

# SIRGAS2022: Reference frame solution based on the homogeneous reprocessing of the SIRGAS historical data since January 2000

Laura Sánchez ([lm.sanchez@tum.de](mailto:lm.sanchez@tum.de)), Hermann Drewes, Alexander Kehm, Manuela Seitz

Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Technische Universität München (DGFI-TUM)  
International GNSS Service Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIRGAS)

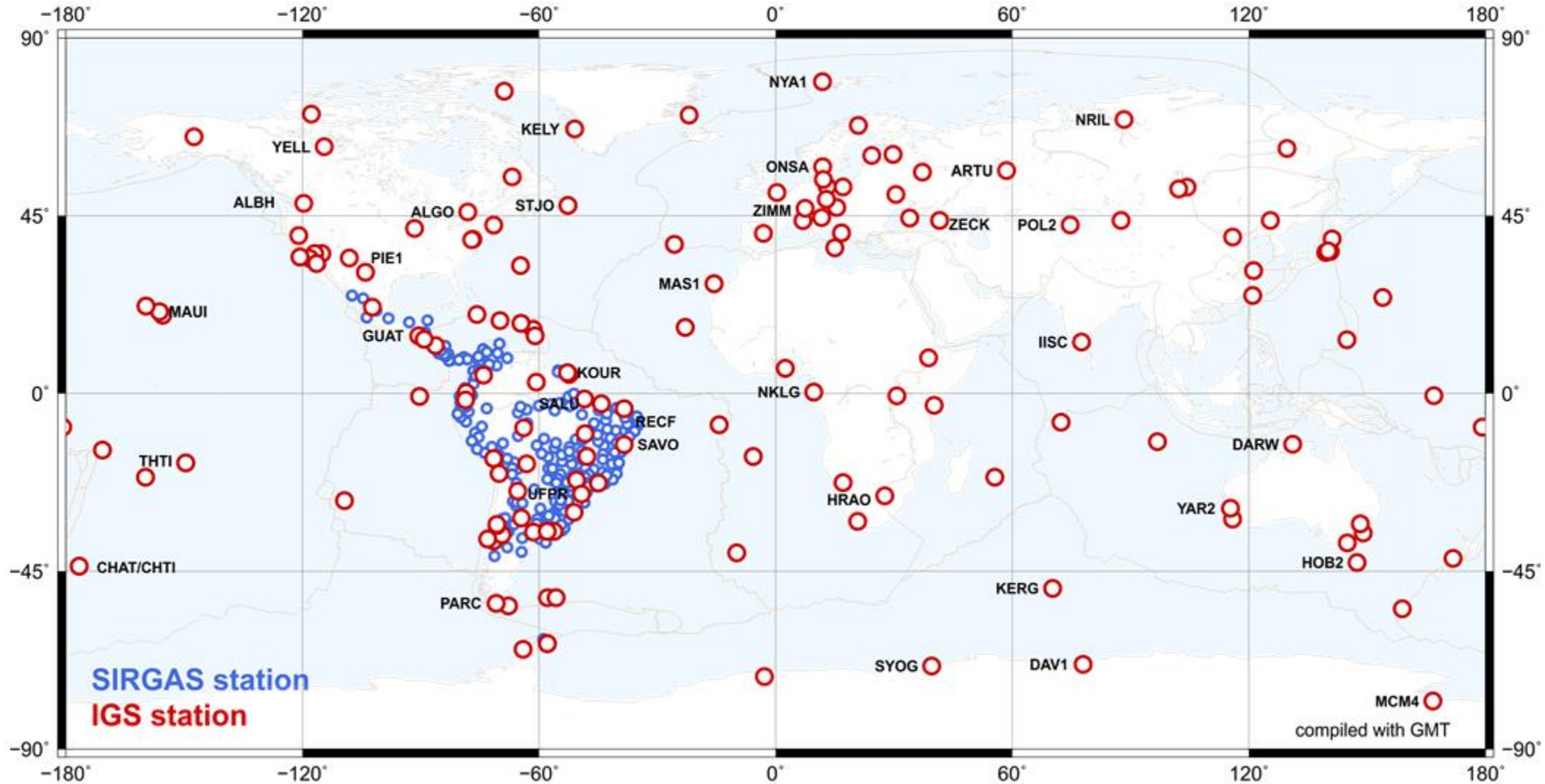
# Introducción

- A fin de asegurar la **estabilidad y confiabilidad del marco de referencia a largo plazo**, es necesario generar resultados consistentes a lo largo de todo el tiempo mediante el reprocesamiento de la red de referencia utilizando una **única estrategia de análisis y un único marco de referencia**.
- El primer reprocesamiento de SIRGAS (**SIRGAS-Repro1**) se llevó a cabo en 2010 para considerar correcciones absolutas a las variaciones del centro de fase de las antenas GNSS y referir los resultados al marco de referencia IGS05. Datos reprocesados: **02-01-2000 a 04-11-2006**.

## Objetivos

- Reprocesamiento de los datos GNSS diarios de **SIRGAS** entre **02-01-2000 y 02-01-2021** utilizando los mismos estándares de análisis y el mismo **marco de referencia (IGS14/IGb14)** → **SIRGAS-Repro2**.
- **Evaluación de la calidad** (y depuración) de los datos SIRGAS.
- Procesamiento de la red SIRGAS junto con una red global de estaciones GNSS para **evaluar la realización geocéntrica** del marco de referencia regional y posibles efectos en las series de tiempo (apoyo a aplicaciones geofísicas y climáticas).
- Investigación sobre la **combinación de la red regional SIRGAS con mediciones SLR y VLBI** a fin de integrar estas técnicas en la determinación de marcos de referencia regionales.

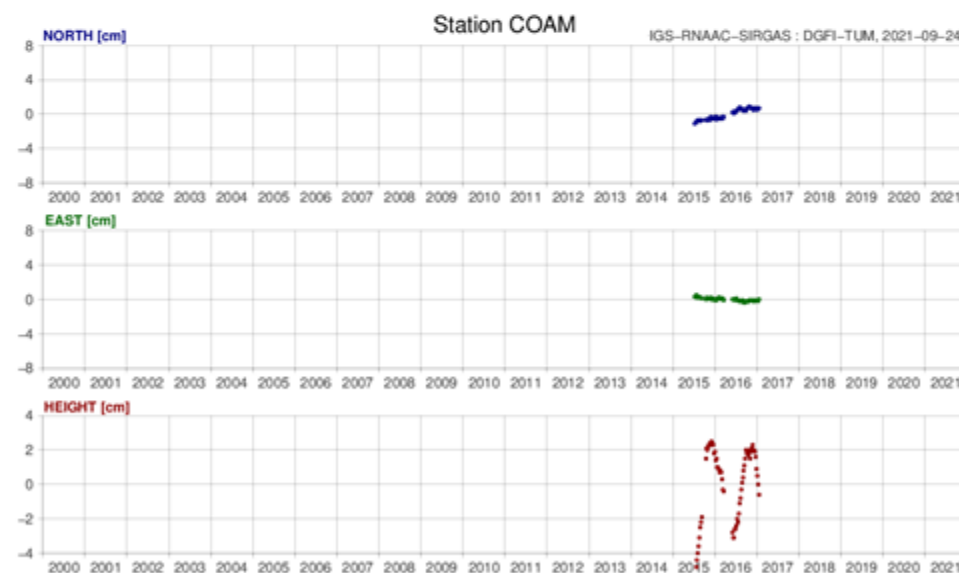
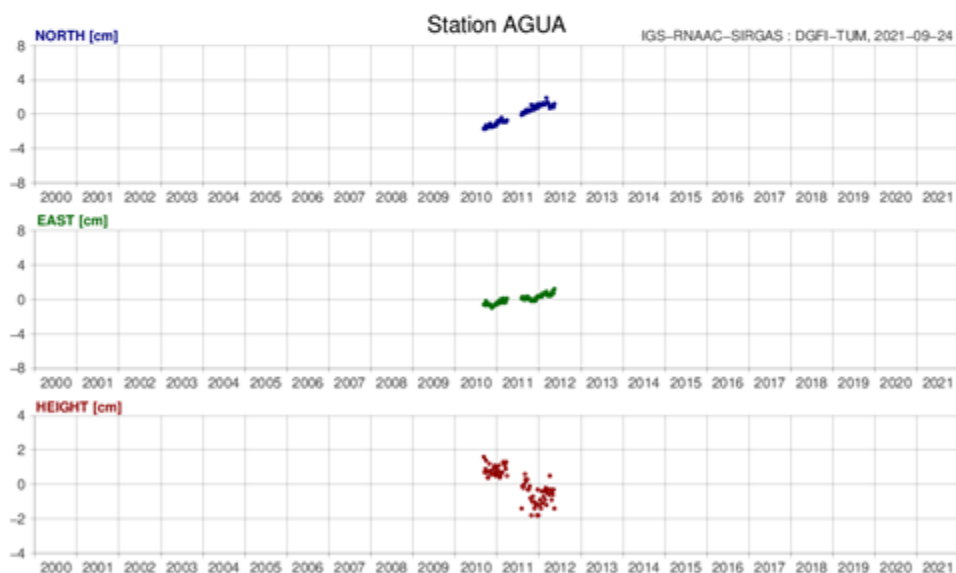
# Red procesada en el SIRGAS-Repro2



