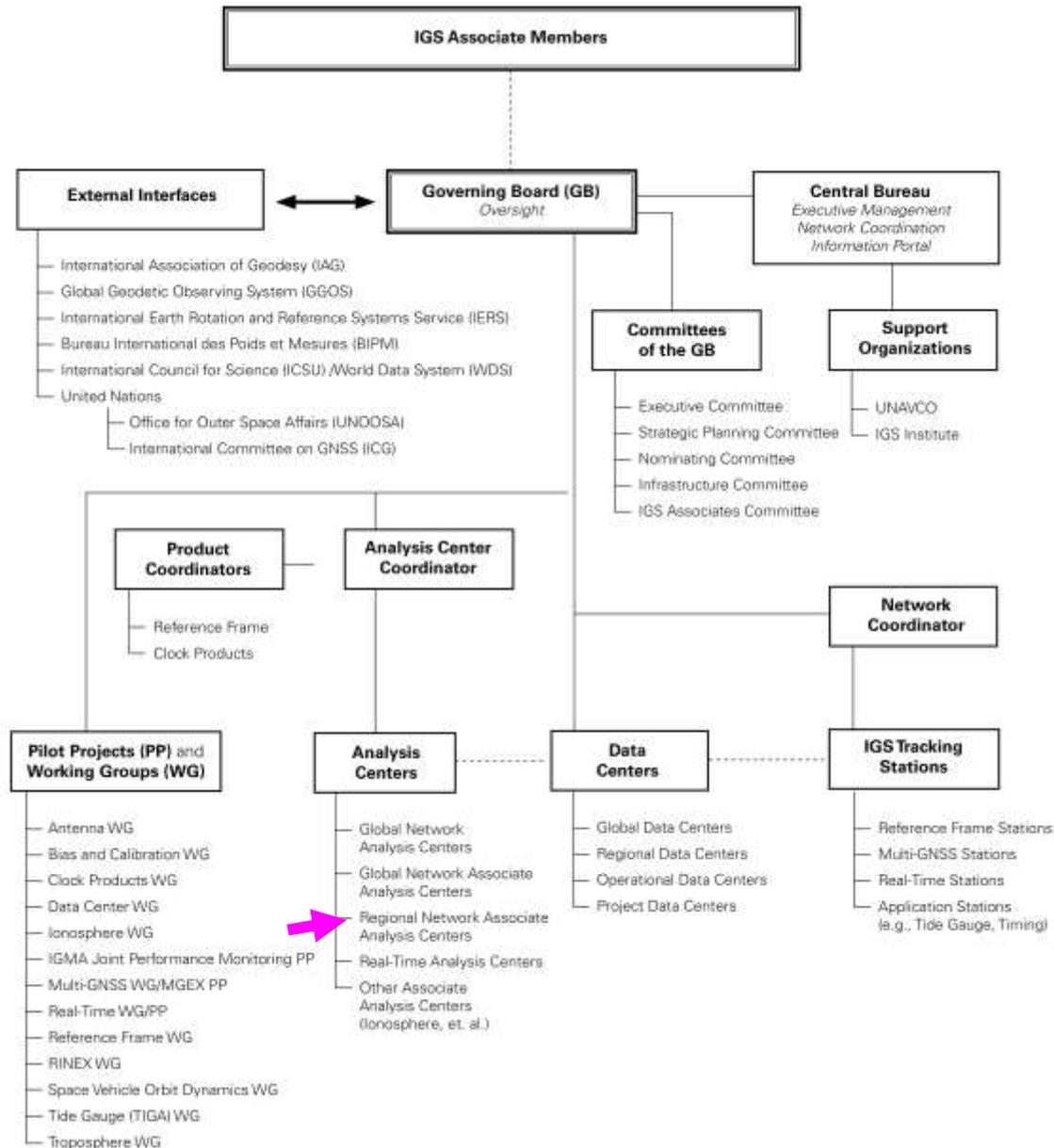
1993-08: La IAG **aprueba** y apoya el establecimiento del IGS dentro de la IAG.

1994-01: Comienza el **funcionamiento** en propiedad del IGS: **International GPS Service for Geodynamics**.

1999-06: Cambia de nombre a **International GPS Service**.

2005-03: Cambia de nombre a **International GNSS Service**.

Estructura actual del IGS www.igs.org



Creación del IGS RNAAC SIRGAS



1996-01: IGS abre una [convocatoria](#) para el establecimiento de centros de análisis asociados a cargo de redes regionales.

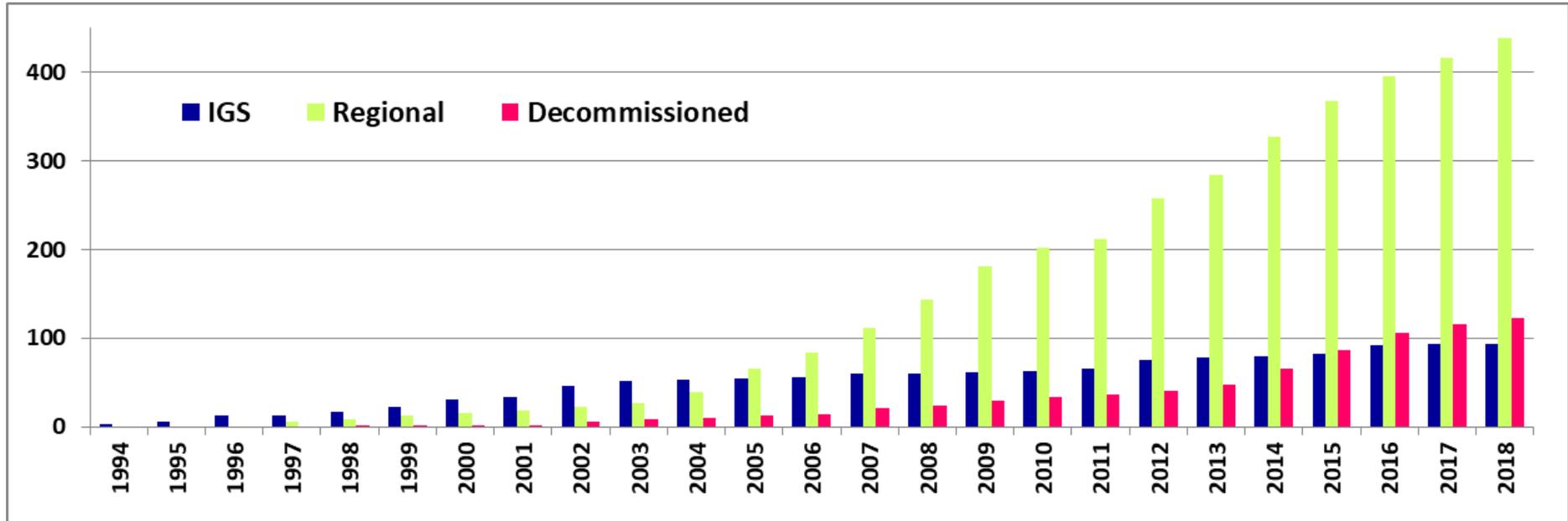
- [DGFI](#) (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut) se postula para la red regional de [América del Sur](#) dado que
 - DGFI (H. Drewes) inicia las actividades necesarias para que se lleve a cabo la reunión fundacional de SIRGAS en Asunción, Paraguay, en 1993
 - Coordina la campaña de medición SIRGAS95 (1995-05)
 - Es uno de los centros de procesamiento de la campaña SIRGAS95 (el otro es la Defense Mapping Agency DMA de Estados Unidos)

1996-06: Se [establece el IGS RNAAC SIRGAS en el DGFI](#) y se dedica inicialmente al [procesamiento semanal](#) de las estaciones GPS de operación continua existentes en América de Sur. A partir de [2000](#) genera rutinariamente una [solución multi-anual](#) (posiciones+velocidades) cada año.

