

Guía para la selección de estaciones IHRF

Versión 1.1 Agosto de 2021.

Este documento se ha estructurado a partir de las referencias bibliográficas citadas en la sección “Referencias”. Las orientaciones han sido preparadas por el Grupo de Trabajo III de SIRGAS: Datum Vertical. SIRGAS agradece la colaboración de los miembros han allegado sus comentarios y sugerencias.

Con el propósito de mantener el documento actualizado, invitamos a todos para que envíen a sus comentarios, preguntas o sugerencias al presidente del GT-III.

En 2015, la Asociación Internacional de Geodesia (*International Association of Geodesy - IAG*) publicó la Resolución No. 1 que trata sobre la definición y realización de un Sistema de Referencia Internacional de Alturas (*International Height Reference System – IHRS*). El establecimiento del IHRF (*International Height Reference Frame*) se realizará en base a la materialización y realización de un conjunto de estaciones previamente seleccionadas.

Este documento describe los requisitos y recomendaciones relevantes para la selección e implementación de una estación IHRF. Las siguientes instrucciones están dirigidas tanto a instituciones que ya tienen una estación planificada en el cálculo de la primera realización IHRF, como a aquellas que desean proponer nuevas estaciones a integrar el IHRF. Las recomendaciones y directrices se basan en trabajos publicados por el área de enfoque “*Unified Height System*” del *Global Geodetic Observing System (GGOS)* y el Grupo de Trabajo 0.1.2: “*Strategy for the realisation of the IHRS*” (Ihde et al., 2017; Sánchez 2019; Sánchez; Barzaghi 2020, Sánchez et al., 2021).

1. Estrategia para la selección de estaciones IHRF

La realización del IHRS debe basarse en un conjunto de estaciones de referencia distribuidas en todo el mundo, de la manera más homogénea posible y debe incluir una red

de referencia central, que luego permita realizar densificaciones nacionales o regionales. La red de referencia central debe estar bien materializada y mantenida en el tiempo para garantizar la sostenibilidad y estabilidad a largo plazo. Las densificaciones regionales y nacionales deben proporcionar accesibilidad local en relación con la referencia global. Se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos al seleccionar una estación IHRF:

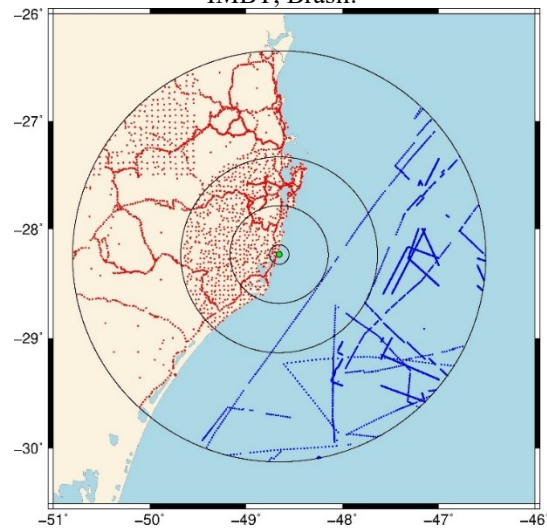
- a) Ser materializado por una estación GNSS (*Global Navigation Satellite System*) de monitoreo continuo, de manera que sea posible monitorear y detectar deformaciones en el marco. Es deseable que la estación esté integrada a la red SIRGAS-CON.
- b) Es deseable que la estación IHRF esté co-localizada con otras técnicas geodésicas (VLBI, DORIS y/o SLR), en el caso de que el país cuente con dichas técnicas. En este sentido, observatorios geodésicos fundamentales cuentan con un gran potencial para integrar el IHRF (Appleby et al., 2015). Además, la estación deberá contar con mediciones de gravedad. Ésta preferiblemente deberá estar vinculada al IGRF - *International Gravity reference Frame*) (Wziontek et al., 2021) (Figura 1). De esta forma, será posible realizar la conexión entre el marco geométrico (coordenadas geocéntricas cartesianas X) y el marco físico (valores potenciales (W y C) y aceleración de la gravedad g).
- c) Se recomienda que la estación esté vinculada al Datum vertical local, para facilitar la unificación con el IHRF (Figura 1). En caso contrario, la conexión debe realizarse mediante la operación de nivelación.

Figura 1 – Ejemplo de estación IHRF co-localizada (estación UNSA, Argentina) y estación IHRF con medición de gravedad absoluta y conexión al datum vertical local - GNSS / nivelación (estación BRAZ, Brasil)



- d) Se aconseja que, si la estación seleccionada está ubicada en la región costera del país y cercana al mareógrafo vinculado al Datum vertical local, que se realice una vinculación mediante nivelación.
- e) Es esencial que la estación seleccionada cuente con mediciones gravimétricas terrestres a su alrededor. La distribución de puntos gravimétricos debe ser homogénea, con mediciones en un radio de 210 km ($\sim 2^\circ$) desde la estación IHRF. Se explican más detalles sobre este tema en el documento "Guía para mediciones gravimétricas alrededor de una estación IHRF". Si una parte del área destinada a las mediciones gravimétricas está en el océano (Figura 2), se recomienda verificar la disponibilidad de mediciones gravimétricas marinas. Se sugiere consultar al BGI (*Bureau Gravimétrique International*) y las instituciones locales. En ausencia de esta información, se sugiere realizar levantamientos aero-gravimétricos o gravimétricos a bordo de barcos, en la región costera que cubre el radio de 210 km. Se sabe que ambas actividades son costosas. Por lo tanto, una tercera opción es utilizar información de modelos adquiridos por misiones satelitales.

Figura 2 – Distribución de mediciones gravimétricas terrestres (en rojo) y marinas (en azul) en la estación IMBT, Brasil.

