

# INTRODUCCIÓN A LA TOPOGRAFÍA

1 - DEFINICIONES

2 - HISTORIA DE LA TOPOGRAFIA

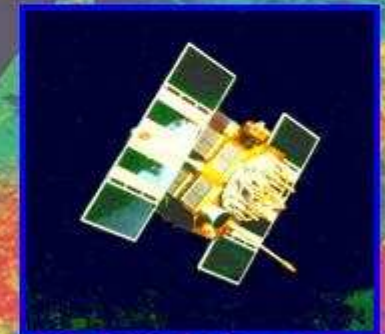
3 - PROFESIÓN DE TOPÓGRAFO

4 - IMPORTANCIA DE LA TOPOGRAFÍA

5 - TIPOS DE LEVANTAMIENTOS

6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO

7 - RETOS FUTUROS EN TOPOGRAFÍA



# 1 - DEFINICIONES

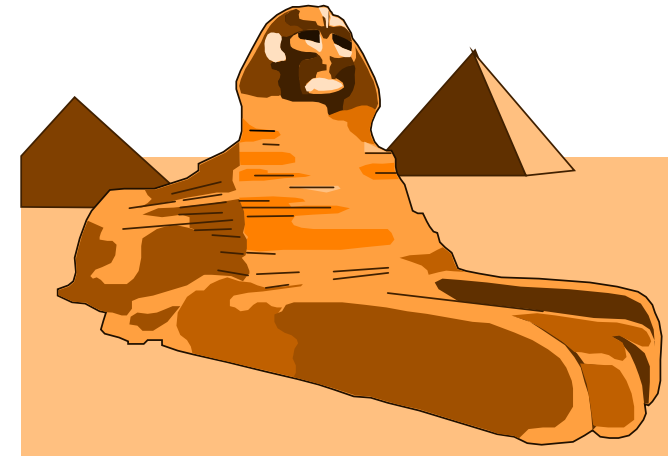
**DEFINICIÓN 1:** Ciencia, arte o tecnología de encontrar o determinar las posiciones relativas de puntos situados por encima de la superficie de la Tierra, sobre dicha superficie y debajo de ella.



**DEFINICIÓN 2:** Disciplina que comprende todos los métodos para medir, procesar y difundir la información acerca de la Tierra y nuestro medio ambiente.

## 2 - HISTORIA DE LA TOPOGRAFIA (1)

Las primeras aplicaciones de la topografía fueron las de medir y marcar los límites de los derechos de propiedad.



Los registros históricos más antiguos sobre la topografía que existen en nuestros días, afirman que esta ciencia se originó en Egipto.

El Egipto fue dividido en lotes para el pago de impuestos. Las inundaciones anuales del río Nilo arrastraron partes de estos lotes y se designaron topógrafos para redefinir los linderos.

## **2 - HISTORIA DE LA TOPOGRAFIA (2)**

**Las primeras civilizaciones creían que la Tierra era una superficie plana.**

**Pero con dos constataciones sencillas, dedujeron poco a poco que el planeta en realidad era curvo en todas direcciones:**

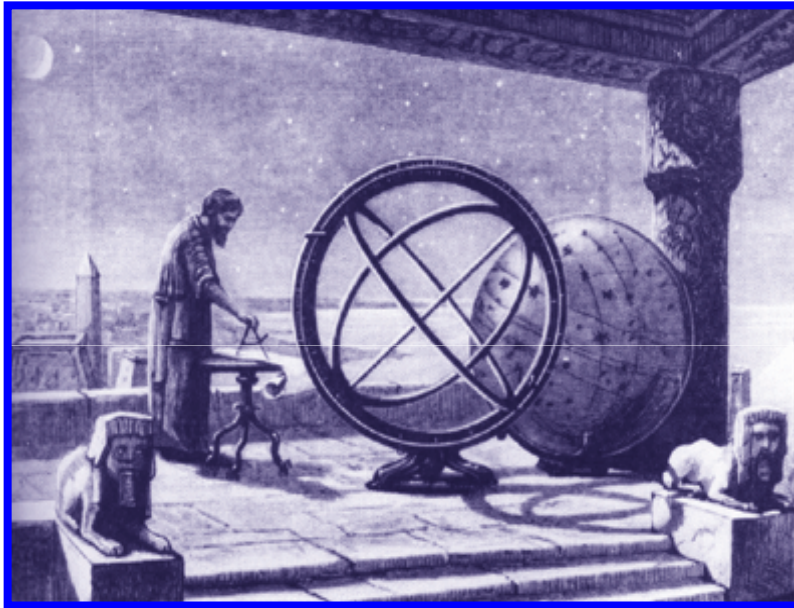


**#1. Cuando notaron la sombra circular de la tierra sobre la Luna durante los eclipses.**

**#2. Cuando observaron que los barcos desaparecían gradualmente al navegar hacia el horizonte.**

## **2 - HISTORIA DE LA TOPOGRAFIA (3)**

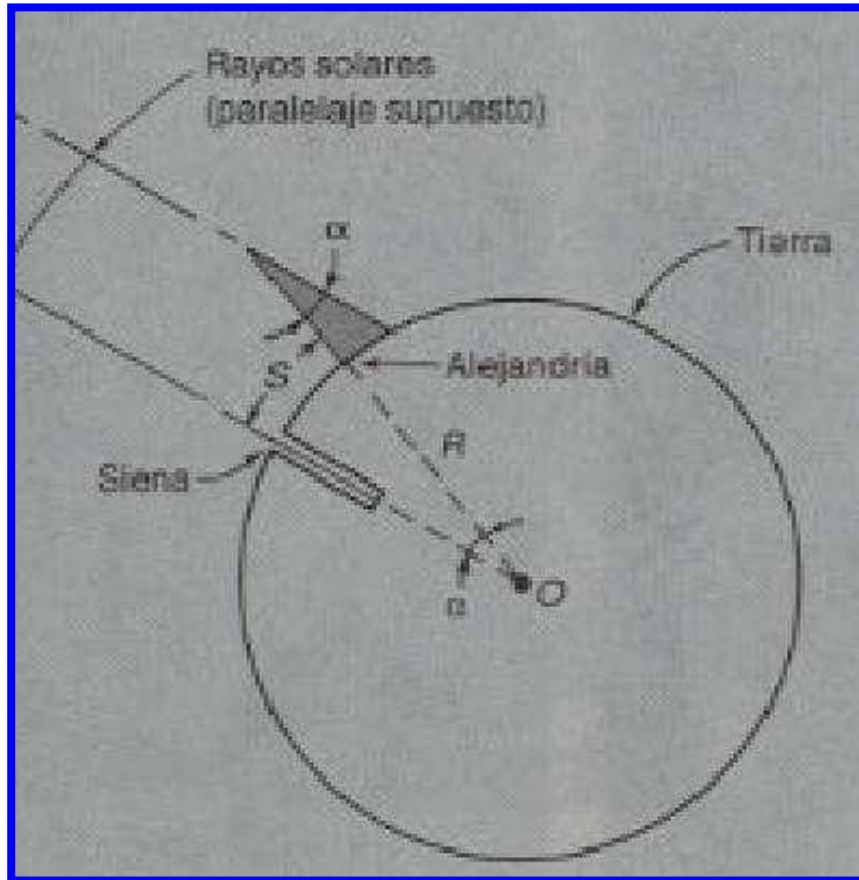
**En tiempos de los griegos, la forma esférica de la tierra era ampliamente sostenida.**



- **Platón estimó la circunferencia de la tierra en 40,000 millas.**
- **Arquímedes, la estimó más en 30,000 millas.**

- **Otro Griego, Eratostenes realizó medidas más precisas en Egipto y dedujo que la circunferencia terrestre es igual a 25,000 millas.**
- **Actualmente se acepta la circunferencia terrestre en 24,899 millas en el Ecuador.**

## 2 - HISTORIA DE LA TOPOGRAFIA (4)



Eratóstenes, realizó medidas a través de la distancia entre Alejandría y Siena que es de 500 millas.

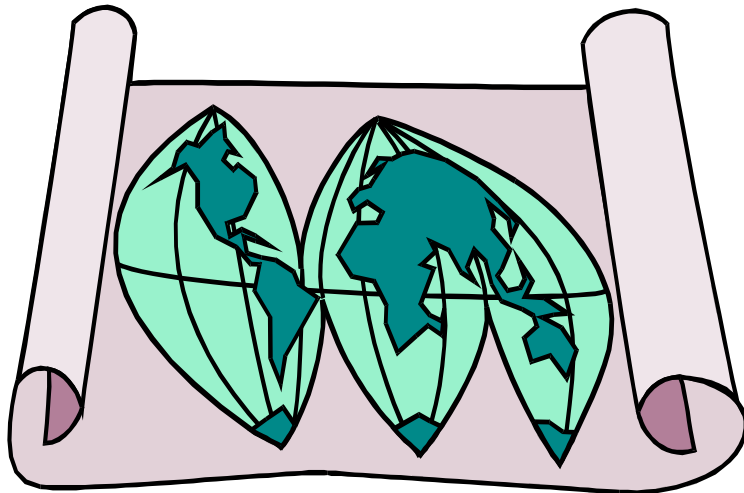
Eratóstenes concluyó que las dos ciudades de Alejandría y Siena se localizaban aproximadamente en el mismo meridiano, porque en ese día la imagen del sol podía verse reflejada desde el fondo de un pozo vertical y profundo.

En Alejandría determinó el ángulo midiendo la longitud de la sombra proyectada por una estaca vertical de longitud conocida y con eso calculó la circunferencia de la Tierra.

## 2 - HISTORIA DE LA TOPOGRAFIA (5)

**Siglo XV:** Mercator estudia las proyecciones y dimensiones terrestres.

**Siglo XVII:** La Geodesia contribuye a la invención del Telescopio, las tablas de logaritmos y métodos de Triangulación.



**Siglos XVIII y XIX:** El arte de la topografía avanzó más rápidamente. La necesidad de mapas y de deslindar las fronteras con otros países ocasionaron que Inglaterra y Francia realizaran extensos levantamientos que requirieron triangulaciones precisas.

## **2 - HISTORIA DE LA TOPOGRAFIA (6)**

**Además de enfrentar un sinnúmero de necesidades civiles crecientes, la topografía siempre ha desempeñado un papel muy importante en la estrategia militar.**



**La Primera y Segunda Guerra Mundiales, los conflictos de Corea y Vietnam y la Operación Tormenta del Desierto, cada uno ha creado demandas asombrosas de mediciones y mapas precisos. Estas operaciones militares también fueron un estímulo para mejorar los instrumentos y los métodos para satisfacer estas necesidades.**



# **3 - PROFESIÓN DE TOPÓGRAFO**

En la práctica, la profesión de topógrafo puede comprender una o más de las siguientes actividades que pueden tener lugar en, sobre o debajo de la superficie de la tierra o del mar, y que se pueden llevar a cabo asociándose con otros profesionales:

- 1 - Determinación de la forma de la Tierra**
- 2 - Localización de objetos en el espacio**
- 3 - Administración de la tierra**
- 4 - Planeación del uso (o zonificación)**
- 5 - Estudio del medio ambiente**

# **4 - IMPORTANCIA DE LA TOPOGRAFÍA**

## **4.1 - Un arte indispensable**

La topografía desempeña un papel importante en muchas ramas de la ingeniería.

Los levantamientos topográficos son indispensables para planear, construir y mantener cualquier infraestructura.

