

Coordenadas y Sistemas de Referencia: Conceptos Básicos

Francisco Javier Mesas Carrascosa
Ingeniero en Geodesia y Cartografía
Servicio de Producción
Instituto de Cartografía de Andalucía

¿Qué es un cartografía?

Conjunto de estudios y de operaciones técnicas, científicas y artísticas que intervienen en la formación y análisis de mapas, modelos en relieve o globos, que representan la Tierra, y/o parte de ella, o cualquier parte del Universo.

Su objeto es la concepción, formación, redacción y realización de mapas y surge de la necesidad del hombre de representar el medio en el que vive.

¿Qué es un mapa?

Joly: *Representación plana, geométrica, simplificada y convencional de toda o parte de la superficie terrestre.*

Superficie terrestre: es curva  ¿Cómo la representamos?.

no uniformemente llana  ¿Cómo representar el relieve?.

Imposibilidad de representarla perfectamente  APROXIMACIÓN

1. Conocer la forma y dimensiones de la Tierra.
 2. Transferirla al elipsoide de revolución.
 3. Pasar de un espacio 3D a un espacio 2D.
- } GEODESIA



¿Que es geodesia?

Benavidez: *Ciencia que tiene como fin principal la determinación de la **figura** de la Tierra, el **posicionamiento** de puntos sobre la superficie física terrestre y el estudio del campo de la **gravedad** externo del planeta.*

¿Que es un sistema de referencia geodésico?

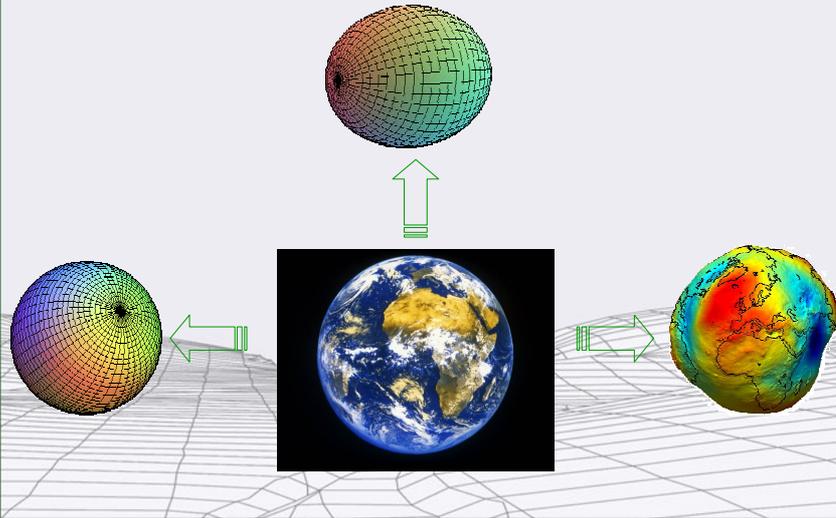
Definición de modelos, constantes, parámetros, etc., que sirven como base para la descripción de los procesos físicos de la Tierra o de la superficie terrestre.

Los sistemas de referencia no se pueden determinar por mediciones, sino que se definen convencionalmente



Forma de la Tierra

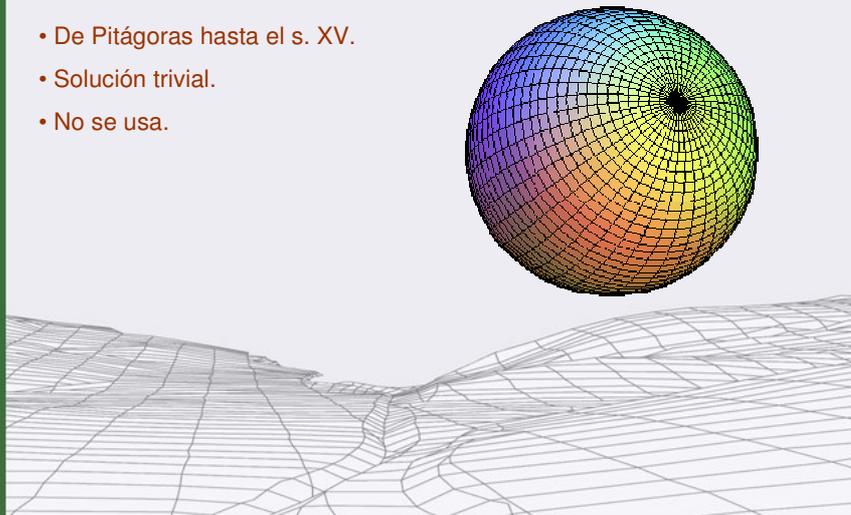
La superficie terrestre es imposible expresarla matemáticamente, empleando figuras que aproximen la figura de esta.