2004-12: Durante la reunión SIRGAS en Aguascalientes, se propone explorar la posibilidad de establecer [centros de procesamiento en los países miembros de SIRGAS](#). Razones:

- A partir de 2005, los países miembros de SIRGAS comienzan a modernizar sus marcos de referencia instalando un número mayor de estaciones GPS de operación continua.

Cantidad de estaciones SIRGAS de operación continua



Centros de procesamiento SIRGAS en América Latina



2004-12: Durante la reunión SIRGAS en Aguascalientes, se propone explorar la posibilidad de establecer **centros de procesamiento en los países miembros de SIRGAS**. Razones:

- A partir de 2005, los países miembros de SIRGAS comienzan a modernizar sus marcos de referencia instalando un número mayor de estaciones GPS de operación continua.
- El Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (**IBGE**) y la Universidad Nacional de La Plata (**UNLP**) vienen acumulando experiencia en el procesamiento preciso de datos GPS con el Software Bernese y el Instituto Geográfico Militar de Argentina (**IGM-Ar**) e Instituto Nacional de Estadística y Geografía (**INEGI**) con el GAMIT/GlobK

2006-08: Taller de trabajo para iniciar el experimento con centros de procesamiento en América Latina y la combinación de sus soluciones

- Centros experimentales de **procesamiento**: **IBGE**, **UNLP**, **INEGI**, **IGM-Ar** e **IGAC** (Instituto Geográfico Agustín Codazzi)
- Centros experimentales de **combinación**: **IBGE**, **UNLP**, **DGFI**
- **DGFI** sigue a cargo del procesamiento de la red, mientras que se consolidan los centros experimentales.

2007-08: Nuevo centro experimental: Centro de Ingeniería Mendoza Argentina (**CIMA**).

Centros de procesamiento SIRGAS en América Latina



2008-08: **Oficialización** de los primeros centros de procesamiento y combinación

- Centros de procesamiento: **IBGE, CIMA, IGAC**
- Centros de combinación: **IBGE, DGFI**
- La red SIRGAS de operación continua se divide en diferentes sub-redes: una continental (a cargo del DGFI), una norte (IGAC), una central (IBGE) y una sur (UNLP).

2009-02: Nuevo centro experimental: Instituto Geográfico Militar, Ecuador (**IGM-Ec**)

2009-04: Nuevo centro experimental: Universidad del Zulia, Venezuela (**LUZ-Ve**)

2009-05: Nuevo centro experimental: Servicio Geográfico Militar, Uruguay (**SGM-Uy**)

2010-01: Oficialización de **IGM-EC, LUZ-Ve, SGM-Uy**

2010-12: Oficialización de **IGM-Ar, INEGI**

2012-01: Nuevo centro experimental: Instituto Geográfico Militar, Chile (**IGM-CI**)

2012-12: **CIMA** se convierte en centro experimental atmosférico (troposfera)

2013-01: Oficialización de **IGM-CI**

2013-01: Nuevo centro experimental: Universidad Nacional, Costa Rica (**UNA-CR**)

2013-10: Nuevo centro experimental: Instituto Geográfico Militar, Bolivia (**IGM-Bo**)

