

# Posiciones en la Tierra

---



# Posiciones en la Tierra

## ¿Por qué sistemas y marcos de referencia?<sup>(3,5)</sup>



La Tierra, su entorno y los cuerpos celestes componen un sistema dinámico. La cinemática y dinámica de este sistema es uno de los mayores desafíos de la geodesia, la geofísica y la astronomía.

- movimiento de las placas tectónicas,
- mareas terrestres y oceánicas,
- efectos de cargas sobre la corteza terrestre,
- movimiento de los polos,
- rotación de la Tierra,
- comportamiento dinámico del sistema Tierra-Luna,
- movimiento y rotación de los planetas y satélites,
- movimiento de las estrellas en las Galaxias,
- dinámica de los clusters de estrellas,
- rotación diferencial de la Galaxia,
- etc...

El propósito del *marco de referencia* es proveer los medios para materializar el *sistema de referencia* de manera tal que permita describir **cuantitativamente** posiciones y movimientos en la Tierra o de cuerpos celestes, incluida la Tierra, en el espacio.

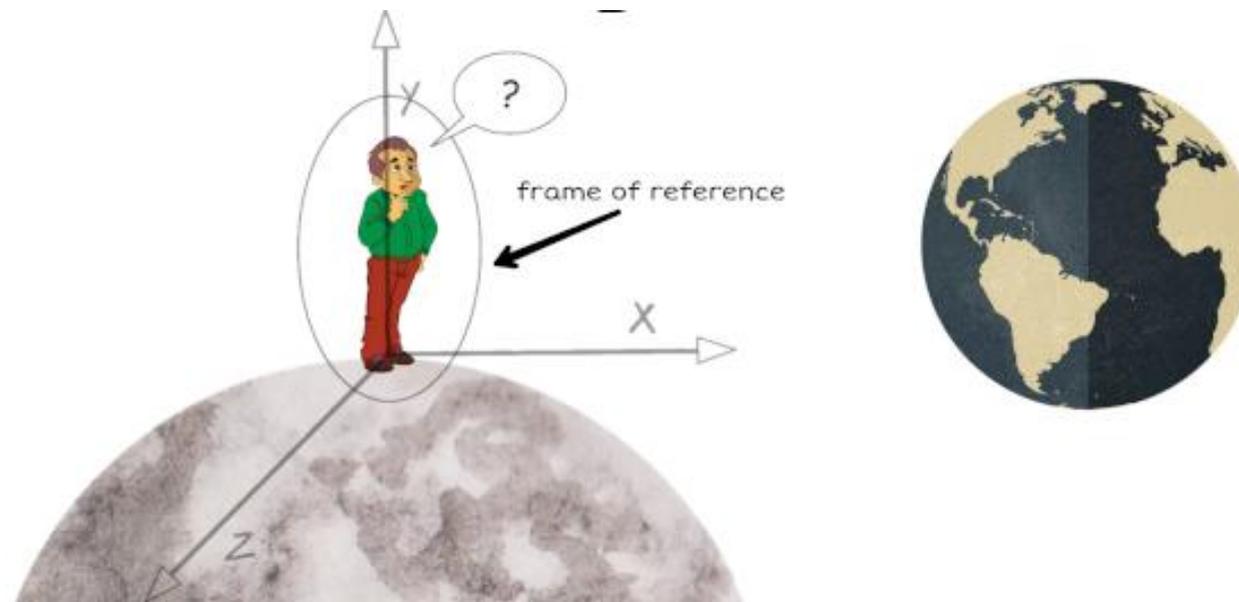
(3) Kovalevsky, J., Mueller, I. I., & Kolaczek, B. (Eds.). (1989). *Reference frames: in astronomy and geophysics* (Vol. 154). Springer Science & Business Media.

(5) Torge, W., & Müller, J. (2012). *Geodesy*. Walter de Gruyter.

# Posiciones en la Tierra

## Sistemas y Marcos de Referencias <sup>(4,5)</sup>

- **Sistema de Referencia:** es un conjunto de definiciones y convenciones que, junto con un modelo requerido, definen una terna de ejes coordenados. Es definido en términos de ubicación, orientación y métrica.
- **Marco de Referencia:** materialización (o realización) del sistema por medio de coordenadas de determinados puntos, accesibles directamente por ocupación u observación.



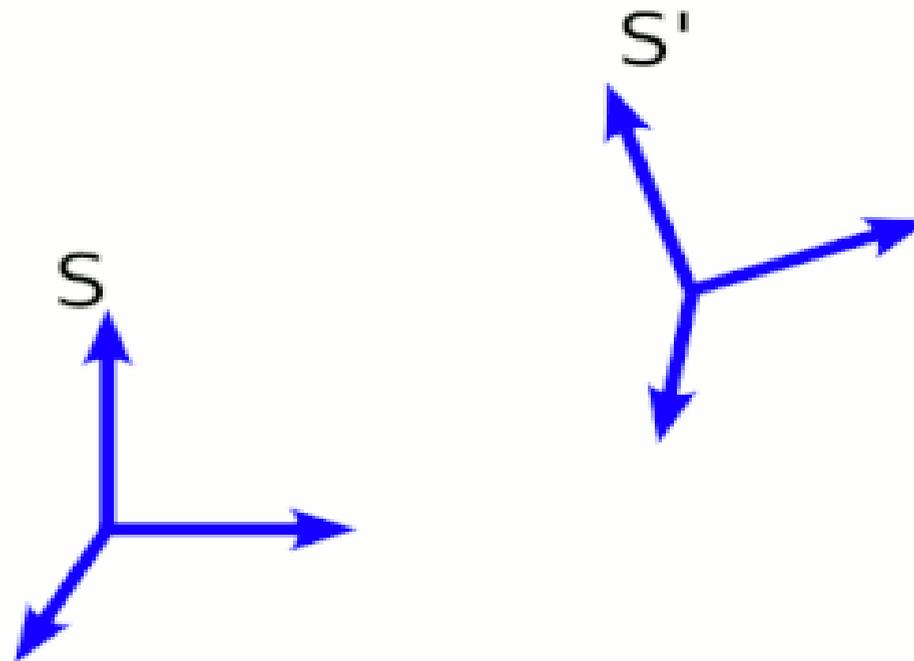
(4) Jekeli, C. (2012). *Geometric reference systems in geodesy*. Division of Geodetic Science, School of Earth Sciences, Ohio State University.

(5) Torge, W., & Müller, J. (2012). *Geodesy*. Walter de Gruyter.

# Posiciones en la Tierra

## Sistemas y Marcos de Referencias <sup>(4,5)</sup>

- **Sistema de Referencia Celeste:** sistema en el que la mecánica Newtoniana (1ra Ley de Newton de movimiento) es válida; sistema necesario para estudiar el movimiento de cuerpos celestes y satélites artificiales en el espacio.
- **Sistema de Referencia Terrestre:** sistema para describir posiciones y movimientos de objetos sobre y cerca de la superficie de la Tierra, proporcionando las bases para los levantamientos nacionales, SIG y navegación. También sirve de base para determinaciones del campo de gravedad terrestre, movimientos propios de origen geofísico/geológico y las variaciones en el tiempo.



