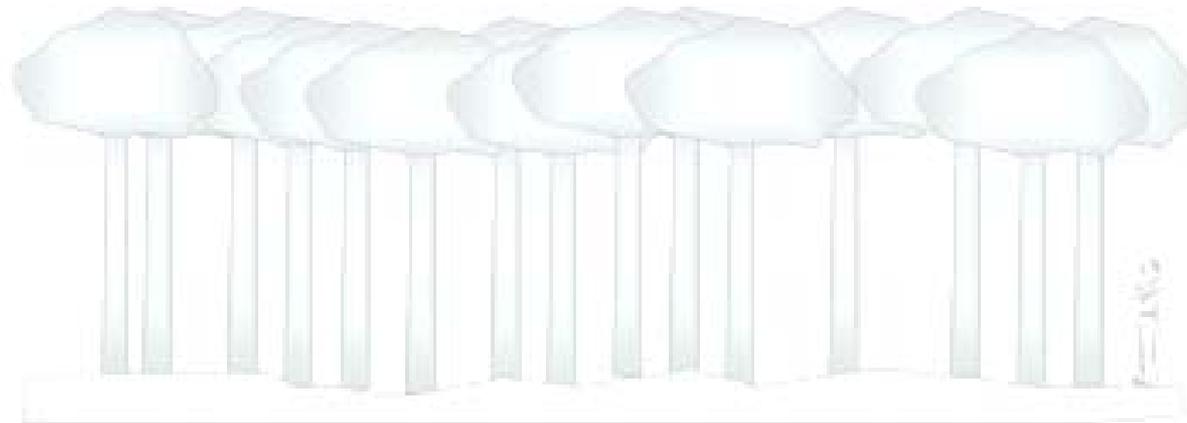




TEMA Nº 3: MEDICION DE ALTURAS DE ARBOLES (I). HIPSÓMETROS ANTÍGUOS. LOS CLINÓMETROS

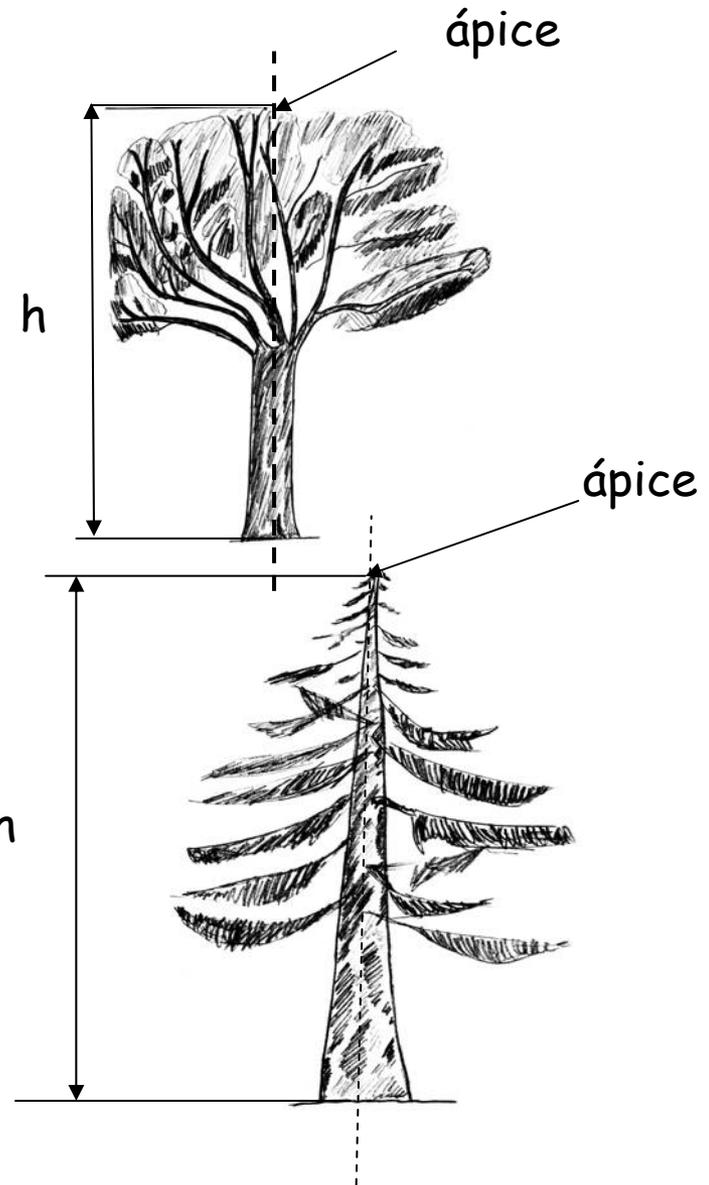




MEDICIÓN DE ALTURAS DE ÁRBOLES

Altura del árbol: longitud existente entre la base del árbol y su cima o ápice

Cima o ápice: parte superior de la copa del árbol, prolongación del eje de su tronco





