COMBINATION OF ABSOLUTE AND SUPERCONDUCTING GRAVITY OBSERVATIONS AT THE ARGENTINEAN-GERMAN GEODETIC OBSERVATORY (AGGO)

Hartmut Wziontek(1), Ezequiel D. Antokoletz (2,3) , Reinhard Falk (1) , Claudia Tocho (2,4) and Claudio Brunini (3,5)

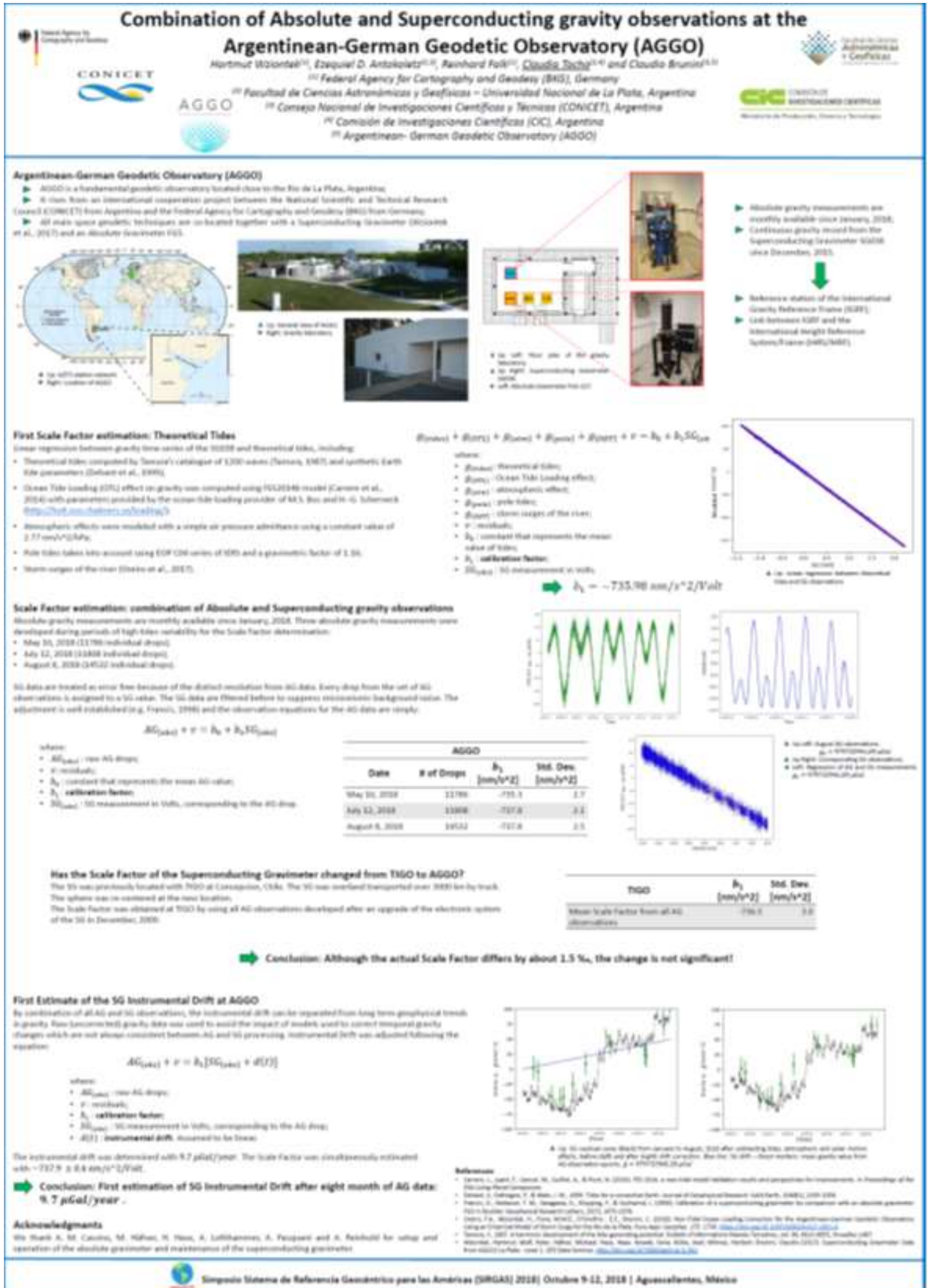
(1) Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG), Germany

(2) Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas – Universidad Nacional de La Plata, Argentina

(3) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

(4) Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), Argentina (5) Argentinean-German Geodetic Observatory (AGGO)

ctocho@fcaglp.unlp.edu.ar


Combination of Absolute and Superconducting gravity observations at the Argentinean-German Geodetic Observatory (AGGO)
CONICET
AGGO
Argentinean-German Geodetic Observatory (AGGO)
First Scale Factor estimation: Theoretical Tides
Scale Factor estimation: combination of Absolute and Superconducting gravity observations
AGGO
Date
# of Drops
Std. Dev.
Has the Scale Factor of the Superconducting Gravimeter changed from TIGO to AGGO?
TIGO
Conclusion: Although the actual Scale Factor differs by about 1.5 ‰, the change is not significant!
First Estimate of the SG Instrumental Drift at AGGO
Acknowledgments
References

La gravedad depende de la ubicación de la estación en la Tierra, del tiempo, de la posición relativa de la Luna, del Sol y de otros planetas, del sistema climático, de la rotación terrestre y de la distribución de masas. Por ejemplo, los cambios de las masas de hielo, los movimientos de los fluidos en los volcanes influyen en el valor de la gravedad así como en las deformaciones terrestres y en la redistribución de masas asociadas a grandes terremotos.