(4) Jekeli, C. (2012). *Geometric reference systems in geodesy*. Division of Geodetic Science, School of Earth Sciences, Ohio State University.

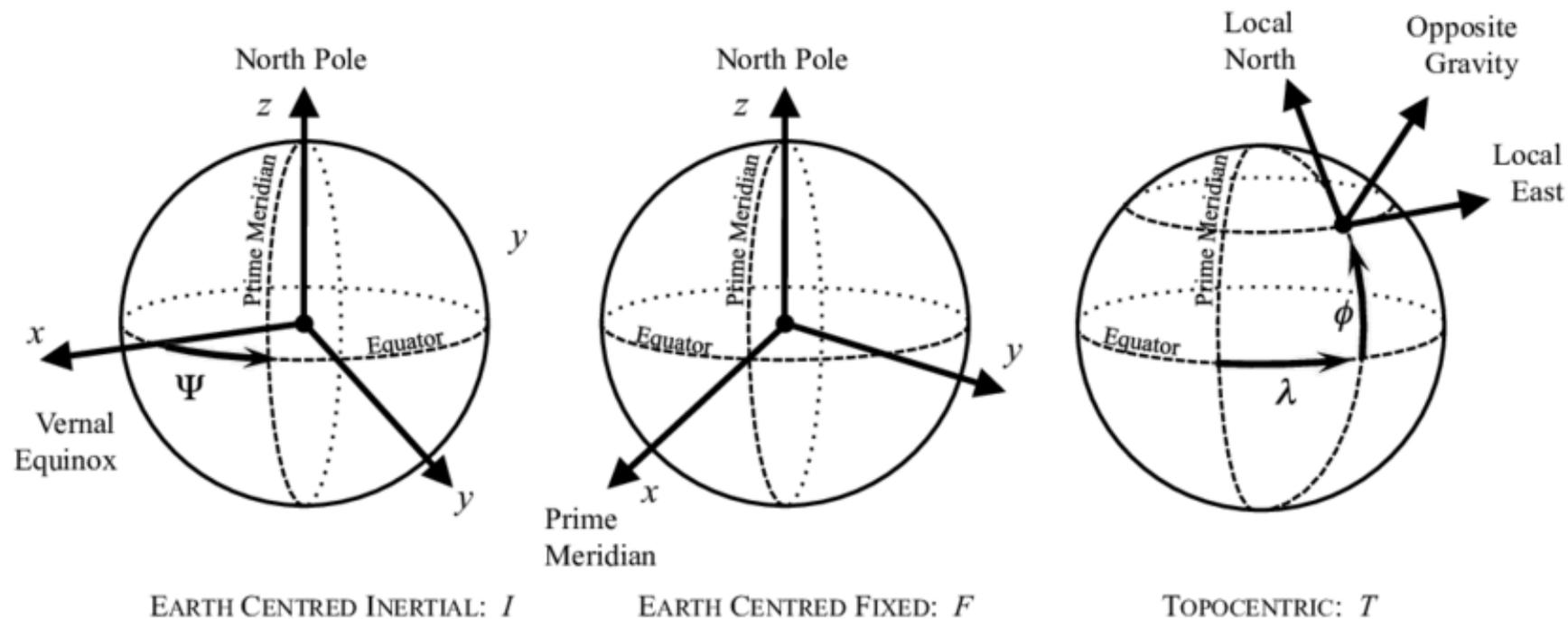
(5) Torge, W., & Müller, J. (2012). *Geodesy*. Walter de Gruyter.

# Posiciones en la Tierra

## Sistemas y Marcos de Referencias <sup>(5)</sup>

- Los **sistemas de referencia** son necesarios para describir la **posición** y el **movimiento de la Tierra y otros cuerpos celestes**, incluidos los satélites artificiales, las **posiciones y movimientos en la superficie de la Tierra** y las partes estacionarias y variables en el tiempo del **campo de gravedad de la Tierra**.

Representados por **sistemas de coordenadas (3D)** y se definen con respecto al origen, la orientación y la escala. **Una cuarta dimensión (el tiempo)** entra a través del **movimiento mutuo, de la Tierra y otros cuerpos celestes**, y a través de las **variaciones temporales de la forma de la Tierra, su campo gravitatorio y su orientación**.



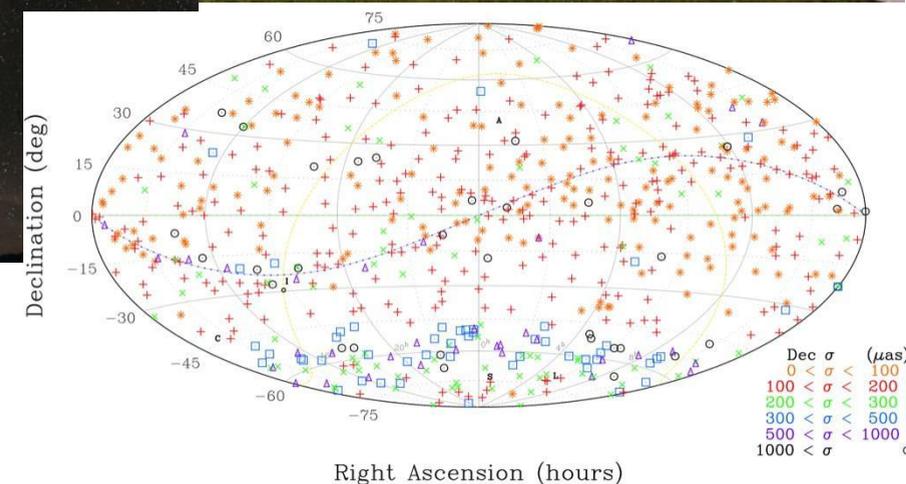
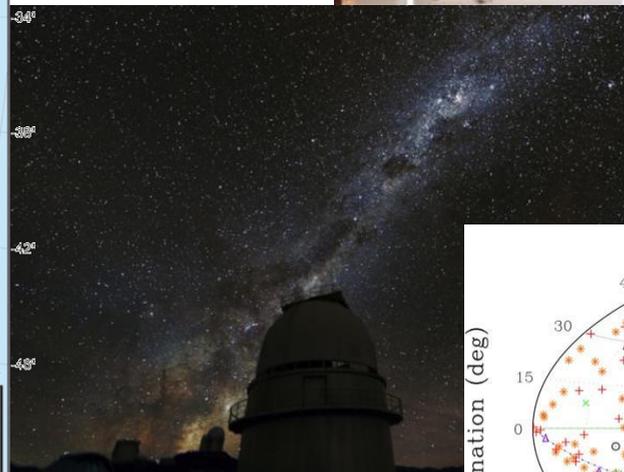
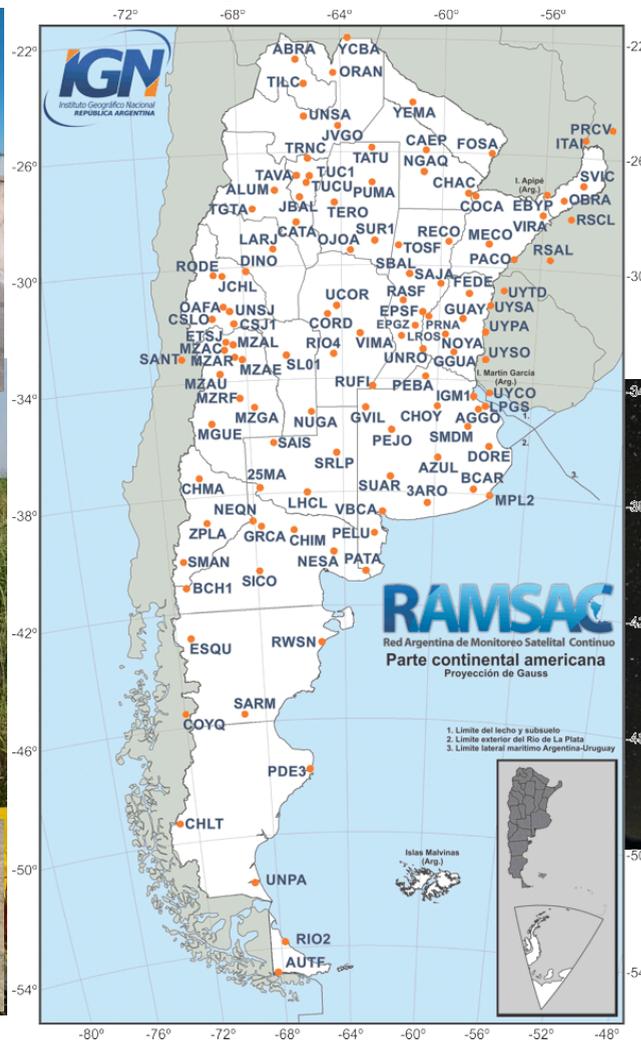
Fuente: Furgale, Paul & Enright, John & Barfoot, Timothy. (2011). Sun Sensor Navigation for Planetary Rovers: Theory and Field Testing. Aerospace and Electronic Systems, IEEE Transactions on.

