

# Evaluación de un modelo de carga por presión atmosférica para las estaciones de la red SIRGAS-CON

M. L. Mateo (1, 2); R. Galván (1, 3); C. Brunini (1, 3); M. Gende (1, 3); M. V. Mackern (2, 4)

(1) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

(2) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

(3) Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

(4) Facultad de Ingeniería, Universidad Juan A. Maza, Mendoza, Argentina de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo



## INTRODUCCION:

Los avances tecnológicos e informáticos han permitido a la geodesia obtener precisiones milimétricas. Los marcos de referencia posibilitan construir series temporales de coordenadas. Estas series han mostrado que utilizar un modelo de variación lineal para los desplazamientos, no resulta suficiente ni adecuado para representar las variaciones que experimentan los sitios que componen la red geodésica.

Para el nivel de precisión alcanzado actualmente, la Tierra no es un cuerpo rígido sino que sufre deformaciones, siendo los principales agentes de estas deformaciones los procesos internos de la Tierra, fuerzas gravitacionales de cuerpos celestes y efectos de carga. Todos estos efectos deben ser modelados al nivel de la precisión de la observación para que la misma pueda ser explotada en su totalidad. Tanto los fenómenos de marea como aquellos asociados a procesos tectónicos han sido y están siendo estudiados en gran detalle. Los fenómenos de carga, en cambio, no han sido aun ampliamente estudiados y por eso actualmente hay gran interés por ellos.

Diversas investigaciones muestran en sus trabajos el modelado del efecto de variaciones temporales, pero poco de ellos definen que fenómenos producen tales variaciones. Utilizando un modelo propio basado en datos provenientes de la misión satelital GRACE y de un modelo global de carga por presión atmosférica se evaluará cual es la fuente que genera un cambio en la altura y cuan eficiente puede resultar cada modelo.

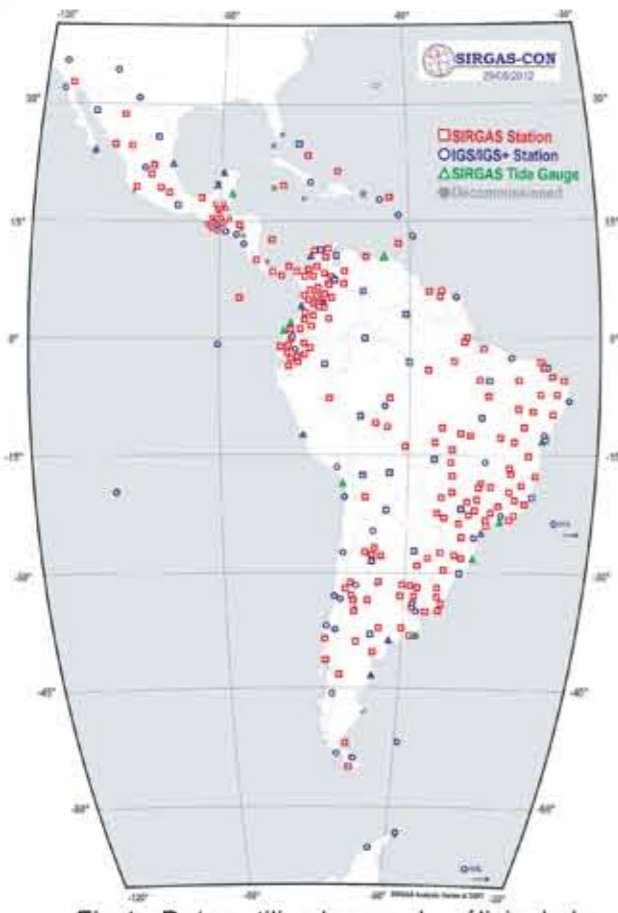


Fig 1. Datos utilizados en el análisis de la influencia de la carga de presión atmosférica red/SIRGAS/CON ([www.sirgas.org](http://www.sirgas.org))

