

# Sistema de Referencia Internacional de Alturas

Claudia Tocho

Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas  
Universidad Nacional de La Plata, Argentina

[ctocho@fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:ctocho@fcaglp.unlp.edu.ar)

La implementación del Sistema de Referencia Geodésico Global (GGRS<sup>39</sup>) demanda la definición del Sistema de Referencia Internacional de Alturas (IHR<sup>40</sup>) y de la implementación del Sistema de Referencia Internacional de Gravedad (IGRS<sup>41</sup>).

El IHR se basa en la combinación de una componente geométrica dada por las coordenadas geocéntricas cartesianas que se determinan con técnicas geodésicas espaciales (p.ej. Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)<sup>42</sup>) y se refieren al Marco de Referencia Internacional Terrestre (ITRF<sup>43</sup>), y una componente física dada por el valor del potencial de gravedad ( $W_P$ ) en un punto P ubicado en la superficie terrestre definido por las coordenadas del ITRF. La coordenada vertical es el número geopotencial ( $C_P = W_0 - W_P$ ), que fácilmente puede convertirse a alturas físicas (alturas ortométricas, normales o dinámicas). El datum vertical o altura de nivel cero del IHR se define por una superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre definida por un valor convencional  $W_0 = 62\,636\,853.4 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ , como lo establece la Resolución No. 1 (Drewes et al., 2016), expedida por la Asociación Internacional de Geodesia (IAG<sup>44</sup>) durante la Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG<sup>45</sup>) realizada en Praga, Republica Checa en 2015.

La implementación del IHR es el Marco de Referencia Internacional de Alturas (IHRF<sup>46</sup>), como lo establece la Resolución No. 3 expedida por la IAG durante la Asamblea General de la (IUGG) realizada en Montreal, Canadá en 2019. El IHRF consiste en un conjunto de estaciones de referencia distribuidas homogéneamente en el mundo con números geopotenciales conocidos o alturas físicas referidas al IHR.

La definición, materialización y mantenimiento del sistema de referencia de altura global, unificado, físico (dependiente del campo de gravedad terrestre), exacto y bien definido es, hoy en día, uno de los objetivos principales y prioritarios de la Geodesia. Se necesita un marco de referencia de altura unificado global para todos aquellos estudios o aplicaciones que requieran una visión global de la Tierra con mediciones no solo en la Tierra sólida, sino también en los océanos y en los casquetes polares (GGOS, 2021), por ejemplo:

- Para promover un marco de referencia confiable para el análisis y modelado preciso de fenómenos globales asociados al campo de gravedad terrestre: variaciones del nivel del mar; determinación de la correlación entre los cambios del nivel del mar y las variaciones de volumen de los casquetes polares; redistribuciones de masa entre la atmósfera, los océanos y el interior terrestre.
- Para lograr una combinación confiable entre alturas físicas y geométricas. Las tradicionales alturas ortométricas no son coherentes a nivel global como si lo son las alturas elipsoidales obtenidas por técnicas geodésicas satelitales como por ejemplo, GNSS.
- Para la unificación precisa de los sistemas de altura nacionales y regionales existentes.

39 Global Geodetic Reference System

40 International Height Reference System

41 International Gravity Reference System

42 Global Navigation Satellite System

43 International Terrestrial Reference Frame

44 International Association of Geodesy

45 International Union of Geodesy and Geophysics

46 International Height Reference Frame



Facultad de Ciencias  
Astronómicas  
y Geofísicas



Bundesamt für  
Kartographie und Geodäsie

Durante el desarrollo de la escuela, se analizaron distintas posibilidades para determinar las coordenadas del IHRF, basadas en modelos de gravedad global de alta resolución (GGM-HR<sup>47</sup>), el modelado regional preciso del campo de gravedad para la determinación del geoides o cuasigeoides y la conversión de los sistemas de alturas existentes al IHRF.

También se analizaron los resultados del “Experimento del Colorado” en el cual diferentes grupos de investigación calcularon un geoides o cuasigeoides y a partir de ellos obtuvieron los valores de potencial de gravedad  $W_p$  utilizando los mismos datos de entrada, un conjunto de estándares básicos y diferentes métodos de cálculo. El área de estudio está ubicada en el estado de Colorado en Estados Unidos. El objetivo del experimento permitió comparar distintos valores de  $W_p$  obtenidos (para evaluar la consistencia entre métodos de cálculo) y con las diferencias de potencial obtenidas de la nivelación más gravimetría (para evaluar la confiabilidad de los resultados). También, el experimento ha permitido la identificación de estándares y convenciones para la determinación de las coordenadas del IHRF.

A partir, de este experimento, se plantean estrategias para:

- La determinación y evaluación de las coordenadas del IHRF dependiendo de la disponibilidad de datos gravimétricos alrededor de la estación.
- La medición de datos gravimétricos para mejorar la determinación de las coordenadas del IHRF.
- La elección de las estaciones del IHRF. Es importante destacar la instalación del observatorio geodésico fundamental Observatorio Argentino – Alemán de Geodesia (AGGO<sup>48</sup>) donde se garantiza la conexión entre el sistema de referencia geométrico (coordenadas geocéntricas cartesianas) con los sistemas de referencia física (potencial de gravedad y gravedad  $g$ ), así como con la realización del tiempo (relojes atómicos).

La implementación del IHRF solo es posible con una cooperación internacional global. En la actualidad, expertos en el modelado gravimétrico de geoides regionales y locales de América Latina y del Caribe estamos trabajando en la primera solución (estática) del IHRF basada en los recursos existentes.

## Referencias

- Drewes, H., Kuglitsch, F., Adam, J., Rózsa, S. (2016) Geodesist’s handbook 2016. J. Geod. 90:907.  
<https://doi.org/10.1007/s00190-016-0948-z>.  
<https://ggos.org/about/org/fa/unified-height-system>.
- Sánchez, L., Ågren, J., Huang, J., Wang, Y. M., Mäkinen, J., Pail, R., Barzaghi, R., Vergos, G. S., Ahlgren, K., Liu, Q. (2021) Strategy for the realization of the International Height Reference System (IHRF). J. Geod. 95, 33 (<https://doi.org/10.1007/s00190-021-01481-0>).

47 High Resolution Global Gravity Models

48Argentinean-German Geodetic Observatory



Facultad de Ciencias  
Astronómicas  
y Geofísicas



Bundesamt für  
Kartographie und Geodäsie