(5) Torge, W., & Müller, J. (2012). *Geodesy*. Walter de Gruyter.

# Posiciones en la Tierra

## Sistemas y Marcos de Referencias <sup>(5)</sup>

- Los sistemas de referencia se **realizan** a través de **marcos de referencia** que consisten en un **conjunto de puntos u objetos fijos bien determinados**, dados por sus **coordenadas y velocidades** en una época determinada. Sirven para modelar observaciones geodésicas, en función de una multitud de parámetros geométricos y físicos de interés para las Geociencias.

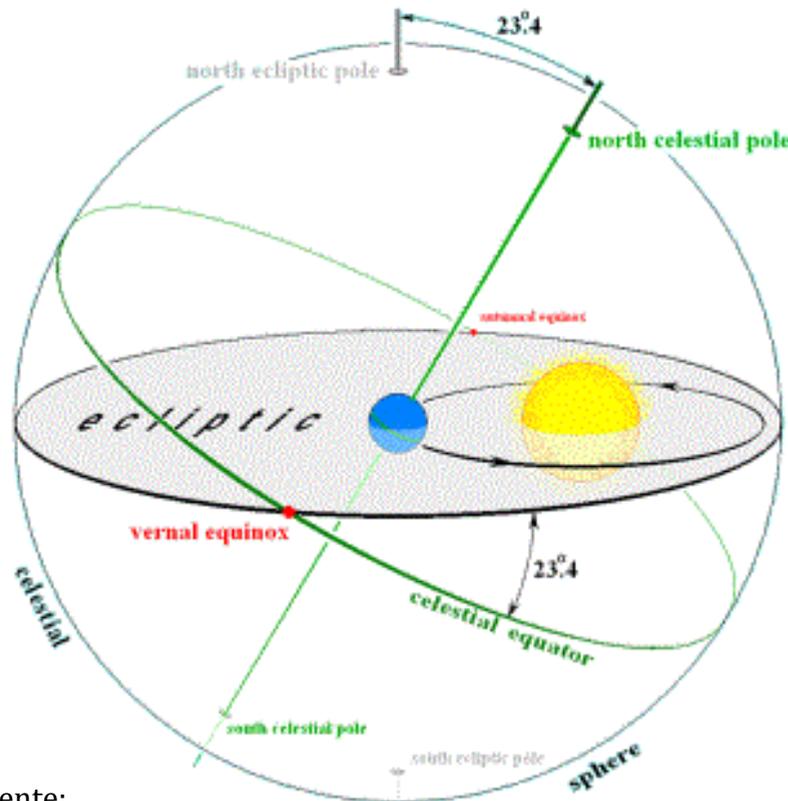


(5) Torge, W., & Müller, J. (2012). *Geodesy*. Walter de Gruyter.

# Posiciones en la Tierra

## Astronomía de posición -> Dos tareas fundamentales<sup>(1)</sup>

- Establecer **un sistema** de coordenadas **externo** a nuestro universo local, el cual asumimos que **permanece fijo**.
- Establecer **un sistema** de coordenadas **fijo a nuestra Tierra** rotante y trasladante, y encontrar **la relación entre estos dos sistemas**.



- Sistema de coordenadas con origen, orientación y escala definidos<sup>(4)</sup>.
- Únicas coordenadas de referencia, hasta poco tiempo atrás, más accesibles a escala global como sistema fundamental para orientar los sistemas de coordenadas terrestres<sup>(4)</sup>.
- Actualmente, con el mismo propósito y el *ultimate* en sistemas de referencia.<sup>(4)</sup>



En Astronomía y Geodesia esto es en 4D, 3 parámetros geométricos y 1 correspondiente al tiempo.<sup>(5)</sup>

Fuente:  
<http://www.siranah.de/html/sail040x.htm>

(1) Thomson, D. B. (1981). *Introduction to geodetic Astronomy*. Department of Surveying Engineering. University of New Brunswick.

(4) Jekeli, C. (2012). *Geometric reference systems in geodesy*. Division of Geodetic Science, School of Earth Sciences, Ohio State University.

(5) Torge, W., & Müller, J. (2012). *Geodesy*. Walter de Gruyter.

# Posiciones en la Tierra

**Posición Geográfica** de un punto terrestre es una posición relativa a una superficie de referencia, generalmente sustituye a la superficie terrestre real.

## Superficie terrestre<sup>(1)</sup>

- **Terreno.** Límite entre las masas sólidas y las fluidas, incluida la atmósfera.

## Superficies de referencia<sup>(1,2)</sup>

- **Esférica.** Figura geométrica que se utiliza para definir la posición de un punto en el espacio, basado en el concepto de coordenadas polares. Coordenadas geográficas  $\varphi$  (latitud),  $\lambda$  (longitud), en general.
- **Geodésica (Elipsoidal).** Figura geométrica biaxial (o triaxial) que mejor se aproxima a la figura y tamaño de la Tierra. Coordenadas geodésicas  $\varphi$  (latitud),  $\lambda$  (longitud) y  $h$  (altura elipsoidal).
- **Astronómica (Natural o Gravitacional).** Aquella superficie equipotencial que mejor se aproxima a la superficie media de los océanos en calma. Coordenadas  $\Phi$  (latitud),  $\Lambda$  (longitud),  $H$  (altura ortométrica). También llamadas coordenadas “naturales”.

(1) Thomson, D. B. (1981). *Introduction to geodetic Astronomy*. Department of Surveying Engineering. University of New Brunswick.

