


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

## Unidad Didáctica II

# INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS

Profesor Responsable : Julio Manuel de Luis Ruiz

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

### ESTRUCTURA

**JUSTIFICACIÓN**

**1. MEDIDAS ANGULARES**

- 1.1. Descripción general de un Goniómetro
- 1.2. El Teodolito Óptico
- 1.3. La Brújula
- 1.4. El Teodolito Electrónico
- 1.5. Errores en las medidas angulares

**2. MEDIDA DE DISTANCIAS**

- 2.1. Medida Directa de distancias
- 2.2. Medida Indirecta de distancias por Métodos Estadimétricos
- 2.3. Medida Indirecta de distancias por Métodos Electromagnéticos

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

### ESTRUCTURA

**3. LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**

- 3.1. La medición compacta
- 3.2. Particularidades significativas
- 3.3. Oferta actual de Estaciones Topográficas

**4. MEDIDA DE ALTURAS**

- 4.1. Introducción al estudio altimétrico
- 4.2. Nivelación Trigonométrica
- 4.3. El Nivel
- 4.4. El Teodolito Electrónico
- 4.5. Errores en las medidas angulares

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

### INTRODUCCIÓN JUSTIFICATIVA

**PROCESO TOPOGRÁFICO**

**Conseguir información que permita la representación del territorio. Dicha representación se hace mediante las coordenadas de los puntos más representativos geoméricamente del territorio. Para obtener las coordenadas de un punto los observables mínimos necesarios son los siguientes:**

- ÁNGULOS
- DISTANCIAS
- ALTURAS

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

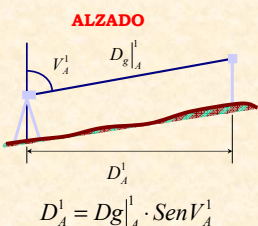
**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

### INTRODUCCIÓN JUSTIFICATIVA

**PROCESO TOPOGRÁFICO**

**ALZADO**



**Observación:**  
DISTANCIAS  
ÁNGULOS VERTICALES

$V_A^1$      $D_g^1$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

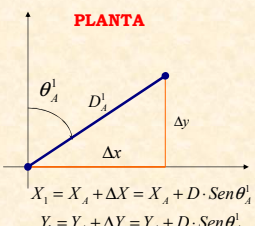
**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

### INTRODUCCIÓN JUSTIFICATIVA

**PROCESO TOPOGRÁFICO**

**PLANTA**



**Observación:**  
ÁNGULOS HORIZONTALES

$\theta_A^1$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**INTRODUCCIÓN JUSTIFICATIVA**

**PROCESO TOPOGRÁFICO**

**ALZADO**

Observación:  
**ALTURAS**

$i_A$   $m_1$

$Z_1 = Z_A + t_A^1 + i_A + m_1$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN GONIÓMETRO

**GONIÓMETRO**  
Instrumento Topográfico que permite la medición de ángulos.

**TIPO DE ÁNGULOS A MEDIR**

**ÁNGULOS HORIZONTALES.-**  
Son aquellos que están contenidos en un plano horizontal.

**ÁNGULOS VERTICALES.-**  
Son aquellos que están contenidos en un plano vertical.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN GONIÓMETRO

**CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁNGULOS HORIZONTALES**

1.- ACIMUT GEODÉSICO  
2.- ACIMUT TOPOGRÁFICO  
3.- RUMBO  
4.- ORIENTACIÓN  
5.- LECTURA

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN GONIÓMETRO

**MEDICIÓN DE ÁNGULOS HORIZONTALES**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN GONIÓMETRO

**CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁNGULOS VERTICALES**

1.- ÁNGULO CENITAL  
2.- ÁNGULO NADIRAL  
3.- ALTURA

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN GONIÓMETRO

**MEDICIÓN DE ÁNGULOS VERTICALES**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN GONIÓMETRO

**CLASIFICACIÓN DE LOS GONIÓMETROS**

**COMPLETOS.-**  
Miden ángulos horizontales y verticales.

**ACIMUTAL.-**  
Miden ángulos horizontales.

**ECLÍMETRO.-**  
Miden ángulos verticales.

**CLISÍMETRO.-**  
Solo miden ángulos verticales, expresando el valor de la pendiente en tanto por ciento.

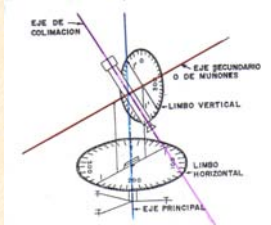
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN GONIÓMETRO

**DESCRIPCIÓN GENERAL DEL GONIÓMETRO**



**ELEMENTOS ESENCIALES**

- Anteojo o colimador
- Alidada
- Limbos
- EJES
  - Eje principal
  - Eje secundario o de muñones
  - Eje de colimación

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO



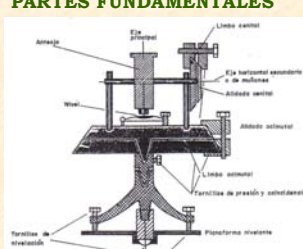
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**PARTES FUNDAMENTALES**



**PLATAFORMA NIVELANTE**

- Tornillos de nivelación
- Nivel esférico
- Nivel tórico

**ALIDADA (parcial o general)**

- Limbo acimutal
- Limbo cenital
- Tornillos de presión y coincidencia

**ANTEOJO**

**MICRÓMETRO**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**ELEMENTOS ACCESORIOS**



**TRÍPODES**

**PLOMADAS**

**ELEMENTOS PUNTERÍA**



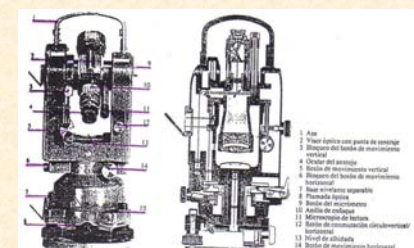
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**PARTES DE UN TEODOLITO**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**CONDICIONES A REUNIR POR LOS TEODOLITOS**

- EJE PRINCIPAL = EJE DE LA ALIDADA
- EJE PRINCIPAL = VERTICAL DE LUGAR (niveles calados)
- EJE DE COLIMACIÓN PERPENDICULAR AL EJE SECUNDARIO
- EJE PRINCIPAL PERPENDICULAR AL EJE SECUNDARIO
- VISUALES HORIZONTALES → ECLÍMETRO = 0 ó 100°
- LIMBOS BIEN GRADUADOS Y PERPENDICULARES

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**CLASIFICACIÓN DE LOS TEODOLITOS**

**TEODOLITOS REPETIDORES**  
Tienen tronillos de presión y coincidencia

**TEODOLITOS REITERADORES**  
Sólo tienen tornillos de presión



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

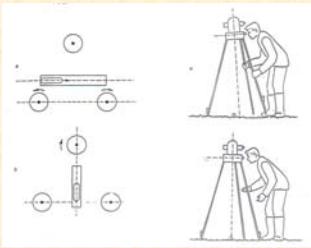
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**MANEJO DEL TEODOLITO**

**PUESTA EN ESTACIÓN**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

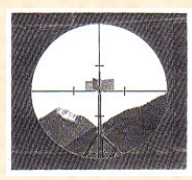
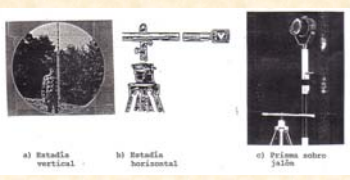
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**MANEJO DEL TEODOLITO**

**OBSERVACIÓN**  
La puntería se realiza en la intersección de la cruz filar, grabada en la propia óptica del anteojo (retículo).

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

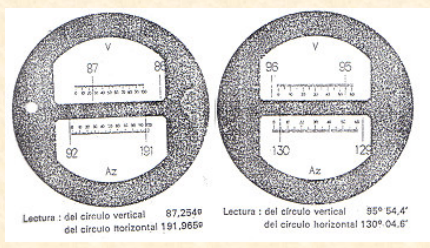
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**MANEJO DEL TEODOLITO**

**LECTURA DE ÁNGULOS**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

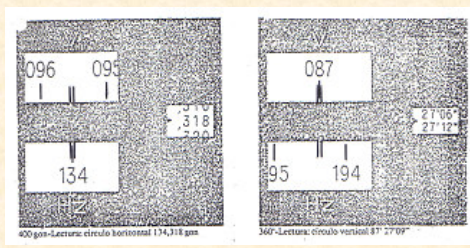
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**MANEJO DEL TEODOLITO**

**LECTURA DE ÁNGULOS**



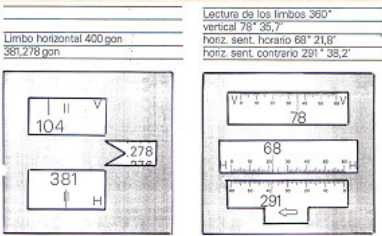
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**MANEJO DEL TEODOLITO**  
**LECTURA DE ÁNGULOS**



|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| Limbo horizontal 400 gon | 381,278 gon |
|--------------------------|-------------|

Lectura de los limbos 360°  
vertical 78° 35,7'  
horiz. sent. horario 68° 21,6'  
horiz. sent. contrario 291° 38,2'

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**PARÁMETROS REPRESENTATIVOS**

Entre las especificaciones técnicas que caracterizan a un teodolito, destacan por su participación en las relaciones que regulan los errores sistemáticos las siguientes:

- SENSIBILIDAD DEL NIVEL = S
- AUMENTOS DEL ANTEOJO = A
- APRECIACIÓN DE LOS LIMBOS = a

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

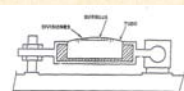
**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**PARÁMETROS REPRESENTATIVOS**  
**SENSIBILIDAD:**

- Evalúa la coincidencia entre la dirección del eje principal y la vertical del lugar, determinada por el nivel tórico.
- Evaluación de la sensibilidad de un nivel:  

$$S = \frac{m_1 - m_2}{D}$$
- También puede definirse como el ángulo de giro correspondiente al desplazamiento de la burbuja en una división.



*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**PARÁMETROS REPRESENTATIVOS**  
**AUMENTOS DEL ANTEOJO:**

- El anteojo esta constituido por dos lentes convergentes, que forman un sistema dióptrico centrado.
- Se denomina aumento a la relación existente entre los ángulos bajo los que se ve la imagen de un objeto a través del anteojo y directamente.
- Depende única y exclusivamente de su configuración óptica.

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**PARÁMETROS REPRESENTATIVOS**  
**APRECIACIÓN DE LOS LIMBOS:**

- La apreciación define la bondad del conjunto limbo-microscopio, se puede definir como la mínima división de los limbos, y por lo tanto la mayor precisión que se puede dar un ángulo.

|       |                      |       |                       |
|-------|----------------------|-------|-----------------------|
|       | "S"                  | "A"   | "a"                   |
| RANGO | 100-10 <sup>cc</sup> | 15-40 | 100-0,1 <sup>cc</sup> |

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO

**PARÁMETROS REPRESENTATIVOS**



*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.2.- EL TEODOLITO ÓPTICO



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.3.- LA BRÚJULA



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

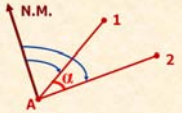
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.3.- LA BRÚJULA

**FUNDAMENTO**

La tierra se comporta como un imán esférico con los polos geográficos. Una aguja imantada toma en cualquier lugar de la tierra una dirección bien determinada, Norte Magnético.

**DETERMINACIÓN DE LOS ÁNGULOS CON UNA BRÚJULA**



$$\alpha = R_A^2 - R_A^1$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.3.- LA BRÚJULA

**PROBLEMÁTICA DE LAS BRÚJULAS**

- **NO COINCIDENCIA DEL NM Y NG**
- **DECLINACIÓN.**- Ángulo que forman el norte magnético y norte geográfico, en cualquier punto de la superficie terrestre.



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

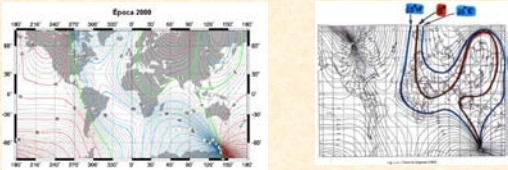
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.3.- LA BRÚJULA

**PROBLEMÁTICA DE LAS BRÚJULAS**

- **NO COINCIDENCIA DEL NM Y NG**
- **ISÓGONAS.**- Líneas que unen puntos de igual declinación.
- **ÁGONA o LÍNEA AGÓNICA.**- Isógona de valor cero.



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.3.- LA BRÚJULA

**PROBLEMÁTICA DE LAS BRÚJULAS**

- **INCLINACIÓN MAGNÉTICA**

Es el ángulo que forma el plano horizontal y las líneas de fuerza del campo magnético terrestre. Para evitar la inclinación magnética se dispone un contrapeso o abrazadera desplazable en la aguja imantada.



