

*Introducción a la GEODESIA*

# **INTRODUCCIÓN A LA GEODESIA. CONCEPTOS BÁSICOS.**

*Cristina Caturla Montero  
Gabinete de Mapas. ICA  
[cristina.caturla@juntadeandalucia.es](mailto:cristina.caturla@juntadeandalucia.es)*



JUNTA DE ANDALUCIA

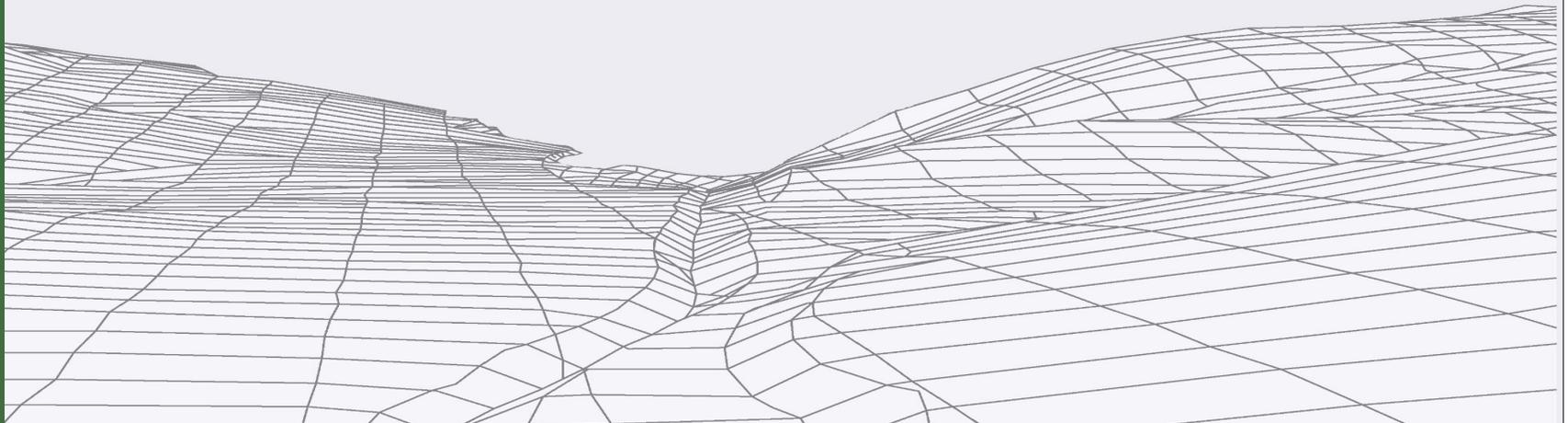
Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio  
Instituto de Cartografía de Andalucía

**Toma de datos con GPS. IAAP. Sevilla, octubre 2009**

## *Introducción a la GEODESIA*

### **CONTENIDO**

1. ¿Qué es la GEODESIA?
2. Historia de la Geodesia clásica: hasta siglo XX
3. Historia de la Geodesia espacial: siglo XX y XXI
4. Conceptos básicos



## Introducción a la GEODESIA

### 1. ¿QUÉ ES LA GEODESIA?

Etimología: del griego

geo = tierra

desia = divisiones



*Acto de dividir la tierra*

Helmert, en 1880, *La Geodesia es la ciencia de la medida y representación de la tierra*

*Es una de las ciencias más antiguas cultivadas por el hombre cuyo objeto es el estudio y determinación de la forma y dimensiones de la tierra, de su campo de gravedad y sus variaciones temporales.*

Establece la referencia geométrica para otras ciencias que estudian la dinámica terrestre



## 2. HISTORIA DE LA GEODESIA CLÁSICA: ANTIGÜEDAD

- **Neolítico** (7000 a. C.): menhires y alineaciones de dólmenes
  
- **Mesopotamia** (1000-2000 a.C.): la tierra es un disco plano que flota en el agua y cuyo centro es Babilonia (Mapa 600 a.C. en el Museo Británico).
  - Instrumentos de medida.
  
