



## DEM Global mejorado para Buenos Aires con integración de información altimétrica local y modelos geopotenciales

L. Galván<sup>1</sup>, D. Del Cogliano<sup>2</sup> y C. Tocho<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.  
[lgalvan@unse.edu.ar](mailto:lgalvan@unse.edu.ar) ; [galvanlucrecia2@gmail.com](mailto:galvanlucrecia2@gmail.com)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP.

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

### Resumen

El conocimiento de la forma de la superficie de la Tierra es la base de las geociencias modernas. El modelo SRTM (Misión Topográfica de Radar del Transbordador) DEM (Modelo Digital de Elevación), representa una fuente accesible y relevante para disponer de alturas.

En este trabajo se presenta una metodología destinada a mejorar la representación del SRTM a través de la incorporación de información local. Considerando la disponibilidad y cobertura de marcas con coordenadas precisas pertenecientes a redes geodésicas modernas como POSGAR y las de cada provincia, sumado a la facilidad de realizar nuevos relevamientos GNSS de calidad centimétrica en ciertas zonas de interés; es evidente la conveniencia de utilizar las alturas elipsoidales en la evaluación y eventual mejora del modelo SRTM. Por eso el mismo fue expresado en términos de alturas elipsoidales. Para ello, fue necesario adicionar a las alturas SRTM la ondulación geoidal del EGM96.

Si se determinan las diferencias entre la altura SRTM y la del punto de coordenadas conocidas sobre una red a escala provincial, es posible obtener una matriz de esos valores. Mientras las cortas longitudes de onda se vinculan con las características topográficas locales y el tipo de terreno, las más largas pueden ser asociadas a errores orbitales de la misión Shuttle y de propagación, entre otros.

Luego la matriz de diferencias es evaluada en cada vértice SRTM y un nuevo modelo de alturas elipsoidales mejorado (SRTMem) es construido. Finalmente, el mismo puede ser afectado por el modelo de geoide más adecuado en la región de trabajo para obtener un nuevo modelo de elevaciones (SRTMmej).

El nuevo modelo basado en SRTM, incluye además información de puntos geodésicos locales e incorpora un modelo de geoide ajustado a la zona de estudio. En este trabajo, se describe la aplicación de la metodología para la provincia de Buenos Aires.

**Palabras Claves:** SRTM, POSGAR07, Alturas Elipsoidales, Geoide.



## Introducción

El conocimiento de las alturas es fundamental en diversas aplicaciones de las Ciencias de La Tierra y en particular de la Geomática. Los modelos de elevaciones mundiales basados en interferometría desde satélite, como el SRTM 90 (Farr et al., 2007; Rodríguez et al., 2005; El Shaimy et al., 2005), representan una fuente accesible y relevante para disponer de alturas sobre el nivel medio del mar. Pero las precisiones son realmente variables sobre diferentes regiones del planeta. Por ello, en este trabajo se propone avanzar en el manejo de estos modelos y en el análisis de su comportamiento en una región de nuestro país; la provincia de Buenos Aires.

Una variante de interés es incorporar información local, para ajustar el modelo de la mejor manera posible a las mediciones sobre el terreno.

La idea central es expresar el modelo en términos de alturas elipsoidales; afectando las alturas originales SRTM con el modelo asociado, EGM96 (Lemoine et al., 1998). Incorporar luego información terrestre generada con GNSS e incorporar modelos geoidales más modernos y adecuados a la zona de trabajo. Finalmente, el nuevo modelo es contrastado con puntos alimétricos.

## Materiales y métodos

La región estudiada de la provincia de Buenos Aires, cubre aproximadamente 300 Km x 300 Km, entre las latitudes 36° S y 39° S, y longitudes 58° O y 63.5° O.

Para expresar las alturas originales como alturas elipsoidales, se adicionan a las alturas físicas del SRTM, las alturas geoidales EGM96.

La evaluación del DEM se realiza sobre la base de puntos de control terrestre de la red provincial GEOBA, expresada en el marco de referencia POSGAR07, coherente al utilizado por el SRTM.

La figura 1 incluye un esquema de las alturas involucradas. Despreciando el efecto de la desviación de la vertical

$$h = H + N$$

El cálculo de diferencias en cada punto (Dh) se realiza usando (Felicísimo, 1999):

$$Dh = h^{(SRTM)d} - h^{(POSGAR07)}$$

Donde;  $h^{(SRTM)d}$  es la altura elipsoidal del DEM ya afectado por un bias para la zona de estudio.  $h^{(POSGAR07)}$  es la altura elipsoidal de los puntos POSGAR07.

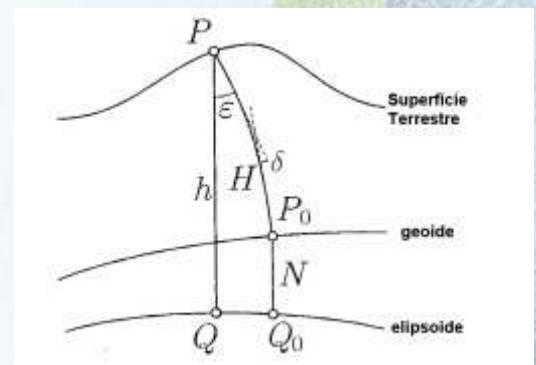


Figura 1. La proyección de Helmert y de Pizzeti. (Hofman-Wellenhof & Moritz, 2005).



A continuación las diferencias  $Dh$  son interpoladas en los vértices del SRTM y se obtienen nuevas alturas elipsoidales mejoradas.

$$h^{(SRTM\ mej)i} = h^{(SRTM)di} - Dh^{(interpolado)i}$$

El nuevo modelo de terreno fue evaluado en 175, en términos de alturas elipsoidales (tabla 1).