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

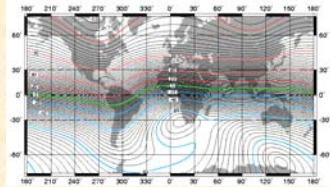
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

1.- MEDIDAS ANGULARES  
1.3.- LA BRÚJULA

**PROBLEMÁTICA DE LAS BRÚJULAS**

- **INCLINACIÓN MAGNÉTICA**

**ISOCLINAS.-**  
Son líneas que unen puntos con igual inclinación magnética



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

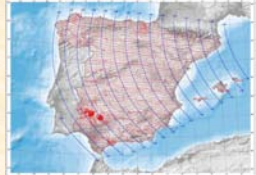
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

1.- MEDIDAS ANGULARES  
1.3.- LA BRÚJULA

**PROBLEMÁTICA DE LAS BRÚJULAS**

- **INTENSIDAD DEL CAMPO MAGNÉTICO**  
La intensidad del campo magnético depende del propio campo, factores como: gravedad elementos metálicos, etc.

**ISODINÁMICAS.-**  
Son líneas que unen puntos con igual intensidad de campo magnética.



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

1.- MEDIDAS ANGULARES  
1.3.- LA BRÚJULA

**TIPOLOGÍA DE BRÚJULAS**

- **BRÚJULA DE LIMBO MÓVIL**  
El limbo acimutal gira con el anteojo, siendo la aguja imantada la que sirve como índice para medir el ángulo.
- **BRÚJULA DE LIMBO FIJO**  
La aguja gira con el anteojo, estando el limbo fijo y unido a un imán, por lo que se orienta de forma automática.



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

1.- MEDIDAS ANGULARES  
1.3.- LA BRÚJULA

**COMPROBACIONES Y USOS DE LAS BRÚJULAS**

**COMPROBACIONES.-**

- Dejar oscilar libremente la aguja hasta que alcance la posición de equilibrio, entonces leer.
- No debe haber elementos metálicos que distorsionen el campo magnético cerca de la brújula, cuando se utilice.

**USOS.-**

- Determinación de la meridiana magnética**  
El norte magnético siempre es reflejado por el objeto imantado, es decir, la aguja o el limbo.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

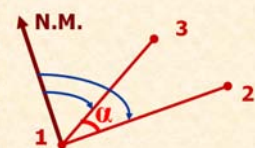
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

1.- MEDIDAS ANGULARES  
1.3.- LA BRÚJULA

**COMPROBACIONES Y USOS DE LAS BRÚJULAS**

**USOS.-**

- Determinación de Ángulos.**  
El ángulo se obtiene generalmente por diferencia de Rumbo

$$\alpha = R_1^3 - R_1^2$$


Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

1.- MEDIDAS ANGULARES  
1.3.- LA BRÚJULA

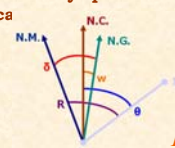
**COMPROBACIONES Y USOS DE LAS BRÚJULAS**

**USOS.-**

- Determinación de la Meridiana Astronómica.**  
Mediante una fácil observación con la brújula, se puede determinar la declinación y por lo tanto ubicar la meridiana astronómica

**DATOS:**  
Coordenadas de A a 1  
Convergencia

**CAMPO:**  
Rumbo de A a 1



$$R = \theta \pm \delta \pm \omega$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 8.-**

**A.- Desde el vértice geodésico Casuca se observa el vértice geodésico Peña Castillo. Sabiendo que en el instante de la observación la declinación magnética era de 5°27', determinar el rumbo de la visual Casuca-Peña Castillo.**

|          | X          | Y            | Z     | ω        |
|----------|------------|--------------|-------|----------|
| Casuca   | 427.432,96 | 4.814.192,52 | 71,50 | 37°02,5" |
| Castillo | 430.634,53 | 4.811.305,00 | 140,0 | 35°22,5" |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 8.-**

**ACIMUT DE CASUSA A PEÑACASTILLO**

$$\theta_c^p = \text{Arctg} \frac{\Delta x}{\Delta y} = \text{Arctg} \frac{3201,57}{2887,52} = 132^\circ 2' 51''$$

**RUMBO DE CASUSA A PEÑACASTILLO**

$$R = \theta + \delta - \omega = 132^\circ 2' 51'' + 5^\circ 27' - 37^\circ 2,5''$$

$$R = 136^\circ 52' 48,6''$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 8.-**

**B.- Sobre el vértice geodésico Llusa se posiciona una Brújula obteniéndose el Rumbo al vértice geodésico Cabarga cuyo valor resulta 265°25'4". Sabiendo que la Convergencia de meridianos en Llusa es 32'40", calcular:**

- 1.- El Acimut Llusa-Cabarga.
- 2.- La Declinación.

|  | CABARGA       | LLUSA         |
|--|---------------|---------------|
|  | 437.003,160   | 450.044,600   |
|  | 4.803.337,940 | 4.805.586,200 |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 8.-**

**ACIMUT DE LLUSA A CABARGA**

$$\theta_{LLUSA}^{CAB} = 180 + \text{Arctg} \frac{\Delta x}{\Delta y} = 180 + \text{Arctg} \frac{13.041,44}{2.248,26} = 260^\circ 13' 7,4''$$

**DECLINACIÓN DE LLUSA**

$$R = \theta + \delta - \omega$$

$$265^\circ 6' 25,4'' = 260^\circ 13' 7,4'' + \delta - 32' 40''$$

$$\delta = 5^\circ 25' 58''$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 8.-**

**C.- Al realizar un determinado deslinde basado en una acta de 1921, en la zona de San Juan de la Canal, el responsable necesita conocer Declinación actual. Para ello estaciona la Brújula en el vértice geodésico de Casuca y observa a los vértices Peña Castillo y Llatías, obteniéndose las siguientes lecturas:**

RcLL = 85°47'53"      RcPC = 137°16'47"

Sabiendo las coordenadas U.T.M. y Convergencia de los vértices, obtener la Declinación:

|          | X          | Y            | ω        |
|----------|------------|--------------|----------|
| Casuca   | 427.432,96 | 4.814.192,52 | 37°02,5" |
| Llatías  | 435.157,59 | 4.815.453,64 | 33°06,7" |
| Castillo | 430.634,53 | 4.811.305,01 | 35°22,5" |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 8.-**

**CASUCA-LLATÍAS**

$$\theta_{CAS.}^{LLAT.} = \text{Arctg} \frac{\Delta x}{\Delta y} = \text{Arctg} \frac{7724,63}{1261,12} = 80^\circ 43' 39,78''$$

$$\delta = R - \theta + \omega$$

$$\delta_1 = 85^\circ 47' 53'' - 80^\circ 43' 39,78'' + 37^\circ 2,5''$$

$$\delta_1 = 5^\circ 41' 15,72''$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 8.-**

**CASUCA-PEÑACASTILLO**

$$\theta_{CAS}^{PEN} = 90^\circ + \operatorname{Arctg} \frac{\Delta x}{\Delta y} = 90^\circ + \operatorname{Arctg} \frac{2887,51}{3201,57} = 132^\circ 2' 51,14''$$

$$\delta = R - \theta + \omega$$

$$\delta_2 = 137^\circ 16' 47'' - 132^\circ 2' 51,14'' + 37^\circ 2,5''$$

$$\delta_2 = 5^\circ 50' 58,36''$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 8.-**

**DECLINACIÓN EN CASUCA**

$$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} =$$

$$\delta = \frac{5^\circ 41' 15,72'' + 5^\circ 50' 58,36''}{2}$$

$$\delta = 5^\circ 46' 7,04''$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.3.- LA BRÚJULA

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO

**INTRODUCCIÓN**

- Aparece en la década 60.
- Precios competitivos en los 80.
- El esquema funcional coincide con el teodolito óptico, salvo la lectura angular que se hace electrónicamente.
- Precisión parecida a los teodolitos ópticos.
- Existe una señal codificada susceptible de ser almacenada.
- Los limbos no están grabados mecánicamente sino de alguna forma que permiten el paso de luz de forma diferencial con el objetivo de analizar el Angulo en función de la luz que pase hasta el foto detector.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO

**LIMBO  
CODIFICADO  
EN BINARIO**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

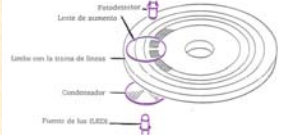
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO

**FUNDAMENTO**

- El L.E.D. emite luz
- El condensador concentra la luz
- El limbo convenientemente tramificado permite un cierto paso de luz
- La lente aumenta la luz que pasa



- El fotodetector registra la cantidad de luz que pasa a través de limbo

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO

**SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE ÁNGULOS**

- A.- Sistemas basados en la conversión Analógico-Digital.

El método supone convertir una determinada lectura al código binario por medio de un codificador.

El círculo (limbo) es convenientemente codificado, este es leído por fotosensores otorgando posiciones de luz y oscuridad en paralelismo con los valores de los ángulos (sistema analógico), de esta forma se obtienen las diferentes lecturas angulares, obteniendo el ángulo como diferencia de lecturas.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

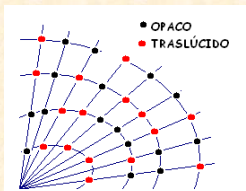
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO

**SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE ÁNGULOS**

- A.- Sistemas basados en la conversión Analógico-Digital.



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO

**SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE ÁNGULOS**

- B.- Sistemas basados en codificadores ópticos.

El codificador giratorio incremental óptico está formado por una escala principal y una escala secundaria, junto con una sección sensora.

La variación de luz y sombra que se genera cuando la escala principal gira un paso, se transforma en señal sinusoidal susceptible de ser cuantificada y codificada.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

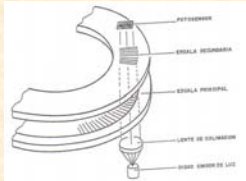
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO

**SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE ÁNGULOS**

- B.- Sistemas basados en codificadores ópticos.



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO

**SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE ÁNGULOS**

- C.- Sistemas basados en la captación dinámica del ángulo.

Estableciendo un origen se determina el número entero de divisiones y por medio de un comparador, se determina el desfase existente en la medición.

Un motor hace rotar el círculo a través de dos parejas de fotodiodos, los cuales se encuentran diametralmente opuestos, uno es fijo realizando el oficio de posicionador del origen de la evaluación angular, el otro es móvil y recorre todas las posiciones posibles, de forma solidaria con el antejo.

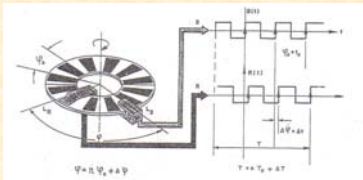
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**  
**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
 1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO

**SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE ÁNGULOS**

- C.- Sistemas basados en la captación dinámica del ángulo.



*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010*  
*Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**  
**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
 1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO

**VENTAJAS DEL TEODOLITO ELECTRÓNICO**

- Mayor comodidad y sencillez de observación.
- Información susceptible de ser almacenada y tratada electrónicamente.
- Disponen de sensores que detectan y corrigen cualquier inclinación de eje principal del aparato.

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010*  
*Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**  
**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
 1.4.- EL TEODOLITO ELECTRÓNICO



*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010*  
*Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**  
**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
 1.5.- ERRORES EN LAS MEDIDAS ANGULARES

**ERRORES SISTEMÁTICOS Y ACCIDENTALES**

**ACCIDENTALES.-** Dependen de los sentidos del operador, de las condiciones ambientales, siendo variables en magnitud y sentido.

**SISTEMÁTICOS.-** Son los propios del aparato, actúan siempre con igual magnitud y sentido y se han enumerado como las condiciones que debe reunir un teodolito, de forma que si el teodolito está bien estos errores se pueden corregir.

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010*  
*Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**  
**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
 1.5.- ERRORES EN LAS MEDIDAS ANGULARES

**ERRORES ACCIDENTALES**

Parece lógico pensar que si en TOPOGRAFÍA los ángulos usuales son los acimutales y cenitales, el estudio de los ERRORES se divida también en:

- ERRORES ACIMUTALES
- ERRORES CENITALES

Parece lógico también definir el TEODOLITO por las tres especificaciones técnicas que determinan el propio teodolito.

- SENSIBILIDAD "S"
- AUMENTOS "A"
- APRECIACIÓN "a"

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010*  
*Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.
 

