

CÁLCULO DE UN NUEVO MODELO GEOIDAL PARA URUGUAY (UruGeoide-2007)

Resumen:

La disponibilidad de nuevos datos gravimétricos y principalmente del terreno, a través de la misión satelital SRTM, así como nuevos modelos geopotenciales y de anomalías aire libre en el mar, justificaron la decisión por parte del Servicio Geográfico Militar de determinar un nuevo modelo geoidal para Uruguay, que sustituyera el anterior modelo Urugeoide2000.

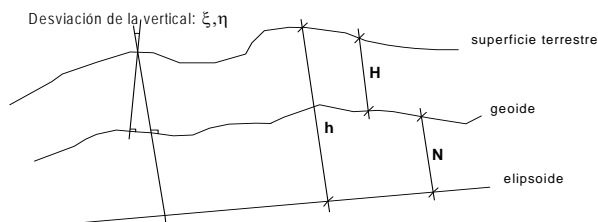
El modelo calculado, denominado UruGeoide-2007, resultó de la combinación del modelo geopotencial GGM02C, datos gravimétricos terrestres y marinos, así como datos del modelo digital de elevaciones SRTM. La estrategia de cálculo en esta oportunidad fue diferente a la del modelo 2000, calculándose en primer lugar un cuasi-geoide para después obtener el modelo geoidal. Con esto se dispone de dos modelos de transformación de altitudes (para obtener tanto altitudes normales como ortométricas) y se contribuye con las discusiones de la adopción de un nuevo sistema de altitudes para el país, acorde a lo recomendado por el proyecto SIRGAS. La precisión absoluta del modelo geoidal obtenido es de 2 cm, usándose 50 puntos GPS sobre puntos fijos de nivelación para la adaptación del modelo al Datum Vertical del cero Oficial materializando por la referencia del Cabildo, siendo su uso libre para la comunidad a través de la página web del SGM.

Utilidad del producto:

Un modelo geoidal tiene varias aplicaciones geodésicas e geofísicas. La más conocida es la transformación de altitudes referidas al elipsoide, como las que obtenemos de los sistemas de posicionamiento por satélite en altitudes con significado físico.

Cuando medimos con GPS obtenemos además de coordenadas de un determinado punto, la altura elipsoidal (h); si determinamos la ondulación geoidal (N) de ese determinado punto podemos en consecuencia determinar la altura ortométrica (H).

$$H \approx h - N$$



Descripción de los datos usados

1) Terreno

Fue utilizado como base el modelo numérico de elevaciones SRTM (<http://seamless.usgs.gov/>), con resolución de 30 m proporcionado por el NGA en el siguiente encuadramiento geográfico:

latitud de -36.0° a -28.5° y

longitud de 299.5 ° a 308.0°

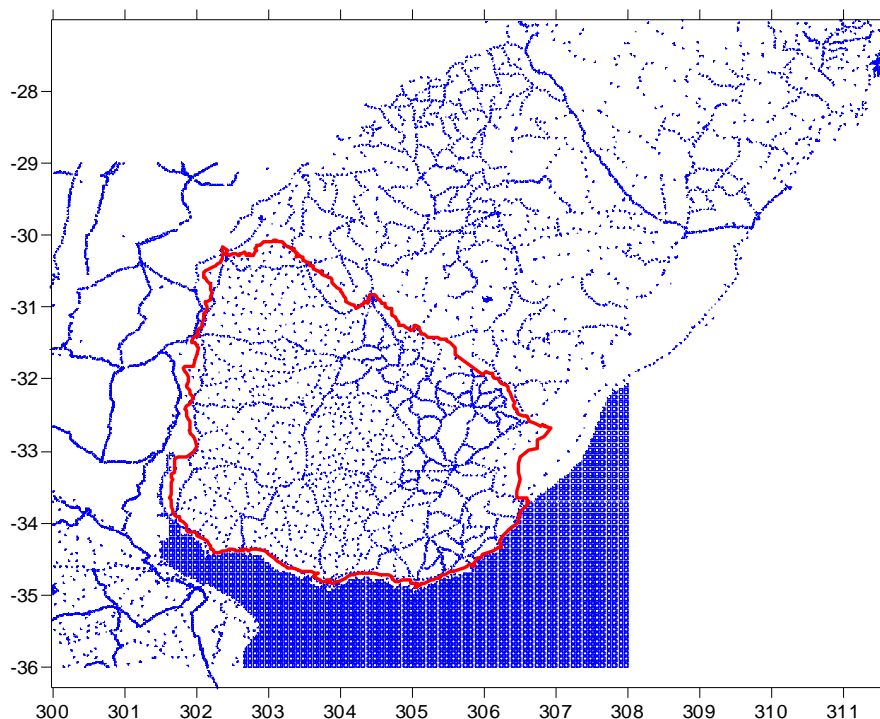
2) Batimetría

Fue usado el modelo DNSC05 (www.spacecenter.dk), con resolución de 2'. Fueron seleccionados los datos batimétricos en el área del encuadre geográfico anterior.

3) Gravimetría

El archivo de datos de gravedad se formó con las siguientes informaciones:

	Datos	País	Fuente de información
1	2391	URU	SGM, 2007
2	2976	BRA	Blitzkow, D. 1999
3	629	ARG	Bureau Gravimétrico Internacional, 1999
4	1117	ARG	Blitzkow, D. 1999
5	72	ARG	Wenzel, G., 1999
6	1096	ARG	Lauria, 2007
7	152	BRA	IBGE, 2007
Total	8433		



4) Anomalías aire-libre y Bouguer

Las anomalías aire-libre y Bouguer simple, en sistema geodésico WGS84, fueron calculadas usando el programa ban_anom.for. Se efectuó la corrección atmosférica, de acuerdo con la recomendación de la AIG y usando la fórmula:

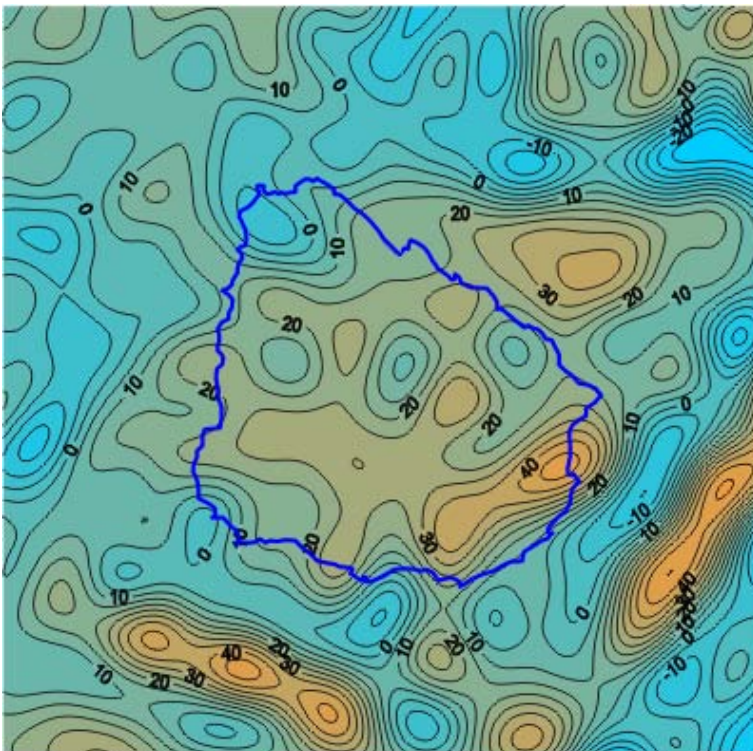
$$\text{corrección} = 0.8658 - 9.727e-05 \times H + 3.482 \times 10^{-9} \times H$$

En el mar, fue usado el modelo de anomalías aire-libre KMS02 (www.spacecenter.dk) con resolución de 2' y un total de 9172 registros. De los archivos finales de cada anomalía se seleccionaron aquellas estaciones que se encontraban dentro del área de cálculo de modelo, de la siguiente forma:

Anomalías	Registros	Seleccionados
ANOM2007	8433	6931
KMS02	9172	9172
Total	17605	16103