2014-01: Oficialización de **UNA-CR**

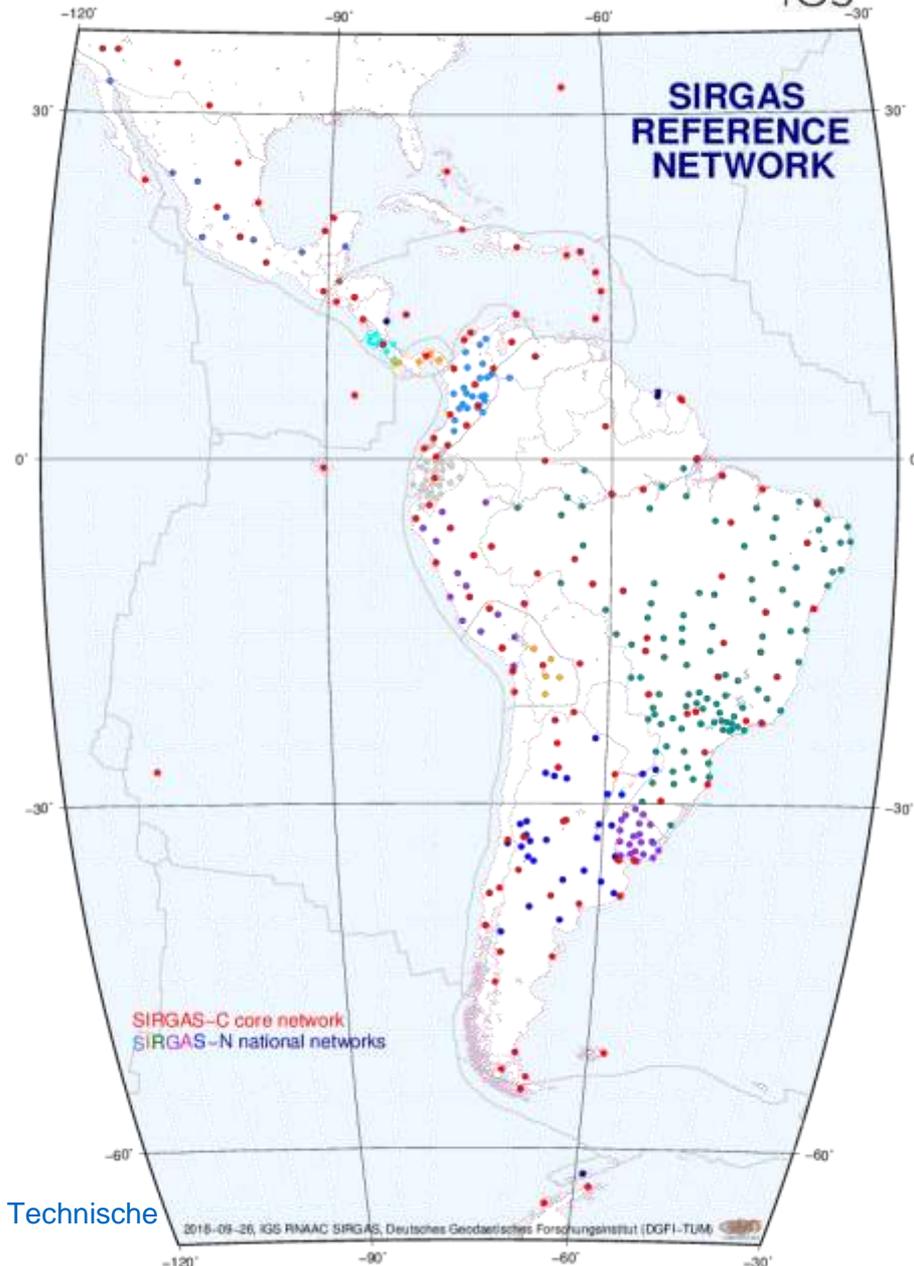
Red SIRGAS de operación continua hoy



411 estaciones en operación

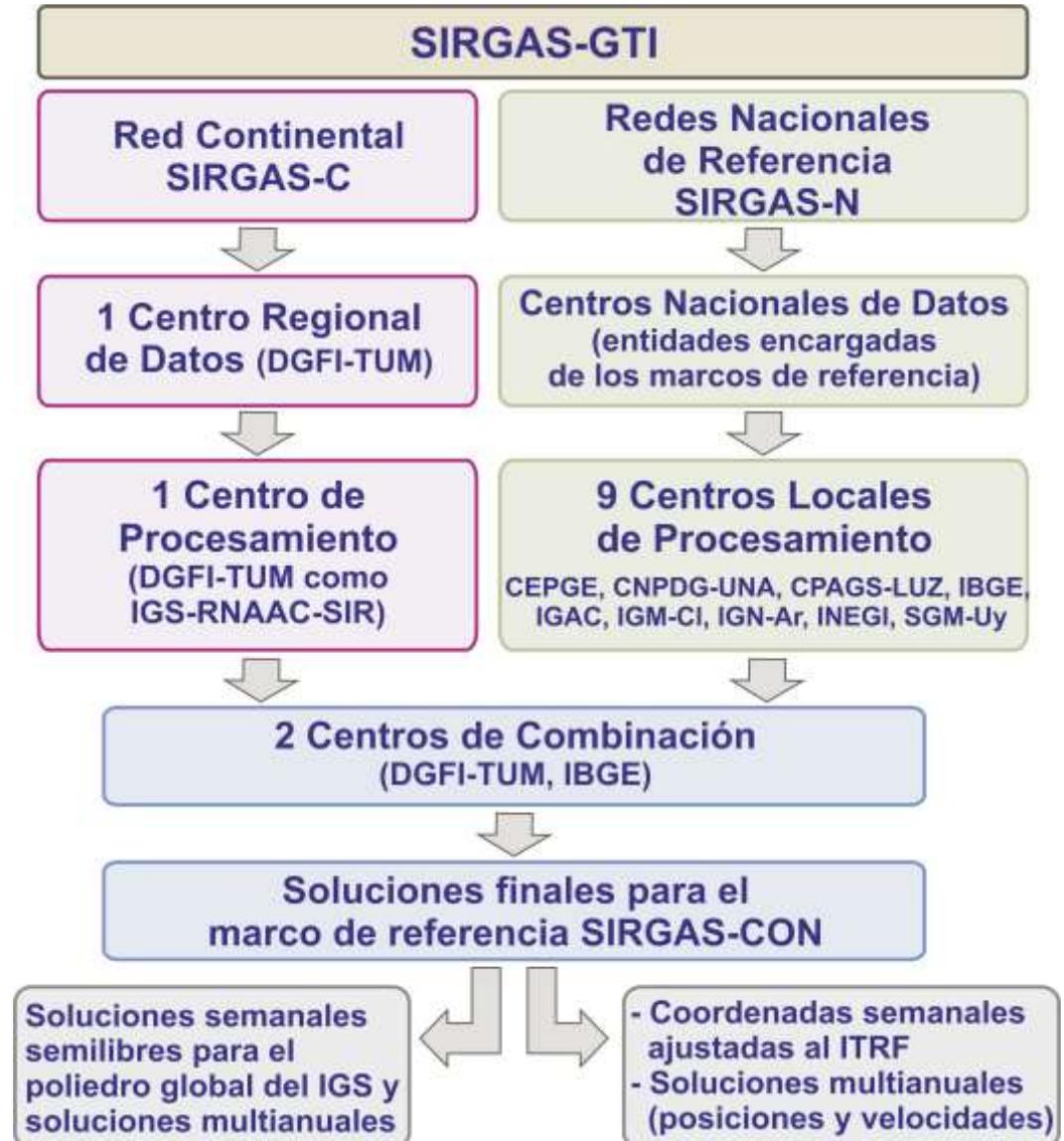
- 144 de la red continental (core)
- 267 regionales
- 67 del IGS
- 339 con GLONASS
- 79 con GALILEO
- 43 con BEIDOU

122 estaciones destruidas (no se muestran en el mapa)



Procesamiento de la red SIRGAS de operación continua

- Cada **estación** es procesada por **tres centros** de cálculo
- Las diez soluciones individuales son combinadas independientemente por **dos centros** de combinación
- La precisión de las soluciones semanales se estima en ± 1.0 mm en N-E y ± 2.8 mm en h
- Más detalles del procesamiento rutinario de la red SIRGAS en los reportes del **SIRGAS-GTI** (Cioce et al.) y del **IBGE** (Costa et al.)



Aporte del IGS RNAAC SIRGAS a la red de referencia SIRGAS



Estaciones GNSS instaladas bajo convenios del DGFI con entidades suramericanas:

1998-02: Maracaibo, Venezuela (cooperación con LUZ); cedida a LUZ en 2008-07

1998-12: Bahía Blanca, Argentina (cooperación con UNLP); cedida al IGN-Ar en 2012-12

1999-11: Rawson, Argentina (cooperación con UNLP); cedida al IGN-Ar en 2011-03

2000-02: Bogotá y Cartagena, Colombia (cooperación con IGAC); cedidas al IGAC en 2005-08

2002-06: Mar del Plata, Argentina (cooperación con UNLP); cedida al IGN-Ar en 2008-02

2005-05: Puerto Deseado, Argentina (cooperación con UNLP); discontinuada en 2007-07

2009-07: El Callao e Iquitos, Perú (cooperación con IGN-Pe); discontinuadas en 2018-04

2010-04: Angol, Chile (cooperación con CSN e IGM-CI)

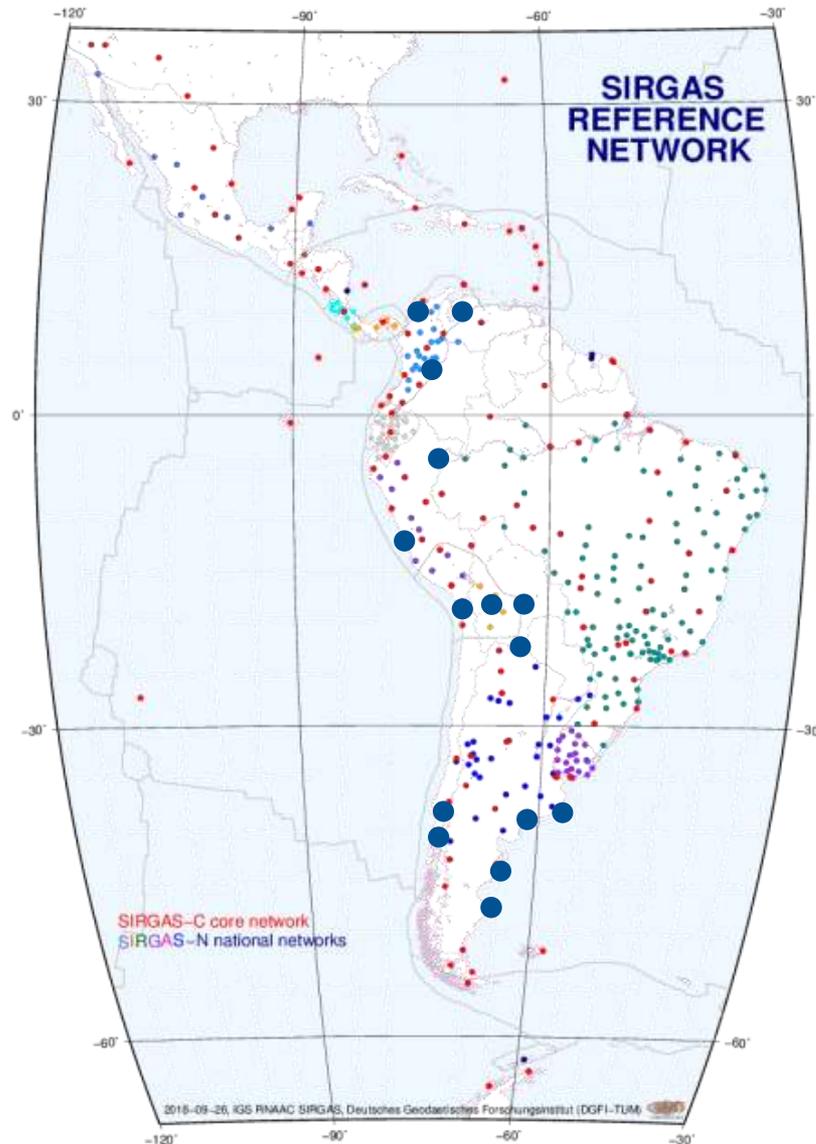
2011-05: Oruro y Yacuiba, Bolivia (cooperación con IGM-Bo)

