

Modelo Cuasigeoidal Oficial para Colombia (QGeoidCOL2023)

Harold Olarte Ramírez
Instituto Geográfico Agustín Codazzi

Geodesia Moderna
y Sistemas Globales de Referencia
21 al 24 de abril 2026

1



ÓRDEN DEL DÍA



Órden del Día

- ▶ Objetivos.
- ▶ Introducción.
- ▶ Superficies de referencia para las alturas.
- ▶ Sistema de Alturas.
- ▶ Descripción técnica de cálculo.
- ▶ Modelo Oficial de Colombia.

2



OBJETIVOS



Objetivos

▶ **Objetivo General:**

Socializar el modelo cuasigeoidal QGeoidCOL2023 oficial para Colombia.

▶ **Objetivos específicos:**

1. Socializar la metodología de cálculo usada para la generación del modelo.
2. Socializar la validación realizada con datos GNSS y de nivelación.
3. Presentar las especificaciones del modelo su disponibilidad (formatos) y el acceso al mismo.

3

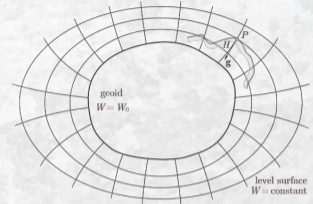


INTRODUCCIÓN



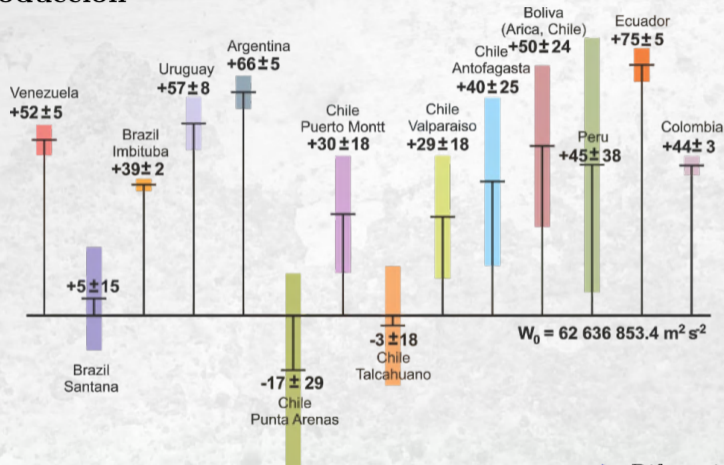
Introducción

- ▶ **El problema de la Geodesia** *“El problema de la geodesia es determinar la figura y el campo de gravedad externo de la tierra y de otros cuerpos celestes en función del tiempo; al igual que, determinar el elipsoide terrestre medio a partir de parámetros observados sobre y exteriormente a la superficie de la tierra”* [Torge, 2001].



- ▶ **La Subdirección Cartográfica y Geodésica** en cumplimiento de sus funciones misionales descritas en el artículo 23 del Decreto 846 de 2021 por el cual se definen entre otras funciones de la Subdirección Cartográfica y Geodésica las de: “2. Diseñar y administrar el Sistema Nacional de Referencia Geodésico, Gravimétrico y Geomagnético del país”, “3. Efectuar el levantamiento y procesamiento de la información de las Redes Nacionales de Referencia y de los demás proyectos geodésicos, gravimétricos y geomagnéticos, de acuerdo con los estándares nacionales e internacionales”

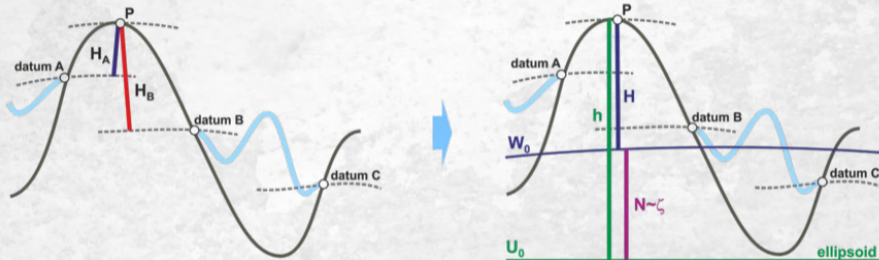
Introducción



► Tomado de Taller SIRGAS 2022 Dra. L.Sánchez.

► Diferencias de Datums Locales y el valor de W_0^{IHRF} .

Introducción



Tomado de Taller SIRGAS 2022 Dra. L.Sánchez.

- ▶ Definición de un sistema de referencia de alturas único basado en la Teoría del Potencial de Gravedad.
- ▶ Fortalecer conversión de alturas GNSS a alturas Físicas.

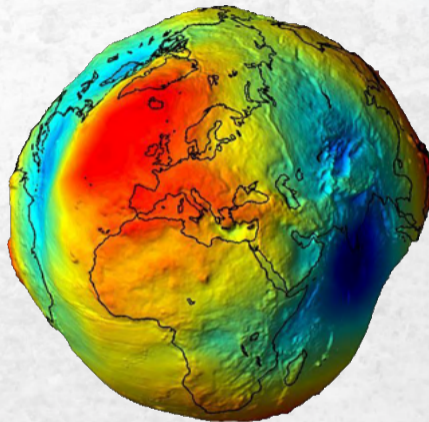
4



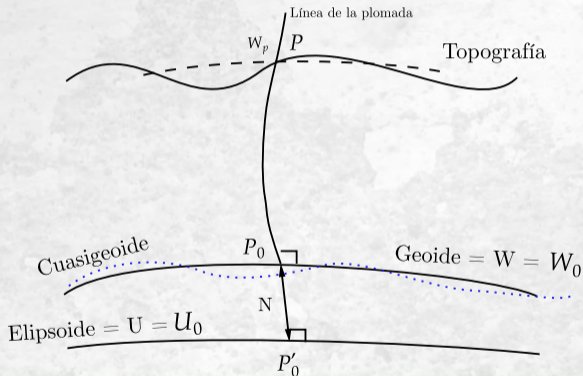
SUPERFICIES DE REFERENCIAS PARA LAS ALTURAS



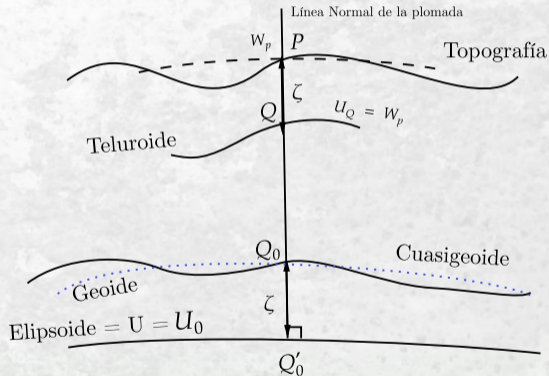
- ▶ **Definición de Geoide:** *“Consideramos las aguas del océano como materia homogénea que se mueve libremente, la cuál está sujeta únicamente al campo de gravedad de la tierra. Después de alcanzar un estado de equilibrio la superficie de tales océanos asume una superficie de nivel del campo de gravedad”* [Torge, 2001].