- **Egipto**: pirámides orientadas al Norte Geográfico con gran precisión (en la pirámide de Keops se observa una desviación de 2' 28")
  - Metodología basada en observaciones astronómicas: no conocían la brújula
  - Importantes trabajos de agrimensura
  - Instrumentos de medida

## Introducción a la GEODESIA



Gnomon



Clepsidra

INSTRUMENTOS: Gnomon, clepsidra

## 2. HISTORIA DE LA GEODESIA CLÁSICA: MUNDO GRIEGO

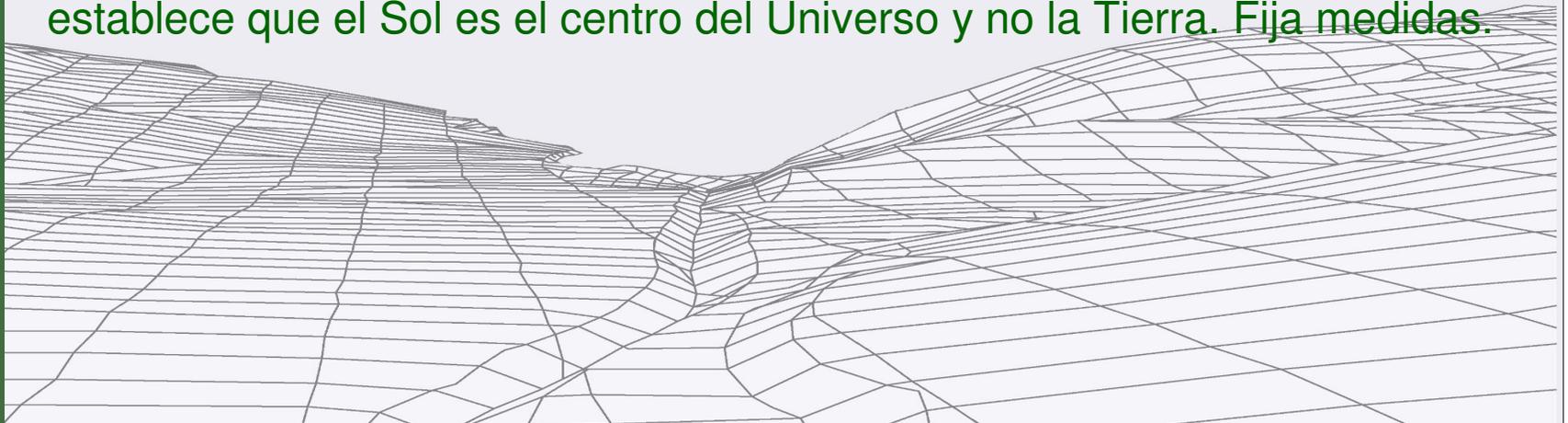
Pitágoras (580-500 a.C.) y Parménides (540-470 a.C.) fueron los primeros defensores de la Tierra esférica.

Establecida la esfericidad de la Tierra el objetivo es medirla

Entre 400-300 a.C. diversos cálculos para determinar la circunferencia máxima de la tierra, mediciones de tramos de arco de meridiano

Hacia 300 a.C. se funda la Biblioteca, Observatorio y Museo de Alejandría

Aristarco de Samos (280 a.C.) rompe el concepto aristotélico del mundo y establece que el Sol es el centro del Universo y no la Tierra. Fija medidas.



## *Introducción a la GEODESIA*

Eratóstenes de Cirene (240 a.C.) establece un método científico para calcular el radio terrestre comparando la altura del sol el día del solsticio de verano en dos ciudades próximas Syene (Asuan) y Alejandría, obteniendo el resultado de 6207 km. (6378 km es el radio ecuatorial). Método de los Arcos, utilizado durante muchos siglos.

No aceptado: se suceden las medidas. Primeros resultados importantes basados en observaciones, consecuencia del esfuerzo de varias generaciones de observadores (Timocasis, Posidonio, Hiparcos).

Julio César (46 a.C.) ordena levantamiento cartográfico del Imperio:  
Estrabón y Plinio el Viejo

Claudio Tolomeo (100-170): compila toda la labor de astronomía anterior en su obra Almagesto a través de la cual se transmiten todos los conocimientos al mundo árabe.