(2) Mueller, I. I. (1969). *Spherical and Practical Astronomy as Applied to Geodesy*, Ungar Publ. Co., New York.

(3) Kovalevsky, J., Mueller, I. I., & Kolaczek, B. (Eds.). (1989). *Reference frames: in astronomy and geophysics* (Vol. 154). Springer Science & Business Media.

# Posiciones en la Tierra

## Terreno

Superficie física de la Tierra sobre la que se realizan todas las observaciones.

- Por su irregularidad, sólo puede ser descripta a través de algunos puntos medidos.
- Los detalles de la superficie puede ser determinados mediante interpolación.
- Casi imposible de modelar analíticamente.

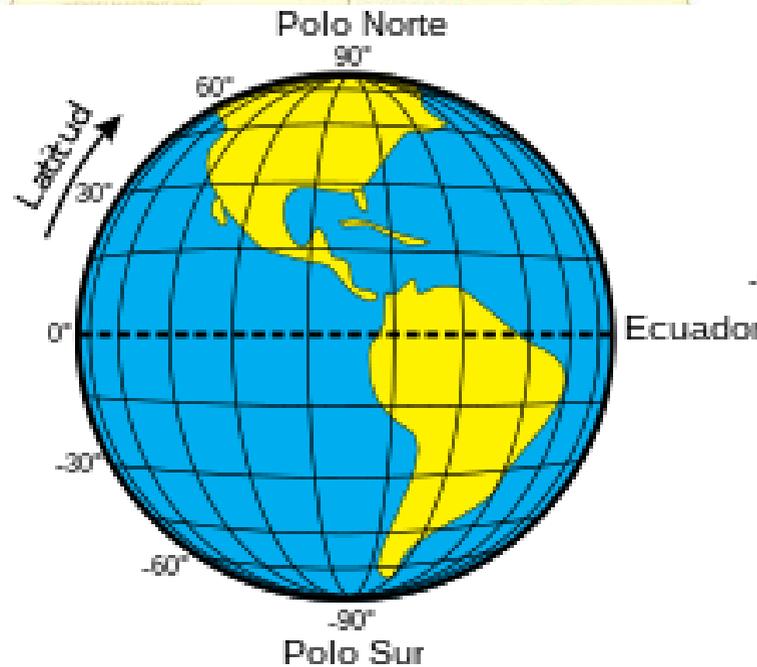
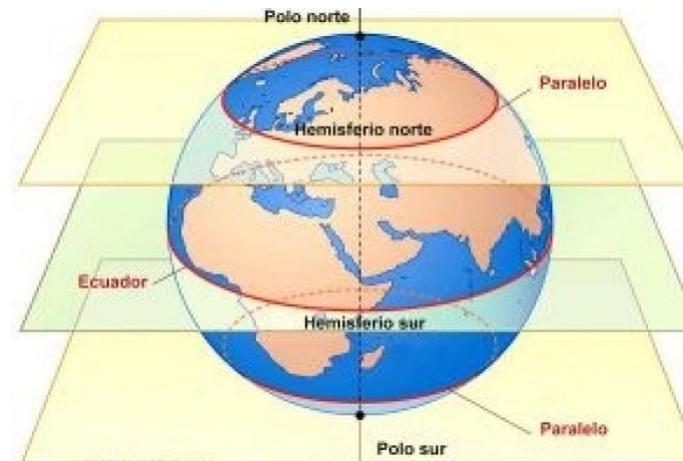


# Posiciones en la Tierra

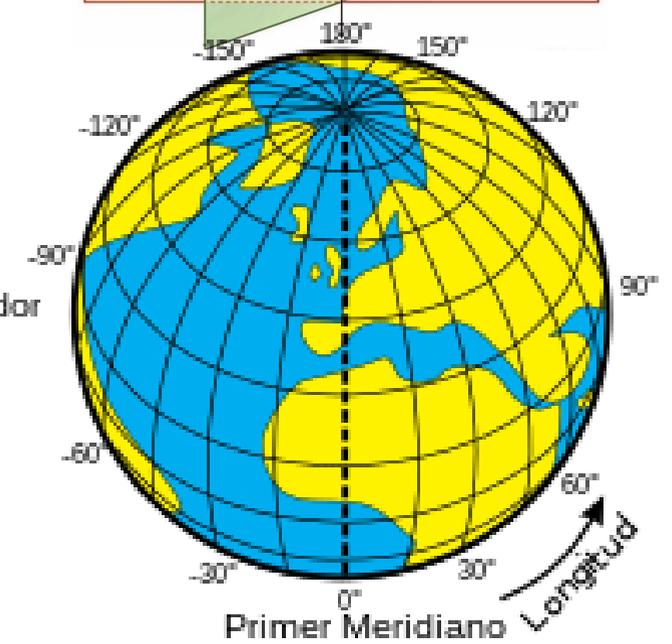
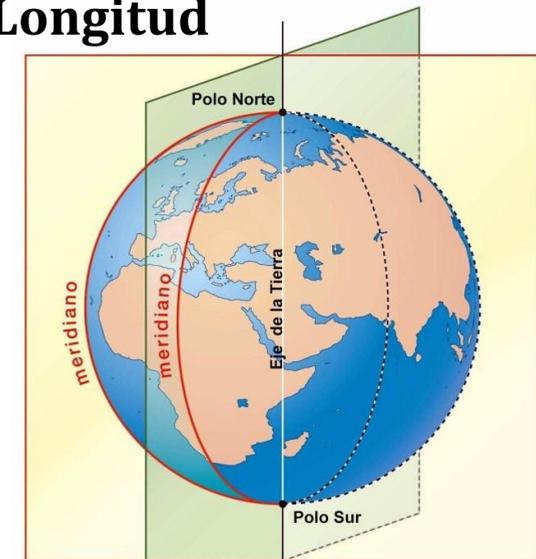
## Esfera

Superficie cerrada en la que todos los puntos se encuentran a una misma distancia (Radio) del centro.