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**  
**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
 1.5.- ERRORES EN LAS MEDIDAS ANGULARES

**ERRORES ACIMUTALES**

| ERROR VERTICAL                                                                    | ERROR DE DIRECCIÓN                                                                                  | ERROR DE PUNTERÍA                                                                                                                | ERROR DE LECTURA                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| $\epsilon_v = \frac{S}{12}$                                                       | $\epsilon_d = \frac{e_e + e_p}{D}$<br>$e_e + e_p = 0 - 5\text{cm}$<br>$\beta = 636620'' / 206265''$ | $\epsilon_p = \frac{K}{A} \left( 1 + \frac{4 \cdot A}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$<br>$K = 10'' / 30^{\circ}$ | $\epsilon_l = \frac{2}{3} \cdot a \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$ |
| <b>ERROR TOTAL HORIZONTAL</b>                                                     |                                                                                                     |                                                                                                                                  |                                                                            |
| $\epsilon_T^H = \sqrt{\epsilon_v^2 + \epsilon_d^2 + \epsilon_p^2 + \epsilon_l^2}$ |                                                                                                     |                                                                                                                                  |                                                                            |

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010*  
*Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**1.- MEDIDAS ANGULARES**  
1.5.- ERRORES EN LAS MEDIDAS ANGULARES

**ERRORES CENTALES**

| ERROR VERTICAL                                                                 | ERROR DE PUNTERÍA                                                                                                              | ERROR DE LECTURA                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| $\varepsilon_v = \frac{S}{3}$                                                  | $\varepsilon_p = \frac{K}{A} \left( 1 + \frac{4 \cdot A}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right)^*$<br>$K = 50''/150''$ | $\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot a \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right)^*$ |
| <b>ERROR TOTAL CENTAL</b>                                                      |                                                                                                                                |                                                                                 |
| $\varepsilon_T^H = \sqrt{\varepsilon_v^2 + \varepsilon_p^2 + \varepsilon_l^2}$ |                                                                                                                                |                                                                                 |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-**  
**SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**A.- Para realizar una campaña de observaciones angulares se utiliza un teodolito WILD T-2 , que tiene las siguientes especificaciones técnicas :**

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| <b>Aumentos</b>     | <b>30</b>   |
| <b>Sensibilidad</b> | <b>20''</b> |
| <b>Apreciación</b>  | <b>1''</b>  |

**Sabiendo que la distancia de observación es de 1.500 m. y que se observa en CD y CI, hallar el Error Total Acimutal y Cental.**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-**  
**SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**ERROR TOTAL ACIMUTAL**

$$\varepsilon_v = \frac{S}{12} = \frac{20}{12} = 1,66''$$

$$\varepsilon_d = \frac{e_e + e_p}{D} \cdot \beta = \frac{0,025}{1500} \cdot 206265 = 3,43''$$

$$\varepsilon_p = \frac{K}{A} \left( 1 + \frac{4 \cdot A}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right)^* = \frac{10}{30} \left( 1 + \frac{4 \cdot 30}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 0,52''$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot a \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 0,47''$$

$$\varepsilon_T^H = \sqrt{1,66^2 + 3,43^2 + 0,52^2 + 0,47^2} = 3,88'' \approx 4''$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-**  
**SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**ERROR TOTAL CENTAL**

$$\varepsilon_v = \frac{S}{3} = \frac{20}{3} = 6,66''$$

$$\varepsilon_p = \frac{K}{A} \left( 1 + \frac{4 \cdot A}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{50}{30} \left( 1 + \frac{4 \cdot 30}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 2,59''$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot a \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,47''$$

$$\varepsilon_T^C = \sqrt{6,66^2 + 2,59^2 + 0,47^2} = 7,17'' \approx 8''$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-**  
**SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**B.- Se hacen lecturas angulares a un vértice topográfico con un teodolito que tiene las siguientes especificaciones técnicas:**

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| <b>Sensibilidad</b> | <b>30''</b> |
| <b>Aumentos</b>     | <b>35</b>   |
| <b>Apreciación</b>  | <b>3''</b>  |

**Sabiendo que el vértice presenta una puntería muy bien definida, determinar el error angular cental al determinar la lectura. Evaluar la distancia a la que tiene que estar el vértice de la estación para que el error acimutal fuese idéntico al error cental.**

**NOTA:** Las lecturas acimutales y centales se realizan en círculo directo e inverso. Con el fin de uniformizar resultados considerar que el error de estacionamiento y puntería son 2 cm.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-**  
**SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**ERROR TOTAL CENTAL**

$$\varepsilon_v = \frac{30}{3} = 10''$$

$$\varepsilon_p = \frac{50}{35} \left( 1 + \frac{4 \cdot 35}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 2,82''$$

$$\varepsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 1,41''$$

$$\varepsilon_T^C = \sqrt{10^2 + 2,82^2 + 1,41^2} = 10,48'' \approx 10,5''$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-  
SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**DISTANCIA PARA QUE LOS ERRORES SEAN IGUALES**

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_v &= 10,5'' \\ \varepsilon_d &= ? \\ \varepsilon_p &= \frac{10}{35} \left( 1 + \frac{4 \cdot 35}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 0,48'' \\ \varepsilon_l &= \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 1,41'' \end{aligned} \right\} \begin{aligned} 10,5^2 &= 2,5^2 + \varepsilon_d^2 + 0,48^2 + 1,41^2 \\ \varepsilon_d &= 10,08'' \\ 10,08 &= \frac{0,02}{D} \cdot 206265 \\ \mathbf{D} &= \mathbf{408,90m} \end{aligned}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-  
SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**C.- Definidos dos teodolitos A y B por sus datos técnicos :**

| TEODOLITO "A"                 | TEODOLITO "B"    |
|-------------------------------|------------------|
| Sensibilidad 40 <sup>cc</sup> | Sensibilidad 20" |
| Aumentos 30                   | Aumentos 32      |
| Apreciación 10 <sup>cc</sup>  | Apreciación 6"   |

**Determinar cual de los dos teodolitos produce menos error acimutal y cenital para observaciones realizadas en círculo directo e inverso, sabiendo que las distancias a observar son de 1.500 m.**

**NOTA:** Con el objetivo de uniformizar los resultados considerar que el error de estacionamiento y puntería es 1cm.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-  
SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**ERROR TOTAL ACIMUTAL TEODOLITO A**

$$\begin{aligned} \varepsilon_v &= \frac{40}{12} = 3,33^{cc} & \varepsilon_d &= \frac{0,01}{1500} 636620 = 4,24^{cc} \\ \varepsilon_p &= \frac{30}{30} \left( 1 + \frac{4 \cdot 30}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 1,55^{cc} & \varepsilon_l &= \frac{2}{3} \cdot 10 \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 4,71^{cc} \end{aligned}$$

$$\mathbf{\varepsilon_T^H = \sqrt{3,3^2 + 4,2^2 + 1,5^2 + 4,7^2} = 7,33^{cc}}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-  
SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**ERROR TOTAL ACIMUTAL TEODOLITO B**

$$\begin{aligned} \varepsilon_v &= \frac{20}{12} = 1,66'' & \varepsilon_d &= \frac{0,01}{1500} 206265 = 1,37'' \\ \varepsilon_p &= \frac{10}{32} \left( 1 + \frac{4 \cdot 32}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 0,50'' & \varepsilon_l &= \frac{2}{3} \cdot 6 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 2,82'' \end{aligned}$$

$$\mathbf{\varepsilon_T^H = \sqrt{1,6^2 + 1,3^2 + 0,5^2 + 2,8^2} = 3,59''}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-  
SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**ERROR TOTAL CENITAL TEODOLITO A**

$$\begin{aligned} \varepsilon_v &= \frac{40}{3} = 13,3^{cc} \\ \varepsilon_p &= \frac{150}{30} \left( 1 + \frac{4 \cdot 30}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 7,77^{cc} \\ \varepsilon_l &= \frac{2}{3} \cdot 10 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 4,71^{cc} \end{aligned}$$

$$\mathbf{\varepsilon_T^C = \sqrt{13,3^2 + 7,7^2 + 4,7^2} = 15,43^{cc}}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-  
SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**ERROR TOTAL CENITAL TEODOLITO B**

$$\begin{aligned} \varepsilon_v &= \frac{20}{3} = 6,66'' \\ \varepsilon_p &= \frac{50}{32} \left( 1 + \frac{4 \cdot 32}{100} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 2,52'' \\ \varepsilon_l &= \frac{2}{3} \cdot 6 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 2,82'' \end{aligned}$$

$$\mathbf{\varepsilon_T^C = \sqrt{6,6^2 + 2,5^2 + 2,8^2} = 7,66''}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 9.-**  
**SUPUESTO PRÁCTICO II-1 (Pág. 33)**

**CONTRASTE DE RESULTADOS**

$4.000.000^{cc} \rightarrow 1.296.000''$   
 $3,086^{cc} \rightarrow 1''$

|             | ERROR<br>ACIMUTAL   | ERROR<br>CENTAL     |
|-------------|---------------------|---------------------|
| TEODOLITO A | 7,33 <sup>cc</sup>  | 15,43 <sup>cc</sup> |
| TEODOLITO B | 11,08 <sup>cc</sup> | 23,63 <sup>cc</sup> |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
**2.1.- LA MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS**

**DEFINICIÓN**

La medición directa de distancias, supone realizar la medición mediante la comparación de la distancia a medir, con otra que se utiliza como patrón

**TIPOS DE INSTRUMENTOS**

- CINTAS MÉTRICAS
- REGLAS INVAR
- HILOS INVAR

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
**2.1.- LA MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS**

**LAS CINTAS MÉTRICAS**

**CINTAS NORMALES**

- Suelen ser de tela, plástico, etc.
- Sirven para evaluar distancias de forma rápida pero poco precisa.
- El envejecimiento del material y sus deformaciones son tan importantes que su campo de actuación es muy restringido.
- Su empleo es muy sencillo, se coloca directamente sobre la distancia a medir.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
**2.1.- LA MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS**

**LAS CINTAS MÉTRICAS**

**CINTAS METÁLICAS**

- Están formadas por una laminilla metálica de dimensiones variables.
- Tienen una precisión muy superior a las cintas métricas normales, con un error relativo próximo a 1/2000.
- El modo de empleo es igual que el de las cintas normales.
- Utilizando las correcciones recomendadas, las precisión aumenta mucho, siendo los principales parámetros de corrección:
  - Longitud de la cinta
  - Peso por unidad lineal
  - coeficiente de dilatación
  - Modulo de elasticidad

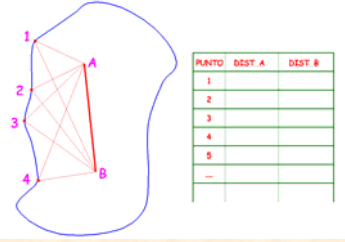
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
**2.1.- LA MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS**

**FUNDAMENTO DE LA MEDICIÓN CON CINTAS**



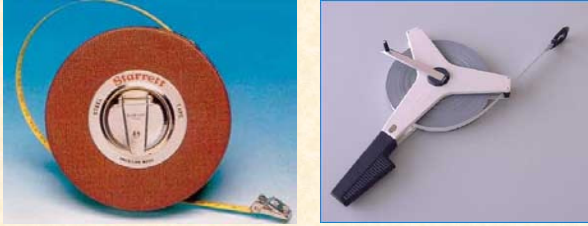
| PUNTO | DEST A | DEST B |
|-------|--------|--------|
| 1     |        |        |
| 2     |        |        |
| 3     |        |        |
| 4     |        |        |
| —     |        |        |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
**2.1.- LA MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.1.- LA MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS

**LAS REGLAS INVAR**

- Se utiliza un trabajos de mayor precisión.
- El equipo se compone de dos reglas que se colocan alineados y niveladas sobre unos soportes adecuados, midiendo siempre la distancia de la regla.
- Trabajando de forma normal se pueden obtener errores relativos próximos a 1/10.000.
- El caso más conocido es el de IBAÑEZ DE IBERO que empleo dos reglas bimetálicas de 4m y evaluó la base MADRIDEJOS para determinar el triángulo inicial de la RED GEODESICA NACIONAL en la que se midieron 14.657m. Con un error de 3mm.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.1.- LA MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS

**LAS REGLAS INVAR**

**REGLA GEODÉSICA  
BRÜNNER, PARIS, AÑO 1854**




**La regla, los tripodes y cobertizos se desplazaron 3655 veces**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.1.- LA MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.1.- LA MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS

**LOS HILOS INVAR**

- Las reglas bimetálicas tienen el gran inconveniente de la limitación de su longitud y dificultad de manejo por su peso excesivo por lo que fueron sustituidas por los hilos invar.
- El INVAR es una aleación (63% de Fe y 36% de Ni) fácilmente maleable y dúctil, con coeficiente de dilatación muy próximo a cero, cuya densidad es 8 g/cm³.
- El equipo es manejado por dos operadores uno en cada extremo del hilo. En la medición se usan dos clases de tripodes, uno con una polea para estirar el hilo mediante una pesa de 10kg. y otro con un microscopio que permita leer la distancia.
- El error relativo medio de este sistema de evaluar longitudes es del orden de 1/25000 a 1/50000.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.1.- LA MEDIDA DIRECTA DE DISTANCIAS

**CORRECCIONES EN LOS HILOS INVAR**

En las mediciones con Hilos Invar hay que tener en cuenta una serie de correcciones que hacen disminuir el error.

