

AVANCES EN EL PROCESAMIENTO UNIFICADO DE LAS REDES VERTICALES INVOLUCRADAS EN SIRGAS



Laura SÁNCHEZ
Vicepresidente SIRGAS
Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut



William MARTÍNEZ
Presidente SIRGAS-GTIII (Datum Vertical)
Instituto Geográfico Agustín Codazzi

**Reunión SIRGAS 2008
Mayo 28-29, 2008
Montevideo, Uruguay**

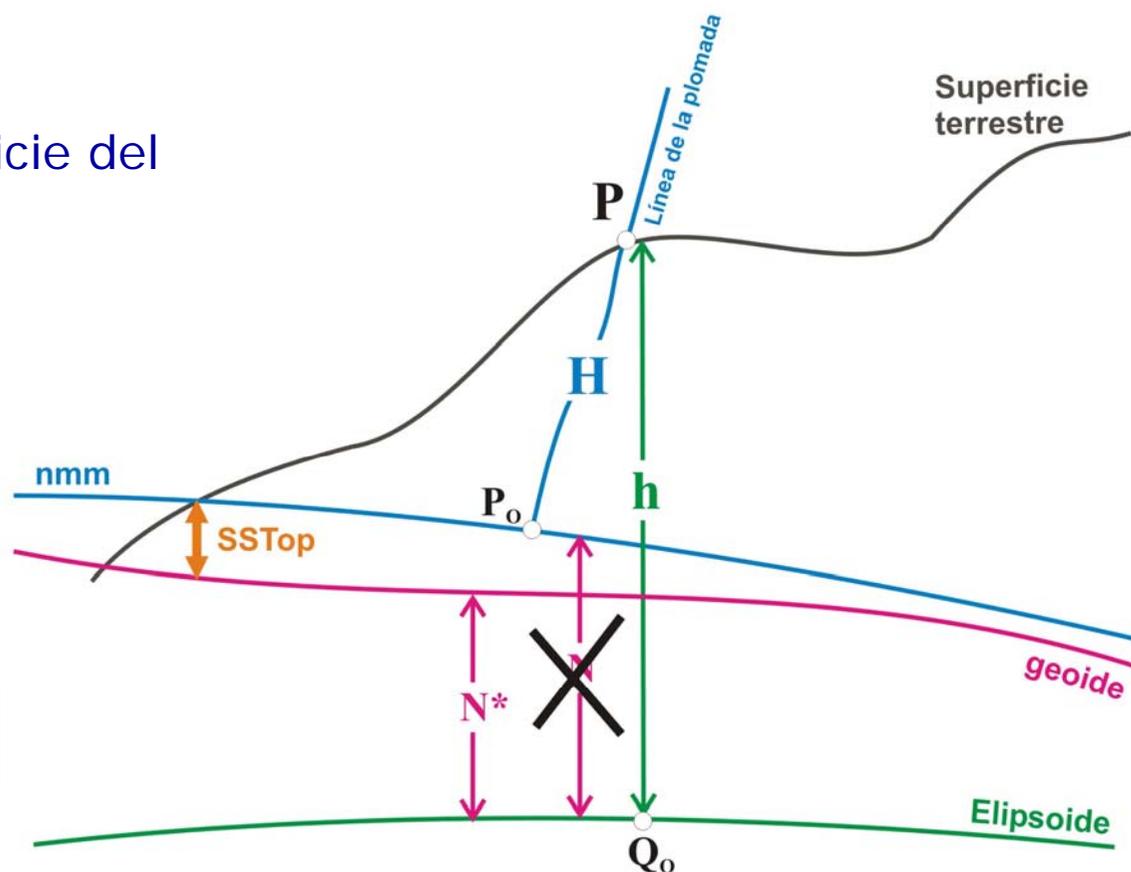
1. El nivel medio del mar usado como referencia para la definición de las alturas usadas actualmente **NO** coincide con el geode

Topografía de la superficie del mar (SSTop):