# Preparación datos de entrada

En coordinación con el Grupo de Trabajo I de SIRGAS

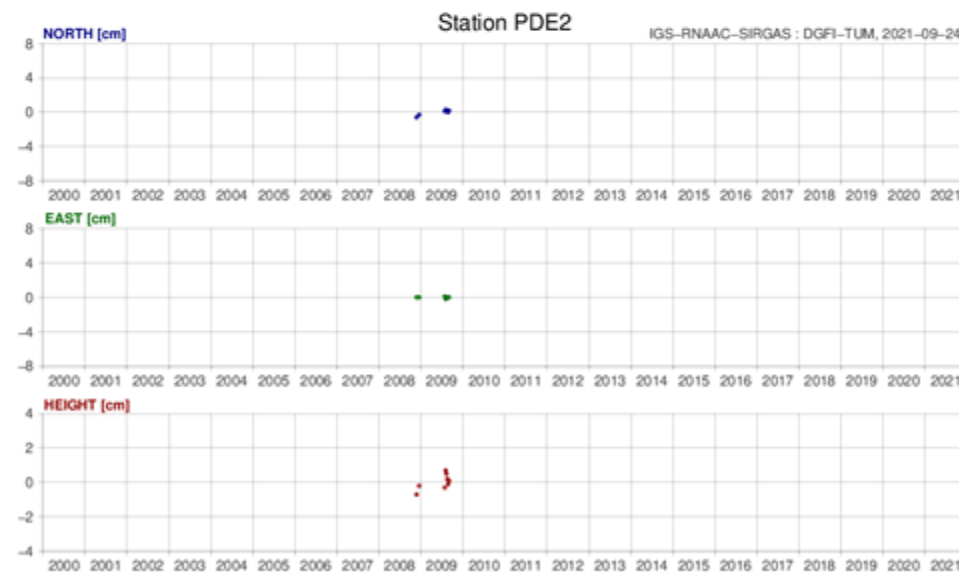
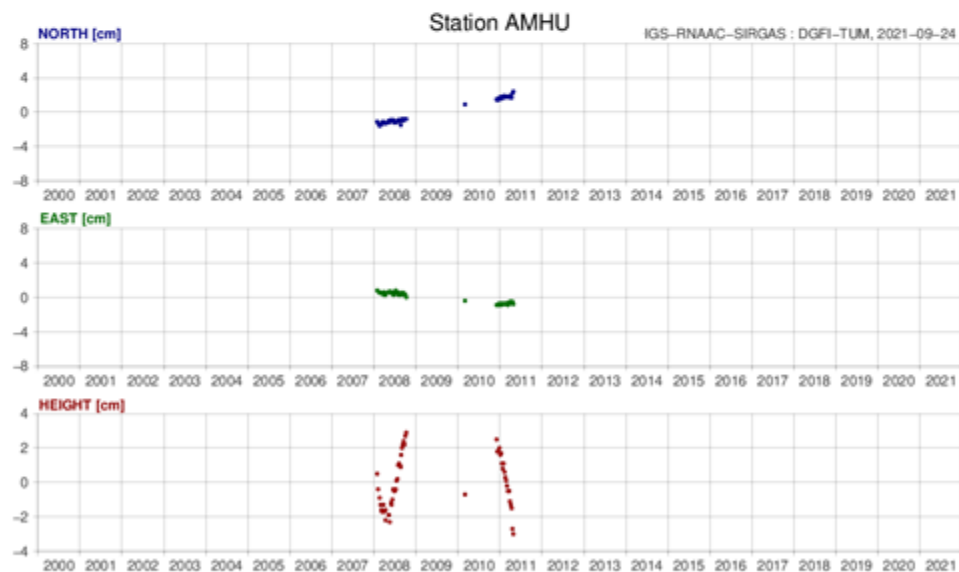
- Revisión de los **metadatos (log files)** de las estaciones SIRGAS.
- **Inventario de los RINEX** existentes generados por las estaciones SIRGAS desde enero de 2000.
- **Recuperación de RINEX** faltantes con el apoyo de los Centros de Datos SIRGAS.
- Inventario de estaciones SIRGAS dadas de baja y **con menos de dos años de mediciones** (para excluirlas del reprocesamiento)



# Preparación datos de entrada

En coordinación con el Grupo de Trabajo I de SIRGAS

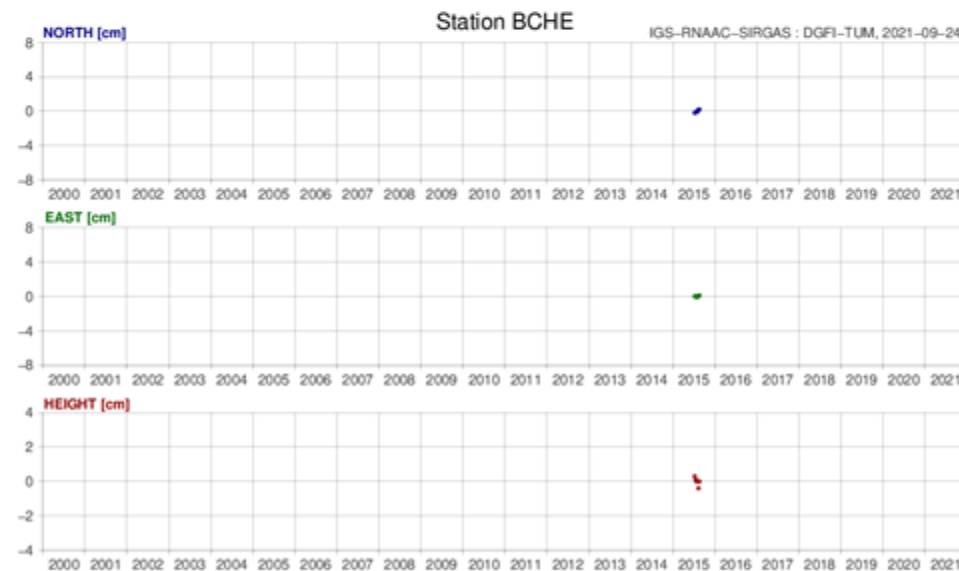
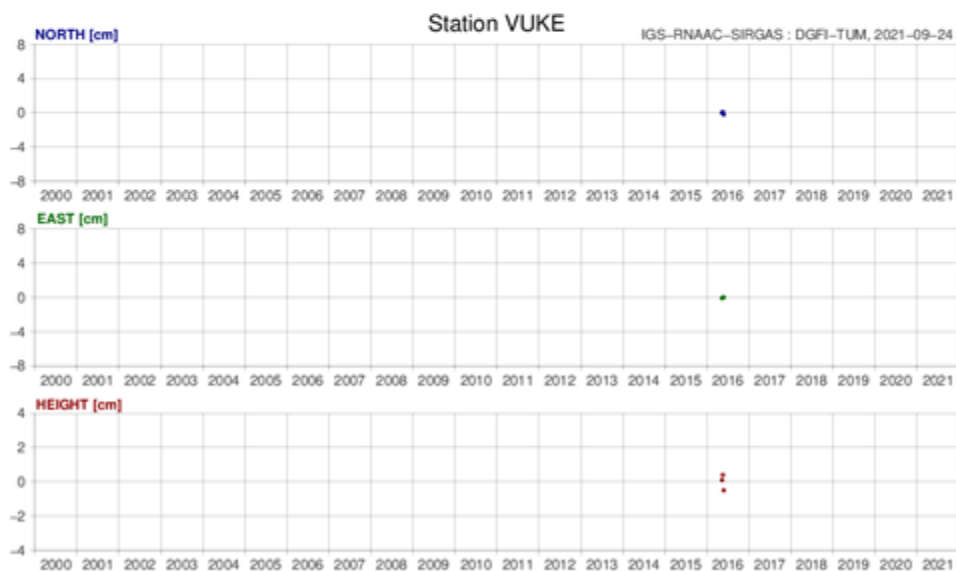
- Revisión de los **metadatos (log files)** de las estaciones SIRGAS.
- **Inventario de los RINEX** existentes generados por las estaciones SIRGAS desde enero de 2000.
- **Recuperación de RINEX** faltantes con el apoyo de los Centros de Datos SIRGAS.
- Inventario de estaciones SIRGAS dadas de baja y **con menos de dos años de mediciones** (para excluirlas del reprocesamiento)



# Preparación datos de entrada

En coordinación con el Grupo de Trabajo I de SIRGAS

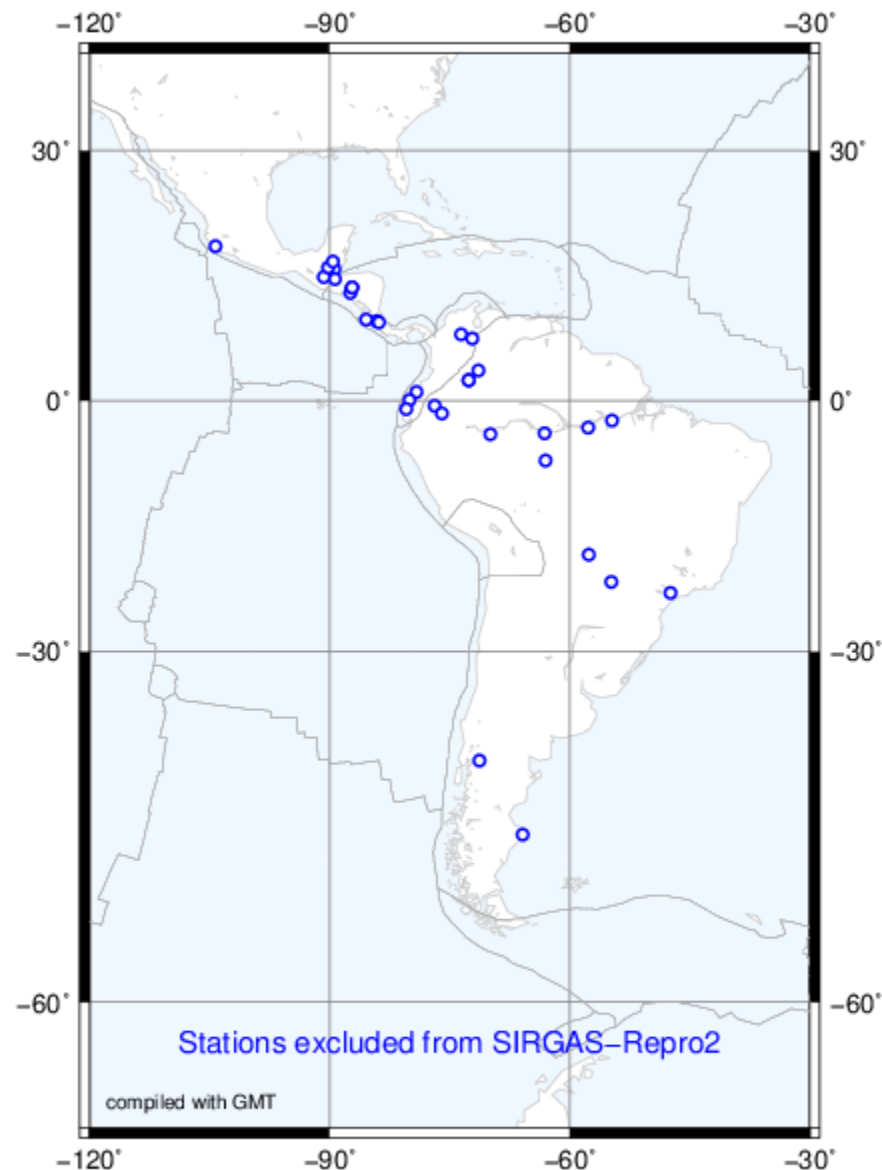
- Revisión de los **metadatos (log files)** de las estaciones SIRGAS.
- **Inventario de los RINEX** existentes generados por las estaciones SIRGAS desde enero de 2000.
- **Recuperación de RINEX** faltantes con el apoyo de los Centros de Datos SIRGAS.
- Inventario de estaciones SIRGAS dadas de baja y **con menos de dos años de mediciones** (para excluirlas del reprocesamiento)