### Latitud



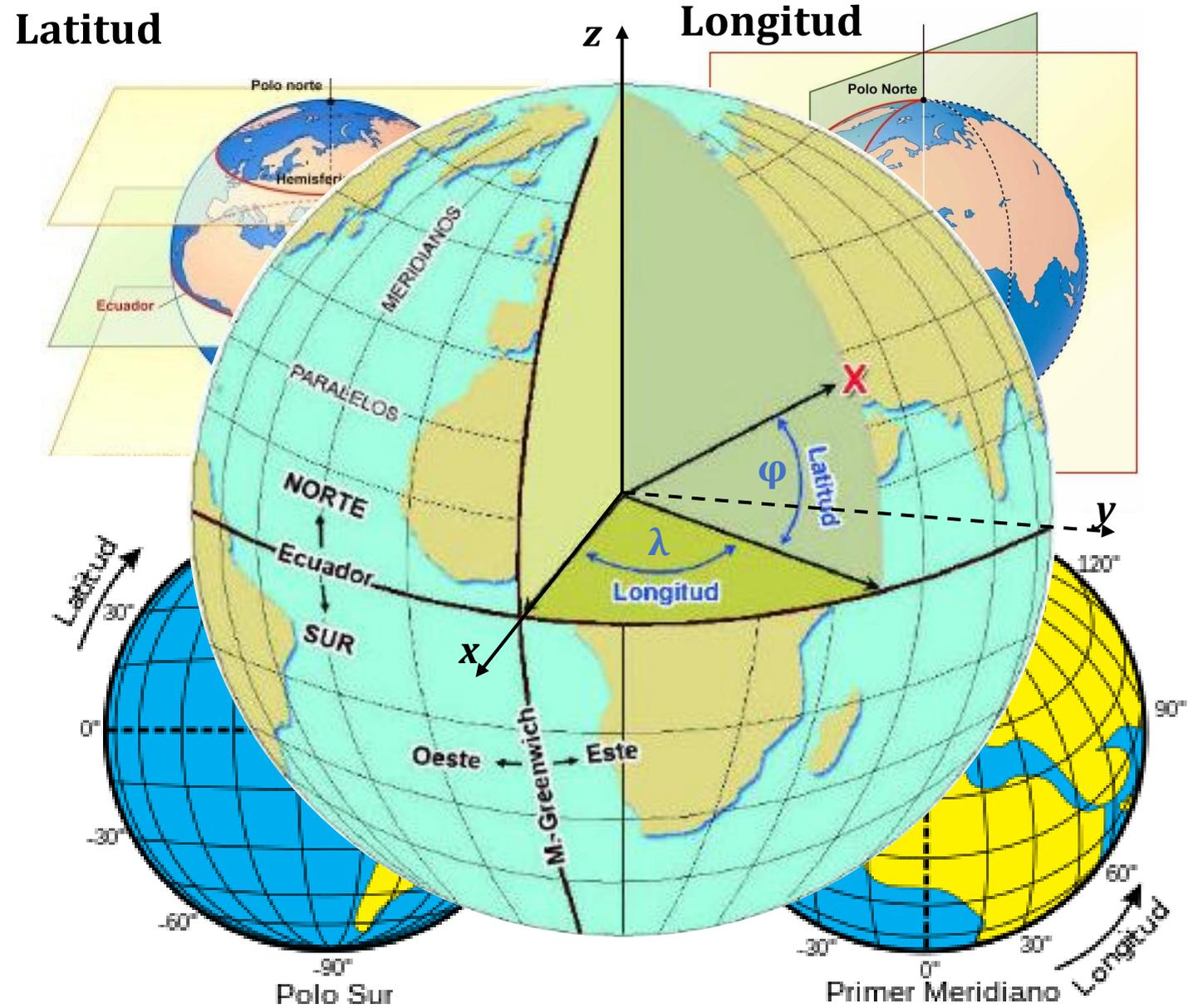
### Longitud



# Posiciones en la Tierra

## Esfera

Superficie cerrada en la que todos los puntos se encuentran a una misma distancia (Radio) del centro.

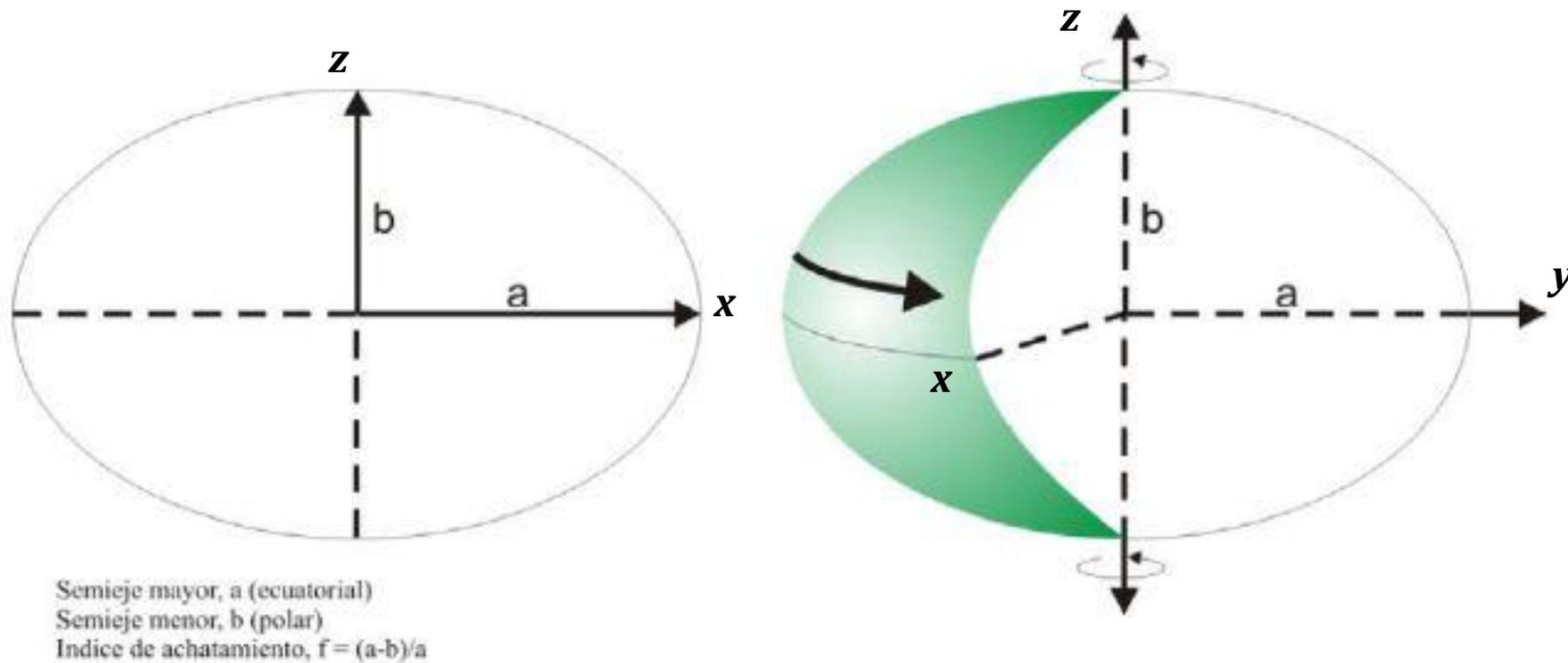


# Posiciones en la Tierra

## Elipsoide

Superficie de referencia geométrica de la Tierra debido a las necesidades prácticas de representación y cálculos. Un cuerpo de revolución achatado en los polos.

