



# SISTEMA DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO PARA LAS AMÉRICAS

Sucomisión 1.3b de la Asociación Internacional de Geodesia  
Grupo de Trabajo de la Comisión de Cartografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia

## Perspectivas de actividades de SIRGAS – GT III en vista del IHRG/IHRF



Silvio R. C. de Freitas



Simposio SIRGAS  
IGM Ecuador - Quito – Noviembre de 2016

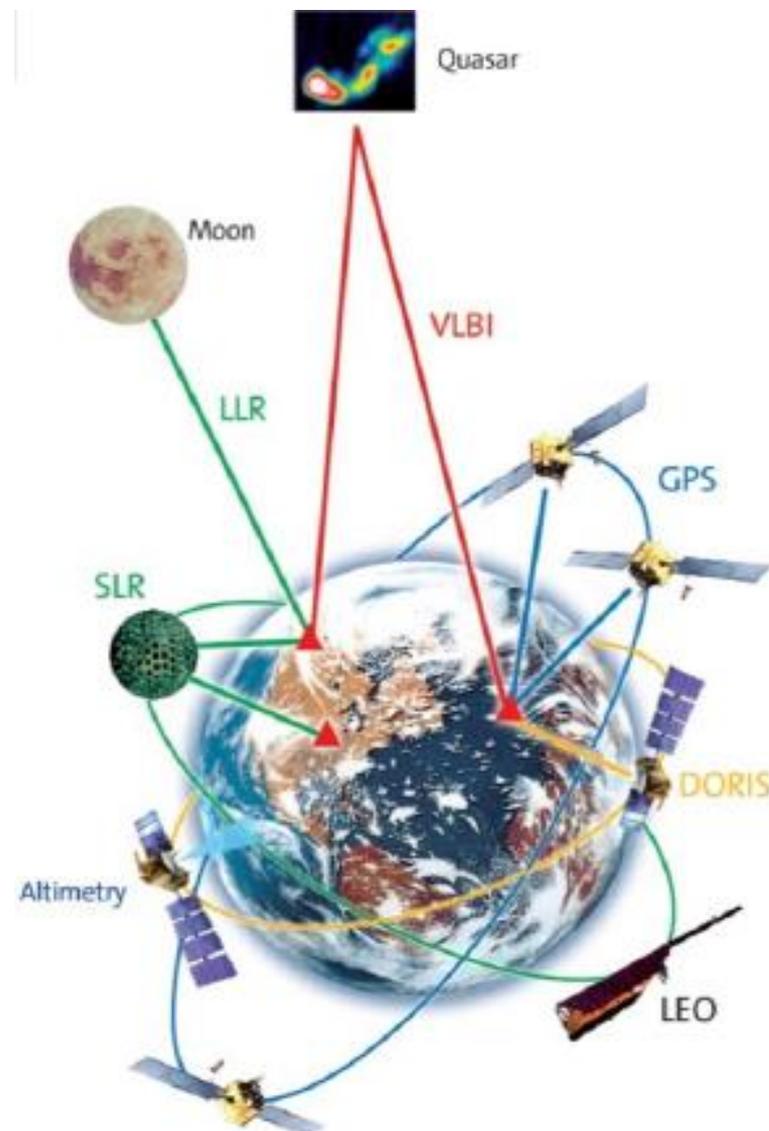


## DESAFIOS EN LA TIERRA: UN PLANETA DINÁMICO



## Respuesta de IAG: Sistema Global de Monitoreo Geodésico - GGOS

El Sistema Global de Monitoreo Geodésico (*Global Geodetic Observing System - GGOS*) fue establecido por la IAG para ser el componente que integra las variadas contribuciones de la Geodesia las cuales permiten cuantificar los cambios de nuestro planeta en el espacio y en el tiempo con exactitud y confiabilidad.



## Respuesta de IAG: Sistema Global de Monitoreo Geodésico - GGOS

### Directrices de GGOS/IAG:

Son centrales de GGOS/IAG los Temas:

- 1 – Sistema de Altitud Global;
- 2 – Monitoreo de catástrofes naturales;
- 3 – Cambios del nivel del mar, variabilidad espacial y previsión climática.

