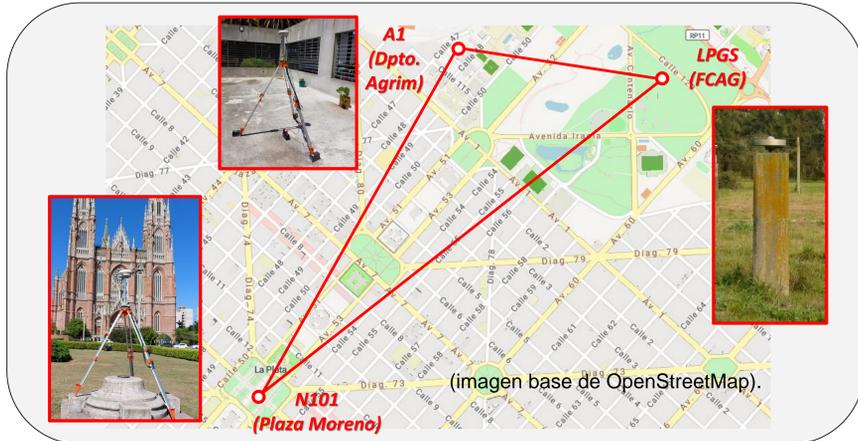


# Aplicación del modelo de elevaciones Geoide-Ar a desniveles geodésicos y su comparación con desniveles geométricos

Justo Claudio Eduardo, Romano Roberto José  
Calle 1 y 47, La Plata, Provincia de Buenos Aires [claudio.justo@ing.unlp.edu.ar](mailto:claudio.justo@ing.unlp.edu.ar)

## Objetivos

- Análisis de la precisión alcanzable en la medición de desniveles utilizando observaciones GNSS, en comparación con la tradicional nivelación geométrica.
- Comparación de alturas obtenidas vinculando las observaciones a dos datums (orígenes) diferentes: "Red de nivelación RN-AR" "red POSGAR 07 (Posiciones Geodésicas Argentinas 2007)".
- Desarrollar trabajos de articulación entre 2 asignaturas de distintas áreas.



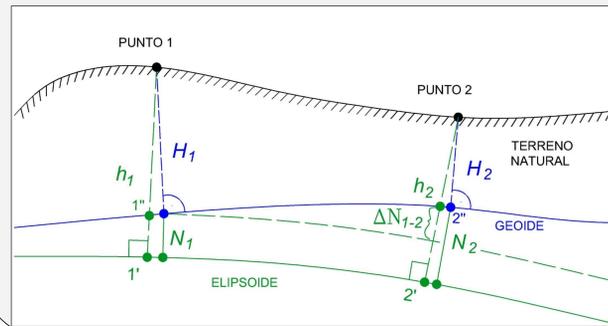
Equipo de receptores GNSS RTK – Kolida K9TX. Donados por el Consejo Profesional de Agrimensura de la Prov. de Bs. As.



Nivel digital - Sokkia SDL 50. Dpto. de Agrimensura (FI UNLP).



Relación entre las alturas geodésicas ( $h$ ), las alturas ortométricas ( $H$ ) y lo que implica la adopción de una u otra superficie de referencia como datum.

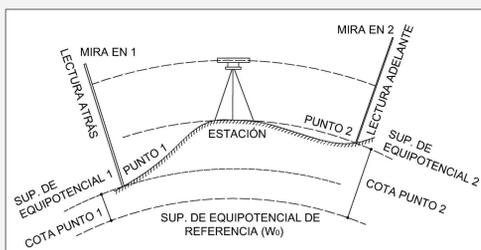


Fórmula de Stokes

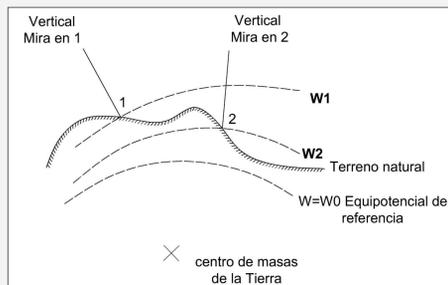
$$H_i = h_i - N_i$$

Alturas geodésicas ( $h$ ) y alturas ortométricas ( $H$ ) para los puntos del terreno 1 y 2. La ondulación del geoide ( $N$ ) permite vincular los dos sistemas de alturas.

Modelos topográfico y geodésico para la consideración de alturas.



Modelo Topográfico



Modelo Geodésico

## Parte experimental

### Metodología de trabajo con la técnica GNSS (observaciones geodésicas)

- Observaciones de dos horas en modo estático para cada vector.
- Procesamiento con señal L1 y constelación GPS.
- Se particionaron las observaciones en intervalos de menor duración para el análisis de inconsistencias.
- Ajuste de red con observaciones independientes para la obtención de las alturas geodésicas ( $h$ ), y cálculo de los desniveles ( $\Delta h$ ) compensados.
- Los desniveles geodésicos ( $\Delta h$ ) de cada red fueron transformados ( $\Delta H^T$ ) mediante el modelo Geoide Ar.