2011-09: Arica, Chile (cooperación con CSN e IGM-CI)

2012-01: Osorno, Chile (cooperación con CSN e IGM-CI)

2012-11: Santa Cruz de la Sierra, Bolivia (cooperación con IGM-Bo)

Aporte del IGS RNAAC SIRGAS a la red de referencia SIRGAS



- Estaciones aportadas por el DGFI (IGS RNAAC SIRGAS) a la red de referencia SIRGAS

Aporte del IGS RNAAC SIRGAS al establecimiento de centros de procesamiento en los países miembros de SIRGAS



2006-02: DGFI firma un convenio de cooperación con la Universidad de Berna (creador y propietario del Software Bernese) para

- Facilitar que entidades latinoamericanas conozcan y se entrenen en el procesamiento de alta precisión de datos GNSS
- Las entidades que se involucren en el acuerdo, pueden utilizar durante dos años el Software Bernese de manera gratuita
- Después de los dos años, las entidades latinoamericanas tienen la posibilidad de adquirir una licencia científica del software (50% de descuento), o sencillamente dejar de utilizar el software
- La capacitación y asesoría queda a cargo del DGFI (IGS RNAAC SIRGAS)

2006-08: IGAC, Bogotá, Colombia (capacitación y licencia del Bernese)

2008-11: IGM-Ec, Quito, Ecuador (capacitación y licencia del Bernese)

2009-09: SGM-Uy, Montevideo, Uruguay (capacitación y licencia del Bernese)

2011-09: IGM-CI, Santiago de Chile, Chile (solo capacitación)

2012-12: UNA-CR, Heredia, Costa Rica (capacitación y licencia del Bernese)

2013-05: IGM-Bo, La Paz, Bolivia (capacitación y licencia del Bernese)

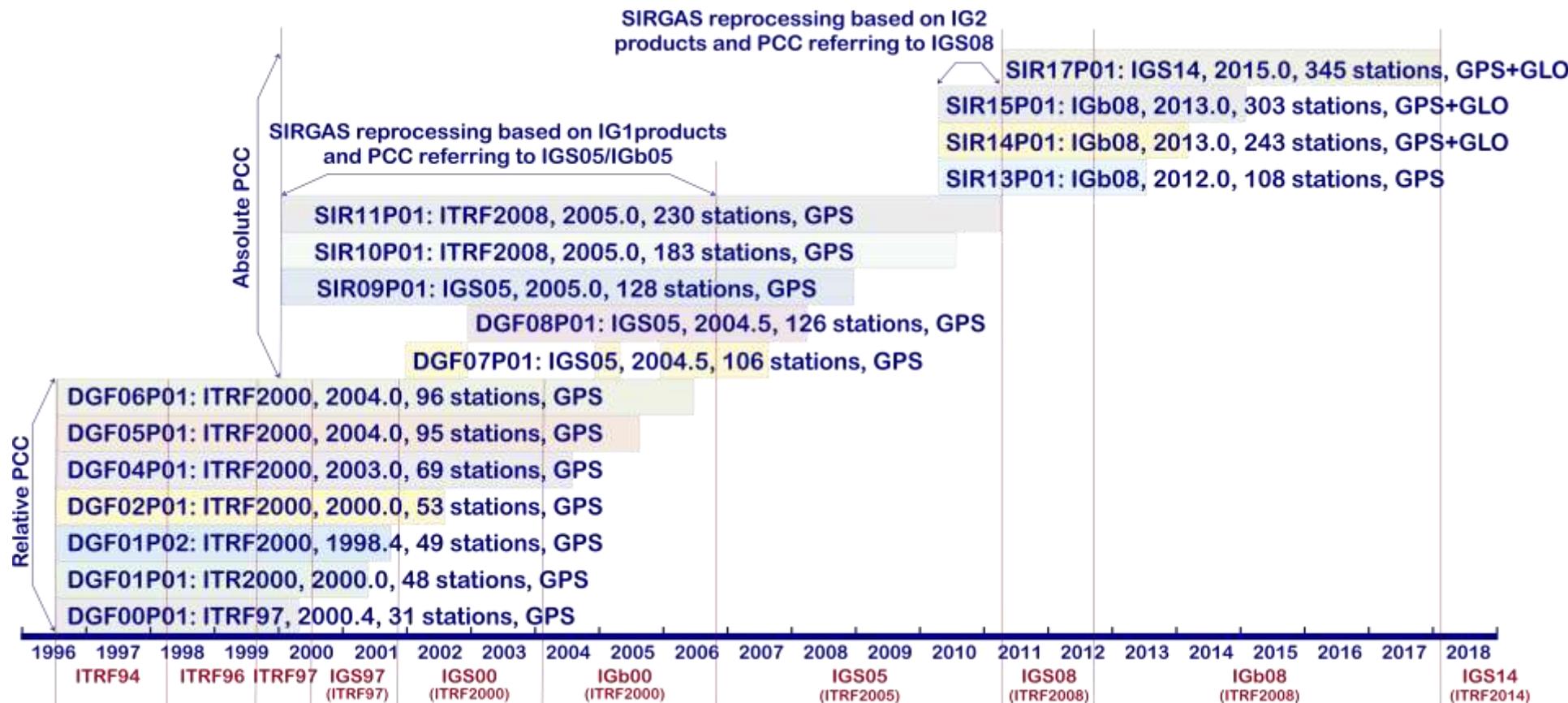
2014-01: LUZ, Maracaibo, Venezuela (solo el uso de la licencia del Bernese)

Aporte del IGS RNAAC SIRGAS a la realización matemática del marco de referencia: **soluciones multi-anales**