Métodos de determinación de la altura de los árboles

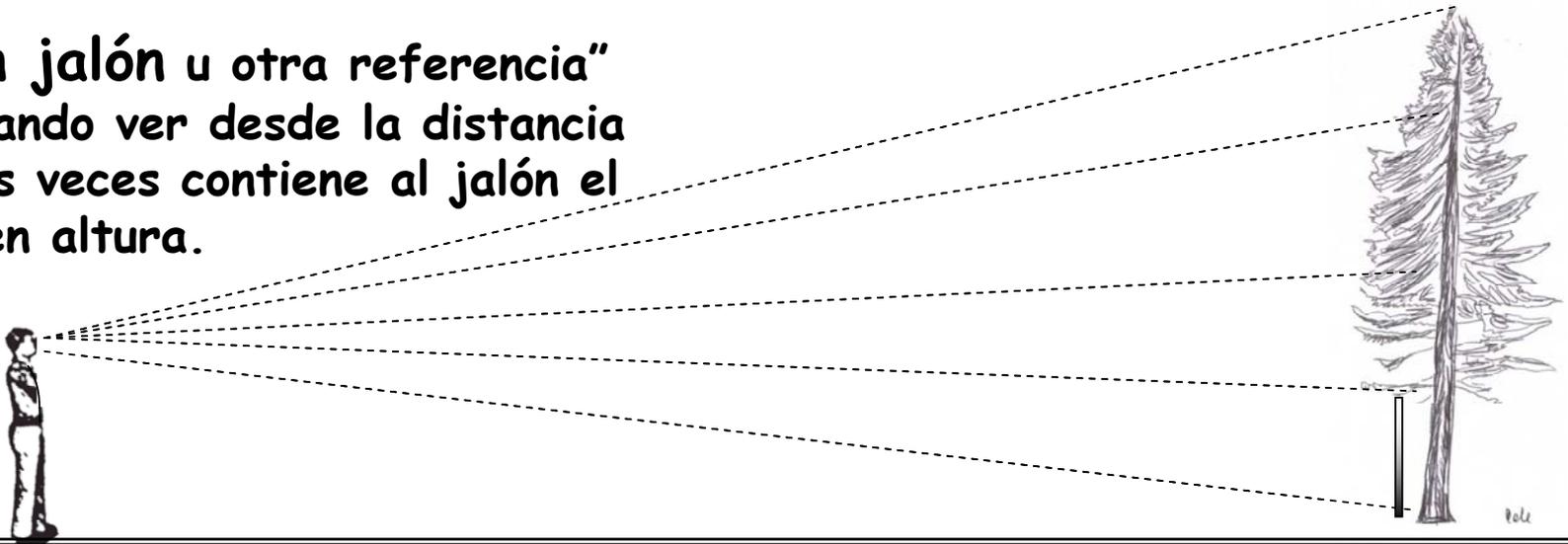
- *Métodos directos*
- *Métodos basados en la utilización de hipsómetros*



Métodos directos

Aproximados:

- “a ojo” Personas con experiencia como los agentes forestales u otros profesionales forestales conocedores con precisión de las características de los árboles de una masa determinada pueden determinar en ocasiones su altura con cierta precisión.
- “por comparación” En ciertas ocasiones, en masas uniformes con pies de dimensiones muy similares, se miden algunos con hipsómetro y los cercanos por comparación.
- “con jalón u otra referencia” Intentando ver desde la distancia cuantas veces contiene al jalón el árbol en altura.