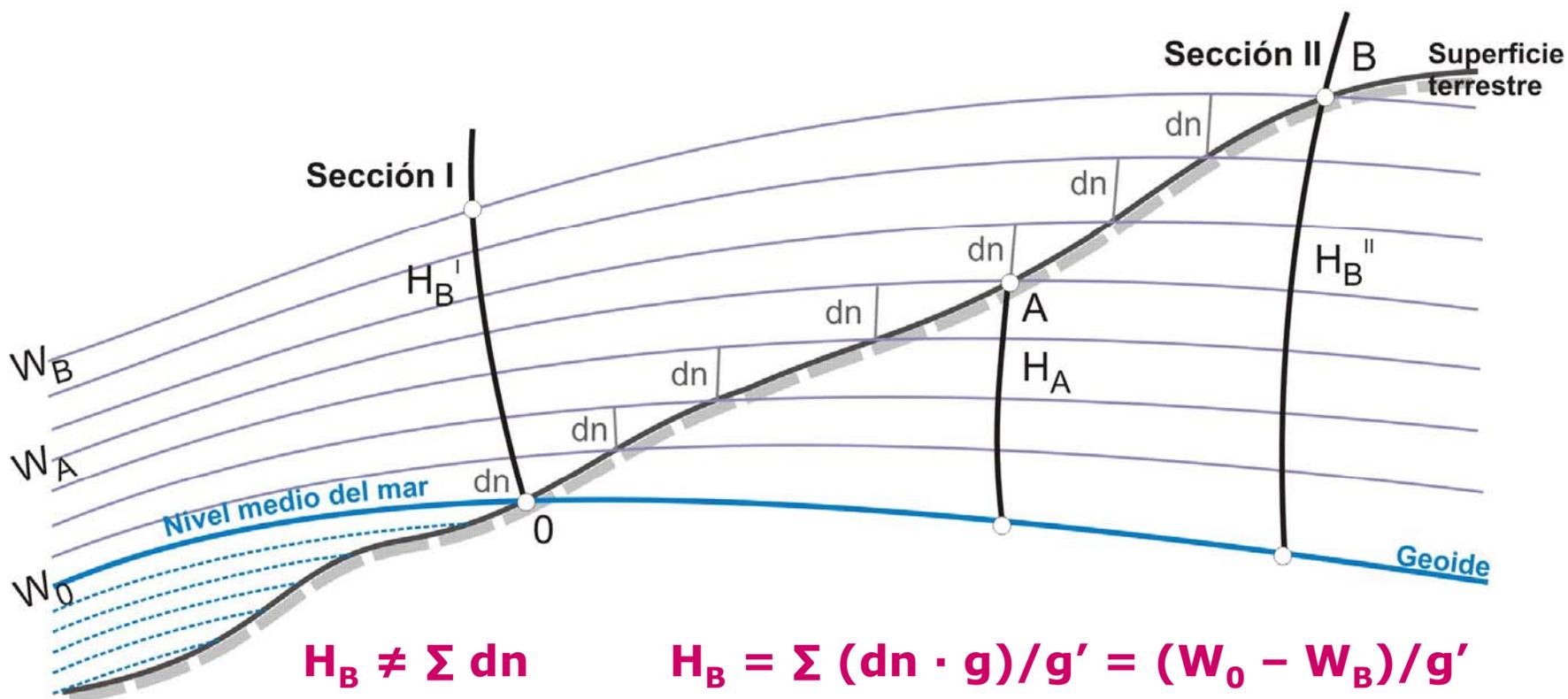
$$-2 \text{ m} < \text{SSTop} < 2 \text{ m}$$