A.- CORRECCIÓN POR ALINEACIÓN  
B.- CORRECCIÓN POR INCLINACIÓN  
C.- CORRECCIÓN POR CATENARIA  
D.- CORRECCIÓN POR ELASTICIDAD  
E.- CORRECCIÓN POR DILATACIÓN

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

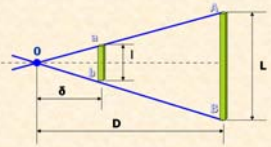
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**FUNDAMENTO DE LA ESTADÍA**

Se basa en la proporcionalidad existente entre la longitud interceptada por la visual en los trazos del antejo, con su correspondiente referencia exterior



$$\frac{\delta}{l} = \frac{D}{L} \Rightarrow D = \frac{\delta}{l} \cdot L$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

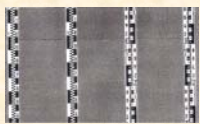
**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**FUNDAMENTO DE LA ESTADIA**

Los valores  $\delta$  y  $l$  son constantes  $\Rightarrow K = \frac{\delta}{l} = \text{Constante}_{\text{diastimométrica}}$

Los valores  $L$  se interceptan en la Estadia Vertical:



Suele valer  $K = 100$ , lo que significa que 1cm de mira interceptada por los hilos, equivale a 1m de distancia en el terreno, con diversas particularidades.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**FUNDAMENTO DE LA ESTADIA**

Estadimetro de primera categoría;  $\delta$  y  $l = \text{cte}$   
 $D = K \cdot L$

Estadimetro de segunda categoría;  $\delta$  y  $L = \text{cte}$   
 $D = \frac{K \cdot l}{L}$

Estadimetro de tercera categoría;  $l$  y  $L = \text{cte}$   
 $D = K_2 \cdot \delta$

$K = \text{constante diastimométrica}$   
 $K \Rightarrow 50/100/200$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**PECULIARIDADES DEL TAQUÍMETRO**

- El taquímetro necesita menor precisión en la medida de ángulos horizontales y verticales.
- El taquímetro permite evaluar distancias por métodos estadimétricos.
- El taquímetro suele ser repetidor en vez de reiterador, como el teodolito.
- El taquímetro permite captar la información completa para captar un punto.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

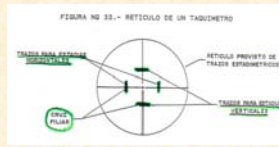
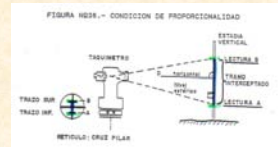
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**FUNDAMENTO DEL TAQUÍMETRO**

- La relación establecida, corresponde al caso ideal de perpendicularidad entre el eje del aparato y la estadia vertical.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

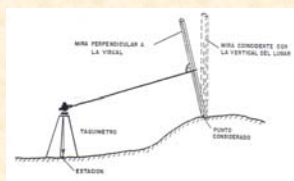
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**FUNDAMENTO DEL TAQUÍMETRO**

- Para mantener la correspondencia en cualquier caso, sería preciso obligar a la perpendicular entre la visual desde el aparato y la estadia vertical.



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

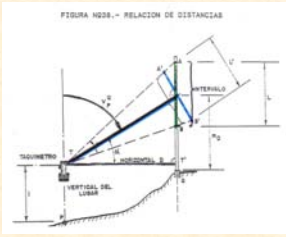
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**FUNDAMENTO DEL TAQUÍMETRO**

La falta de perpendicularidad entre la visual y la estadia, hace que el intervalo  $AB$  interceptado en la mira por los hilos estadimétricos, sea diferente al que se debiera interceptar realmente  $A'B'$ .



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
 2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**FUNDAMENTO DEL TAQUÍMETRO**

Al valor realmente interceptado se le denomina **NÚMERO GENERADOR**, que puede ser expresado en unidades de mira o bien en distancia sobre el terreno, aplicando la constante diastimométrica, pero sin representación real. El verdadero valor interceptado en la mira es A'B' y sirve para evaluar la distancia geométrica TR.

$$D_{g|p}^0 = (a-b) \cdot K \cdot \text{sen} V$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

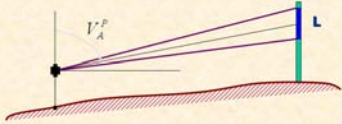

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
 2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**RELACIONES TAQUIMÉTRICAS**



$$D_{g|A}^P = L \cdot K \cdot \text{sen} V_A^P = N^\circ \text{ Gen.} \cdot \text{sen} V_A^P$$

$K \cdot L = N^\circ \text{ Generador}; K \approx 50 / 100 / 200$

$K = \text{Ct.e diastimométrica}$   
 $L = \text{Diferencia de lecturas de la mira}$   
 $V = \text{Ángulo cenital de A a P}$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

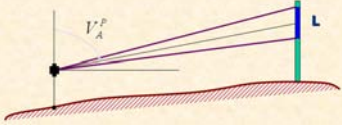

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
 2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**RELACIONES TAQUIMÉTRICAS**



$$D_A^P = L \cdot K \cdot \text{sen} V_A^P \cdot \text{sen} V_A^P = N^\circ \text{ Gen.} \cdot \text{sen}^2 V_A^P$$

$K \cdot L = N^\circ \text{ Generador}$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.


**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
 2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**OBSERVABLES TAQUIMÉTRICOS**

| CLAVES | ALTURA APARATO<br>m. cm. | PUNTOS<br>Estación Visado | DISTANCIA<br>metros mm. | ÁNGULO H<br>Grados Segundos | ÁNGULO V<br>Grados Segundos | ALTURA PRESA<br>m. cm. |
|--------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| I      | II                       | III                       | IV                      | V                           | VI                          | VII                    |

- ALTURA DEL APARATO:** Es la altura desde el punto de cota conocida, hasta el eje secundario, se mide con un metro de bolsillo.
- ESTACIÓN:** Nombre del punto donde se estaciona el aparato.
- PUNTO VISADO:** Nombre del punto a visar
- DISTANCIA:** Con taquímetero se anota el Número Generador.
- ÁNGULO HORIZONTAL:** Es el ángulo horizontal del punto visado con respecto a un origen con significación geográfica.
- ÁNGULO VERTICAL:** Es el ángulo cenital entre el punto estación y el punto visado con la cruz filar.
- ALTURA DE MIRA:** Es la altura a la cual marca el centro de la cruz filar sobre la estadia vertical o mira.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

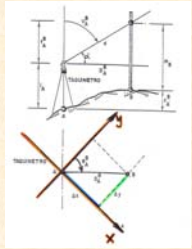

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
 2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**EMPLEO DE COORDENADAS**



- El taquímetero es el aparato topográfico que permite, con los datos tomados en campo, desde un punto A de coordenadas conocidas ( $X_A, Y_A, Z_A$ ), obtener coordenadas del punto observado B ( $X_B, Y_B, Z_B$ ).

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

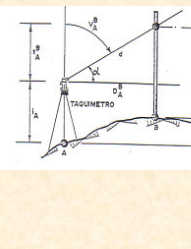

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
 GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
 2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**EMPLEO DE COORDENADAS**

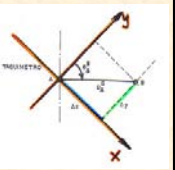


$$D_{g|A}^P = N^\circ \text{ Gen.} \cdot \text{sen} V_A^P$$

$$D_A^P = D_{g|A}^P \cdot \text{sen} V_A^P$$

$$X_P = X_A + D_A^P \cdot \text{sen} \theta_A^P$$

$$Y_P = Y_A + D_A^P \cdot \text{cos} \theta_A^P$$

$$Z_P = Z_A + \frac{D_A^P}{\text{tag} V_A^P} + i_A - m_P$$


Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
 Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**SUPUESTO PRÁCTICO II-2 (Pág. 45)**

Dada la libreta taquimétrica, obtener las coordenadas del punto B sabiendo las coordenadas de A (1.000, 1.000, 100) y que el origen de ángulos horizontales es el eje de ordenadas de la representación. Los ángulos verticales son cenitales y ambos están expresados en graduación centesimal.

| CLAVES | ALTURA APARATO |    | PUNTOS   |        | DISTANCIA |       | ÁNGULO H |          | ÁNGULO V |          | ALTURA PRISMA |
|--------|----------------|----|----------|--------|-----------|-------|----------|----------|----------|----------|---------------|
|        | m              | cm | Estación | Visado | metros    | mm    | Grados   | Segundos | Grados   | Segundos |               |
| 1 5 1  |                |    | A        | B      | 1 9 9     | 1 9 0 | 3 2 1    | 6 0 8 0  | 9 6      | 1 9 0 0  | 1 1 0         |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**SUPUESTO PRÁCTICO II-2 (Pág. 45)**

**CÁLCULO DE LAS COORDENADAS DE B**

$$D_A^B = 199,19 \cdot \text{sen}^2 96,1900 = 198,478$$

$$\Delta x_A^B = 198,478 \cdot \text{sen} 321,6080 = -187,155$$

$$\Delta y_A^B = 198,478 \cdot \cos 321,6080 = 66,081$$

$$\Delta z_A^B = t_A^B + i_A - m_B = 198,478 \cot g 96,1900 + 1,51 - 1,10 = 12,293$$

$$X_B = X_A + \Delta x_A^B = 812,845$$

$$Y_B = Y_A + \Delta y_A^B = 1066,081$$

$$Z_B = Z_A + \Delta z_A^B = 112,293$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 10.-**

Determinar las coordenadas X, Y, Z de los puntos 1 y 2 sabiendo que los datos de campo, han sido tomados con un Taquímetro desde una estación A, definida por sus coordenadas:

**A [ 1.315,19 / 6.319,27 / 119,31 ]**

| Claves | ALTURA APARATO |     | PUNTOS   |        | DISTANCIA |     | ÁNGULO H |      | ÁNGULO V |      | ALTURA DE MIRA |
|--------|----------------|-----|----------|--------|-----------|-----|----------|------|----------|------|----------------|
|        | M.             | Cm. | Estación | Visado | Metros    | Cm. | Grados   | Min. | Grados   | Min. |                |
| 1 2 3  | 4              | 5   | 6        | 7      | 8         | 9   | 10       | 11   | 12       | 13   | 14             |
|        | 1              | 4   | 6        | A      | 1         | 2   | 18       | 36   | 47       | 21   | 4              |
|        |                |     |          |        | 2         | 9   | 4        | 25   | 21       | 5    | 2              |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 10.-**

**COORDENADAS DEL PUNTO 1**

$$D_A^1 = N^\circ \text{Gen} \cdot \text{Sen}^2 V = 218,36 \cdot \text{Sen}^2 99,362 = 218,338 \text{m}$$

$$X_1 = X_A + D_A^1 \cdot \text{Sen} H = 1.315,19 + 218,338 \cdot \text{Sen} 47,214 = 1.462,676$$

$$Y_1 = Y_A + D_A^1 \cdot \text{Cos} H = 6.319,27 + 218,338 \cdot \text{Cos} 47,214 = 6.480,264$$

$$Z_1 = Z_A + \frac{D_A^1}{\text{tag} V_A^1} + i_A - m_1 = 119,31 + \frac{218,338}{\text{tag} 99,362} + 1,46 - 1,96 = 120,998$$

**[1.462,676 / 6.480,264 / 120,998]**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 10.-**

**COORDENADAS DEL PUNTO 2**

$$D_A^2 = 94,25 \cdot \text{Sen}^2 101,558 = 94,193$$

$$X_2 = 1.315,19 + 94,193 \cdot \text{Sen} 215,245 = 1.292,848$$

$$Y_2 = 6.319,27 + 94,193 \cdot \text{Cos} 215,245 = 6.227,765$$

$$Z_2 = 119,31 + \frac{94,193}{\text{tag} 101,558} + 1,46 - 2,38 = 116,084$$

**2[1.292,848 / 6.227,765 / 116,084]**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 11.-**

Determinar las coordenadas X, Y, Z de los puntos 1 y 2 sabiendo que los datos de campo, han sido tomados desde una estación A, y orientada con una referencia REF, cuyas coordenadas resultan:

| Claves | ALTURA APARATO |     | PUNTOS   |        | DISTANCIA |     | ÁNGULO H |      | ÁNGULO V |      | ALTURA DE MIRA |
|--------|----------------|-----|----------|--------|-----------|-----|----------|------|----------|------|----------------|
|        | M.             | Cm. | Estación | Visado | Metros    | Cm. | Grados   | Min. | Grados   | Min. |                |
| 1 4 3  |                |     | A        | REF    |           |     |          |      |          |      |                |
|        |                |     |          |        | 1         | 4   | 1        | 26   | 17       | 4    | 1              |
|        |                |     |          |        | 2         | 3   | 12       | 23   | 6        | 15   | 1              |
|        |                |     |          |        | B         | 2   | 15       | 36   | 30       | 1    | 2              |
|        |                |     |          |        |           |     |          |      |          |      |                |
|        |                |     |          |        | 1         | 5   | 1        | 3    | 1        | 50   | 4              |
|        |                |     |          |        | 2         | 0   | 3        | 7    | 4        | 9    | 2              |

**A [5.378,14 / 5.492,60 / 218,73]  
REF [5.624,17 / 5.937,15]**

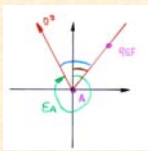
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 11.-**

**CÁLCULO DE ACIMUTES**

$\Delta X = 5624,17 - 5378,14 = 246,03$   
 $\Delta Y = 5937,15 - 5492,60 = 444,55$   
 $\theta_A^{REF} = \text{Arctg} \frac{246,03}{444,55} = 32,1797$   
 $\epsilon_A = \theta_A^{REF} - L_A^{REF} = 32,1797 - 39,183 = 392,9967$   
 $\theta_A^I = \epsilon_A + L_A^I = 392,9967 + 174,714 = 167,7107$   
 $\theta_A^2 = \epsilon_A + L_A^2 = 392,9967 + 236,825 = 229,8217$