## METODOLOGIA:

Los desplazamientos debido a carga atmosférica son tomados del modelo de Petrov (Petrov, 2004) que resuelve una integral a partir de números de Love (Farrell, 1972) utilizando como fuente de información un modelo de presión del National Centers for Environmental Prediction (NCEP). La figura 2 muestra la máxima amplitud anual según el modelo, presentándose los valores mínimos en casi toda América y los máximos en Groenlandia, parte de Asia y Australia. Es importante destacar que en 2002, cuando se creó el modelo, no se contaba con una caracterización de la carga total que se asienta sobre la superficial global ya que recién en ese año se lanzó la misión satelital GRACE. La misión satelital GRACE permite deducir, a partir de las variaciones del potencial gravitatorio, la variación de distribución de masas en periodos temporales cortos. En este período es posible deducir cual es la carga equivalente sobre la superficie terrestre. La figura 3 muestra un mapa global de distribución de carga; resulta claro que la región del Amazonas es una de las más afectadas de la Tierra y que la región patagónica y la parte de la costa sudamericana del Pacífico son de las menos afectadas. Este patrón se condice con la abundancia o carencia de agua en superficie (selva/desierto) en cada uno de esos lugares.

A partir de mallas de carga equivalente los valores de desplazamiento de la vertical fueron deducidos utilizando la función

$$d(P) = 10^{-17} \cdot \sum_{k=1}^N q_{0k} \cdot A_{0k} \cdot [a_{1k} \cdot \exp(-b_{1k} \cdot \psi_{P,Q_k})]$$

en donde  $d(P)$  es la componente vertical observada por SIRGAS-CON (FIGURA 2) en el punto  $P$ ,  $q_{0k}$  es la presión ejercida sobre el punto  $Q_k$ , cuyo valor se calcula a través de GRACE, y  $A_{0k}$  es la superficie de la celda que contiene al punto  $Q_k$ , para lo cual se utilizaron parámetros  $a$  y  $b$  ajustados para Sudamérica (Galván, 2012).

Se eligieron estaciones que pertenezcan a la red IGS, y se compararon las diferencias entre aquellas estaciones que se encuentran en regiones donde el mayor aporte a la carga se debe a variaciones de carga de agua superficial y subterránea (estaciones cercanas al Amazonas), y estaciones situadas en regiones de sequía, en donde la contribución principal a las deformaciones corticales se debe a las variaciones de presión.

## RESULTADOS:

La figura 4 muestra simultáneamente las variaciones que sufre la altura (línea negra) para la estación GNSS ALIC, ubicada en una zona muy seca de Australia, los desplazamientos modelados por efectos de la presión (línea azul) y los desplazamientos modelados a partir de la altura de agua equivalente de la región cercana (línea roja). Se observa que los desplazamientos producidos por variaciones en la carga debida a la presión representan la mayor contribución a las variaciones de altura y que los movimientos debido a la carga no se encuentran bien modelados aun, principalmente debido a la escasa cantidad de agua de la región que es la que genera los cambios gravitacionales observados por esta misión satelital.

En la figura 5 se observa la estación CHPI, cercana al Amazonas. En esta figura se deduce que los desplazamientos modelados por la presión se encuentran sobreestimados ya que representan el 80% de la carga total lo que no es posible en esta región gobernada por la carga de agua.

Considerando las dos series temporales se tomaron los valores máximos y mínimos de cada una de las fuentes de información para estimar la amplitud y el porcentaje que aporta cada una de ellas para todas las estaciones IGS que componen la red SIRGAS-CON, lugares para los cuales se contaba con los dos modelos.