$$H \neq h - N$$

$$H = h - (N^* + \text{SSTop})$$

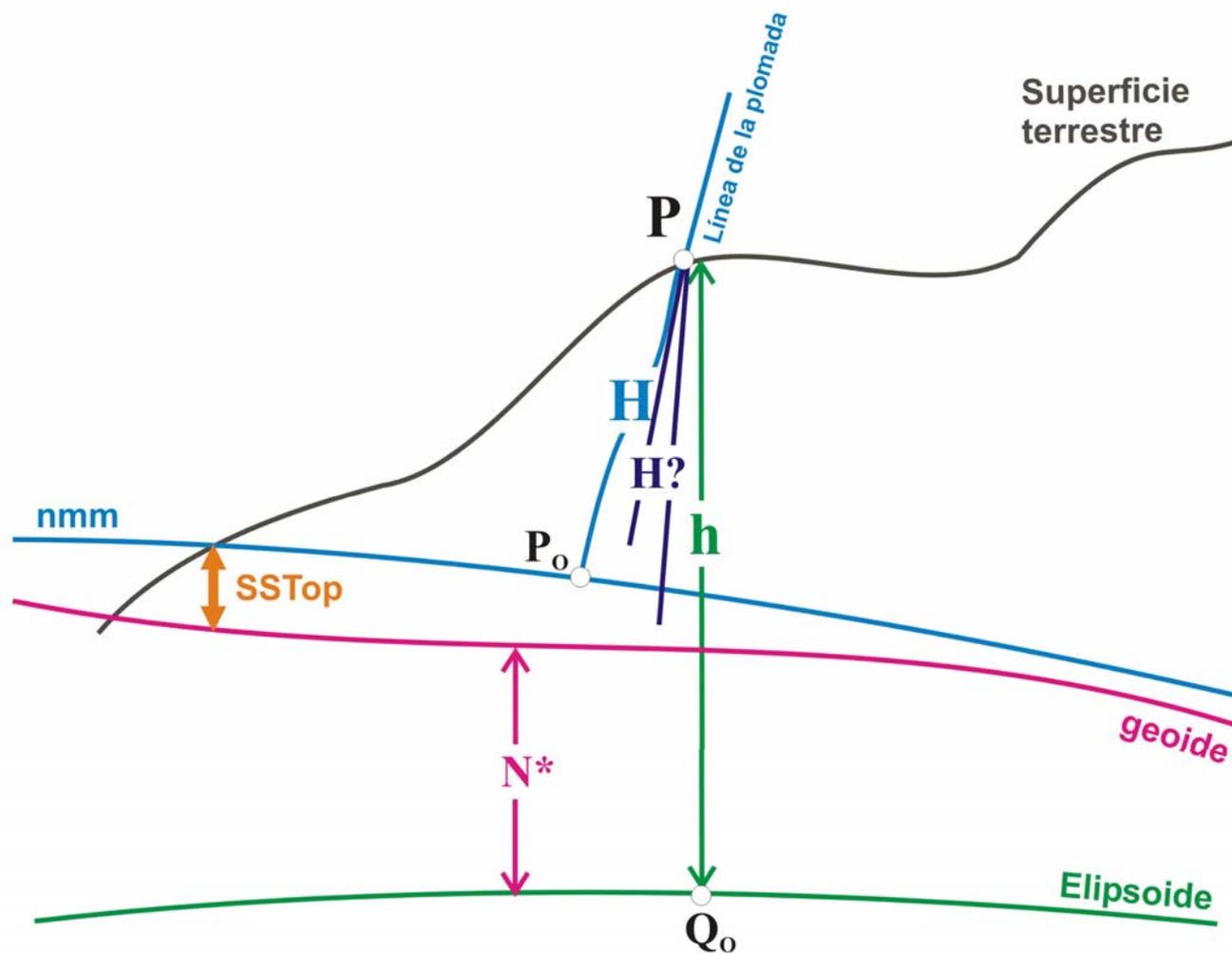


2. Las alturas utilizadas actualmente en los países de la región SIRGAS, en general, **NO** incluyen las reducciones por los efectos del campo de gravedad terrestre

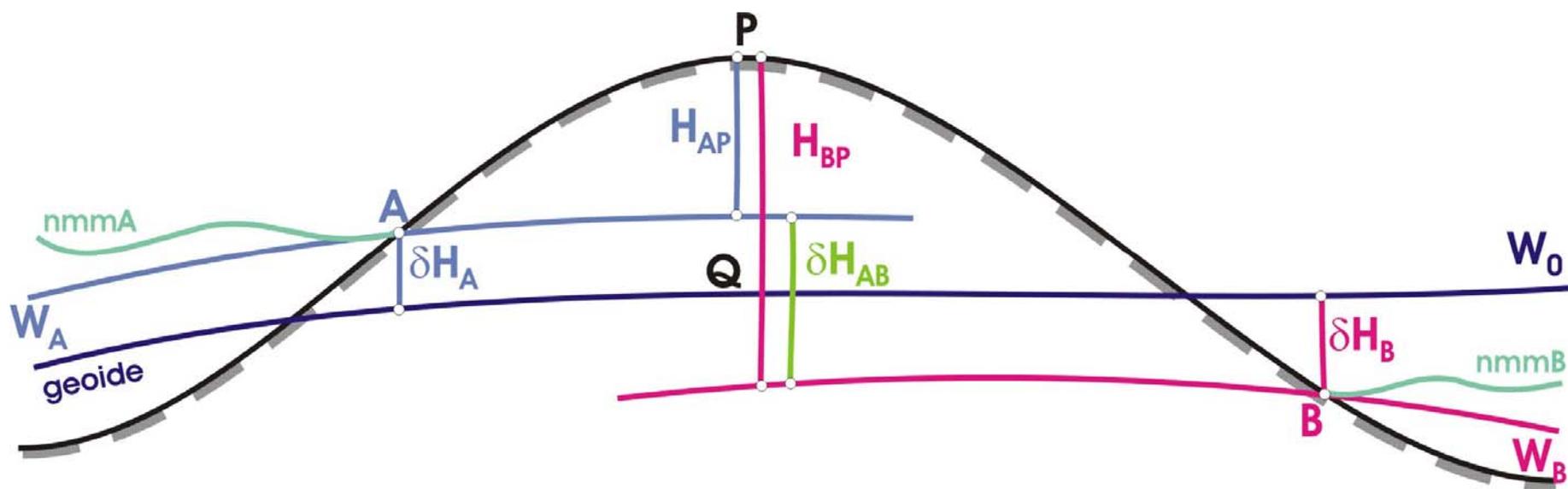


$H? \neq h - N^*$

$H = h - N^*$



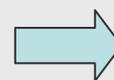
3. La superficie de referencia (nmm en mareógrafos) de los sistemas de alturas existentes no están sobre el mismo nivel