## 2. HISTORIA DE LA GEODESIA CLÁSICA: EDAD MEDIA

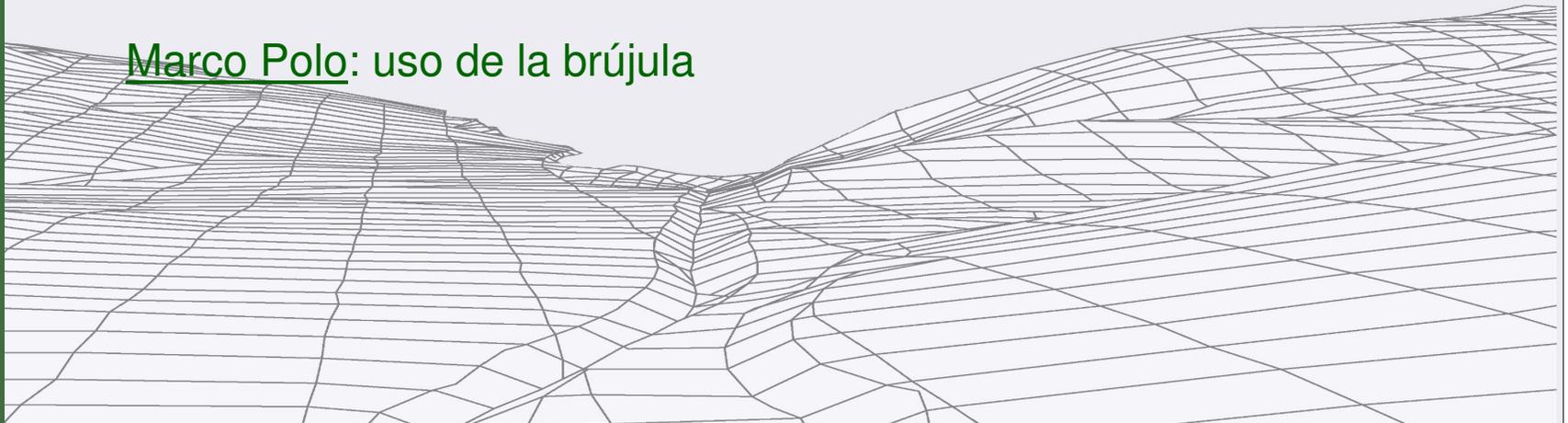
Las aportaciones árabes fueron mucho más reducidas, continúan las mediciones. Gracias a ellos sobrevivieron los conocimientos griegos, siendo traducidas al latín en la España de Alfonso X el Sabio (s XII).

Edad Media: hasta la época de los descubrimientos el mundo occidental tiene otros problemas de supervivencia más acuciantes.

Concepción aristotélica del mundo

Roger Bacon (s XIII): astronomía, geografía, mareas oceánicas

Marco Polo: uso de la brújula



## 2. HISTORIA DE LA GEODESIA CLÁSICA: RENACIMIENTO Y S XVII

Grandes Descubrimientos e invención de la imprenta

Copérnico, Galileo, Kepler

Gran desarrollo de la cartografía (Vespucio, Mercator)

Invencción del telescopio (1580) y los logaritmos (1595)

Continúan las observaciones, se fundan Observatorios con apoyo de los Estados y de particulares

Tycho Brahe (1578): introduce la idea de triangulación geodésica (precisión)

Huyghens (1673): mecanismo del péndulo (precisión)

Newton (1697): deduce el valor del achatamiento terrestre (*elipsoide*)

## 2. HISTORIA DE LA GEODESIA CLÁSICA: S XVIII

Siglos de continuos avances.

Medir la longitud uno de los grandes problemas: deformaciones de los Mapas.

Medir la longitud del grado y desarrollo teórico de la Geodesia Dinámica (establecer la forma de la tierra).

Newtonianos contra Cassinianos.

Se trata de un problema físico y no geométrico (cálculo del achatamiento terrestre usando medidas de la gravedad)

Invención de nuevos instrumentos de observación y medida (cronómetro y perfeccionamiento teodolito)

## 2. HISTORIA DE LA GEODESIA CLÁSICA: S XIX

Surgen los Centros Cartográficos Nacionales

Prolongación hacia España del meridiano de Francia (1806-1808) y enlace de las Islas Baleares al continente

Elipsoides de Bessel, Struve y Clarke.

Gauss (1821) método de mínimos cuadrados para compensar la Red Geodésica de Hannover y define la superficie matemática de la Tierra como una superficie equipotencial (*geoide*)

Avanzan los trabajos geodésicos permitiendo enlazar las redes de distintos países, llegando hasta Rusia

Se trabaja sobre la ondulación del *geoide*

Finales de siglo: gravimetría (separación entre *geoide* y *elipsoide*)

## *Introducción a la GEODESIA*

### España en este siglo

Gran avance de los trabajos geodésicos.

