

COMPARACIÓN DE DIFERENTES FUENTES DE DATOS GRAVIMÉTRICOS PARA CONEXIÓN DE REDES VERTICALES

A. Santacruz

E. L. Nicacio

S. de Freitas

J. Carrión

*Universidade Federal de Paraná (UFPR), Curitiba,
Paraná, Brasil.*

SIMPOSIO
SIRGAS 2017
SISTEMA DE REFERENCIA
GEOCÉNTRICO PARA LAS
AMÉRICAS

NOVIEMBRE AL 1 DICIEMBRE
MENDOZA, ARGENTINA

UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE
INGENIERÍA

UNIVERSIDAD
MAZA

SIRGAS

IAIG

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ



Lands

CNPq
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO
CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

SENESCYT
SECRETARÍA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR,
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

INTRODUCCIÓN

- El concepto moderno para obtención de Números Geopotenciales es a través del cálculo del potencial perturbador en la SF. El potencial perturbador puede ser calculado con técnicas espaciales modernas.
- La falta de datos gravimétricos observados crea la necesidad de buscar alternativas de solución para conectar segmentos de redes verticales.
- Este trabajo compara disturbios de la gravedad residuales calculados con gravedad terrestre y con gravedad derivada de aerogravimetría con disturbios de la gravedad calculados por el Modelo Global del Geopotencial (MGG) GOCO05c.
- Cada fuentes de datos gravimétricos fueron analizados, considerando sus limitantes y ventajas.

TEORÍA

Número Geopotencial

$$C_P = W_0 - W_P$$

$$W_P = U_P + T_P$$

Potencial Normal

$$U_P = U_0 + \frac{\partial U_0}{\partial h} h_P$$

Potencial Anómalo

$$T_P = \frac{R}{4\pi} \iint_s \delta g \cdot H(\psi) \cdot ds$$

$H(\psi)$ Función de Hotine-Koch

$$H(\psi) = \frac{1}{\sin\left(\frac{\psi}{2}\right)} - \ln\left(1 + \frac{1}{\sin\left(\frac{\psi}{2}\right)}\right)$$

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P \quad \text{Disturbio de la gravedad}$$

Análisis de los Disturbios de la Gravedad Residuales

- $W_0 = 62\,636\,853,4 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ valor convencional de la IAG, Resolución n°1. (IAG, 2015).

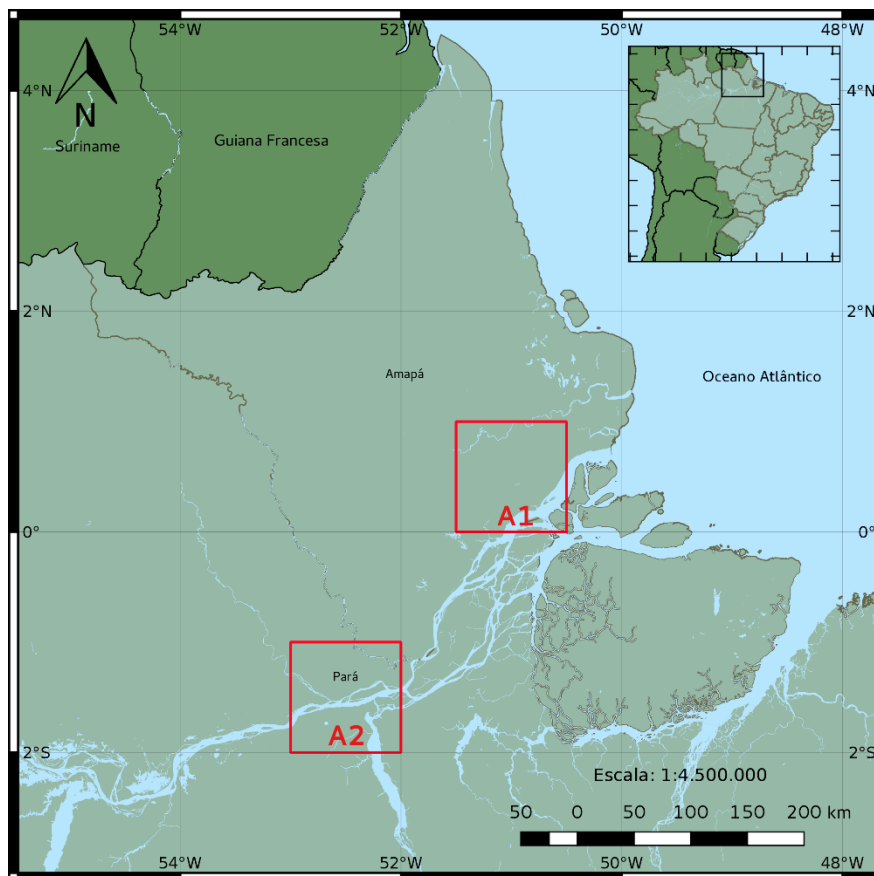
Fuente: Brovar (1972), HOFMann & Moritz (2005), de Freitas (2016).

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

- Las áreas de estudio ($1^\circ \times 1^\circ$ cada una), fueron delimitadas considerando la distribución de los datos de entrada.

ÁREA 1

LAT	LONG
-51,5	1
-50,5	1
-51,5	0
-50,5	0



ÁREA 2

LAT	LONG
-52,0	-1
-53,0	-1
--52,0	-2
-53,0	-2

METODOLOGÍA

Objetivo:

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

$$\delta g_{RES} = \delta g_{OBS} - \delta g_{MGG} - \delta g_{RTM}$$

DATOS
AEROGRAVIMÉTRICOS

- Selección de puntos (aprox. cada 5 km);
- Gravedad “original”;
- Reducción a la SF;
- Determinación de la gravedad en la SF basado en los datos aerogravimétricos

DATOS
GRAVIMÉTRICOS
TERRESTRES

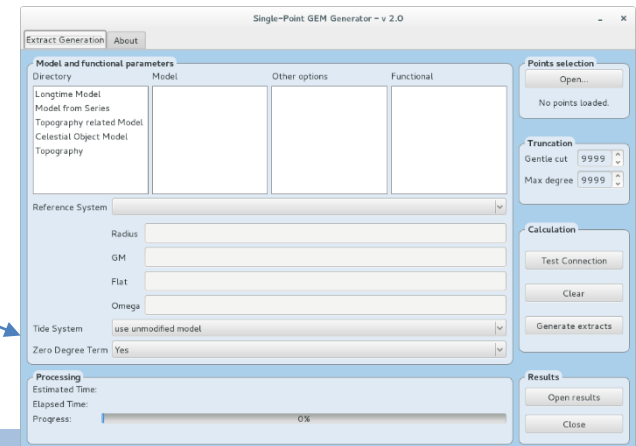
- Puntos de gravedad “original” puntual (aprox 2000 pto);
- Distribución heterogénea;

DATOS
MGG - GOCO05c

- Disturbio de la gravedad interpolada.
- Disturbio de la gravedad punto a punto.