(Van Camp et al., 2017)

El campo de gravedad de la Tierra, incluidas sus variaciones temporales, es un parámetro clave para comprender el sistema Tierra.

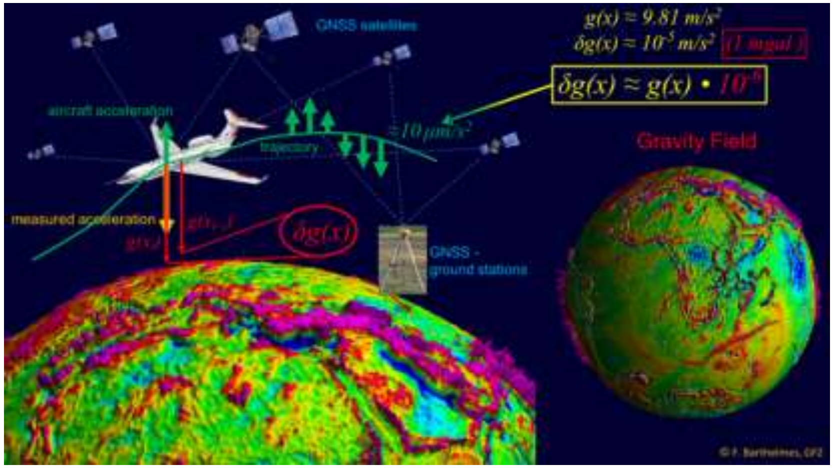
Gravimetría Terrestre

En la actualidad, existen dos principios de medición terrestre:

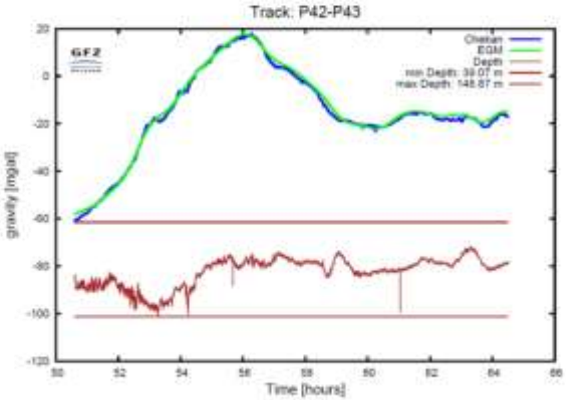
- Mediciones de gravedad absolutas (g)
  - Principio de caída libre
    - Gravímetros Absolutos: Micro-g LaCoste™ FG5 y A10
- Mediciones de gravedad relativas (Δg)
  - Principio masa-resorte
    - Gravímetros relativos: LaCoste & Romberg™ y Scintrex™
  - Gravímetros Superconductores

Gravímetros

Gravimetría aérea



Gravimetría marina



Observatorio Argentino Alemán de Geodesia (AGGO)

Observatorio Fundamental de Geodesia ubicado en las cercanías de la ciudad de La Plata. surge de una iniciativa conjunta del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de la Argentina y de la Agencia Federal de Cartografía y Geodesia (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie - BKG) de Alemania.