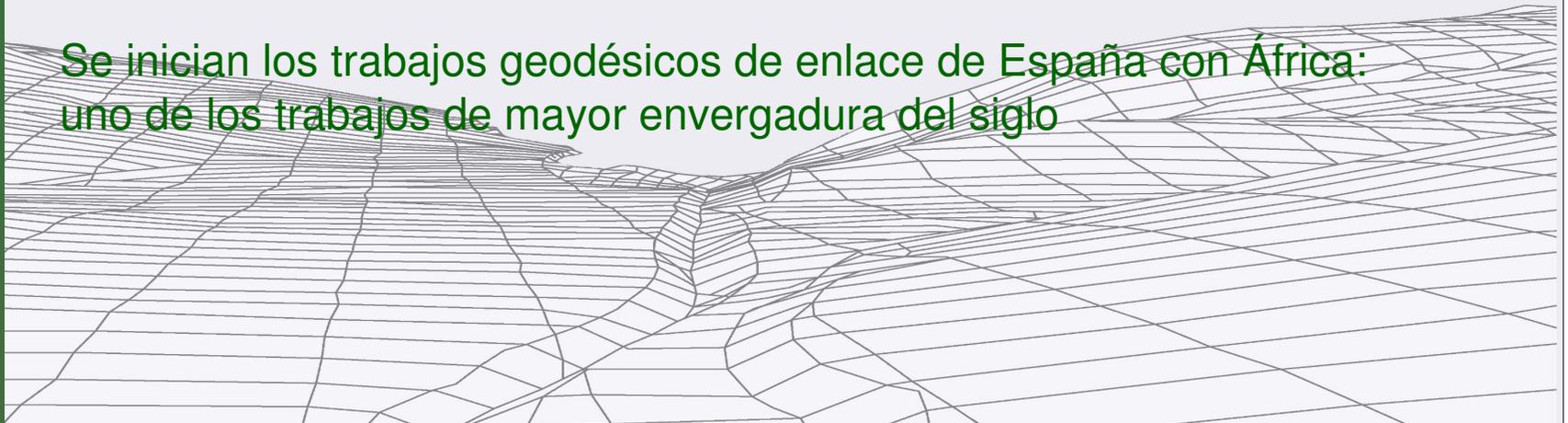
Don Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero (1825-1891), Marqués de Mulhacén

Red Geodésica de España (Madridejos) y Red de Nivelación (Alicante)

Formación del Mapa Nacional: primera edición del Mapa Topopográfico Nacional 1:50.000

1870 creación del Instituto Geográfico y Estadístico

Se inician los trabajos geodésicos de enlace de España con África:  
uno de los trabajos de mayor envergadura del siglo



### 3. HISTORIA DE LA GEODESIA ESPACIAL: SIGLO XX Y XXI

En la primera mitad del siglo XX se continúa la línea anterior

1957: lanzamiento del Sputnik

Se inicia la Geodesia Espacial: nacen los sistemas de posicionamiento por satélite (constelaciones NAVSTAR y GLONASS)

Observaciones terrestres + observaciones geodésicas

No necesita visibilidad entre los puntos y permite un marco de referencia Mundial.

Grandes avances en gravimetría

- posiciones precisas
- redes globales de triangulación
- definición de la forma real de las superficies de nivel, en particular el geoide y la curvatura del campo gravitatorio

## 4. CONCEPTOS BÁSICOS

No se puede hablar de Geodesia sin apoyarse en otras ciencias fundamentales como las Matemáticas, la Astronomía o la Física y en otras ciencias auxiliares como la Cartografía o la Fotogrametría.

La Tierra es un planeta que rota sobre sí mismo, describe una órbita y está sometido a ciertas atracciones. Es fundamental el estudio de la gravedad para determinar su forma física.

**Geoide** (*forma de la tierra*) concepto introducido a finales del siglo XIX. Esferoide tridimensional definido por la superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre que coincide con el nivel medio del mar.