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

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

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

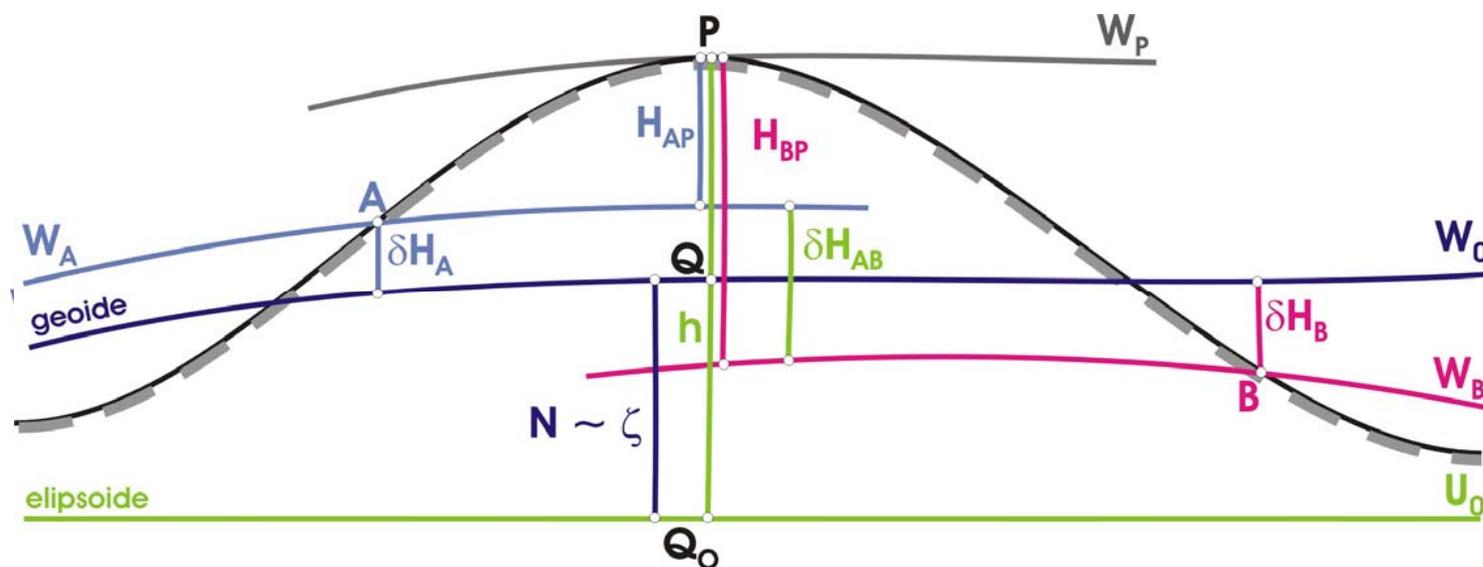


$$\hat{H}_{AP} = \hat{H}_{BP}$$



SIRGAS Nuevo Sistema de Referencia Vertical para SIRGAS

Objetivo central: Definir, realizar y adoptar un sistema vertical de referencia unificado para SIRGAS, el cual a su vez, debe ser de carácter global. Esto incluye la modernización de los sistemas existentes mediante su transformación al nuevo.



$$H_{AP} + \delta H_A = H_{BP} - \delta H_B$$

$$h_p = H_p + N_p$$



Componente geométrica

Componente física

Coordenadas

- Alturas elipsoidales h referidas a SIRGAS, i.e. ITRS realizado por ITRF2000, época 2000.4. También por SIRGAS-CON

- Alturas normales H^N derivadas de números geopotenciales

Superficie de referencia

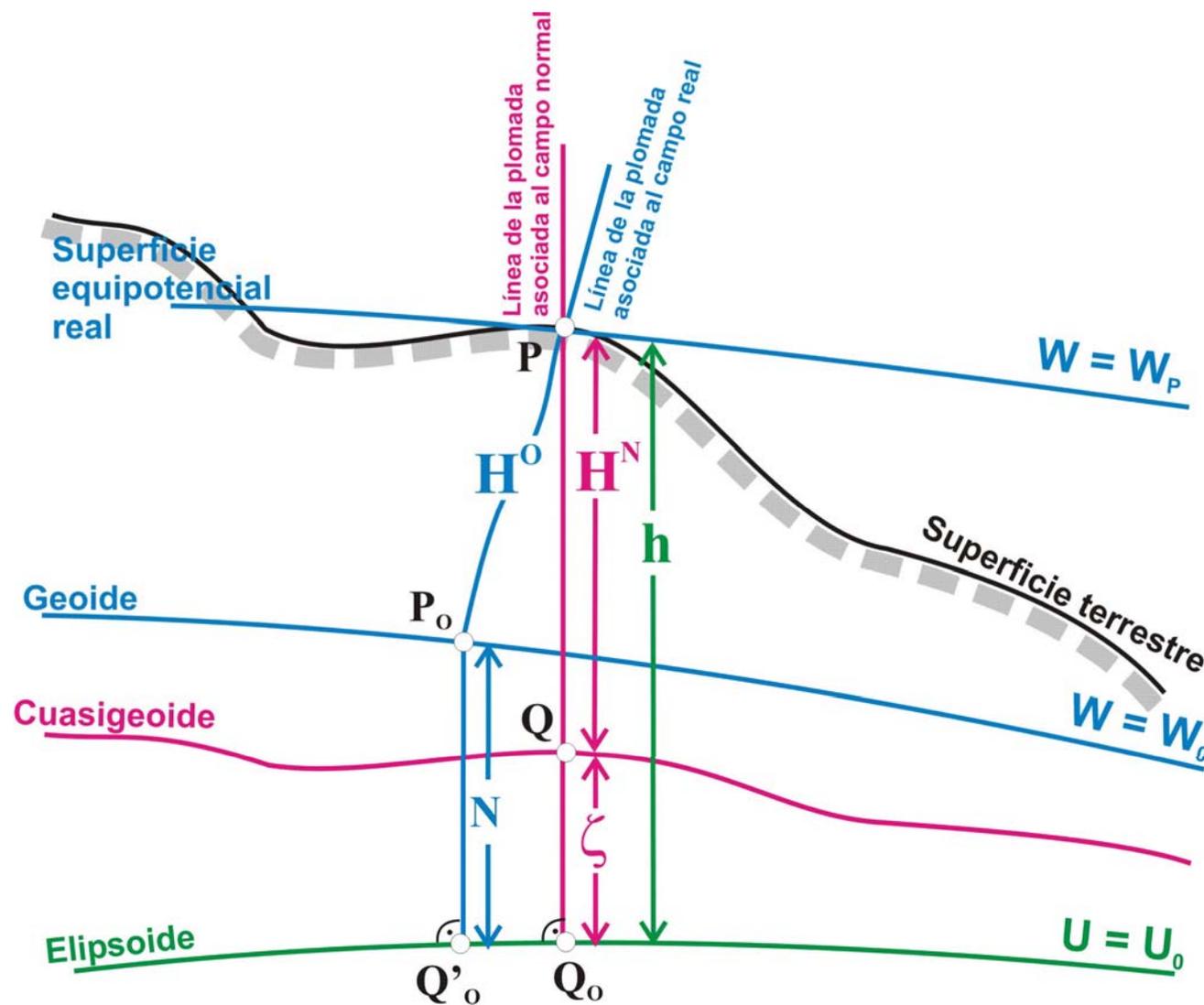
- GRS80 (elipsoide asociado a SIRGAS)

