

Hacia un sistema vertical de referencia unificado para América del Sur

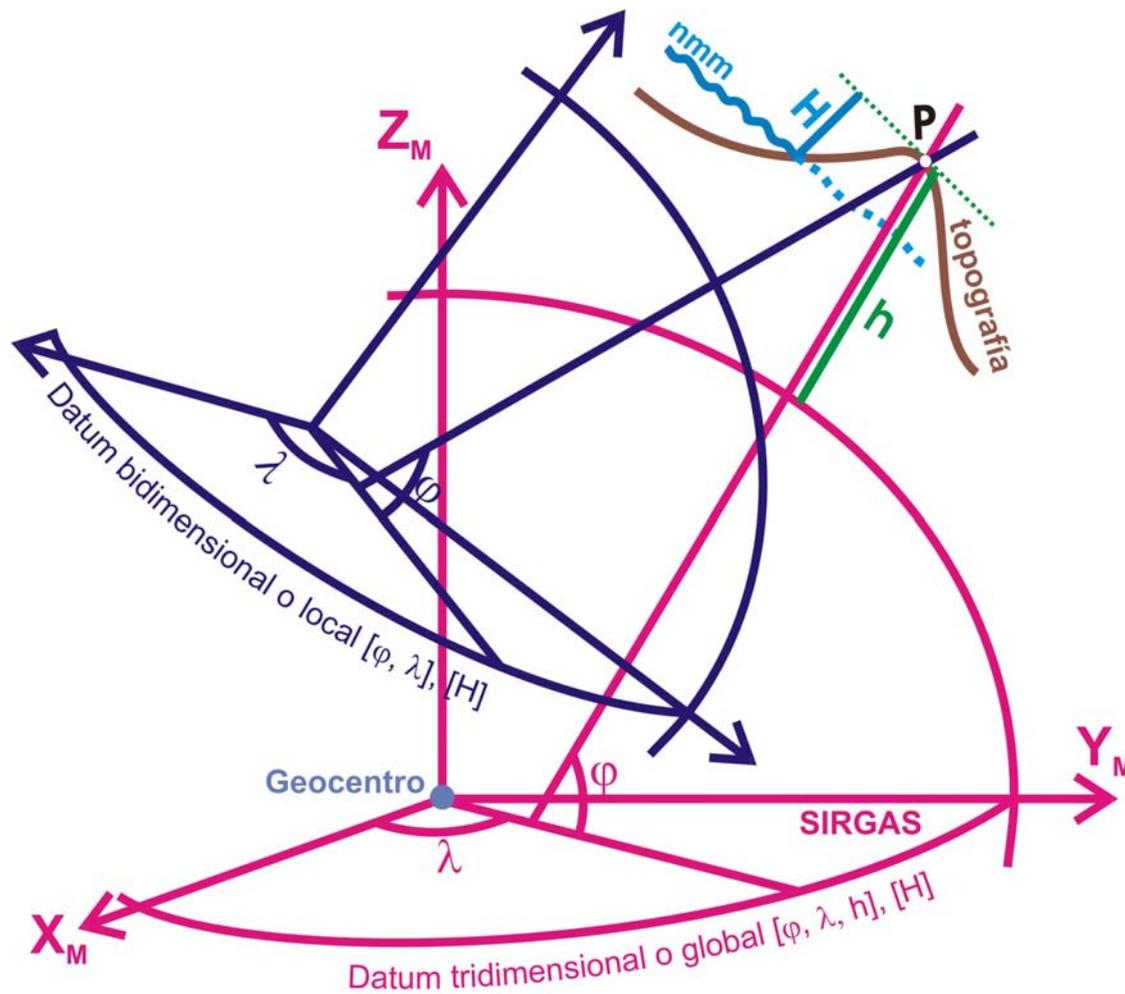
SIRGAS-GTIII: Datum Vertical

Laura Sánchez



XX Reunión de Consulta de la Comisión de Cartografía del IPGH
Reunión SIRGAS 2005
Caracas, noviembre 17 y 18 de 2005

Coordenada vertical



Geodesia clásica:

- independiente de la posición horizontal
- nivel medio del mar (geoide)
- nivelación geométrica