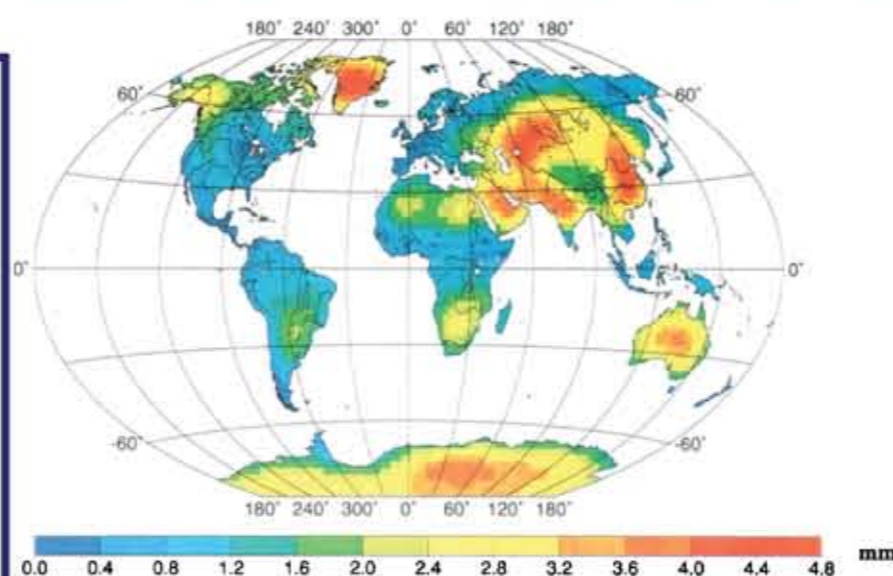


Fig 2. Amplitudes de desplazamiento corticales predichas a partir de datos geodésicos espaciales observados y redistribuciones superficiales de masa. Mangiarotti et al. 2001.

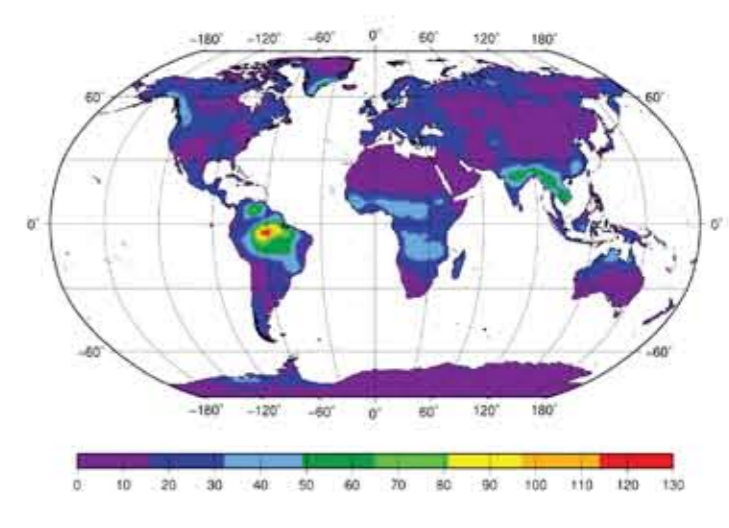


Fig 3. Basada en mallas provistas por [http://grgs.obs-mip.fr/grace/modeles\\_variables\\_grace\\_Lageos/grace-solutions-release-02](http://grgs.obs-mip.fr/grace/modeles_variables_grace_Lageos/grace-solutions-release-02)