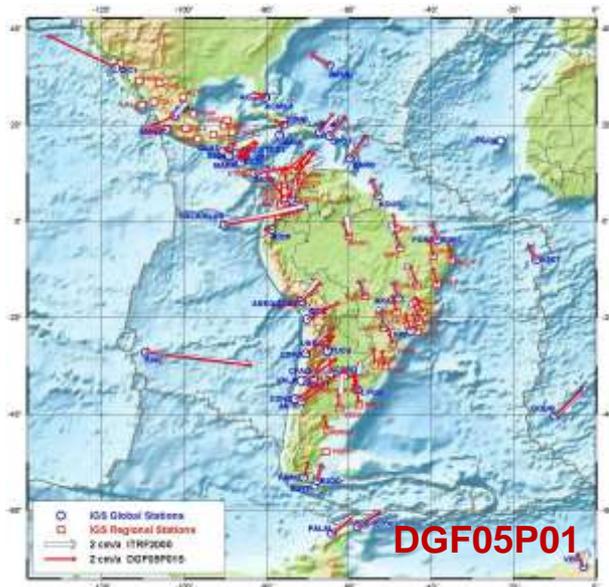
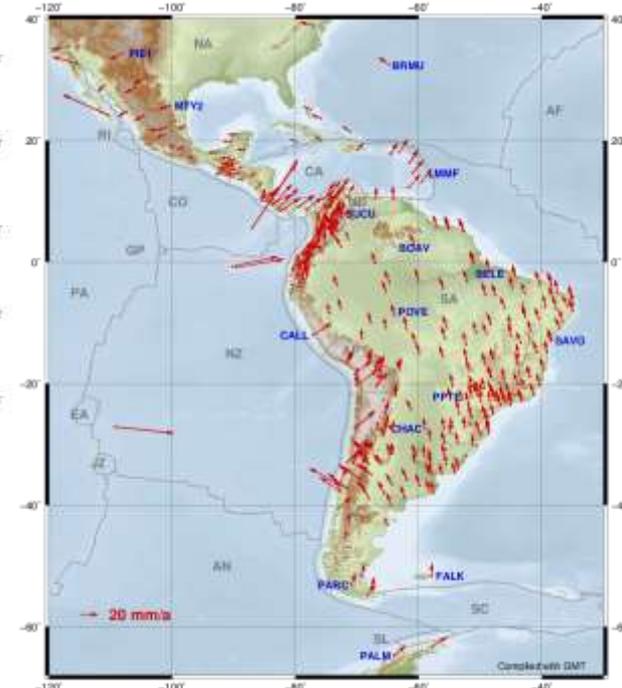
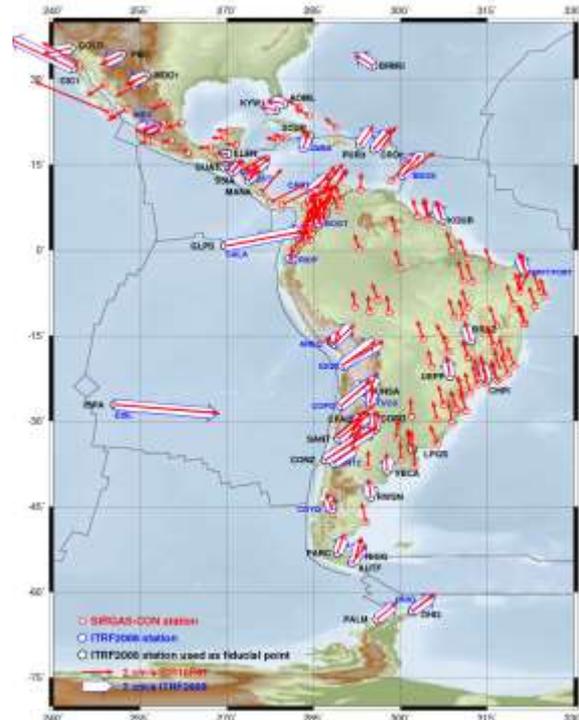


- Proporcionan **posiciones y velocidades** para las estaciones de referencia SIRGAS que acumulen **más de dos años** de operación.
- Permiten el **mantenimiento del marco de referencia** mientras que la última solución del ITRF es actualizada y una nueva versión es publicada.
- Mientras que las versiones del **ITRF** son actualizadas más o menos **cada cinco años**, las **soluciones multianuales de SIRGAS se generan cada uno o dos años**.
- Esta frecuencia es especialmente útil para considerar posibles **deformaciones** del marco de referencia **causadas por efectos sísmicos que usualmente hacen inservibles las coordenadas ITRF** en la region.
- A fin de garantizar la confiabilidad del marco de referencia SIRGAS, las **mediciones GNSS históricas de la red son reprocesadas ocasionalmente** para aplicar nuevos modelos y estándares de análisis según lo indiquen el IGS y el IERS (International Earth Rotation and Reference Systems' Service)

Aporte del IGS RNAAC SIRGAS a la realización matemática del marco de referencia: **soluciones multi-anales**



Aporte del IGS RNAAC SIRGAS a la realización matemática del marco de referencia: **soluciones multi-anales**



Aporte del IGS RNAAC SIRGAS al **mantenimiento** del marco de referencia SIRGAS



- El procesamiento preciso de datos GNSS requiere que las **coordenadas de las estaciones de referencia** estén dadas en la misma **época** en que se adelanta la medición y que estén asociadas al mismo marco de **referencia de las órbitas** satelitales.
- Si la estación base en un levantamiento dado no es de operación continua (es decir que sus coordenadas semanales no están disponibles), es necesario **trasladar las coordenadas** de referencia a la época de observación utilizando las llamadas **velocidades**.
- Se espera que dichas velocidades se obtengan de **levantamientos GNSS continuos o repetitivos** que cubran un periodo mínimo de dos años.
- Si esto no es posible, las velocidades pueden extraerse de un **modelo de velocidades o de deformación**.
- Consecuentemente, con base en las soluciones multi-anales del marco de referencia SIRGAS, DGFI (IGS RNAAC SIRGAS) actualiza regularmente el **modelo de velocidades VEMOS**.

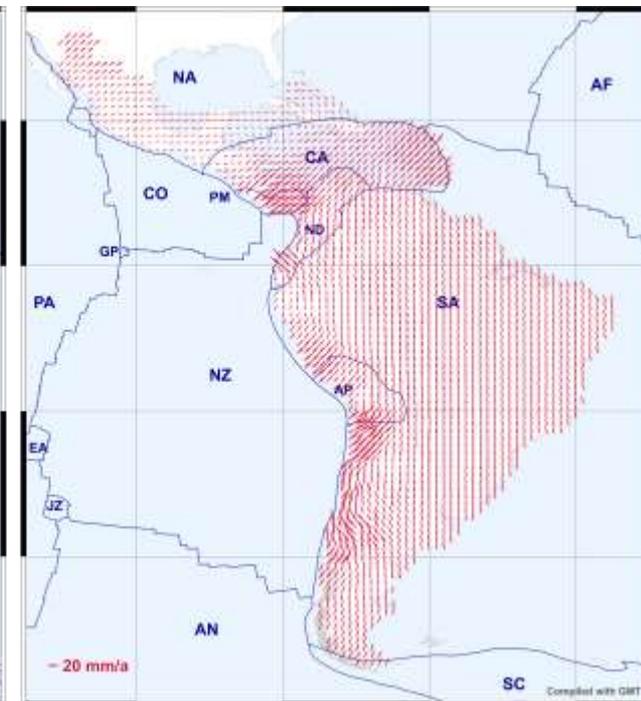
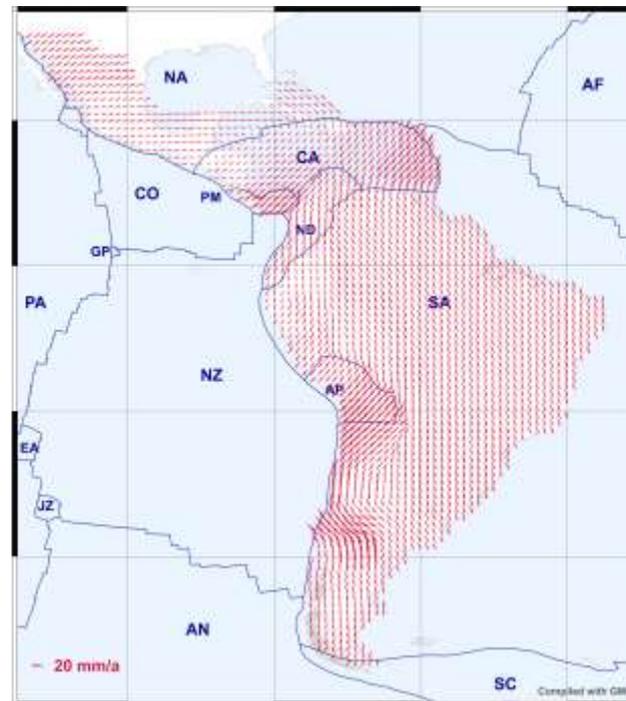
Aporte del IGS RNAAC SIRGAS al **mantenimiento** del marco de referencia SIRGAS