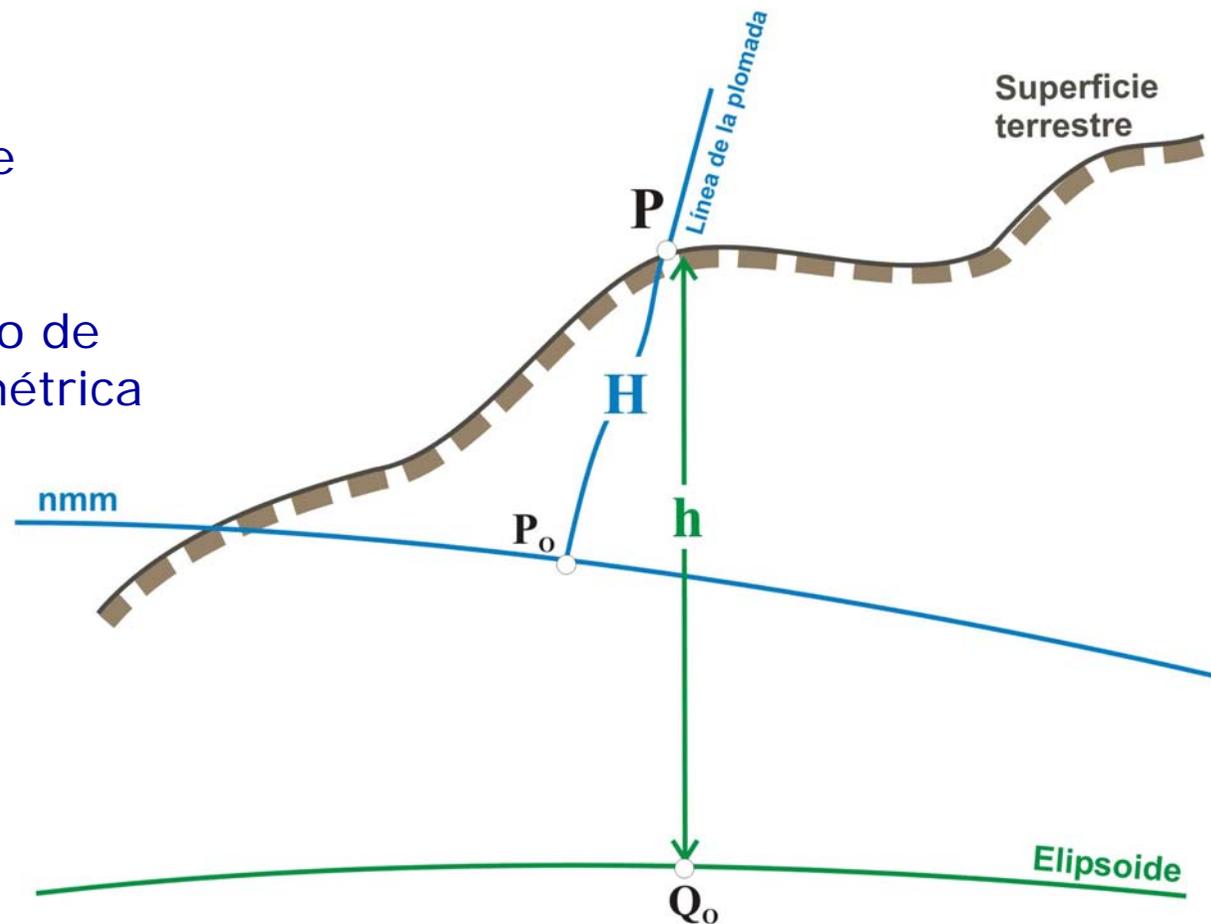
Geodesia moderna:

- determinación simultánea con la posición horizontal
- elipsoide de referencia
- posicionamiento GNSS (p. ej. GPS)