Los métodos topográficos se emplean comúnmente en muchas actividades relacionadas con:

- La agronomía,
- La arqueología y paleontología,
- La astronomía,
- La meteorología,
- La sismología,
- La ingeniería civil y militar.

# 4 - IMPORTANCIA DE LA TOPOGRAFÍA

## 4.2 - Teoría de los errores

Todos los ingenieros civiles y topógrafos deben conocer:

- Los posibles límites de exactitud en la construcción, diseño y proyectos,
- Una perfecta compresión de los métodos e instrumentos a utilizar,
- Una idea real de la teoría de los errores.

# 4 - IMPORTANCIA DE LA TOPOGRAFÍA

## 4.3 - Precisión

Tradicionalmente, en la topografía siempre es indispensable la precisión, tanto en operaciones manuales como de cálculo.

Esquemas y notas de campo limpias son señal de una mente ordenada, la cual es a su vez un índice de sólida preparación y competencia en topografía.

Además de hacer destacar la necesidad de límites razonables de exactitud, la topografía enfatiza también el valor de las cifras significativas.

# 5 - TIPOS DE LEVANTAMIENTO

Existen tantos tipos de levantamientos tan especializados que una persona muy experimentada en una de estas disciplinas específicas, puede tener muy poco contacto con las otras áreas.

1 - Levantamientos de control

2 - Levantamientos topográficos

3 - Levantamientos catastrales

4 - Levantamientos hidrográficos

5 - Levantamientos de rutas

6 - Levantamientos de construcción

7 - Levantamientos de minas

8 - Levantamientos industriales



## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (1)

Para determinar las coordenadas de puntos sobre la superficie terrestre se puede emplear todos los métodos de la topografía y geodesia.



Tradicionalmente, el método más aplicado es la **poligonación** para los puntos planimétricos y la **nivelación** para los puntos altimétricos.



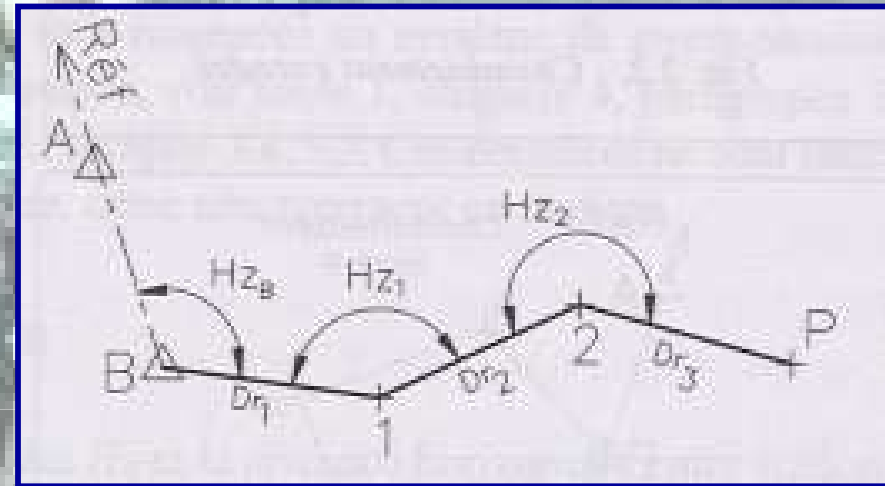
Se usa también la tecnología **GPS** basada sobre una constelación de satélites.



## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (2)

### Poligonación

Una poligonal es una serie de líneas consecutivas cuyas longitudes y direcciones se han determinado a partir de mediciones en el campo.



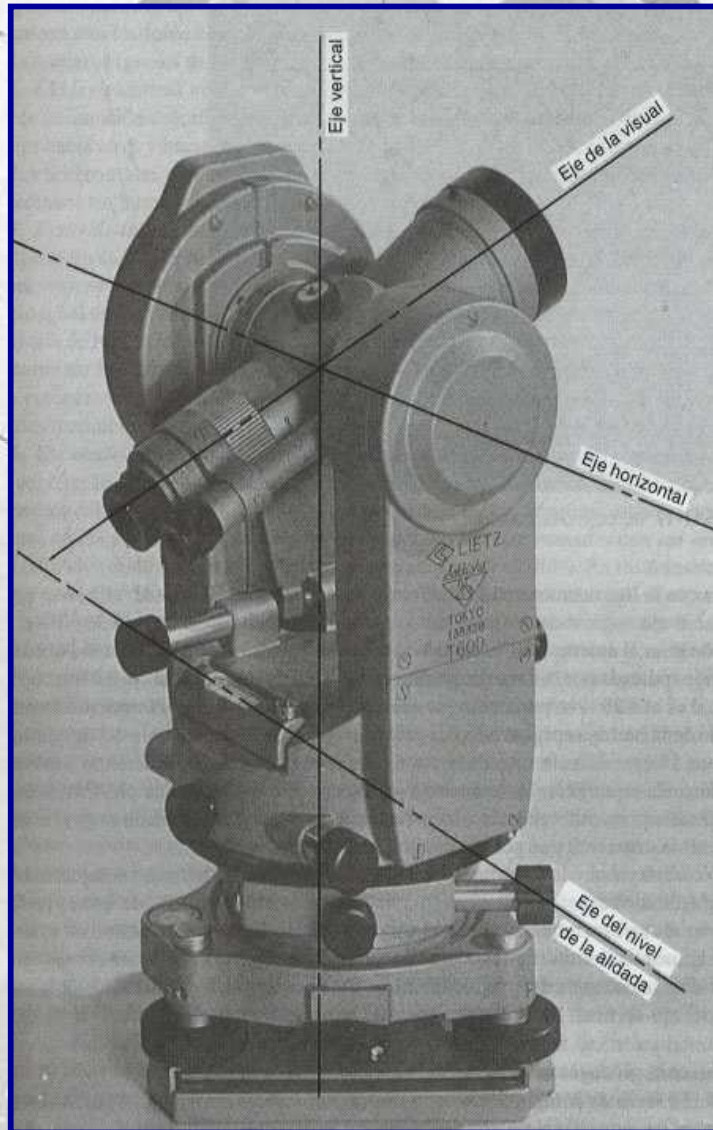
Hay dos tipos básicos de poligonales: **la cerrada y la abierta.**

En una **poligonal cerrada**, las líneas regresan al punto de partida o terminan en otra estación conocida.

En una **poligonal abierta**, las líneas no regresan al punto de partida. Deben evitarse porque no ofrecen medio alguno de verificación por errores y equivocaciones.

## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (3)

### Teodolito



El teodolito es el instrumento topográfico más universal.

Sus aplicaciones más importantes son la **medición de ángulos** horizontales y verticales.

Los componentes principales de un teodolito son un **anteojo telescópico** y **dos discos graduados** montados en planos mutuamente perpendiculares.

Antes de comenzar a medir los ángulos se orienta el círculo horizontal en un plano horizontal gracias a una **burbuja**.



## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (4)

### Instrumento Electrónico para Medir Distancias (IEMD)

Un IEMD determina la distancia mediante el tiempo que le toma a la energía electromagnética de viajar del instrumento al prisma y regresar.



Tiempo  $t$

+

Velocidad de la luz  $c$

=

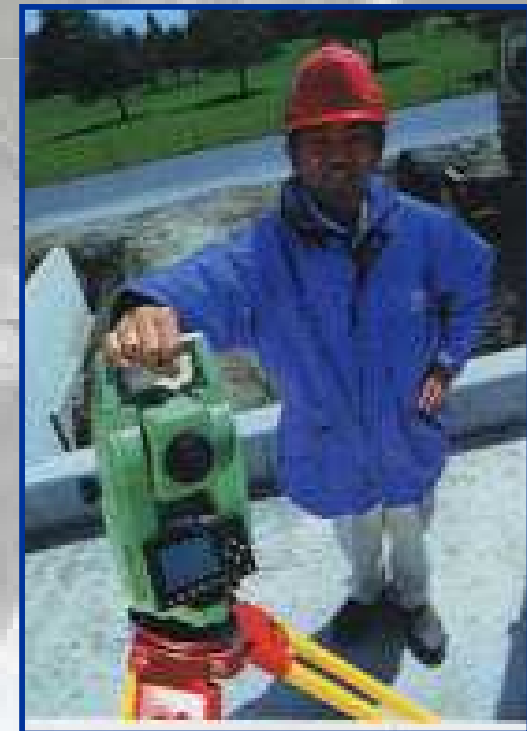
Distancia  $d$



## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (5)

### Estación total

Los instrumentos de estación total (llamados también *taquímetros electrónicos*) combinan un IEMD, un teodolito digital electrónico y una computadora en una sola unidad.



## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (6)

### Nivelación

Proceso de altimetría que se sigue para determinar elevaciones de puntos o diferencias de elevación entre puntos.

Las diferencias de elevación se han determinado:

\* Por nivelación directa o **diferencial** con un nivel,

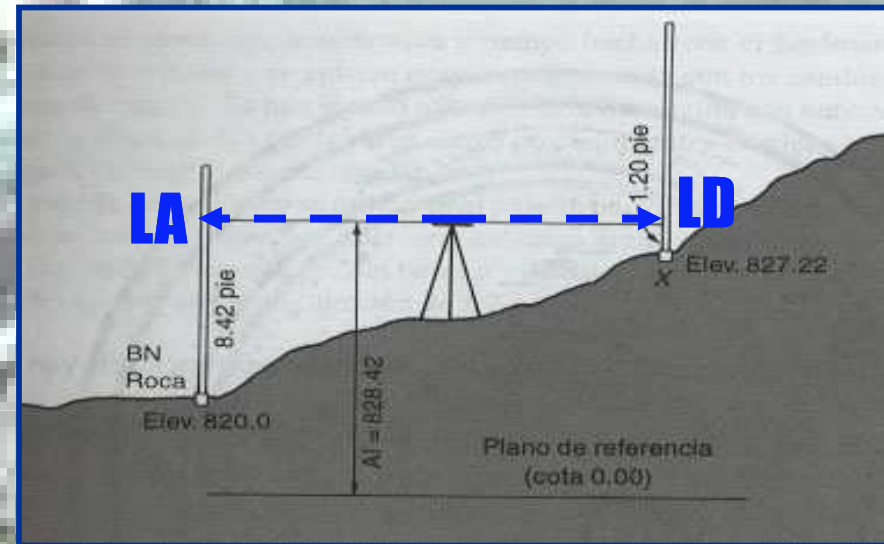
\* Por nivelación indirecta o **trigonométrica** con una estación total.



## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (7)

### Nivelación diferencial

En este método, que es el de uso más común, se determina una línea visual horizontal utilizando un nivel óptico o compensador automático.



Se usa un anteojo telescópico con una amplificación adecuada para leer estadales graduados, situados sobre puntos fijos.