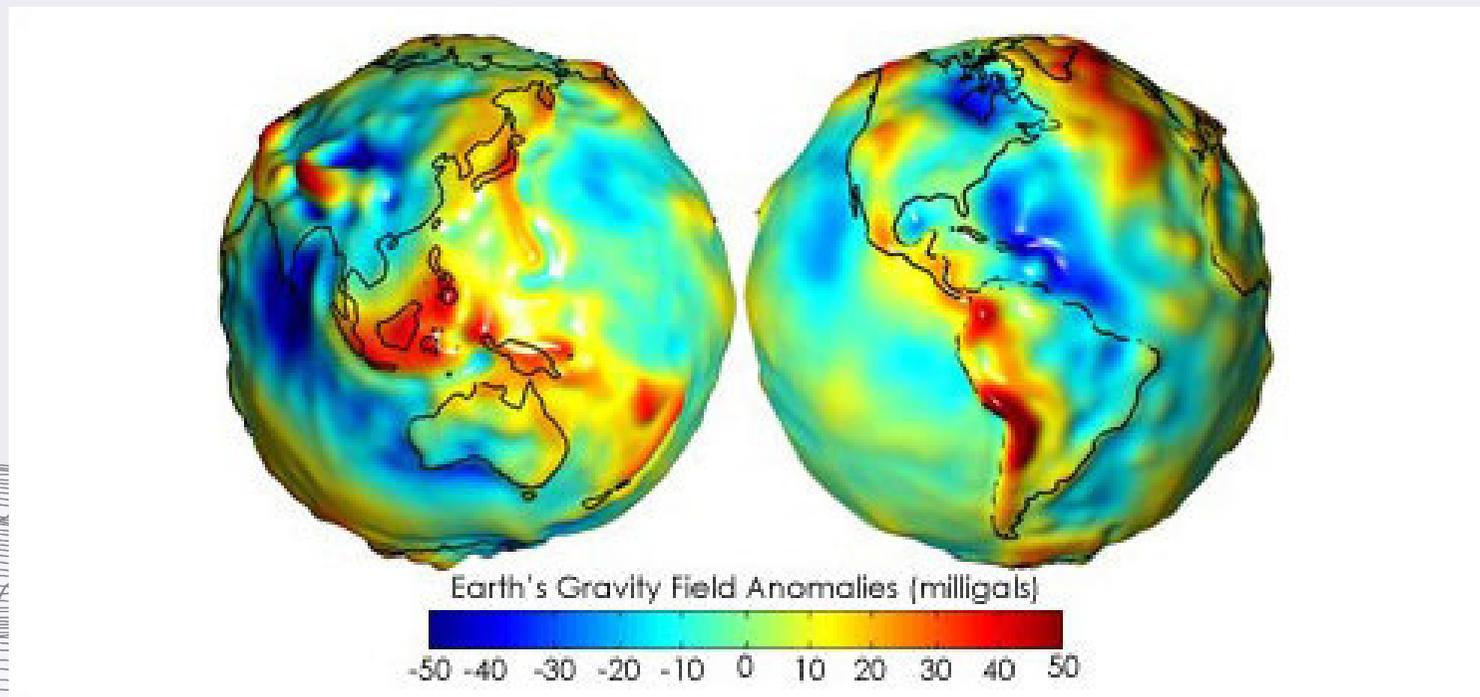
Superficie equipotencial del campo gravitatorio: donde la fuerza de gravedad tiene valores equiparables