*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 11.-**

**COORDENADAS DEL PUNTO 1**

$\theta_A^I = 167,7107$   
 $D_A^I = 191,26 \cdot \text{Sen}^2 97,472 = 190,958$   
 $X_1 = 5.378,14 + 190,958 \cdot \text{Sen} 167,7107 = 5.470,894$   
 $Y_1 = 5.492,60 + 190,958 \cdot \text{Cos} 167,7107 = 5.325,682$   
 $Z_1 = 218,73 + \frac{190,958}{\text{tag} 101,938} + 1,48 - 1,99 = 212,405$   
**I[5.470,894 / 5.325,682 / 212,405]**

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 11.-**

**COORDENADAS DEL PUNTO 2**

$\theta_A^2 = 229,8217 \Leftrightarrow D_A^2 = 73,112$   
**2[5.345,130 / 5.427,364 / 215,804]**

**COORDENADAS DE LA ESTACIÓN B**

$\theta_A^B = 294,7437 \Leftrightarrow D_A^B = 215,315$   
**B[5.163,558 / 5.474,842 / 215,401]**

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 11.-**

**COORDENADAS DEL PUNTO 1**

**Cálculo de la Desorientación en la Estación B y sus acimutes:**  
 $\theta_B^A = \theta_A^B \pm 200 = 94,7437$   
 $\epsilon_B = \theta_B^A - L_B^A = 94,7437 - 150,4120 + 400 = 344,3317$   
 $\theta_B^I = \epsilon_B + L_B^I = 344,3317 + 92,368 = 36,6997$

**Cálculo de las coordenadas del punto 1:**  
 $\theta_B^I = 36,6997 \Leftrightarrow D_B^I = 203,361$   
**I[5.274,405 / 5.645,338 / 205,374]**

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS  
**EL TAQUÍMETRO AUTORREDUCTOR**

**TAQUÍMETRO** → Cantidad ingente de trabajo en gabinete

↓

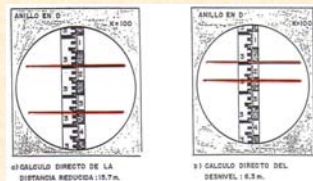
Obtiene directamente:  
- Distancia Reducida  
- Desnivel ← **TAQUÍMETRO AUTORREDUCTOR**

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS  
**FUNDAMENTO DEL TAQUÍMETRO AUTORREDUCTOR**

**El fundamento de este tipo de taquímetros se basa directamente en la variación posicional de los hilos estadimétricos:**



*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

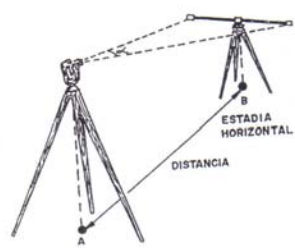
**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**LA ESTADÍA HORIZONTAL**

**ELEMENTOS PARTICIPANTES**

- TEODOLITO
- TRÍPODE (teodolito)
- ESTADÍA HORIZONTAL
- TRÍPODE (Estadía)



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

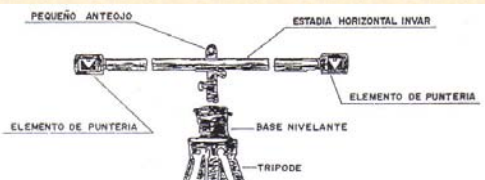
**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA ESTADÍA**

**BASE NIVELANTE** **ANTEOJO**  
**BRAZOS EXTENSIBLES** **ELEMENTOS DE PUNTERÍA**



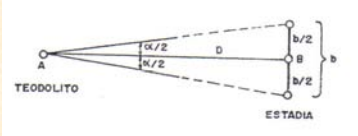
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**FUNDAMENTO DE LA OBSERVACIÓN CON ESTADÍA**



$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{b/2}{D} \Rightarrow D = \frac{b}{2} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

$$b = 2$$

$$D = \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \operatorname{Cotg} \frac{\alpha}{2}$$

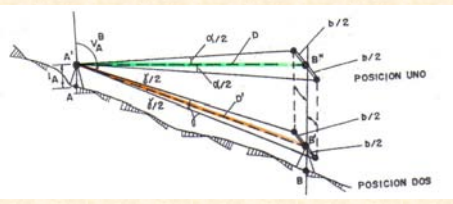
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**FUNDAMENTO DE LA OBSERVACIÓN CON ESTADÍA**



$$D = \operatorname{Cotg} \frac{\alpha}{2}$$

$$D_s = \frac{D}{\operatorname{Sen} V}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.2.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ESTADIMÉTRICOS

**PRECISIÓN EN LA DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS**

$$D = \frac{b}{2} \operatorname{Cotg} \frac{\alpha}{2} \Rightarrow dD = \frac{b}{2} (1 + \operatorname{Cotg}^2 \frac{\alpha}{2}) \frac{1}{2} d\alpha$$

$$dD = \frac{b}{2} (1 + D^2) \frac{1}{2} d\alpha \Rightarrow dD = (\frac{b}{4} + \frac{b}{4} D^2) d\alpha$$

$$b = 2 \Rightarrow dD = (\frac{1}{2} + \frac{D^2}{2}) d\alpha = \frac{D^2}{2} d\alpha$$

$$\text{Error} = \frac{d^2}{2} \cdot \epsilon_r^H \cdot \sqrt{\frac{D_r}{d}}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**SUPUESTO PRÁCTICO II-3 (Pág. 49)**

**Analizar la incidencia de los errores absoluto y relativo en la medición de una distancia de 1.000 m. con estadia horizontal invar utilizando un teodolito con error angular acimutal total de 6°.**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**SUPUESTO PRÁCTICO II-3 (Pág. 49)**

Aplicando la relación simplificada a diferentes formas de ejecutar la medición se obtiene:

$$e_D = \frac{D^2}{2} \cdot \frac{\epsilon_T^H}{636620} \sqrt{n}$$

| Nº Tramos | Longitud por tramo | Error absoluto por cada tramo | Error absoluto total en la medición | Error relativo total en la medición |
|-----------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1         | 1.000 m.           | 4.712 m.                      | 4.712 m.                            | 1/212,2                             |
| 2         | 500 m.             | 1.178 m.                      | 1.666 m.                            | 1/600,2                             |
| 4         | 250 m.             | 0.295 m.                      | 0.589 m.                            | 1/1.697,6                           |
| 8         | 125 m.             | 0.074 m.                      | 0.208 m.                            | 1/4.801,7                           |
| 10        | 100 m.             | 0.047 m.                      | 0.149 m.                            | 1/6.711,4                           |
| 15        | 75 m.              | 0.025 m.                      | 0.097 m.                            | 1/10.309,27                         |
| 20        | 50 m.              | 0.0117 m.                     | 0.053 m.                            | 1/18.867,92                         |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 12.-**

Se pretende medir bases de replanteo con Estadia Horizontal Invar mediante mediciones de 30 m. de longitud.

Calcular la relación que existe entre la longitud total de la base y el error angular del teodolito para lograr un error relativo de 1/30.000, además dibujar la función y comentar su estructura.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 12.-**

**CÁLCULO DE LA RELACIÓN**

$$e_{abs} = \frac{D^2}{2} \cdot \frac{\epsilon_T^H}{636620} \cdot \sqrt{N^{\circ} \text{ Tramos}}$$

$$e_{rel} = e_{abs} / D$$

$$\frac{1}{30.000} = \left[ \frac{30^2}{2} \cdot \frac{\epsilon_T^H}{636620} \cdot \sqrt{\frac{D_T}{30}} \right] \frac{1}{D_T}$$

$$\frac{D_T \cdot 2 \cdot 636620}{30.000 \cdot 30^2} = \epsilon_T^H \sqrt{\frac{D_T}{30}}$$

$$0,047 D_T = \epsilon_T^H \sqrt{\frac{D_T}{30}} \rightarrow \frac{D_T}{15} = (\epsilon_T^H)^2$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**

2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**FUNDAMENTO DE LA MEDICIÓN**

VELOCIDAD =  $\frac{\text{ESPACIO}}{\text{TIEMPO}}$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**

2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**EVOLUCIÓN HISTÓRICA**

**1849.- FIZEAU**  
ESTABLECE LA VELOCIDAD DE LA LUZ  
C=300.000 Km/seg

**1949.- BERGSTRAND**  
DISEÑA UN INSTRUMENTO QUE POR MEDIOS ELECTROMAGNÉTICOS CALCULA LA VELOCIDAD DE LA LUZ, CON POSTERIORIDAD Y CONOCIENDO LA VELOCIDAD DE LA LUZ, INVERTE EL PROBLEMA Y PASA A CALCULAR DISTANCIAS

**1980.- PRECIOS COMPETITIVOS**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**

2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**SITUACIÓN ACTUAL**

**ELECTROMAGNÉTICOS**  
La onda portadora está en el grupo de las microondas de longitud de onda entre 1cm y un 1m.

**ELECTROÓPTICOS**  
La onda portadora esta en el grupo de las luminosas o infrarrojas de longitud de onda entre 0,4-1,2 μm.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**

2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**TIPOS DE MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS**

**GEODÍMETRO**

- Medidor electroóptico.
- Creado por M.BERGSTRAND.
- Consiste en la emisión de luz hacia el lugar de puntería.
- Según el tipo de luz:
  - Luz visible → Distancias cortas 4 ó 5 Km.
  - Luz láser → Distancias largas, hasta 60 Km.
- Las condiciones ambientales NO le afectan.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**

2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**TIPOS DE MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS**

**GEODÍMETRO**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**

2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**TIPOS DE MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS**

**TELURÓMETRO**

- Medidor ELECTROMAGNÉTICO
- Consta de dos unidades:  
MASTER y REMOTE
- El master envía ondas de alta frecuencia que recibe el Remote.
- Puede usarse Inter-Comunicación entre operadores.
- Puede usarse de noche y día.
- Soporta mejor peores condiciones atmosféricas.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**

2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**TIPOS DE MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS**

**TELURÓMETRO**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**

2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**TIPOS DE MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS**

**DISTANCIÓMETRO**

- Medidor ELECTROÓPTICO.
- Utiliza ondas Infrarrojas emitidas por L.E.D.
- Longitud de onda entre 0,9-0,92  $\mu\text{m}$ .
- Alcance entre 3-5 Km.
- Le influyen directamente las condiciones atmosféricas.
- Es el ideal para distancias hasta 5 Km.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

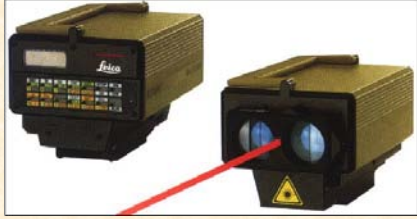
**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**

2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**TIPOS DE MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS**

**DISTANCIÓMETRO**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**PARTICULARIDADES DE LA EVALUACIÓN DE DISTANCIAS CON DISTANCIOMETRO**

**FUNCIONAMIENTO DEL DISTANCIÓMETRO** → **COMPARACIÓN DE FASE**

Configura el enlace entre emisor y receptor → **ONDA PORTADORA**

Realiza la medición sobre la onda portadora → **ONDA MODULADORA**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**SISTEMAS DE MODULACIÓN**

- **MODULACIÓN DE FRECUENCIA**  
La frecuencia de la Portadora es proporcional a la de la Moduladora
- **MODULACIÓN DE AMPLITUD**  
La amplitud de la Portadora es proporcional a la de la Moduladora
- **MODULACIÓN DE FASE**  
La fase de la moduladora y la de la portadora coinciden, se utilizan en instrumentos de precisión tipo LASER (Muy caro)

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**FUNCIONALIDAD EN LA MEDICIÓN DE DISTANCIAS CON DISTANCIOMETRO, FUENTES DE ERROR.**

- **ERRORES PROPORCIONALES A LA DISTANCIA**

**ÍNDICE DE REFRACCIÓN**  
La velocidad de propagación de la onda depende de la atmósfera

$$n = \frac{c_0(\text{vacío})}{c(\text{medio})}$$

**FRECUENCIA DE MODULACIÓN**  
Si la frecuencia de Modulación varía las longitudes de onda experimentan un cambio

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**FUNCIONALIDAD EN LA MEDICIÓN DE DISTANCIAS CON DISTANCIOMETRO, FUENTES DE ERROR.**

- **ERRORES NO PROPORCIONALES A LA DISTANCIA**

**ERROR CÍCLICO**  
Es el error que se produce en cada módulo de semilongitud de onda, oscila entre 3 y 4 mm (Despreciable).