Tipos de alturas

H depende del campo de gravedad → altura física

h NO depende del campo de gravedad → altura geométrica

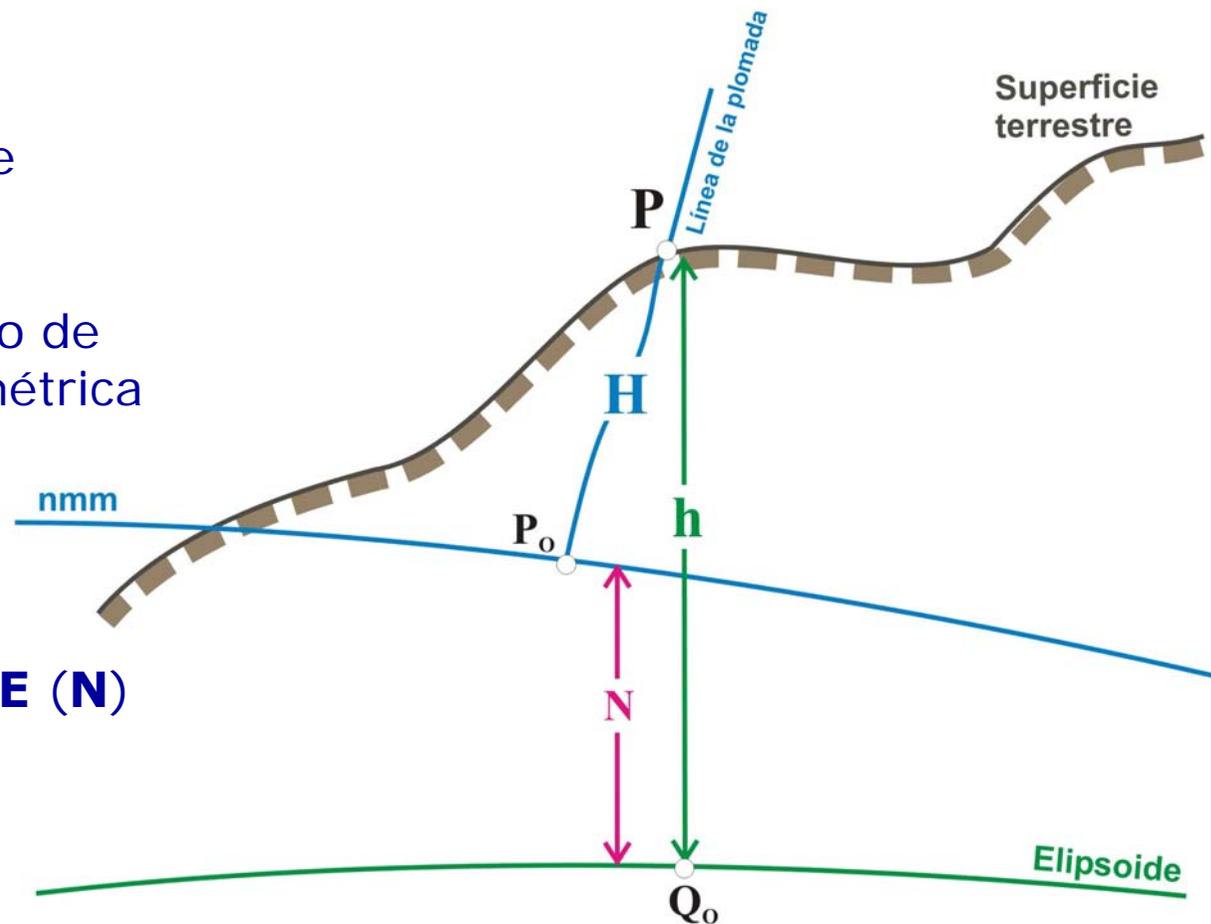


Tipos de alturas

H depende del campo de gravedad → altura física

h NO depende del campo de gravedad → altura geométrica

La relación entre **H** y **h** está dada por el **GEOIDE (N)**
 $-100 \text{ m} < N < 100 \text{ m}$



Teóricamente **$H = h - N$** pero...

Inconvenientes de los sistemas de alturas existentes (I)

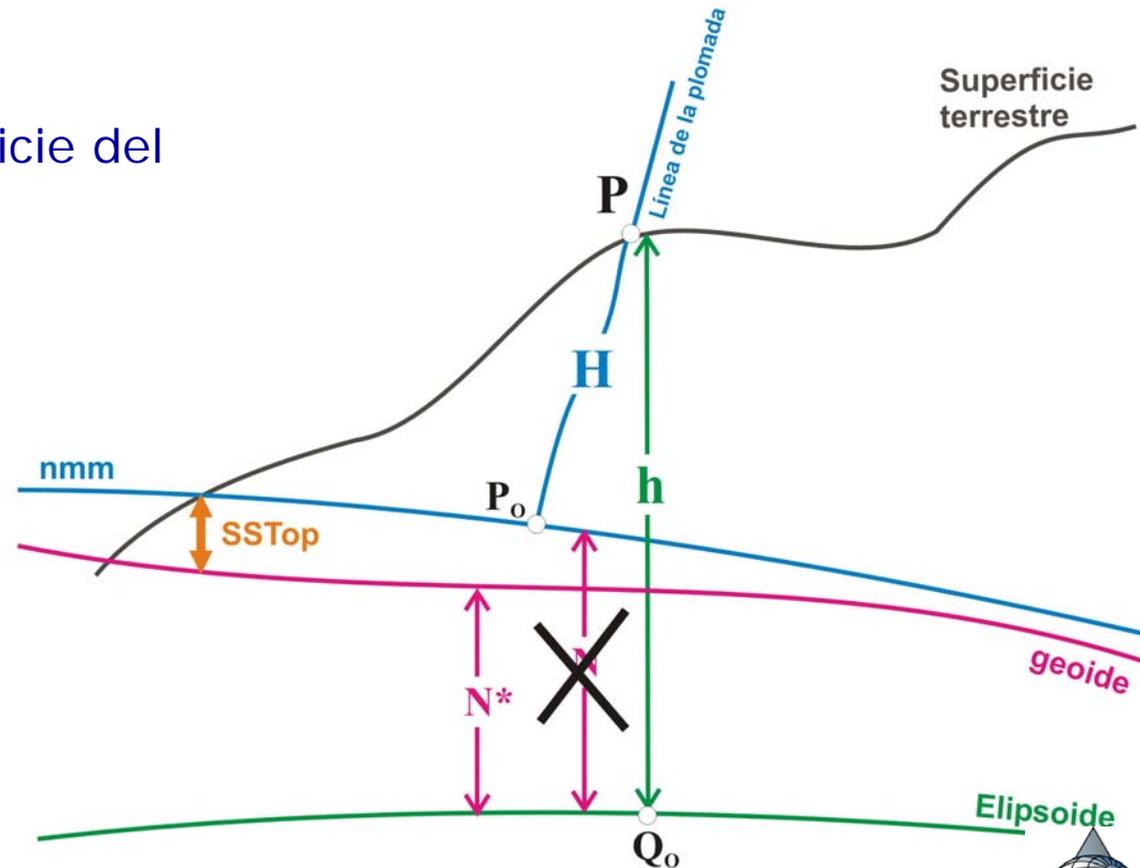
1. El nivel medio del mar usado como referencia para la definición de las alturas usadas actualmente **NO** coincide con el geode