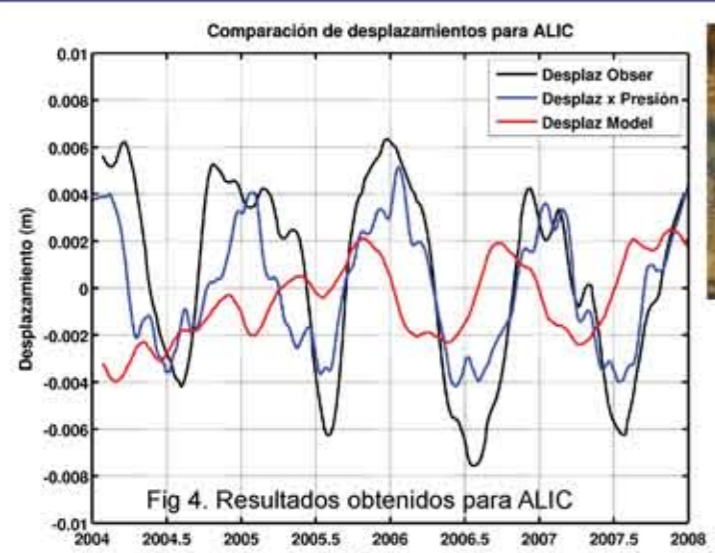


Fig 4. Resultados obtenidos para ALIC

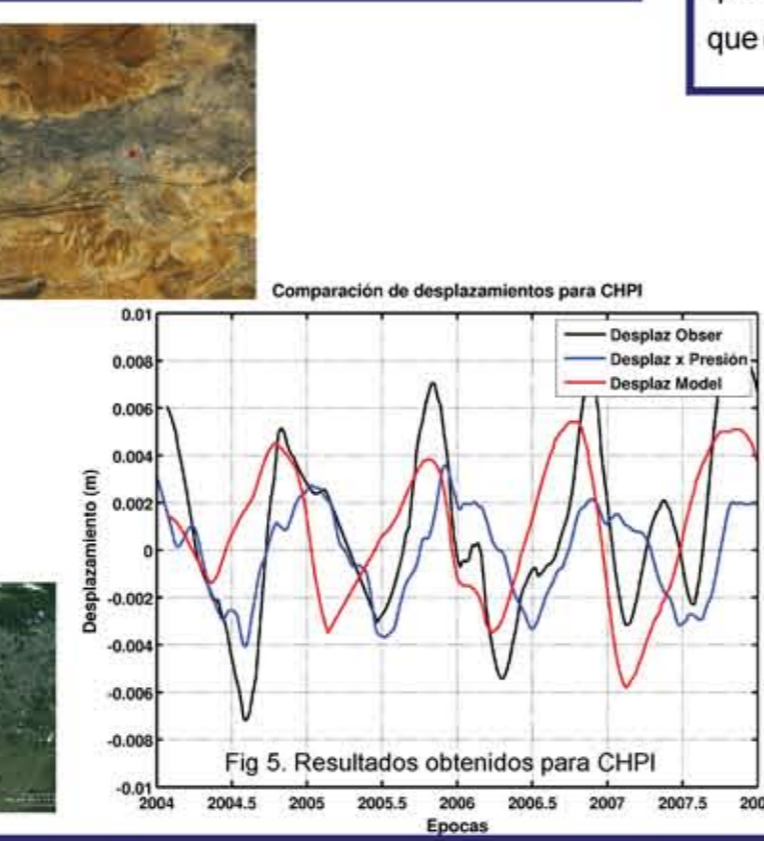


Fig 5. Resultados obtenidos para CHPI

La figura 6 permite ver los valores porcentuales de la amplitud del efecto según GRACE y según el servicio para la carga por presión ([http://gemini.gsfc.nasa.gov/aplo/aplo.html#chapter\\_2](http://gemini.gsfc.nasa.gov/aplo/aplo.html#chapter_2)) en donde se ha diferenciado aquellas estaciones en las que la deformación modelada por presión no supera el 80% de aquella modelada por carga superficial en verde. Mientras que en la figura 7 se muestran los valores absolutos de cada una de las amplitudes.

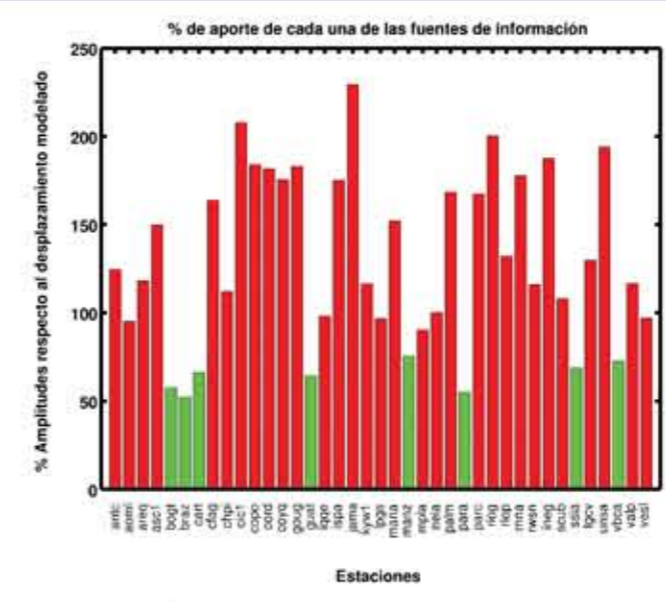


Fig 6. Relación entre el desplazamiento modelado por presión y el modelado por carga en forma porcentual.