$$T = T_{RES} + T_{MGG} + T_{RTM}$$

- **PVCG** para conexiones de redes verticales

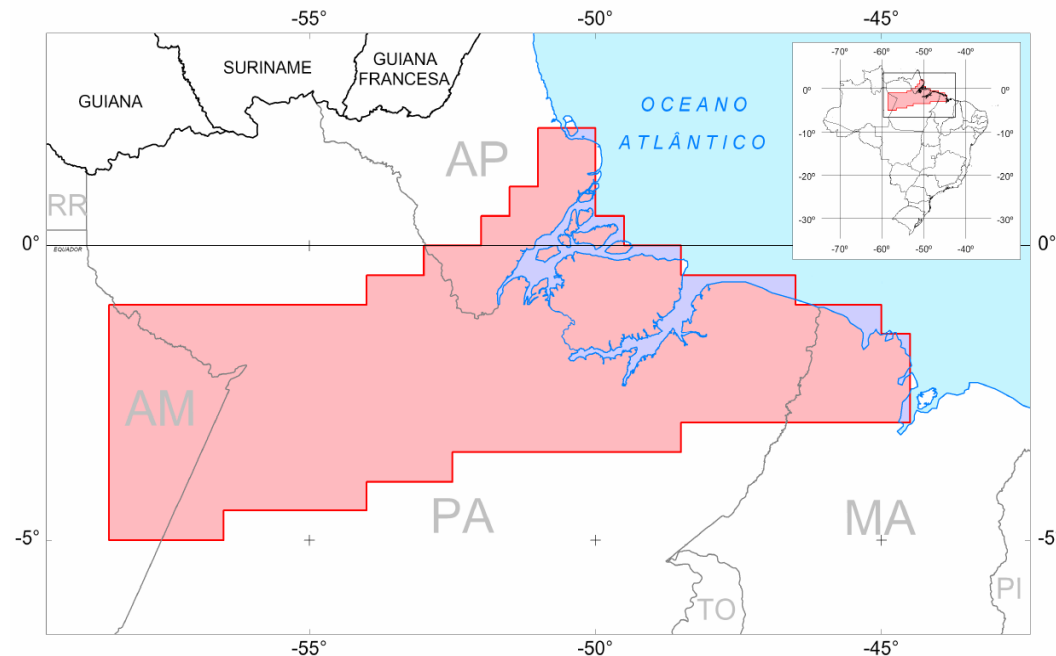


FUENTES DE DATOS

AEROGRAVIMETRÍA

- **FUENTE:** *Levantamento Aerogeofísico Para A Identificação De Áreas Com Ocorrência Potencial De Petróleo E Gás Nas Bacias Do Amazonas, Marajó E Adjacências. Tomo I: Área Amazonas. Aerolevantamento Gravimétrico & Magnetométrico. São Paulo, 26 de março de 2008. 8 millones de puntos levantados.*
- Colaboración del Banco Nacional de Datos Gravimétricos (BNDG), de la Agencia Nacional de Petróleo (ANP) y del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

- **DISTRIBUCIÓN:** Estados de Amapá, Pará, Amazonas y Maranhão.



FUENTES DE DATOS

AEROGRAVIMETRÍA

- **TRATAMIENTO DE LOS DATOS:** La distribución siguen las líneas de vuelo establecidas por el proyecto, con lo cual levantaron 8 millones de puntos distribuidos a una distancia menor de 20 metros (sin considerar sobreposición de las líneas de vuelo).

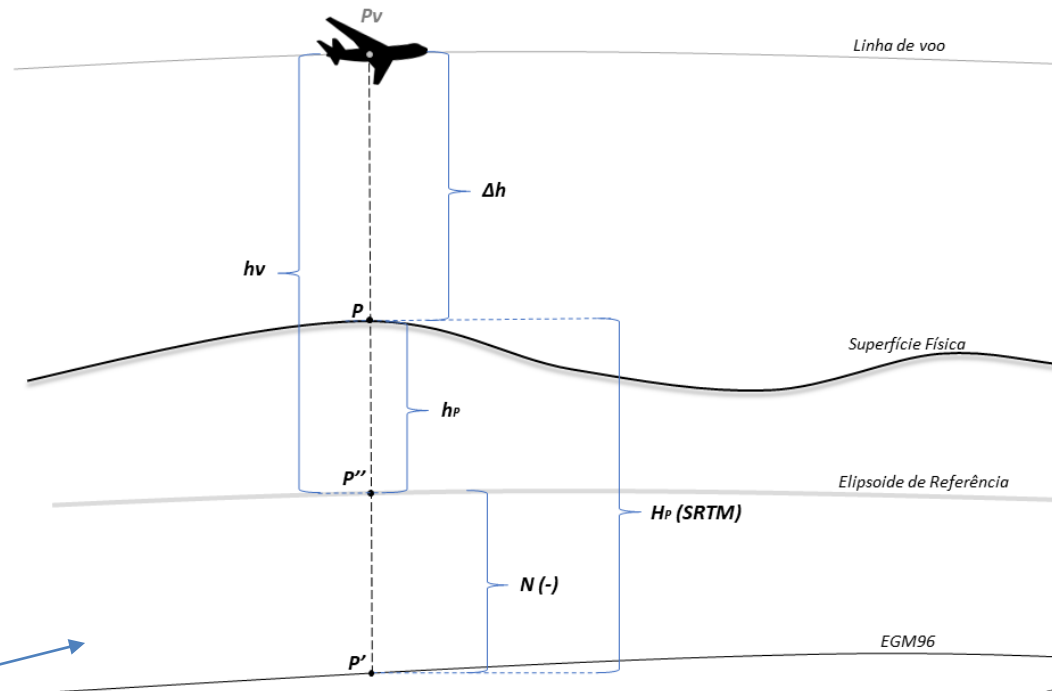
Debido al volumen de datos, fue necesario una redistribución de puntos. Por la resolución mínima de todos los datos usados, se estableció un espaciamiento de puntos cada 5 km.

$$h_P = H_{P(SRTM)} + N$$

$$\Delta h = h_P - h_v$$

$$g_P = g_v + \frac{\partial \gamma}{\partial h} \Delta h$$

- **HOMOGENIZACIÓN:** Análisis de los datos aerogravimétricos para su reducción a una única superficie de referencia. Fue usado SRTM30 PLUS $H_{P(SRTM)}$.
- Determinación de N , γ_P y $\gamma_{P''}$.