## Introducción a la GEODESIA

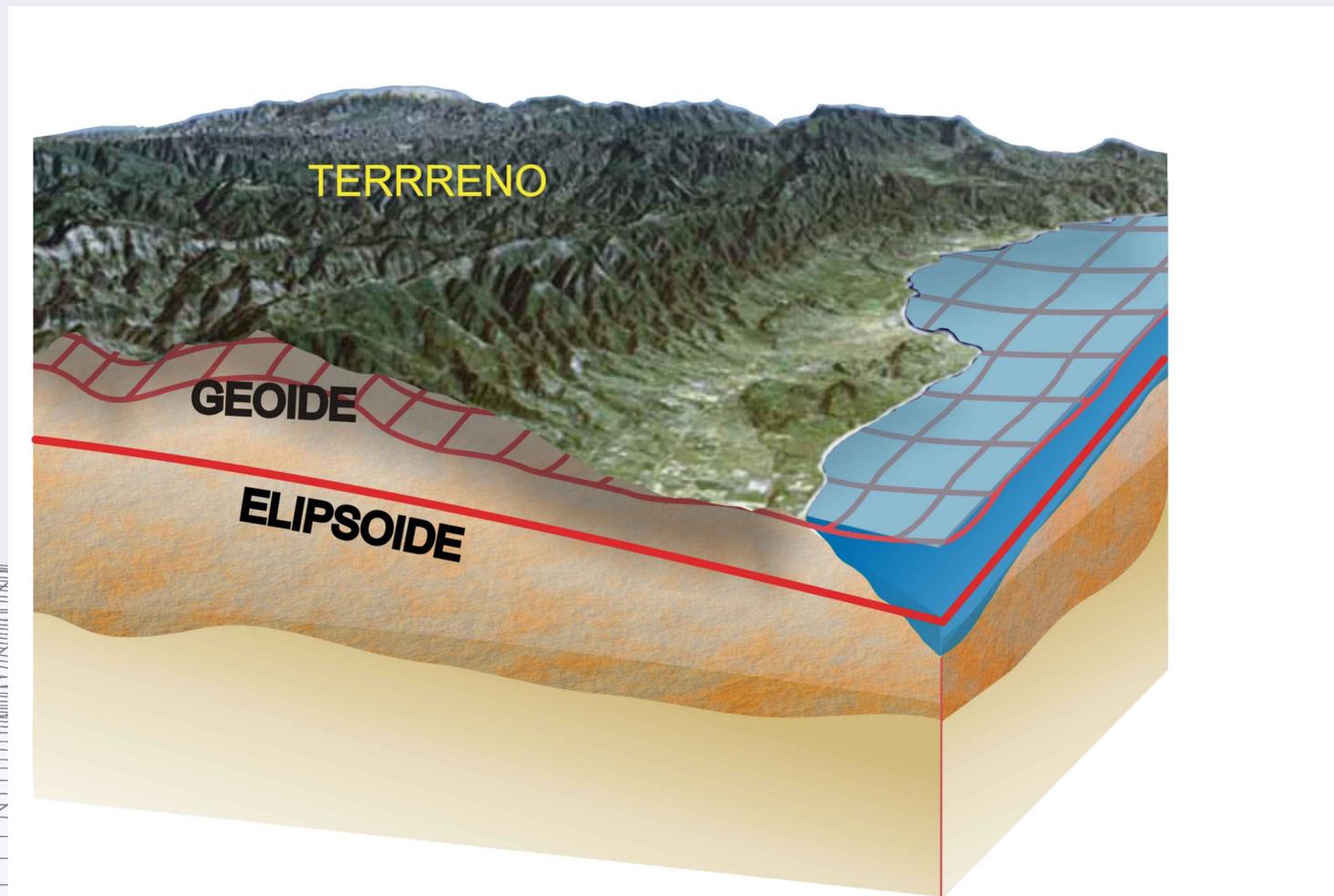
Tiene en cuenta las anomalías gravimétricas y el achatamiento de los polos, por lo que es una superficie irregular con protuberancias y depresiones (hasta +/- 100m).

Es una definición física de la forma de la Tierra



## Introducción a la GEODESIA

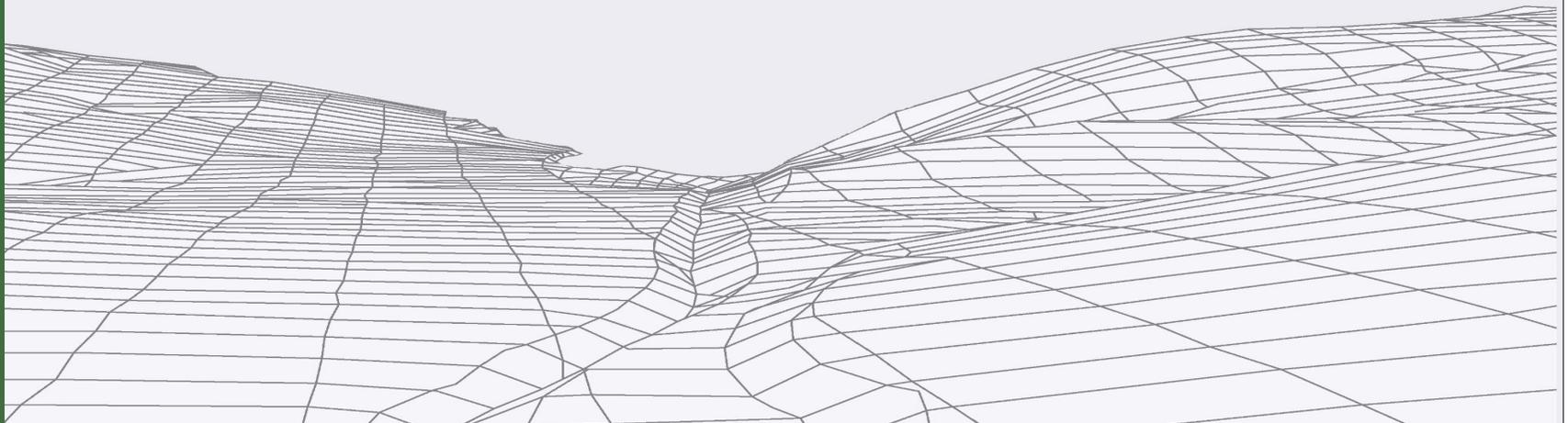
Principal utilidad: establecer la superficie de referencia de la altura ortométrica (distancia vertical entre la superficie física de la tierra y la superficie del geoide)



