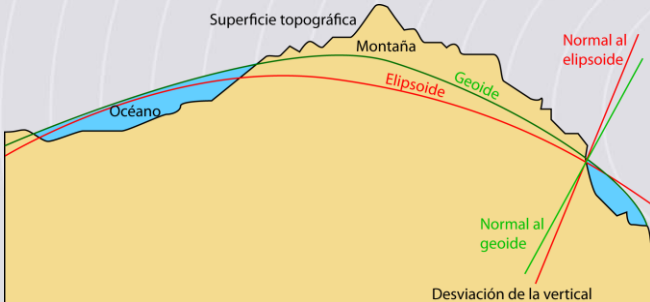
 E.T.S. DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

### Generalidades

- La altimetría es la parte de la Topografía que tiene por objeto el estudio de los métodos y procedimientos para determinar la altitud de cualquier punto de la superficie terrestre



Superficie topográfica  
Montaña  
Océano  
Elipsoide  
Geoide  
Normal al elipsoide  
Normal al geoide  
Desviación de la vertical

TOPOGRAFÍA II: Introducción a la altimetría

2




## Conceptos

- **Superficies de nivel:** Equivalentes a las superficies que alcanzaría el mar en sucesivas crecidas
  - En Topografía, se pueden considerar como esféricas, equidistantes y paralelas
  - No se puede hacer esta aproximación cuando se consideren grandes extensiones de terreno
- **Desnivel:** Diferencia de altura entre las superficies que pasan por dos puntos del terreno
- **Altitud:** Altura de un punto respecto o sobre el geoide
- **Cota:** Distancia de un punto a una superficie de nivel determinada



## Conceptos: Geoide

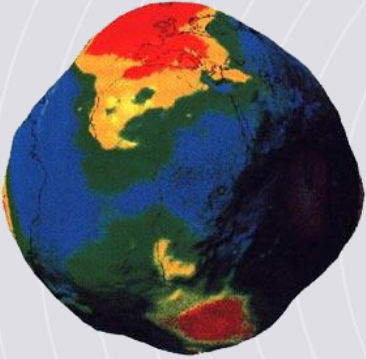
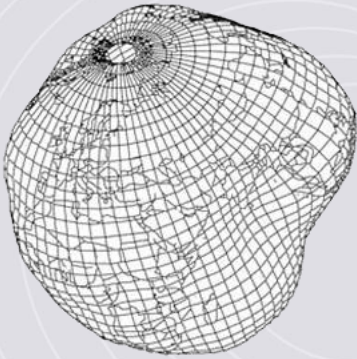
- GEOIDE = “forma de la Tierra”
  - Superficie equipotencial imaginaria resultado de suponer la superficie de los océanos en reposo y prolongada por debajo de los continentes
  - Superficie de equilibrio de las masas oceánicas sometidas a la atracción gravitatoria y a la fuerza centrífuga, ocasionada por la rotación y traslación del planeta, de manera que la dirección de la gravedad es normal en todos los puntos de dicha superficie
- En España, la altitud cero corresponde al nivel medio del mar en Alicante




E.T.S. DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Conceptos: Geoide

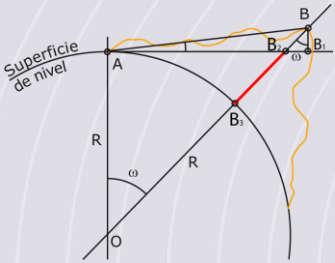
TOPOGRAFÍA II: Introducción a la altimetría 5



E.T.S. DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Corrección por esfericidad



Error cometido =  $e_d = \overline{BB_1} - \overline{BB_3}$

Para 40 km  $\rightarrow \omega = 0,3992 \rightarrow \cos \omega = 0,99998$

$\cos \omega = \frac{\overline{BB_1}}{\overline{BB_2}} \Rightarrow \overline{BB_1} \cong \overline{BB_2}$  sustituyendo

$e_d = \overline{BB_1} - \overline{BB_3} = \overline{BB_2} - \overline{BB_3} = -\overline{B_2B_3}$

Corrección =  $C_e = -e_d = \overline{B_2B_3}$

Por Pitágoras  $\rightarrow \overline{AB_2}^2 + \overline{OA}^2 = \overline{OB_2}^2 \rightarrow \overline{D_r}^2 + R^2 = (R + C_e)^2$