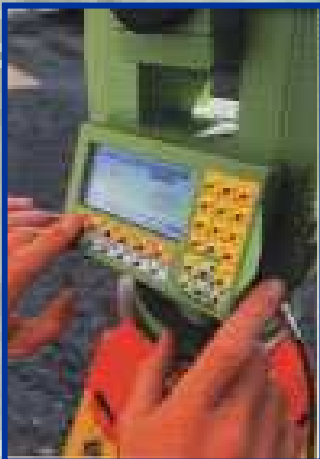
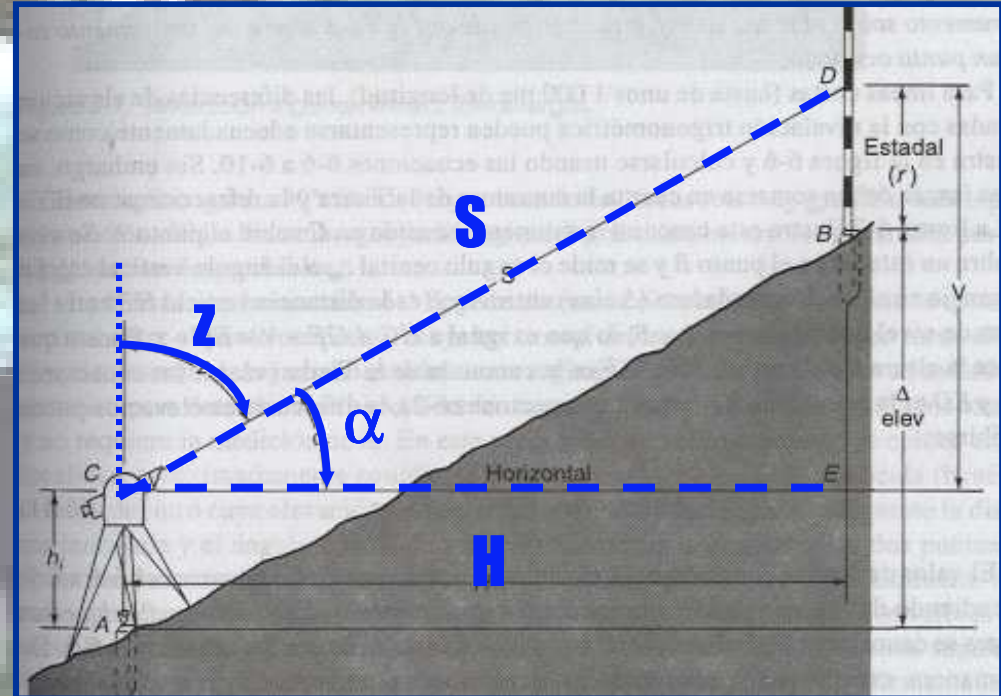
La diferencia de nivelación entre los dos puntos fijos es la diferencia entre la *lectura hacia atrás* (LA) y la *lectura hacia adelante* (LD).

## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (8)

### Nivelación trigonométrica

La diferencia de elevación o desnivel entre dos puntos puede determinarse midiendo:

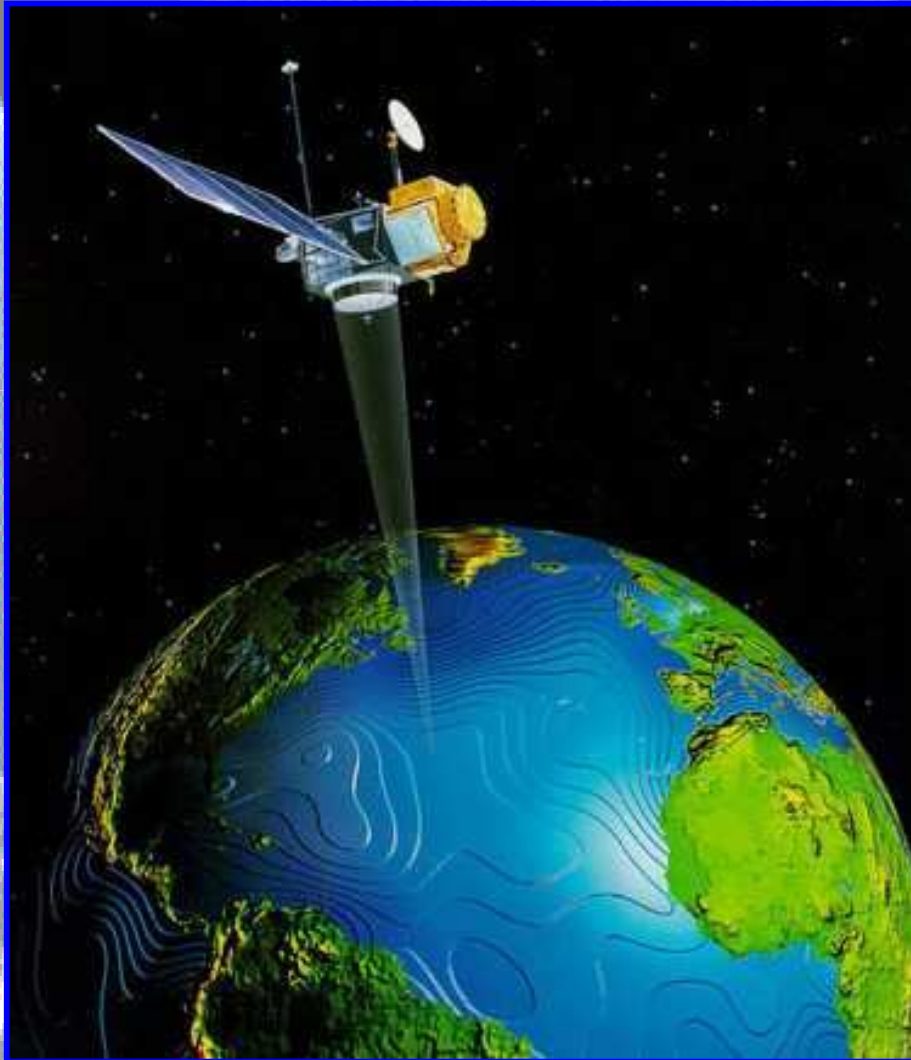
- \* la distancia inclinada  $S$  u horizontal  $H$  entre los puntos
- \* el ángulo cenital  $z$  o el ángulo vertical  $\alpha$



Por estos tipos de medición, utilizamos una **estación total** para combinar mediciones de distancias y de ángulos.

## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (9)

### SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)



GPS es un sistema de navegación y posicionamiento, basado sobre emisiones de radioseñales de satélites, disponible en cualquier condición meteorológica, durante las 24 horas del día.



## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (10)



**VIDEO GPS DE PRESENTACIÓN**

## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (11)

### Antecedentes del GPS

El primer sistema de posicionamiento fue diseñado primeramente por el **Departamento de Defensa de los Estados Unidos**, para permitir a los soldados determinar en forma autónoma su posición geográfica con precisiones entre 10 y 30 metros.

El sistema empezó a utilizarse a comienzo de los años setenta por la Armada estado-unidense.

El uso civil del sistema GPS para cualquier usuario sin costo alguno, solo fue permitido por el presidente Reagan en 1984.



## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (12)

### Precisión del GPS

La precisión del posicionamiento con GPS varía **desde 1 centímetro hasta 10 metros**, dependiendo del equipo y las técnicas de medición utilizadas.

Cada aplicación tiene su precisión y las aplicaciones del GPS son numerosas: navegación espacial, marítima o terrestre, topografía, observación de embalse hidráulico, tectónica de las placas,...

Según la aplicación, utilizamos un **receptor de navegación** o un **receptor geodésico**.



Receptor de navegación



Receptor geodésico

## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (13)

### Receptores de navegación

Los receptores de navegación funcionan solos (en modo natural).

Miden distancias a partir de la medición del tiempo de trayectoria de la onda del emisor al receptor.

Estos receptores son pequeños instrumentos portátiles y autónomos. Dan en **tiempo real** la posición del receptor hasta 10 metros de precisión.



## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (14)

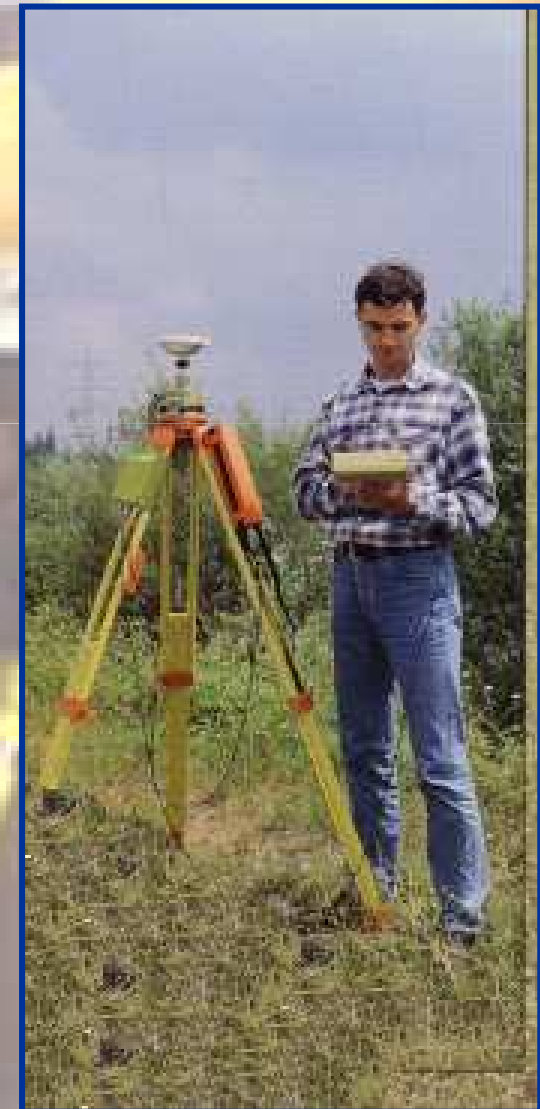
### Receptores geodésicos

Estos receptores funcionan en **modo diferencial** (dos receptores al mismo tiempo).

En este modo, los cálculos de posición están generalmente efectuados después de las mediciones (**Post-proceso**) por la comprobación de las informaciones registradas con cada receptor.

Estos receptores están constituidos de:

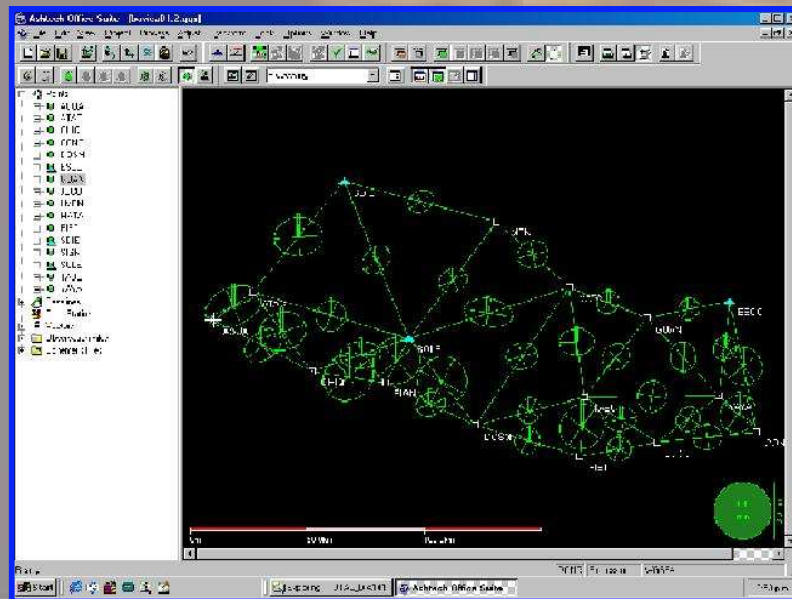
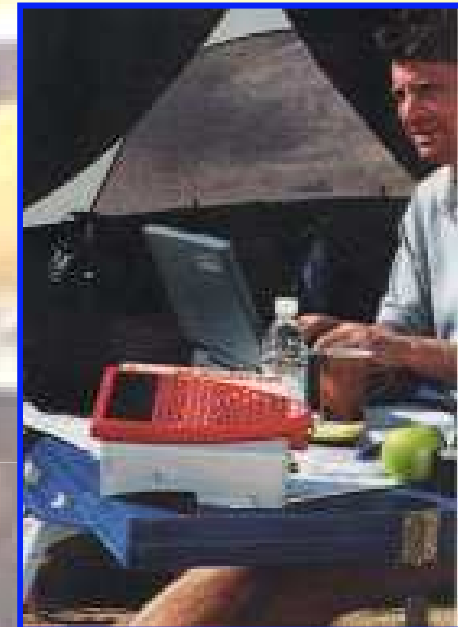
- \* una antena,
- \* un trípode,
- \* un colector separado enlazado por un cable a la antena.