Forma de la Tierra

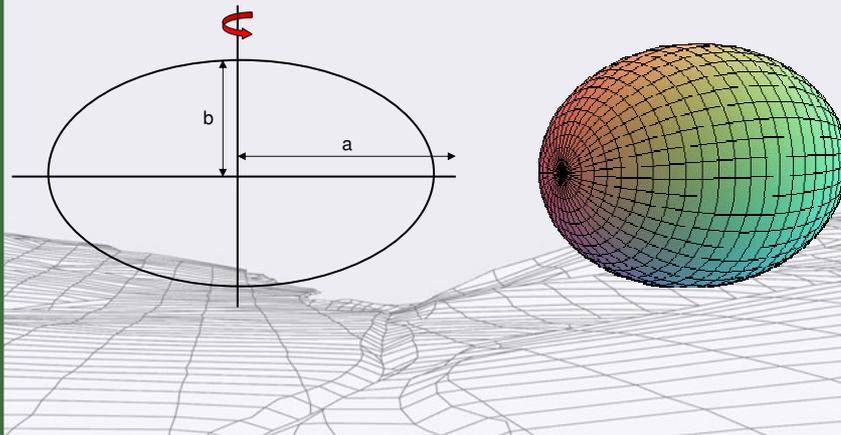
ESFERA

- De Pitágoras hasta el s. XV.
- Solución trivial.
- No se usa.



Forma de la Tierra

La figura geométrica más simple que se ajusta a la forma de la Tierra es un elipsoide biaxial, una figura tridimensional generada por rotación de una elipse sobre su eje más corto. Este eje coincide aproximadamente con el eje de rotación de la Tierra.



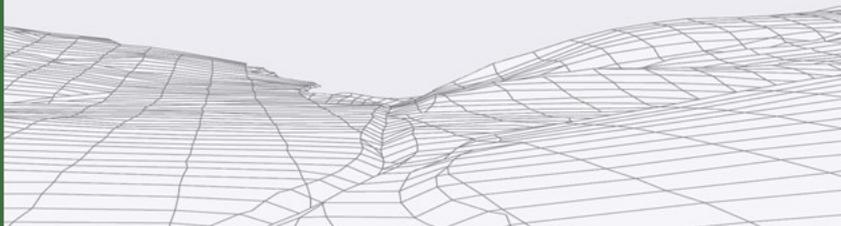
Forma de la Tierra

Newton 1687:

La forma de equilibrio de una masa fluida homogénea sometida a las leyes de la gravitación, y girando alrededor de un eje es un **elipsoide de revolución** aplastado por los polos



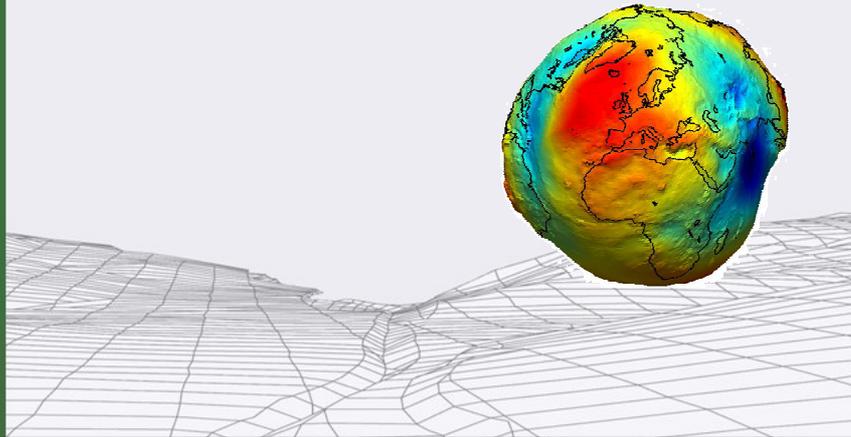
Solo es válido si las masas internas del planeta fueran homogéneas, de este modo se admite como forma de la Tierra la superficie de equilibrio materializada por los mares en calma, dicha superficie se denomina **geoide**: Superficie física real sobre la cual la gravedad en todos sus puntos es normal a ella.