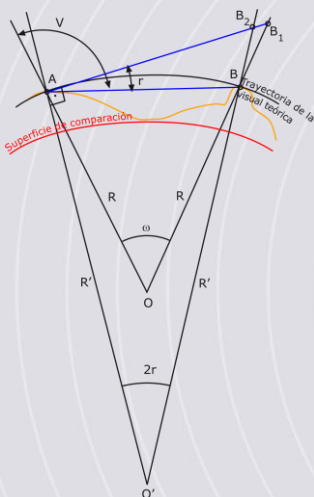
$\overline{D_r}^2 + R^2 = R^2 + C_e^2 + 2 \cdot R \cdot C_e$

Simplificando y eliminado término de 2º orden  $\rightarrow C_e = \frac{D_r^2}{2 \cdot R}$

TOPOGRAFÍA II: Introducción a la altimetría 6



### Corrección por refracción atmosférica



Simplificando  $\overline{BB_1} = \overline{BB_2} = C_r$  y  $\overline{AB_1} = \overline{AB_2} = D_g$

Por Pitágoras:  $\overline{AB_2}^2 + R^2 = (R + \overline{BB_2})^2 = R^2 + \overline{BB_2}^2 + 2 \cdot R \cdot \overline{BB_2}$

Simplificando y eliminado término de 2º orden:

$$D_g^2 = 2 \cdot R \cdot C_r \Rightarrow C_r = \frac{D_g^2}{2 \cdot R} \quad \frac{R}{R'} = 2 \cdot k$$

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \frac{\overline{AB_1}}{R} = \frac{D_g}{R} \\ 2 \cdot r &= \frac{\overline{AB_2}}{R'} \cong \frac{D_g}{R'} \end{aligned} \right\} \frac{2 \cdot r}{\omega} = \frac{D_g/R'}{D_g/R} = \frac{R}{R'} = 2 \cdot k \Rightarrow k = \frac{r}{\omega}$$

$$C_r = -\frac{D_g^2 k}{R}$$



### Corrección conjunta de esfericidad y refracción

Distancia de 1 Km	$C_r = 1 \text{ cm}$
Distancia de 5 Km	$C_r = 31 \text{ cm}$

$$\Delta H_A^B = t + i - m + \frac{D_r^2}{2 \cdot R} - \frac{D_g^2 \cdot k}{R} = t + i - m + \left(\frac{1}{2} - k\right) \frac{D^2}{R}$$

Tomando empíricamente  $k=0,08$

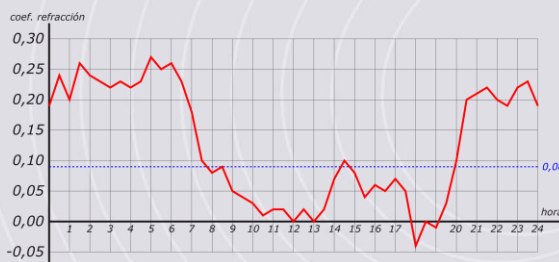
$$\Delta H = \frac{D_r}{\text{tg}V} + i - m + 0.42 \cdot \frac{D_r^2}{R}$$

Siempre positivo y en unidades de longitud

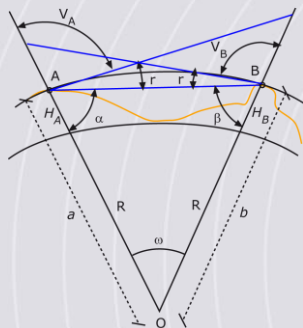


### Determinación experimental del coeficiente de refracción

- Se deberán realizar visuales totalmente recíprocas y simultaneas
- Se precisan dos instrumentos
- Será necesario medir o conocer la distancia entre los dos puntos
- Debido a la variación, a lo largo del día no se puede utilizar un valor único



### Determinación experimental del coeficiente de refracción



$$\alpha = 200 - (V_A + r) \quad \text{y} \quad \beta = 200 - (V_B + r)$$

$$\begin{aligned} \omega &= 200 - (\alpha + \beta) = \\ &= 200 - (200 - V_A - r + 200 - V_B - r) = \\ &= 2 \cdot r + V_A + V_B - 200 \end{aligned}$$

Despejando :  $2 \cdot r = \omega - (V_A + V_B - 200)$

Dividiendo por  $2\omega$  :  $\frac{2 \cdot r}{2 \cdot \omega} = \frac{\phi}{2 \cdot \phi} - \frac{V_A + V_B - 200}{2 \cdot \omega}$