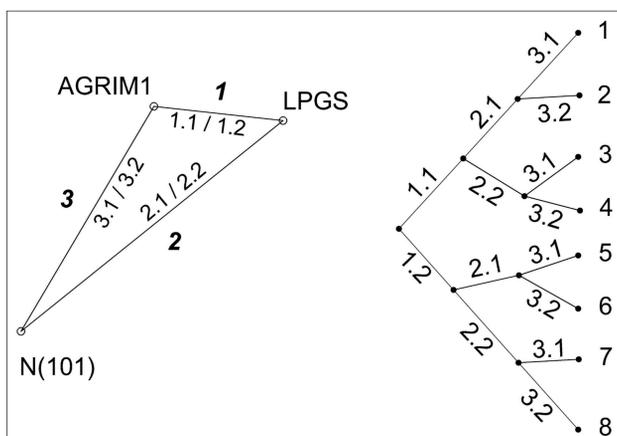
### Metodología de trabajo para la nivelación geométrica (observaciones topográficas)

- Se partió de la red altimétrica de la cátedra de Cálculo de Compensación.
- Se verificó el nivel aplicando el procedimiento largo de la Norma ISO-17123-2.
- El ajuste de la red se realizó por mínimos cuadrados ponderados y se estableció el datum (punto de arranque) en el punto identificado como Nodal 101.
- Se obtuvieron los desniveles geométricos compensados ( $\Delta H$ ).

## Resultados y discusión

### Etap 1: Comparación de desniveles obtenidos con ambas técnicas

Se trabajó con 8 redes independientes obtenidas a partir de intervalos de observaciones de 1 hora.



Se calcularon las diferencias ( $\Delta H^T$ ) - ( $\Delta H$ ).

De esta comparación se obtuvieron las Tablas I,II,III y IV, Cada tabla muestra el nivel de inconsistencias entre las observaciones geodésicas transformadas en ortométricas, y observaciones topográficas.

TABLA I: Red de 1 hora – Efemérides radiodifundidas.

Vectores	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Max	Min	Rango
1	A1-LPGS	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.003	-0.002	-0.003	-0.001	0.002	-0.004	0.006
2	LPGS-N101	-0.004	0.001	-0.004	-0.001	-0.001	0.002	-0.001	0.001	0.002	-0.004	0.006
3	N101-A1	-0.006	0.000	-0.005	0.000	-0.003	0.001	-0.003	0.001	0.001	-0.006	0.007

TABLA II: Red de media hora – Efemérides radiodifundidas.

Vectores	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Max	Min	Rango
1	A1-LPGS	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.003	-0.002	-0.006	-0.005	-0.001	-0.006	0.005
2	LPGS-N101	-0.005	-0.007	-0.004	-0.005	0.005	0.008	0.005	0.008	0.008	-0.007	0.015
3	N101-A1	-0.005	-0.007	-0.005	-0.008	0.003	0.007	0.001	0.005	0.007	-0.008	0.015

TABLA III: Red de 1 hora – Efemérides precisas.

Vectores	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Max	Min	Rango
1	A1-LPGS	-0.003	-0.002	-0.003	-0.001	-0.003	-0.002	-0.003	-0.001	-0.001	-0.003	0.002
2	LPGS-N101	-0.004	0.001	-0.004	0.001	-0.001	0.002	-0.001	0.001	0.002	-0.004	0.006
3	N101-A1	-0.006	0.000	-0.006	0.001	-0.003	0.001	-0.003	0.001	0.001	-0.006	0.007

TABLA IV: Red de media hora – Efemérides precisas.

Vectores	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Max	Min	Rango
1	A1-LPGS	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.003	-0.002	-0.006	-0.005	-0.001	-0.006	0.005
2	LPGS-N101	-0.005	-0.007	-0.004	-0.005	0.005	0.008	0.005	0.008	0.008	-0.007	0.015
3	N101-A1	-0.005	-0.007	-0.005	-0.008	0.003	0.007	0.001	0.005	0.007	-0.008	0.015

Cada fila corresponde a un vector. Luego en cada columna se aprecian los valores para cada combinación de red.

### Etap 2: Comparación de alturas adoptando Datums diferentes

- Punto N101 de la red de nivelación RN-Ar (IGN)
- Punto LPGS de la red POSGAR 07 (IGN)

Se comparan las alturas del punto A1 obtenidas por dos caminos:

1. Por nivelación geométrica ( $HA1_{N101}$ ).
2. Por la técnica GNSS ( $HA1_{LPGS}^T$ ). Esta altura geodésica es obtenida por vinculación al punto LPGS, luego es transformada aplicando el modelo Geoide AR.

$$HA1_{LPGS}^T = hA1_{LPGS} - N_{A1}$$

$$HA1_{LPGS}^T = 37.599m - 16.150m = 21.499m$$

La diferencia se calculó mediante

$$Dif = HA1_{LPGS}^T - HA1_{N101}$$

$$Dif = 21.499 - 21.504 = -0.055m$$

En el punto LPGS se realizó una comparación equivalente:

$$Dif = H_{LPGS}^T_{POSGAR07} - H_{LPGS}^T_{N101} = -0.050m$$

$$Dif = 13.733m - 13.783m = -0.050m^2$$

Ambas diferencias son de un orden similar. Las observaciones realizadas para la obtención de ambas diferencias son independientes.

### Conclusiones

- El modelo de Geoide Ar mostró eficacia en la transformación de desniveles obteniéndose valores de inconsistencias en un rango de 15 mm como máximo para las distancias involucradas (máxima 2627 m).
- En la transformación de alturas se observó una diferencia que superó en más de 3 veces este valor y con el mismo signo considerándolo un sesgo LOCAL entre marcos los referencia altimétricos en juego. Este tema se continuará investigando para proponer alguna solución.
- Por lo anterior recomendamos evitar la coexistencia de alturas ortométricas transformadas desde POSGAR 07 con alturas ortométricas en el marco RN-AR en levantamientos que busquen incertidumbres estándar en el orden de las que arroja el instrumental usualmente involucrado en dichas tareas.