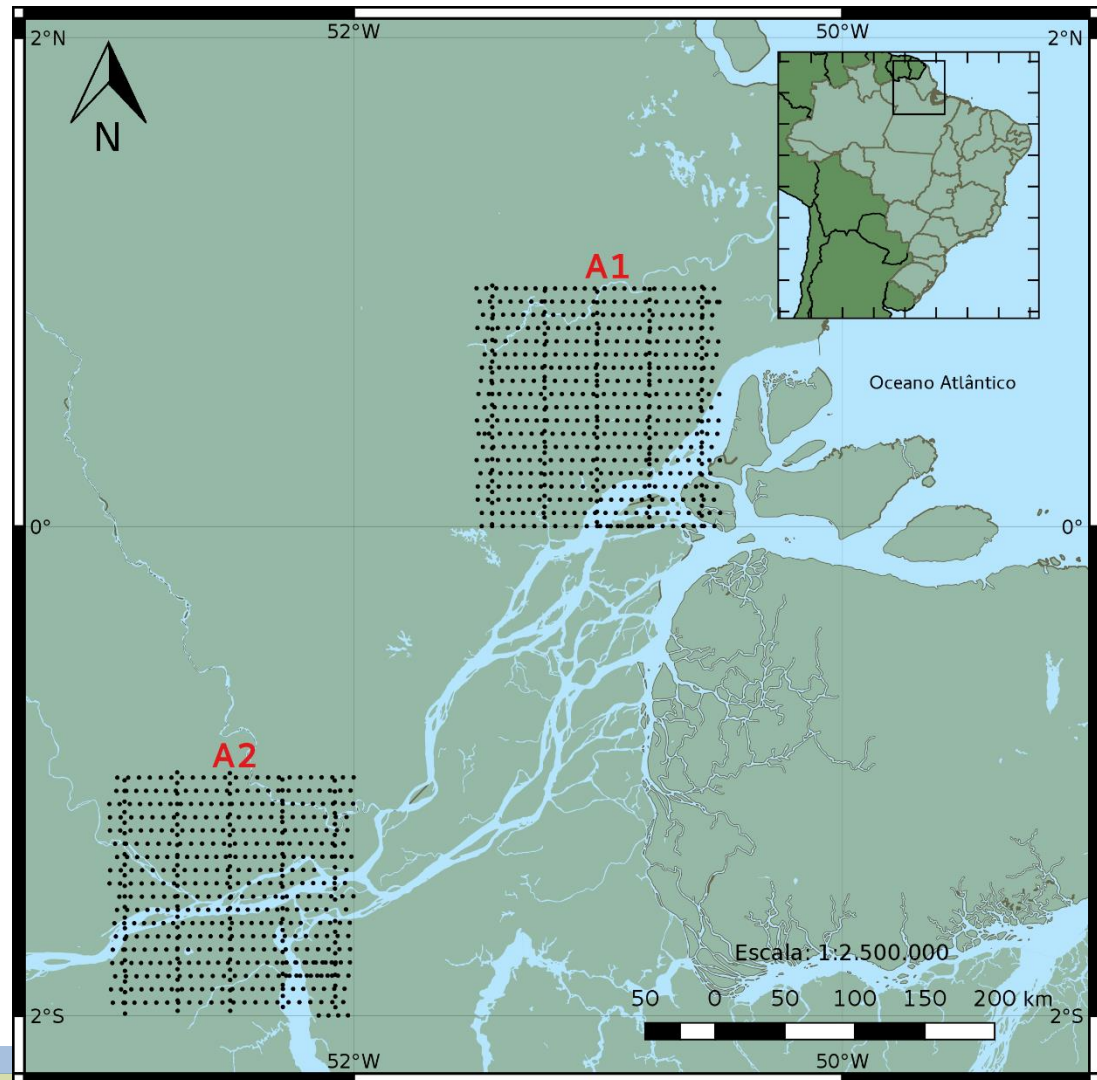


FUENTES DE DATOS

AEROGRAVIMETRÍA

ÁREA 1
582 PUNTOS

ÁREA 2
549 PUNTOS

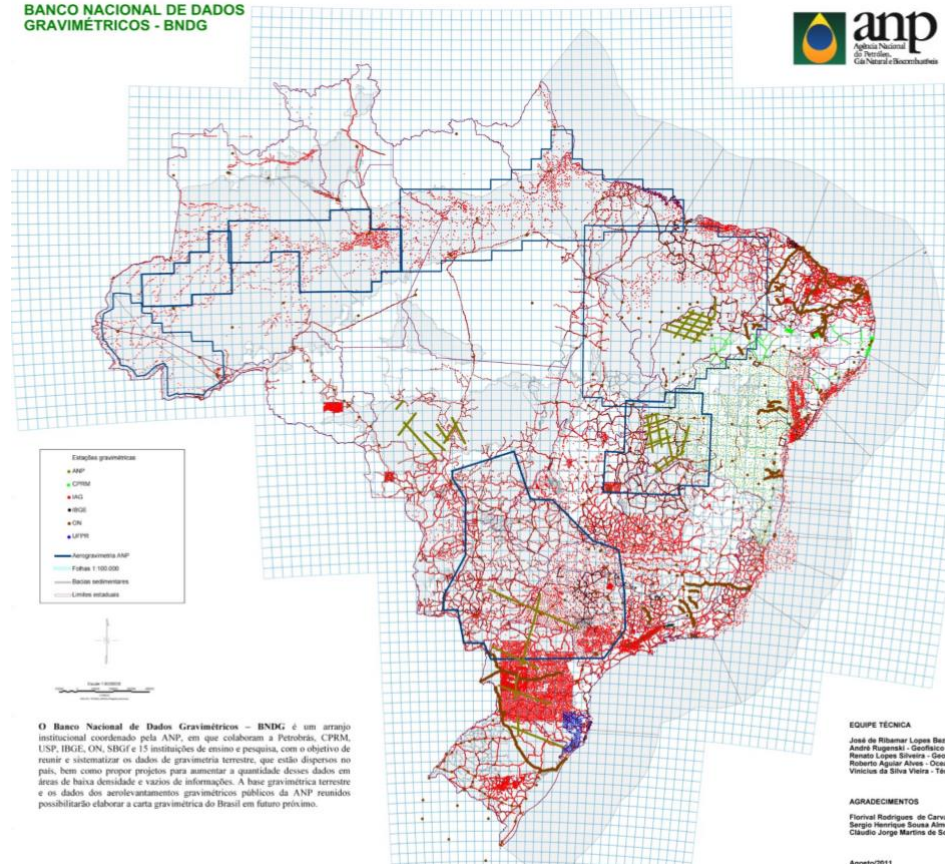


FUENTES DE DATOS

DATOS OBSERVADOS TERRESTRES

- **FUENTE:** Banco Nacional de Dados Gravimétricos (BNDG), levantado por diferentes Instituciones.
- **DISTRIBUCIÓN:** Brasil.
- **TRATAMIENTO DE LOS DATOS:** Realizado por el BNDG.
- **HOMOGENEIZACIÓN:** se consideran a los datos observados terrestres con la misma precisión. No cuentan con metadatos.