TEORÍA CLÁSICA DE STOKES



TEORÍA MODERNA DE MOLODENSKY

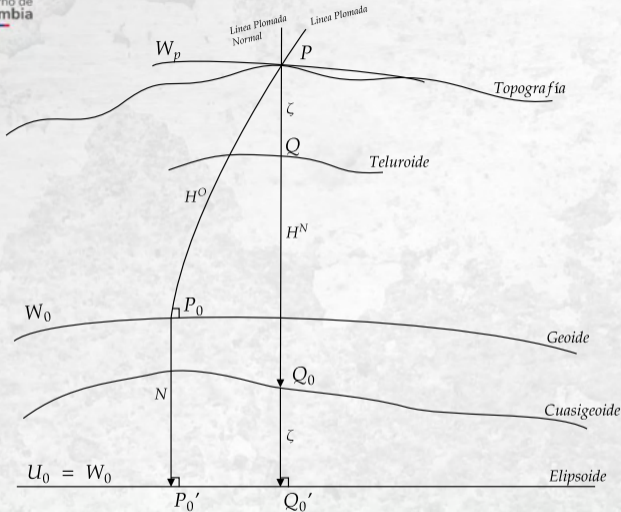


5



SISTEMAS DE ALTURAS

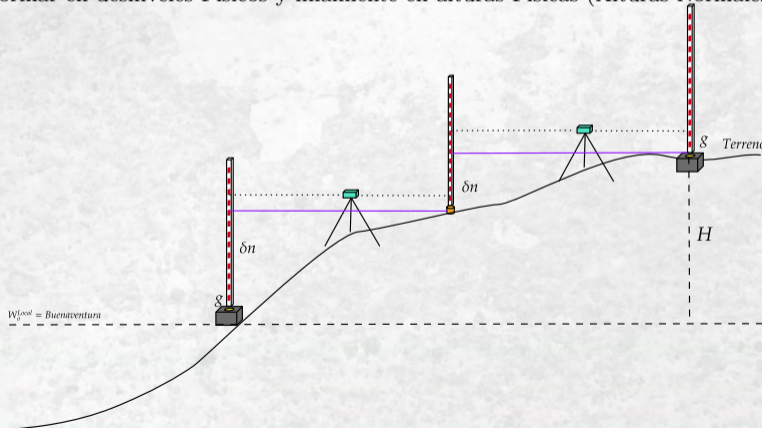




- ▶ **Alturas ortométricas (H^O):**
 $H^O = h - N.$
- ▶ **Alturas normales (H^N):**
 $H^N = h - \zeta.$
- ▶ **Alturas elipsoidales (h):**
 $h = N + H^O = \zeta + H^N.$

Las alturas derivadas de las cantidades N y ζ son consideradas alturas físicas igualmente válidas, H^O y H^N respectivamente.

- ▶ **Alturas Niveladas (H):** Estas alturas se propagan mediante Nivelación Geodésica, Nivelación de precisión o también llamada Nivelación Geométrica refiriéndose a un W_o^{Local} : **Datum Vertical del Mareógrafo de Buenaventura** para el caso de Colombia. Estas diferencias geométricas capturadas desde el mareógrafo de Buenaventura y materializadas en la Red de Nivelación Nacional, se pueden transformar en desniveles Físicos y finalmente en alturas Físicas (Alturas Normales u Ortométricas).



6

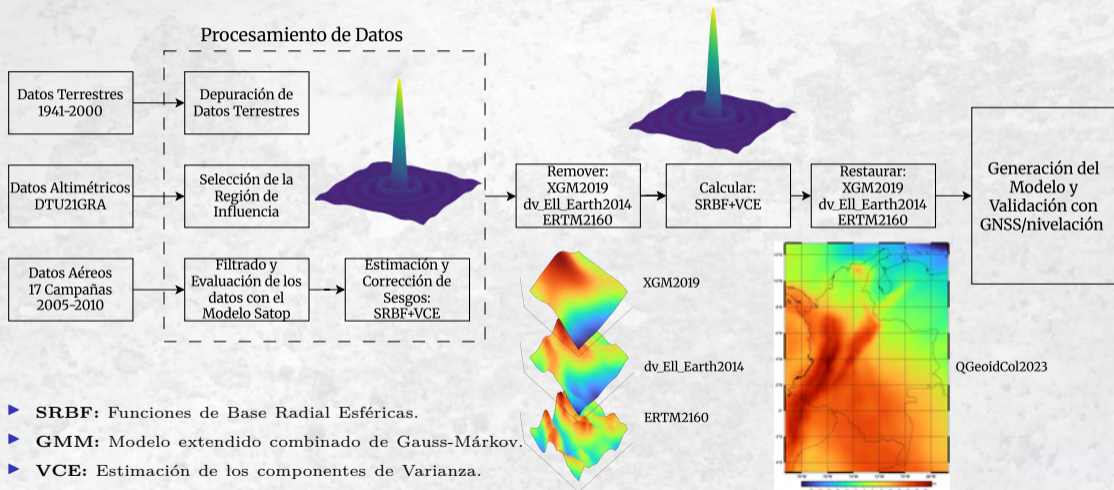


DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL CÁLCULO



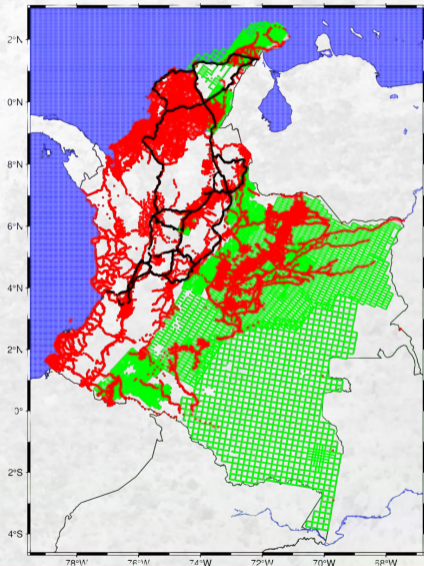
Descripción técnica del cálculo

La metodología de cálculo para el QgeoidCOL2023 está soportada en el artículo [Liu et al., 2024].