# 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (15)

## Post-proceso GPS

- 1 - Archivos RINEX bajados del equipo GPS de campo
- 2 - Informaciones de las Estaciones permanentes CORS por Internet
- 3 - Efemerides precisas por Internet

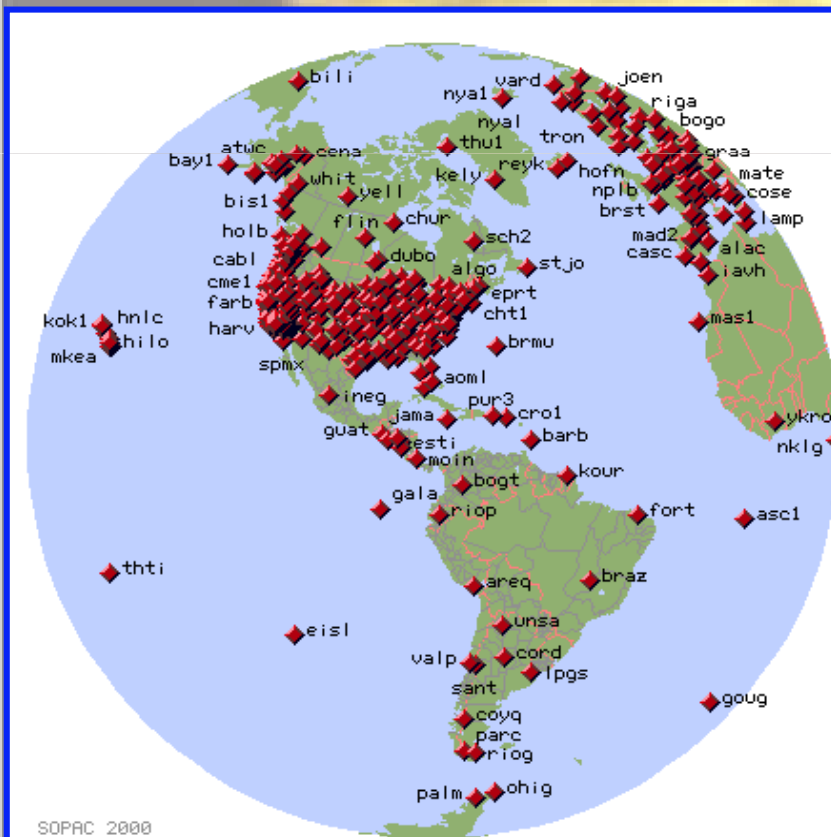


Después de un ajuste de la red formada por estos puntos obtenemos coordenadas WGS-84 (Elipsoide sobre la cual se basa la tecnología GPS).

## 6 - MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO (16)

### Post-proceso GPS

Las estaciones CORS (Core Station) de referencia son estaciones que dan continuamente datos útiles para el cálculo posterior con Software de procesamiento.



Ejemplo de estaciones CORS que se pueden utilizar en Guatemala:

- \* TEGU (Tegucigalpa, Honduras)
- \* SLOR (San Lorenzo, Honduras)
- \* SSIA (San Salvador, El Salvador)
- \* ESTI (Esteli, Nicaragua)
- \* **GUAT (Guatemala, Guatemala)**

## **7 - RETOS FUTUROS EN TOPOGRAFÍA**

**Progresos de la tecnología de satélites y de la computación,**

**Elaboración de levantamientos precisos de deformaciones para revisar estructuras existentes,**

**Observar los cambios globales de la Tierra (tanto naturales como causados por el hombre).**

# División

Los diversos componentes que integran la topografía se agrupan en tres grandes grupos bien diferenciados:

**Teoría de errores y cálculo de compensación:** constituye la agrupación de los métodos matemáticos que permiten la minimización de los inevitables errores cometidos en las mediciones, y que permiten también establecer los métodos y los instrumentos idóneos a utilizar en los diversos trabajos topográficos, para obtener la máxima calidad en los mismos.

**Instrumentación:** en esta división se estudian los diferentes tipos de equipos usados en topografía para llevar a cabo las mediciones, angulares o de distancias, para establecer sus principios de funcionamiento, llevar a cabo su mantenimiento y lograr su óptima utilización.

**Métodos topográficos:** es el conjunto de operaciones necesarias para obtener la proyección horizontal y las cotas de los puntos medidos en el terreno.

Generalmente las proyecciones horizontales se calculan en forma independiente de las cotas de los puntos, diferenciándose entonces en dos grandes grupos:

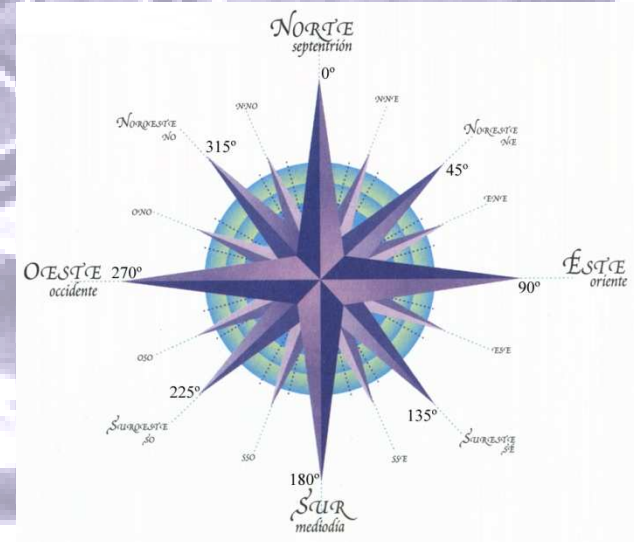
**Métodos planimétricos.**

**Métodos altimétricos.**

**(Tomado de Luis Jauregui. Introducción a la Topografía)**

# Aplicaciones

- 1 - Determinación de la forma de la Tierra
- 2 - Localización de objetos en el espacio
- 3 - Administración de la tierra
- 4 - Medir distancias y ángulos entre puntos
- 5 - Elaborar mapas. Orientación.





# Relación de la Topografía con otras ciencias

Actualmente, la topografía está englobada dentro de la Geodesia, donde se le conoce también con el nombre de geodesia común [Wahl, 1964]. Dentro de aquella ciencia general, conformada por diversas disciplinas, la topografía interactúa con las mismas, principalmente con:

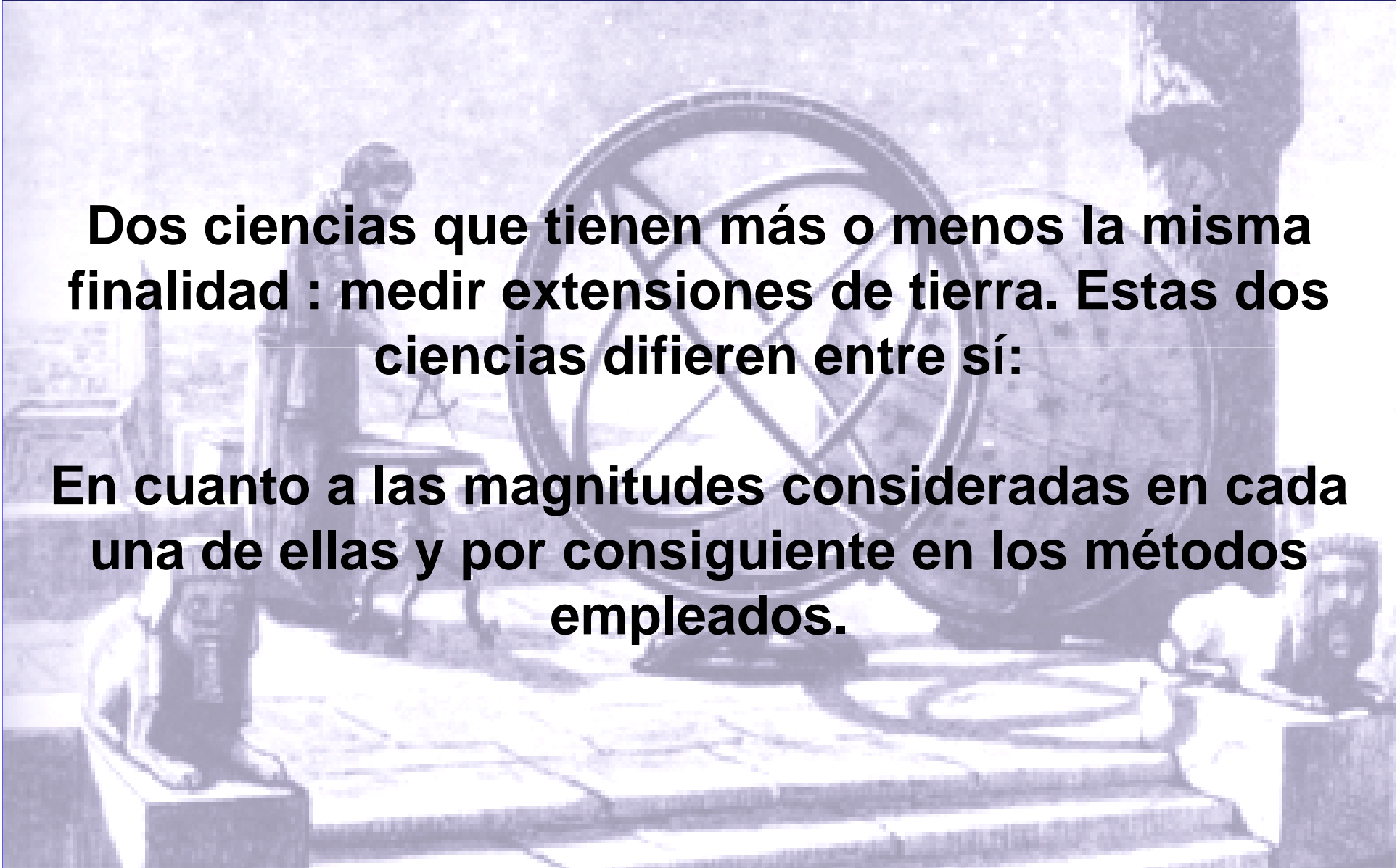
- Cartografía: para levantamientos topográficos requeridos en la producción y actualización cartográfica con diferentes fines.
- Fotogrametría: como base para el control de fotografías y modelos aerofotogramétricos.
- Geodesia: para la densificación de redes geodésicas con fines de control en levantamientos catastrales, localizaciones petroleras etc.
- Astronomía Geodésica.