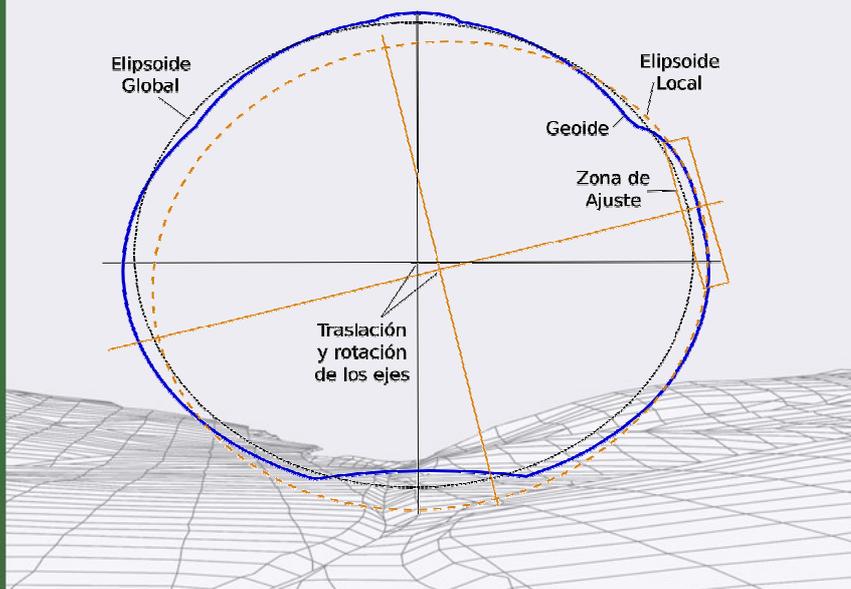
Forma de la Tierra

En cada punto de la Tierra existe un valor de la gravedad.

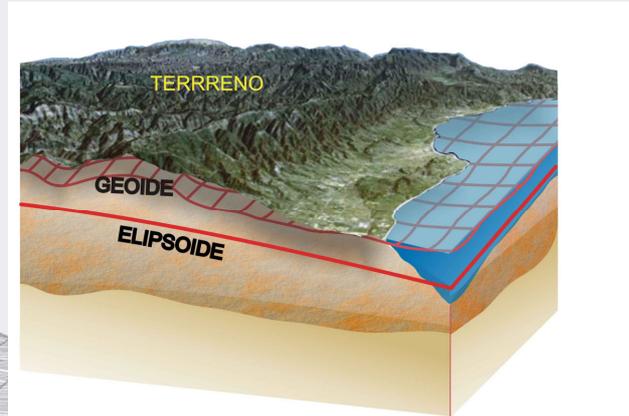
Superficie equipotencial: Superficie en la que el trabajo a realizar para elevar la unidad de masa desde la superficie del geoide (o superficie de altitud 0) es la misma.



Forma de la Tierra



Forma de la Tierra



¿Con que elipsoides trabajamos?

	HAYFORD	GRS80	WGS84
Semieje a	6.378.388	6.378.137	6.378.137
Semieje b	6.366.992	6.356.752,31414	6.356 752,3142

¿Qué significa datum?

Cada país **ha tratado** que la superficie de su elipsoide **coincida** con el geoide

El ajuste se hace determinando el llamado punto fundamental donde se hace **coincidir** el **geoide** con el **elipsoide** elegido llamado elipsoide de referencia.