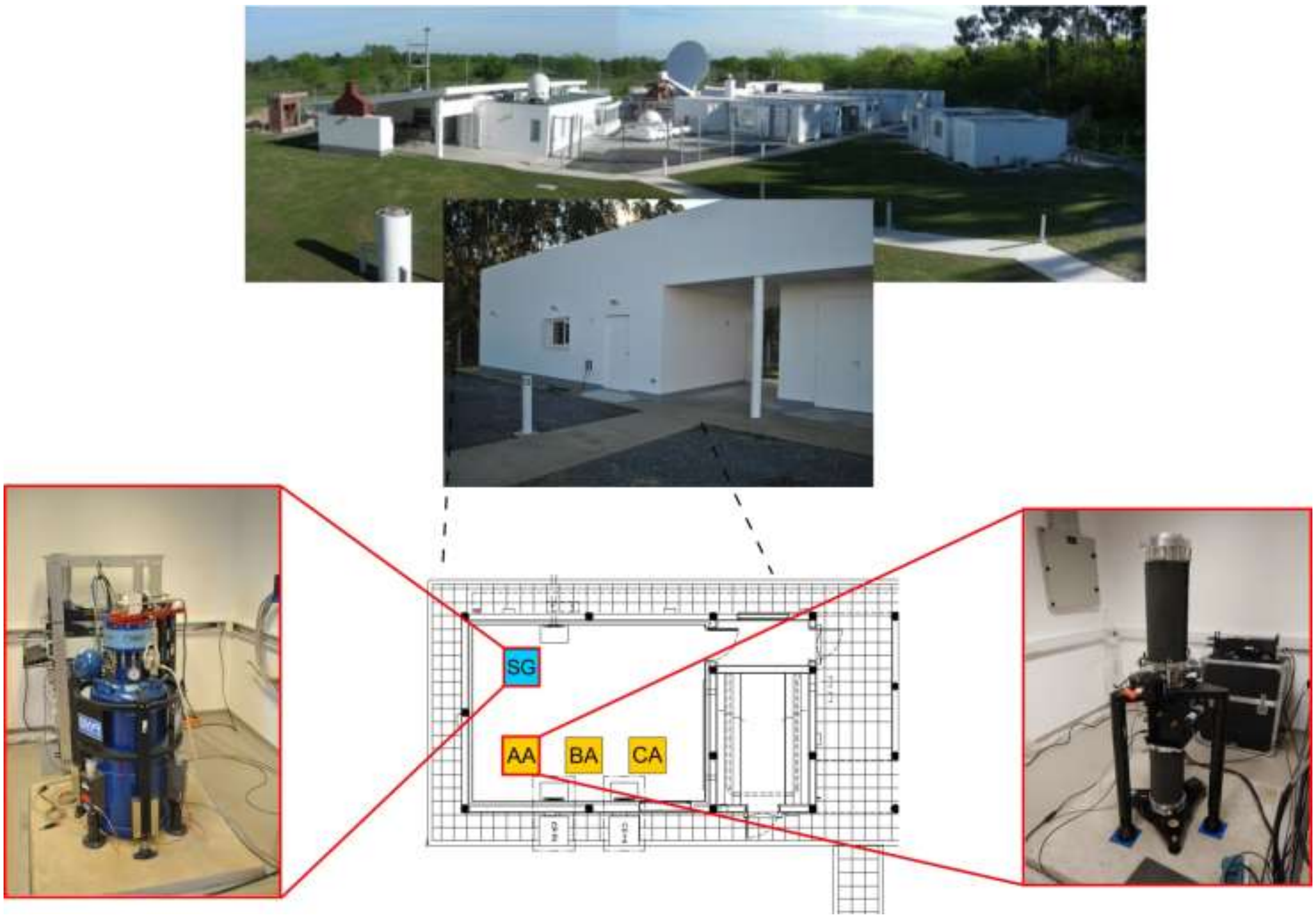
Observatorio Argentino Alemán de Geodesia

Múltiples técnicas geodésicas co-localizadas

- VLBI (Interferometria de Base Muy Larga)
- SLR (Laser a Satélite)
- GNSS/GPS
- Tiempo
- Gravimetría
- Sismómetro
- Sensores meteorológicos e hidrológicos

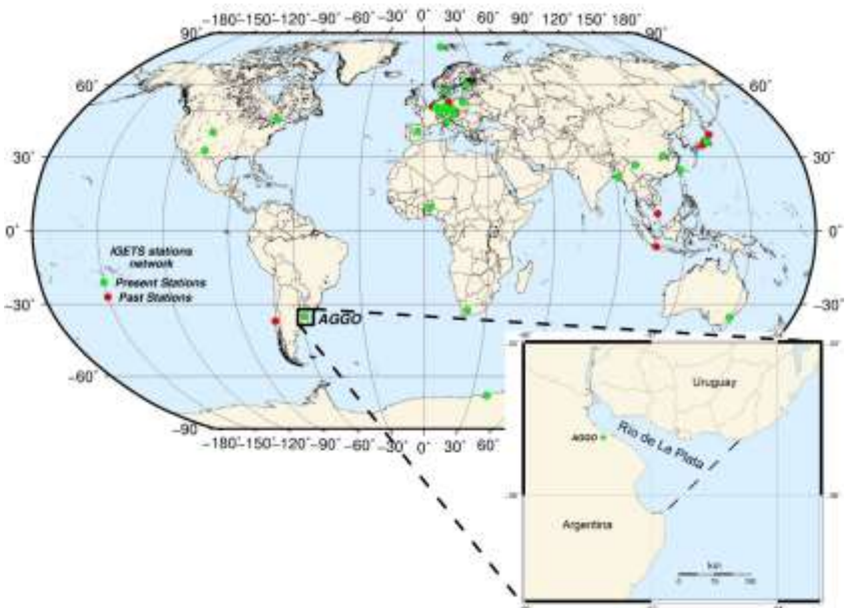
Se define una estación fundamental como aquel sitio en donde haya al menos tres técnicas geodésicas espaciales independientes co-localizadas. Adicionalmente, si es posible que haya observaciones de AG y SG y mareógrafos.