Descripción técnica del cálculo

- ▶ El tratamiento de datos gravimétricos a grandes rasgos se desarrolla:
 1. **Datos Terrestres:** Se trabajan perturbaciones de gravedad δg . Realizando una serie de pasos para estandarizar los datos en términos de Datums Horizontales y limpieza de Outliers.
 2. **Datos Aéreos:** Se trabajan perturbaciones de gravedad δg , con la aplicación de una función polinómica cúbica (CuP) con características de suavizado como filtro paso bajo para eliminar el ruido de alta frecuencia en los datos aéreos después de reducir la frecuencia de muestreo a 1/50 Hz. Con una continuación analítica implícita en el uso de las Funciones de Base Radial Esféricas.
- ▶ Se usan 65 763 Datos Terrestres, 1'775 140 Datos Aéreos y 3025 Datos de GNSS/Nivelación. Para las Zona marina se usa DTU21Gra. [Liu et al., 2024]

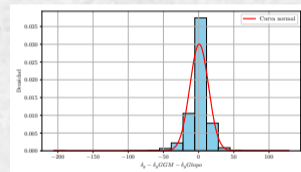
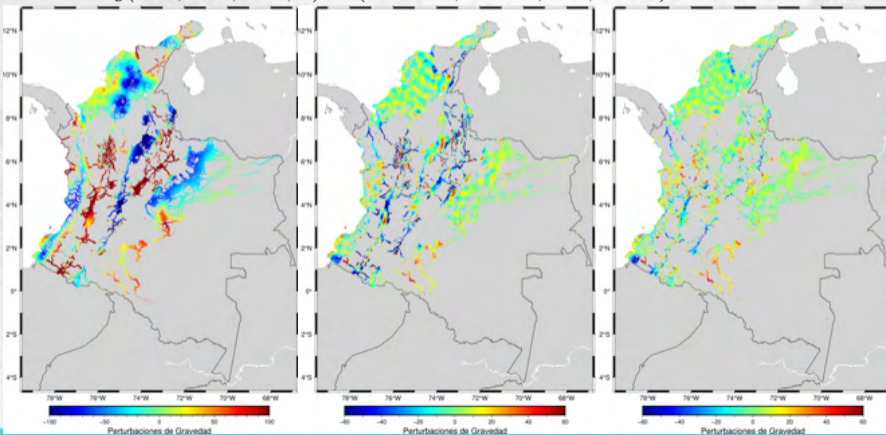


► Proceso de Remove de datos terrestres.

► $\delta g(\min, \max, \text{med}, \sigma) = (-295.02, 370.49, -1.25, \mathbf{71.38})$

► $\delta g - \delta g^{GM}(\min, \max, \text{med}, \sigma) = (-222.36, 141.28, -3.91, \mathbf{23.82})$

► $\Delta \delta g(\min, \max, \text{med}, \sigma) = (-205.77, 128.24, 0.70, \mathbf{13.27})$

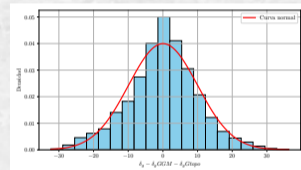
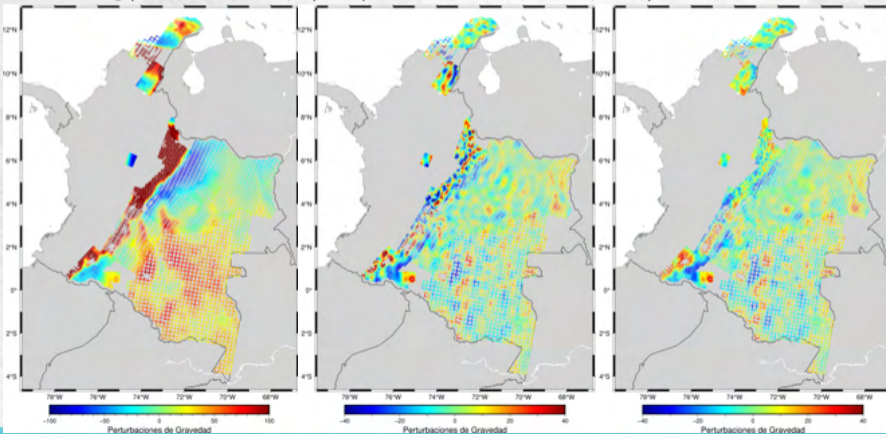


► **Proceso de Remove de datos Aereos.**

► $\delta g(\min, \max, \text{med}, \sigma) = (-105.81, 523.90, 32.43, \mathbf{66.58})$

► $\delta g - \delta g^{GGM}(\min, \max, \text{med}, \sigma) = (-58.79, 84.45, -0.08, \mathbf{12.98})$

► $\Delta \delta g(\min, \max, \text{med}, \sigma) = (-34.25, 34.35, -0.01, \mathbf{9.96})$

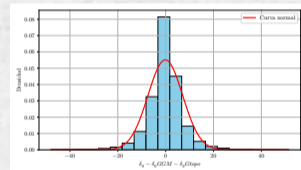
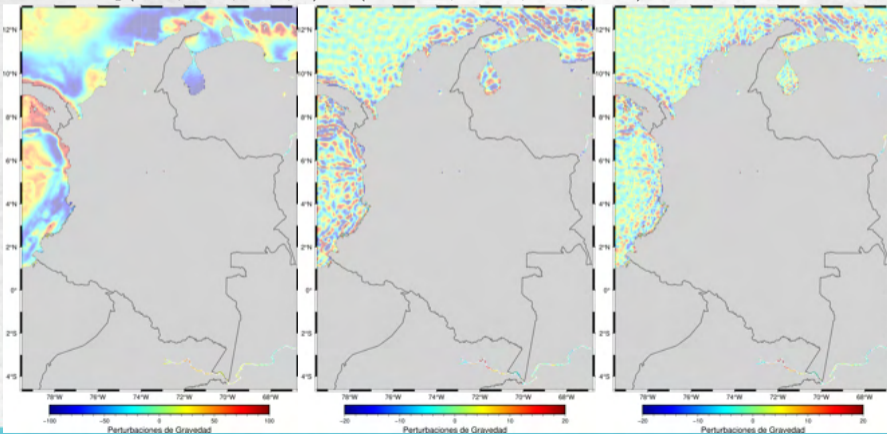


► **Proceso de Remove de datos altimetría satelital.**

► $\delta g(\min, \max, \text{med}, \sigma) = (-208.52, 257.34, -15.12, \mathbf{53.04})$

► $\delta g - \delta g^{GM}(\min, \max, \text{med}, \sigma) = (-77.66, 78.96, -0.14, \mathbf{11.23})$

► $\Delta \delta g(\min, \max, \text{med}, \sigma) = (-47.83, 51.60, 0.01, \mathbf{7.24})$



La metodología de cálculo para el cuasigeoide 2023 está soportada en el artículo [Liu et al., 2024].