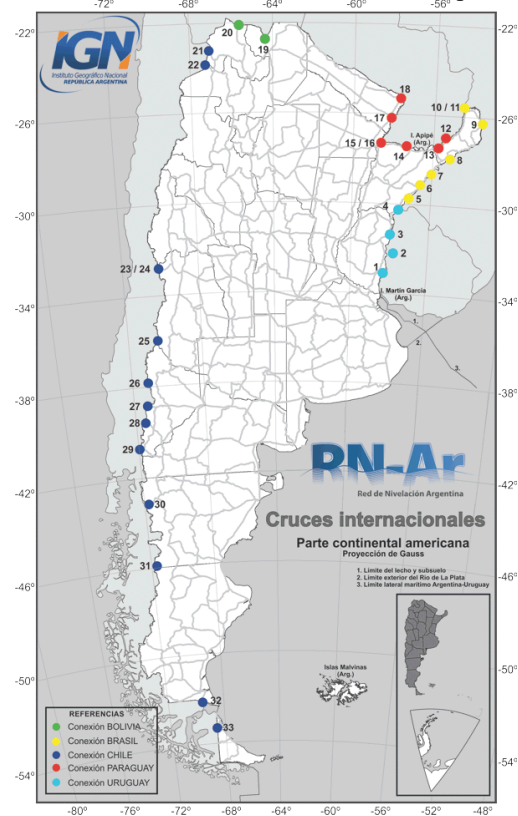


2. Recomendaciones Finales

Se deben considerar otras observaciones para tener éxito en materializar y mantener el sistema de referencia vertical unificado en el continente, a través de alturas físicas y geométricas, consistentes globalmente y de acuerdo con las recomendaciones de la IAG. Por lo tanto, se recomiendan tres aspectos:

- a) Se fomentan los enlaces altimétricos internacionales. Las conexiones internacionales permiten la integración regional de redes de nivelación, el cual es un proceso fundamental para el desarrollo de cualquier actividad binacional de infraestructura de ingeniería civil, hidráulica o cartográfica. Además, las conexiones internacionales permiten obtener las diferencias de alturas existentes en las redes de nivelación de los países en cuestión, permitiendo analizar la consistencia de las mismas. Se recomienda que, además de las mediciones de nivelación, se realicen observaciones gravimétricas y GNSS. La Figura 3 ilustra un ejemplo de enlaces altimétricos internacionales realizados por el Instituto Geográfico Nacional de Argentina (IGN-Argentina) en puentes y pasos fronterizos internacionales.

Figura 3 – Enlaces altimétricos internacionales realizados por el IGN-Argentina.



Fuente: <https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Nivelacion/Vinculaciones>

- b) Es fundamental que la red altimétrica nacional se ajuste en función de los desniveles geopotenciales. El número geopotencial es una magnitud física que, asociada a un determinado valor de gravedad (observado o calculado), permite obtener alturas físicas (ya sean ortométricas, normales o dinámicas). Además, el cálculo de las coordenadas de las estaciones IHRF se basará en el número geopotencial. Por lo tanto, la importancia de esta magnitud se enfatiza en el contexto del IHRF. Algunos países ya han cumplido con esta tarea y se pueden encontrar más detalles en por ejemplo IGN (2017) e IBGE (2019)
- c) Se recomienda abrir los repositorios de datos geodésicos de los Estados Miembros de SIRGAS, cuyo objetivo a través de datos y metadatos geodésicos es mejorar y desarrollar el marco geodésico en las Américas.

Referencias

Appleby G, Behrend D, Bergstrand S, Donovan H, Emerson C, Esper J, Hase H, Long J, Ma C, McCormick D, Noll C, Pavlis E, Ferrage P, Pearlman M, Saunier J, Stowers D, Wetzel S (2015) **GGOS requirements for core sites, global geodetic observing system** (GGOS), revision 2—Draft 3.4. Disponible en: <https://ggos.org/item/ggos-core-sites/> Acceso en abril, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Reajustamento da rede altimétrica com números geopotenciais**. Diretoria de Geociências. Coordenação de Geodésia. Rio de Janeiro, Brasil, 54p. 2019. Disponible en: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101666> Acceso en abril, 2021.

IGN. Instituto Geográfico Nacional. **Red de Nivelación de la República Argentina** Dirección de Geodesia. Buenos Aires, Argentina, 51p. Disponible en: https://ramsac.ign.gob.ar/posgar07_pg_web/documentos/Informe_Red_de_Nivelacion_de_la_Republica_Argentina.pdf Acceso en abril, 2021.

Ihde, J., Sánchez, L., Barzaghi, R. et al. Definition and Proposed Realization of the International Height Reference System (IHRM). **Surv Geophys**, 38, 549–570 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10712-017-9409-3>

Sánchez, L. Report of the GGOS Focus Area “Unified Height System” and the Joint Working Group 0.1.2: Strategy for the Realization of the International Height Reference System (IHRM), **Reports 2015–2019 of the International Association of Geodesy (IAG). Travaux de l’AIG** 41:583–592, 2019

Sánchez, L.; Barzaghi, R. Activities and plans of the GGOS Focus Area Unified Height System, **EGU General Assembly 2020**, EGU2020-8625, 2020. <https://doi.org/10.5194/egusp here-egu2020-8625>

Sánchez, L.; Ågren, J.; Huang, J. et al. Strategy for the realisation of the International Height Reference System (IHRM). **Journal of Geodesy**, 95, 33, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00190-021-01481-0>

Wziontek, H., Bonvalot, S., Falk, R. et al. Status of the International Gravity Reference System and Frame. **Journal of Geodesy** 95, 7, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01438-9>