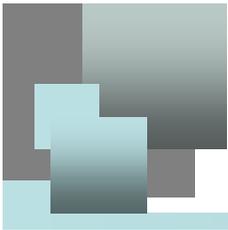
Topografía de la superficie del mar (SSTop):

$$-2 \text{ m} < \text{SSTop} < 2 \text{ m}$$

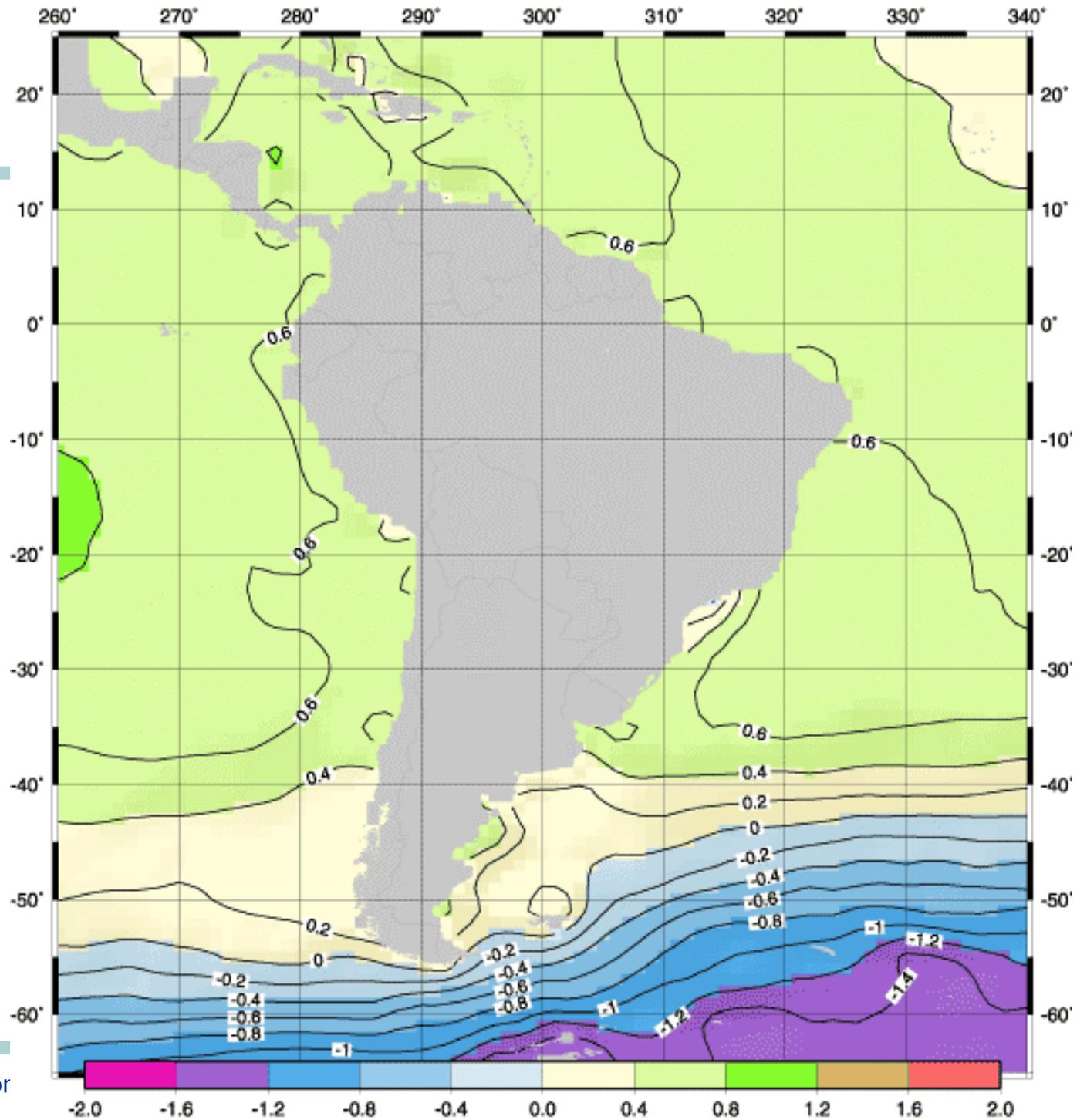
$$H \neq h - N$$

$$H = h - N^*$$