BANCO NACIONAL DE DATOS GRAVIMÉTRICOS - BNDG

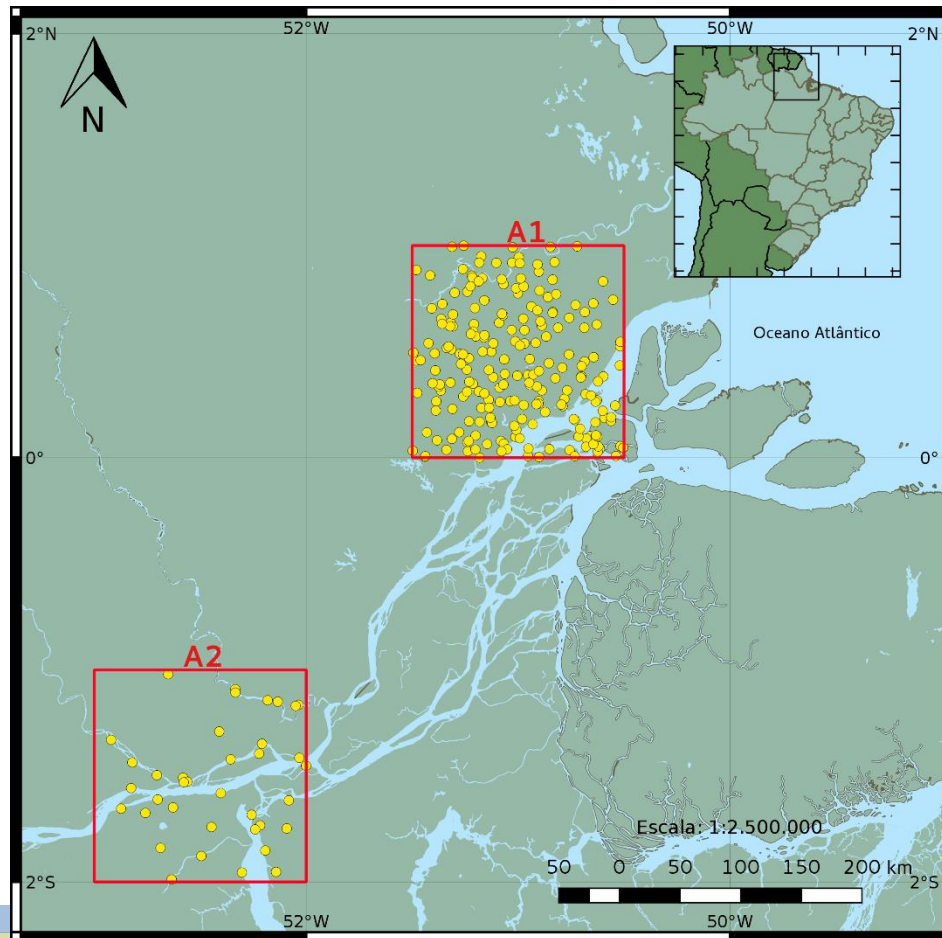


FUENTES DE DATOS

DATOS OBSERVADOS TERRESTRES

ÁREA 1
216 PUNTOS

ÁREA 2
37 PUNTOS



FUENTES DE DATOS

MODELO GLOBAL DEL GEOPOTENCIAL (MGG)

GOCO05c

- **FUENTE:**

- Technical University of Munich;
- University of Bonn;
- Graz University of Technology, Institute of Geodesy;
- Austrian Academy of Sciences, Space Research Institute;
- University of Bern, Astronomical Institute.



- **DISTRIBUCIÓN:** Global.

- **TRATAMIENTO DE LOS DATOS:** Desarrollado hasta el grado y orden 720.

Desde el lanzamiento del EGM2008 presenta innovaciones:

- Totalmente independiente del EGM2008, conteniendo datos de todo el periodo de la misión GOCE;
- Primer modelo que usa ponderación por ubicación durante la utilización de soluciones de misiones gravimétricas, aerotransportadas y terrestres;
- Grandes perspectivas para América del Sur.

Model	Year	Degree	Data	References
GOCO05c	2016	720	A, G, S	Fecher, T. et al, 2016

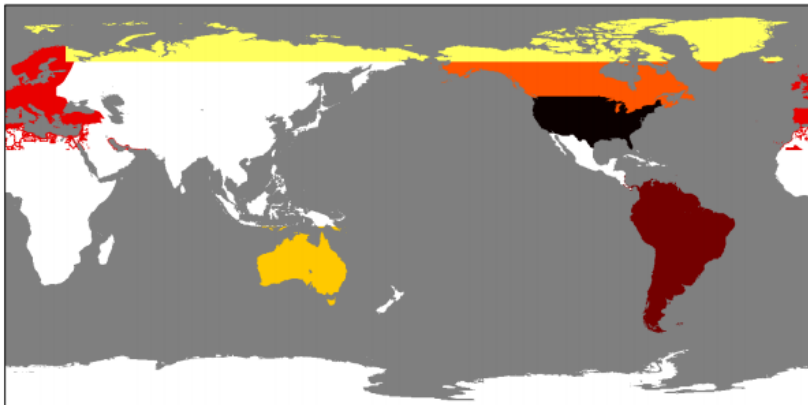


FUENTES DE DATOS

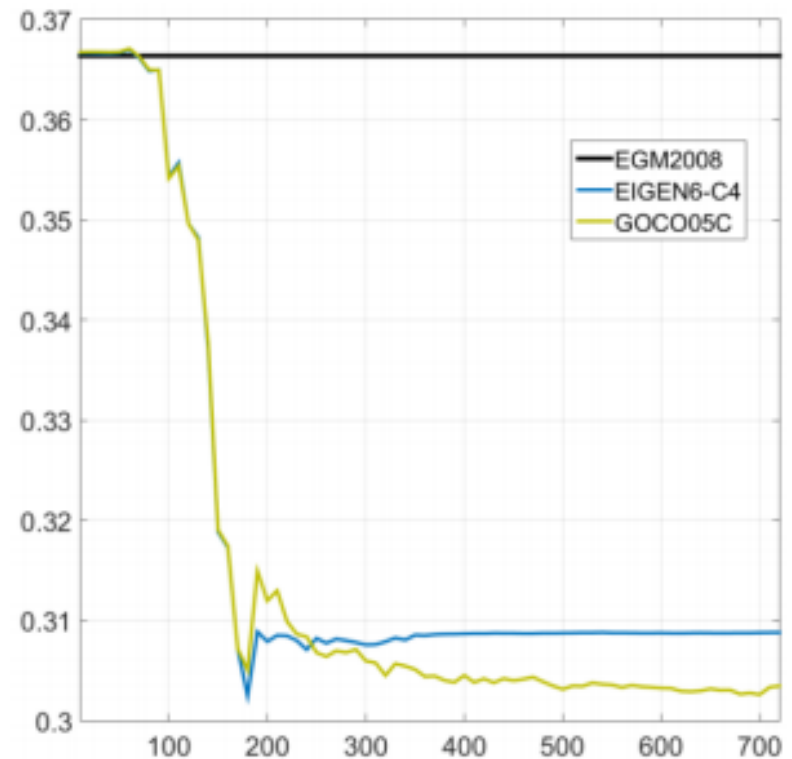
MODELO GLOBAL DEL GEOPOTENCIAL (MGG)

GOCO05c

Region	Source	Number of grid cells
Arctic	ArcGP Group	44522 (4.3 %)
Australia	Curtin University	11170 (1.1 %)
Canada	NRCan	19259 (1.9 %)
Europe	IfE Hanover	15625 (1.5 %)
Oceans	DTU Space	691818 (66.7 %)
South America	NGA	24818 (2.4 %)
USA	NGA	12895 (1.2 %)