VEMOS2009 (ITRF)
[2000.0 ... 2009.6]

VEMOS2015 (ITRF)
[2010.2 (2012.2) ... 2015.2]

VEMOS2017 (ITRF)
[2014.0 ... 2017.1]



Aporte del IGS RNAAC SIRGAS a la divulgación de las actividades y productos del marco de referencia SIRGAS



- **2006-08:** Con el establecimiento de los primeros centros de procesamiento experimentales, el DGFI (IG RNAAC SIRGAS) crea un servicio automatizado de correo electrónico para intercambiar información asociada a las estaciones del marco de referencia y su análisis: [SIRGAS Mail <sirgas-mail.dgfi@tum.de>](mailto:sirgas-mail.dgfi@tum.de).
- **2006-08:** Paralelamente, el IGS RNAAC SIRGAS dispone de un servidor FTP para la carga de las soluciones semanales generadas por los centros experimentales y para la publicación de las soluciones/combinaciones semanales y las soluciones multianuales: <ftp.sirgas.org>
- **2007-07:** Cambio de autoridades SIRGAS. La vicepresidencia está cargo de la página web de SIRGAS. La página existente es trasladada del IGM-Ar (E. Lauría) al DGFI (L. Sánchez). DGFI (IGS RNAAC SIRGAS) adquiere el dominio www.sirgas.org, extiende el contenido de la web y la publica en [español](#) en [inglés](#).
- **2017-10:** Se publica la versión completa en [portugués](#) de la web, gracias al trabajo de traducción de [Wagner Carrupt Machado](#) y [Gabriel do Nascimento Guimarães](#) de la Universidade Federal de Uberlândia.

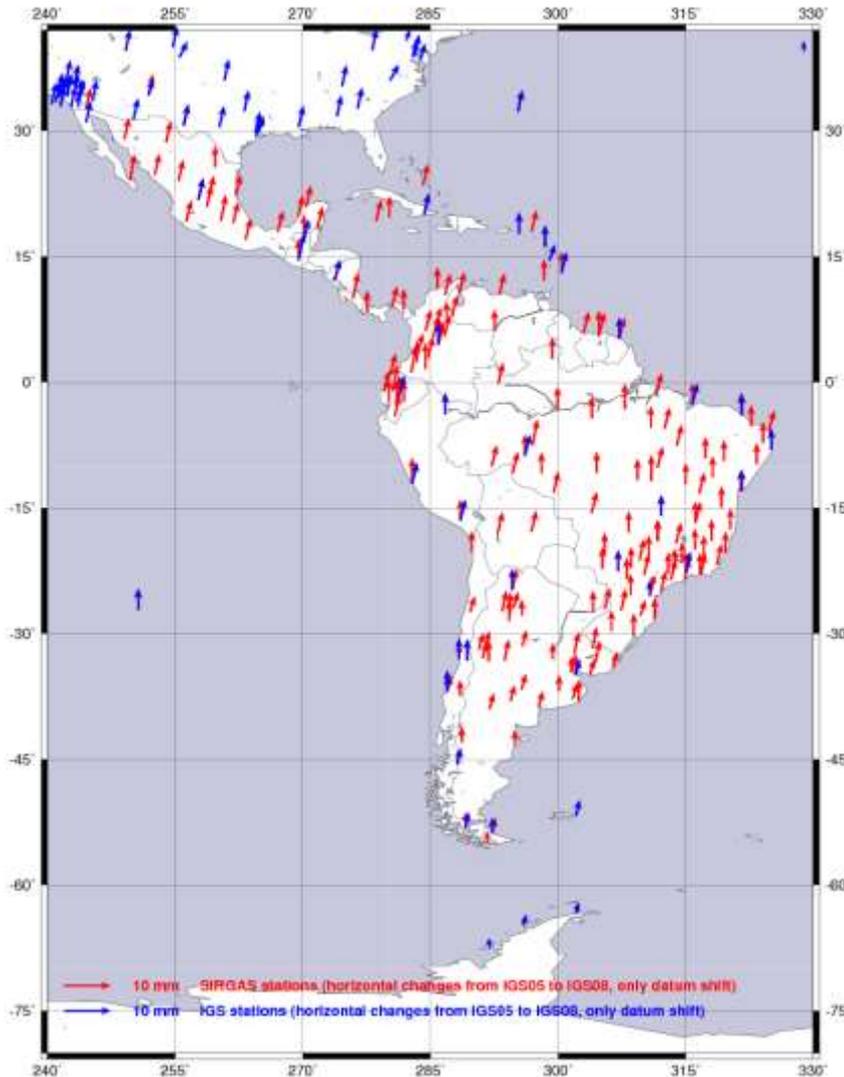
Actividades actuales del IGS RNAAC SIRGAS



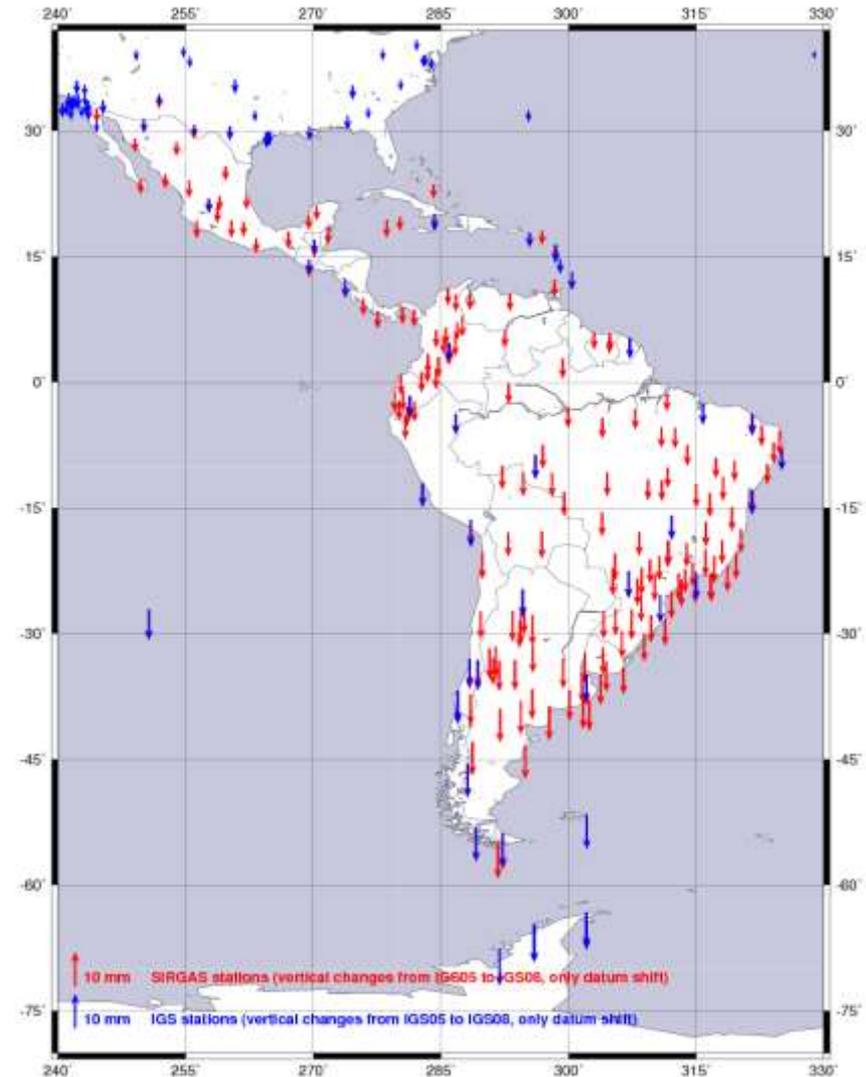
- 1) Procesamiento rutinario de la red continental (SIRGAS-C)
- 2) Combinación rutinaria de las soluciones individuales generadas por los Centros de Procesamiento SIRGAS
- 3) Administración y mantenimiento de SIRGAS Mail, <ftp.sirgas.org> y www.sirgas.org
- 4) Preparación del reprocesamiento con base en el ITRF2014 (IGS14)
 - Las soluciones semanales utilizadas en el cálculo de las soluciones multianuales se refieren a diferentes marcos de referencia:
 - ITRF2005 (IGS05): 2000-01-02 a 2011-04-15
 - ITRF2008 (IGS08/IGb08): 2011-04-17 a 2017-01-28
 - ITRF2014 (IGS14): desde 2017-01-29
 - El cambio de marco de referencia en el procesamiento de datos GNSS genera saltos artificiales en las series de tiempo de las coordenadas