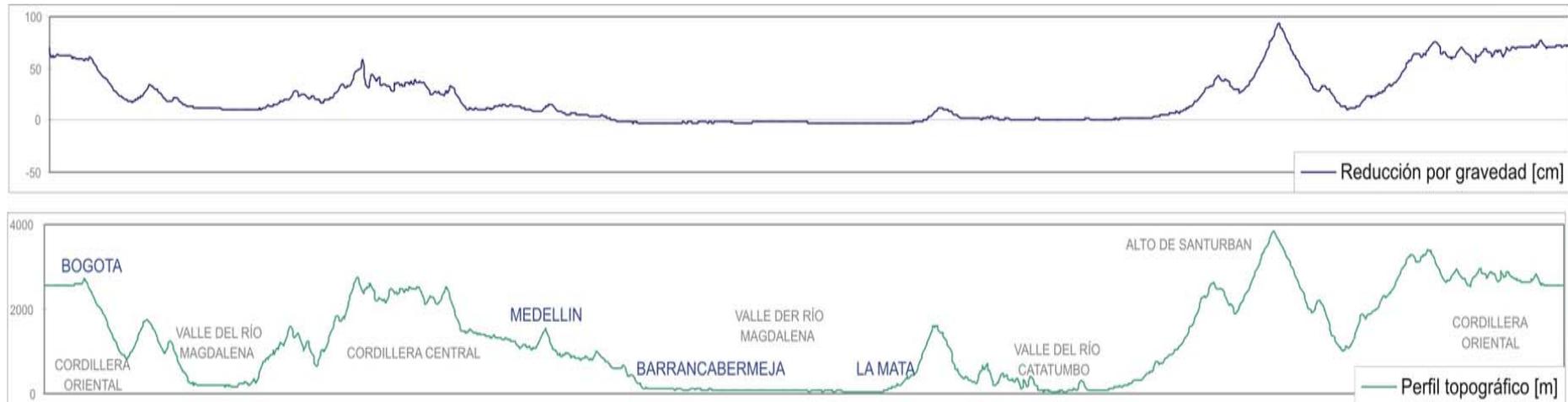
SSTop [m]
(T/P), 1992-2000
(W. Bosch, DGFI)



XX Reunión de Cor

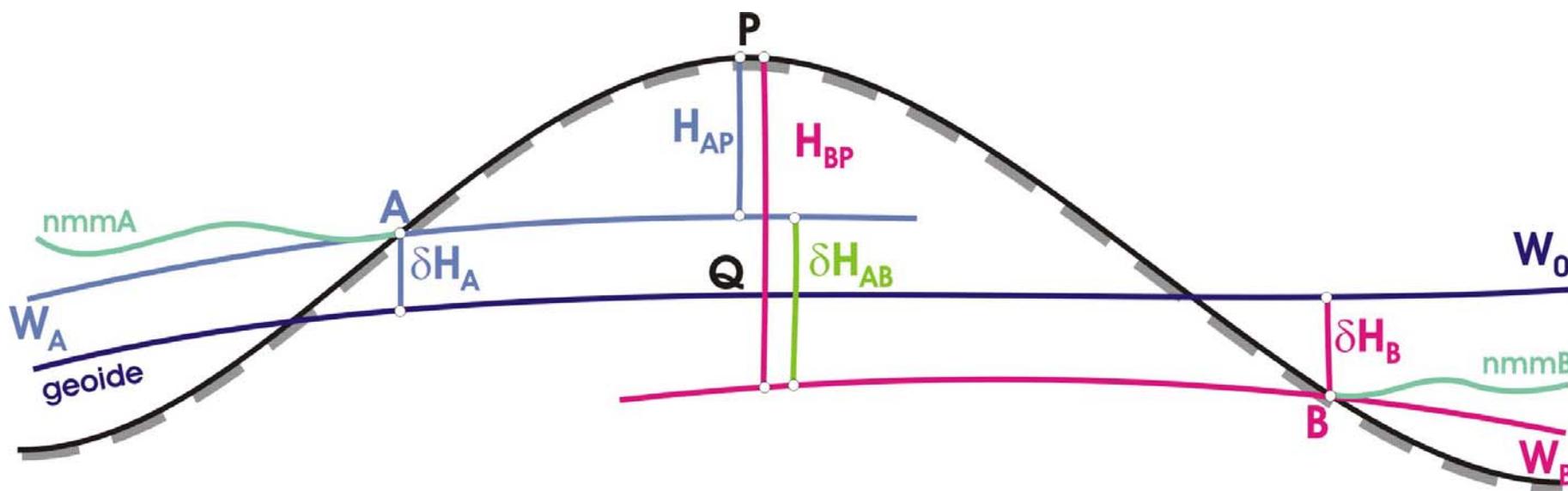
Inconvenientes de los sistemas de alturas existentes (II)