- ▶ Para el modelo de QgeoCOL2023 se soluciona el problema de valor de contorno geodésico escalar fijo, mediante el uso de las perturbaciones de gravedad $\delta_g = g_p - \gamma_p$.
- ▶ El método Numérico empleado se fundamenta en Funciones de Base Radial Esféricas para la construcción de las matrices de diseño, y la solución se basa en una estimación de parámetros de un modelo extendido combinado de Gauss-Márkov.

$$\zeta_i^{\hat{res}} = \frac{1}{\gamma_{Q_i}} \cdot \sum_{j=1}^K B(x_i, x_k) \hat{d}_j, \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, P. \quad (1)$$

Donde P es el número total de puntos del modelo grid, K el número total de parámetros, y

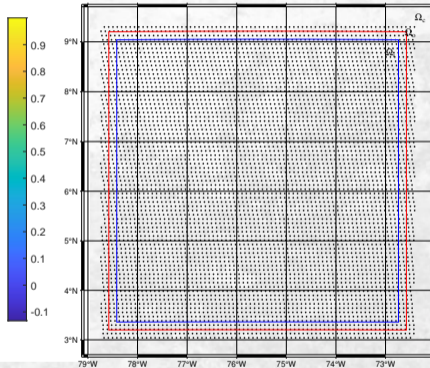
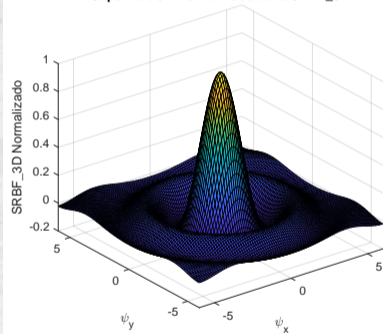
$$B(x_i, x_k) = \sum_{n=0}^{N_{max}} \frac{2n+1}{4\pi} \left(\frac{R}{r_i}\right)^{n+1} \cdot P_n(\cos(\psi_{(x_i, x_k)})). \quad (2)$$

- ▶ Se emplea la técnica espectral RCR (Remover-Calcular-Restaurar). $\Delta\delta_g = \delta_g - \delta_g^{GGM} - \delta_g^{Gtopo}$ y $\zeta = \zeta^{res} + \zeta^{GGM} + \zeta^{Gtopo}$.

Descripción técnica del cálculo

- ▶ Las Funciones de Base Radial tienen la siguiente representación gráfica y van centradas en cada punto de la Grilla Reuter [Reuter, 1982], y el modelo se configura de la siguiente manera para eliminar el efecto de borde.

Superficie 3D Normalizada de la SRBF_3D



- ▶ Las Funciones se usan para calcular las matrices de diseño A (Paso de Análisis) y B (Paso de Síntesis).

- ▶ **Paso de análisis:** Estimación de Coeficientes \hat{d}

$$\hat{\Delta}g = A\hat{d}.$$

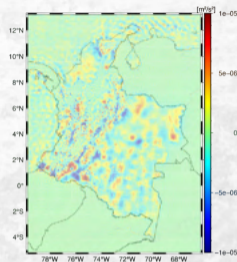
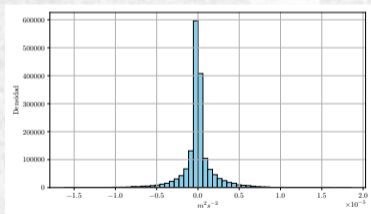
- ▶ **Paso de síntesis:** Estimación del potencial perturbador \hat{T} .

$$\hat{T} = B\hat{d}.$$

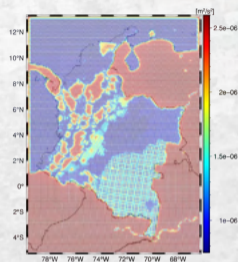
▶ $\Omega_C \subset \Omega_o \subset \Omega_i.$

Estimación parámetros

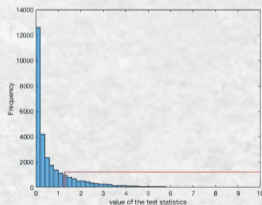
- ▶ a). Parámetros estimados, b). desviación estándar de parámetros estimados, c). estadístico t, d). parámetros significativamente diferentes de cero. [Liu et al., 2024]
- ▶ El 21% de los coeficientes estimados son significativos estadísticamente. [Liu et al., 2024]



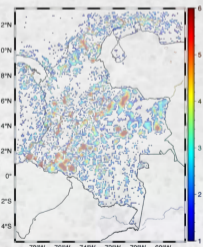
(a)



(b)



(c)

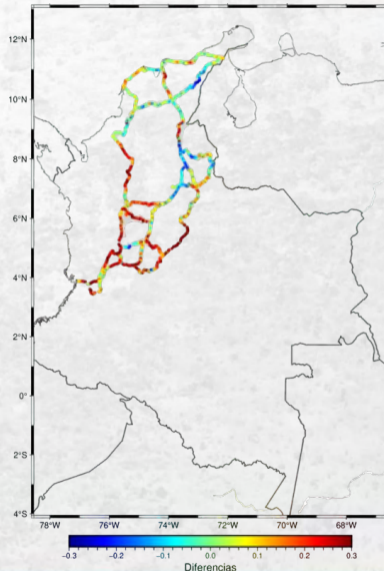


(d)

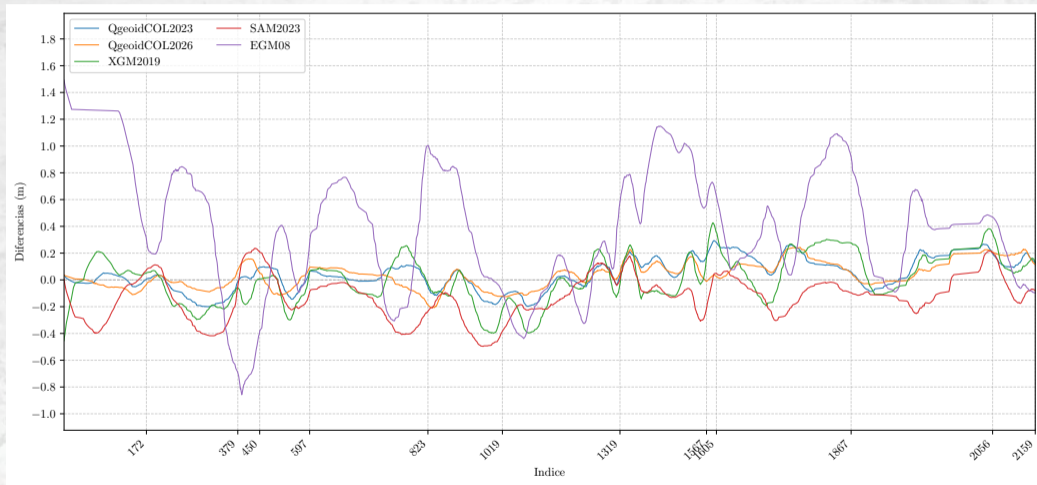
- ▶ La consistencia del modelo QgeoidCOL2023 se determina bajo la diferencia con los datos de GNSS/Nivelación en **4.277** vértices.
- ▶ Los circuitos de nivelación deben de ser compensados por números geopotenciales para la determinación posterior de alturas normales H^N , en primer lugar un ajuste nodal en red; para luego realizar el ajuste de las líneas de nivelación por circuitos teniendo los puntos nodales como fiduciales.

$$\Delta\zeta_i = \zeta_i^{\text{GNSS/Nivelación}} - \zeta_i^{\text{QgeoidCOL2023}}, \text{ con } i = 1, 2, \dots, n.$$

Estadístico	QgeoidCOL2023 (cm)
Mínimo	-34,00
Máximo	55,63
Media	11,17
Desviación Estándar	16,26



▶ Perfil diferencias absolutas.