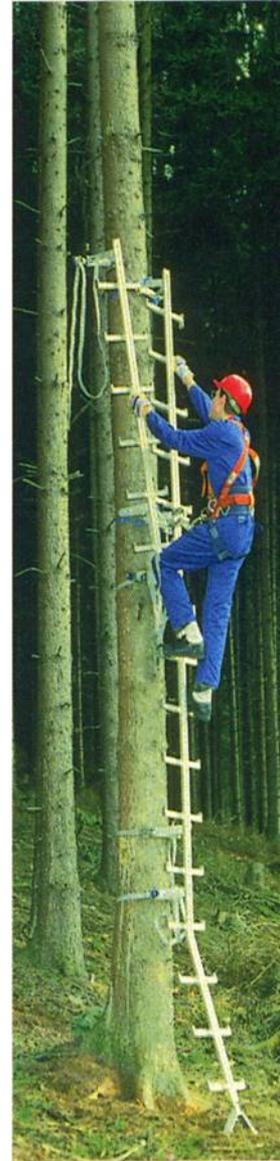


Métodos directos

Exactos:

1. *"escalada al árbol"*

2. *"empleo de pertigas telescópicas"*





Métodos basados en la utilización de hipsómetros

Hipsómetros antiguos

A) Hipsómetros que estacionan a igual distancia que la altura del árbol:

1. Cruz del hachero

2. Escuadra

B) Hipsómetros que utilizan una pértiga o jalón de referencia

1. regla de Christen

2. regla de Daalder

Hipsómetros actuales

C) Hipsómetros tipo plancheta, (los más utilizados), basados en situarse a una distancia de escala prefijada del árbol

1. Plancheta

2. Blume - Leiss

3. Suunto

4. Silva

5. Haga

D) Hipsómetros de última generación

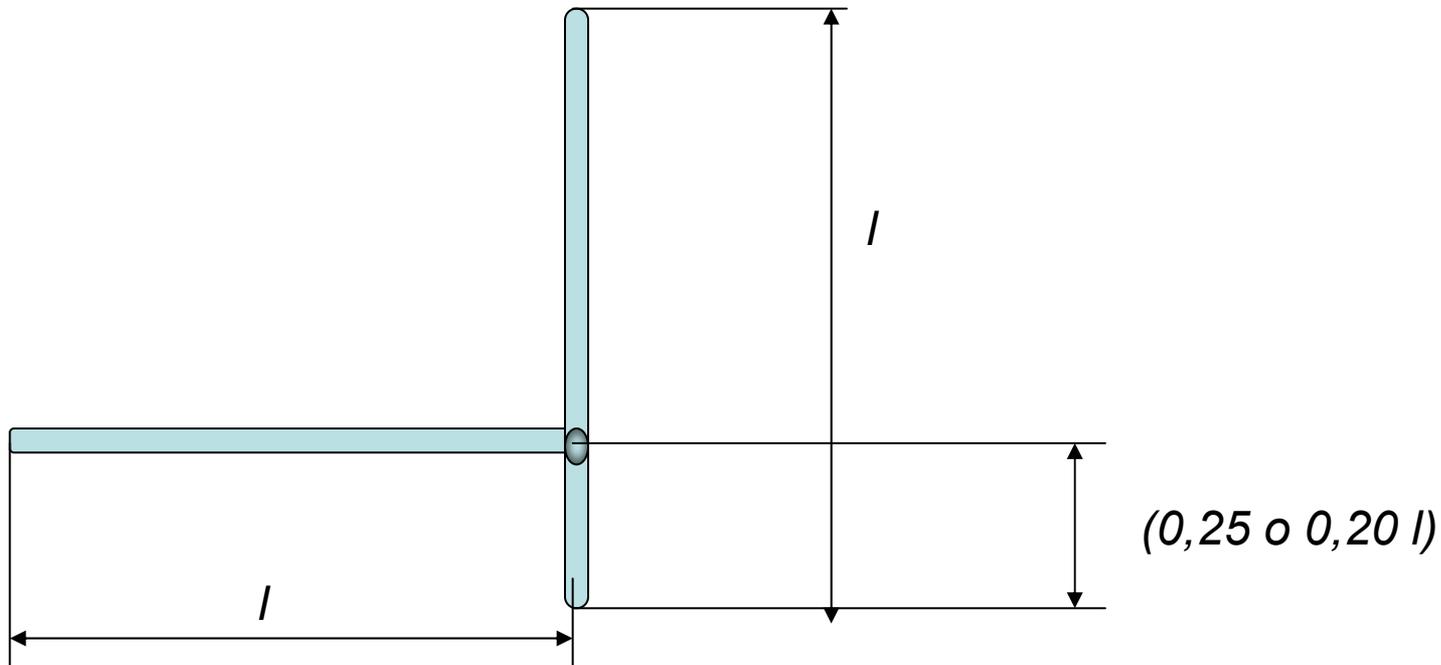
1. " El dendrómetro VERTEX"

2. " clinómetro electrónico Häglof"



Cruz del hachero

- Compuesta por dos varillas de igual longitud (25 cmtrs.), formando una especie de T deformable y que giran en torno a un punto de unión.
- Su utilización en la medición de alturas, está basada en el principio de semejanza de triángulos.