Laboratorio de Gravimetría



Gravímetro Superconductor SG038

Gravímetro Absoluto (AG) FG5-227

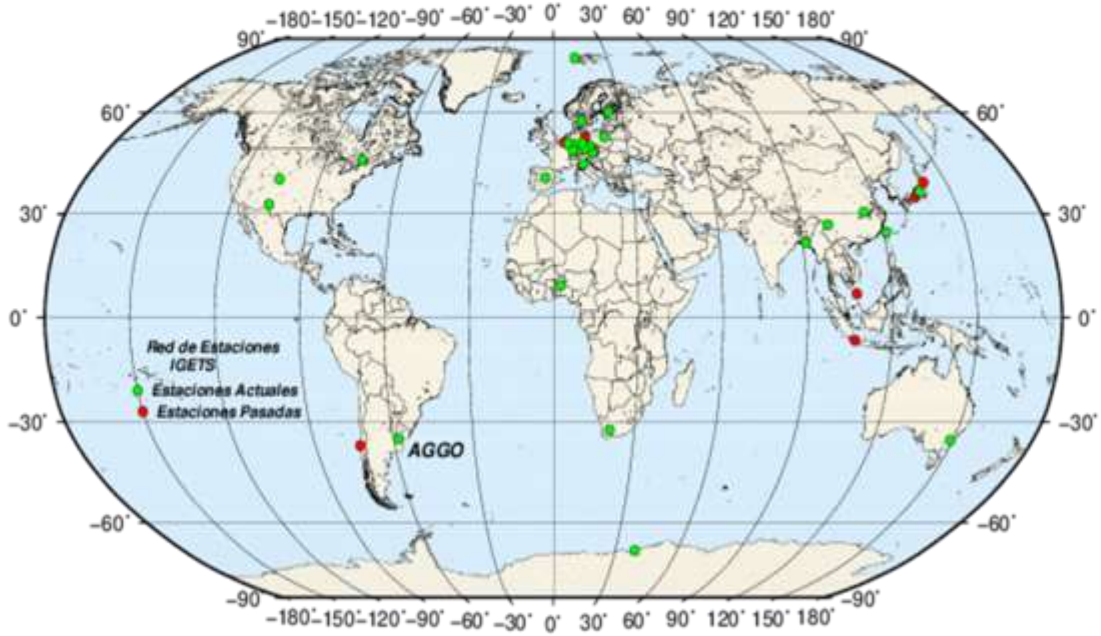


- Absolute gravity measurements are monthly available since January, 2018;
- Continuous gravity record from the Superconducting Gravimeter SG038 since December, 2015.

- Reference station of the International Gravity Reference Frame (IGRF);
- Link between IGRF and the International Height Reference System/Frame (IHRS/IHRF).

Proyectos Internacionales en el que SG de AGGO forma parte

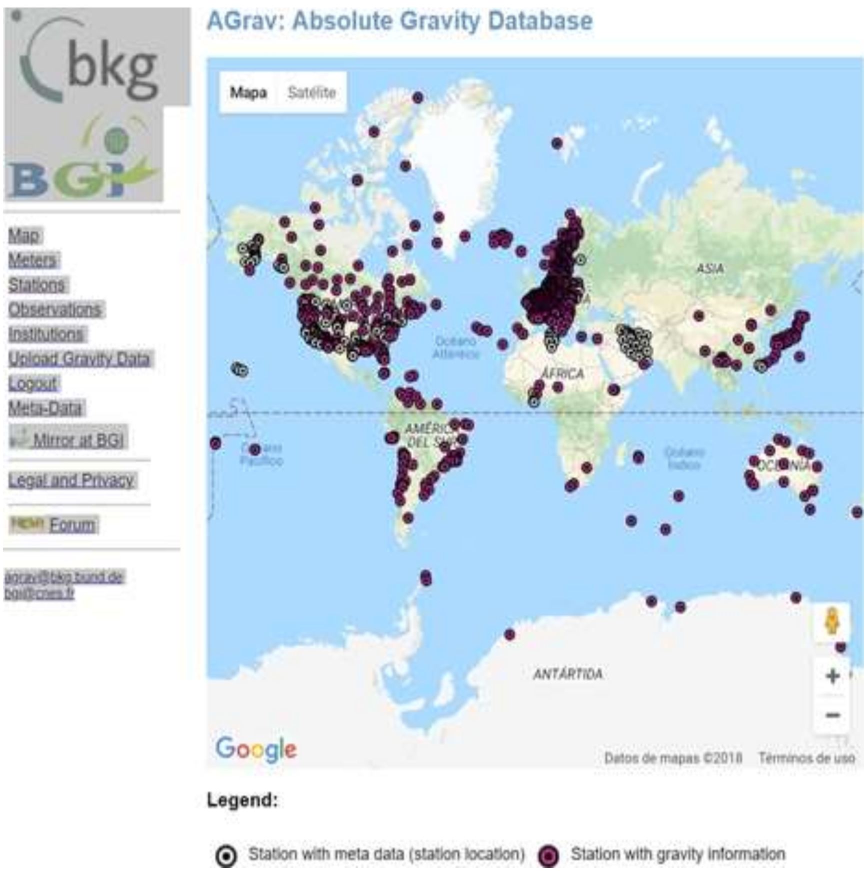
Red **International Geodynamics and Earth Tide Service (IGETS)** que es una red de gravímetros superconductores dispersos por todo el mundo y su objetivo es medir el campo de gravedad terrestre con mucha precisión para realizar estudios geodésicos y geofísicos.



La base de datos se encuentra en
https://isdc.gfz-potsdam.de/igets-data-base/
Los objetivos científicos de la IGETS cubren el estudio de fenómenos geofísicos en un amplio rango de períodos (de un segundo a varios años), cubriendo tópicos como modos normales, reología del manto, mareas, interacción atmósfera-océanos-Tierra sólida, hidrología y rotación terrestre.