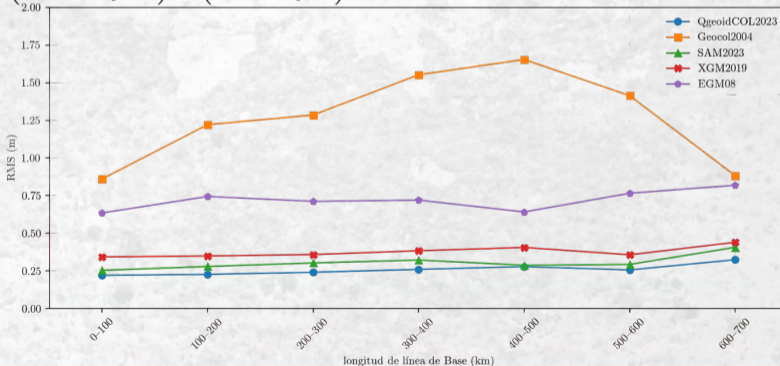


► Para eliminar el problema del W_0^{Local} se comparan las diferencias de anomalías de altura geométricas de puntos agrupados del conjunto de datos de validación con las anomalías de altura gravimétricas. Evaluando el RMS de las diferencias para todos los conjuntos de vértices de una longitud de línea base de hasta de 700km.

$$\Delta\zeta_{ij} = (\zeta_i^{geom} - \zeta_j^{geom}) - (\zeta_i^{grav} - \zeta_j^{grav}) .$$

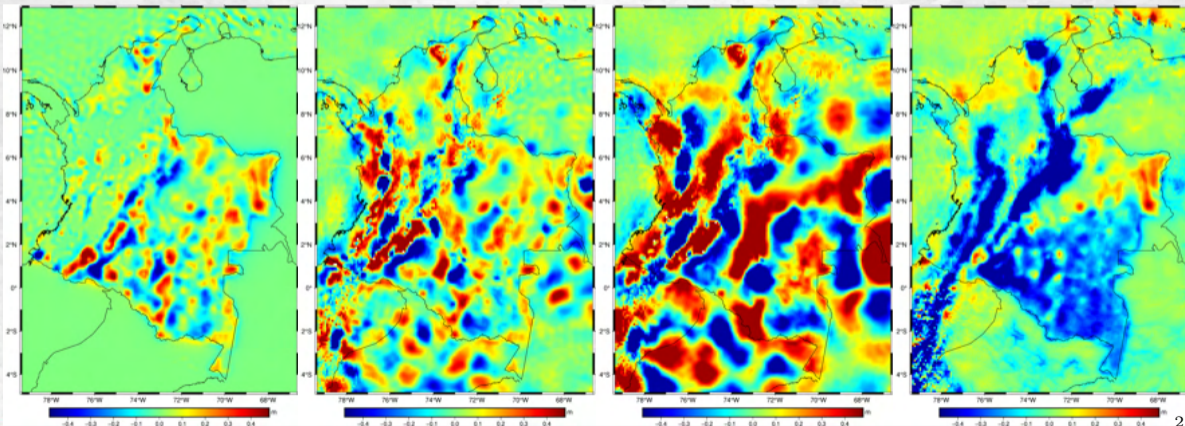
► Paralelamente se compara con modelos GGM (modelos geopotenciales globales), modelos continentales y modelos regionales.

1. GGM: XGM2019, EGM08
2. Continentales: SAM,
3. Regionales: QgeoidCOL2023, Geocol2004.



- ▶ Se realiza la comparación grilla a grilla para los modelos tales como:
 - ▶ XGM2019
 - ▶ SGG-UGM-2

- ▶ EGM2008
- ▶ SAM2023



- ▶ Se realiza la comparación grilla a grilla para los modelos tales como:
 - ▶ XGM2019
 - ▶ SGG-UGM-2

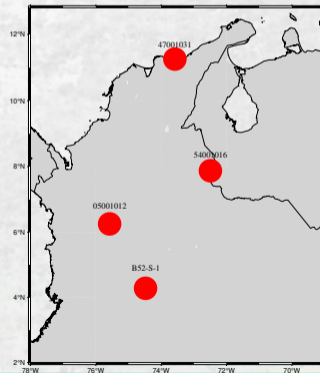
- ▶ EGM2008
- ▶ SAM2023

	Mínimo	Máximo	Media	σ
XGM2019	-70.76	46.48	0.04	5.24
SGG-UGM-2	-298.41	164.64	-0.01	20.11
EGM2008	-356.00	210.66	0.65	35.32
SAM2023	-282.26	91.43	-0.85	21.15

► Para éste caso se muestran 4 cálculos puntuales del conjunto de datos de GNSS y Nivelación.

Vértice	h	H	H^N	ζ^{2004}	ζ^{2023}	$\zeta^{GNSS/Nivelacion}$	Δ_{ζ}^{2004}	Δ_{ζ}^{2023}
54001016	339,8930	338,9581	338,9929	2,9421	1,0554	0,9001	-2,0420	-0,1553
05001012	1490,7280	1466,2257	1466,2993	26,4469	24,3838	24,4287	-2,0182	0,0449
47001031	2,2820	6,2461	6,2258	-3,8794	-3,9565	-3,9438	-0,0644	0,0127
B52-S-1	1111,1100	1090,2113	1090,2586	23,0992	20,7520	20,8514	-2,2478	0,0994

Vértice	φ	λ
54001016	7°52'16,8174912''	-72°29'38,2557264''
05001012	6°15'0,3672''	-75°34'43,6404''
47001031	11°15'27,5614344''	-73°34'53,7292776''
B52-S-1	4°16'49,5804''	-74°28'45,4044''



7



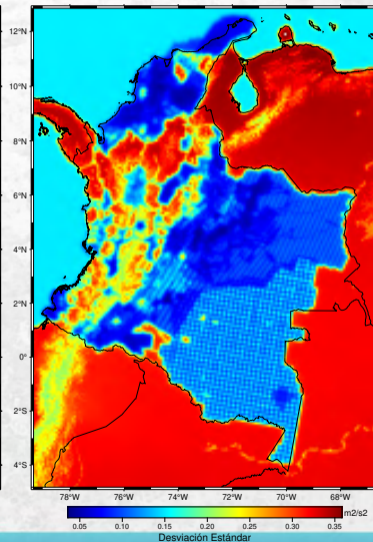
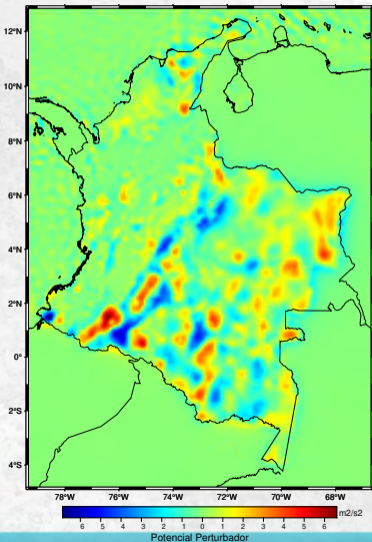
MODELO OFICIAL DE COLOMBIA



