

## MEJORAS EN EL MODELO REGIONAL DEL GEOIDE EN TIERRA DEL FUEGO

Gomez, M.E.<sup>14</sup>, Mendoza, L.<sup>1</sup>, Del Cogliano, D.<sup>14</sup>, Hormaechea, J.L.<sup>2</sup>, Perdomo, R.<sup>14</sup>,  
Lauría E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas-UNLP

<sup>2</sup> Estación Astronómica de Río Grande (CONICET-UNLP)

<sup>3</sup> Instituto Geográfico Militar

<sup>4</sup> CONICET

[catans@infovia.com.ar](mailto:catans@infovia.com.ar)

### Resumen

El desarrollo de un modelo de geoide puramente geométrico en Tierra del Fuego, a partir de mediciones GPS sobre puntos de nivelación, no alcanza a satisfacer los requerimientos actuales de precisión y resolución espacial, principalmente porque es bastante limitada la distribución de puntos acotados.

No obstante, a partir de la primera línea de nivelación establecida por el Instituto Geográfico Militar (IGM) entre 1998 y 1999, la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP (FCAGLP) ha efectuado mediciones GPS sobre los respectivos mojones y determinado un modelo preliminar de transformación de cotas con respecto al marco de referencia TDF95 (materialización del sistema POSGAR94 en Tierra del Fuego).

Posteriores densificaciones, especialmente la campaña de vinculación de la referencia altimétrica en el territorio de la Isla, se refirieron a POSGAR98 puesto que este marco se ajustaba mejor al marco internacional ITRF.

En los últimos años se han agregado observaciones GPS sobre el lago Fagnano, las que combinadas con mediciones de mareógrafos de presión, permitieron materializar el nivel medio del lago, y de este modo utilizarlo como superficie de nivel para densificar la información útil en pos del desarrollo de un modelo geoidal.

Finalmente en 2008, el IGM densificó la red de nivelación sobre la que la FCAGLP realizó mediciones con GPS. Ambas observaciones permitieron determinar la calidad de las mediciones existentes y complementar el modelo del campo de la gravedad local.

Recientemente se ha desarrollado un nuevo marco de referencia para Tierra del Fuego, TDF08 que ha permitido unificar la referencia para todas las mediciones hechas hasta el presente y desarrollar un modelo de geoide regional.

La comparación de este modelo con los más recientes modelos geopotenciales muestra que los últimos han mejorado su performance en la región, pero que aún no alcanzan la precisión y resolución requeridas para su aplicación en tareas de nivelación satelital.

Del análisis realizado se observa la mejora introducida en los sucesivos modelos globales de la serie EIGEN. El nuevo modelo EGM2008, es levemente más discordante que su antecesor si se lo evalúa sobre toda la isla, pero es mucho mejor si se excluye el sector Oeste del lago Fagnano.

Palabras claves: geoide, geopotencial

### Abstract

A strictly geometric geoid model based on GPS/levelling is not enough to satisfy the current requests of precision and spatial resolution, firstly because the point distribution is quite limited.

Nevertheless, from the first levelling line established by the IGM between 1998 and 1999, the Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (FCAGLP) has taken GPS measurements over the levelling monuments and it has determined a height transformation model with respect to the reference frame TDF95 which is a materialization of POSGAR94 in Tierra del Fuego.

Later densifications, including the link campaign of the altimetry reference between the Argentinean territory and the island, were referred to POSGAR98 because it best fitted ITRF. In the last years GPS measurements over the Fagnano Lake combined with pressure tide gages were also included. This allowed us to use it as an equipotential surface adding more information to the geoid development.

Finally in 2008, another GPS/levelling line was added. Both observations were important to determine the quality of existing information and improve the actual geoid model.

A new reference frame for Tierra del Fuego called TDF08 has been developed allowing the unification of the reference systems involved in all the surveys in order to produce a regional geoid model.

The comparison between this model and the most recent global models shows that they have improved their performance but still they do not reach the precision and the resolution required in satellite levelling tasks.