Cambios causados por el cambio del ITRF2005 al ITRF2008

Horizontal

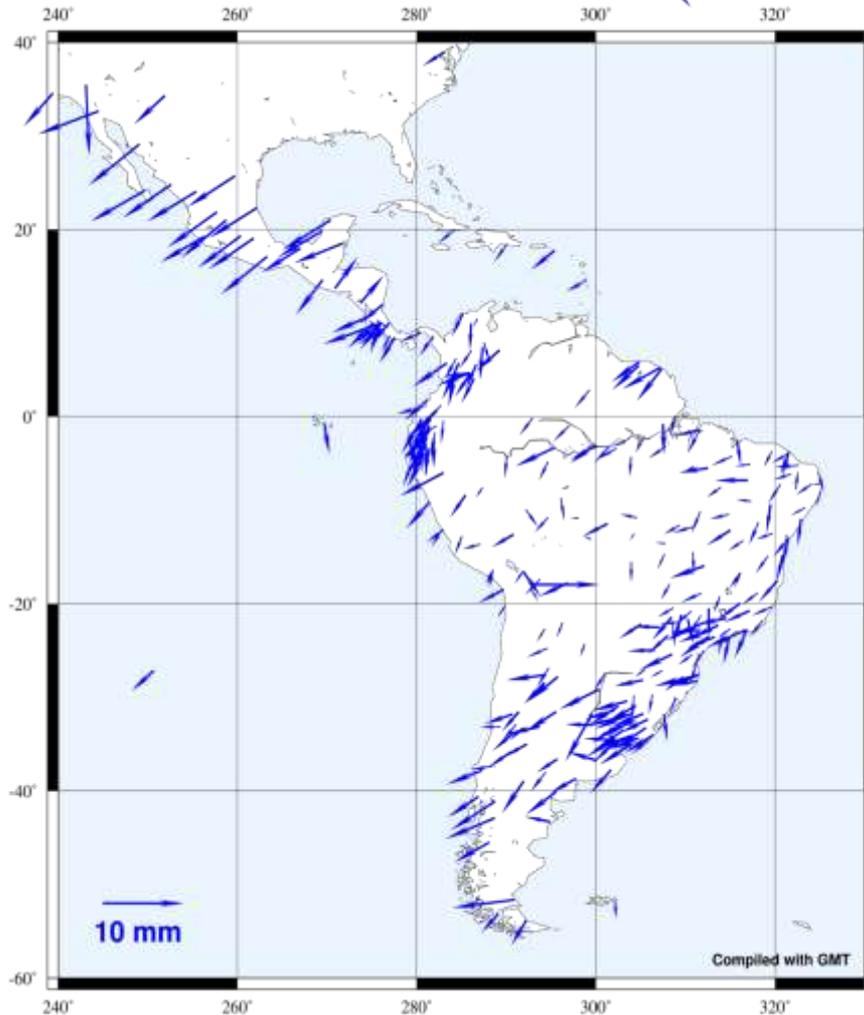


Vertical

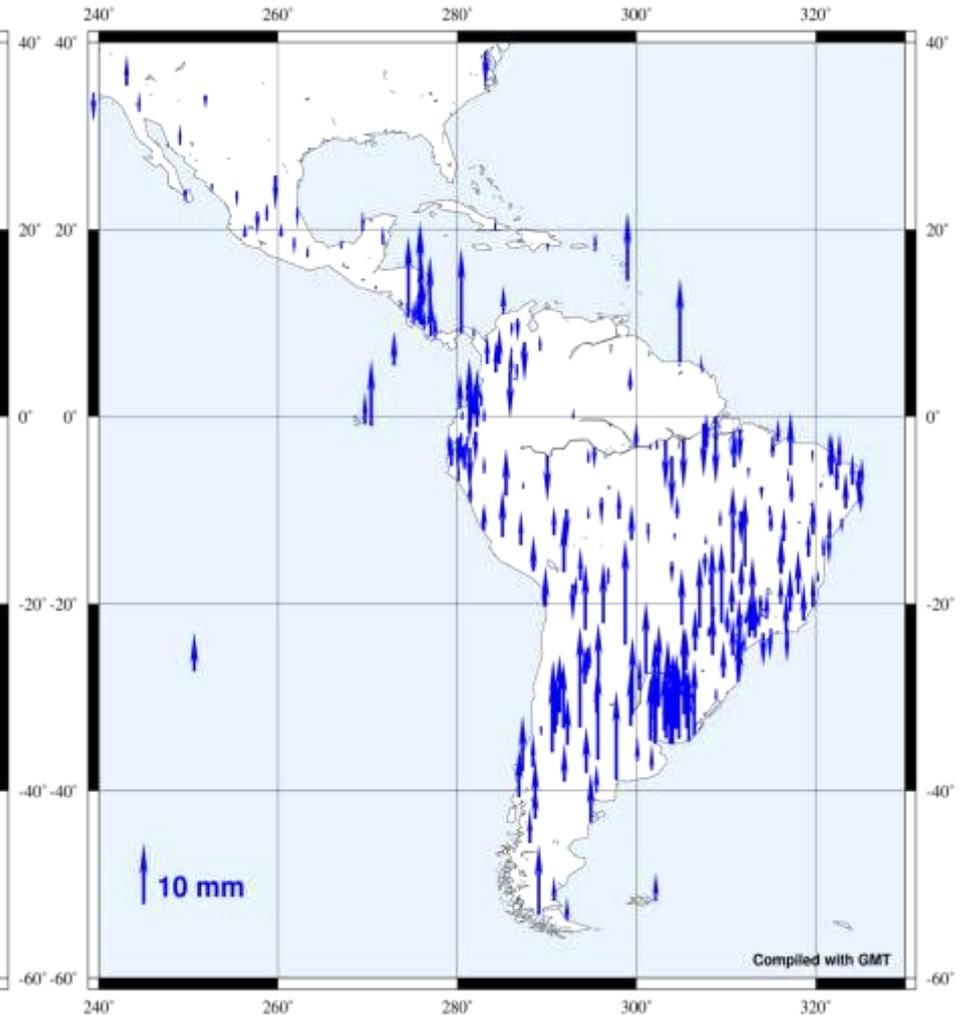


Cambios causados por el cambio del ITRF2008 al ITRF2014

Horizontal



Vertical



Actividades actuales del IGS RNAAC SIRGAS



- 1) Procesamiento rutinario de la red continental (SIRGAS-C)
- 2) Combinación rutinaria de las soluciones individuales generadas por los Centros de Procesamiento SIRGAS
- 3) Mantenimiento y actualización de la página web de SIRGAS, del servidor FTP de SIRGAS y de la lista de correos SirMAIL.
- 4) Preparación del reprocesamiento con base en el ITRF2014 (IGS14)
 - Las soluciones semanales utilizadas en el cálculo de las soluciones multianuales se refieren a diferentes marcos de referencia:
 - ITRF2005 (IGS05): 2000-01-02 a 2011-04-15
 - ITRF2008 (IGS08/IGb08): 2011-04-17 a 2017-01-28
 - ITRF2014 (IGS14): desde 2017-01-29
 - El cambio de marco de referencia en el procesamiento de datos GNSS genera saltos artificiales en las series de tiempo de las coordenadas
 - Para garantizar en SIRGAS la consistencia esperada de un marco de referencia, es necesario reprocesar todas las soluciones semanales desde que existen mediciones GNSS continuas en la región SIRGAS (1997).

Preparación del ITRF2020 y reprocesamiento del IGS



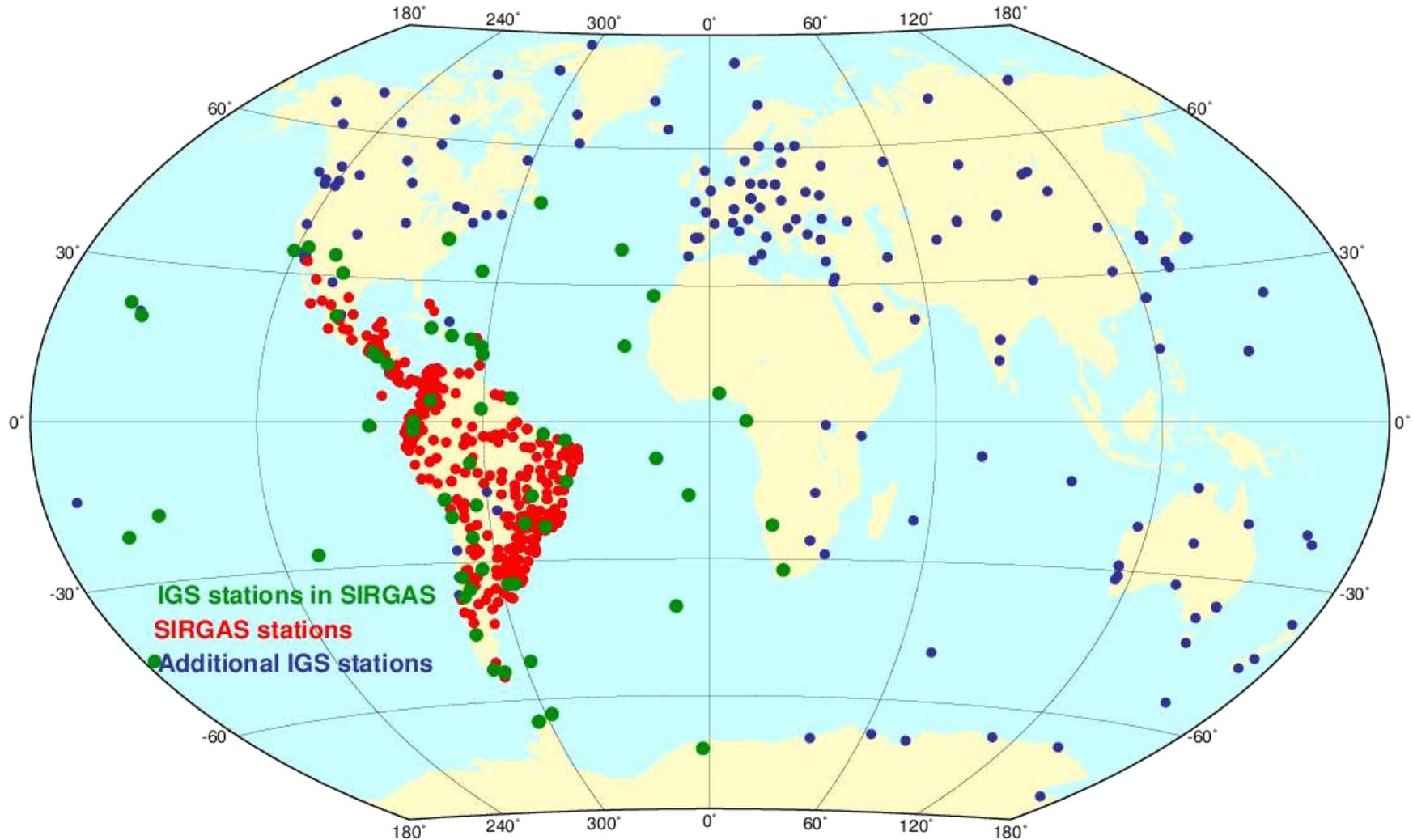
- El IERS planea una nueva versión del ITRF para 2020 ([ITRF2020](#)).
- Esta versión incluirá mediciones hasta [2020-12](#).
- Los centros de procesamiento del IGS están actualizando/modificando sus estrategias de cálculo para cumplir con los estándares del IERS.
- Se planea el reprocesamiento de toda la red global desde [1994-01](#) con los estándares actualizados.
- Se espera que el reprocesamiento inicie en [2020-01](#). La contribución del IGS al nuevo ITRF estaría lista en [2020-06](#) (si no se presentan inconvenientes).