Ecuación del Elipsoide  $\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$

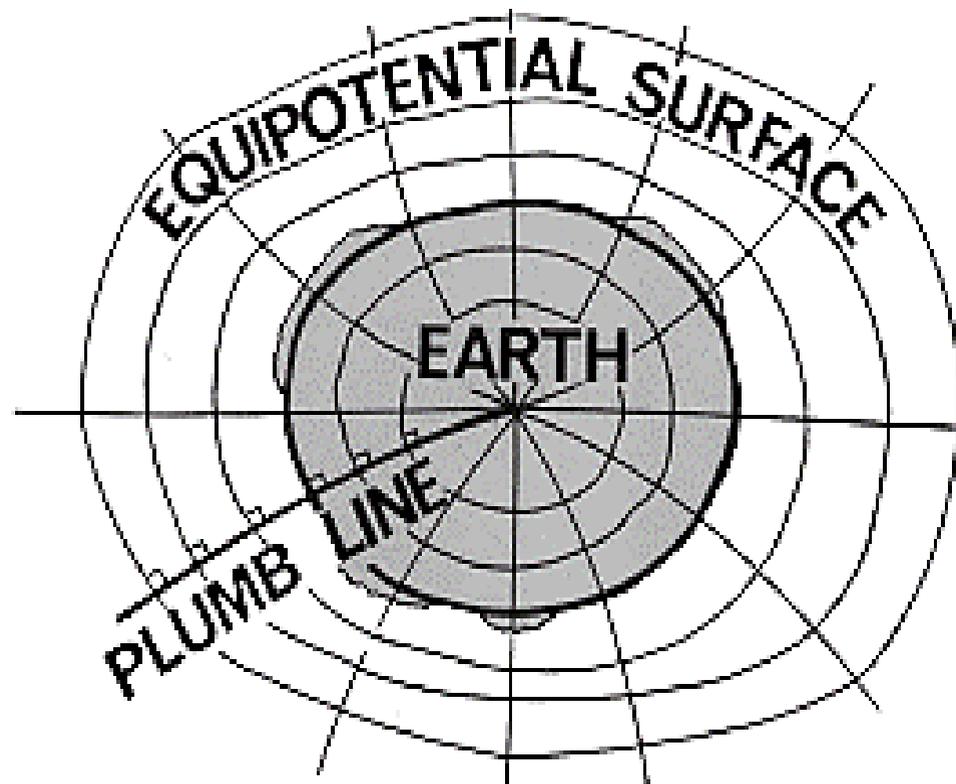


# Posiciones en la Tierra

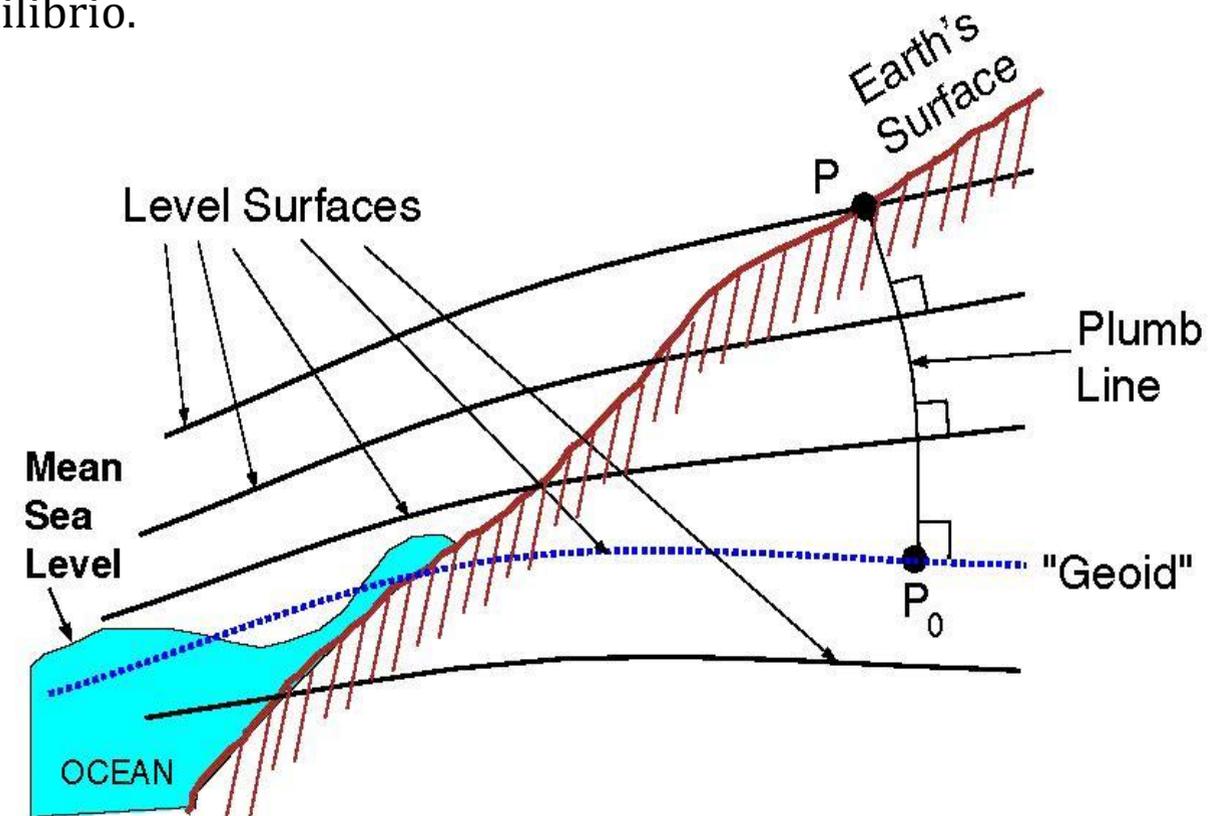
## Geoide

Superficie fisicomatemática considerando la superficie de los océanos, sin el efectos de las corrientes, mareas y otras perturbaciones. Ésta forma parte de una superficie de nivel o equipotencial del campo de gravedad de la Tierra.