# Respuesta de IAG: Sistema Global de Monitoreo Geodésico - GGOS

UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Simposio SIRGAS 2016, Quito, Ecuador

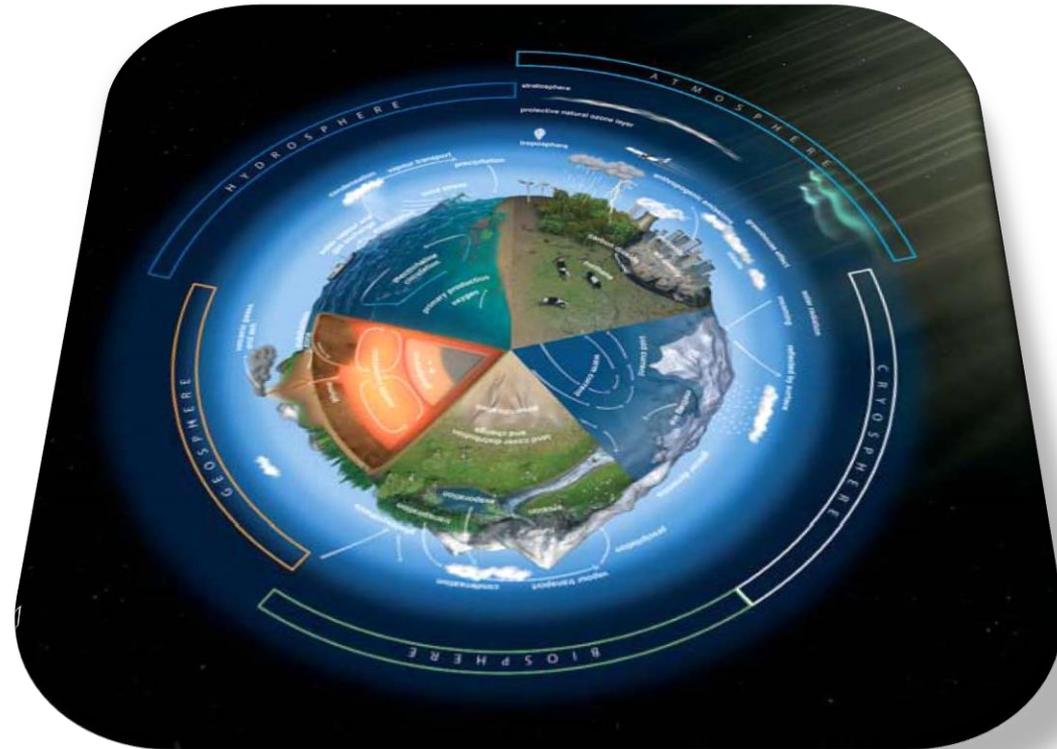


## Requisitos Globales – Redes Geodésicas de Referencia

- UN-GGIM *United Nations Global Geospatial Information Management* ⇒ *A global geodetic reference frame for sustainable development* ⇒ reconociendo la importancia del manejo coordinado de la Geodesia por la IAG.
- (A/RES/69/266) el 26 de febrero de 2015 cuyo principal objetivo fue la breve descripción de los elementos clave del *Global Geodetic Reference Frame* (GGRF) como realización del *Global Geodetic Reference System* (GGRS).

## Requisitos Globales – Redes Geodésicas de Referencia

O GGRF es esencial para una determinación adecuada de los cambios en el Sistema Tierra, para el gerenciamiento y mitigación de los efectos de desastres naturales, para monitoreo de los cambios del nivel medio del mar y cambios climáticos y para proveer información exacta para los tomadores de decisiones.



FUENTE:

<http://esamultimedia.esa.int/docs/SP-1304.pdf>

## Términos de Referencia IAG – Estructuras Globales

- Dentro de la estructura mencionada el GGRF tiene como papel fundamental facilitar la integración de diferentes observaciones geométricas y gravimétricas con el objetivo central de proveer productos y servicios confiables y de alta calidad;
- El GGRF debe sustentar la creciente demanda para posicionamiento, navegación, tiempo, mapeo y aplicaciones en geociencias.

## Términos de Referencia IAG – Estructuras Globales

**La Resolución 1 de la IAG de julio de 2015** “*Definition and realization of an International Height Reference System (IHRG)*” → Sistema definido y realizado en el espacio del geopotencial.