Luego se aplica un modelo gravitacional terrestre como el EGM2008 (Pavlis et al., 2008), que ha demostrado muy buen comportamiento en la provincia de Buenos Aires.

$$H^{(SRTM\ mej)i} = h^{(SRTM\ mej)i} - N^{(modelo\ geoidal)}$$

El nuevo modelo de terreno fue evaluado en otros 139 puntos altimétricos, con coordenadas horizontales confiables (tabla 1). Como una manera de poner en evidencia la influencia de los modelos geopotenciales, se utilizaron los marcos verticales que definen EGM96 y EGM2008).

$$DH = H^{(SRTM\ mej)i} - H^{(POSGAR07-NIV)}$$

## Resultados y discusión

La estadística de las comparaciones realizadas se presenta en la Tabla 1.

TABLA 1. Valores estadísticos de los errores del SRTM DEM.

ESTAD. (m)	$Dh$ (1)	$Dh^{(SRTMmej)i}$ (2)	$DH^{(SRTMmej)i}$ (3)	$DH^{(SRTMmej)i}$ (4)
CANTIDAD	175	175	139	139
PROMEDIO	0.6	0.0	0.3	0.2
MAXIMO	3.8	1.5	1.0	0.6
MINIMO	-3.7	-1.1	-0.9	-0.2
DESV EST	1.4	0.7	0.3	0.1

De la Tabla 1, se puede observar que el SRTM expresado en alturas elipsoidales presenta una desviación estándar de 1.4 m sobre la muestra realizada. La incorporación de información local reduce el valor del mismo parámetro a 0.7 m. Esto para el caso de alturas elipsoidales y luego de un proceso de validación cruzada. La evaluación sobre puntos altimétricos indica desvíos de 0.3 m y 0.1 m para las versiones mejoradas que involucran el EGM96 y EGM2008, respectivamente.



## Conclusiones

Disponer de un modelo de terreno como el SRTM en términos de alturas elipsoidales, permite incorporar de manera relativamente sencilla nueva información terrestre a través de relevamiento GNSS.

Cada punto de altura conocida integrado al modelo, aporta información en su área de influencia; por ello, las mejoras que se obtienen dependerán en gran medida de la distribución y la densidad de la información incorporada. Las diferencias entre el modelo y las mediciones de campo, son producto de errores orbitales e interferométricos de la misión Shuttle (Becek, 2008), de las características topográficas y del tipo de cobertura del terreno (por ej. vegetación, construcciones y espejos de agua). Los errores orbitales pueden vincularse con las bajas frecuencias (varios kilómetros), mientras que la presencia de sectores urbanos y vegetación alta, la influencia de la topografía y los errores interferométricos, pueden asociarse a frecuencias medias y altas (pocos kilómetros a ciento de metros). Debido a la distribución de los puntos que aportaron información local y otros que sirvieron para la evaluación, el análisis realizado en este trabajo corresponde únicamente a frecuencias medias y bajas.

El mejor producto resulta del SRTM mejorado referido al modelo geopotencial EGM2008.

La metodología planteada facilitará la incorporación de nueva información geodésica a través de nuevos relevamientos de terreno y nuevos modelo de geoide disponibles.

## Referencias

- Becek, K. (2008). Investigation of elevation bias of the SRTM C and X band digital elevation models. Beijing.
- Del Cogliano, D. (2006). Modelado del Geoide con GPS y Gravimetría. Caracterización de la estructura Geológica de Tandil. Tesis Doctoral, UNR.
- El-Shaimy, N. C. Valeo and A. Habib. 2005. Digital Terrain Modeling. Acquisition, Manipulation, And Application. Artech House, Inc. 69-157.
- Farr, T.G. P.A. Rosen, E.Caro, R. Crippen, R. Duren, S. Hensley, M Kobrick,. M. Paller, E. Rodriguez, L. Roth, D. Seal, S. Shaffer, J. Shimada, J. Umland, M. Werner, M.Oskin, D. Burbank and D. Alsdorf, (2007). The Shuttle Radar Topography Mission.
- Felicísimo, A. M. (1999). Modelos Digitales del Terreno.



- Fotopoulos, G. (2003). An analysis on the optimal combination of geoid, orthometric and ellipsoidal height data. Department of Geomatics Engineering Calgary. Alberta. University of Calgary.
- Galván, L. (2014). Tesis de Maestría en Geomática. Análisis y ajuste de modelos digitales de elevaciones en la región central de la Argentina. Integración de modelos geopotenciales e información altimétrica local. FCAyG. UNLP.
- Hofman-Wellenhof, B. and Moritz, H. (2005). Physical Geodesy. Springer Wien New York.
- Lemoine, F. G., S. C. Kenyon, J. K. Factor, R.G. Trimmer, N. K. Pavlis, D. S. Chinn, C. M. Cox, S. M.
- Klosko, S. B. Luthcke, M. H. Torrence, Y. M. Wang, R. G. Williamson, E. C. Pavlis, R. H. Rapp and T. R. Olson (1998). The Development of the Joint NASA GSFC and the National Imagery and Mapping Agency (NIMA) Geopotential Model EGM96. NASA/TP-1998-206861, July 1998.
- Pavlis, N. K., S. A. Holmes, S. C. Kenyon, and J. K. Factor (2012), The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008), J. Geophys. Res., 117, B04406, doi:10.1029/2011JB008916.
- Rodríguez, E., C. Morris, J. Belz, E. Chapin, J. Martin, W. Daffer and S. Hensley (2005). An Assessment of the SRTM Topographic Products. JPL. Jet Propulsion Laboratory D-31639. NASA.