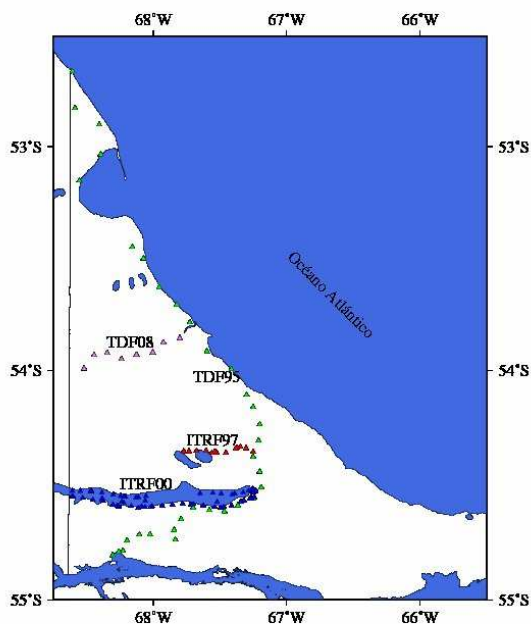
From the present analysis it is possible to appreciate the improvements in the consecutive EIGEN geopotential models, although the last release of EGM, shows not a better behavior than its predecessor on the western part of the Fagnano Lake.

Keywords: geoid, geopotential

### **Introducción**

La diversa información de GPS correspondiente a diferentes campañas de observación sobre puntos de nivelación no está dada en un marco de referencia común. El sector correspondiente a la ruta nacional N° 3, el cual data del año 1998, tiene coordenadas en el marco de referencia TDF95. Los perfiles correspondientes a las rutas provinciales H y B, del año 2001, fueron originalmente asociados al marco ITRF97 y posteriormente llevados a TDF95 (Del Cogliano et al., 2001) (figura 1).

Por otra parte se dispone de un conjunto de coordenadas de boyas GPS sobre el lago Fagnano (Del Cogliano et al., 2007). Las mediciones corresponden a los años 2003, 2004 y 2005 habiéndose reducido todas al marco ITRF2000, época 2003.0 (Richter 2006, Tesis Doctoral).



**Figura 1:** Distribución de los distintos marcos de referencia usados para los sitios con GPS/nivelación. En verde, puntos sobre la ruta nac. 3 (TDF95); en lila, Ruta B (TDF08); en rojo, Ruta H (ITRF97) y en azul, las boyas GPS sobre el lago Fagnano (ITRF00). El Lago Fagnano se extiende unos 100 km en dirección E-W.

En mayo de 2008 se midieron con GPS 21 puntos sobre los que se tiene nivelación, ubicados sobre las rutas B y ruta 3, que fueron referidas al nuevo marco de referencia TDF08 (Mendoza 2008, Tesis Doctoral). El marco TDF08 es el resultado de un reprocesamiento del total de campañas GPS realizadas en Tierra del Fuego entre los años 1993 y 2008, materializando al sistema IGS05 en la región y contando con un modelo de velocidades propio.

En la figura 1, se muestra la información GPS/nivelación, conjuntamente con los marcos asociados para cada medición.

Las coordenadas GPS de aquellos puntos con doble altura, fueron referidas al marco de referencia TDF08, con la intención de establecer una coherencia entre todas las fuentes de datos disponibles.

La información homogeneizada permitió evaluar la calidad de las mediciones anteriores. Dos determinaciones de ondulaciones geoidales realizadas en 2008 y 2001 sobre la ruta B, fueron analizadas en relación a los modelos geopotenciales globales (GGMs). Esto puso en evidencia defectos de las mediciones realizadas en 2001, por lo que éstas fueron descartadas en el presente trabajo. Corresponde aclarar que, el perfil medido en mayo de 2008 cubre 80 km hacia el Oeste de Río Grande, mientras que el medido en 2001, abarca sólo 40 km.