Proyectos Internacionales en el que AG de AGGO forma parte

AGrav: International Absolute Gravity Database del BGI y BKG

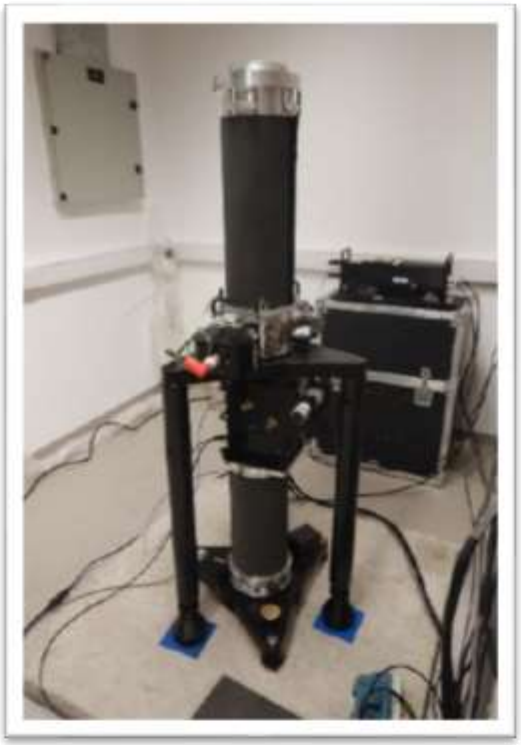


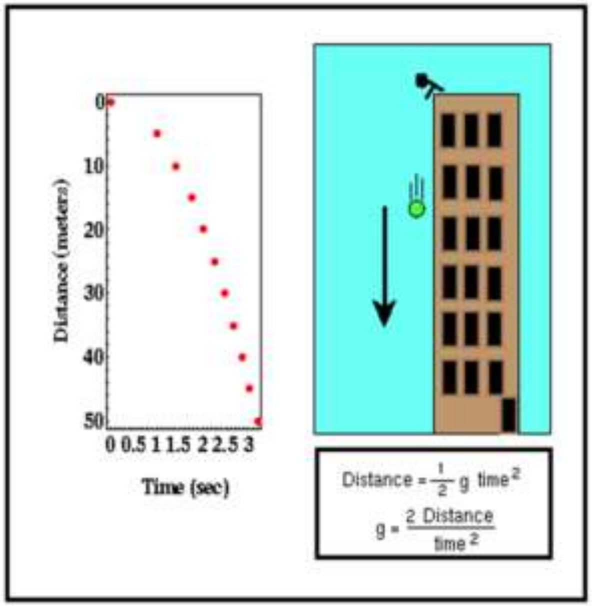
http://bgi.omp.obs-mip.fr

http://agrav.bkg.bund.de

Mediciones absolutas de la gravedad: Gravímetros absolutos de Micro-g LaCoste™.

FG5	A10	Principio de caída libre





Gravímetros absolutos de Micro-g LaCoste™

Características:

Principales ventajas

- Son transportables, miden la componente vertical de la gravedad.
- Sin drift.
- Proporcionan valores de gravedad absolutos precisos.
- A10 es aproximadamente 10 veces menos preciso y exacto que el FG5.

Principales desventajas

- Los AGs son instrumentos complejos y delicados.
- Las medidas dependen de la calibración del láser, de la calidad del sitio (nivel de ruido microsísmico, estabilidad térmica, ruido humano, etc.).
- AGs no se usan frecuentemente para monitoreo continuo.

Aplicaciones

- **Redes y estaciones de referencia**
  - Establecimiento de redes de referencia gravimétricas
  - Líneas de calibración
- **Metrología**
  - Calibrar gravímetros relativos
- **Estudio de las variaciones temporales del campo de gravedad**
  - Recuperación de redes (vulcanología , hidrología , el rebote post-glacial, terremotos)
  - Observaciones semipermanentes (mareas terrestres)

Gravímetro Superconductor

1er Gravímetro Superconductor (Prothero y Goodkind, 1968) → en 1979, GWR Instruments Inc.

Principales ventajas:

- El gravímetro superconductor funciona como un gravímetro relativo con una alta sensibilidad y alta estabilidad en el tiempo;
- Mediciones temporales locales de la gravedad en forma continua (1 seg);
- Muy baja deriva o drift (~2-6 μGal/año), que puede modelarse y corregirse;
- Su muy alta sensibilidad permite detectar señales con periodos de 1 segundo a varios años.

Principales desventajas:

- Instrumento relativo (requiere calibración), no es transportable y requiere mantenimiento;
- Muy baja temperatura de funcionamiento (helio líquido);
- Se requiere aislamiento térmico (Dewar criogénico).