**CONSTANTE DE EQUIPO**  
Es la diferencia entre la distancia real a evaluar y la distancia entre los centros de los equipos.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**FUNCIONALIDAD EN LA MEDICIÓN DE DISTANCIAS CON DISTANCIOMETRO, FUENTES DE ERROR.**

- **ERROR TOTAL**

**ERROR NO PROPORCIONAL A LA DISTANCIA** + **ERROR PROPORCIONAL A LA DISTANCIA**

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓

**A mm + B ppm → 10 mm + 5 ppm**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**PRECAUCIONES EN EL EMPLEO.**

**EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA.-**

$$d_0 = \frac{c \cdot t}{n_r} \quad n = \frac{c_0(\text{vacío})}{c(\text{medio})}$$

**d<sub>0</sub> = Distancia medida**  
**c = Velocidad de la luz vacío**  
**T = tiempo**  
**n<sub>r</sub> = Índice de Refracción**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**PRECAUCIONES EN EL EMPLEO.**  
**CORRECCIÓN POR VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN.-**

PRESIÓN Y TEMPERATURA → DEFINEN EL MEDIO

MEDIO → DEFINE LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN

VELOCIDAD PROPAGACIÓN → CORRECCIÓN A REALIZAR

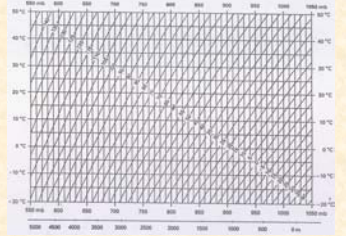
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**PRECAUCIONES EN EL EMPLEO.**  
**CORRECCIÓN POR VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN.-**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 13.-**

Obtener una distancia corregida por efectos meteorológicos, sabiendo que esta ha sido tomada en campo, obteniéndose un resultado de 1.654,372 m. y que además se ha tomado con un distanciómetro que se caracterizaba en el momento de la observación por que tenía una corrección impuesta en el instrumento de 0 ppm.

En el momento de la observación en el lugar de la observación la presión barométrica era de 900 mb y la temperatura de -10°C.

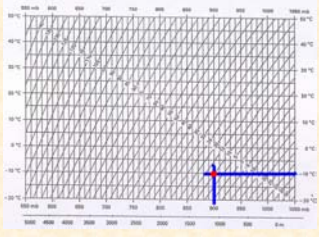
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 13.-**

**CÁLCULO DE LA RELACIÓN**



$$D_{Corregida} = 1.654,372 + \left( 10 \cdot \frac{1.654,372}{10^6} \right)$$

$$D_{Corregida} = 1.654,388m$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**2.- LA MEDIDA DE DISTANCIAS**  
2.3.- LA MEDIDA INDIRECTA DE DISTANCIAS POR MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS

**VENTAJAS ADICIONALES**

- La LECTURA DE DISTANCIA ES DIGITAL. (No se realiza hilo superior, inferior, etc.) con lo que se obtiene una mejora de RENDIMIENTO Y COMODIDAD.
- Si se usa ESTACIÓN TOTAL los datos se pueden almacenar en una libreta electrónica, sin tener que apuntar los datos a mano y volcar los datos en un ordenador directamente.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.1.- LA MEDICIÓN COMPACTA



**LA ESTACIÓN TOPOGRÁFICA**

- TEODOLITO ELECTRÓNICO
- DISTANCIÓMETRO

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.1.- LA MEDICIÓN COMPACTA

**FASE DEL EQUIPO EXCÉNTRICO**

- **DATOS INICIALES.-** A (X, Y)
- **DATOS DE CAMPO.-**  $\theta_A^P, \theta_A^B, D_A^P, D_B^P$
- **INCOGNITAS.-** P (X, Y)

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.1.- LA MEDICIÓN COMPACTA

**FASE DEL EQUIPO EXCÉNTRICO**

$$\frac{D_A^P}{\text{Sen} \hat{B}} = \frac{D_B^P}{\text{Sen} \hat{A}} \Rightarrow D_A^P = D_B^P \frac{\text{Sen} \hat{B}}{\text{Sen} \hat{A}}$$

$$\hat{B} = 200 - \hat{A} - \hat{P} \rightarrow \hat{P}$$

$$\frac{D_B^P}{\text{Sen} \hat{B}} = \frac{D_B^P}{\text{Sen} \hat{A}} \Rightarrow \hat{P} = \text{ArcSen} \left[ \frac{D_A^P \cdot \text{Sen} \hat{A}}{D_B^P} \right]$$

$$X_P = X_A + D_A^P \cdot \text{Sen} \theta_A^P$$

$$Y_P = Y_A + D_A^P \cdot \text{Cos} \theta_A^P$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.1.- LA MEDICIÓN COMPACTA

**FASE DEL EQUIPO TÁNDEM VERTICAL**

- **DATOS INICIALES.-** -----
- **DATOS DE CAMPO.-**  $a; Dg_{|A'}^B; V_A^B; \theta_A^B$
- **INCOGNITAS.-** P (X, Y)

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.1.- LA MEDICIÓN COMPACTA

**FASE DEL EQUIPO TÁNDEM VERTICAL**

$$\frac{Dg_{|A'}^B}{\text{Sen} \hat{A}} = \frac{Dg_{|A'}^B}{\text{Sen} V_A^B} \Rightarrow Dg_{|A'}^B = Dg_{|A'}^B \frac{\text{Sen} \hat{A}}{\text{Sen} V_A^B}$$

$$\hat{A} = 200 - V_A^B - \hat{B} \rightarrow \hat{B}$$

$$\frac{a}{\text{Sen} \hat{B}} = \frac{Dg_{|A'}^B}{\text{Sen} V_A^B} \Rightarrow \hat{B} = \text{ArcSen} \left[ \frac{a \cdot \text{Sen} V_A^B}{Dg_{|A'}^B} \right]$$

$$X_P = X_A + D_A^P \cdot \text{Sen} \theta_A^P$$

$$Y_P = Y_A + D_A^P \cdot \text{Cos} \theta_A^P$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.1.- LA MEDICIÓN COMPACTA

**FASE EQUIPO UNITARIO**

- **DATOS INICIALES.-** A (X,Y,Z)
- **DATOS DE CAMPO.-**  $i_A; D_A^B; \theta_A^B; V_A^B; m_B$
- **INCOGNITAS.-** P (X,Y,Z)

$$X_B = X_A + D_A^B \cdot \text{Sen} \theta_A^B$$

$$Y_B = Y_A + D_A^B \cdot \text{Cos} \theta_A^B$$

$$Z_B = Z_A + i_A^B + i_A - m_B$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.1.- LA MEDICIÓN COMPACTA

**FASE EQUIPO UNITARIO**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.2.- PARTICULARIDADES SIGNIFICATIVAS

**ERRORES ANGULARES**

| ERROR VERTICAL                                                                    | ERROR DE DIRECCIÓN                               | ERROR DE PUNTERÍA                                                                             | ERROR DE LECTURA                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| $\epsilon_v = \frac{S}{12} \text{ ó } \epsilon_v = \frac{S}{3}$                   | $\epsilon_d = \frac{\epsilon_v + \epsilon_p}{D}$ | $\epsilon_p = \frac{K}{A} \left( 1 + \frac{4 \cdot A}{100} \sqrt{\frac{1}{\sqrt{2}}} \right)$ | $\epsilon_l = \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$ |
| <b>ERROR TOTAL HORIZONTAL</b>                                                     |                                                  | <b>ERROR TOTAL CENTAL</b>                                                                     |                                                                    |
| $\epsilon_T^H = \sqrt{\epsilon_v^2 + \epsilon_d^2 + \epsilon_p^2 + \epsilon_l^2}$ |                                                  | $\epsilon_T^C = \sqrt{\epsilon_v^2 + \epsilon_p^2 + \epsilon_l^2}$                            |                                                                    |

**ERRORES DISTANCIOMÉTRICOS**

A mm + B ppm ➡ 10 mm + 5 ppm

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 14.-**

Definir las coordenadas de los puntos 1 y 2 tomados desde una estación A, orientada con una referencia REF y cuyas coordenadas son:  
A (1.015,19 / 2.134,17 / 96,32)  
REF (976,77 / 1.615,39 / 100,18)

Sabiendo que la medición se ha llevado a cabo con un equipo unitario y de forma compacta, obteniendo los siguientes datos de campo:

| CLAVES | ALTURA APARATO<br>m l. cp. | PUNTOS<br>Estación Visado | DISTANCIA<br>metros mm | ÁNGULO H<br>Grados Segundos | ÁNGULO V<br>Grados Segundos | ALTURA PUNTO<br>m l. cp. |
|--------|----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 5 8  | A                          | R E F                     |                        | 1 7 9 1 1 6 0               |                             |                          |
| 1      |                            | 1                         | 1 1 3 0 9 7 0          | 6 7 7 5 3 0                 | 1 0 1 1 1 1 0               | 1 3 0                    |
| 2      |                            | 2                         | 1 0 1 9 7 7 0          | 2 1 5 9 8 7 0               | 9 9 7 6 4 0                 | 1 3 0                    |

Definida la Estación Topográfica por sus especificaciones técnicas:  
[S=60°; A=30; a=10°] y 10 mm + 5 ppm

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 14.-**

**CÁLCULO DE ACIMUTES**

$\theta_A^{REF} = 200 + \text{Arctg} \frac{\Delta X}{\Delta Y} = 200 + \text{Arctg} \frac{38,42}{518,78} = 204,7061^\circ$

$\Sigma_A = \theta_A^{REF} - L_A^{REF} = 204,7061 - 179,116 = 25,5901^\circ$

$\theta_A^1 = \Sigma_A + L_A^1 = 25,5901 + 67,753 = 93,3431^\circ$

$\theta_A^2 = \Sigma_A + L_A^2 = 25,5901 + 215,987 = 241,5771^\circ$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 14.-**

**COORDENADAS DE LOS PUNTOS 1 Y 2**

$D_A^1 = Dg_A^1 \cdot \text{Sen} V = 1.130,97 \text{ Sen} 101,111$

$D_A^1 = 1.130,80$

$\theta_A^1 = 93,3431$

$D_A^2 = Dg_A^2 \cdot \text{Sen} V = 1.019,77 \text{ Sen} 99,764$

$D_A^2 = 1.019,76$

$\theta_A^2 = 241,5771$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 14.-**

**ERRORES ANGULARES ACIMUTALES**

$\epsilon_v = \frac{S}{12} = \frac{60}{12} = 5^{cc}$

$\epsilon_d = \frac{0,01}{1019,76} 636620 = 6,2^{cc}$

$\epsilon_p = \frac{30}{30} \left( 1 + \frac{4 \cdot 30}{100} \right) = 2,2^{cc}$

$\epsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 10 = 6,7^{cc}$

$\epsilon_T^H = \sqrt{5^2 + 6,2^2 + 2,2^2 + 6,7^2} = 10,6^{cc}$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 14.-**

**ERRORES ANGULARES CENTALES**

$\epsilon_v = \frac{S}{3} = \frac{60}{3} = 20^{cc}$

$\epsilon_p = \frac{150}{30} \left( 1 + \frac{4 \cdot 30}{100} \right) = 11^{cc}$

$\epsilon_l = \frac{2}{3} \cdot 10 = 6,7^{cc}$

$\epsilon_T^C = \sqrt{20^2 + 11^2 + 6,7^2} = 23,8^{cc}$

**ERRORES EN DISTANCIA**

$\epsilon = 10 \text{ mm} + 5 \text{ ppm} = 10 + (5 \cdot 1,1) = 15,5 \text{ mm}$

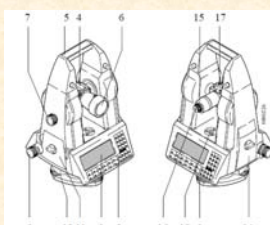
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.3.- OFERTA ACTUAL DE ESTACIONES TOPOGRÁFICAS

**MEJORAS GENERALIZADAS**



|                                       |                                               |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 Tornillo de nivelación              | 11 Compartimento para baterías                |
| 2 Teclado                             | 12 Botón giratorio para fijación de la base   |
| 3 Pantalla                            | 13 Nivel de burbuja                           |
| 4 Dispositivo de puntería             | 14 Compartimento para tarjeta de memoria      |
| 5 Asa para el transporte              | 15 Anillo de enfoque                          |
| 6 Anteojo                             | 16 Ocular intercambiable                      |
| 7 Tornillo para movimiento vertical   | 17 Adaptador para distanciómetro superponible |
| 9 Tornillo para movimiento horizontal |                                               |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

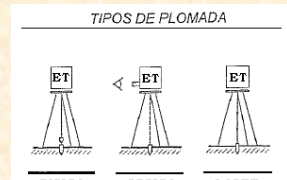
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.3.- OFERTA ACTUAL DE ESTACIONES TOPOGRÁFICAS

**MEJORAS GENERALIZADAS**

TIPOS DE PLOMADA




Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.3.- OFERTA ACTUAL DE ESTACIONES TOPOGRÁFICAS

**MEJORAS GENERALIZADAS**



|                                                   |
|---------------------------------------------------|
| 1 Teclas de pantalla                              |
| 2 Func. Campo de introducción a tecla de pantalla |
| 3 Símbolos                                        |
| 4 Teclas de introducción                          |
| 5 Teclas de navegación                            |
| 6 Teclas fijas                                    |
| 7 Teclas fijas del 2º nivel                       |

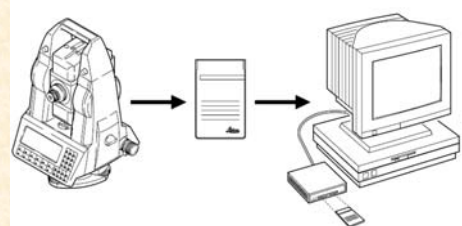
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.3.- OFERTA ACTUAL DE ESTACIONES TOPOGRÁFICAS

**MEJORAS GENERALIZADAS**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.3.- OFERTA ACTUAL DE ESTACIONES TOPOGRÁFICAS

**OFERTA DE ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.3.- OFERTA ACTUAL DE ESTACIONES TOPOGRÁFICAS

**ELEMENTOS ACCESORIOS**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**3.- LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**  
3.3.- OFERTA ACTUAL DE ESTACIONES TOPOGRÁFICAS

**VENTAJAS DE LAS ESTACIONES TOPOGRÁFICAS**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

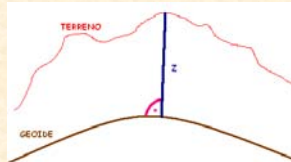
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.1.- INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ALTIMÉTRICO

**DEFINICIÓN DE COTA O ALTURA**

**COTA O ALTURA**  
Distancia a lo largo de la vertical astronómica, entre el geode y el punto cuestión.



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

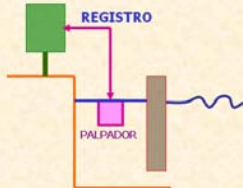
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.1.- INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ALTIMÉTRICO

**DETERMINACIÓN DEL GEOIDE**

**MAREÓGRAFO.-**  
Instrumento que permite la toma continua del nivel instantáneo del mar a lo largo del tiempo, lo que permite establecer el nivel medio del mar, que a su vez se asume como el Geode.