- Cuasigeoide (GGM + gravedad terrestre)

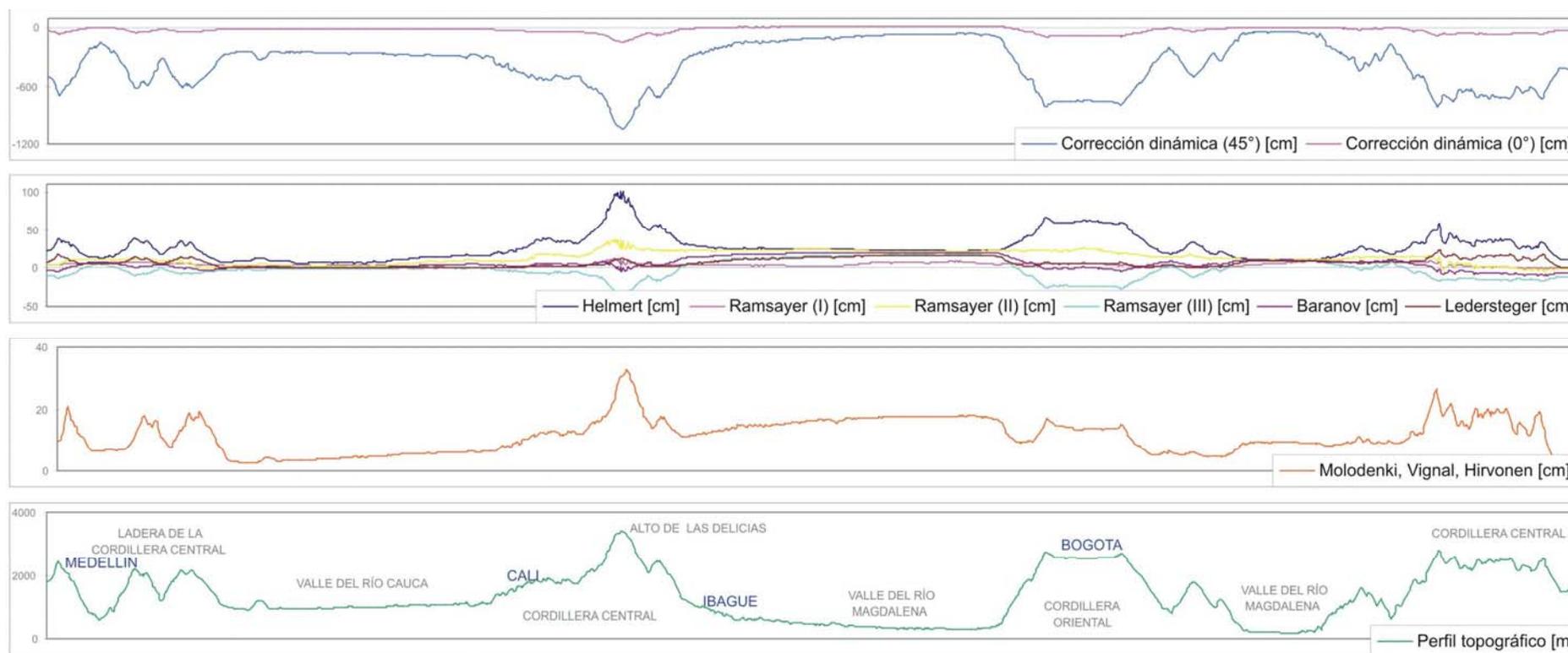
Mantenim.

- $\partial h / \partial t$ de posicionamiento GNSS

- $\partial H^N / \partial t \approx \partial h / \partial t$.