Diferente comportamiento es el que se registró en el resto de los perfiles situados en la isla, sobre los cuales el acuerdo fue muy bueno.

La evaluación de los modelos geopotenciales se realizó sobre toda la información de GPS/nivelación, incluido el lago con sus boyas, pero para su análisis se consideraron dos sectores: uno correspondiente a las observaciones en tierra y otro sobre el lago. En las tablas 1, 2 se presentan las dos comparaciones. En ambos casos, la evaluación se efectuó considerando el máximo grado y orden de cada GGM. Las ondulaciones geoidales se refirieron al elipsoide WGS84, teniendo en cuenta para ello el apartamiento entre este

elipsoide y aquel respecto del cual se encuentran expresadas las ondulaciones que, por defecto, se obtienen de los modelos.

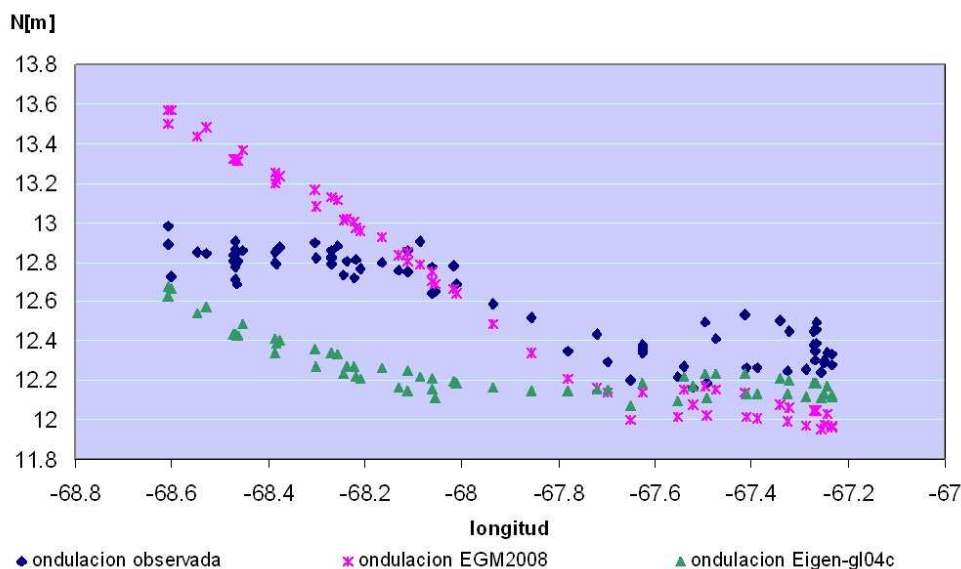
De la tabla 1 puede observarse la mejora indiscutible entre el EGM96 (Lemoine F.G. et al., 1998) y el EGM2008 (Pavlis N. et al., 2008), a través de la reducción del desvío estándar de 27 cm a 9 cm sobre el sector terrestre. Los correspondientes valores para los modelos de la familia EIGEN (Foerste C. et al., 2008), se mantienen en torno de los 24 cm.

Estadístico	N-Negm96	N-Negm08	N-Neigencg01	N-Neigencg03	N-Neigengl04
Desvío	0.27	0.09	0.25	0.24	0.23
Media	0.29	0.33	0.38	0.37	0.51
Máxima	0.91	0.54	0.87	0.90	1.12
Mínima	-0.19	0.17	-0.20	-0.06	-0.01
Amplitud	1.1	0.37	1.07	0.96	1.13

**Tabla 1:** Comparación entre GPS/nivelación y 5 GGMs sobre 64 puntos. Unidades expresadas en metros.

Estadístico	N-Negm96	N-Negm08	N-Neigencg01	N-Neigencg03	N-Neigengl04
Desvío	0.27	0.35	0.14	0.13	0.17
Media	0.09	-0.04	0.08	0.08	0.32
Máxima	0.49	0.45	0.43	0.40	0.69
Mínima	-0.36	-0.84	-0.23	-0.32	-0.01
Amplitud	0.85	1.29	0.66	0.72	0.70

**Tabla 2:** Comparación entre la ondulación geoidal obtenida a partir de 81 boyas GPS y la resultante de 5 de los GGMs existentes. Unidades expresadas en metros.