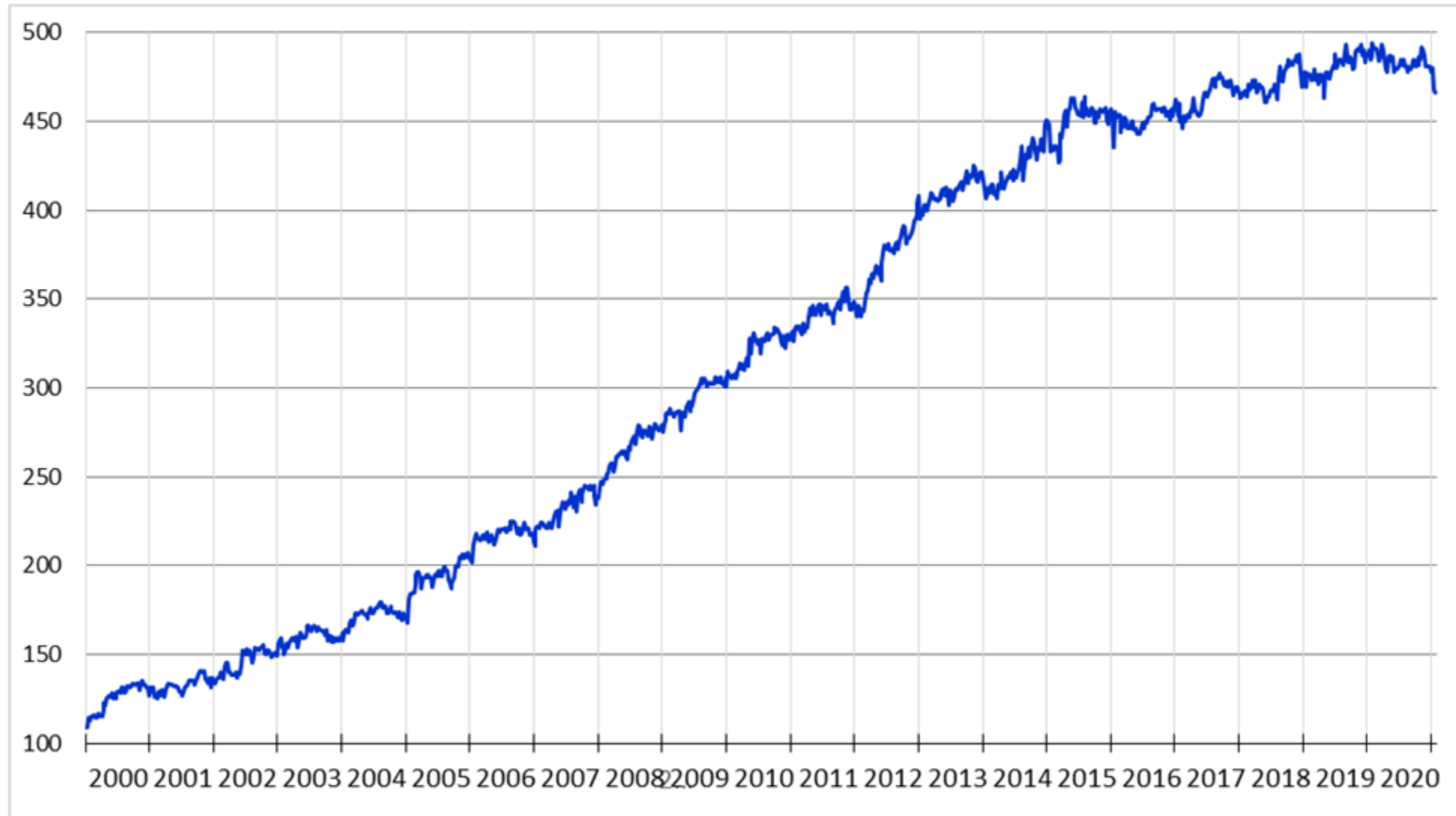
# Preparación datos de entrada

En coordinación con el Grupo de Trabajo I de SIRGAS

- Revisión de los metadatos (log files) de las estaciones SIRGAS.
- Inventario de los RINEX existentes generados por las estaciones SIRGAS desde enero de 2000.
- Recuperación de RINEX faltantes con el apoyo de los Centros de Datos SIRGAS.
- Inventario de estaciones SIRGAS dadas de baja y con menos de dos años de mediciones (para excluirlas del reprocesamiento)
  - 34 estaciones excluidas (6%)
- Evaluación de la calidad de los RINEX diarios disponibles para el reprocesamiento
  - 2,419,396 RINEX diarios procesados
  - 4,469 RINEX diarios rechazados (0.2%)