Disponibilidad de datos de anomalía de la gravedad



RMS [m] confrontando con GNSS/nivelación

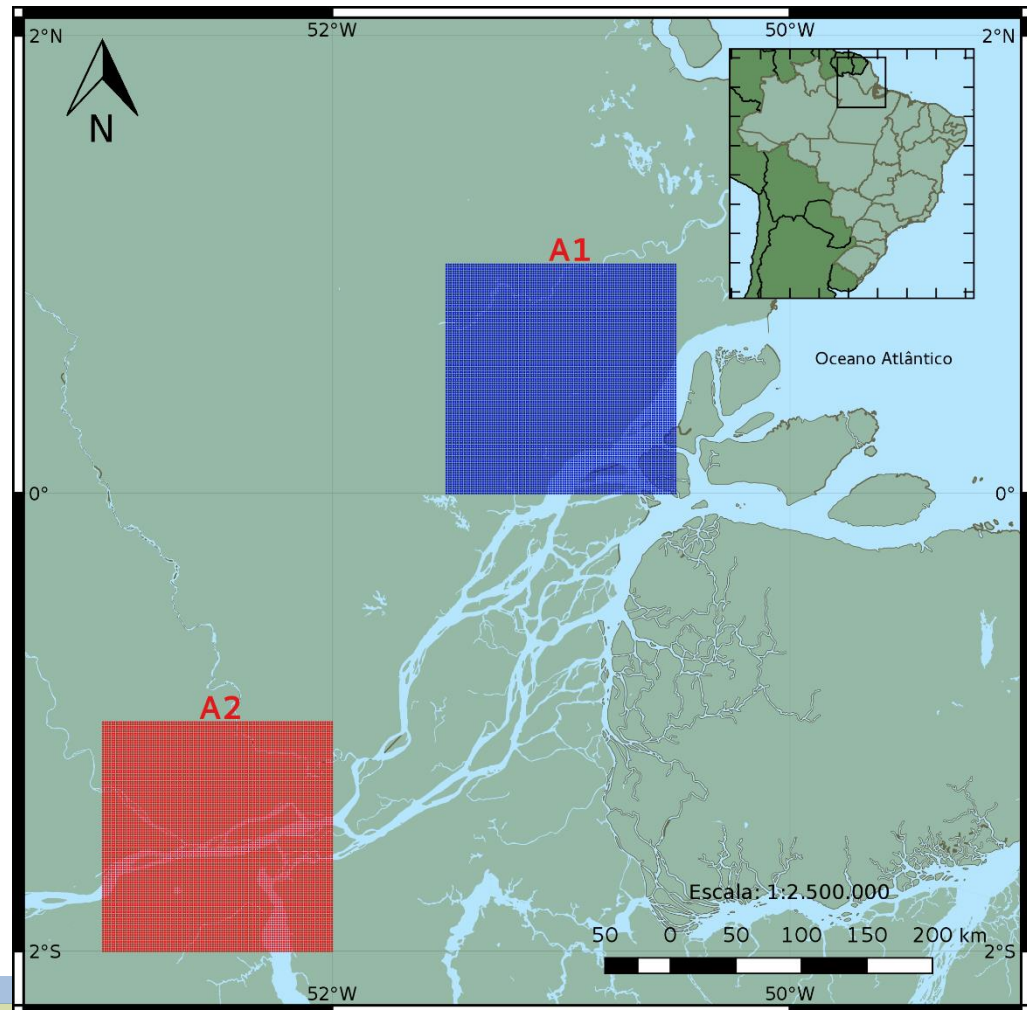
FUENTES DE DATOS

MODELO GLOBAL DEL GEOPOTENCIAL (MGG)

GOCO05c

ÁREA 1
10201 PUNTOS

ÁREA 2
10201 PUNTOS

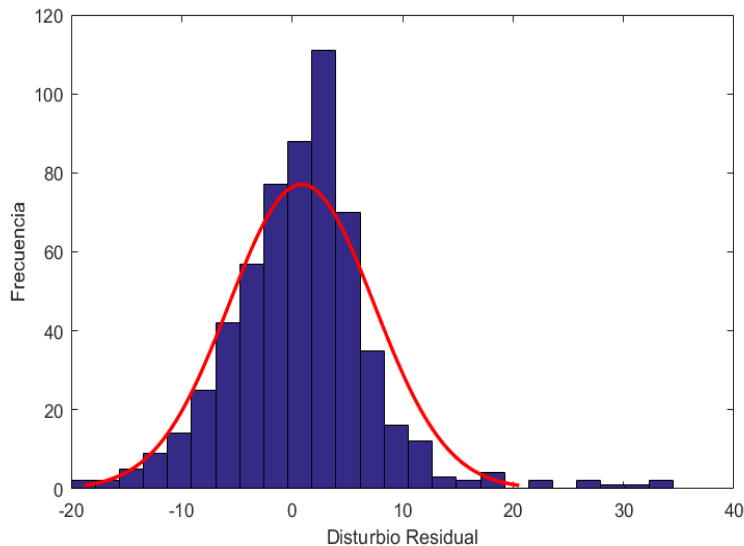


RESULTADOS: Disturbios Residuales

AREA 1: AEROGRAVIMETRIA - GOCO05c

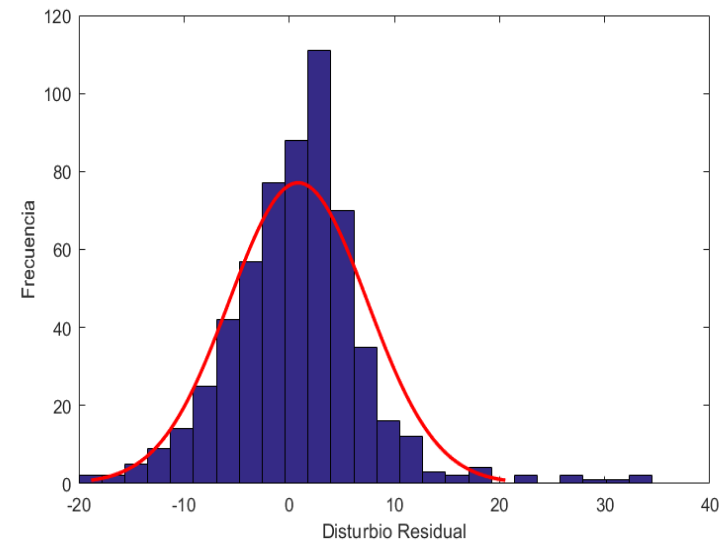
GRS 80, Mean-Tide;
 δg_P Aerogravimetría;
 δg_P MGG interpolado.

NUM PUNTOS	582
MAX (mGal)	34,343
MIN (mGal)	-19,807
PROM.(mGal)	0,862



GRS 80, Mean-Tide;
 δg_P Aerogravimetría;
 δg_P MGG punto a punto.