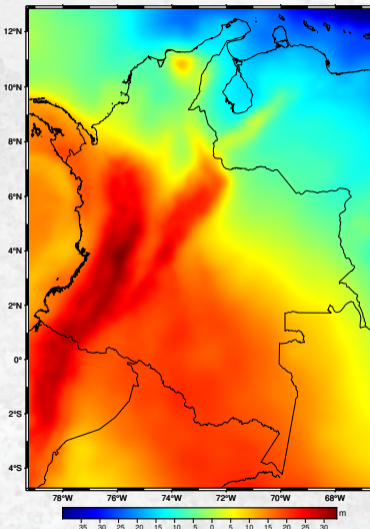
► Especificaciones Técnicas del Modelo:

Tipo	Qgeoide Gravimétrico
Método	SRBF + GMM + VCE
Resolución Espacial	5'
Grado de expansión	2190
Modelos de Fondo	<ul style="list-style-type: none"> • GGM: XGM2019 d/o 719 • G_{topo1}: dv_ell_Earth2014 d/o 720-2159 • G_{topo2}: ERTM2160 d/o 2160-80000
Concepto de Sistema de Mareas Permanente	Zero Tide
Término de Orden Cero (ζ_0)	Primer y segundo término
Elipsoide	GRS80
W_0	$62\,636\,853.4 \frac{m^2}{s^2}$
$(\hat{\sigma}_{\min}, \hat{\sigma}_{\max})$	$(\pm 0,499\,cm, \pm 4,039\,cm)$
Año de cálculo	2023

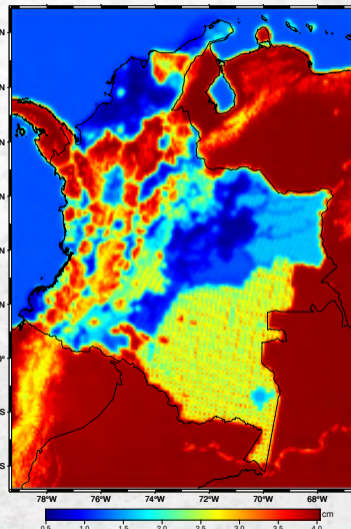
► Presentación Modelo QgeoidCOL2023 potencial T ($\hat{T}, \hat{\sigma}_T$):



► Presentación Modelo QgeoidCOL2023 ($\hat{\zeta}$, $\hat{\sigma}_{\zeta}$):



QGeoidCOL2023.



Desviación estándar del QGeoidCOL2023.

- ▶ El modelo estará disponible en formato (.grd), (.asc), (.xyz) y puro (.txt). En la página de Red Geodésica <https://redgeodesica.igac.gov.co/> en “*Descarga el modelo QgeoidCOL2023*”.



The screenshot shows the website of the Centro de Control Geodésico Nacional (CCGN). The page is titled 'CENTRO DE CONTROL GEODÉSICO NACIONAL' and includes navigation links for 'Inicio', 'Servicios', and 'PQRSDF'. The main content is organized into two sections: 'APLICACIONES, HERRAMIENTAS Y MODELOS' and 'NORMATIVIDAD Y DOCUMENTACIÓN'. In the first section, three cards are displayed: 'COLOMBIA EN MAPAS', 'MAGNA SIRGAS PRO 5.1', and 'Modelo Geoidal'. The 'Modelo Geoidal' card is highlighted with a red border and contains the text 'Descarga el modelo Geocoid 2004'. The second section, 'NORMATIVIDAD Y DOCUMENTACIÓN', contains three cards: 'Resolución IGAC 1468 de 2021', 'Resolución IGAC 616 de 2020', and 'Resolución IGAC 370 de 2021'.

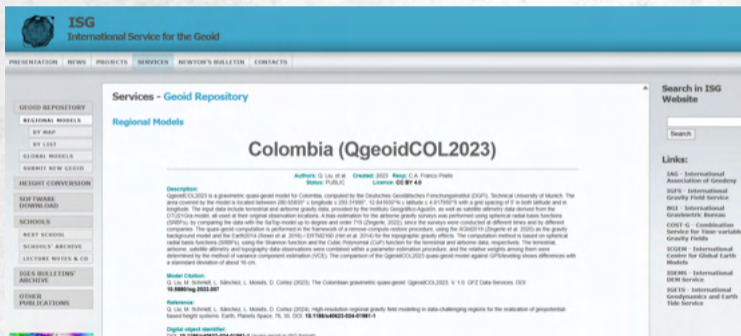
APLICACIONES, HERRAMIENTAS Y MODELOS

- COLOMBIA EN MAPAS**
Colombia en Mapas es una plataforma desarrollada por el IGAC cuyo objetivo principal es integrar y disponer los datos geográficos de la República de Colombia.
- MAGNA SIRGAS PRO 5.1**
Este aplicativo facilita el proceso de conversión y transformación de coordenadas en el territorio colombiano, así mismo contiene otros módulos geodésicos para el cálculo y visualización de datos.
- Modelo Geoidal**
Descarga el modelo Geocoid 2004.

NORMATIVIDAD Y DOCUMENTACIÓN

- Resolución IGAC 1468 de 2021**
Establece los lineamientos técnicos para la materialización, medición y administración de vértices geodésicos en la Red Geodésica GNSS Nacional de Colombia.
- Resolución IGAC 616 de 2020**
Por medio de la cual se determinan los datos abiertos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC y se adopta la licencia Creative Commons CC-BY 4.0.
- Resolución IGAC 370 de 2021**
Por medio de la cual se establece el sistema de proyección cartográfica oficial para Colombia.

- Se encuentra también disponible en el Servicio Internacional para Geoides, en el repositorio de modelos regionales https://www.isgeoid.polimi.it/Geoid/America/Colombia/colombia23_g.html, en formato isg y en formato puro (generalmente .xyz).



ISG
International Service for the Geoid

PRESENTATION NEWS PROJECTS SERVICES NEWTON'S BULLETIN CONTACTS

Services - Geoid Repository

Regional Models

Colombia (QgeoidCOL2023)

Authors: Q. Liu, et al. Created: 2023. Resp.: C.A. Franco-París
Status: PUBLIC License: CC BY 4.0

Description:
QgeoidCOL2023 is a gravimetric quasi-geoid model for Colombia, compiled by the Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI), Technical University of Munich. The area covered by the model is located between 280°00000" longitude & 295°19000" 12.84165000" latitude & 4°00000" S with a grid spacing of 5" in both latitude and longitude. The input data include terrestrial and airborne gravity data, provided by the Instituto Geográfico Agustín, as well as satellite altimetry data derived from the DTU19EAS model, all used at their original observation locations. A best estimation for the airborne gravity surveys was performed using spherical radial basis functions (SRBFs), by comparing the data with the SeaTop model up to degree and order 710 (Zhang, 2022), since the surveys were conducted at different times and by different companies. The quasi-geoid computation is performed in the framework of a remove-compute-restore procedure, using the EGM2019 (Petrovic et al. 2020) as the gravity background model and the EarthGMA (Chen et al. 2016), (D'Amico 1990) (Yan et al. 2014) for the topographic gravity effects. The computation method is based on spherical radial basis functions (SRBFs), using the Spherical function and the Cubic Polynomial (CuP) function for the terrestrial and airborne data, respectively. The terrestrial, airborne, satellite altimetry and topography data observations were combined within a parameter estimation procedure, and the relative weights among them were determined by the method of variance component estimation (MVE). The comparison of the QgeoidCOL2023 quasi-geoid model against GPOWinging shows differences with a standard deviation of about 10 cm.