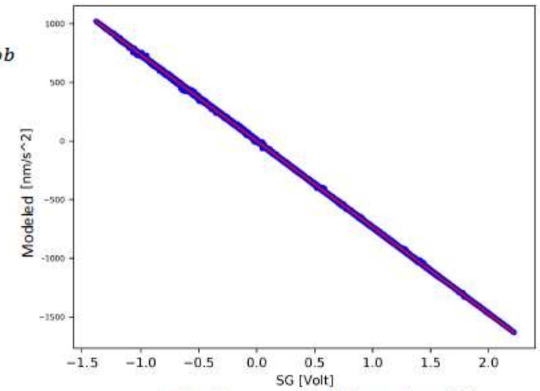
- First Scale Factor estimation: Theoretical Tides
  - Linear regression between gravity time series of the SG038 and theoretical tides.

$$g_{\{tides\}} + g_{\{OTL\}} + g_{\{atm\}} + g_{\{pole\}} + g_{\{ODT\}} + v = b_0 + b_1 SG_{\{ob}$$

where:

- $g_{\{tides\}}$: theoretical tides;
- $g_{\{OTL\}}$: Ocean Tide Loading effect;
- $g_{\{atm\}}$: atmospheric effect;
- $g_{\{pole\}}$: pole tides;
- $g_{\{ODT\}}$: storm surges of the river;
- v : residuals;
- b_0 : constant that represents the mean value of tides;
- b_1 : **calibration factor**;
- $SG_{\{obs\}}$: SG measurement in Volts.

➡ $b_1 = -735.98\ nm/s\^2/Volt$



▲ Up: Linear regression between theoretical tides and SG observations.

- Scale Factor estimation: combination of Absolute and Superconducting gravity observations.
  - Absolute gravity measurements are monthly available since January, 2018. Three absolute gravity measurements were developed during periods of high tides variability for the Scale Factor determination:

    May 16, 2018 (11786 individual drops)

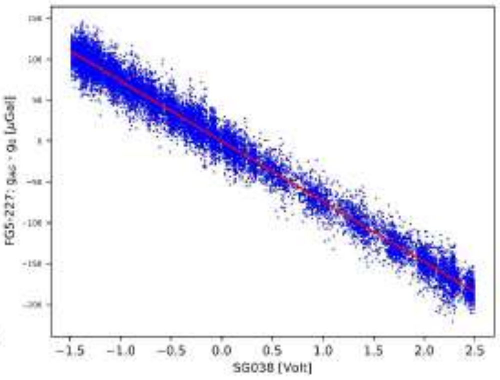
    July 12, 2018 (11808 individual drops)

    August 8, 2018 (14532 individual drops)

$$AG_{\{obs\}} + v = b_0 + b_1 SG_{\{obs\}}$$

where

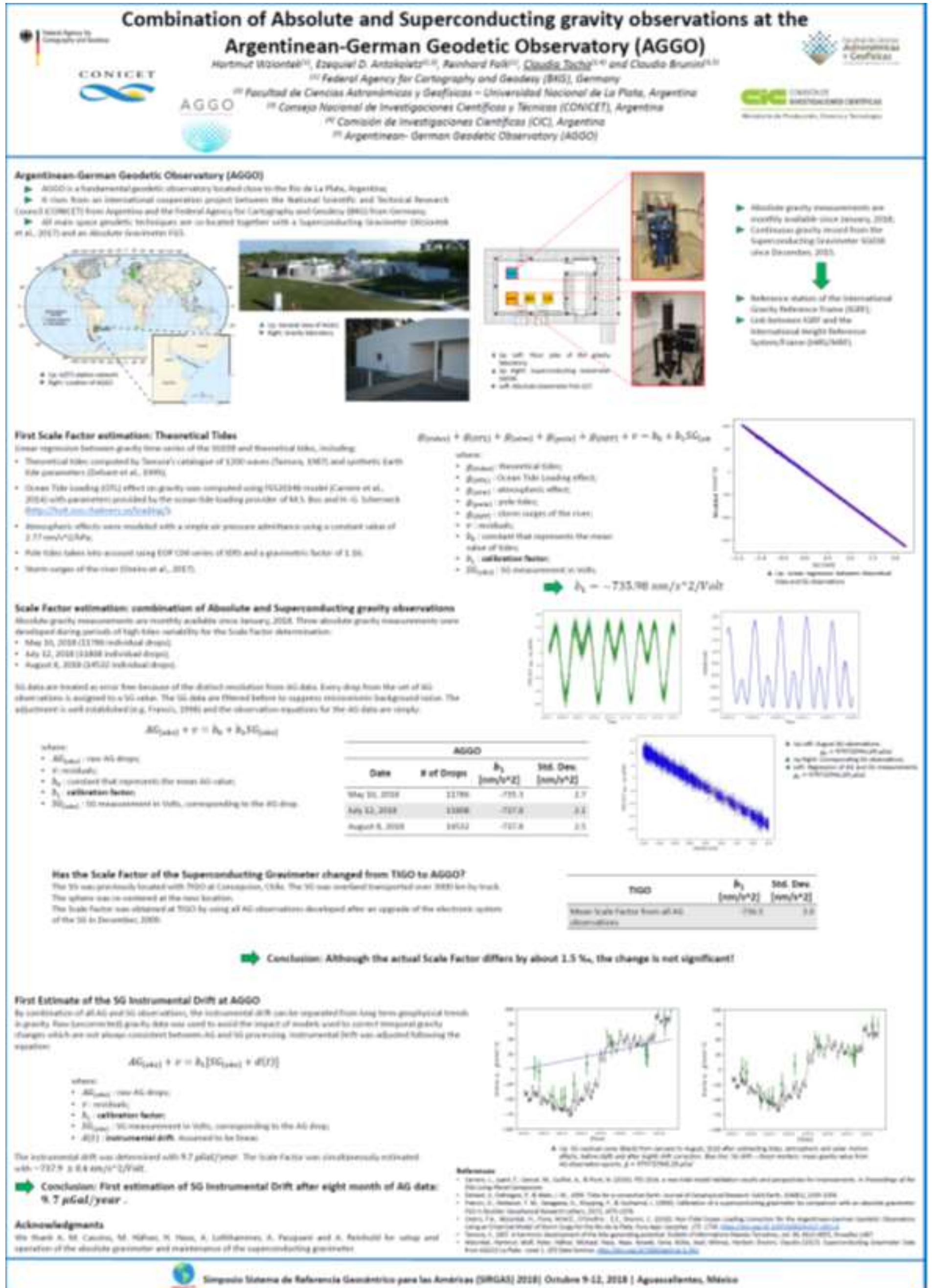
- $AG_{[obs]}$ are raw AG values (drops)
- $SG_{[obs]}$ are the corresponding filtered SG values
- v are the residuals
- b_1 is the calibration factor
- b_0 is a constant representing the mean AG value