Efecto [cm] del campo de gravedad sobre la nivelación geométrica realizada en un circuito con ~ 1500 puntos (~1800 km) y diferencias de altura entre 15 y 4000m



Inconvenientes de los sistemas de alturas existentes (III)

3. La superficie de referencia (nmm en mareógrafos) de los sistemas de alturas existentes no están sobre el mismo nivel



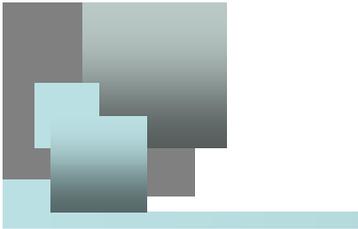
$$H_{AP} \neq H_{BP}$$

$$\hat{H}_{AP} = H_{AP} + \delta H_A$$

$$\hat{H}_{BP} = H_{BP} - \delta H_B$$



$$\hat{H}_{AP} = \hat{H}_{BP}$$



Discrepancias en las alturas niveladas entre países vecinos

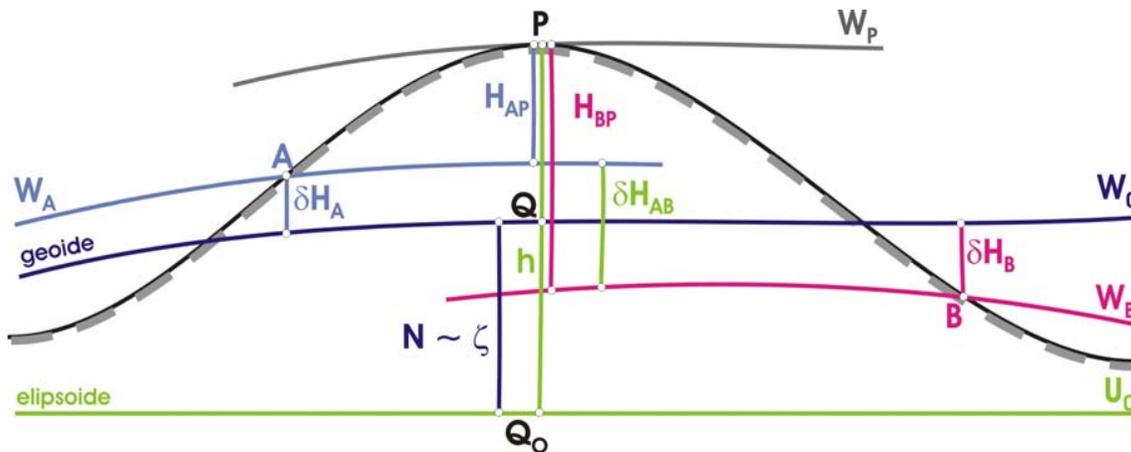
Objetivo del SIRGAS-GTIII: Datum Vertical

Satisfacer, en teoría y **práctica** la relación: $H = h - N$

- Las alturas **h** deben referirse a un datum geodésico geocéntrico
 - ➔ Adopción de SIRGAS como sistema de referencia en todos los países de América del Sur
- El modelo geoidal (**N**) debe ser de carácter global y unificado para todos los países de América del Sur
 - ➔ Global: longitudes de onda larga provenientes de las misiones satelitales CHAMP, GRACE, GOCE
 - ➔ Unificado: longitudes de onda corta a partir de datos de gravedad terrestres provenientes de todos los países, pero integrados en **un solo** cálculo

Objetivo del SIRGAS-GTIII: $H = h - N$

- Las alturas H deben referirse a una superficie global de referencia (W_0)



a) Determinación de $\delta H_{AB}, \dots, \delta H_{ij}$ ($i, j = 1, \dots, n$)

→ Nivelación entre países vecinos:
 $\delta H_{AB} = H_B - H_A$

b) Determinación de $\delta H_A, \delta H_B, \dots, \delta H_i$ ($i = 1, \dots, n$)