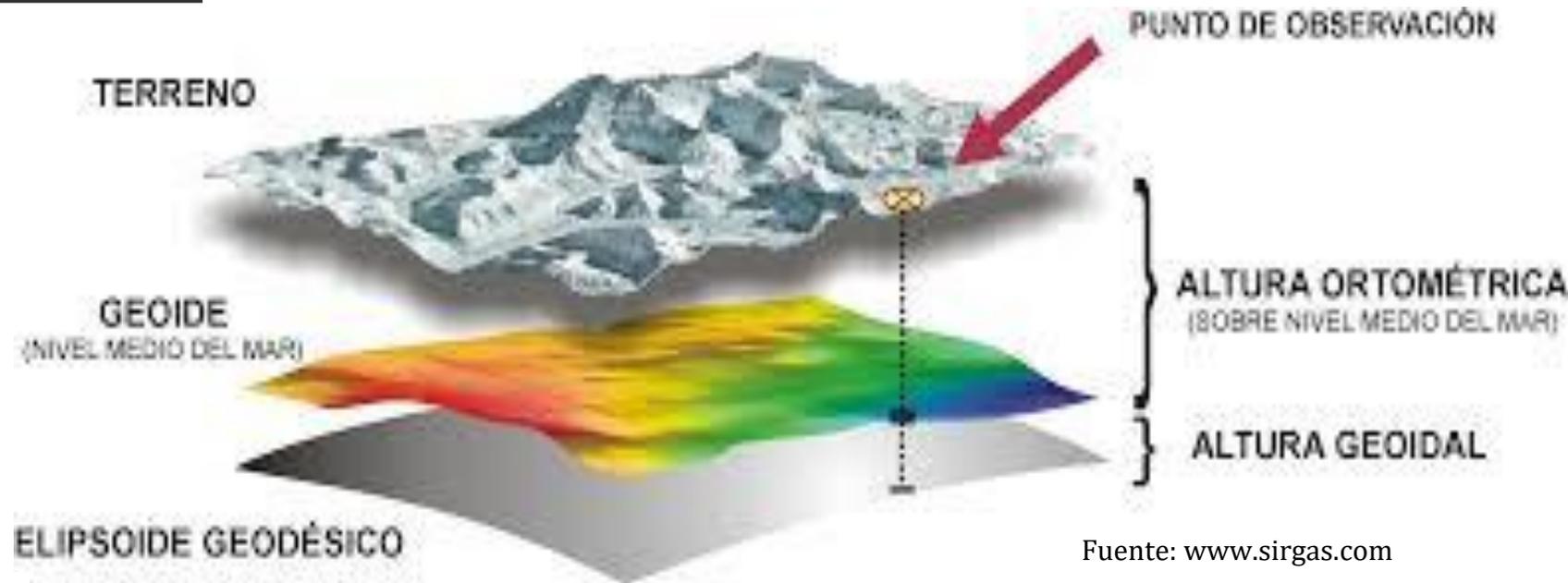
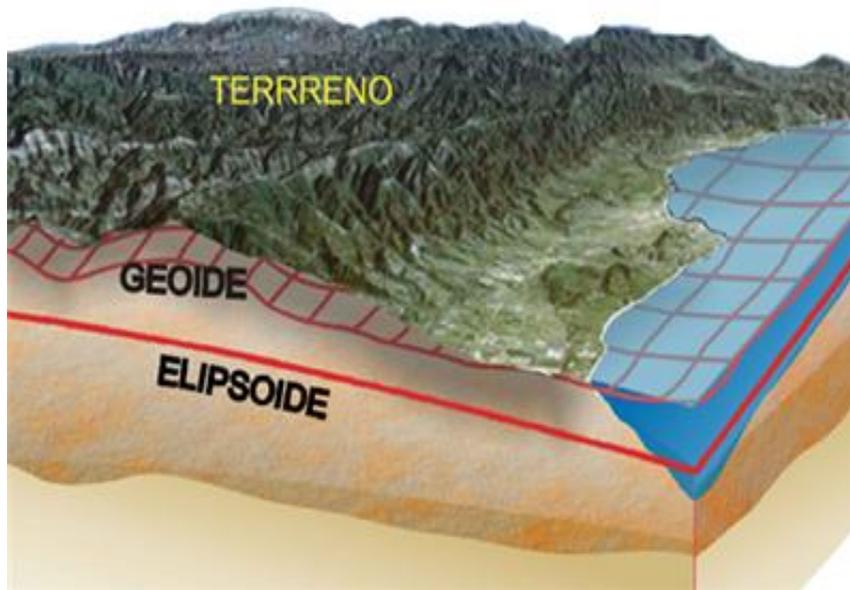
$$W = W(x, y, z) = V + \Phi = G \iiint_v \frac{\rho}{l} dv + \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2)$$



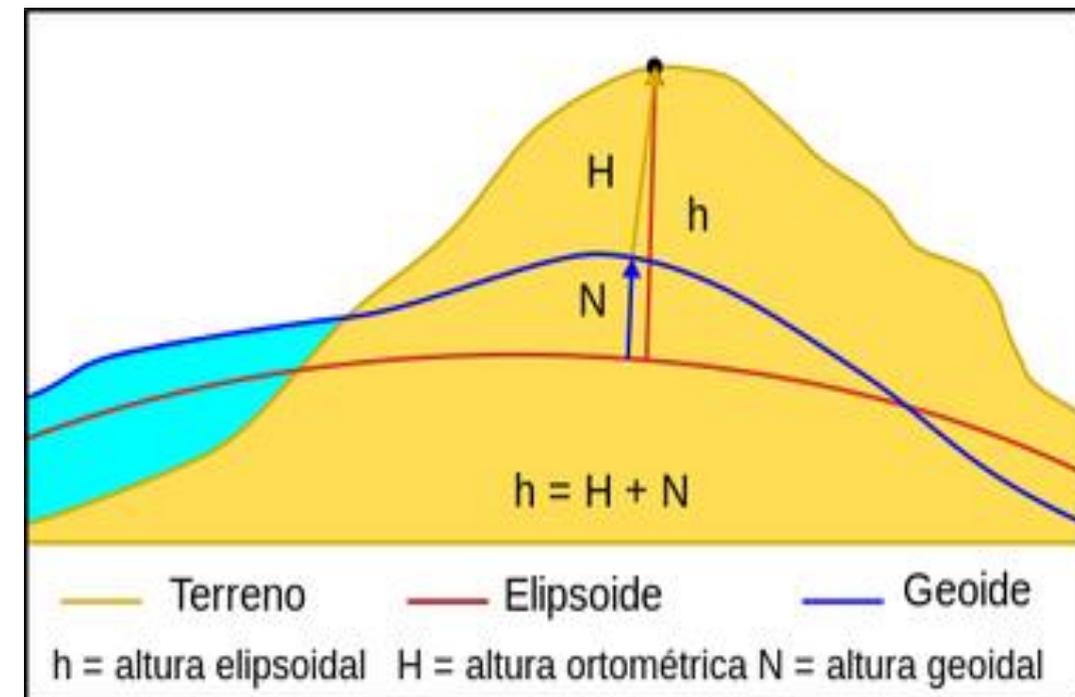
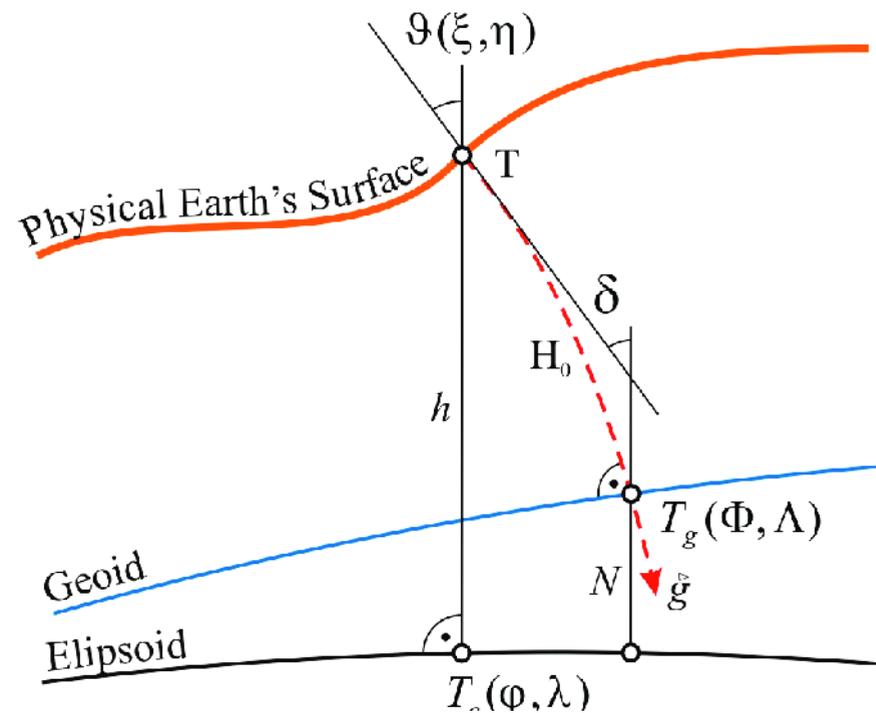
**Geoide** (Helmert, 1880): superficie del océano, extendida por debajo de los continentes, la cual es descrita por una condición de equilibrio.