## ***Introducción a la GEODESIA***

La forma del geoide se estudia y define a partir de:

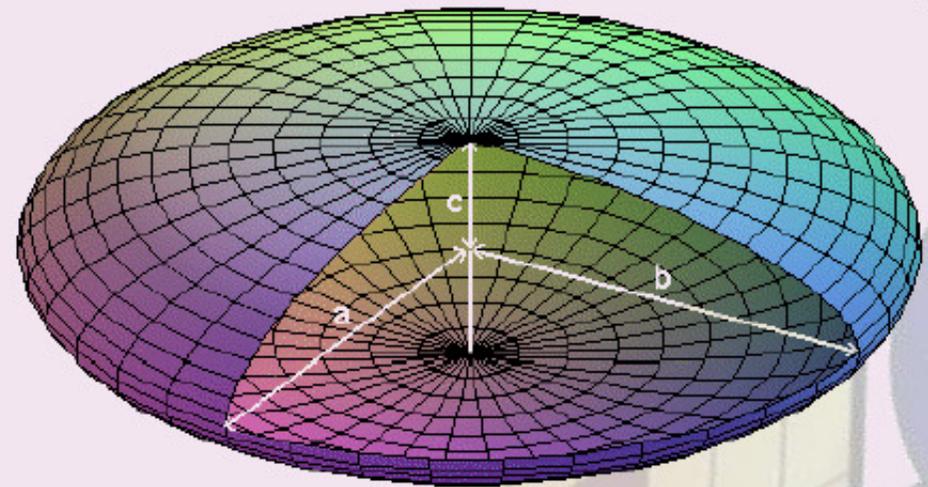
- Medidas de las anomalías gravitatorias midiendo la magnitud de la intensidad en numerosos puntos de la superficie terrestre
- Mediciones astronómicas
- Medición de las deformaciones producidas en la órbita de los satélites porque la Tierra no es homogénea



## Introducción a la GEODESIA

Desde el punto de vista cartográfico el geoide no puede ser utilizado para proyectar los puntos sobre un sistema cartesiano plano porque no se puede describir con una fórmula matemática resoluble en un plano.

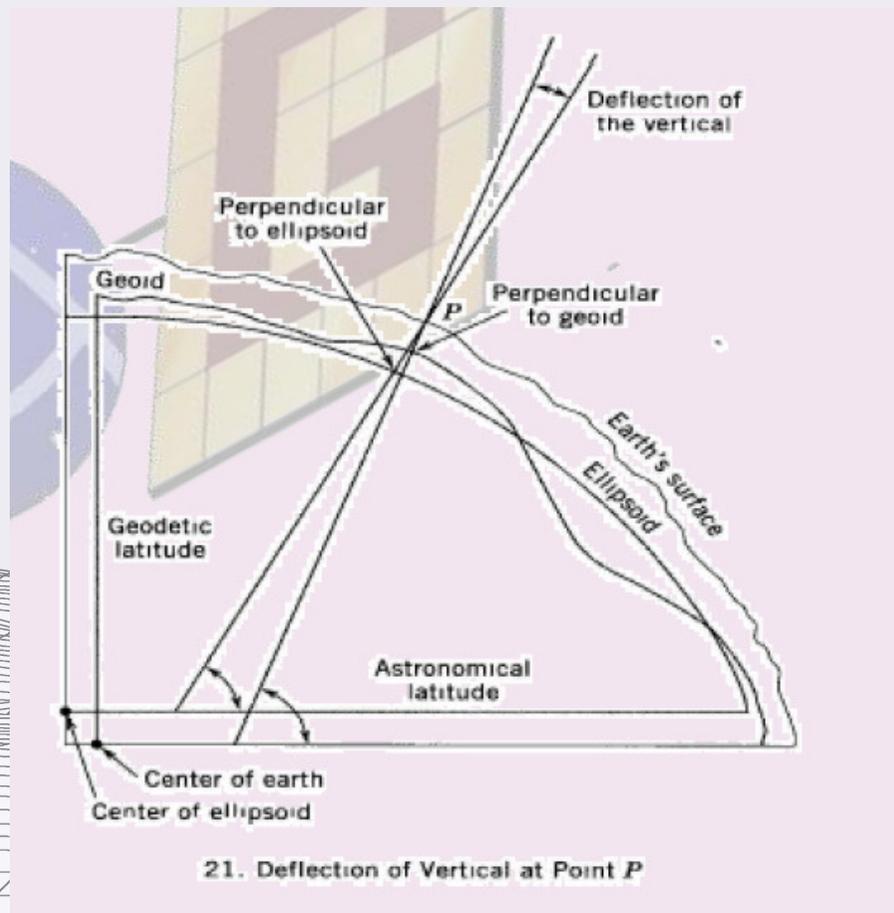
**Elipsoide:** una superficie de referencia con una definición matemática sencilla que permite efectuar los cálculos precisos para poder realizar la proyección de los puntos del relieve terrestre sobre la misma y permitir elaborar mapas y planos