**Es importante destacar que la topografía es un valiosa herramienta desde el punto de vista del Derecho, ya que se utiliza para determinar límites entre propiedades y entre distintas zonas administrativas de la Nación.**

# Diferencias entre Topografía y Geodesia

**Dos ciencias que tienen más o menos la misma finalidad : medir extensiones de tierra. Estas dos ciencias difieren entre sí:**

**En cuanto a las magnitudes consideradas en cada una de ellas y por consiguiente en los métodos empleados.**



# Diferencias entre Topografía y Geodesia

La topografía opera sobre porciones pequeñas de terreno, no teniendo en cuenta la verdadera forma de La Tierra, sino considerando la superficie terrestre como un plano.

En error cometido con esta hipótesis es despreciable, cuando se trata de extensiones que no sean excesivamente grandes, si se considera un arco en la superficie terrestre de 18 km de longitud es tan sólo 1,5 cm mas largo que la cuerda subtendida, y que sólo se comete un error de 1" de exceso esférico en un triángulo que tenga un área de 190 km<sup>2</sup>.

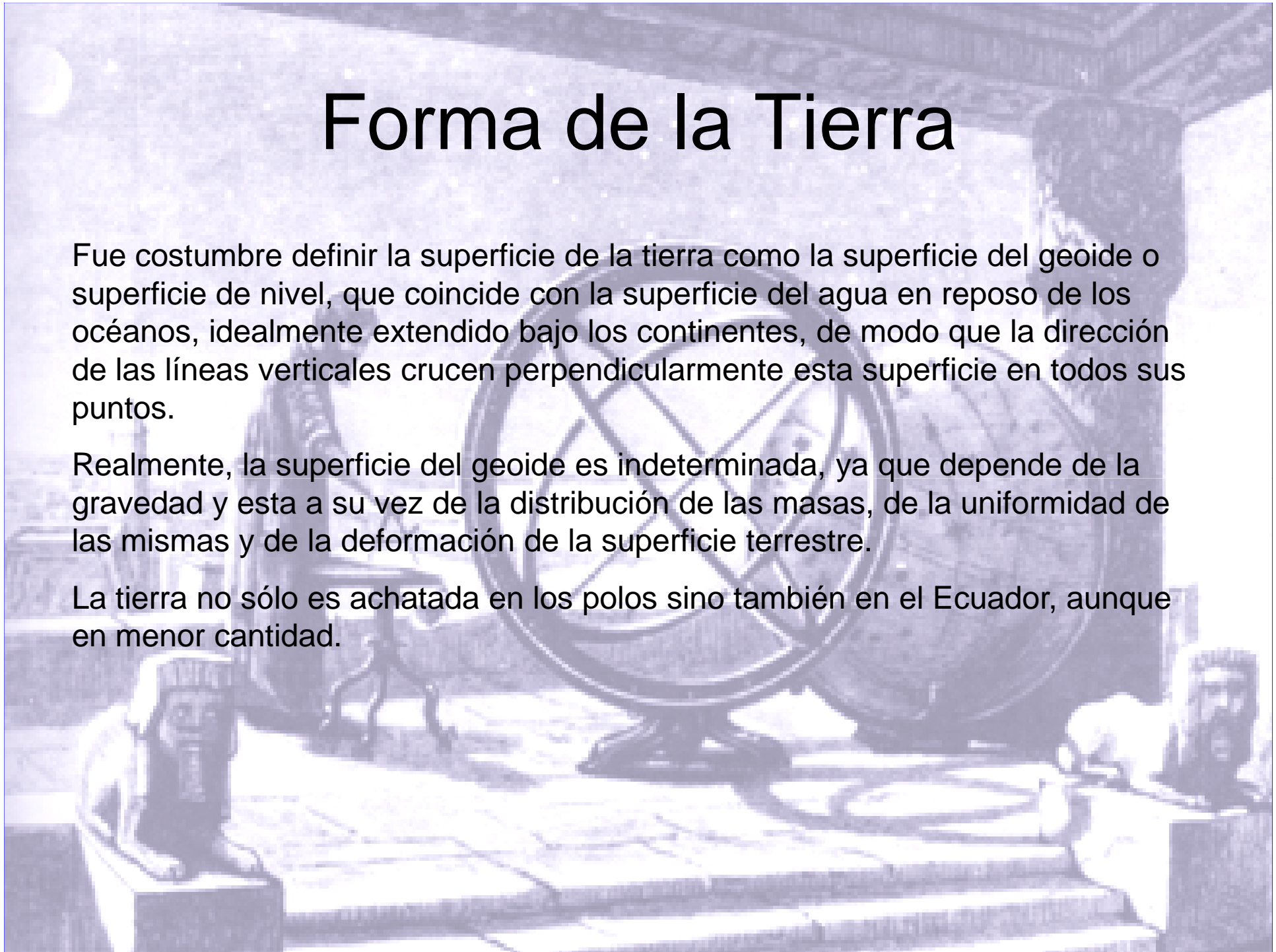
Cuando se trata de medir grandes extensiones de tierra, como por ejemplo, para confeccionar la carta de un país, de un estado o de una ciudad grande, no se puede aceptar la aproximación que da la topografía, teniéndose entonces que considerar la verdadera forma de La Tierra y por consiguiente su superficie ya no se considera un plano sino se toma como parte de la superficie de un elipsoide y tendremos que acudir a la geodesia.

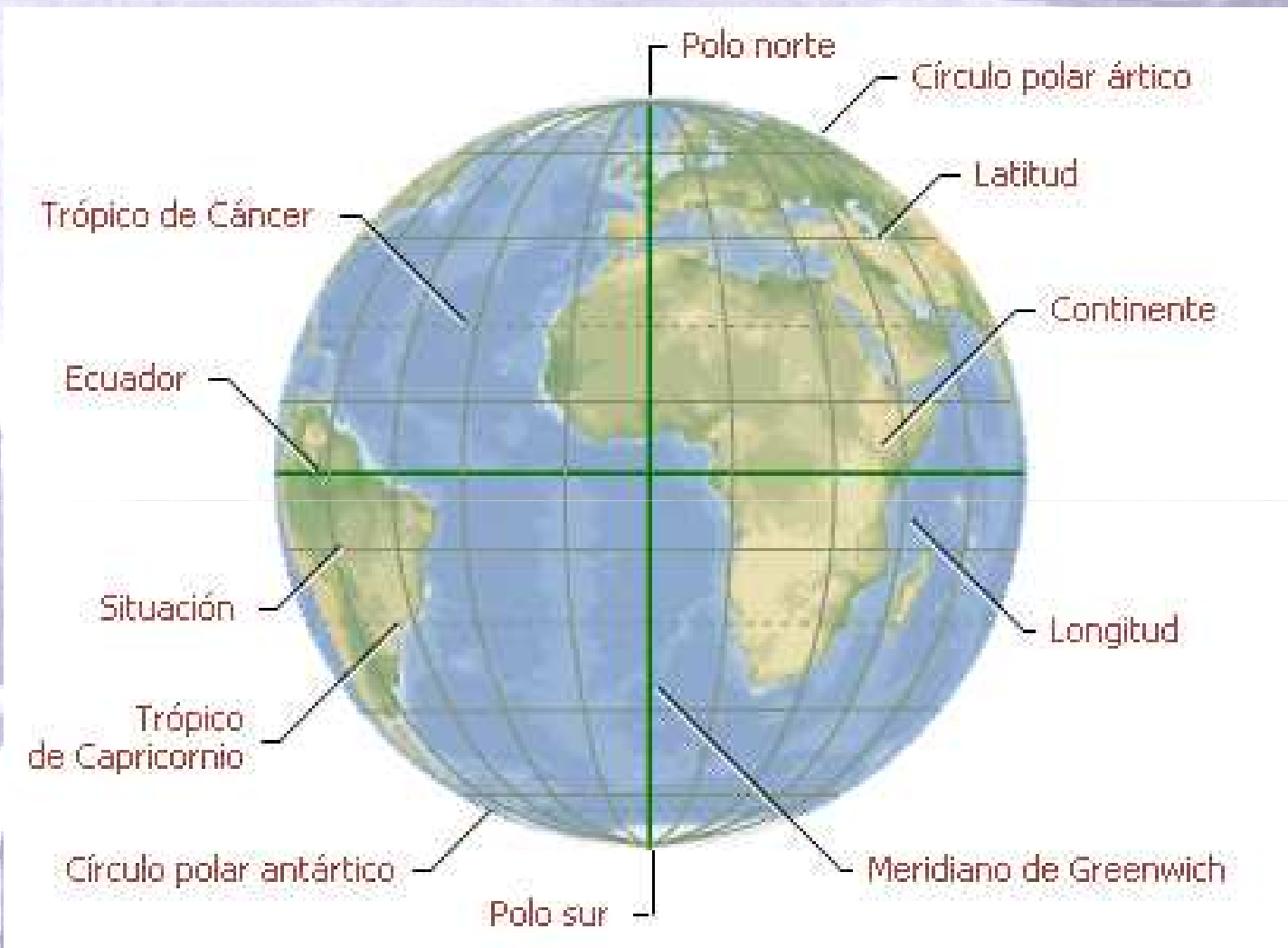
# Forma de la Tierra

Fue costumbre definir la superficie de la tierra como la superficie del geoide o superficie de nivel, que coincide con la superficie del agua en reposo de los océanos, idealmente extendido bajo los continentes, de modo que la dirección de las líneas verticales crucen perpendicularmente esta superficie en todos sus puntos.

Realmente, la superficie del geoide es indeterminada, ya que depende de la gravedad y esta a su vez de la distribución de las masas, de la uniformidad de las mismas y de la deformación de la superficie terrestre.

La tierra no sólo es achatada en los polos sino también en el Ecuador, aunque en menor cantidad.

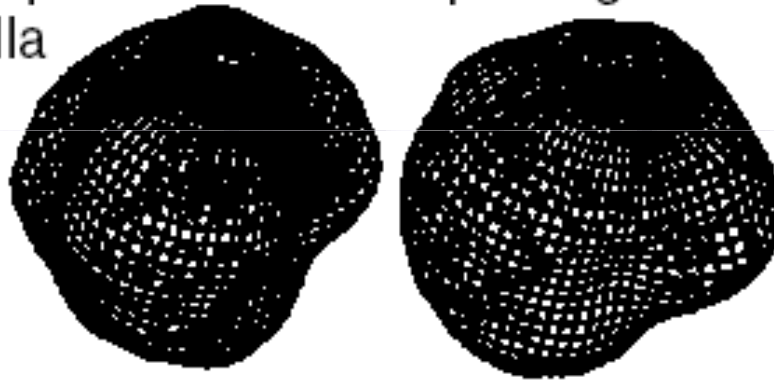




Debido a la complejidad, se ha decidido reemplazar la superficie del geoide por la superficie de un elipsoide que se ajusta lo suficiente a la forma real de la tierra. Con esa aproximación se puede asumir que una superficie de nivel es perpendicular en cualquier punto a la vertical del lugar o a la dirección de la plomada