Right: Correlogram of AG and SG observations in August 2018

Date	# Drops	Tide Var	Scale	Prec
		µGal	$nm/s^2/V$	$nm/s^2/V$
16-May-18	11786	274	-735.3	2.7
12-Jul-18	11808	303	-737.8	2.1
8-Aug-18	14532	294	-737.8	2.5

Has the Scale Factor of the Superconducting Gravimeter changed from TIGO to AGGO?


Combination of Absolute and Superconducting gravity observations at the Argentinean-German Geodetic Observatory (AGGO)
CONICET
AGGO
Argentinean-German Geodetic Observatory (AGGO)
First Scale Factor estimation: Theoretical Tides
Scale Factor estimation: combination of Absolute and Superconducting gravity observations
AGGO
Date
# of Drops
Std. Dev.
Has the Scale Factor of the Superconducting Gravimeter changed from TIGO to AGGO?
TIGO
Conclusion: Although the actual Scale Factor differs by about 1.5 ‰, the change is not significant!
First Estimate of the SG Instrumental Drift at AGGO
Acknowledgments
References

First Estimate of the SG Instrumental Drift at AGGO

By combination of all AG and SG observations, the instrumental drift can be separated from long term geophysical trends in gravity. Raw (uncorrected) gravity data was used to avoid the impact of models used to correct temporal gravity changes which are not always consistent between AG and SG processing. Instrumental Drift was adjusted following the equation:

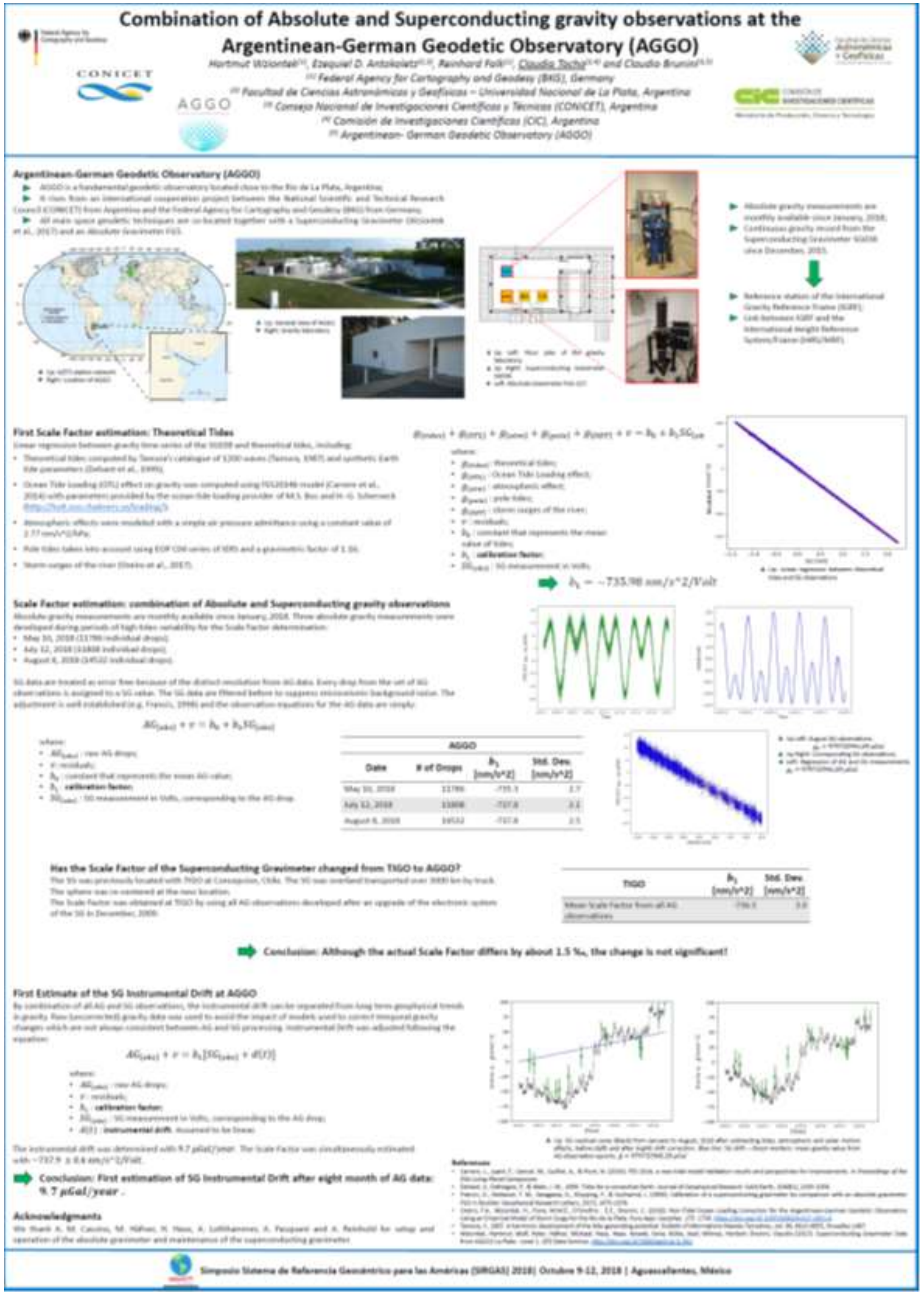
$$AG_{\{obs\}} + v = b_1[SG_{\{obs\}} + d(t)]$$