Al conjunto de parámetros que definen ese punto fundamental se le denomina Datum.

Geodesia clásica: Necesidad de la definición del datum.

Geodesia moderna: Carece de sentido hablar de datum.

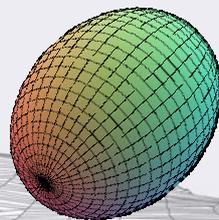


Geodesia clásica vs Geodesia moderna

PRIMERA GRAN DIFERENCIA

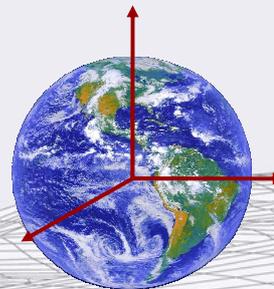
CLÁSICA

- Elipsoide local
- Necesidad de un datum



MODERNA

- Elipsoide geocéntrico
- No tiene sentido hablar de datum



Sistema de referencia

- Definición de la forma y dimensiones de la Tierra con la que vamos a trabajar.

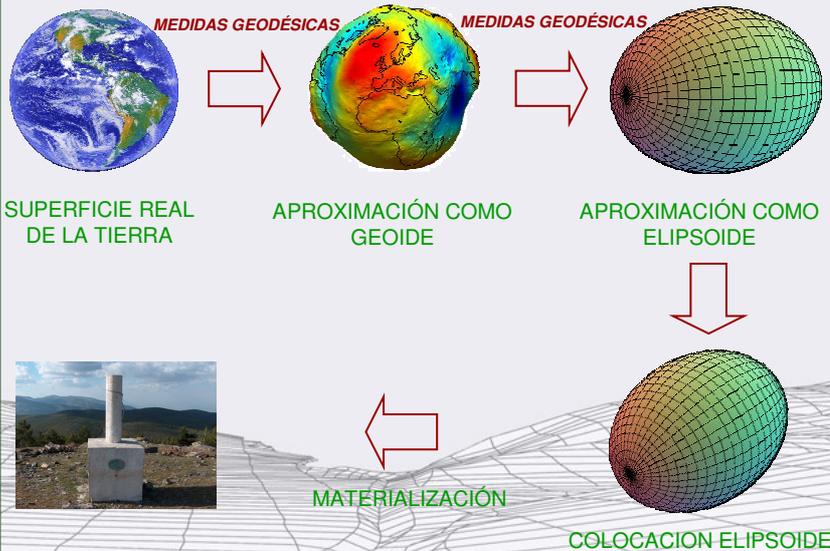


Definición del elipsoide de revolución.

- Primer aspecto que debe quedar definido en un trabajo.
- Debe aparecer en cualquier Pliego de Prescripciones Técnicas.



Sistema de referencia clásico



Sistema de referencia clásico

Implica:

- Definición de un elipsoide de revolución.
- Un punto origen o punto datum, cuyas coordenadas se determinan mediante observaciones astronómicas.
- Un acimut de partida, obtenido a partir de observaciones astronómicas

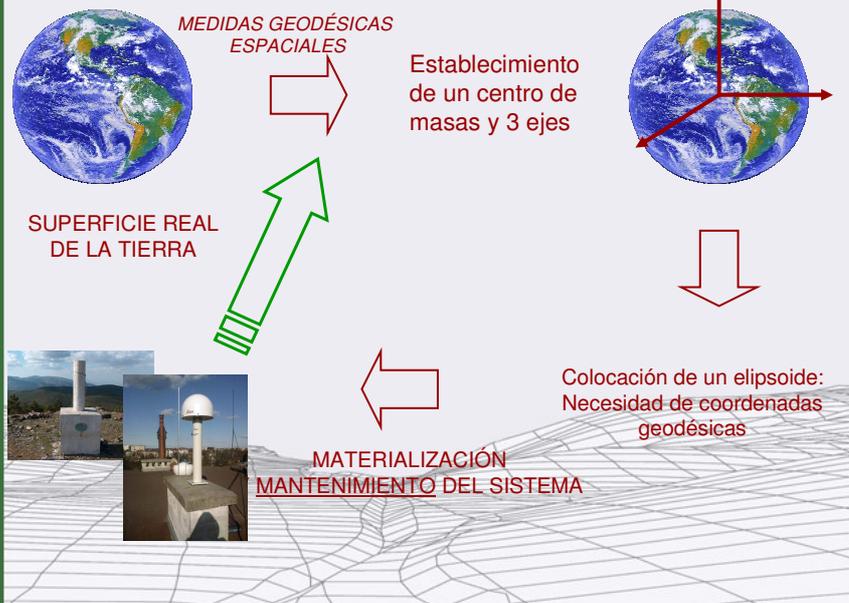
Se establece su ubicación en relación con la forma física de la tierra, el geode.