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.1.- INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ALTIMÉTRICO

**DETERMINACIÓN DE LA COTA**

**NIVELACIÓN BAROMÉTRICA.-**  
Aquella que se apoya en relaciones físicas entre la presión y la altitud. (Barómetros)

**NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA.-**  
Aquella que se apoya en relaciones trigonométricas sencillas para establecer el cálculo de cotas. (Taquímetros y ETT)

**NIVELACIÓN GEOMÉTRICA.-**  
Aquella que se apoya en el paralelismo entre líneas horizontales. (Nivel)

**NIVELACIÓN GPS.-**  
Aquella que se apoya en la observación a satélites artificiales para obtener la Cota. (Gps)

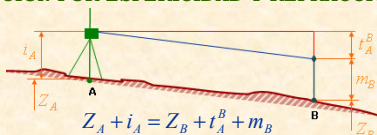
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

**CORRECCIÓN POR ESFERICIDAD Y REFRACCIÓN**



$$Z_A + i_A = Z_B + t_A^B + m_B$$

$$Z_B = Z_A + t_A^B + i_A - m_B$$

$$Z_B = Z_A + \frac{D_A^B}{\text{tg } V_A^B} + i_A - m_B$$

- ESFERICIDAD  
- REFRACCIÓN

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

**CORRECCIÓN POR ESFERICIDAD**

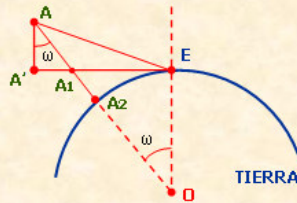
Corrección por esfericidad = Ce

$$Ce = AA_2 - AA'$$

$$AA_2 = AA_1 + A_1A_2$$

$$AA_1 = \frac{AA'}{\cos \omega} \approx AA'$$

$$AA_2 = AA' + A_1A_2$$

$$Ce = AA' + A_1A_2 - AA' = A_1A_2$$


Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

**CORRECCIÓN POR ESFERICIDAD**

$OE = R + h_E$   
 $OA_1 = R + h_E + Ce$   
 $EA_1 = D - AA' \operatorname{tg} \omega$

**PITÁGORAS**

$$(R + h_E + Ce)^2 = (R + h_E)^2 + (D - AA' \operatorname{tg} \omega)^2$$

$$(R + h_E)^2 + 2Ce(R + h_E) + Ce^2 = (R + h_E)^2 + D^2$$

$$Ce = \frac{D^2}{2(R + h_E)} \approx 0,5 \frac{D^2}{R}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

**CORRECCIÓN POR REFRACCIÓN**

- Trayectoria real de la visual. (Si se deforma)
- Trayectoria teórica de la visual. (No se deforma)
- Corrección a realizar. (Negativa)

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

**CORRECCIÓN POR REFRACCIÓN**

$O'E = R'$   
 $A'E = D$   
 $O'A' = R' + Cr$

**PITÁGORAS**

$$(R')^2 + D^2 = (R' + Cr)^2$$

$$(R')^2 + D^2 = (R')^2 + 2R'Cr + Cr^2$$

$$Cr = \frac{D^2}{2R'}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

**CORRECCIÓN POR REFRACCIÓN**

$R' = \text{Radio de la circunferencia de Refracción, se asemeja}$   
 $R' = \frac{R}{2K}$   
 $Cr = \frac{D^2}{2R'} = \frac{D^2}{2 \cdot \frac{R}{2K}} = K \frac{D^2}{R}$   
 $K = \text{constante de Refracción} = F$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

**CORRECCIÓN POR REFRACCIÓN**

VALORES DE "F":

|           |          |       |       |
|-----------|----------|-------|-------|
| España    | ---      | 0,080 |       |
| Francia   | Costa    | ---   | 0,062 |
|           | Interior | ---   | 0,066 |
| Marruecos | Costa    | ---   | 0,068 |
|           | Interior | ---   | 0,048 |

$$Cr = -0,08 \frac{D^2}{R}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

**CORRECCIÓN CONJUNTA, ESFERICIDAD Y REFRACCIÓN**

$$C = Ce - Cr = 0,5 \frac{D^2}{R} - 0,08 \frac{D^2}{R} \Rightarrow C = 0,42 \frac{D^2}{R}$$

**VALORES SIGNIFICATIVOS**

|         |         |
|---------|---------|
| 400m    | 1cm     |
| 1000m   | 7cm     |
| 2.000m  | 26cm    |
| 4.000m  | 106cm   |
| 8.000m  | 422cm   |
| 15.000m | 1.483cm |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

**EXPRESIÓN DEFINITIVA  
EN NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA**

$$Z_p = Z_E + t_E^p + i_E - m_p + 0,42 \frac{D^2}{R}$$

$Z_p$  = Cota del punto observado     $Z_E$  = Cota de la estación  
 $t_E^p$  = Valor de la tangente     $i_E$  = Altura de instrumento  
 $m_p$  = Altura de mira o prisma     $R$  = Radio medio de la tierra

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

**ERRORES EN LA NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA**

$$Z_p = Z_E + t_E^p + i_E - m_p + 0,42 \frac{D^2}{R} \Leftrightarrow t_A^B = \frac{D_A^B}{\text{tag} V_A^B} = D_A^B \cdot \text{Cotg} V_A^B$$

$$e_t^I = \Delta D \cdot \text{Cotg} V$$

$$e_t^{II} = D [\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_T^C) - \text{Cotg} V]$$

$$e_i = 1 \text{ cm}$$

$$e_m = m\beta \cdot \text{tg}(\alpha + \beta) = m(1 - \cos \beta)$$

|                                                  |
|--------------------------------------------------|
| $0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1 \text{ cm}$     |
| $100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2 \text{ cm}$   |
| $200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3 \text{ cm}$   |
| $500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4 \text{ cm}$  |
| $1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5 \text{ cm}$ |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.2.- NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

**ERROR TOTAL EN NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA**

**ERROR EN UN TRAMO**

$$e = \sqrt{(e_t^I)^2 + (e_t^{II})^2 + e_i^2 + e_m^2}$$

**ERROR EN "n" TRAMOS**

$$e_{\text{TOTAL}} = \frac{e \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{2}}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**SUPUESTO PRÁCTICO II-4 (Pág. 86)**

Con un taquímetro que tiene las siguientes especificaciones técnicas:

$S = 30''$ ;     $A = 30$ ;     $a = 33''$

se analiza el desnivel entre un vértice estación y un determinado punto. Los datos de la captación de información son los siguientes:

- Distancia reducida estación-puntería: 180 m.
- Error en la evaluación de la distancia: 0,36%
- Pendiente de la visual:  $5^\circ$ 
  - Falta de verticalidad de la estadia:  $\beta = 20$
- Altura de la mira:  $m_B = 1,5 \text{ m}$ .

**Evaluar la incertidumbre total altimétrica.**

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**SUPUESTO PRÁCTICO II-4 (Pág. 86)**

**ERROR ANGULAR**

$$\varepsilon_v = \frac{1}{3} S = \frac{1}{3} 30 = 10''$$

$$\varepsilon_p = \frac{50}{A} \left( 1 + \frac{4A}{100} \right) = \frac{50}{30} \left( 1 + \frac{120}{100} \right) = 3,6''$$

$$\varepsilon_i = \frac{2}{3} a = \frac{2}{3} 33 = 22''$$

$$\varepsilon_t^v = \sqrt{\varepsilon_v^2 + \varepsilon_p^2 + \varepsilon_i^2} = 24,4''$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**SUPUESTO PRÁCTICO II-4 (Pág. 86)**

**ERRORES PARCIALES**

$$e_t^I = \Delta D \cdot \text{Cotg} V = 0,648 \cdot \text{Cotg} 85 = 0,057 \text{ m}$$

$$\Delta D = \frac{D \cdot \varepsilon}{100} = \frac{180 \cdot 0,36}{100} = 0,648$$

$$e_t^{II} = D \cdot [\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_T^C) - \text{Cotg} V] = 180 \cdot [\text{Cotg}(85^\circ \pm 24,4'') - \text{Cotg} 85^\circ] = 0,022 \text{ m}$$

$$e_i = 0,01 \text{ m}$$

|                                                  |                                    |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|
| $0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1 \text{ cm}$     | $\Rightarrow e_m = 0,02 \text{ m}$ |
| $100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2 \text{ cm}$   |                                    |
| $200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3 \text{ cm}$   |                                    |
| $500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4 \text{ cm}$  |                                    |
| $1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5 \text{ cm}$ |                                    |

$$E_{\text{TOTAL}} = \sqrt{5,7^2 + 2,2^2 + 1^2 + 2^2} = 6,5 \text{ cm}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.



UNIVERSIDAD  
DE CANTABRIA

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**

4.3.- EL NIVEL

**FUNDAMENTO DE LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**

**EL NIVEL: Instrumento topográfico que correctamente estacionado define perfectamente un plano horizontal.**



$$Z_A + m_A = Z_B + m_B$$

$$Z_B = Z_A + m_A - m_B$$

$$Z_B = Z_A + \Delta Z_{AB}$$



UNIVERSIDAD  
DE CANTABRIA

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

## 4.- LA MEDIDA DE ALTURAS

4.3.- EL NIVEL

### PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

DATO,  $Z_A$   
INCÓGNITA,  $Z_B$

$$Z_B = Z_A + \Delta Z_1^1 + \Delta Z_1^2 + \Delta Z_2^3 + \Delta Z_3^4 + \Delta Z_4^B$$

Asignatura: "Topografía y Geodasia", Plan de Estudios 2010

Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros u Grado en Ingeniería de los Recursos Estratégicos

[illegible]



**UNIVERSIDAD  
DE CANTABRIA**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**

*4.3.- EL NIVEL*

**TIPOS DE NIVELES**

**A. NIVEL CONVENCIONAL**

- Se estaciona como cualquier instrumento topográfico, con una plataforma nivelante, sus correspondientes tornillos de nivelación y niveles esféricos y tóricos.
- Utiliza estadias verticales convencionales divididas en 2mm.
- Requiere dos operarios, uno en el nivel y otro en la estadia.
- La captura de datos es manual.
- Ideal para realizar nivelaciones lineales.
- Genera buenas precisiones 1mm/km.



UNIVERSIDAD  
DE CANTABRIA

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRAFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

**TIPOS DE NIVELES**

**A. NIVEL CONVENCIONAL**




**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**

*4.3.- EL NIVEL*



---

*Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros – Grado en Ingeniería de Minas*

**Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010**



**UNIVERSIDAD  
DE CANTABRIA**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

---

**TIPOS DE NIVELES**

**B. NIVEL AUTOMÁTICO**

- Se estaciona de forma automática, dicho estacionamiento se realiza mediante un sencillo mecanismo fundamentado en un péndulo simple, aunque hay que pre-nivelarlo.
- Utiliza estadias verticales convencionales divididas en 2mm.
- Requiere dos operarios, uno en el nivel y otro en la estadia.
- La captura de datos es manual.
- Ideal para realizar nivelaciones lineales.
- Genera buenas precisiones 1mm/km.

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**

*4.3.- EL NIVEL*

---

*Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros - Curso en Ingeniería de los Recursos Mineros*

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010*

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.3.- EL NIVEL

**TIPOS DE NIVELES**

**B. NIVEL AUTOMÁTICO**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.3.- EL NIVEL

**TIPOS DE NIVELES**

**C. NIVEL LÁSER**

- Se estaciona de forma automática, aunque hay que pre-nivelarlo, igual que los anteriores.
- Utiliza estadias verticales convencionales, en las que se desliza de forma vertical el sensor, divididas en 1mm.
- Sólo requiere un operario, el que lleva la estadia.
- La captura de datos es manual.
- Ideal para realizar nivelaciones zonales.
- Genera buenas precisiones 2mm/km.