where:

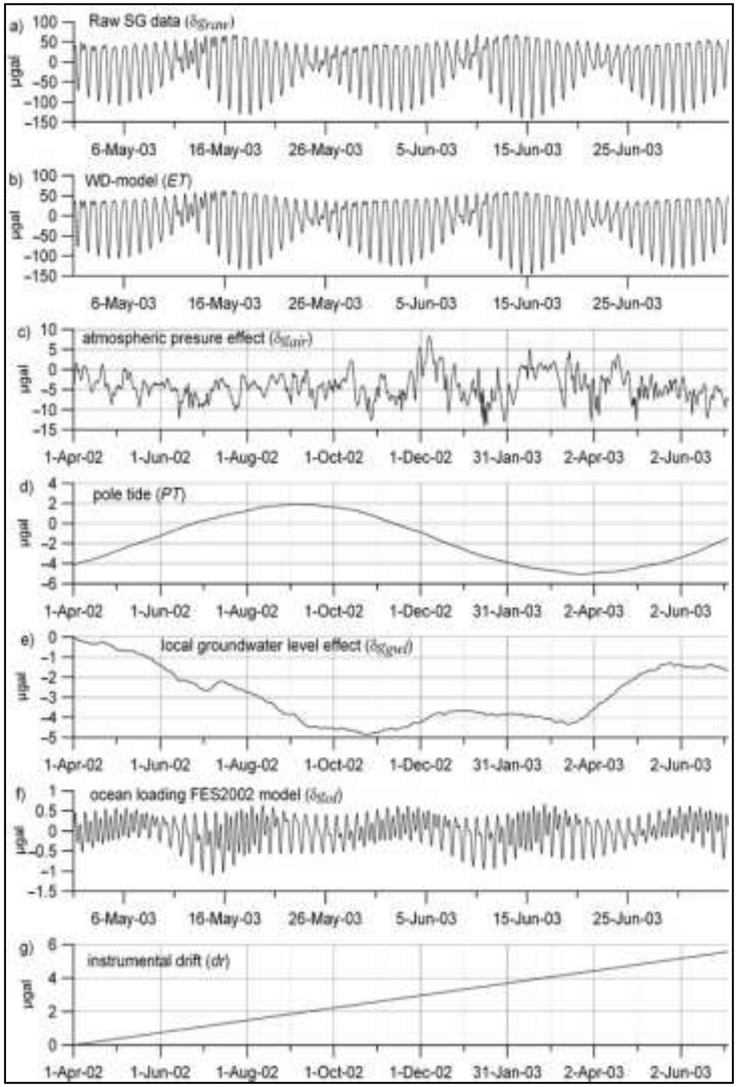
- $AG_{\{obs\}}$: raw AG drops;
- v : residuals;
- b_1 : calibration factor;
- $SG_{\{obs\}}$: SG measurement in Volts, corresponding to the AG drop;
- $d(t)$: instrumental drift. Assumed to be linear.

¿ Cual fue el drift instrumental estimado?

Muchas Gracias!



Señal gravimétrica y sus principales constituyentes (Estación Metsahovi, Finlandia)



(a) Señal gravimétrica registrada por un SG (δg_{raw}). Amplitud máxima: 213.12 μGal. Incluye:

(b) efectos del modelo WD de mareas terrestres teóricas (ET); Amplitud máxima: 210.08 μGal.

(c) efectos debidos a la presión atmosférica (δg_{air}); Amplitud máxima: 22.45 μGal.

(d) efectos debidos al movimiento del polo (PT) utilizando datos del IERS (δg_{pol}). Amplitud máxima: 4.85 μGal.

(e) efectos de los niveles de aguas subterráneas local (δg_{gwl}) en las cercanías del SG; Amplitud máxima: 4.85 μGal.

(f) efectos debidos a la carga oceánica basada en modelo FES2002 (δg_{ol}); Amplitud máxima: 1.94 μGal

(g) drift instrumental (dr) de 4.2 μGal/año.