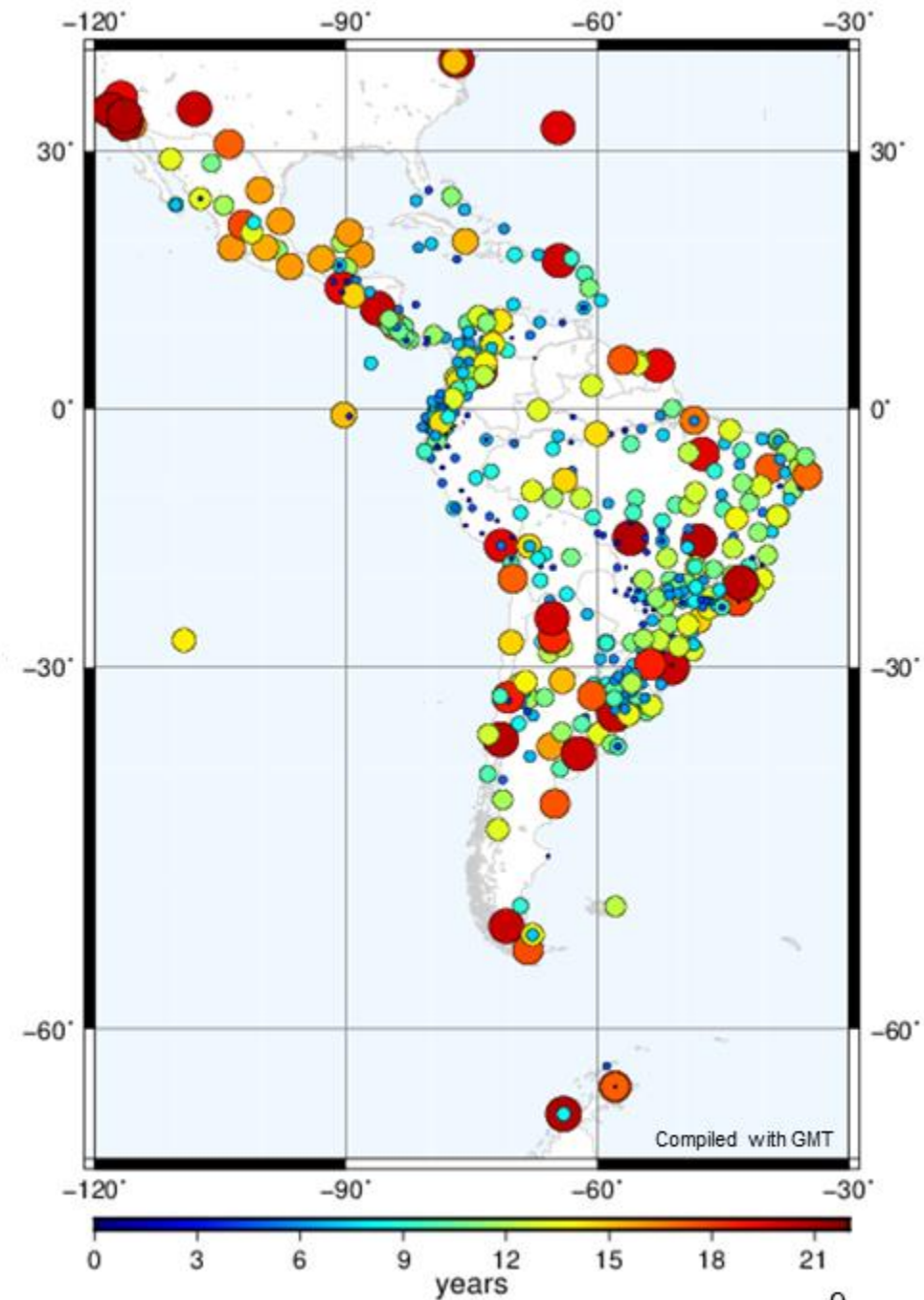
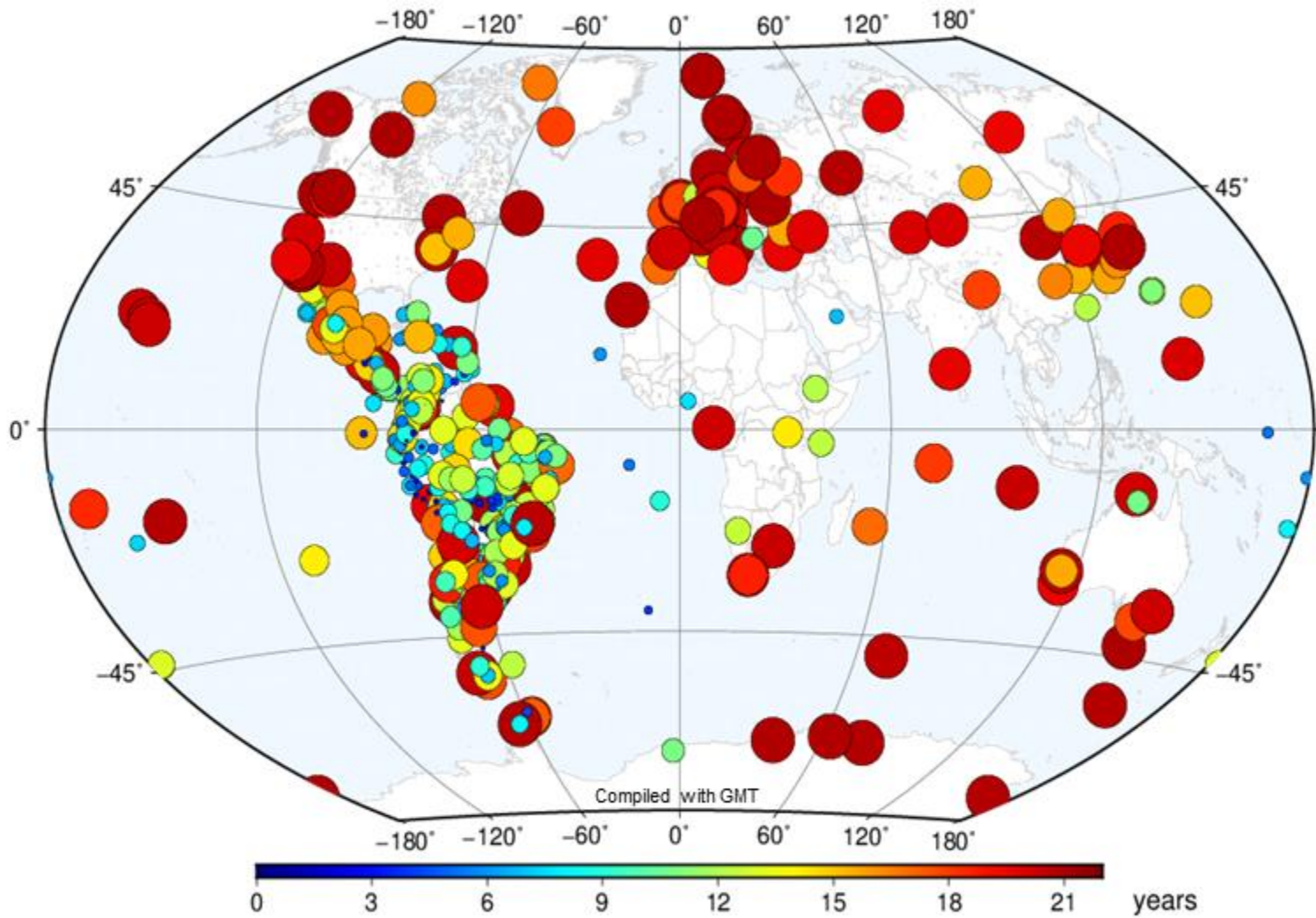


# Estaciones por año





# Años por estación



## Cálculo de ecuaciones normales diarias

- Marco de referencia IGS14/IGb14 ~ ITRF2014 (Modelo PCV, órbitas, relojes satelitales, EOPs, etc.)
- Observaciones: diferencias dobles en combinación L3 (libre de ionosfera)
- Troposfera, carga mareal y no mareal según IERS e IGS
- Bernese GNSS Software 5.2



## Generación de ecuaciones normales semanales semi-libres

- Combinación de las siete soluciones diarias correspondientes a una semana GPS
- Estaciones con residuales mayores que  $\pm 20$  mm en N-E, y  $\pm 30$  mm en h excluidas
- Restricción de  $\pm 1$  m a las coordenadas de todas las estaciones
- Resultados: [SI2www7.SNX](#), [SUM](#)



## Cálculo de coordenadas semanales referidas al IGS14/IGb14

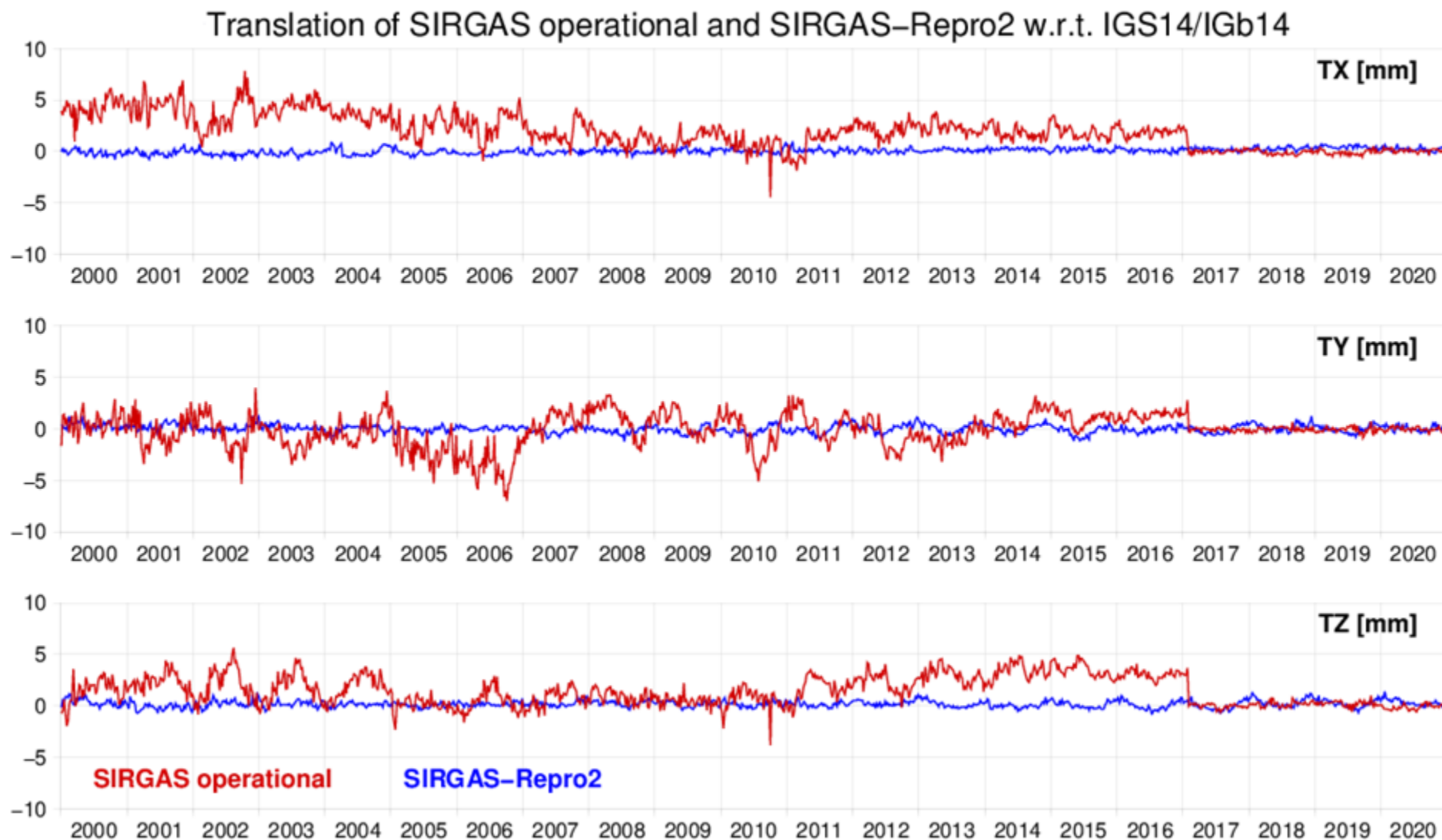
- Coordenadas de referencia: coordenadas semanales del IGS ([ig2yyPwww.snx](#), [igsyyPwww.snx](#))
- Estaciones de referencia: estaciones IGS14/IGb14
- Resultados: [si2Pwww.crd](#), [snx](#), [ssc](#), [sum](#)