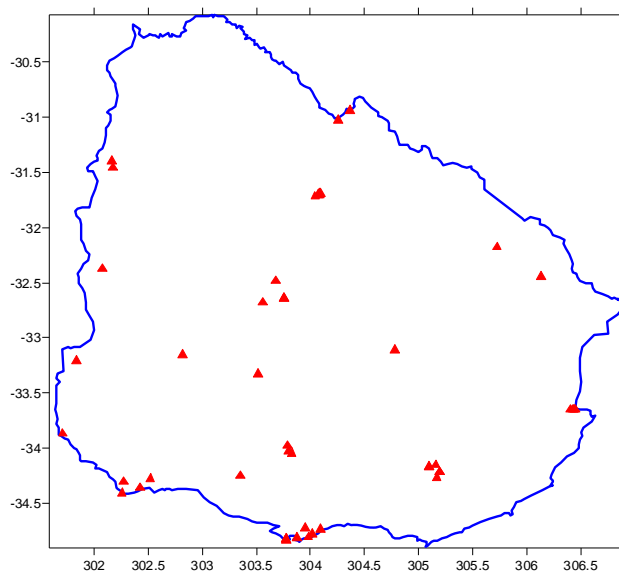
5) Modelo geopotencial

El modelo usado fue el GGM02C, combinación del modelo EGM96 y el modelo GRACE02. El mismo fue obtenido del Centro Espacial Dinamarqués (www.spacecenter.dk y Forsberg, 2007).



6) Datos de calibración y control del modelo

Uruguay: 50 estaciones GPS/PF



Metodología utilizada en el cálculo de modelo geoidal

Primer paso:

Los datos gravimétricos son reducidos del efecto gravimétrico de terreno y del modelo geopotencial.

Formulación matemática: $\Delta g_{red} = \Delta g_{gal} - \Delta g_{ggm02}$

Calcular efectos de terreno (método Residual Terrain Model, Forsberg, 1997) y restarlo de las anomalías gravimétricas

Formulación matemática: $\Delta g_{red} = (\Delta g_{gal} - \Delta g_{ggm02}) - \Delta g_H$

Segundo paso:

Cálculo del efecto de la topografía en las anomalías de altura ζ^H

Tercer paso:

Cálculo del cuasi-geoide (anomalías de altura, ζ^{red}), usando las anomalías residuales (Δg_{red}) y la fórmula de Stokes (aproximación esférica), a través de Transformada Rápida de Fourier.

Cuarto paso:

Reintroducir las ondulaciones del modelo geopotencial (ζ^{MG}) y las anomalías de altura de terreno RTM ($\zeta^{MOD} = \zeta^{RED} + \zeta^H + \zeta^{MG}$)

Quinto paso:

Transformar el cuasi-geoide en geoide

Formulación matemática:

($\Delta N_Z = \Delta g_{Bouguer} \times H$) y ($N^{MOD} = \zeta^{MOD} + \Delta N_Z$)

Sexto paso:

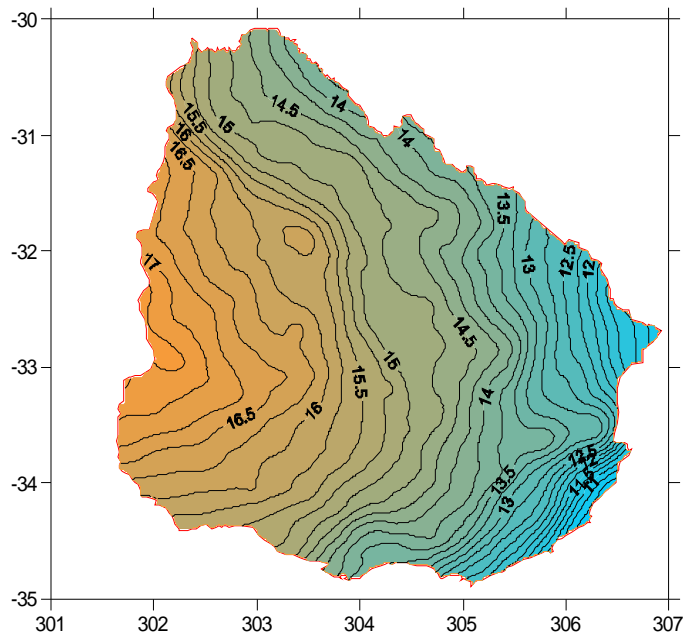
Adaptar el modelo al sistema vertical local, Cabildo 1948, usando un conjunto de 50 estaciones gps/pf.