Model Citation:
Q. Liu, M. Schmidt, L. Sánchez, L. Molins, D. Colter (2023). The Colombian gravimetric quasi-geoid QgeoidCOL2023. V. 1.0. GFZ Data Services. DOI: [10.5880/2023.007](https://doi.org/10.5880/2023.007)

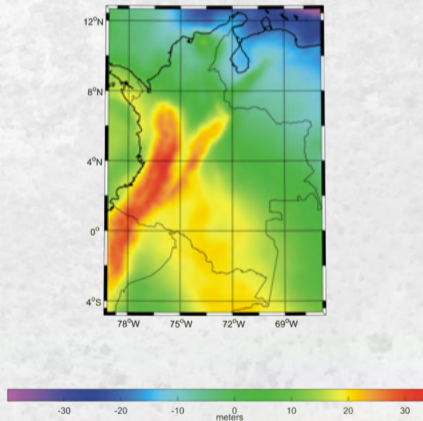
Reference:
Q. Liu, M. Schmidt, L. Sánchez, L. Molins, D. Colter (2024). High-resolution regional gravity field modeling in data-challenging regions for the realization of geopotential-based height systems. Earth, Planets Space, 76, 33. DOI: [10.1186/s40623-024-01981-1](https://doi.org/10.1186/s40623-024-01981-1)

Digital object identifier:
DOI: [10.5880/2023-007-01981-1](https://doi.org/10.5880/2023-007-01981-1) (also found in DOI format)

Search in ISG Website

Links:

- ISG - International Association of Geodesy
- IGFS - International Gravity Field Service
- IGU - International Geodesic Union
- IGGG - International Gravity and Geoid Service for Earth-variable Gravity Fields
- IGGM - International Centre for Global Earth Models
- IGMS - International DEM Service
- IGTS - International Geodesy and Earth Tide Service



- El modelo además cuenta con identificador DOI. <https://dataservices.gfz-potsdam.de/panmetaworks/review/fa5a37f027285be58cf3968021a46fe715e3b38987ea875111559c9b6dd6d5dc-isdg/>



ISG
International Service for the Geoid




Dataset

The Colombian gravimetric quasi-geoid: OgeoidCOL2023

Status

Ull, Qing; Schmidt, Michael; Sánchez, Laura; Novak, Lenky; Cortés, Diego (2023): The Colombian gravimetric quasi-geoid. *GeomaticsCOL2023*, V. 1.0. GFZ Data Services. <https://doi.org/10.5880/IGDSM.2023.007>

Abstract

OgeoidCOL2023 is a gravimetric quasi-geoid model for Colombia, computed by the Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI), Technical University of Munich. The area covered by the model is located from 4.8°N to 2.8°N in latitude and from 79.2°W to 65.7°W in longitude, with a grid spacing of 5' in both latitude and longitude. The input data include terrestrial and airborne gravity data, provided by the Instituto Geográfico Agustín Codazzi, as well as satellite altimetry data derived from the ETOPO2022 model, all used at their original observation locations. A bias estimation for the airborne gravity surveys was performed using spherical radial basis functions (SRBFs), by comparing the data with the SRTM30 model up to degree and order 719 (Zingerle, 2022), since the surveys were conducted at different times and by different companies. The quasi-geoid computation is performed in the framework of a remove-compute-restore procedure, using the IGAD2019 (Zingerle et al., 2020) as the gravity background model and the Earth2014 (Klein et al., 2014) / ETOPO2022 (Eftik et al., 2021) for the topographic gravity effects. The computation method is based on spherical radial basis functions (SRBFs), using the Sherman function and the cubic Polynomial (CUP) function for the terrestrial and airborne data, respectively. The terrestrial, airborne, satellite altimetry and topography data observations were combined within a parameter estimation procedure, and the relative weights among these were determined by the method of variance component estimation (VCE). The comparison of the OgeoidCOL2023 quasi-geoid model against GPS/leveling shows differences with a standard deviation of about 18 cm.

The geoid model is provided in ISG format 3.0 (ISG Format Specifications), while the file in its original data format is available at the model ISG webpage.

Files

Model Download

Model ISG Website

License: CC BY 4.0

Related Work

Derived from

Zingerle, F., Faß, R., Gruber, T., & Okonowicz, X. (2020). The experimental gravity field model IGAD2019 [Data set]. GFZ Data Services. <https://doi.org/10.5880/IGDSM.2019.007>

References

Schmidt, M., Fergin, M., Mayer-Gürl, T., Eichen, A., Kusche, J., Sánchez, L., & Han, S.-C. (2006). Regional gravity modeling in terms of spherical basis functions. *Journal of Geodesy*, 81(1), 17–38. <https://doi.org/10.1007/s00190-006-0100-5>

Regazzoni, M., Carrion, D., De Gennaro, C. E., Albertella, A., Rossi, L., Soria, G., Barzaghi, R., Toro Herrera, J. F., Elger, K., Barzaghi, R., & Sansò, F. (2021). Open access to regional geoid models: the International Service for the Geoid. *Earth System Science Data*, 13(4), 1653–1666. <https://doi.org/10.5194/essd-13-1653-2021>

International Service for the Geoid (ISG) Website

Dataset Description

Documented by

Ull, Qing; Schmidt, Michael; Sánchez, Laura; Novak, Lenky; Cortés, Diego (2024): High-resolution regional gravity field modeling in data-challenging regions for the realization of geopotential based height systems. *Earth, Planets and Space*, 18. <https://doi.org/10.1186/s40627-024-01981-1>

Additional Information

The International Service for the Geoid (ISG) was founded in 1992 (as International Geoid Service - IGS) and it is now an official service of the International Association of Geodesy (IAGG), under the umbrella of the International Gravity Field Service (IGFS). The main activities of ISG consist in collecting, analyzing and re-distributing local and regional geoid models, as well as organizing international schools on the geoid determination (Regazzoni et al., 2021).

Authors

Ull, Qing  Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Technical University of Munich (DGFI-TUM), Munich, Germany

Schmidt, Michael Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Technical University of Munich (DGFI-TUM), Munich, Germany

Sánchez, Laura  Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Technical University of Munich (DGFI-TUM), Munich, Germany

Novak, Lenky Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia

Cortés, Diego Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia

Contact

Franco Prieto, Carlos Andrés; Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia. 

ISG Staff; International Service for the Geoid (ISG). 