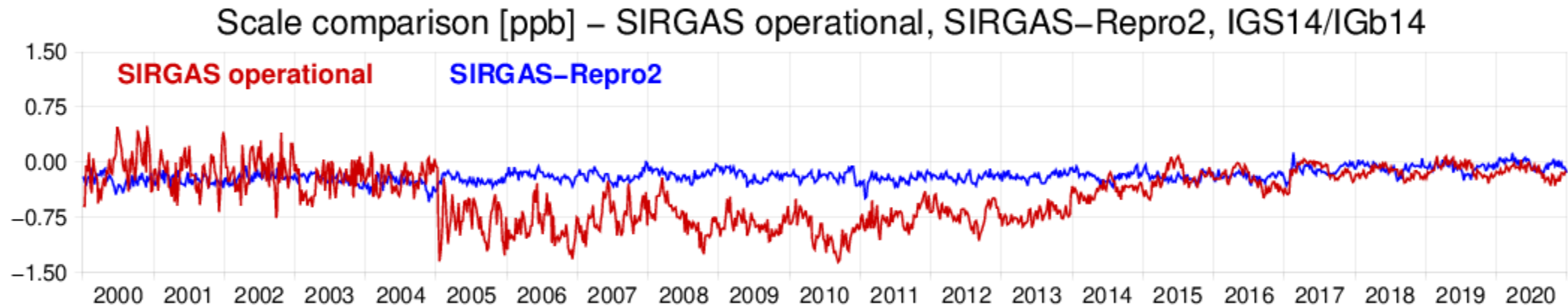
## Cálculo de una solución acumulada (multianual)

- Análisis de series de tiempo
- Coordenadas de referencia: posiciones y velocidades de [IGb14.snx](#)
- NNR + NNT con respecto a estaciones IGS14 con largos periodos y pocas discontinuidades o efectos sísmicos
- Resultados: [SIRGAS2020.SNX](#), [CRD](#), [VEL](#), [RES](#), [PSD](#), [SUM](#)

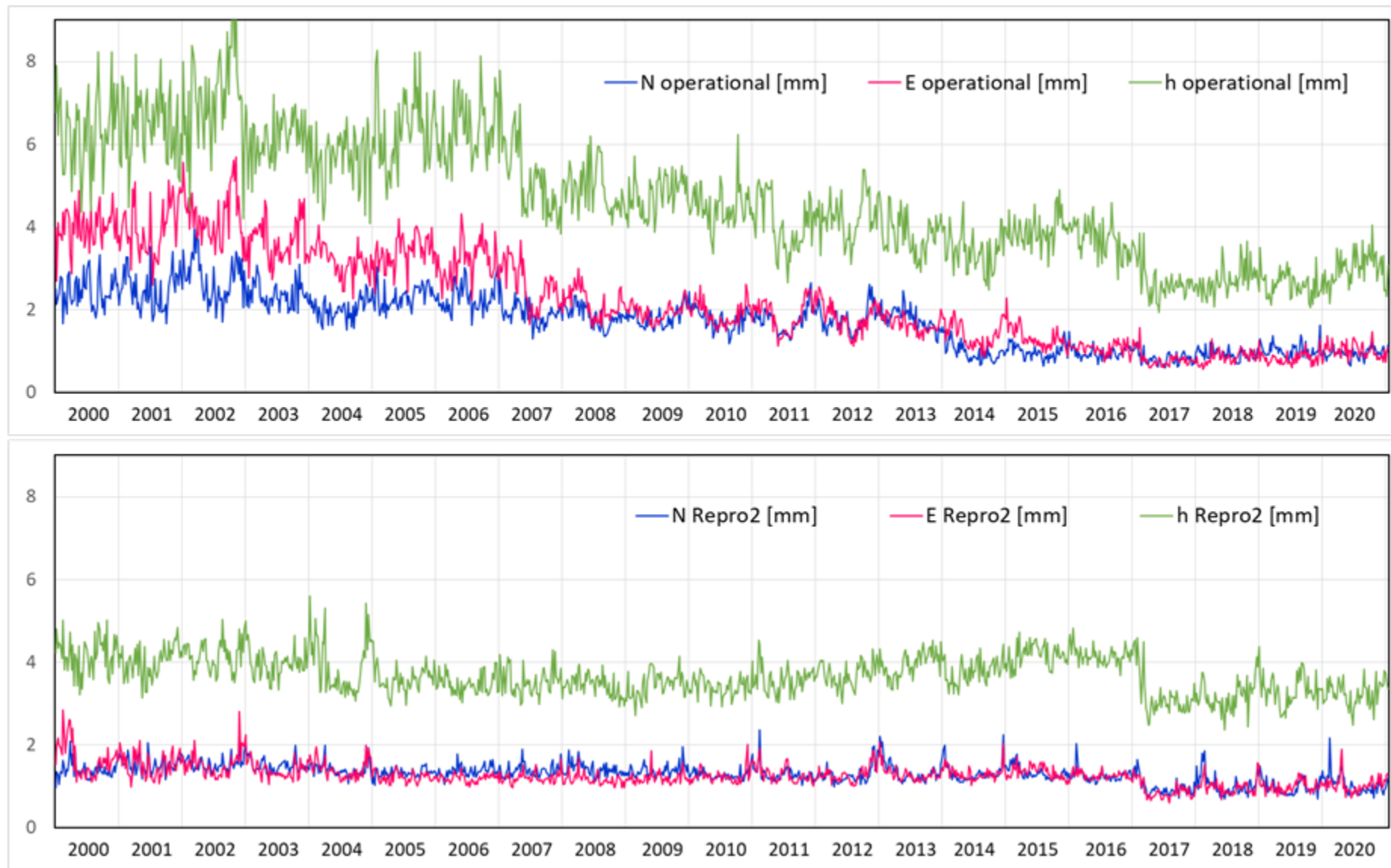
# Comparación soluciones semanales operacionales y SIRGAS-Repro2