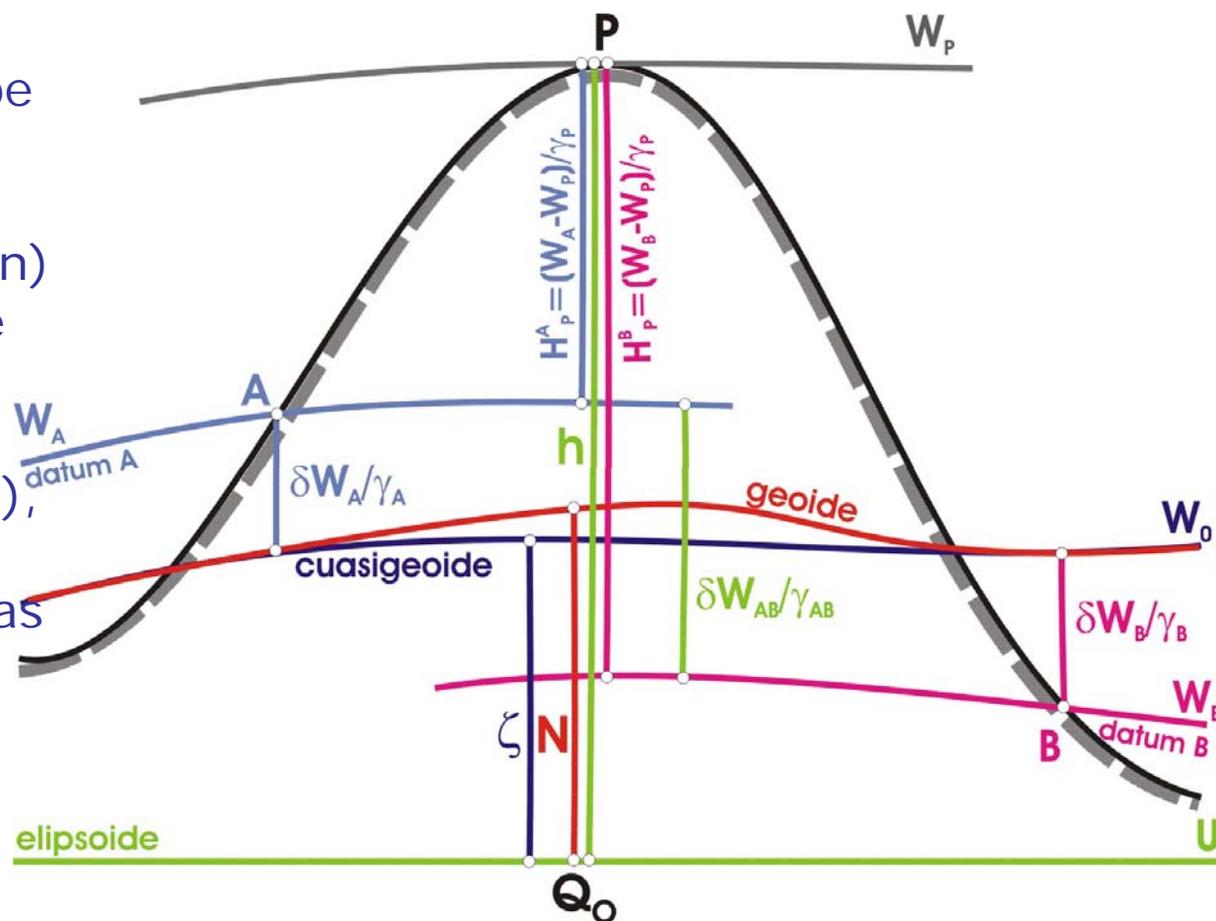


1. Si la definición del nivel de referencia se basa en el **geoide** (alturas ortométricas), dicha definición debe incluir las **hipotésis** correspondientes para reducir los valores de gravedad al geoide. De lo contrario, la definición no será **ni unívoca, ni consistente!** El geoide y las alturas ortométricas deben determinarse aplicando las mismas hipotésis.



2. Si la definición del nivel de referencia se basa en el **cuasigeoide** (alturas normales), dicha definición será **unívoca** y **consistente**, pero el cuasigeoide **no es una superficie equipotencial!**

El nivel de referencia debe ser un valor geopotencial **W_0 convencional**. Su determinación (realización) debe ser **unívoca** y debe servir a los **diferentes tipos de alturas físicas** (normales y otrométricas), éste debe calcularse en donde **$H_0 = H^N_0 = 0$** (áreas marinas exclusivamente)



Componente Geométrica

Componente física

Definición

Elipsoide de nivel ($h_0 = 0$)

- (a , J_2 , ω , GM) \bullet
- (W_0 , J_2 , ω , GM)

Nivel de referencia ($H_0 = 0$, W_0 predefinido)

- Campo Somigliana-Pizzetti $W_0 = U_0$ \bullet
- Definición Gauss-Listing
geoide \approx superficie media del mar

Realización

- Referida al **ITRS** (SIRGAS)
- Elipsoide convencional (e.g. GRS80)

- Cálculo del (cuasi)geoide mediante **BVP**
- Determinación empírica de W_0
- Conección de los datum verticales locales W_i al global convencional W_0

Coord.

h , dh/dt

H , dH/dt

N , dN/dt (ζ , $d\zeta/dt$)

Restricciones

Convenciones **IERS**

$V_\infty \rightarrow 0$

$h = H + N$ en un marco global

Áreas oceánicas

(SStop cerca de mareógrafos)

Datos: altimetría satelital y modelos globales de gravedad, SStop en las líneas de costa refinada por registros mareográficos.

$$H_P^j = SStop = h - \zeta_0$$

$$T_P^j - T_0 = \delta W^j$$

Áreas costeras

(mareógrafos de referencia)