**Figura 2:** Ondulaciones observadas sobre el lago Fagnano junto con aquellas estimadas a partir de los modelos EGM2008 y Eigen-gl04c. Las boyas se extienden sobre aproximadamente 90 km dentro del territorio argentino.

El análisis sobre el lago muestra un desacuerdo de aproximadamente 80 cm entre los valores de ondulación observada y el EGM2008 sobre el sector oeste (figura 2), lo que provoca un incremento del desvío standard cuando el estudio se realiza sobre la totalidad de las boyas (tabla 2). Distinto es lo que se aprecia en el sector centro-este, donde el gradiente este-oeste queda muy bien representado. Respecto de los GGMs de la serie EIGEN, se deduce de la tabla 2, el mejor acuerdo que muestran éstos en relación con lo observado.

### **Conclusiones y actividades futuras**

Las diferentes mediciones GPS de la red de Tierra del Fuego, conjuntamente con las campañas de densificación de puntos con doble altura, contribuyen con la generación de un modelo de geoide regional expresado en un marco de referencia consistente con los empleados en el cálculo de los GGMs.

Debe destacarse la mejora del modelo EGM2008 en el sector terrestre de esta región a partir de la incorporación de información de altimetría satelital y gravedad observada, y el desacuerdo que se evidencia en el sector oeste del lago Fagnano.

El nuevo modelo EGM2008 muestra un muy buen comportamiento en el sector terrestre, atribuido a la incorporación de información de altimetría satelital y datos gravimétricos. Sin embargo, el mismo modelo evidencia un claro desacuerdo con las observaciones en el sector occidental del lago Fagnano.

En este momento, se está trabajando en la solución de un geoide combinando gravedad y GPS/nivelación, mediante la aplicación del método de fuentes equivalentes.

### **Referencias**

- Del Cogliano D., J. L. Hormaechea, R. Perdomo, F. Galban, E. Lauría and G. Ramos. 2001 Geoid Study in Tierra del Fuego. IAG Symposia. Volumen 124. Vertical Referente System.
- Del Cogliano D., R. Dietrich, A. Richter, R. Perdomo, J. L. Hormaechea, G. Liebsch and M. Fritsche. 2007. Regional geoid determination in Tierra del Fuego including GPS levelling. *Geologica Acta*. In Press, Vol. 5.
- Foerste C., R. Schmidt, R. Stubenvoll, F. Flechtner, U. Meyer, R. König., H. Neumayer, R. Biancale, J.-M Lemoine, S. Bruinsma, S. Loyer, F. Barthelmes and S. Esselborn. 2008. The GeoForschungsZentrum Potsdam/Groupe de Recherche de Geodesie Spatiale satellite-only and combined gravity field models: EIGEN-GL04S1 and EIGEN-GL04C. *Journal of Geodesy*, 82, 6, 331-346, doi:10.1007/s00190-007-0183-8.
- Lemoine F.G., Kenyon S.C., Factor J.K., Trimmer R.G., Pavlis N.K., Chinn D.S., Cox C.M., Klosko S.M., Luthcke S.B., Torrence M.H., Wang Y.M., Williamson R.G., Pavlis E.C., Rapp R.H., and Olson T.R. 1998. The Development of Joint NASA GSFC and the National Imagery and Mapping Agency (NIMA) Geopotential Model EGM96. NASA/TP-1998-206861.
- Pavlis N. K., S. A. Holmes, S. C. Kenyon and J. K. Factor. 2008. An Earth Gravitational Model to degree 2160: EGM2008. EGU General Assembly 2008. Vienna, Austria.
- Richter A. 2006. Messung und Modellierung von Wasserstandsvariationen im Lago Fagnano, Feuerland. PhD Thesis TU Dresden.