Nivel de referencia →  $W_0 = 62\,636\,853,4 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ ;

Coordenadas primarias → números geopotenciales  $C_P = W_0 - W_P$

**La Resolución 2 de la IAG de julio de 2015** estableció el nuevo “*Global Absolute Gravity Reference System*” para progresivamente substituir al “*International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN71)*” y al posterior “*International Absolute Gravity Base Station Network*” en vista del incremento de las exactitudes necesarias para gran número de aplicaciones (en las dos últimas décadas de  $\sim 100\mu\text{Gal}$  para pocos microgals)

## Términos de Referencia IAG – Estructuras Globales

### Precepto Actual de GGRF

- Para atender a los presupuestos mencionados, la realización del GGRS incluye la geometría, el campo de gravedad y la orientación de la Tierra en el espacio respecto a un Sistema de Referencia Celeste. Se basa en sistemas geodésicos de observación, centros de análisis, centros de combinación y centros de productos.
- Ver [www.iag-aig.org](http://www.iag-aig.org)

## Términos de Referencia IAG – Estructuras Globales

### Concepto actual de GGRS por la IAG

Son los modelos físicos y matemáticos necesarios para describir las posiciones físicas y la gravedad en el espacio y en el tiempo. Las teorías y metodologías geodésicas proveen el sustento para la definición de Sistemas Geodésicos de Referencia. El GGRS comprende, por tanto, las componentes terrestre y celeste. La componente terrestre es la referencia común para la geometría y el campo de gravedad, donde un punto  $P$  es descrito por las coordenadas  $\vec{X}$ , geopotencial  $W$ , altitud física  $H(C_P)$  y por el vector gravedad  $\vec{g}$ .

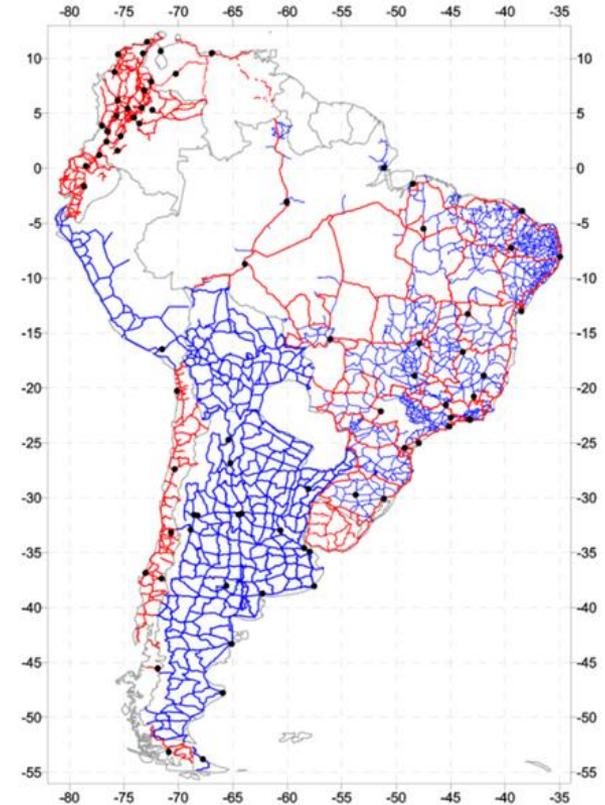
## Términos de Referencia IAG – Estructuras Globales

### Especificaciones actuales del GGRS por la IAG (04/2016)

- Para un punto físico P el potencial  $W_P = W(\vec{X})$  es evaluado en el *International Terrestrial Reference System* (ITRS).
- La unidad de tiempo y de longitud son respectivamente el Segundo y el Metro del SI.
- La altitud física es la diferencia  $-\Delta W_P = C_P$
- $\vec{g}_P = \text{grad } W_P$ .
- La geometría y la gravedad son funciones implícitas del tiempo.
- Parámetros Fundamentales y Convenciones para el uso de modelos son requeridos (e.g. Sistema de mareas permanentes).

## SVRN y RVRN en el contexto de SIRGAS – GTIII

Pluralidad de DVs y grandes vacíos sin líneas de nivelación.