Datos: posicionamiento GPS en mareógrafos, spirit levelling con correcciones de gravedad, gravedad terrestre y un modelo global de gravedad.

$$W_0^j = W_P^j \rightarrow H_P^j = -\frac{\delta W^j}{\gamma_P}$$

$$\frac{1}{2}T_P^j - \frac{1}{2}h_P\gamma_P = \delta W^j$$

$$h_P = f(X, Y, Z)$$

$$\zeta_P^j = \frac{T_P^j - \delta W^j}{\gamma_P}$$

Áreas continentales

(marco de referencia geométrico)

Datos: Posicionamiento GPS (incluyendo puntos fronterizos), spirit levelling con correcciones de gravedad, gravedad terrestre y un modelo global de gravedad.

$$H_P^j = \frac{(W_0^j - \delta W^j) - W_P^j}{\gamma_P}$$

$$\frac{1}{2}(W_0^j - W_P^j + T_P^j) - \frac{1}{2}h_P\gamma_P = \delta W^j$$

$$\frac{1}{2}(W_0^j - W_P^j + T_P^j) - \frac{1}{2}(W_0^{j+1} - W_P^{j+1} + T_P^{j+1}) = \delta W^{j+1} - \delta W^j$$

A nivel individual para cada país:

- Nivelación geométrica de los mareógrafos de referencia
- Nivelación geométrica de las estaciones SIRGAS2000/SIRGAS-CON
- 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/SIRGAS-CON y conexiones internacionales (ecuaciones normales libres)

A nivel continental (global):

- Determinación del nivel global de referencia (W_0)
- Determinación movimientos verticales de la corteza y del nivel del mar
- 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. $W_0 = W_0^{(i)}$

b. $W_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_0^{(i)}$

c. $W_0 = U_0$

Best fitting ellipsoid:

$U_0 = 62\,636\,860,850 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ (GRS80)

856,88 (Rapp, 1995)

d. $\int SStop^2 = \min$

$SStop = (W_0 - W_i) / \gamma_i$

$W_0 = 62\,636\,857,5$ (Nesvorny and Sima 1994)

856,5 (Ries 1995)

856,0 (Bursa et al. 2002)

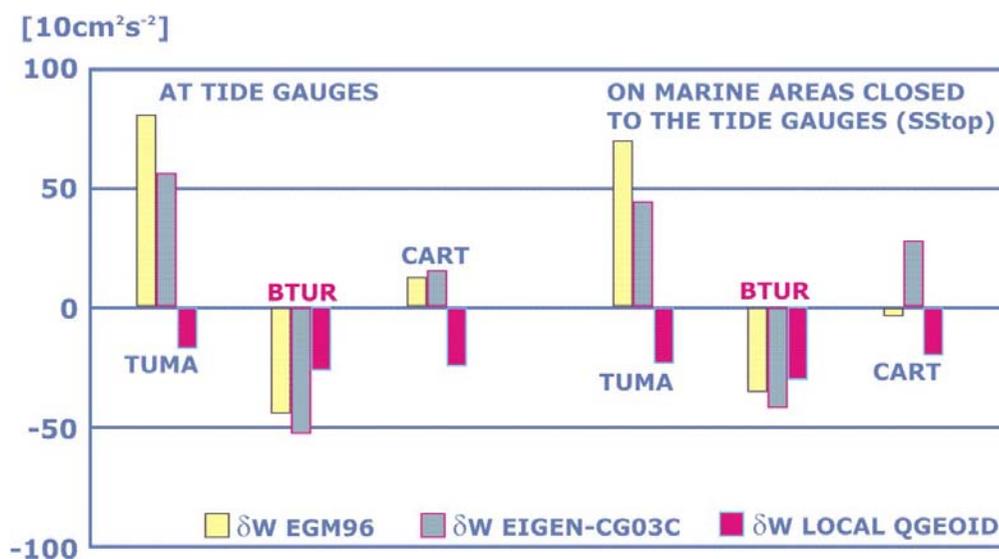
854,7 (Bursa et al. 2006)

853,4 (Sánchez 2005)