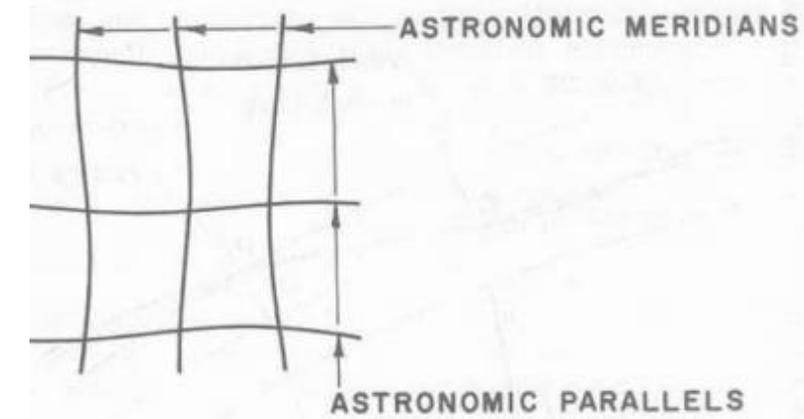
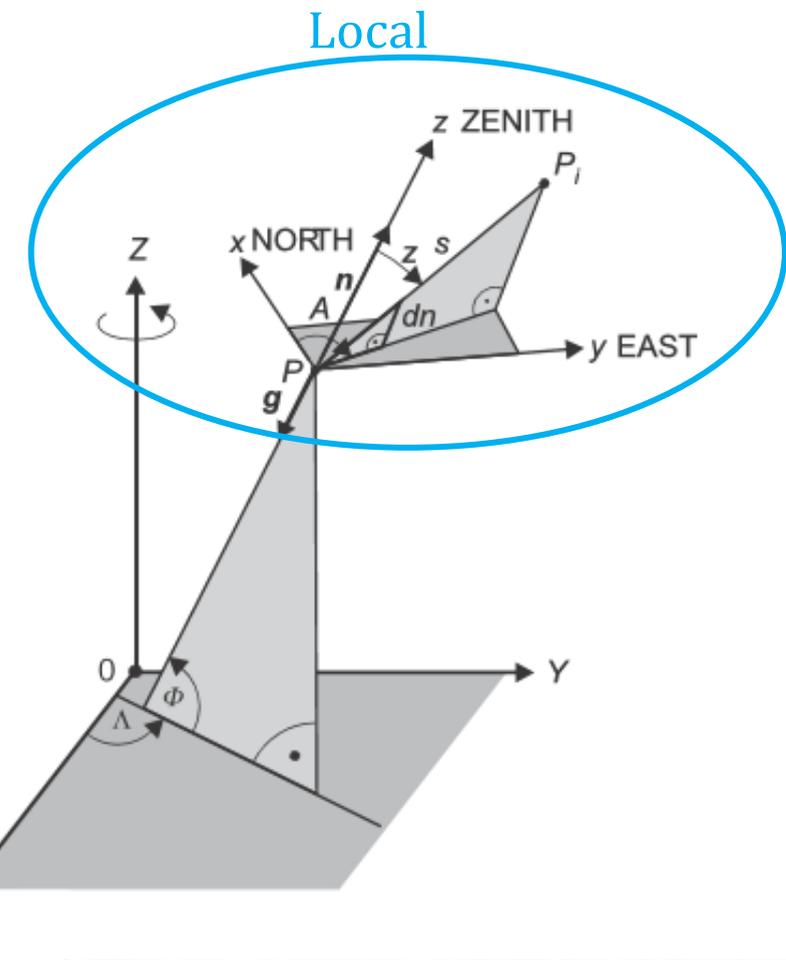
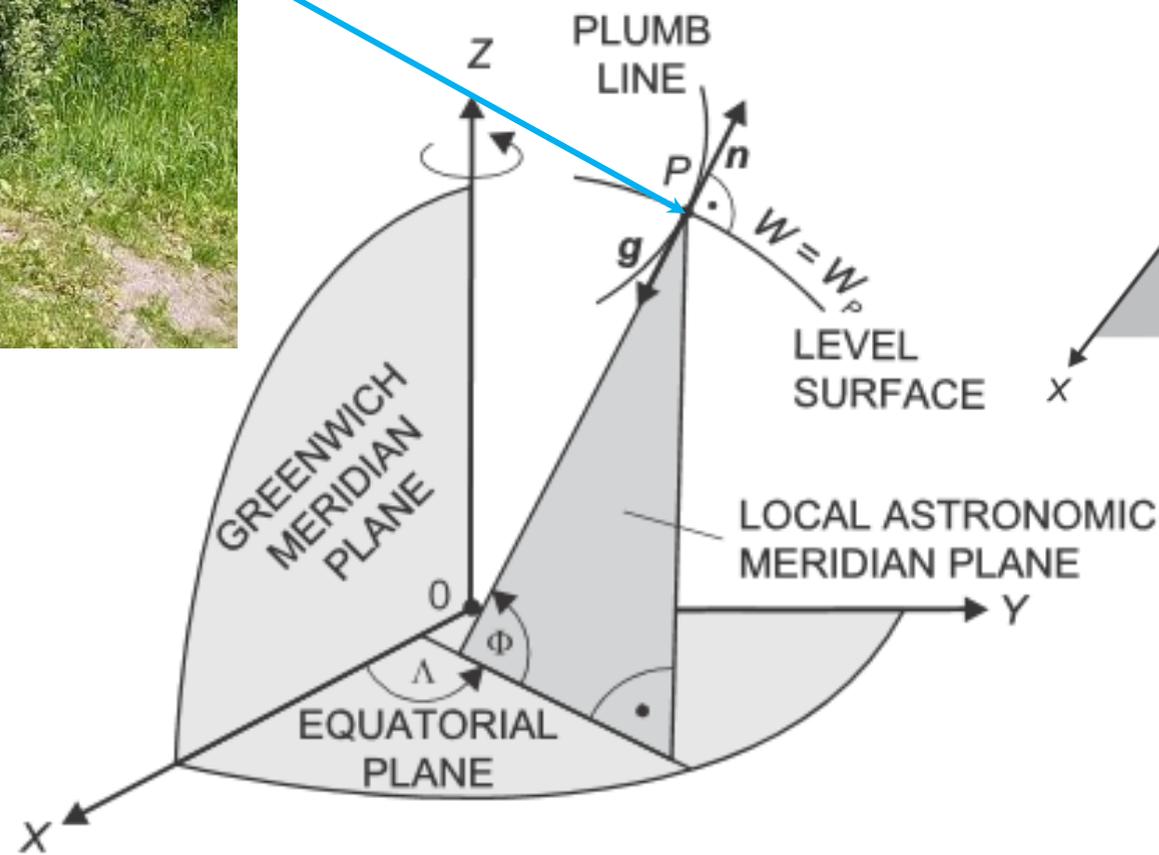
# Posiciones en la Tierra



Fuente: [www.sirgas.com](http://www.sirgas.com)



# Posiciones en la Tierra



(4) Jekeli, C. (2012). Geometric reference systems in geodesy (2012 edition). Division of Geodetic Science, School of Earth Sciences, Ohio State University.

(5) Torge, W., & Müller, J. (2012). *Geodesy*. Walter de Gruyter.