NUM PUNTOS	582
MAX (mGal)	35,044
MIN (mGal)	-18,889
PROM.(mGal)	0,846



RESULTADOS: Disturbios Residuales

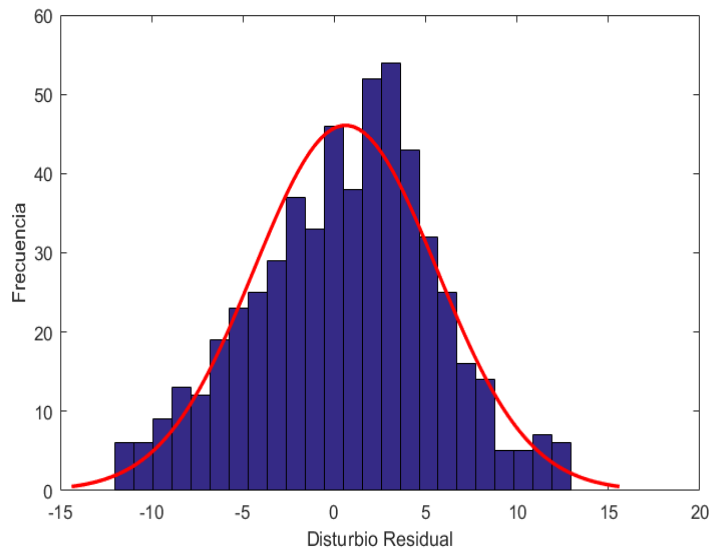
AREA 1: AEROGRAVIMETRIA - GOCO05c → Criterio (2σ) para tratamiento de Outliers

GRS 80, Mean-Tide;

δg_P Aerogravimetría;

δg_P MGG interpolado.

NUM PUNTOS	555
MAX (mGal)	12,957
MIN (mGal)	-11,962
PROM. (mGal)	0,610

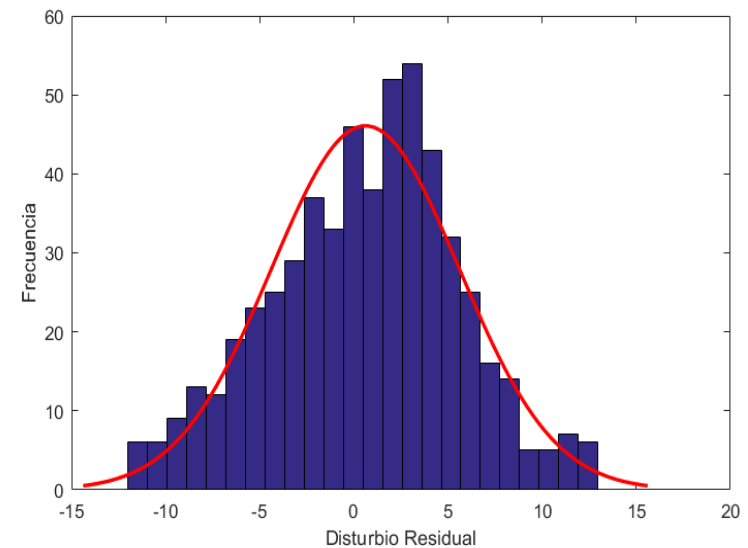


GRS 80, Mean-Tide;

δg_P Aerogravimetría;

δg_P MGG punto a punto.

NUM PUNTOS	555
MAX (mGal)	13,121
MIN (mGal)	-12,240
PROM. (mGal)	0,597

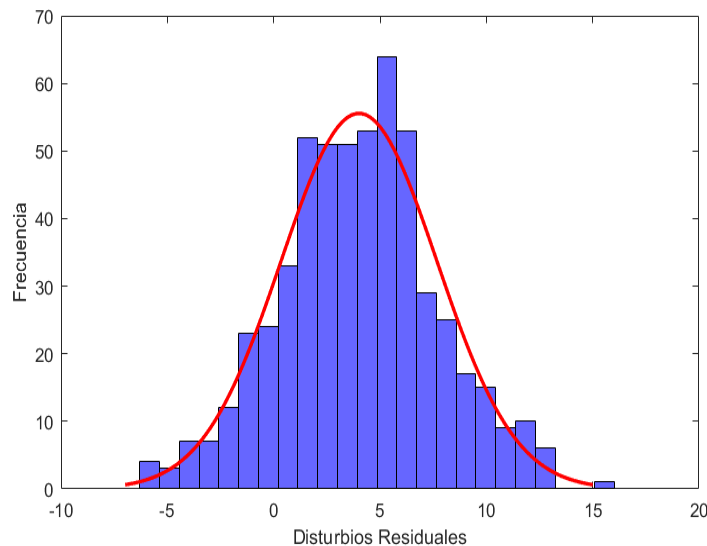


RESULTADOS: Disturbios Residuales

AREA 2: AEROGRAVIMETRIA - GOCO05c

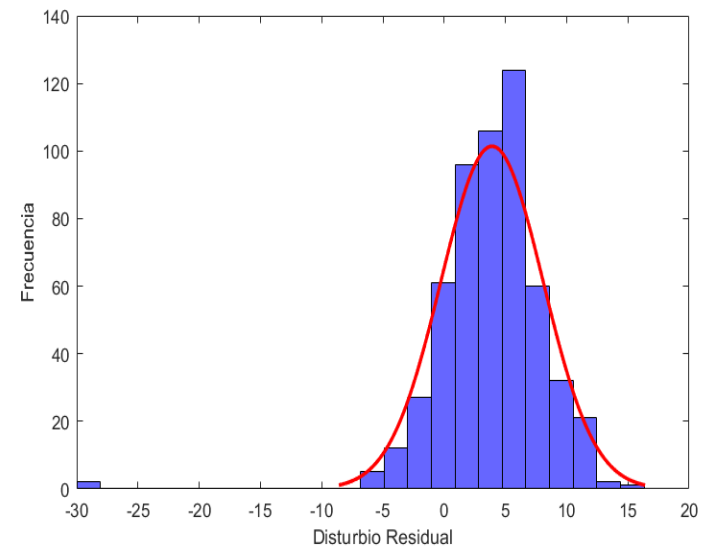
GRS 80, Mean-Tide;
 δg_P Aerogravimetría;
 δg_P MGG interpolado.

NUM PUNTOS	549
MAX (mGal)	15,940
MIN (mGal)	-5,761
PROM. (mGal)	4,012



GRS 80, Mean-Tide;
 δg_P Aerogravimetría;
 δg_P MGG punto a punto.

NUM PUNTOS	549
MAX (mGal)	16,242
MIN (mGal)	-29,876
PROM. (mGal)	3,907



RESULTADOS: Disturbios Residuales

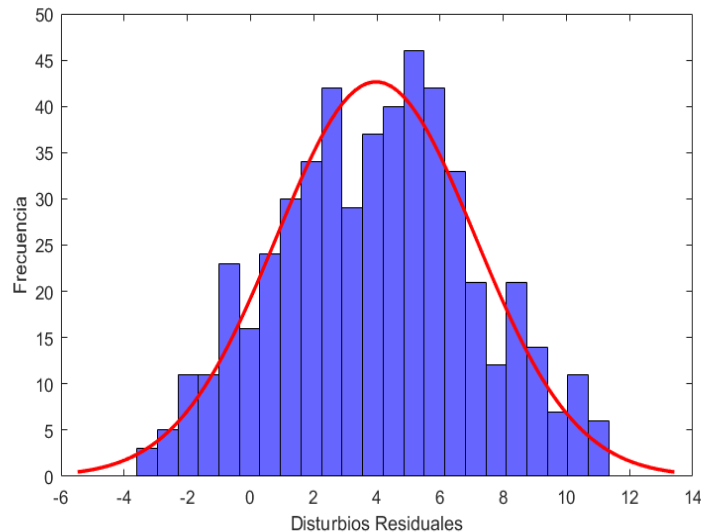
AREA 2: AEROGRAVIMETRIA - GOCO05c → Criterio (2σ) para tratamiento de Outliers

GRS 80, Mean-Tide;

δg_P Aerogravimetría;

δg_P MGG interpolado.