- El IERS debe combinar la solución aportada por el IGS con las soluciones de las otras técnicas VLBI, SLR y DORIS.
- Normalmente, la combinación y la evaluación de los resultados dura entre [uno y dos años](#).
- Ello significa que los [productos IGS en ITRF2014](#) estarían disponibles a [finales de 2022 o comienzos de 2023](#) e inmediatamente después se empezará a trabajar con el [ITRF2020](#).
- SIRGAS tuvo la intención de reprocesar la red en ITRF2008, pero dada la demora en la generación de los productos del IGS en ese marco de referencia, finalmente nunca se inició ese reprocesamiento y se decidió esperar al ITRF2014.

Actividades actuales del IGS RNAAC SIRGAS



- 3) Preparación del reprocesamiento con base en el ITRF2014 (IGS14): [trabajo conjunto con la presidencia del SIRGAS-GTI \(Víctor Cioco\)](#)
- Inventario de los RINEX existentes generados por las estaciones SIRGAS desde 1997.
 - Inventario de estaciones SIRGAS descontinuadas con menos de dos años de mediciones (para excluirlas del reprocesamiento).
 - Revisión de los metadatos (log files) de las estaciones SIRGAS.
 - Evaluación de los efectos causados por el uso de diferentes órbitas satelitales en el reprocesamiento:
 - Órbitas del IGS en el IGS08/IGb08,
 - Órbitas reprocesadas por CODE (Center for Orbit Determination in Europe): en el IGS08/IGb08, pero basadas en la combinación estricta de GPS+GLONASS y nuevo modelo del *solar radiation pressure*.
 - Órbitas JPS (en ITRF2014, solo GPS).
 - Configuración de procesamiento en *clusters* para disminuir tiempo de cálculo.
 - Experimento piloto de reprocesamiento desde [2018-08](#).

Actividades actuales del IGS RNAAC SIRGAS reprocesamiento



In memoriam: Wolfgang Seemüller (Reunión SIRGAS2004, Aguascalientes)