# Comparación soluciones semanales operacionales y SIRGAS-Repro2

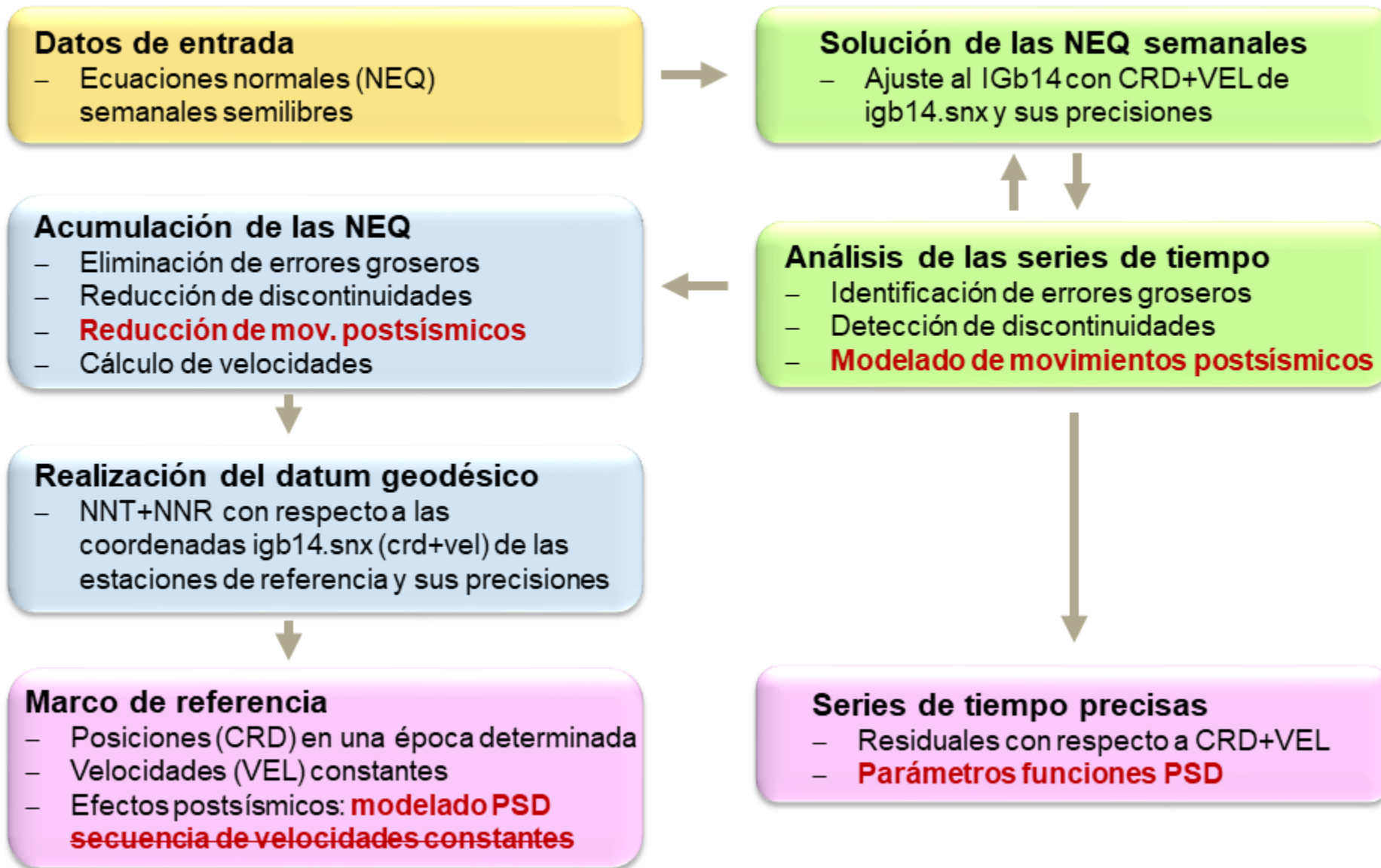


# Comparación soluciones semanales operacionales y SIRGAS-Repro2

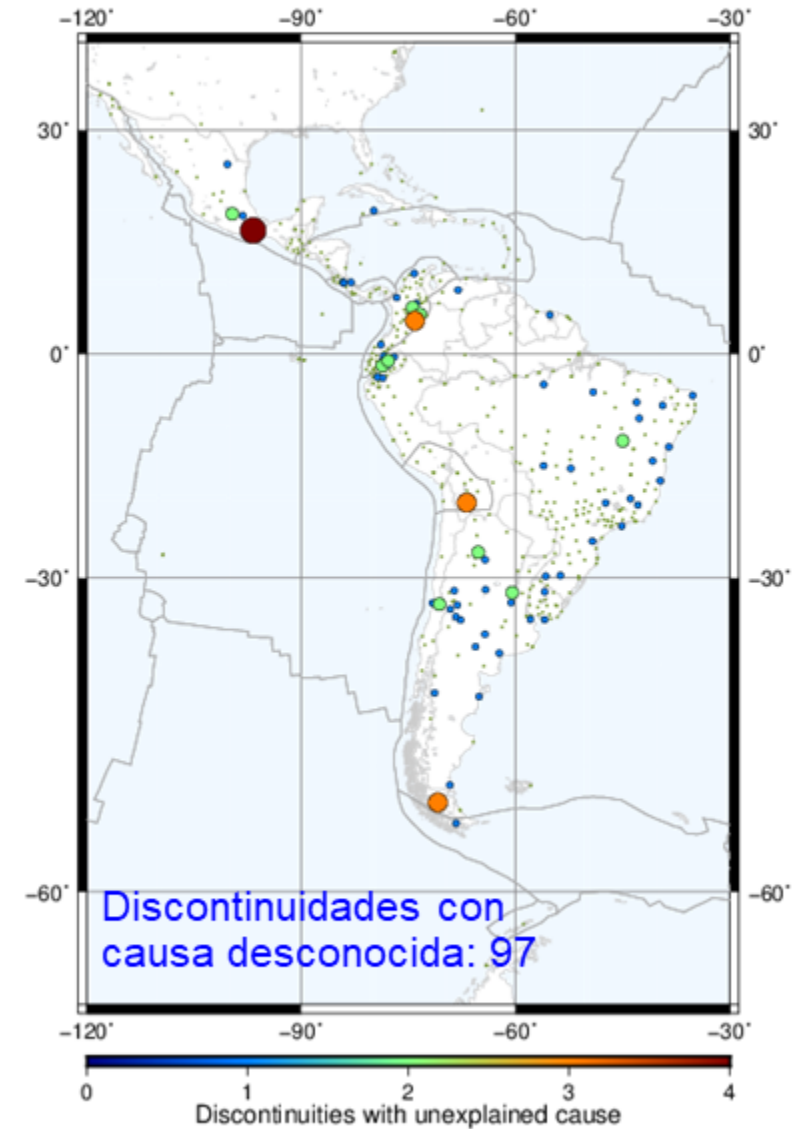
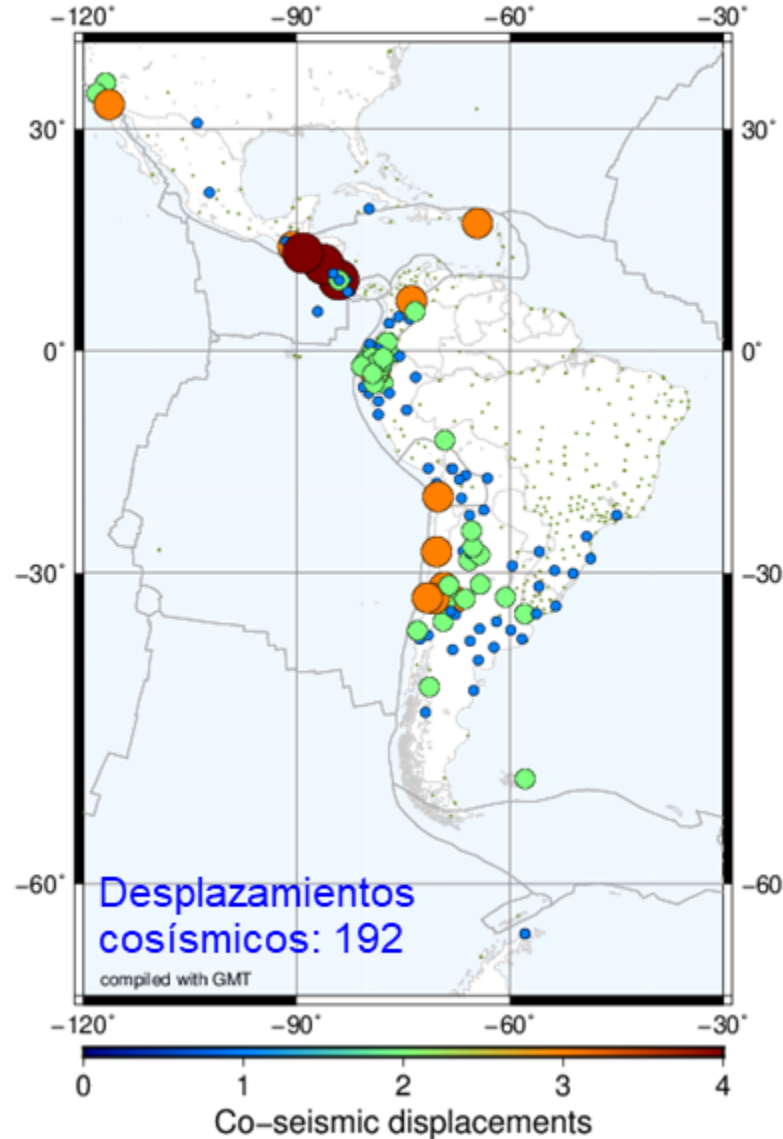
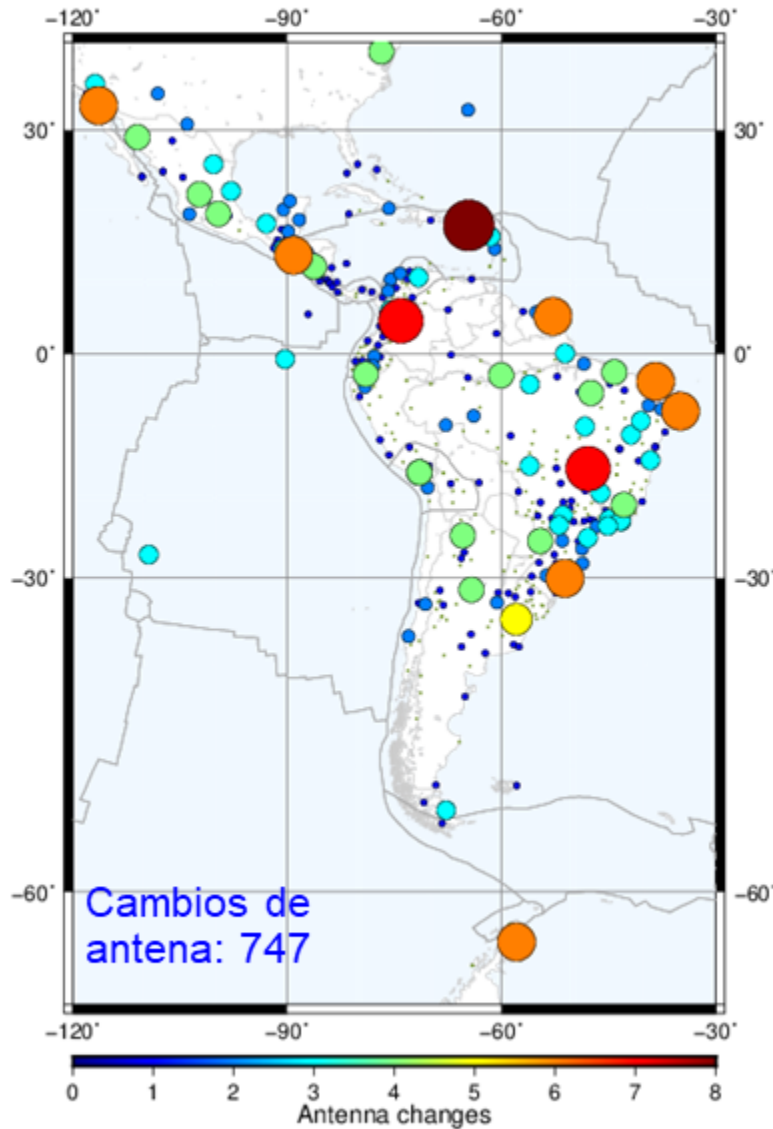


Valores RMS de las diferencias entre coordenadas semanales SIRGAS operacional (transformadas a IGS14/IGb14) y SIRGAS-Repro2 con respecto a las coordenadas semanales de las estaciones IGS en IGS14/IGb14