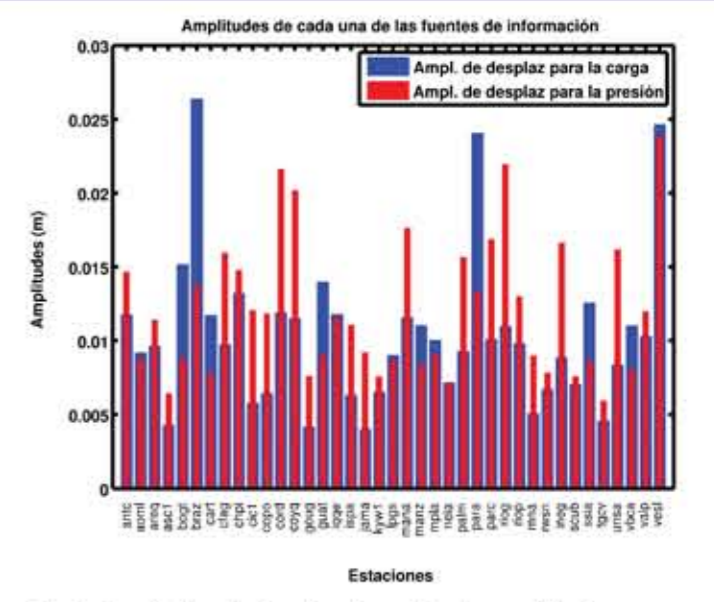


Fig 7. Amplitudes de los desplazamientos modelados por presión (barras rojas) y por carga superficial (barras azules)

## CONCLUSIONES:

Se observa como el modelo de carga por presión resulta muy eficiente para modelar el efecto del desplazamiento vertical para una región muy seca y donde la variación de la presión atmosférica presenta uno de los máximos globales. Sin embargo para la región latinoamericana el mismo modelo presenta casi siempre valores exageradamente altos teniendo en cuenta la relativamente escasa amplitud de la carga por presión y la gran carga por altura de agua equivalente. Una posible causa de esta sobreestimación podría ser que el modelo de Petrov fue realizado previamente a que se conocieran los resultados de la misión satelital GRACE y que el mismo este absorbiendo la variación producida por la carga del agua.

Si bien estos resultados que se presentan son preliminares pareciera prudente no corregir los movimientos no lineales por el modelo de presión atmosférica global e intentar modelarlos en forma regional o local mediante un aproximación sencilla como la ya propuesta por Seitz (Seitz, 2009)

En este sentido ya se ha realizado un trabajo exitoso (Galván, 2012) para la carga hídrica y se espera poder intentar el mismo camino con un efecto menos significativo como lo es el aporte de la presión atmosférica.

## REFERENCIAS:

Farrell, W.E. (1972). Deformation of the Earth by Surface Loads, *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 10: 761.

Galván, R. et al. (2012). Avances en el modelado de las variaciones no lineales de la componente vertical de estaciones SIRGAS-CON causadas por fenómenos de carga. Reunión SIRGAS, 2012.

Petrov, L. y Boy, J.-P. (2004). Study of the atmospheric pressure loading signal in very long baseline interferometry observations, *Journal of Geophysical Research (Solid Earth)*, 109 (B18), doi: 10.1029/2003JB002500

Seitz, F. Y Krügel, M. (2009). Inverse model approach for vertical load deformations in consideration of crustal inhomogeneities; in: Drewes, H. (eds.) *Geodetic Reference Frames*, IAG Symposia, Vol. 134, pp 23-29, Springer, ISBN (Print) 978-3-642-00859-7, ISBN (Online) 978-3-642-00860-3, ISSN 0939-9585, DOI: 10.1007/978-3-642-00860-3\_4.