Sistema de Referencia 2D: latitud y longitud sobre el elipsoide.

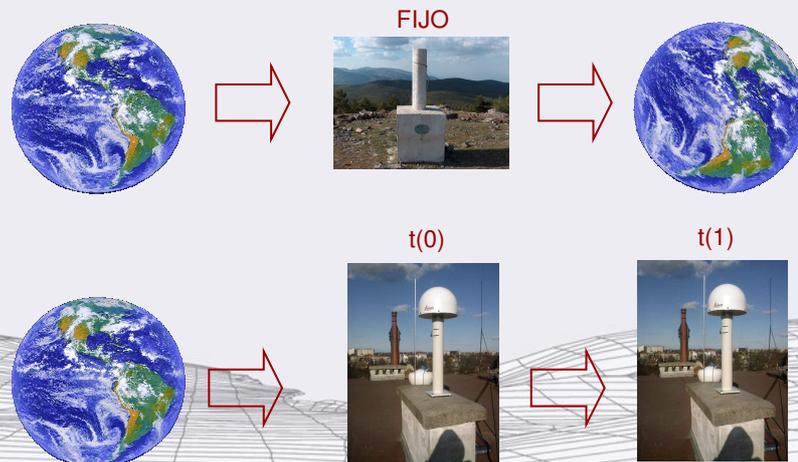
Sistema de Referencia Altimétrico independiente



Sistema de referencia moderno



Sistema de referencia moderno vs clásico



Sistema de referencia moderno

Triedro triaxial directo: Origen O, Eje X, Eje Y, Eje Z

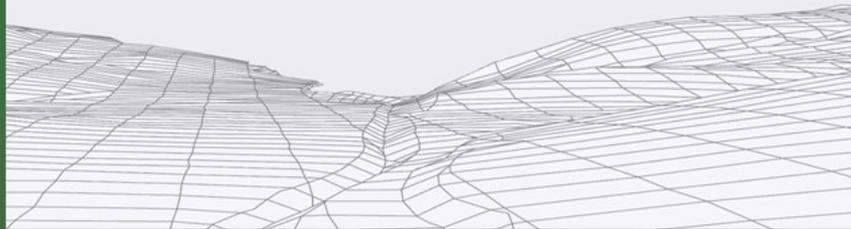
- Origen O. Centro de masas terrestre, geocentro.
- Eje Z. Coincidente con el eje de rotación terrestre.
- Eje X. Contenido en el Meridiano de Greenwich.
- Eje Y. Completa el triedro directo.

Elipsoide de revolución asociado, ubicado en el centro del triedro.

Sistema de Referencia 3D: X, Y, Z o latitud y longitud sobre el elipsoide, altura elipsoidal.

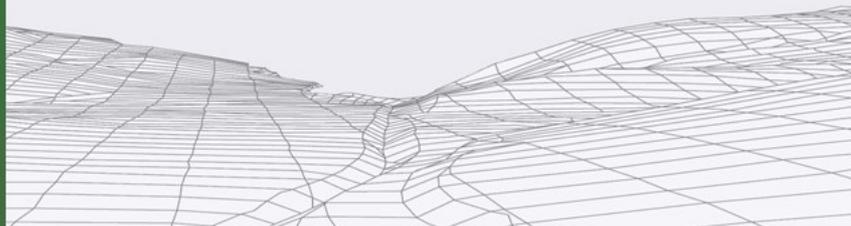
Sistemas de referencia 2D empleados

ITRS	ED50	ETRS89	WGS84
GRS80	Hayford	GRS80	WGS8
Geocéntrico	Local	Geocéntrico	Geocéntrico
Moderno	Clásico	Moderno	Moderno