Formulación matemática: $N^{MOD-GPS} = N^{MOD} - N_{gps/pf}$

Séptimo paso:

Sumar las diferencias al geoide

Formulación matemática; $N_{corr} = N^{MOD} + N^{MOD-GPS}$





Disponibilidad del producto

URUGEOIDE - 2007 Ayuda Help




**SISTEMA DE INTERPOLACION
URUGEOIDE - 2007**

Formato de entrada en grados y fracción de grados
 Formato de entrada en grados, minutos y segundos

ENTRADA VIA TECLADO

Latitud: -
 Longitud: -
 Ondulación Geoidal: m. 
 Nombre de Estación: 

ENTRADA VIA ARCHIVO (GG.DDDDD)

Archivo de Entrada: 
 Archivo de Salida:  

Número	Latitud	Longitud	Ondulación

0% SALIR

Ruta para acceder al Modelo de Transformación de Altitudes (Programa Interpolador), vía Internet

- 1- Ingresar a la página del Servicio Geográfico Militar (<http://www.sgm.gub.uy>).
- 2- Ingresar a la información de la opción GEOIDE.
- 3- Descargar archivo.
- 4- Instalar con el asistente.

Conclusiones

De los tests y cálculos realizados en los datos puede concluirse que:

- las mejoras de los últimos años en el modelo geopotencial tienen, hasta el día de hoy, poco impacto en la precisión final de las ondulaciones geoidales, ya que se verifican principalmente en las longitudes de onda mayores. Se espera el nuevo modelo a ser liberado EGM07-08 para realizar nuevos cálculos.
- El cubrimiento gravimétrico en el área de Uruguay es bueno, siendo factible de pequeñas mejoras en los polígonos que carecen de poco cubrimiento interior (zonas este y noreste del país).
- Se debería aumentar la resolución del modelo digital de terreno a aproximadamente 100-200 m, de manera de recuperar el espectro gravimétrico de las frecuencias más altas (de mayor frecuencia). Los programas de cálculo deben ser adaptados para estas nuevas exigencias y el uso de la TRF debe ser preferido.
- La metodología RTM para tratamiento del terreno se mostró sumamente práctica y confiable, teniendo la ventaja de permitir el cálculo de modelos cuasi-geoidales y geoidales a la vez;
- La diferencia entre el geode y el cuasi-geode en Uruguay es muy pequeña, siendo como máximo de 1 cm.

Como resultados se obtuvieron:

- Cuasigeoide de resolución de 1';
- Geoide de igual resolución, referido al sistema geodésico WGS84, para uso geofísico;
- Modelo de transformación de altitudes, resultado de adecuar el modelo geoidal al Datum Vertical del Cabildo, usando las 50 estaciones de control, con precisión de 2 cm a 1 sigma de confiabilidad.

Recomendaciones

Sería necesario densificar la red de datos gravimétricos, obteniendo valores en puntos intermedios de los polígonos.

Bajar la resolución de los datos de terreno de 450m (15') a 100-200m..

Aumentar la cantidad de puntos fijos con mediciones GPS.

Investigar mejoras en los datos y adecuar los programas, de forma de visar para un futuro próximo, el cálculo de un modelo centimétrico que permita la sustitución parcial de la nivelación geométrica.

Bibliografía

Forsberg, R. GGM02C Geoidal model. Comunicación personal, 2007.

Forsberg, R. Terrain Effects in Geoid computations. Lectures Notes of the 2nd. International School for the Determination and Use of the Geoid: p. 101-134, International Geoid Service, Rio de Janeiro, 1997.

Subiza Piña, W. H. La determinación de un modelo geoidal de precisión para Uruguay – Resultados del proyecto URUGEOIDE 2000, II Simposio Latinoamericano de Agrimensura y Cartografía, Foz de Iguazú, Brasil, 2000.

Subiza Piña, W. H. URUGEOIDE 2000 Project - A gravimetric geoid for Uruguay, International Geoid Service (IGS), Italia, 2000.