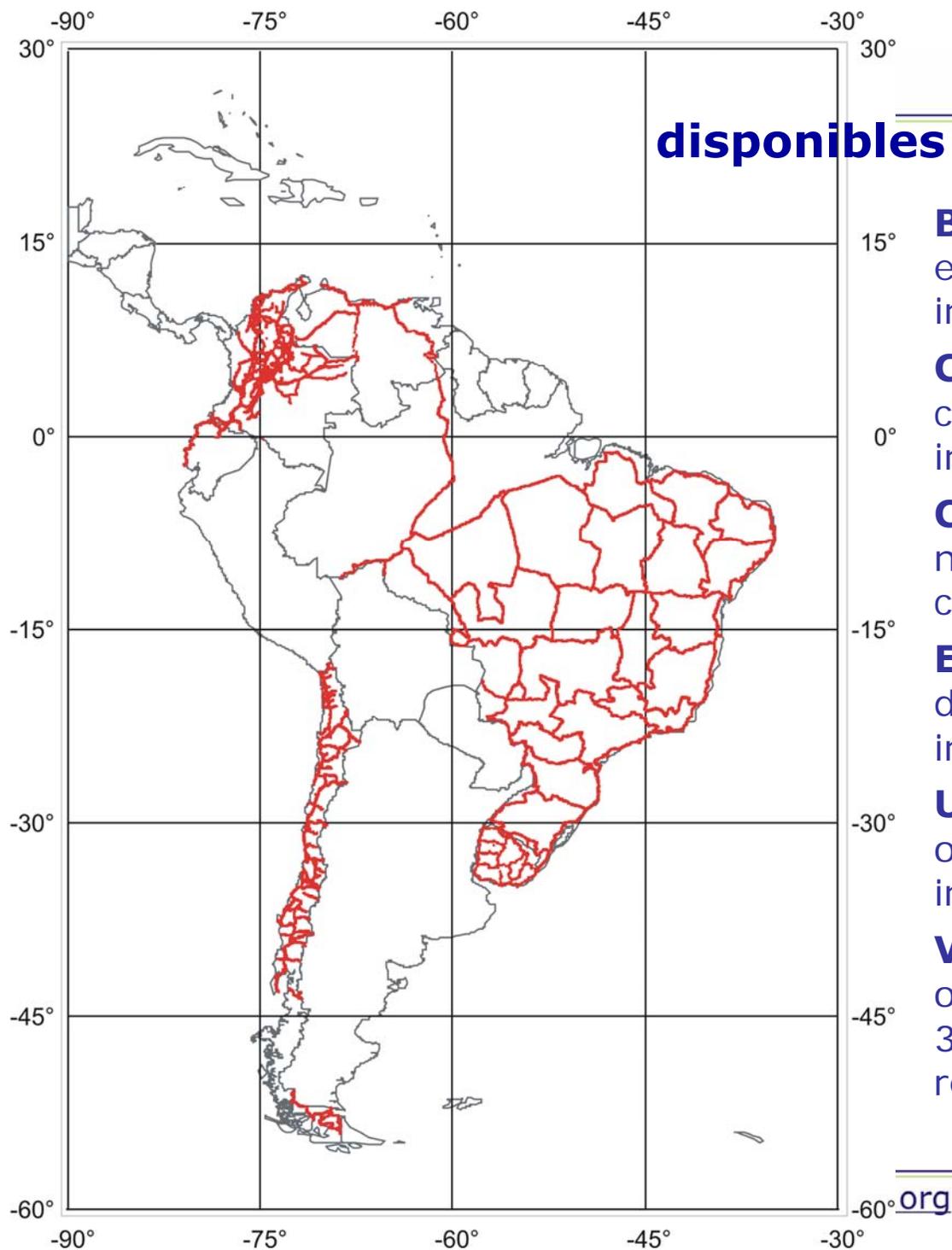
e. $W_0 = U_0 + \delta W$

$W_0 = 62\,636\,853,3$ (Sánchez 2007)

Determinación de la topografía de la superficie del mar en los mareógrafos de referencia de SIRGAS.



Nombre	EGM96		EIGEN-CG03C		Qgeoid Local	
	δH_i^{TG} [cm]	δH_i^{SSTop} [cm]	δH_i^{TG} [cm]	δH_i^{SSTop} [cm]	δH_i^{TG} [cm]	δH_i^{SSTop} [cm]
TUMA	80	70	56	43	-18	-22
BTUR	-43	-35	-52	-41	-25	-30
CART	12	-2	15	29	-23	-20
Promedio	16 ± 61	11 ± 53	6 ± 54	10 ± 45	-22 ± 4	-24 ± 5



Líneas de nivelación disponibles para el ajuste continental

Brasil: 17 líneas de primer orden, estaciones RMBC, 9 conexiones internacionales.

Chile: 17 líneas de primer orden con 15 mareógrafos, 5 conexiones internacionales, sin gravedad.

Colombia: 98 % de la red de nivelación (20 000 km), 3 conexiones internacionales.

Ecuador: 8 líneas de primer orden, datos de gravedad, 2 conexiones internacionales.

Uruguay: 25 líneas de primer orden, 3 conexiones internacionales.

Venezuela: Nivelación de primer orden entre puntos SIRGAS2000 y 3 mareógrafos, incluido el de referencia



- El valor de referencia W_0 se adoptará en función de las resoluciones de la IAG a través del ICP1.2 (Vertical Reference Frames);
- El ajuste continental de las redes de nivelación está sujeto a la disponibilidad de la información faltante;
- Los parámetros de transformación entre el nivel global W_0 y los sistemas de alturas locales W_i se determinarán en función del ajuste continental de las redes de nivelación, de la estimación de la topografía de la superficie del mar en los mareógrafos de referencia y de la combinación de coordenadas geocéntricas con números geopotenciales derivados de nivelación de alta precisión.
- Posteriormente, los países deberán implementar las estrategias de modernización de sus sistemas verticales con el apoyo del SIRGAS-GTIII.
- Contribuciones para la Reunión SIRGAS 2008:
 - Geoide en América del Sur
 - Integración de sistemas de alturas nacionales a SIRGAS: estrategias de modernización, potencial anómalo en mareógrafos de referencia, diferencias de potencial en redes verticales, vinculaciones internacionales, etc.