### El geoide:

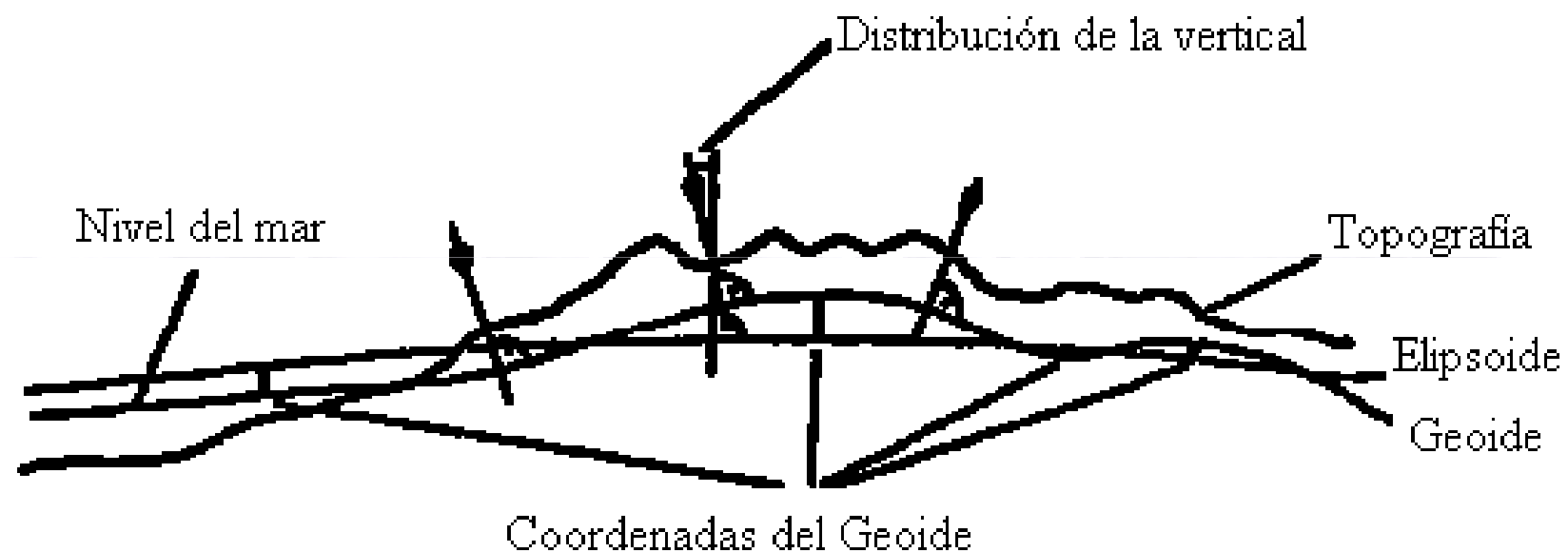
- El **geoide** es una superficie sobre la que la gravedad es constante y  $\vec{g}$  es perpendicular a ella



Vista del Geoide con las deformaciones exageradas [Gel87]

- Si la distribución de masas fuera uniforme el geoide sería un elipsoide de revolución centrado en el centro de masas
- El geoide es muy difícil de modelar: se aproxima por un elipsoide con un error máximo de unos  $\pm 100$  m.

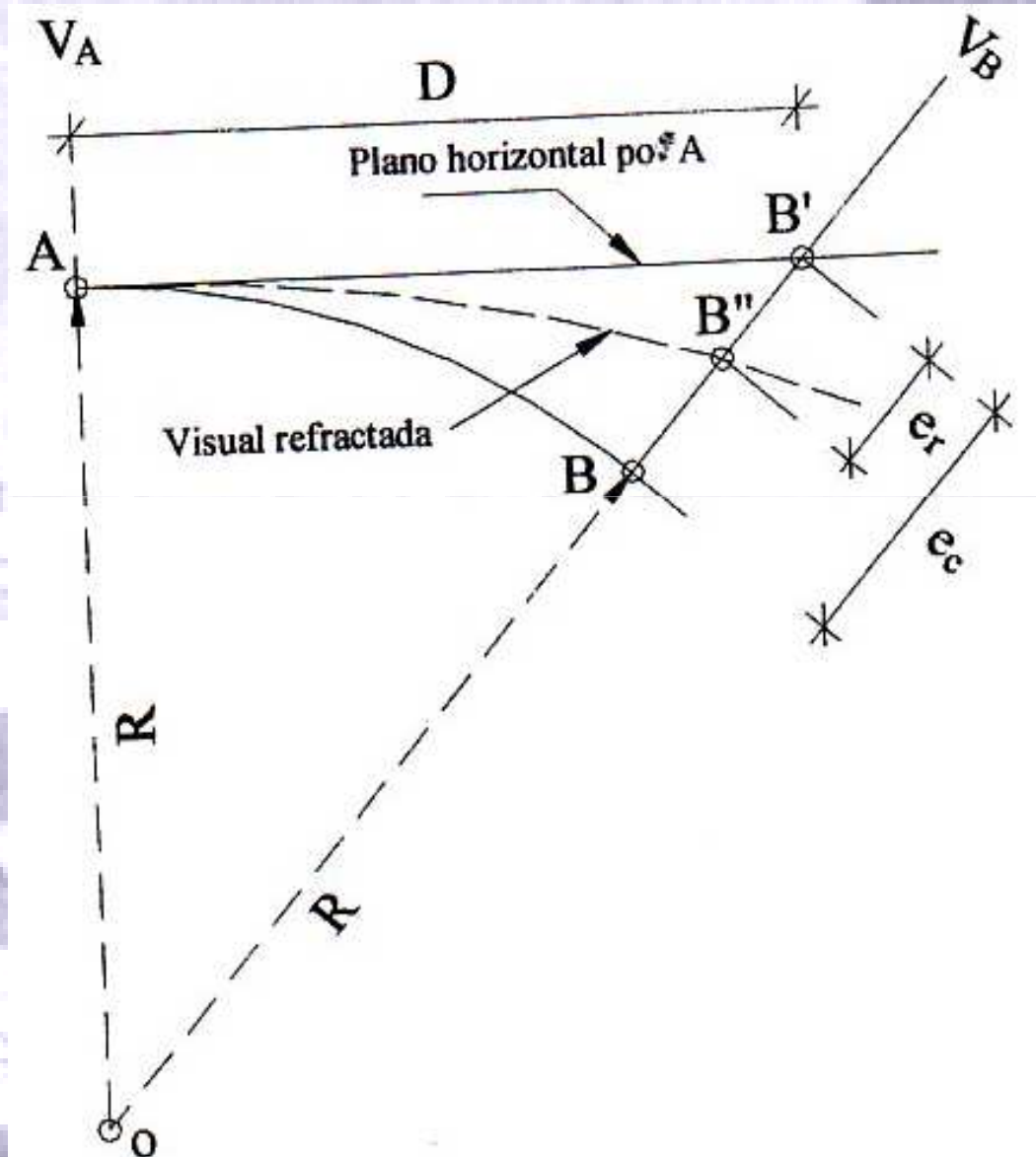
- Superficie topográfica, Geoide y elipsoide:



# Curvatura y refracción

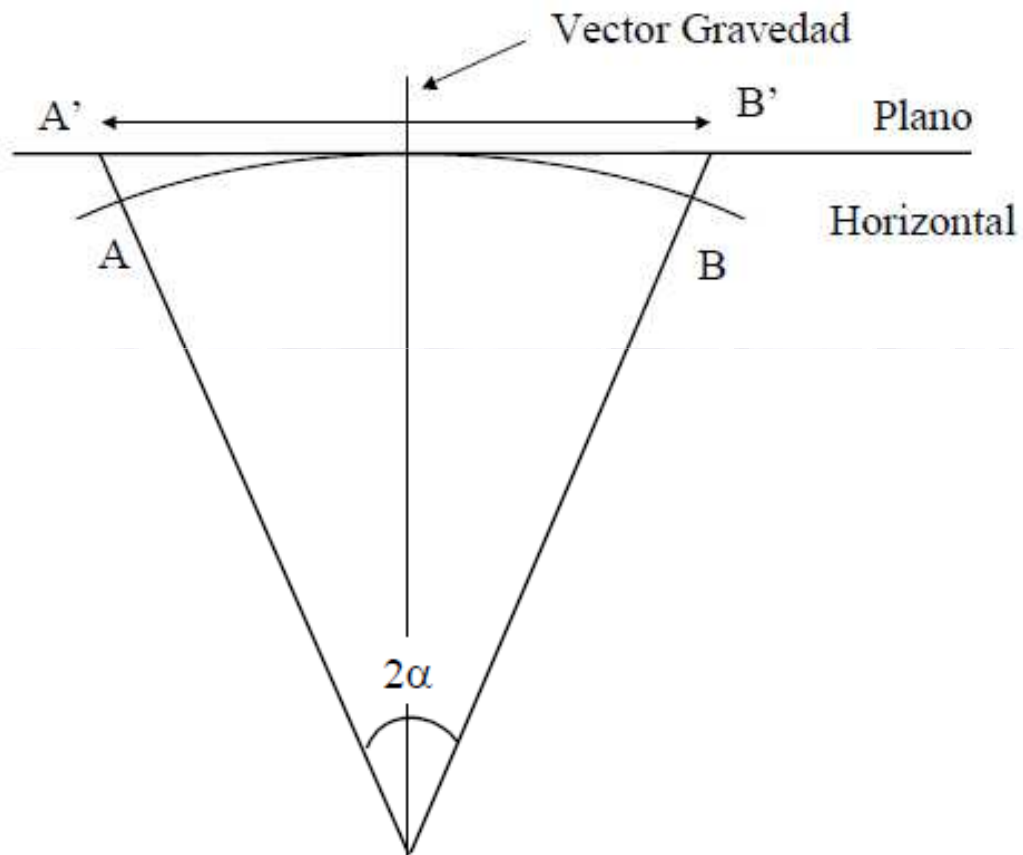
Aceptando la simplificación sobre la forma de la tierra, debemos estimar el efecto que la misma tiene en el proceso de nivelación.

Como puede observarse en la siguiente figura, una distancia horizontal lanzada desde el punto A se aleja de la superficie de la tierra en función de la distancia horizontal D, por lo que el efecto de la curvatura de la tierra ( $e_c$ ) será la distancia  $BB'$ .