Contributors

Regazzoni, Marco; Carrion, Daniela; Rossi, Lorenzo; Franco Prieto, Carlos Andrés; ISG Staff

Keywords

Geoid; Geoid model; ISG; Spherical radial basis functions; Colombia

ICMD Science Keywords

Science Keywords > EARTH SCIENCE > SOLID EARTH > GEODETICS > GEOD CHARACTERISTICS

Science Keywords > EARTH SCIENCE > SOLID EARTH > GRAVITY/QUANTITATIONAL FIELD > GRAVITY

More Metadata

dataset: download xml

183113: download xml

183114: download xml

183115: download xml

- ▶ El modelo además cuenta con identificador DOI. <https://dataservices.gfz-potsdam.de/panmetaworks/review/fa5a37f027285be58cf3968021a46fe715e3b38987ea875111559c9b6dd6d5dc-isg/>



Bibliografía



Bentel, K. and Schmidt, M. (2015).

Combining different types of gravity observations in regional gravity modeling in spherical radial basis functions. In *International Association of Geodesy Symposia*. Springer International Publishing Switzerland, Munich, Germany. Chapter in a book.



Bentel, K., Schmidt, M., and Gerlach, C. (2013).

Different radial basis functions and their applicability for regional gravity field representation on the sphere. *Int J Geomath*, 4:67–96.



de Nascimento Guimarães, G., Tocho, C., Pina, W. H. S., de Matos, A. C. O. C., Gómez, A., Antokoletz, E. D., and Blitzkow, D. (2024).

GUÍA06: Directrices para el cálculo de los valores de potencial de gravedad en las estaciones IHRF de la región SIRGAS. Technical report, GT III SIRGAS.



Fadnavis, S. (2014).

Image interpolation techniques in digital image processing: An overview. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 4(10 (Part -1)):70–73. Pune Institute of Computer Technology, Pune University, India.



Gao, S. and Gruev, V. (2014).

Bilinear and bicubic interpolation methods for division of focal plane polarimeters. *Dept. of Computer Science and Engineering, Washington University in St. Louis*. gaoshengkui@wustl.edu.



Getreuer, P. (2011).

Linear methods for image interpolation.

Communicated by Gabriele Facciolo, Demo edited by Pascal Getreuer.

Available online, please replace with actual reference details if known.



Guimaraes, G. N., de Matos, A. C. O. C., and Blitzkow, D. (2024).

El modelo geoidal para américa del sur (sam_geoid2023) y la conexión de los datos verticales locales con ihrf.

Presented at *SIRGAS Symposium 2024*, Bogotá, Colombia.

(in Spanish).



Hofmann-Wellenkef, B. and Moritz, H. (2006).

Physical Geodesy.

Springer.



IAG (2013).

Definition and realization of an international height reference system (ihrs) and establishment of a global absolute gravity reference system.



International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) (2010).

IERS Conventions (2010) – Chapter 6: Geopotential.

Technical report, IERS.

Accessed: 2025-02-14.



Koch, K.-H. and Rusche, J. (2002).

Regularization of geopotential determination from satellite data by variance components.

Journal of Geodesy, 76(5):259–268.



Lieb, V. (2017).

Enhanced regional gravity field modeling from the combination of real data via mrr.

Veröffentlichungen der DGK, Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Munich.



Lieb, V., Schmidt, M., Dettmering, D., and Böger, K. (2016).

Combination of various observation techniques for regional modeling of the gravity field.
Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 121:3825–3845.



Liu, Q. (2023).

Regional gravity field refinement for geoid height modeling based on the combination of data from various observation techniques.

Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.



Liu, Q., Schmidt, M., Pail, R., and Willberg, M. (2020a).

Determination of the regularization parameter to combine heterogeneous observations in regional gravity field modeling.

Remote Sensing, 12(10):1617.



Liu, Q., Schmidt, M., Sánchez, L., et al. (2020b).

Regional gravity field refinement for (quasi-) geoid determination based on spherical radial basis functions in Colorado.

J Geod, 94:99.



Liu, Q., Schmidt, M., Sanchez, L., Moises, L., and Cortez, D. (2024).

High-resolution regional gravity field modeling in data-challenging regions for the realization of geopotential-based height systems.

Earth, Planets and Space, 76(35).

Open Access article licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



Makinen, J. (2021).

The permanent tide and the international height reference frame (ihrf).

Journal of Geodesy, 95(9):106.



Moritz, H. (1988).

Geodetic reference system 1980: Corrigendum.

Bulletin Géodésique, 62(3):187–192.

Due to errors in the formulas published in the 1992 Geodesists Handbook, readers should refer to this corrigendum.



Reuter, R. (1982).

Über Integralformeln der Einheitssphäre und harmonische Splinefunktionen.

Phd thesis, RWTH Aachen University.



Spath, F. G. E., Antokoletz, E. D., and Tocho, C. N. (2020).

Tópicos de Gravimetría: Primera Parte.

Editorial de la UNLP, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata.



Sánchez, L., Drewes, H., Kelm, A., and Seltz, M. (2022).

Sirgas reference frame analysis at dgfi-tum.

Journal of Geodetic Science, 12(1):92–119.



Sánchez, L. and Sideris, M. G. (2015).

Vertical datum unification for the international height reference system (ihrs).

Geophysical Journal International, 209(2):570–586.



Sánchez, L., Ågren, J., Huang, J., Wang, Y. M., and Forsberg, R. (2018).

Basic agreements for the computation of station potential values as ihrs coordinates, geoid undulations and height anomalies within the colorado 1-cm geoid experiment.

Version 0.5, October 30, 2018.



Sanchez, L., Ågren, J., Huang, J., Wang, Y. M., Mäkinen, J., Pail, R., Barzaghi, R., Vergos, G. S., Ahlgren, K., and Liu, Q. (2021a).
Strategy for the realisation of the international height reference system (ihrs).
Journal of Geodesy, 95(33).
Received: 30 May 2020 / Accepted: 17 January 2021.



Sánchez, L., Ågren, J., Huang, J., Wang, Y. M., Mäkinen, J., Pail, R., Barzaghi, R., Vergos, G. S., Ahlgren, K., and Liu, Q. (2021b).
Strategy for the realisation of the international height reference system (ihrs).
Journal of Geodesy, 95(3):1–14.
Summary prepared by L. Sánchez (DGFI-TUM, Germany), J. Huang (Canadian Geodetic Survey, Canada), J. Ågren (University of Gävle, Lantmäteriet, and Royal Institute of Technology, Sweden), R. Barzaghi (Politecnico di Milano, Italy), G. Vergos (Aristotle University of Thessaloniki, Greece).



Sanchez, L., Ågren, J., Huang, J., Wang, Y. M., Mäkinen, J., Pail, R., Barzaghi, R., Vergos, G. S., Ahlgren, K., and Liu, Q. (2021c).
Strategy for the realisation of the international height reference system (ihrs).
Journal of Geodesy, 95(3).



Telford, W. M. et al. (1980).
Applied Geophysics.
Cambridge University Press, Cambridge.



Torge, W. (2001).
Geodesy.
De Gruyter, Berlin, New York, 3rd edition.



Varga, M., Pitonak, M., Novak, P., and Basic, I. (2021).

Contribution of grav-d airborne gravity to improvement of regional gravimetric geoid modelling in colorado, usa.
Journal of Geodesy, 95:53.



¡Gracias!

21 de abril de 2026