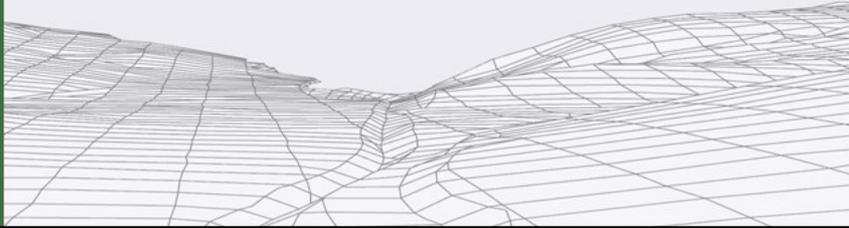
ITRS

- Sistema de referencia geocéntrico.
- Rota de manera solidaria con la Tierra.
- Posiciones ancladas a la parte sólida de la superficie terrestre.
- Posiciones pueden sufrir pequeñas variaciones con el tiempo.



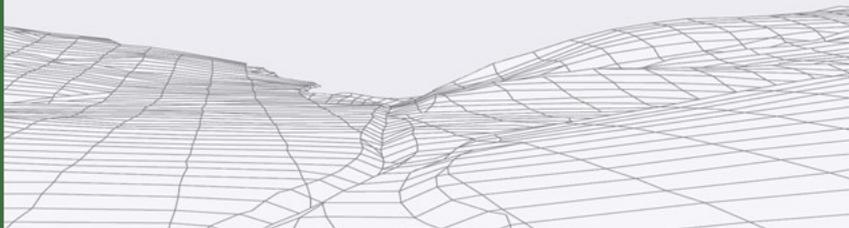
WGS84

- Sistema de referencia geocéntrico.
- Empleado por el sistema de navegación GPS.



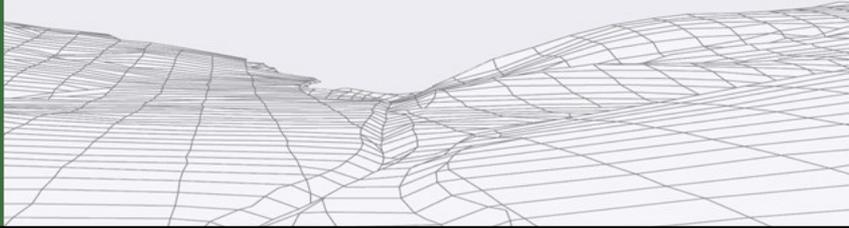
ETRS89

- Sistema de referencia geocéntrico.
- Aplicación de ITRS sobre la parte estable de la placa europea.
- Ser una referencia precisa muy cercana a WGS84.
- Referencia continental para datos geográficos



ED50

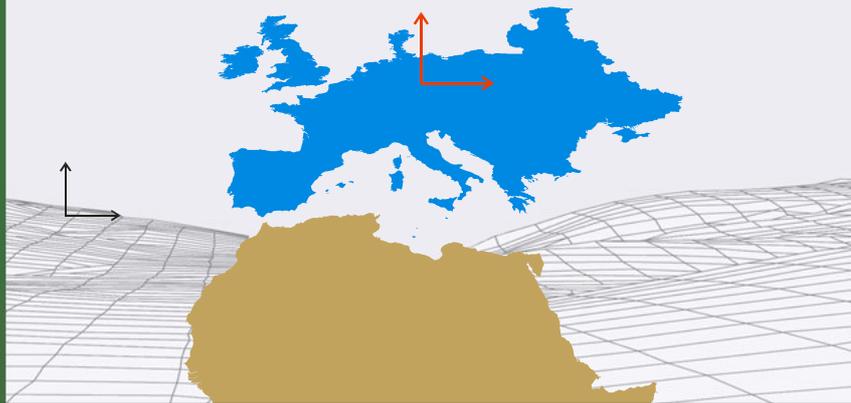
- Sistema de referencia local.
- No es compatible con el sistema de navegación GPS.
- A desaparecer: RD 1071/2007 de 27 Julio.
- Hasta el 31 de Diciembre de 2011.