Fuente: <http://www.sirgas.org>

## Algunos modelos para conexión de *Data Verticales*

Los enfoques básicos de conexión de *data* verticales son:

- **Nivelación + gravedad**  
(sobre los continentes)



$$C(P) = W_0 - W(P) = \int_{P_0}^P g \cdot dn \approx \sum_k g_k \cdot \delta n_k$$

- **Enfoque Oceanográfico**  
- Nivelación Estérica  
- Nivelación Dinámica (Geostrófico)



$$W_{AB} = \int_B^{B'} \frac{1}{\rho} dp - \int_A^{A'} \frac{1}{\rho} dp$$

$$W_{AB} = - \int_A^B f v_t dt$$

- **Gravimetría + GPS**



$$W_{AB} = f(\Omega, \Delta W_{P_A}, \Delta W_{Q_B}, MGG, g) \quad ; \Omega = (X, Y, Z)$$

- **Altimetría por Satélite**  
(Sobre los océanos)



$$(A.S. + MGG) + \text{Nivelamento Dinamico}$$

- **Enfoque del PVCG**



$$\Delta g = -\frac{2\gamma}{r} \cdot \zeta - \frac{\partial T}{\partial r}$$

$$\Delta C = \gamma \cdot \zeta - T + \Delta W$$

$$W_{AB} = f(\Omega, \Delta g, \Delta C)$$

## Preceptos para Sistemas de Altitudes Modernos

El **IHRG** tiene como coordenadas verticales primarias los números geopotenciales, i.e.,

$$C_P = W_0 - W_P$$

Las altitudes métricas en un Sistema  $K$  con significado físico son dadas por:

$$H_P^K = \frac{C_P}{G_m}$$

En un sistema vertical  $i$  local se tiene:

$$C_{Pi} = W_{0i} - W_P = \int_{0i}^P g dn \cong \sum g_{mj} \Delta n_j$$

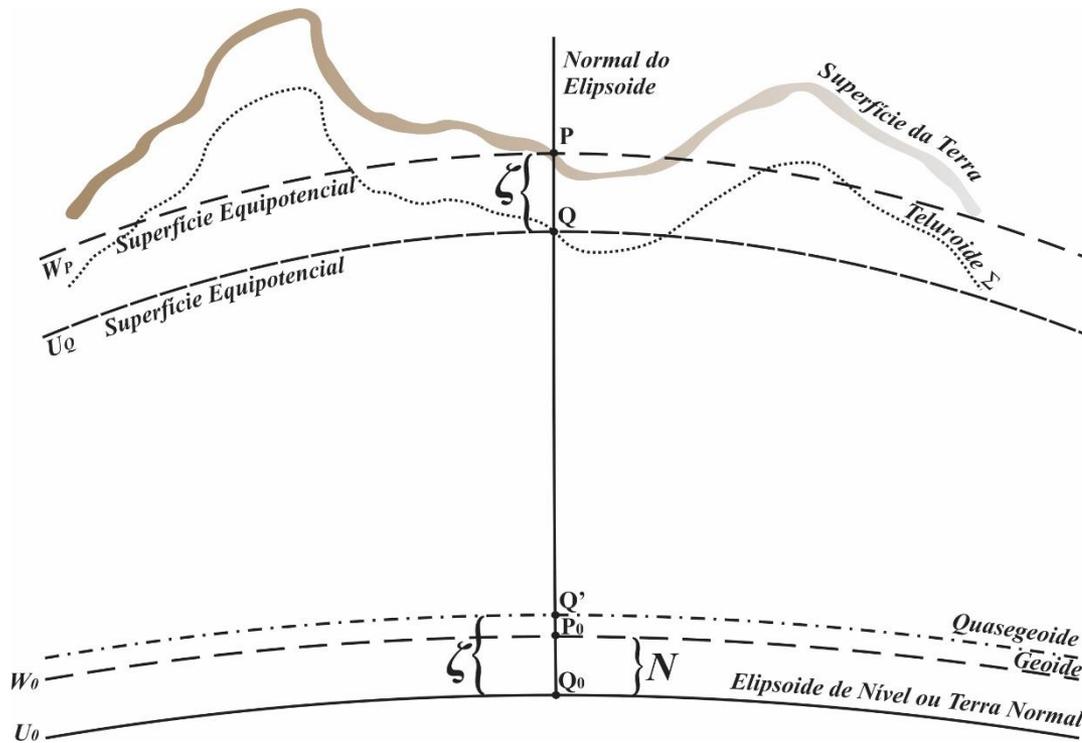
Las discrepancias relativas al IHRG son dadas por:

$$C_P - C_{Pi} = W_0 - W_{0i} = \delta W_i \cong (U_P + T_P) - \sum g_{mj} \Delta n_j$$