## Introducción a la GEODESIA

Altura geoidal: distancia entre la superficie del geoide y la del elipsoide

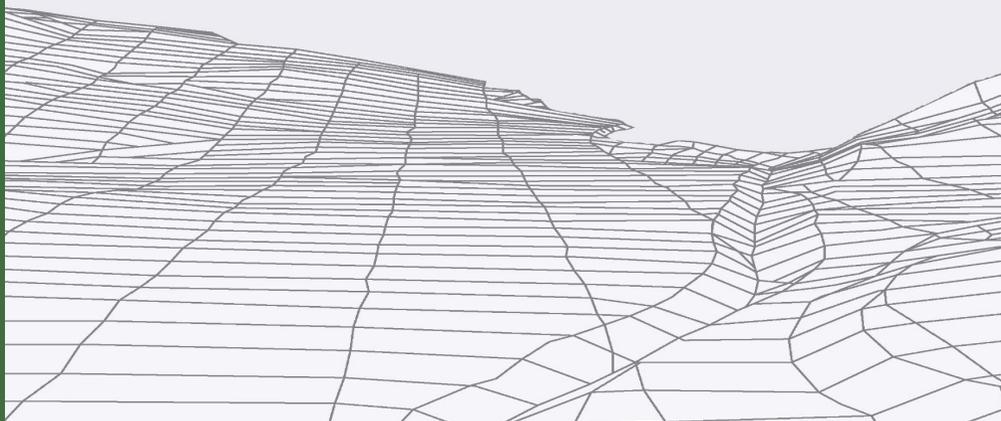
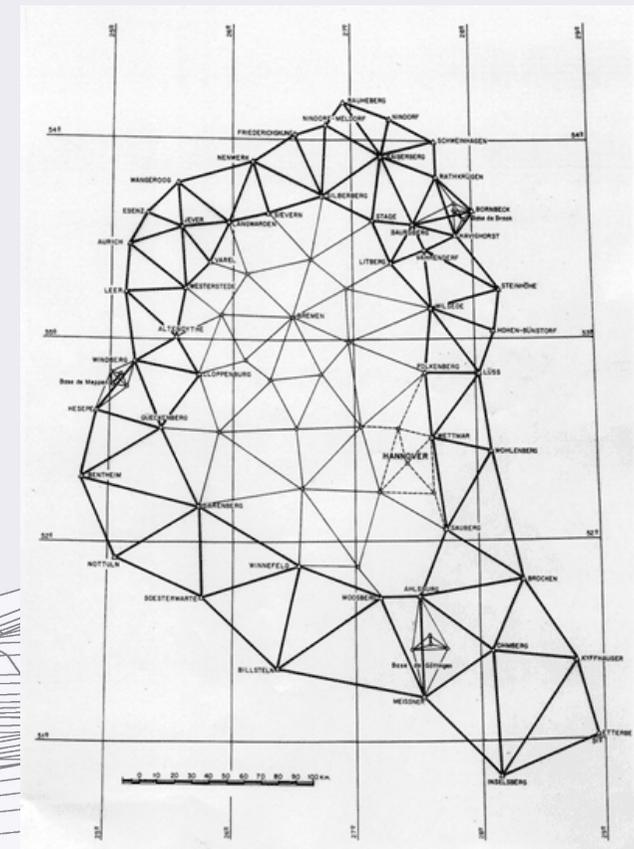
Altura elipsoidal: distancia entre la superficie del elipsoide y la de la Tierra



## Introducción a la GEODESIA

Redes Geodésicas: surgen ante la necesidad de conocer las coordenadas geográficas de los lugares. En principio puede hacerse por observación astronómica de un número reducido de puntos, pero no es válido para asignar coordenadas a todos los puntos de la superficie terrestre:

- se adopta una figura matemática como figura de la tierra
- se recubre esta superficie con una red de triángulos



## *Introducción a la GEODESIA*

conociendo las coordenadas de un vértice pueden calcularse las de los demás con simples medidas de ángulos y distancias.