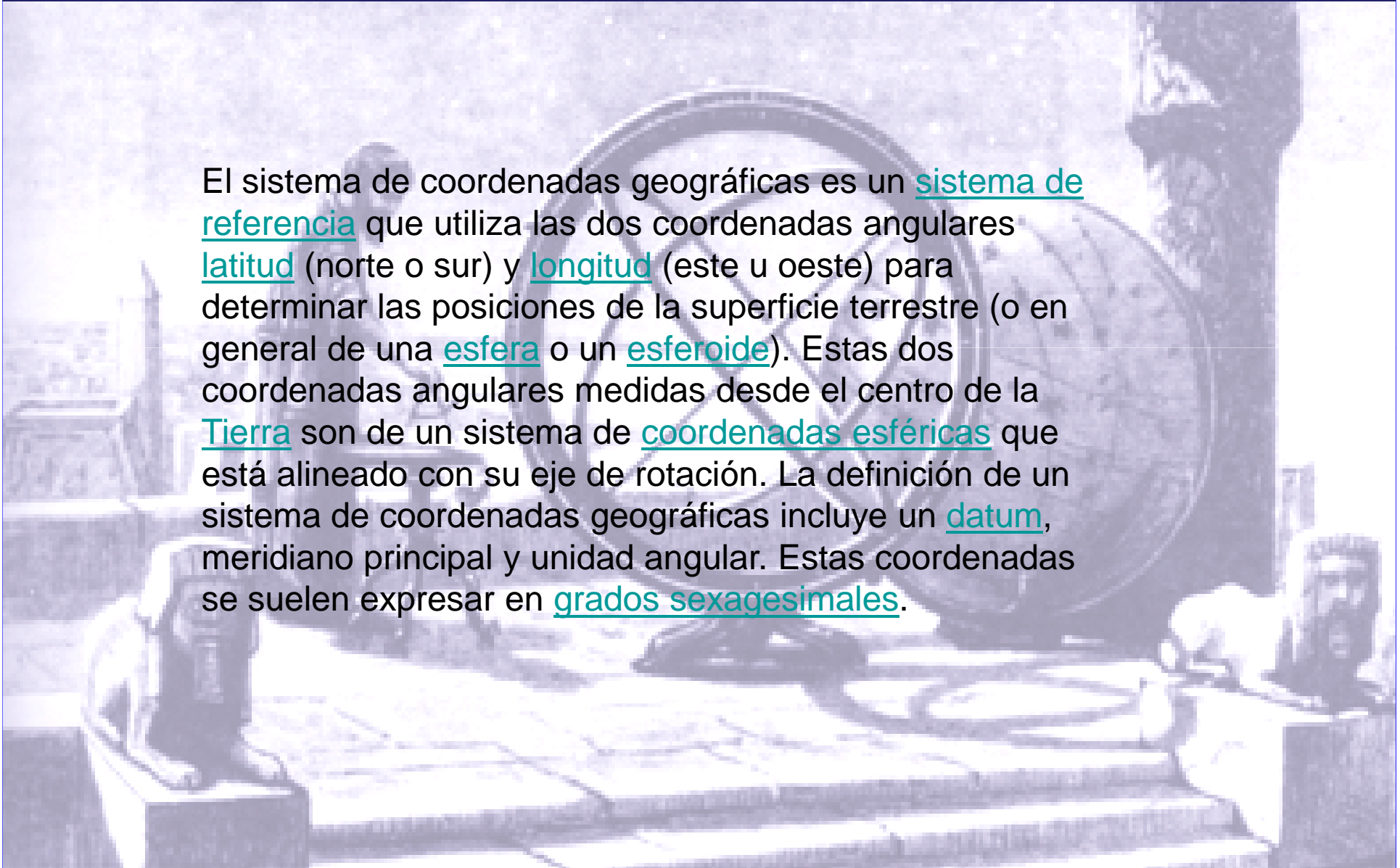
# Límites del campo topográfico



Error A'B'-AB  
Suponiendo AB 30 km  
para 20 km da 4,2 mm por km  
para 25 km da 4,8 mm por km

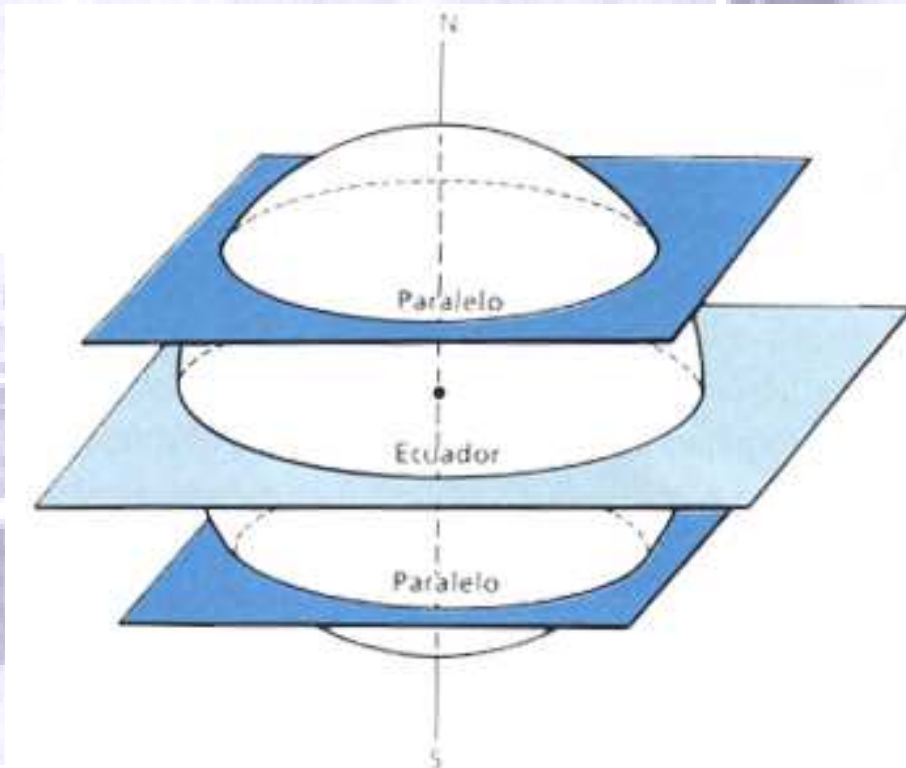
# Sistema de coordenadas geográficas

El sistema de coordenadas geográficas es un [sistema de referencia](#) que utiliza las dos coordenadas angulares [latitud](#) (norte o sur) y [longitud](#) (este u oeste) para determinar las posiciones de la superficie terrestre (o en general de una [esfera](#) o un [esferoide](#)). Estas dos coordenadas angulares medidas desde el centro de la [Tierra](#) son de un sistema de [coordenadas esféricas](#) que está alineado con su eje de rotación. La definición de un sistema de coordenadas geográficas incluye un [datum](#), meridiano principal y unidad angular. Estas coordenadas se suelen expresar en [grados sexagesimales](#).

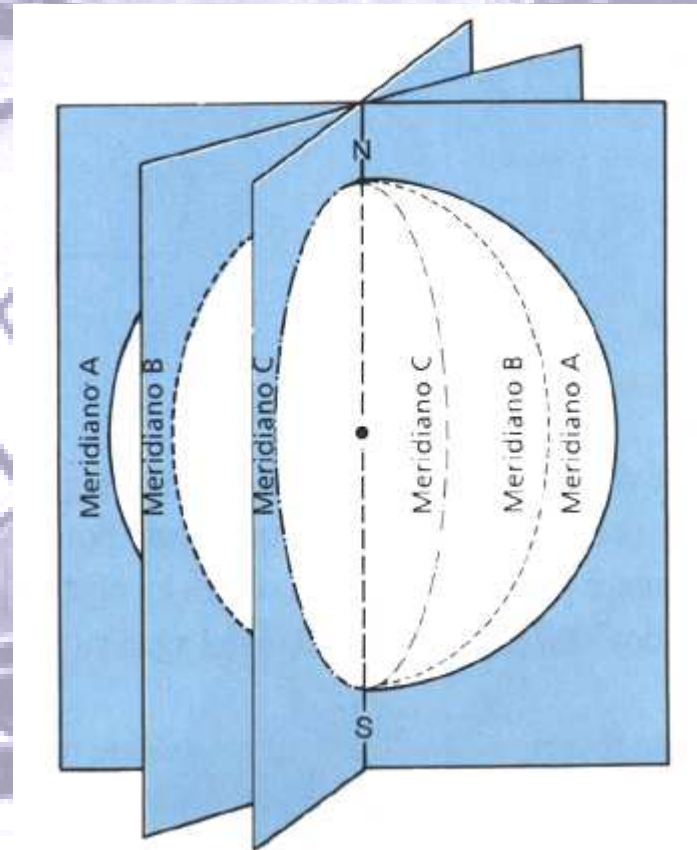


# Sistema de coordenadas geográficas

LATITUD



LONGITUD



# Sistema de coordenadas geográficas

## LATITUD

La [latitud](#) mide el ángulo entre cualquier punto y el [ecuador](#). Las líneas de latitud se llaman [paralelos](#) y son círculos paralelos al ecuador en la superficie de la Tierra. La latitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto.

Para los paralelos, sabiendo que la circunferencia que corresponde al Ecuador mide 40.075,004 km, 1° equivale a 111,319 km.

La latitud se suele expresar en grados sexagesimales.

Todos los puntos ubicados sobre el mismo paralelo tienen la misma latitud.

Aquellos que se encuentran al norte del Ecuador reciben la denominación Norte (N).

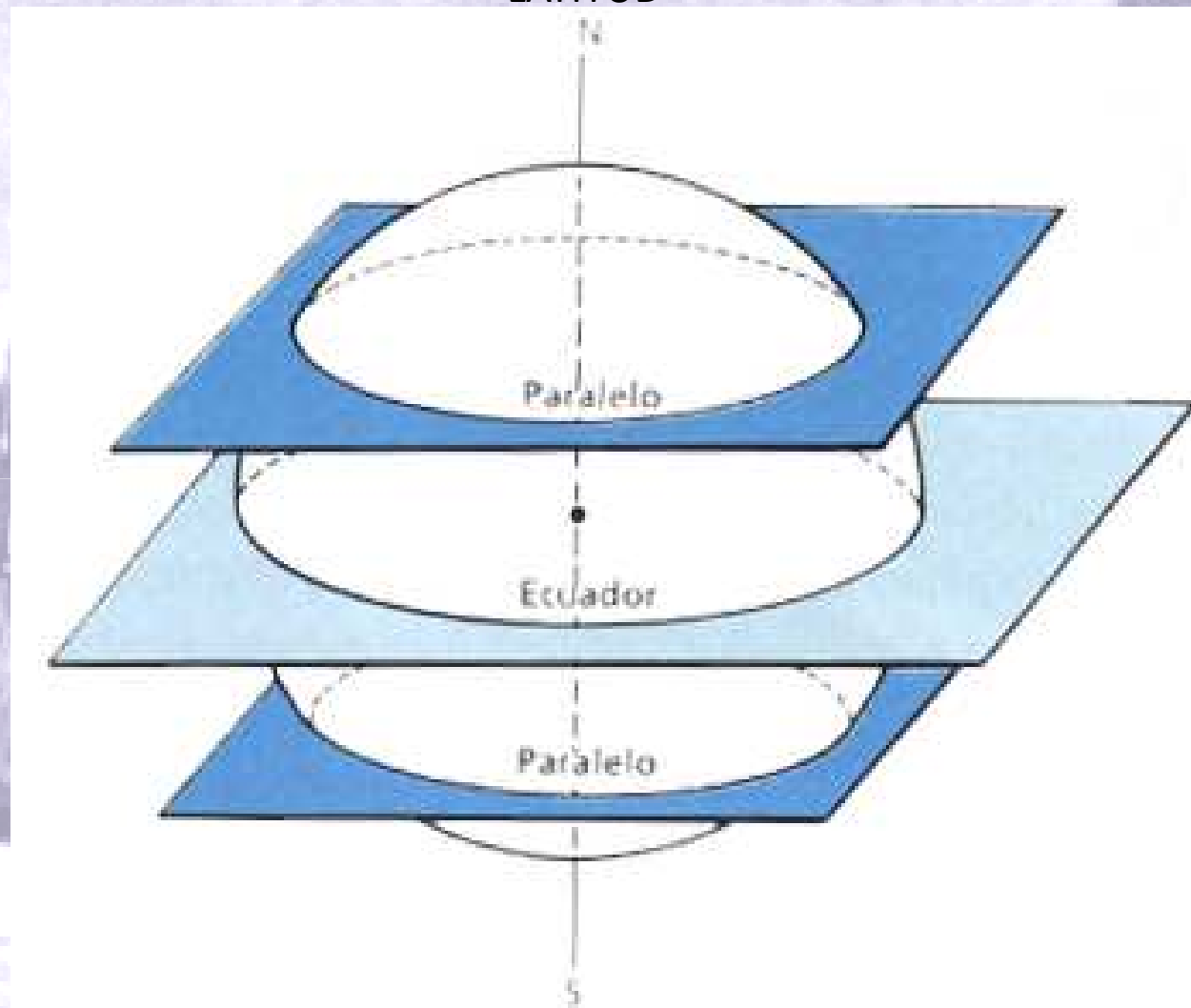
Aquellos que se encuentran al sur del Ecuador reciben la denominación Sur (S).