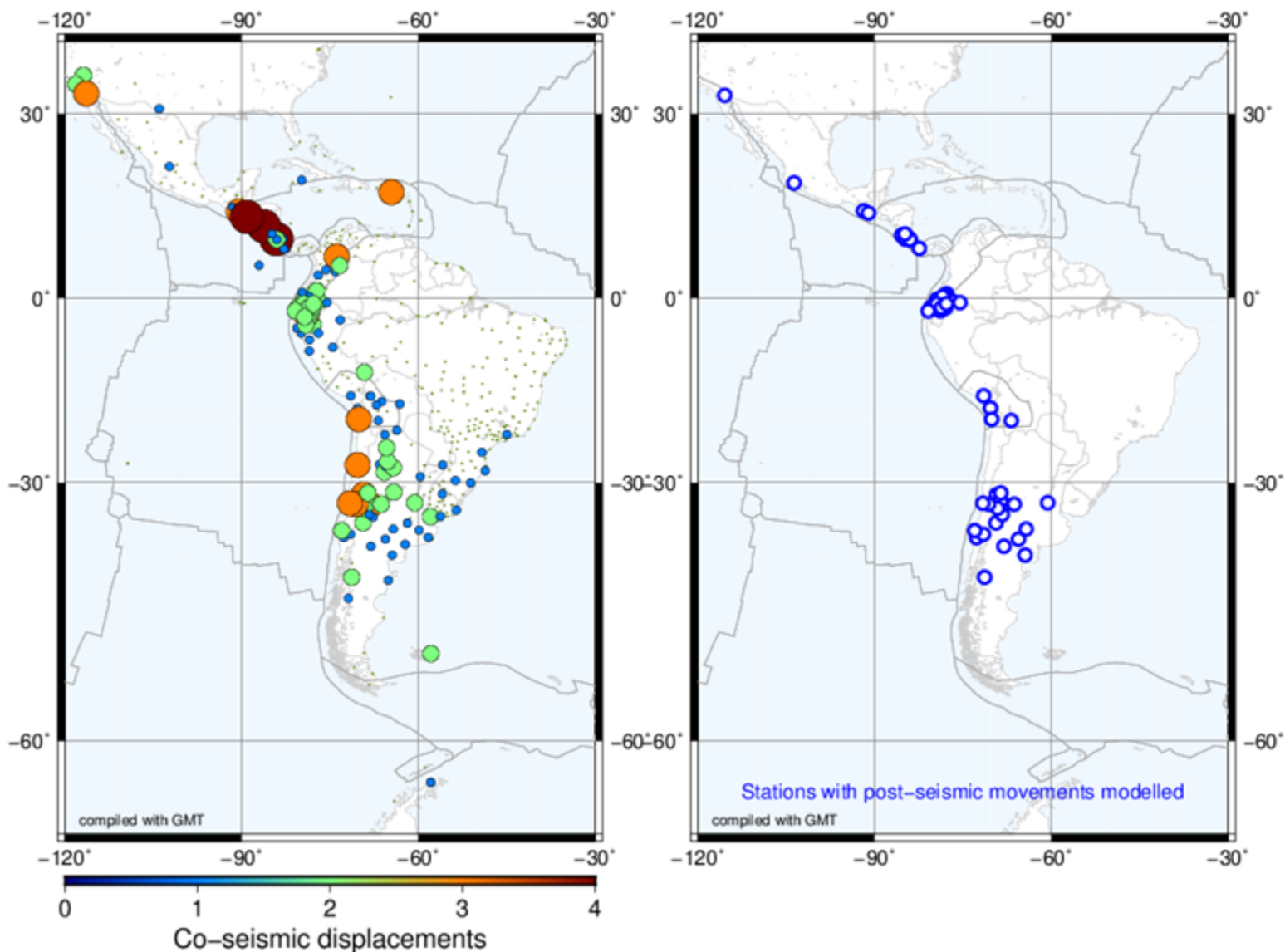
# Solución multianual



# Discontinuidades (1389 ocupaciones)



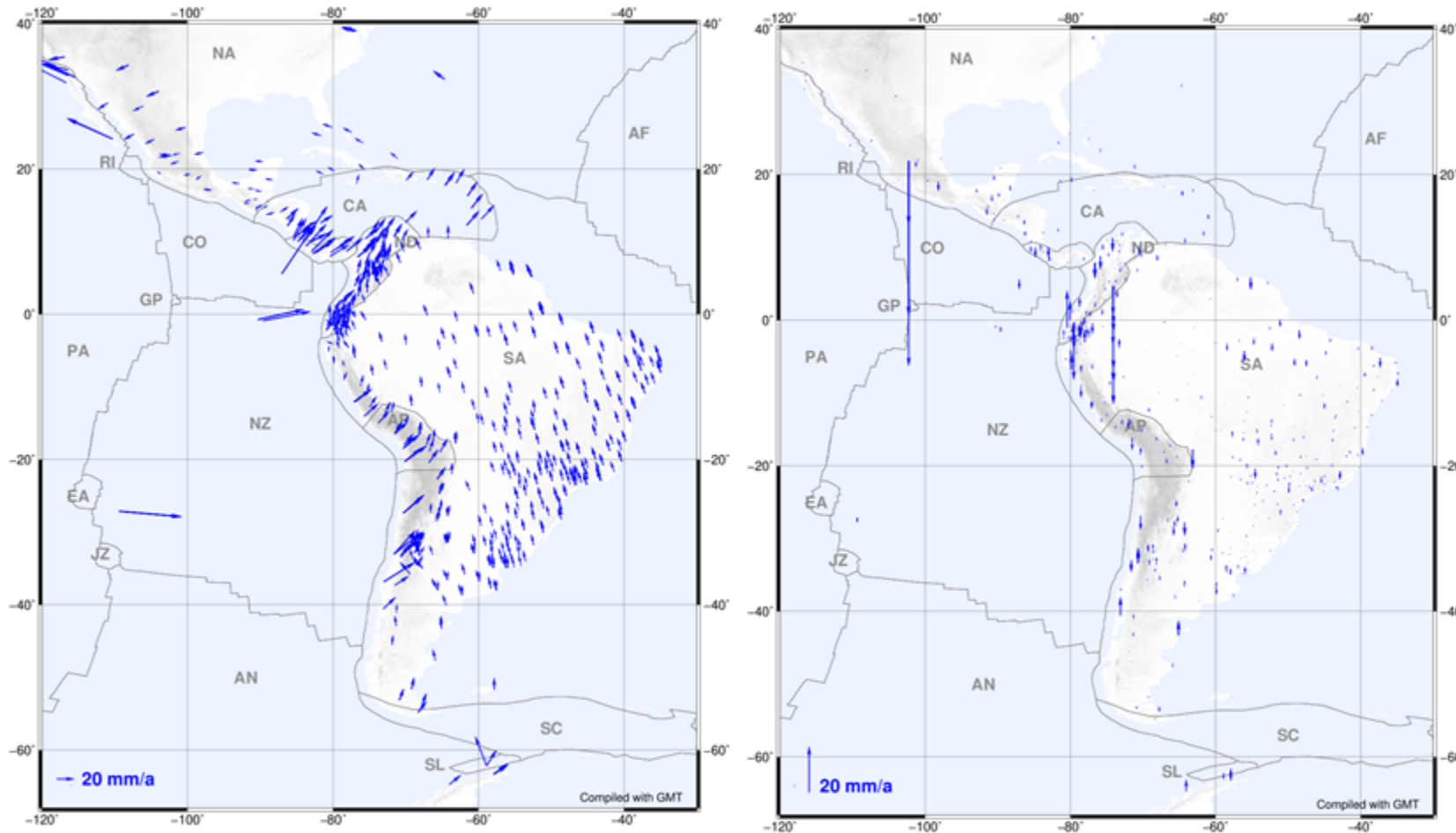
# Discontinuidades (1389 ocupaciones)



- Cambio de antena o configuración de los equipos: igual velocidad antes y después
- Discontinuidades de origen desconocido: diferentes velocidades antes y después, pero si la diferencia es menor que 0.6 mm/a, velocidades iguales
- Discontinuidades de origen sísmico: aproximación a priori (coordenadas semanales) con una función exponencial o logarítmica y remoción de las ecuaciones normales
  - 21% de las discontinuidades son causadas por eventos sísmicos
  - 62 estaciones con funciones de aproximación postsísmica



# Resultados: SIRGAS2022



- **Precisión**

- Coordenadas @ 2015.0: N/E:  $\pm 0.8$  mm, h :  $\pm 1.4$  mm
- Velocidades: N/E:  $\pm 0.6$  mm/a, h:  $\pm 1.0$  mm/a

- Solución SIRGAS con mayor cobertura temporal, mejores estándares disponibles, consistencia y homogeneidad en 22 años
- De enero 2000 a abril 2022 (actualización cada 6 meses)
- SIRGAS-Repro2 in IGb14 (Ene 2000 – Dic 2021) + SIRGAS operacional en IGb14 (desde Ene 2022)
- 587 estaciones con 1389 ocupaciones
- IGb14, 2015.0

# Resultados: SIRGAS2022

- **SIRGAS2022.SNX**: solución y matriz varianza-covarianza con posiciones y velocidades
- **SIRGAS2022.CRD**: Coordenadas Cartesianas geocéntricas y elipsoidales con indicadores de precisión @ 2015.0
- **SIRGAS2022.VEL**: Velocidades en coordenadas Cartesianas geocéntricas y NEh con indicadores de precisión
- **SIRGAS2022.PSD**: Parámetros de las funciones log y exp usadas en el modelado de los movimientos postsísmicos (XYZ, NEh)
- **si2Pwww.crd, sum**: Posiciones semanales agrupadas por semana
- **\$stat.XYZ**: Posiciones semanales XYZ agrupadas por estación
- **\$stat.PLH**: Posiciones semanales latitud, longitud, altura elipsoidal agrupadas por estación
- **\$stat.NEU**: Diferencias de posición en NEU con respecto a la primera posición disponible de la estación
- **\$stat.RES**: Series de tiempo residuales con respecto a SIRGAS2022 (sin trend)
- **\$stat.dsc**: Discontinuidades detectadas por estación