Donde  $T$  es obtenido, por ejemplo, con la solución fija de PVCG:

$$T_P = \frac{R}{4\pi} \iint_s (\delta g + g_1 + \dots) H(\psi) \cdot ds$$

## Principales Altitudes con significado físico:



$$H_P^K = \frac{C_P}{G_m}$$

$$N \cong \zeta + \frac{\Delta g_B}{\gamma_m} H_P^{Niv}$$

**Altitud Ortométrica**  $H_P^O$  = distancia  $P_0$ -P obtenida con  $G_m = g_m$  siendo la gravedad media entre estos puntos. Solo puede ser obtenida con hipótesis simplificativas. Obs. Vertical de P aproximada por la normal al elipsoide de nivel.

**Altitud Normal**  $H_P^N$  = distancia  $Q_0$ -Q = distancia  $Q'P$ , obtenida con  $G_m = \gamma_m$  siendo la gravedad media entre estos puntos. Es obtenida sin hipótesis simplificativas, siendo  $\zeta$  la anomalía de altitud obtenida con a condición  $U_Q = W_P$ .

## Aspectos de los SVRN y RVRN en el contexto de SIRGAS

Los requisitos más modernos del GGOS/IHRG no son inmediatamente aplicables para establecer el SVRS:

- En general, pobre disponibilidad de datos de nivelación y de gravimetría además de vínculo adecuado de las RVRN con las estaciones SIRGAS-CON;
- Diferentes estrategias para adquisición y procesamiento de datos y en el modelamiento de errores y distorsiones espacio-temporales;
- Desconocimiento de las discrepancias entre los RVRNs por efectos indirectos de los *Data Verticales*, distorsiones internas y épocas de referencia de las RVRNs.

## Estrategias de SIRGAS – GTIII relativas al SVRS y RVRS

- Gravimetría (interpolada u observada *in-situ*) + desniveles observados + GNSS/NIV;
- Padronización de bases nacionales en espacio geopotencial: ajuste de números geopotenciales (en un mismo sist. mareas permanentes) por zona de *data* verticales p/ generar ec. normales libres;
- Consideración de aspectos cinemáticos. Siendo  $H \approx h - N$

$$dH/dt \approx dh/dt - (dN/dt);$$

- Combinación de ec. normales libres con base en conexiones internacionales con **restricción leve** de los  $\Delta W_i$ ;

## Síntesis de las estrategias de modernización de las RVRN

Para la secuencia de las actividades de modernización y conexión de las RVRNs se recomienda:

- Complementar la base de datos de nivelación, gravimetría y posicionamiento GNSS para mejor resolución espectral y adecuación con bases de datos globales;
- Solución del PVCG fijado, con base en disturbios de la gravedad con densidad adecuada en las regiones de cada DV y en puntos de conexión (cuasi-geoide);
- Determinar números geopotenciales en referencial local y global;

## Síntesis de las estrategias de modernización de las RVRN

- Determinación de desniveles en el espacio geopotencial;
- Ajuste libre con base en números geopotenciales;
- Combinación de las ecuaciones normales libres con **restricción** de discrepancias estimadas;
- Determinación de discrepancias ajustadas entre los referenciales locales y el global  Espacialización de parámetros de conversión.

## SUMARIO

### Protocolos actuales de SIRGAS – GTIII:

Los principales preceptos actuales de SIRGAS relativos al SVRS pueden ser resumidos como:

- Referido a un nivel de referencia global  $W_0$  del IHRG;
- Realizado por altitudes físicas adecuadas [ $H_P = f(C_P)$ ];
- Conectado a la componente geométrica de SIRGAS;
- Asociado a una época de referencia específica; i.e., debe considerar las variaciones temporales de las coordenadas y de la red.
- Vinculado con un perfil de estaciones GGRF.

**MUCHAS GRACIAS!!!**