→ SSTop en los mareógrafos de referencia: $\delta H_A^{SSTop} = h_A - H_A$

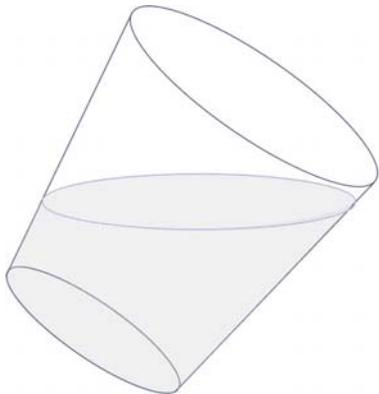
→ [GNSS + Niv + Grav + Geoide] en los mareógrafos de referencia:
 $\delta H_A^{TG} = h_A - H_A - N_A$

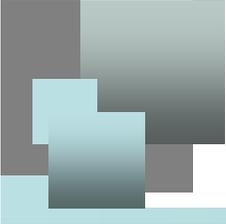
→ [GNSS + Niv + Grav + Geoide] en las estaciones SIRGAS2000:
 $\delta H_A^{MR} = h_A - H_A - N_A$

Importancia de satisfacer $H = h - N$

- Las técnicas actuales de posicionamiento proporcionan la altura geométrica h con altas precisiones, rapidez y bajos costos. Infortunadamente, estas alturas no son 'utilizables' en la práctica, ya que no dependen del campo de gravedad. Por tanto, las alturas físicas H deben continuar en uso.

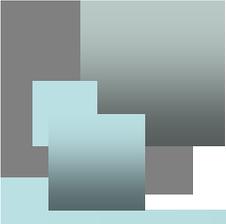
→ *La superficie descrita por agua (o cualquier líquido) en calma coincide con una superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre y siempre está asociada a H*





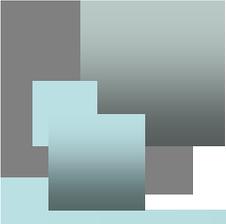
Importancia de satisfacer $H = h - N$

- Las técnicas actuales de posicionamiento proporcionan la altura geométrica **h** con altas precisiones, rapidez y bajos costos. Infortunadamente, estas alturas no son 'utilizables' en la práctica, ya que no dependen del campo de gravedad. Por tanto, las alturas físicas **H** deben continuar en uso.
- Las alturas físicas **H** se obtienen, tradicionalmente, mediante nivelación geométrica (+ gravimetría), también son de alta precisión, más su determinación es dispendiosa y altamente costosa. El uso adecuado de $H = h - N$ resuelve estos inconvenientes.
- La combinación de **h** y **H** a través de $H = h - N$ permite el aprovechamiento máximo de las tecnologías modernas, si esta relación no es satisfecha mediante un nuevo sistema vertical de referencia, es necesario que **H** siga siendo obtenida por los métodos clásicos (nivelación geométrica).



Importancia de satisfacer $H = h - N$

- La información geoespacial generada hasta finales del siglo pasado está asociada a **H**, de allí, su vigencia se mantiene con respecto a las tecnologías modernas si éstas se relacionan adecuadamente con **h** a través de $H = h - N$.
- El éxito de iniciativas de carácter supraregional (como GGOS, Global Map, CP-IDEA, GSDI, ...) se garantiza exclusivamente si éstas se apoyan en un sistema vertical unificado para todo el mundo (de forma similar al sistema tridimensional ITRF o SIRGAS), aquellos países o regiones que no se integren al nuevo sistema están condenados al aislamiento y al consecuente atraso.



Requerimientos para alcanzar: $H = h - N$

A nivel continental (global):