# Resultados: SIRGAS2022



AACR.XYZ x		AACR.PLH x		AACR.NEU x	
Weekly geocentric from January combination 1	Weekly ellip from January SIRGAS combi	Station position time series retrieved from SIRGAS-Repro2 from January 2000 to December 2021 and from DGFI-TUM's operational SIRGAS combination for the following weeks. Positions differences are given in North, East and height with respect to the first epoch.			
File created	File created	File created on 2022-10-28			
Contents:					
Column 1:	AACR.CRD x				
Column 2:	Station: AACR00CRI - AACR 40612M001 - Pavas, Costa Rica				
Column 3:	-----				
Column 4:	Geocentric Cartesian coordinates				
Column 5:	-----				
Column 6:	-----				
Column 7:	STATION NAME X[m] sig_X[m] Y[m] sig_Y[m] Z[m] sig_Z[m] ID-SNX START END				
Column 8:	AACR 40612M001 644009.04617 0.00116 -6251064.27607 0.00377 1093780.90362 0.00114 A 1 2010-08-01 2012-09-04				
Column 9:	AACR 40612M001 644009.00856 0.00100 -6251064.27335 0.00320 1093780.88986 0.00097 A 2 2012-09-06 2017-11-12				
Column 10:	AACR 40612M001 644008.98473 0.00094 -6251064.27087 0.00277 1093780.85962 0.00092 A 3 2017-11-14 2022-04-30				
Column 11:	STATION NAME VX[m/a] sig_VX[m/a] VY[m/a] sig_VY[m/a] VZ[m/a] sig_VZ[m/a] ID-SNX START END				
Column 12:	AACR 40612M001 0.01292 0.00070 0.00314 0.00226 0.01701 0.00068 A 1 2010-08-01 2012-09-04				
Discontin	AACR 40612M001 0.01083 0.00043 0.00567 0.00136 0.01655 0.00041 A 2 2012-09-06 2017-11-12				
2012-09	AACR 40612M001 0.01290 0.00031 0.00413 0.00092 0.01864 0.00031 A 3 2017-11-14 2022-04-30				
2015-01	-----				
2017-11	Ellipsoidal coordinates (ellipsoid GRS80)				
-----	-----				
2010.5918	STATION NAME Lat[degrees] sig_Lat[mas] sig_Lat[m] Lon[degrees] sig_Lon[mas] sig_Lon[m] h[m] sig_h[m] ID-SNX				
2010.6110	AACR 40612M001 9.9388489701 0.04212 0.00130 275.8820828062 0.03996 0.00089 1123.95344 0.00370 A 1 2				
2010.6301	AACR 40612M001 9.9388488578 0.03564 0.00110 275.8820824676 0.03456 0.00077 1123.94460 0.00314 A 2 2				
2010.6493	AACR 40612M001 9.9388485962 0.03312 0.00102 275.8820822538 0.03204 0.00071 1123.93454 0.00272 A 3 2				
2010.6685	-----				
2010.6777	STATION NAME VN[m/a] sig_VN[m/a] VE[m/a] sig_VE[m/a] Vh[m/a] sig_Vh[m/a] ID-SNX START END				
2010.6877	AACR 40612M001 0.01707 0.00077 0.01317 0.00073 0.00116 0.00222 A 1 2010-08-01 2012-09-04 0.343E-03				
2010.7068	AACR 40612M001 0.01708 0.00047 0.01135 0.00045 -0.00161 0.00134 B 2 2012-09-06 2017-11-12 0.310E-03				
2010.7260	AACR 40612M001 0.01884 0.00034 0.01326 0.00032 0.00047 0.00090 C 3 2017-11-14 2022-04-30 0.267E-03				
2010.7452	2010.7452 2010-08-23 1598 Igb14 AACR 40612M001 0.000105 0.00041 0.00041 0.920E-04 0.844E-04 0.257E-03				
2010.7644	2010.7644 2010-09-01 1599 Igb14 AACR 40612M001 0.00079 0.00055 0.00005 0.906E-04 0.840E-04 0.257E-03				
2010.7836	2010.7836 2010-09-08 1600 Igb14 AACR 40612M001 0.00298 0.00099 0.00014 0.922E-04 0.841E-04 0.260E-03				
2010.8028	2010.8028 2010-09-15 1601 Igb14 AACR 40612M001 0.00303 0.00074 -0.00042 0.952E-04 0.885E-04 0.262E-03				
2010.8220	2010.8220 2010-09-22 1602 Igb14 AACR 40612M001 0.00318 0.00031 -0.00205 0.817E-04 0.763E-04 0.217E-03				

# Resultados: SIRGAS2022, disponibles en [www.sirgas.org](http://www.sirgas.org)



## Coordenadas semanales generadas por DGFI-TUM para las estaciones SIRGAS

Station: AACR 40612M001  
Long name: AACR00CRI  
Location: Pavas, Costa Rica  
Status: available  
Networks:  
Agencies: AyA  
Installed on: 2010-08-01  
In SIRGAS since: 2010-08-01  
Logfile: [aacr00cri\\_20150504.log](#)  
Website:

- [Coordenadas semanales XYZ ordenadas por semana GPS](#)
- [Coordenadas semanales XYZ ordenadas por estación](#)
- [Coordenadas elipsoidales semanales ordenadas por estación](#)

### Coordinates and velocities:

- [SIRGAS2022 positions and velocities](#)
- [Weekly geocentric Cartesian positions](#)
- [Weekly ellipsoidal positions](#)

### Time series and discontinuities:

- [Time series](#)
- Residual time series
- [Discontinuities](#)
- Post-seismic approximation

### Weekly XYZ positions

[2022](#) | [2021](#) | [2020](#) | [2019](#) | [2018](#) | [2017](#) | [2016](#) | [2015](#) | [2014](#) | [2013](#) | [2012](#) | [2011](#) | [2010](#) | [2009](#) | [2008](#) | [2007](#) | [2006](#) | [2005](#) | [2004](#) | [2003](#) | [2002](#) | [2001](#) | [2000](#) |

[2022-09-28](#) [2022.7425] w  
[2022-09-21](#) [2022.7233] w  
[2022-09-14](#) [2022.7041] w  
[2022-09-07](#) [2022.6849] w  
[2022-08-31](#) [2022.6658] w  
[2022-08-24](#) [2022.6466] w  
[2022-08-17](#) [2022.6274] ..

### Weekly XYZ positions sorted by station

[AACR](#) [AB21](#) [AB43](#) [ABCC](#) [ABEC](#) [ABMF](#) [ABPD](#) [ABPW](#) [ABRA](#) [AC24](#) [AC43](#) [AC58](#) [ACSO](#) [AGCA](#) [AGGO](#)  
[ALAR](#) [ALBE](#) [ALEC](#) [ALGO](#) [ALMA](#) [ALTA](#) [ALUM](#) [AM04](#) [AMBC](#) [AMCO](#) [AMCR](#) [AMHA](#) [AMPR](#) [AMPT](#) [AMTE](#)  
[AMTG](#) [AMUA](#) [AN02](#) [ANDS](#) [ANGO](#) [ANTC](#) [ANTF](#) [AOML](#) [AP01](#) [APLJ](#) [APMA](#) [APS1](#) [APSA](#) [APTO](#) [AQ01](#)  
[ARCA](#) [AREQ](#) [ASC1](#) [ASCG](#) [ASPA](#) [ATW2](#) [AUTF](#) [AV09](#) [AY02](#) [AZUE](#) [AZUL](#)

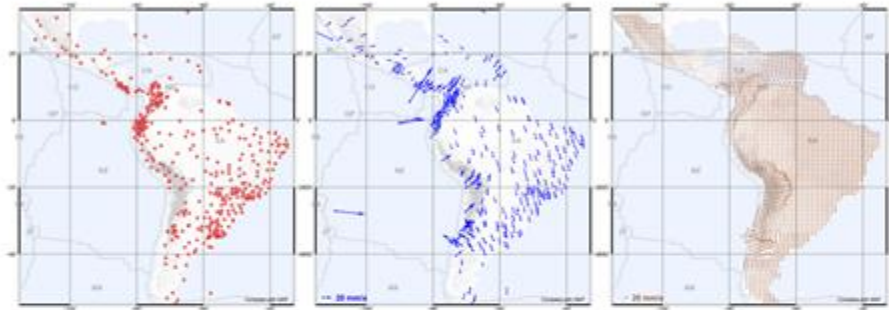
[BABJ](#) [BABR](#) [BAIL](#) [BAIR](#) [BAIT](#) [BAKE](#) [BANS](#) [BAPA](#) [BARI](#) [BATF](#) [BAVC](#) [BCAR](#) [BCH1](#) [BDOS](#) [BECE](#) [BEJA](#)  
[BELE](#) [BEPa](#) [BERR](#) [BFNY](#) [BHEC](#) [BJCO](#) [BLPZ](#) [BNGA](#) [BOAV](#) [BOGA](#) [BOGT](#) [BOMJ](#) [BOSC](#) [BQLA](#) [BRAZ](#)  
[BRBR](#) [BREW](#) [BRFT](#) [BRMU](#) [BSUC](#) [BUCA](#) [BUE2](#) [BUEN](#)

nto en que se realiza  
de estaciones GNSS  
los satélites IGS, los  
s correcciones de los  
como globalmente no

SIRGAS Analysis Centre at DGFI-TUM  
 Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut  
 Technische Universität München



- Home
- Acerca de SIRGAS
- Realizaciones
- Estaciones
- Procesamiento
- Combinación
- Soluciones semanales
- Soluciones multianuales
- Modelo de velocidades VEMOS
- Publicaciones
- Presentaciones
- Updates



**Contact**  
 Dr.-Ing. Laura Sanchez [✉](mailto:lm.sanchez@tum.de)  
 lm.sanchez@tum.de  
 80333 München  
 Arcisstr.21  
 Tel. +49 89 23031-1295  
 Fax +49 89 23031-1240

### Centro de Análisis SIRGAS DGFI-TUM

El Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut der 1 participado en las actividades de investigación de SIRGAS: campañas GPS SIRGAS de 1995 y 2000 y actuó como cer soluciones finales conocidas como SIRGAS05 y SIRGAS20.

DE GRUYTER

Journal of Geodetic Science 2022; 12: 1–28



## Research Article

Laura Sánchez\*, Hermann Drewes, Alexander Kehm, and Manuela Seitz

# SIRGAS reference frame analysis at DGFI–TUM

<https://doi.org/10.1515/jogs-2022-0138>  
 received May 27, 2022; accepted September 19, 2022

DGFI–TUM to obtain homogeneously computed SIRGAS daily and weekly station position solutions referring to the ICR reference frame ICR14/ICR14 since January 2000.