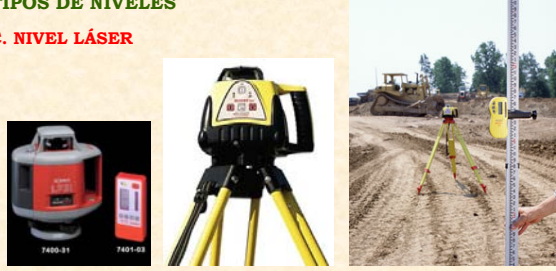
Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.3.- EL NIVEL

**TIPOS DE NIVELES**

**C. NIVEL LÁSER**



Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.3.- EL NIVEL

**TIPOS DE NIVELES**

**D. NIVEL ELECTRÓNICO**

- Se estaciona de forma automática, aunque hay que pre-nivelarlo, igual que los anteriores.
- Utiliza estadias verticales con códigos de barras, que permiten la lectura automática, con un lector óptico.
- Requiere dos operarios, uno al nivel y otro a la estadia.
- La captura de datos es automática y en formato digital.
- Ideal para realizar nivelaciones de todo tipo.
- Genera excelentes precisiones 0,5 mm/km.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.3.- EL NIVEL

**TIPOS DE NIVELES**

**D. NIVEL ELECTRÓNICO**

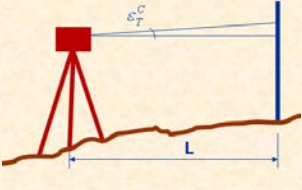


Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.3.- EL NIVEL

**FUENTES DE ERROR EN NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**  
**ERRORES PROPIOS DEL INSTRUMENTO**



$$e_i = \frac{\epsilon_T^C \cdot L}{636620 / 206265}$$

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_v &= \frac{S}{3} \\ \epsilon_p &= \frac{k}{A} \left( 1 + \frac{4A}{100} \right) \end{aligned} \right\} \epsilon_T^C = \sqrt{\epsilon_v^2 + \epsilon_p^2}$$

$k = 150'' \pm 50''$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.3.- EL NIVEL

**FUENTES DE ERROR EN NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**  
**ERROR POR FALTA DE VERTICALIDAD DE LA MIRA**

$$e_m = BC'' - BC' = C'C''$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{CC''}{CB'} \Rightarrow CC'' = CB' \cdot \operatorname{tg} \beta$$

$$C'C'' < CC'' \Rightarrow e_m = CB' \cdot \operatorname{tg} \beta$$

$$CB' < C'B' \rightarrow m_B \cdot \beta$$

$$e_{II} = \frac{m_B \cdot \beta \cdot \operatorname{tg} \beta}{636620 / 2066265}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**4.- LA MEDIDA DE ALTURAS**  
4.3.- EL NIVEL

**ERROR EN LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**  
**ERROR EN UN TRAMO**

$$e = \sqrt{e_I^2 + e_{II}^2} = \sqrt{\left( \frac{L \cdot e_I^C}{636620 / 2066265} \right)^2 + \left( \frac{m \cdot \beta \cdot \operatorname{tg} \beta}{636620 / 2066265} \right)^2}$$

**ERROR EN "n" TRAMOS**

$$e_T = \sqrt{e_I^2 + e_{II}^2} \cdot \sqrt{n}$$

**ERROR KILOMÉTRICO**

$$e_k = \sqrt{e_I^2 + e_{II}^2} \cdot \sqrt{\frac{1000}{L}}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**SUPUESTO PRÁCTICO II-5 (Pág. 95)**

Al realizar una nivelación geométrica se utiliza un nivel de las siguientes características técnicas:

**Sensibilidad: 50cc**  
**Aumentos: 26**

Considerando una falta de verticalidad de la mira generalizada de 1g y niveladas de 80 m., calcular el error altimétrico esperado al nivelar 100 km.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**SUPUESTO PRÁCTICO II-5 (Pág. 95)**

**CÁLCULO DEL ERROR ANGULAR CENTAL**

$$\left. \begin{aligned} e_r &\leq \frac{S}{3} = \frac{50}{3} = 16,7^{cc} \\ e_p &\leq \frac{150}{26} \left[ 1 + \frac{4 \cdot 26}{100} \right] = 11,8^{cc} \end{aligned} \right\} e_r^C \leq \sqrt{e_H^2 + e_p^2} = 20,4^{cc}$$

**CÁLCULO DEL ERROR EN LA NIVELACIÓN**

$$\left. \begin{aligned} e_z' &= \frac{e_r^C \cdot L}{636.620} = \frac{20,4 \cdot 80.000}{636.620} = 2,56 \text{ mm.} \\ e_z'' &= 2.000 \frac{10.000}{636620} \operatorname{tg} 1^s = 0,49 \text{ mm.} \end{aligned} \right\} e_z^T = \sqrt{2,56^2 + 0,49^2} \sqrt{\frac{100000}{80}} = 92 \text{ mm.}$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 15.-**  
**SUPUESTO PRÁCTICO II-6 (Pág. 97)**

**Resolver la siguiente libreta de nivelación:**

| ESTACIONES DE LA MIRA | LECTURA DE ESPALDA |     | LECTURA DE FRENTE |     | DIFERENCIA - (BAJA) |    | DIFERENCIA + (SUBE) |    | ALTITUDES DEL ORIGEN |      |
|-----------------------|--------------------|-----|-------------------|-----|---------------------|----|---------------------|----|----------------------|------|
|                       | m                  | mm  | m                 | mm  | m                   | mm | m                   | mm | m                    | mm   |
| 1                     | 1                  | 352 | 1                 | 111 |                     |    |                     |    | 1                    | 0000 |
| 2                     | 1                  | 968 | 1                 | 527 |                     |    |                     |    |                      |      |
| 3                     | 2                  | 346 | 1                 | 983 |                     |    |                     |    |                      |      |
| 4                     | 2                  | 548 | 2                 | 138 |                     |    |                     |    |                      |      |
| 5                     | 1                  | 817 | 2                 | 064 |                     |    |                     |    |                      |      |
| 6                     | 2                  | 168 | 2                 | 642 |                     |    |                     |    |                      |      |
| 7                     | 1                  | 978 | 2                 | 144 |                     |    |                     |    |                      |      |
| 8                     | 1                  | 964 | 1                 | 648 |                     |    |                     |    |                      |      |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 15.-**  
**SUPUESTO PRÁCTICO II-6 (Pág. 97)**

**Resolución de la libreta de nivelación:**

| ESTACION | LECTURA ESPALDA |     | LECTURA FRENTE |     | - (BAJA) | + (SUBE) | ALTITUDES DEL ORIGEN |
|----------|-----------------|-----|----------------|-----|----------|----------|----------------------|
|          | m               | mm  | m              | mm  |          |          |                      |
| 1        | 1               | 352 | 1              | 111 | ----     | 0.241    | 100.000              |
| 2        | 1               | 968 | 1              | 527 | ----     | 0.441    | 100.682              |
| 3        | 2               | 346 | 1              | 983 | ----     | 0.363    | 101.045              |
| 4        | 2               | 548 | 2              | 138 | ----     | 0.410    | 101.455              |
| 5        | 1               | 817 | 2              | 064 | 0.247    | ----     | 101.208              |
| 6        | 2               | 168 | 2              | 642 | 0.474    | ----     | 100.734              |
| 7        | 1               | 978 | 2              | 144 | 0.166    | ----     | 100.568              |
| 8        | 1               | 964 | 1              | 648 | ----     | 0.316    | 100.884              |

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 16.-**

**Contrastar el error cometido al realizar una nivelación entre dos puntos que se encuentran a 1.200 m. Sabiendo que los instrumentos utilizados fueron los siguientes:**

**TAQUÍMETRO.-**  
[S=60<sup>cc</sup> ; A=30 ; a=20<sup>cc</sup>]  
4 Tramos de 300 m.  
Error relativo 0,30 %  
Pendiente de la visual 5<sup>e</sup>

**EST. TOPOGRÁFICA.-**  
[S=40<sup>cc</sup> ; A=30 ; a=10<sup>cc</sup>]  
1 Tramo de 1.200 m.  
Pendiente de la visual 3<sup>e</sup>

**NIVEL.-**  
[S=20<sup>cc</sup> ; A=30]  
24 Tramos de 50 m.  
Inclinación de la mira 1<sup>e</sup>  
Altura de la mira 2 m.

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 16.-**

**ERROR EN LA NIVELACIÓN CON TAQUÍMETRO**

$e'_i = \Delta D \cdot \text{Cotg} V = 0,9 \cdot \text{Cotg} 95 = 0,07m.$

$\Delta D = \frac{D \cdot \varepsilon}{100} = \frac{300 \cdot 0,3}{100} = 0,90$

$e''_i = D \cdot [\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_r^c) - \text{Cotg} V] e''_i = 300 \cdot [\text{Cotg}(95 \pm 0,0027) - \text{Cotg} 95] = 0,01m.$

$\varepsilon_v = \frac{60}{3} = 20^{cc}$   
 $\varepsilon_p = \frac{150}{30} \left( 1 + \frac{4 \cdot 30}{100} \right) = 11^{cc}$   
 $\varepsilon_i = \frac{2}{3} \cdot 20 = 13,3^{cc}$

$\varepsilon_r^c = 26,5^{cc} \approx 27^{cc}$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 16.-**

**ERROR EN LA NIVELACIÓN CON TAQUÍMETRO**

$e_i = 0,01m.$

$e_m \Rightarrow \begin{cases} 0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1cm \\ 100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2cm \\ 200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3cm \\ 500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4cm \\ 1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5cm \end{cases} \Rightarrow e_m = 0,03m$

**ERROR EN UN TRAMO**  $e = \sqrt{7^2 + 1^2 + 1^2 + 3^2} = 7,7cm.$

**ERROR TOTAL ALTIMÉTRICO**  $e_T = e \cdot \sqrt{n} = 7,7 \cdot \sqrt{4} \approx 16cm.$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 16.-**

**ERROR EN LA NIVELACIÓN CON ESTACIÓN TOTAL**

$e'_i = \Delta D \cdot \text{Cotg} V = 0,035 \cdot \text{Cotg} 97 = 0,001m.$

$\Delta D = (e_v + e_p) + (10mm + 5ppm) = 20 + 10 + 5 = 35mm$

$e''_i = D \cdot [\text{Cotg}(V \pm \varepsilon_r^c) - \text{Cotg} V] e''_i = 1200 \cdot [\text{Cotg}(97 \pm 0,0019) - \text{Cotg} 97] = 0,036m.$

$\varepsilon_v = \frac{40}{3} = 13,33^{cc}$   
 $\varepsilon_p = \frac{150}{30} \left( 1 + \frac{4 \cdot 30}{100} \right) = 11^{cc}$   
 $\varepsilon_i = \frac{2}{3} \cdot 10 = 6,66^{cc}$

$\varepsilon_r^c = 18,5^{cc} \approx 19^{cc}$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 16.-**

**ERROR EN LA NIVELACIÓN CON ESTACIÓN TOTAL**

$e_i = 0,01m.$

$e_m \Rightarrow \begin{cases} 0 < D < 100 \Rightarrow e_m = 1cm \\ 100 < D < 200 \Rightarrow e_m = 2cm \\ 200 < D < 500 \Rightarrow e_m = 3cm \\ 500 < D < 1000 \Rightarrow e_m = 4cm \\ 1000 < D < 2000 \Rightarrow e_m = 5cm \end{cases} \Rightarrow e_m = 0,06m$

**ERROR EN UN TRAMO**  $e = \sqrt{0,1^2 + 3,6^2 + 1^2 + 6^2} = 7cm.$

**ERROR TOTAL ALTIMÉTRICO**  $e_T = e \cdot \sqrt{n} = 7 \cdot \sqrt{1} \approx 7cm.$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.

**UC** UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**EJERCICIO PRÁCTICO Número 16.-**

**ERROR EN LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**

$$e_{TOTAL} = \sqrt{\left( \frac{L \cdot \varepsilon_r^c}{636620} \right)^2 + \left( \frac{m \cdot \beta \cdot \text{tg} \beta}{636620} \right)^2} \cdot \sqrt{n}$$

$\varepsilon_v = \frac{S}{3} = \frac{20}{3} = 6,66^{cc}$   
 $\varepsilon_p = \frac{150}{30} \left( 1 + \frac{4 \cdot 30}{100} \right) = 11^{cc}$

$\varepsilon_r^c = \sqrt{6,66^2 + 11^2} = 13^{cc}$

$$e_{TOTAL} = \sqrt{\left( \frac{50 \cdot 13}{636620} \right)^2 + \left( \frac{2 \cdot 10000 \cdot \text{tg} 1}{636620} \right)^2} \cdot \sqrt{\frac{1200}{50}} = 0,005m.$$

Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
INGENIERÍA CARTOGRÁFICA,  
GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA.



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA**

**FIN**

*Asignatura: "Topografía y Geodesia", Plan de Estudios 2010  
Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros y Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos.*