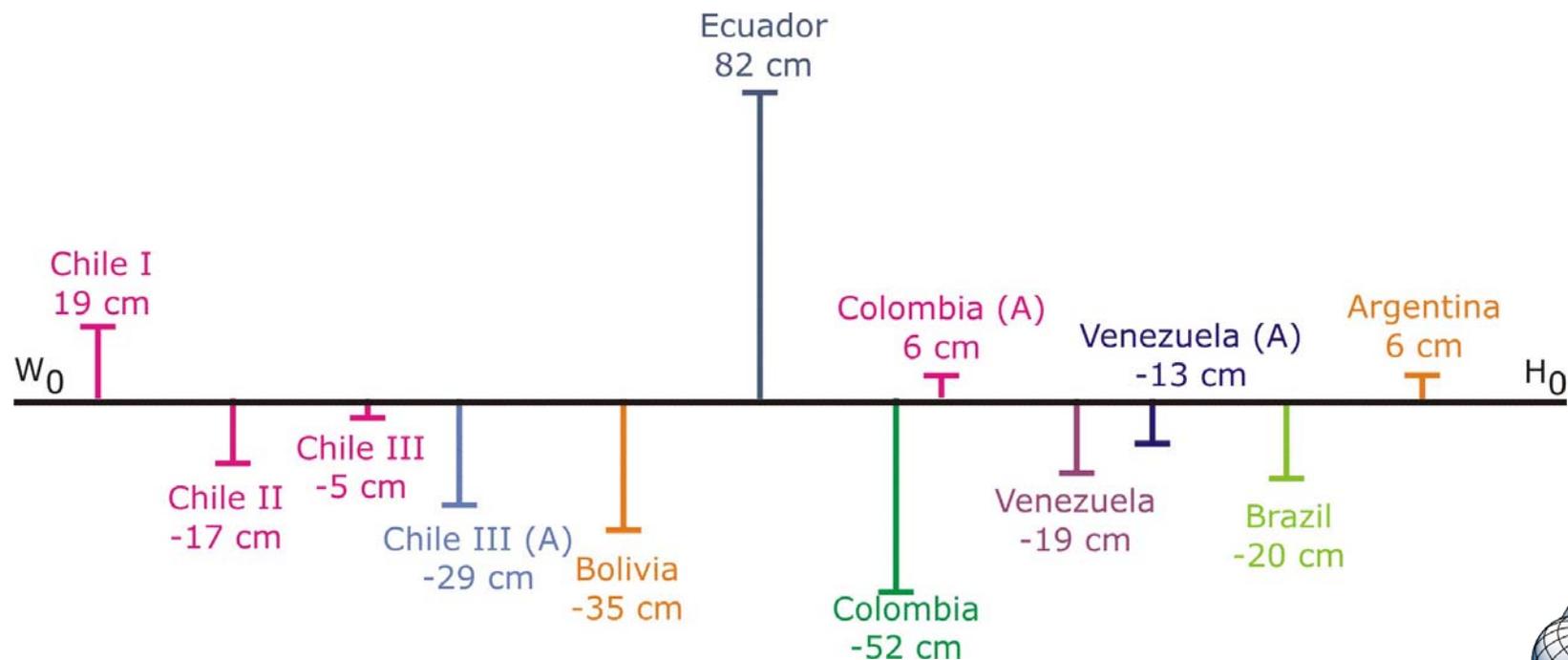
- Determinación de la superficie global de referencia (Geoide = W_0)
- Determinación de la SSTop en los mareógrafos de referencia
- Ajuste continental (en un sólo bloque) de las redes de nivelación de primer orden de todos los países

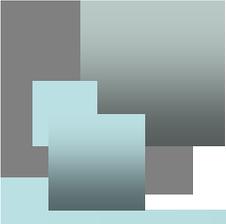
A nivel individual para cada país:

- Nivelación geométrica de los mareógrafos de referencia
- Nivelación geométrica de las estaciones SIRGAS2000
- Nivelación geométrica entre países vecinos
- Puesta a disposición de las diferencias de nivel + gravimetría entre los nodos principales de las redes de nivelación de primer orden, los mareógrafos de referencia, estaciones SIRGAS2000 y conexiones internacionales

Estado de avance

- Mejoramiento del modelo geoidal continental dentro de la Subcomisión de la IAG: South American Geoid (Dr. Blitzkow)
- Determinación de un valor global de referencia W_0
- Cálculo parcial de la SSTop en los mareógrafos de referencia
- Estimación preliminar de términos de transformación entre los mareógrafos de referencia y el valor W_0





Actividades urgentes

- Ajuste continental de las redes de nivelación de primer orden, para el efecto se requiere que los países participantes en el proyecto pongan a disposición, en formato digital, los desniveles medidos (en combinación con gravimetría) de las líneas de nivelación que conectan los puntos nodales, los mareógrafos de referencia, las estaciones SIRGAS2000 y las estaciones fronterizas.
 - ➔ **Chile y Colombia** han entregado la información correspondiente a las estaciones SIRGAS2000 y a las conexiones internacionales, avanzan en los datos de los puntos nodales
 - ➔ **Argentina y Uruguay** entregarán la totalidad de la información requerida en el futuro próximo
 - ➔ **Brasil** avanza en la depuración e integración de las bases de datos nivelados y gravimétricos
 - ➔ **Bolivia, Ecuador, Perú, Paraguay, Venezuela ...?**

- La definición y adopción de un sistema de referencia global unificado para América del Sur **no es** una **alternativa**, **es** una **necesidad**.
- Los productores y usuarios de información espacial reclaman la solución del problema vertical (**H = h - N**), si éste no es resuelto dentro del proyecto SIRGAS (i.e. IAG), otras comunidades, no especializadas, generarán sus propias soluciones, las cuales no necesariamente serán las correctas.
- Los países de la región deben avanzar al unísono en la consecución del objetivo fundamental del SIRGAS-GTIII (**H = h - N**), aquéllos que se marginen, tarde o temprano, tendrán que seguir el mismo sendero de los países activos.