NUM PUNTOS	518
MAX (mGal)	11,291
MIN (mGal)	-3,207
PROM. (mGal)	3,972

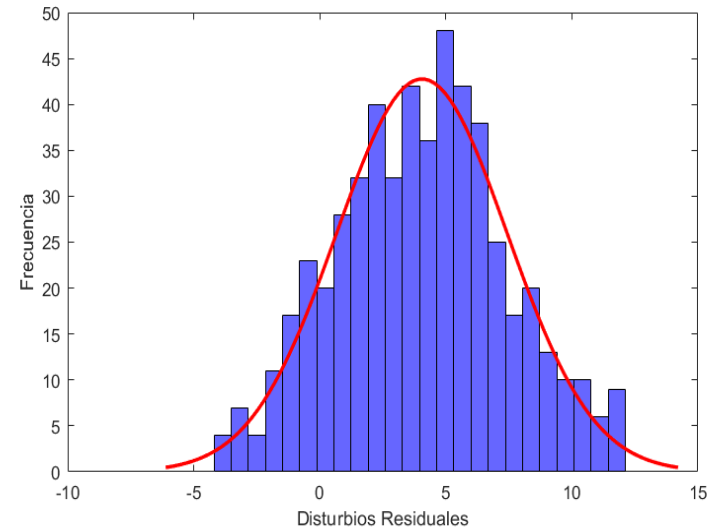


GRS 80, Mean-Tide;

δg_P Aerogravimetría;

δg_P MGG punto a punto.

NUM PUNTOS	534
MAX (mGal)	11,953
MIN (mGal)	-3,991
PROM. (mGal)	4,050

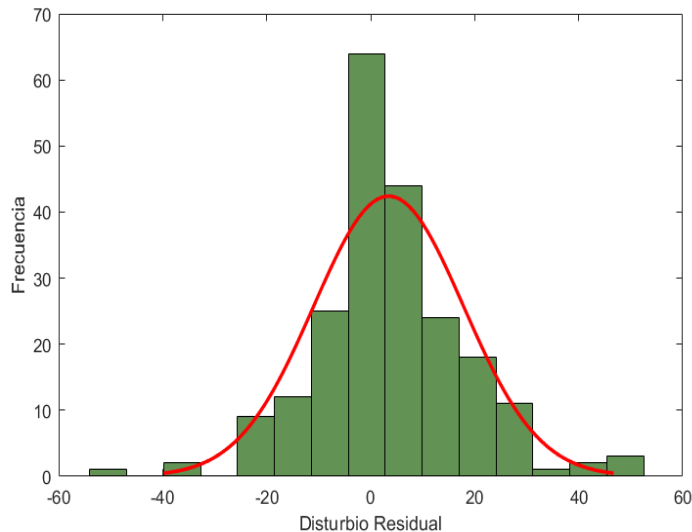


RESULTADOS: Disturbios Residuales

AREA 1: TERRESTRE - GOCO05c

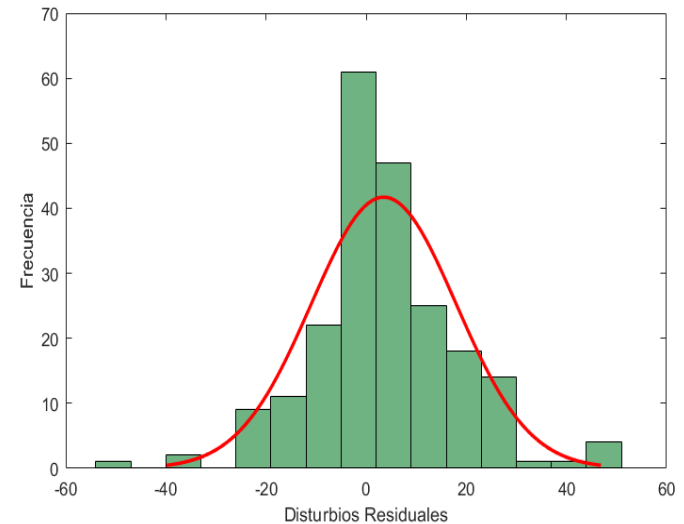
GRS 80, Mean-Tide;
 δg_P gravedad terrestre;
 δg_P MGG interpolado.

NUM PUNTOS	216
MAX (mGal)	51,202
MIN (mGal)	-48,256
PROM. (mGal)	3,441



GRS 80, Mean-Tide;
 δg_P gravedad terrestre;
 δg_P MGG punto a punto.

NUM PUNTOS	216
MAX (mGal)	50,993
MIN (mGal)	-48,636
PROM. (mGal)	3,508

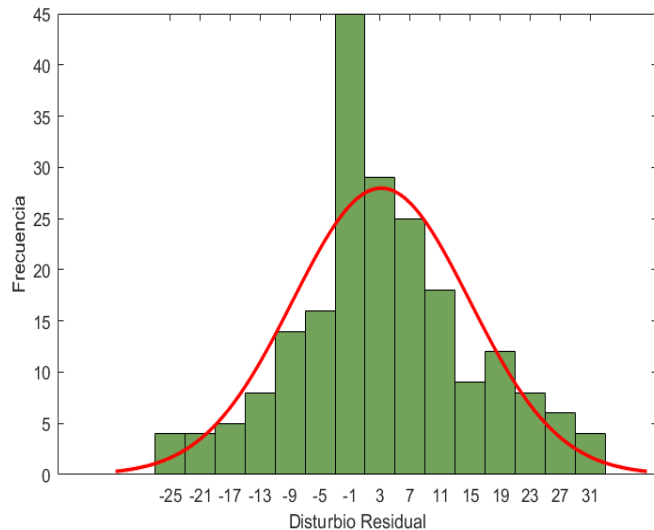


RESULTADOS: Disturbios Residuales

AREA 1: TERRESTRE - GOCO05c → Criterio (2σ) para tratamiento de Outliers

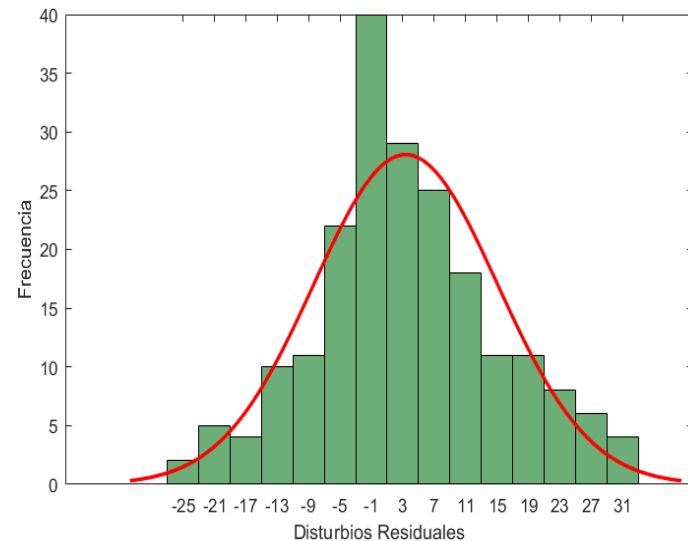
GRS 80, Mean-Tide;
 δg_P gravedad terrestre;
 δg_P MGG interpolado.