Se mide de 0° a 90°.

Al Ecuador le corresponde la latitud de 0°.

Los polos Norte y Sur tienen latitud 90° N y 90° S respectivamente.

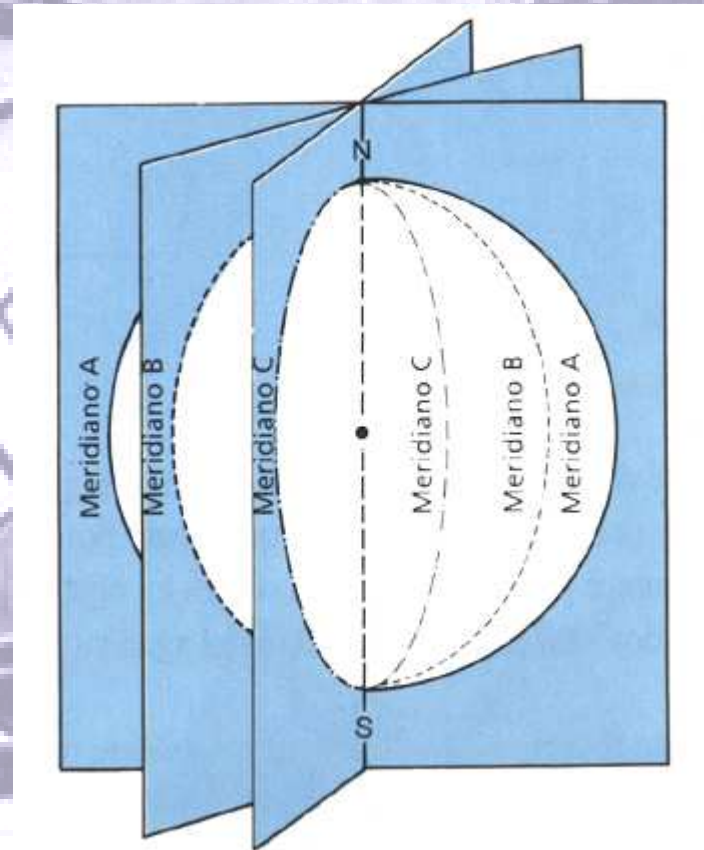
# LATITUD



# Sistema de coordenadas geográficas

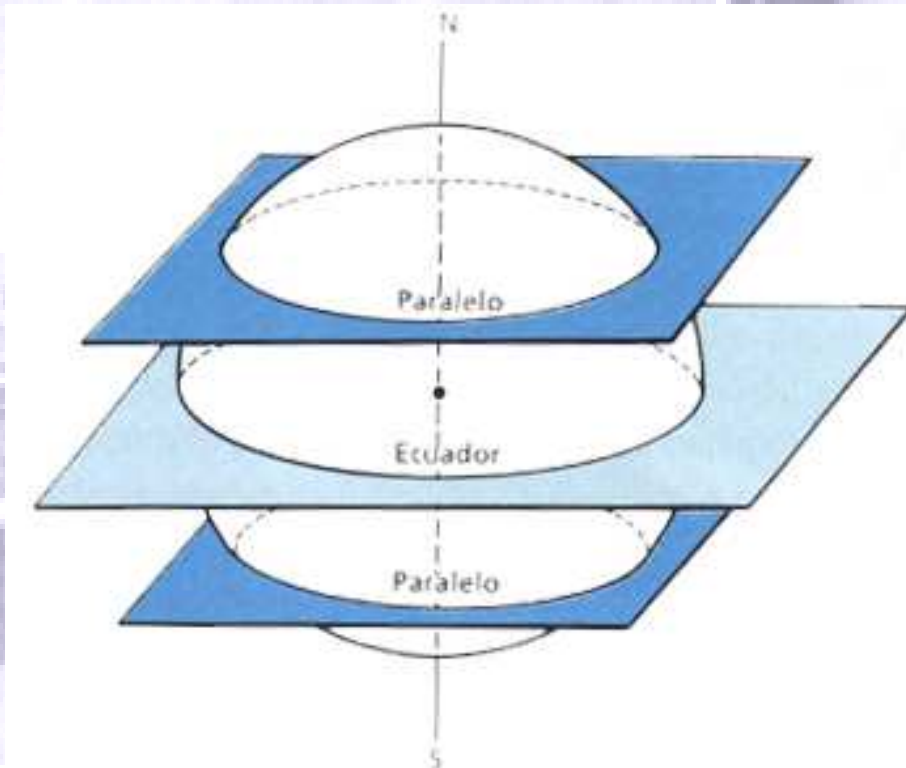
## LONGITUD

La [longitud](#) mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra. Se acepta que [Greenwich](#) en [Londres](#) es la longitud 0 en la mayoría de las sociedades modernas. Las líneas de longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman [meridianos](#). Los meridianos, sabiendo que junto con sus correspondientes antimeridianos se forman circunferencias de 40.007 km de longitud, 1° equivale a 111,131 km.

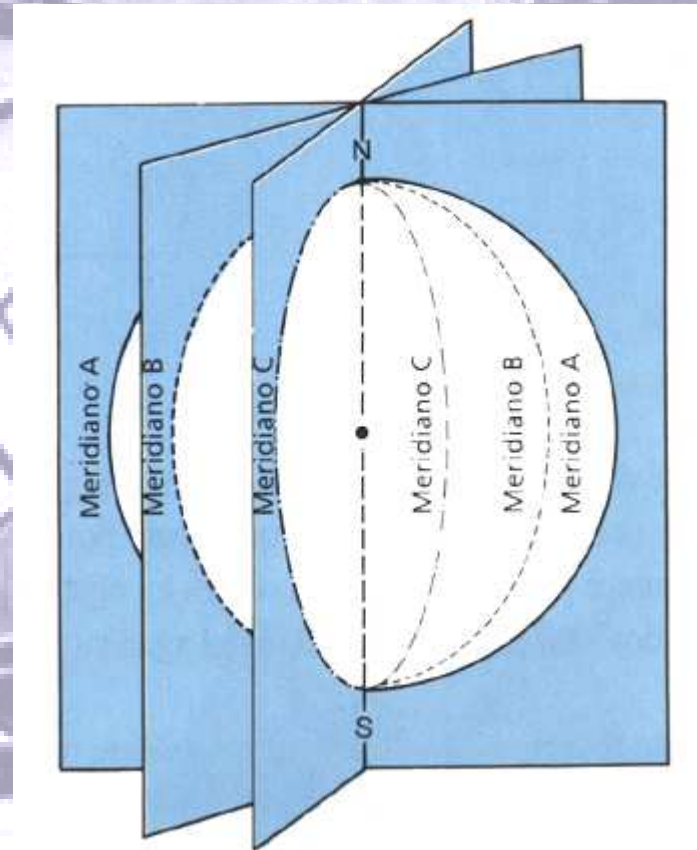


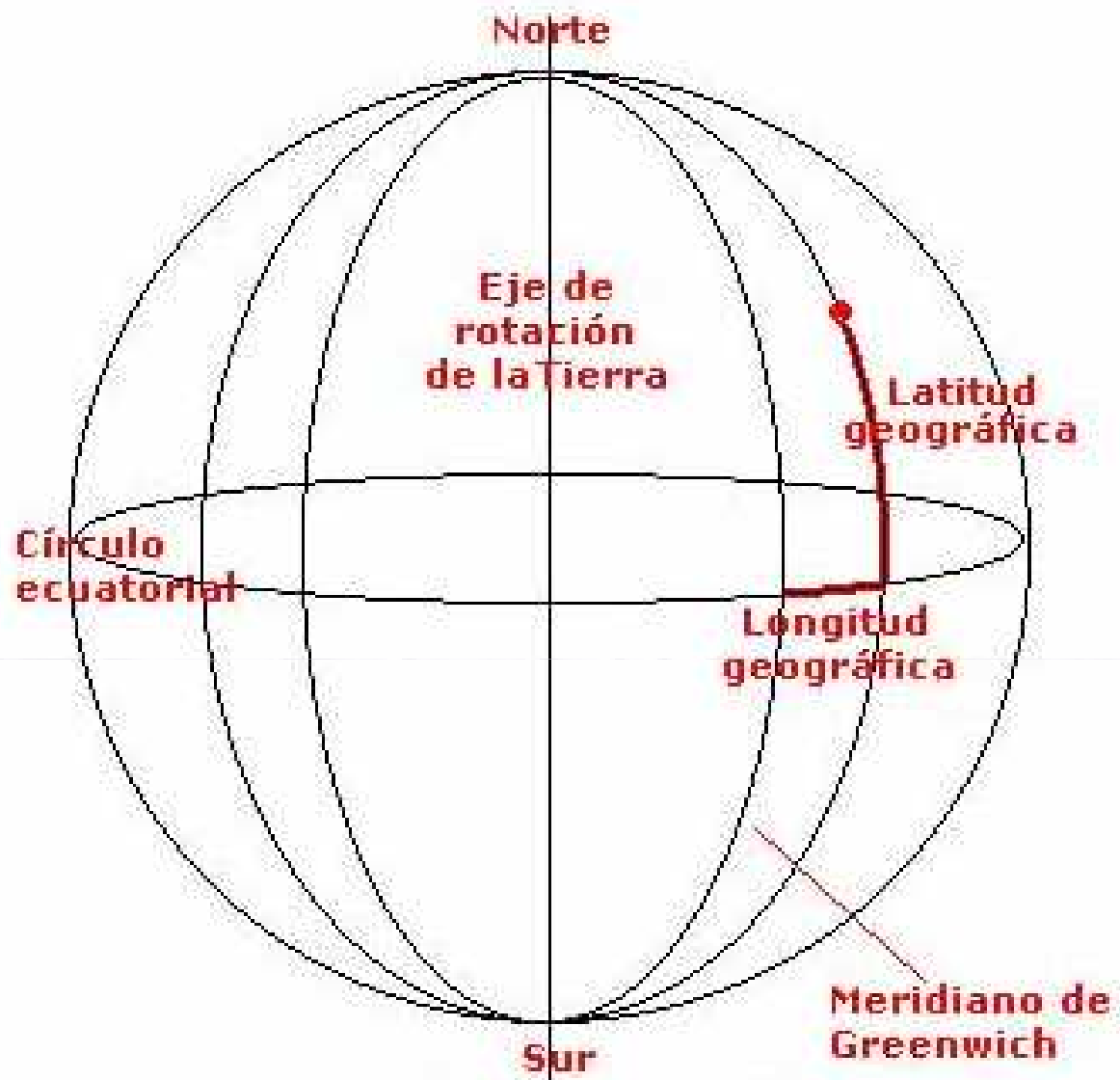
# Sistema de coordenadas geográficas

LATITUD



LONGITUD





## **Sistema de coordenadas geográficas**





A diagram of the Earth showing a grid of latitude and longitude lines. The continents are colored in shades of brown and orange, while the oceans are light blue. A vertical line represents the Greenwich Meridian. Two horizontal arrows indicate the direction of longitude: one pointing west from the Greenwich Meridian and another pointing east from it.

*Longitud oeste  
(positiva)*

*Longitud este  
(negativa)*

*Meridiano de  
Greenwich  
(longitud 0°)*

# Sistema de coordenadas cartesianas