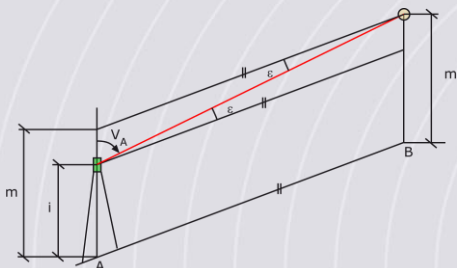
$$k = \frac{1}{2} - \frac{V_A + V_B - 200}{2 \cdot \omega}$$

$$\omega = \frac{D_g}{R} \cdot r^{cc}$$

$$k = \frac{1}{2} - \frac{(V_A + V_B - 200)^{cc} \cdot R}{2 \cdot D_g \cdot r^{cc}}$$



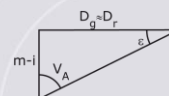
### Reducción de visuales al terreno



Consiste en calcular el ángulo cenital observado al realizar la visual sin altura de instrumentos

$$V'_A = V_A + \varepsilon$$

$$\frac{\text{sen} V'_A}{D_g} = \frac{\text{sen} \varepsilon}{m-i}$$

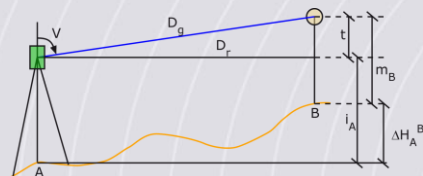


$$\text{sen} \varepsilon = (m-i) \cdot \frac{\text{sen} V_A}{D_g} \rightarrow \varepsilon = \arcsen \left[ (m-i) \cdot \frac{\text{sen} V_A}{D_g} \right]$$

$$\varepsilon^{cc} = (m-i) \cdot \frac{\text{sen} V_A}{D_g} \cdot r^{cc}$$




### Métodos altimétricos: Trigonometría



- Visuales inclinadas, normalmente
- Instrumentación válida para determinación altimétrica y planimétrica

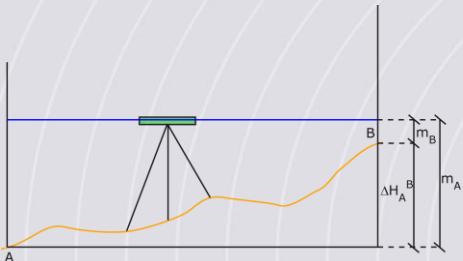
$$\Delta H_A^B = t + i_A - m_B + C_e - C_r$$



E.T.S. DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Métodos alimétricos: Geométrica




- Visuales siempre horizontales
- Instrumentación exclusivamente alimétrica (niveles o equialtímetros)
- No se puede combinar con métodos planimétricos

$$\Delta H_A^B = m_A - m_B = L_{ESPALDA} - L_{FRENTE}$$

TOPOGRAFÍA II: Introducción a la altimetría

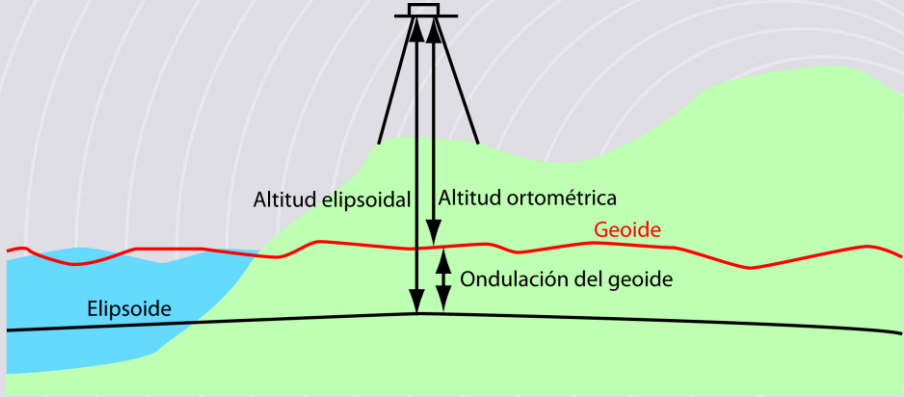
13



E.T.S. DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Métodos alimétricos: GPS



TOPOGRAFÍA II: Introducción a la altimetría

14



E.T.S. DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## Métodos altimétricos: Barométrica



TOPOGRAFÍA II: Introducción a la altimetría

- Método expedito de obtención de desniveles
- Precisión de medio metro
- Actualmente está en desuso
- Se basa en la cuantificación de la variación de la presión atmosférica al cambiar la altitud del barómetro