NUM PUNTOS	207
MAX (mGal)	31,589
MIN (mGal)	-25,265
PROM. (mGal)	3,143



GRS 80, Mean-Tide;
 δg_P gravedad terrestre;
 δg_P MGG punto a punto.

NUM PUNTOS	206
MAX (mGal)	31,559
MIN (mGal)	-24,853
PROM. (mGal)	3,362

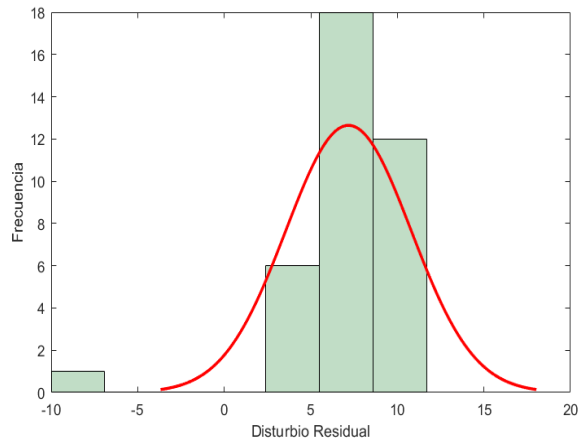


RESULTADOS: Disturbios Residuales

AREA 2: TERRESTRE - GOCO05c

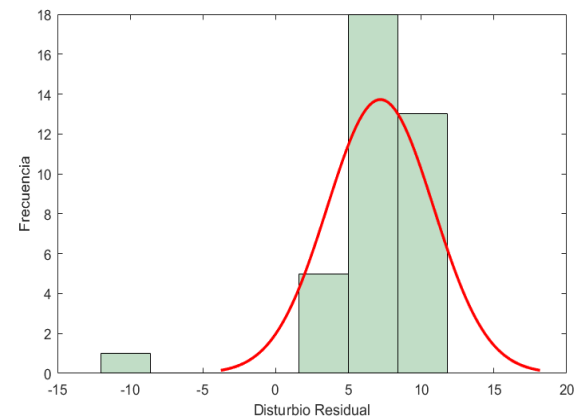
GRS 80, Mean-Tide;
 δg_P gravedad terrestre;
 δg_P MGG interpolado.

NUM PUNTOS	37
MAX (mGal)	11,61836
MIN (mGal)	-9,193
PROM. (mGal)	7,176482



GRS 80, Mean-Tide;
 δg_P gravedad terrestre;
 δg_P MGG punto a punto.

NUM PUNTOS	37
MAX (mGal)	11,78892
MIN (mGal)	-9,47399
PROM. (mGal)	7,194566



AREA 2: OBSERVADA - GOCO05c OUTLIERS (2σ) → no hubieron cambios

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el análisis de los disturbios residuales se notó una mejoría en el cálculo realizado con disturbios de la gravedad de GOCO 05c sin interpolación.
- El mejor resultado de los disturbios residuales fue entre los datos de aerogravimetría (Área 1 y Área 2) y GOCO05c no interpolado;
- Es importante conocer el Sistema de Referencia, Sistema de Marea, y posibles reducciones gravimétricas de los datos para evitar introducir errores;
- Se recomienda ponderar los datos de gravedad, dependiendo de su fuente, metodología de levantamiento y principalmente por su precisión.
- Para una mejoría en el cálculo de los residuales, se recomienda determinar también disturbios residuales con RTM;
- Para trabajos futuros se recomienda usar otros MGGs para determinación de disturbios residuales. Por ejemplo, el XGM2016;
- Es importante contar con los metadatos de los datos levantados ya que permiten una mejor homogenización, análisis y ponderación. Por ejemplo, los datos aerogravimétricos cuentan con información de su levantamiento y tratamiento, a diferencia de los datos observados terrestres. Este punto posiblemente sea relacionado con los resultados finales, dado que los datos aerogravimétricos presentan un menor disturbio residual.

REFERENCIAS

- ANDRADE, F., & KONZEN, L. **Levantamento Aerogeofísico Para A Identificação De Áreas Com Ocorrência Potencial De Petróleo E Gás Nas Bacias Do Amazonas, Marajó E Adjacências**. Tomo I: Área Amazonas. Aerolevantamento Gravimétrico & Magnetométrico. 2008.
- BROVAR, V. V., **A possible improvement in the accuracy of gravimetric results in Geodesy**. Sov. Astron. 15, 1055–1058. 1972.
- DE FREITAS, S. R. C. **SIRGAS – WGIII activities for unifying height system in Latin America**. Revista Cartográfica N°91, IPGH. 2015.
- FECHER, T., et al. **GOCO05c: A New Combined Gravity Field Model Based on Full Normal Equations and Regionally Varying Weighting**. *Surveys in Geophysics*, 2017, vol. 38, no 3, p. 571-590.
- IAG. **Resolution (N°1) for the definition and realization of an International Height Reference System (IHRs)**. Munchen, Alemanha, 2015.
- NICACIO, E. L. **Single Point GEM Generator**. 2016. Available in: <<http://www.cienciasgeodesicas.ufpr.br/spgg>>
- NICACIO, E.L., DALAZOANA, R. **Avaliação do Modelo Global do Geopotencial GOCO05c na região Sul do Brasil**. XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, 2017.
- HOFMANN-WELLENHOF, B.; MORITZ, H. **Physical Geodesy**. Springer Wien New York. 2005.

AGRADECIMIENTOS

- *Al CNPq a través de Grant N. 306936/2015-1, a la Secretaría Nacional de Educación Superior Ciencia Tecnología e Innovación (SENESCYT), UFPR-LARAS y al Ejército de Brasil;*
- *Un agradecimiento especial al Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), al Banco Nacional de Datos Gravimétricos (BNDG), de la Agencia Nacional de Petróleo (ANP) y por ofrecer los datos para el presente trabajo;*
- *Agradecemos también a SIRGAS y a la IAG por la ayuda económica a través del IAG Travel Award.*

MUCHAS GRACIAS!

andrea.santacruz@ufpr.br ;

euriconicaciojr@gmail.com ;

sfreitas@ufpr.br

josecarrionsa@gmail.com



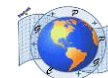
NOVIEMBRE AL 1 DICIEMBRE
MENDOZA, ARGENTINA

UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE
INGENIERÍA

UNIVERSIDAD
MAZA

SIRGAS



CNPq
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO
CIENTÍFICO e TECNOLÓGICO

SENESCYT
SECRETARÍA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR,
CIENCIA, TECNOLOGÍA e INNOVACIÓN