¿Pueden variar mis coordenadas?



¿Pueden variar mis coordenadas?



Relaciones entre sistemas de referencia

Podemos pasar de un sistema de coordenadas A a otro B a través de una **transformación de coordenadas**.



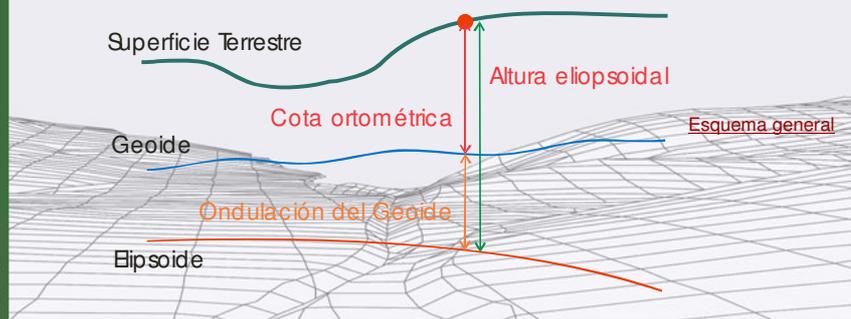
Sistema de referencia altimétricos

• Conceptos

Altitud ortométrica: Distancia desde la superficie del **geoide** hasta el punto de la superficie terrestre medida a lo largo de la vertical que pasa por un punto.

Altura elipsoidal: Distancia desde la superficie del **elipsoide** hasta el punto de la superficie terrestre.

Ondulación del geoide: Separación entre geoide y elipsoide.



Sistema de referencia altimétricos

Geoide

- Relacionado con el potencial gravitatorio.
- En él todos los puntos tienen la misma atracción terrestre.
- Se adopta arbitrariamente el valor de potencial cuyo geoide asociado se aproxima más a la superficie de los océanos, la superficie media del mar.
- Es la forma que mejor describe la superficie media de los océanos y por tanto de la Tierra; el 70.8% esta cubierta por mares y océanos.

¿Por qué no lo empleamos también como referencia planimétrica?

- Imposible describir al geoide con una fórmula matemática resoluble en un plano: sería necesario conocer en todo punto de la superficie terrestre la dirección de la fuerza de gravedad, la cual por su parte depende de la **densidad** que la Tierra posee en cada punto.

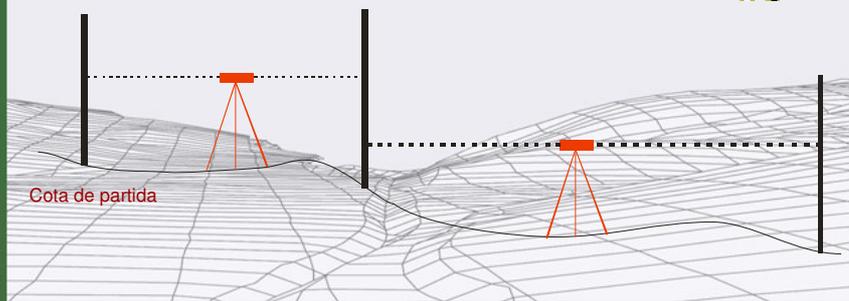
Sistema de referencia altimétricos

¿Cómo obtener cotas ortométricas?

Caso A: Nivelación geométrica

Vamos determinando desniveles.

Llevamos cota a la zona de trabajo.



Sistema de referencia altimétricos

¿Cómo obtener cotas ortométricas?

Caso B: Modelo geoide

Partimos de un conjunto de puntos donde conocemos exactamente su cota ortométrica y su cota elipsoidal.

A partir de esta relación podemos realizar una interpolación y obtener una malla continua con valores que nos relacionen las cotas ortométricas con las alturas elipsoidales: ondulación del geoide.