Cruz del hachero

(método operativo para la medición de alturas)

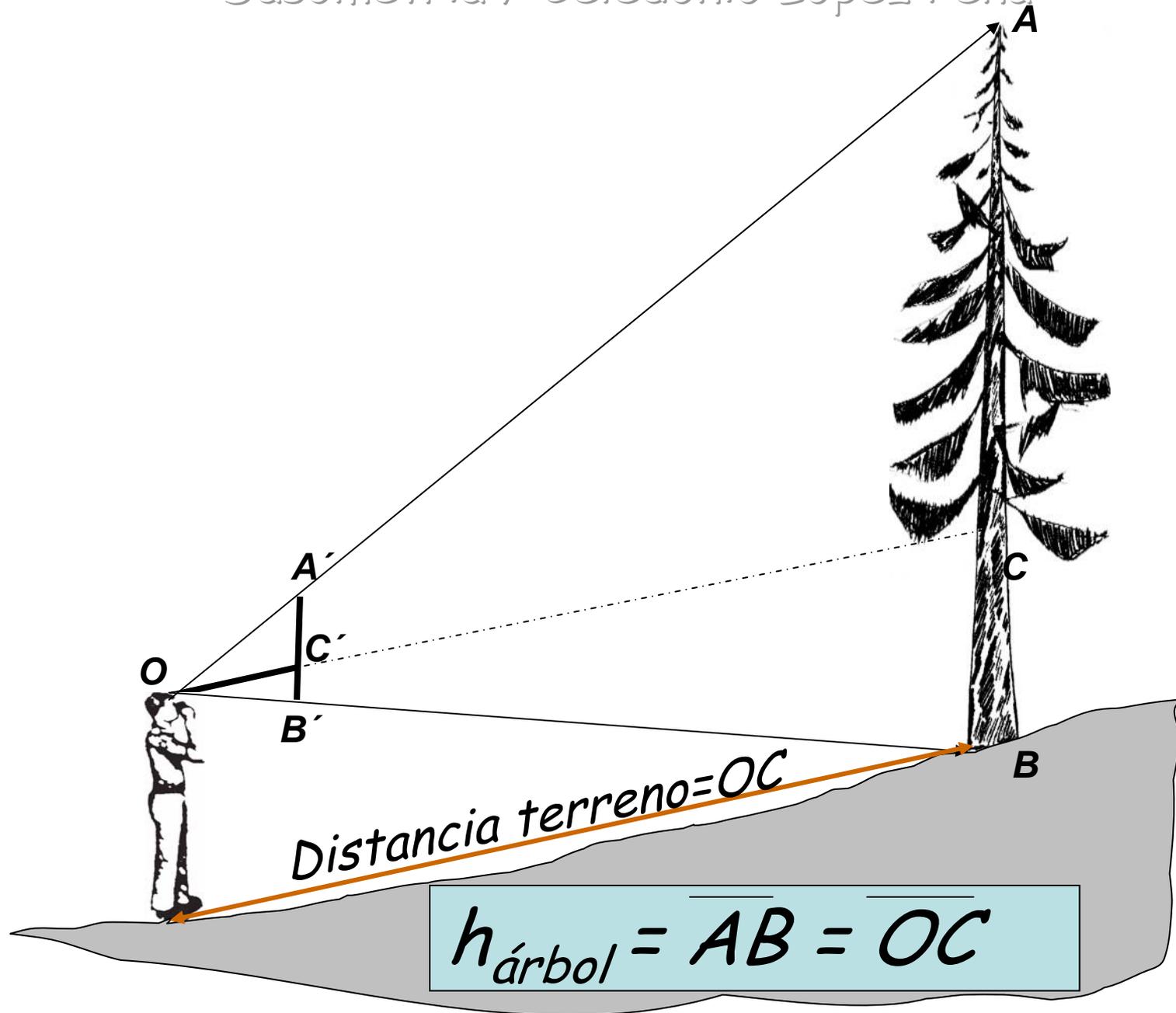
Su utilización es independiente de la pendiente del terreno

1º/ Nos situamos a una distancia aproximadamente igual a la altura del árbol desde la que se aprecie con nitidez el ápice y la base del árbol.

2º/ Colocamos la Cruz a la altura de nuestros ojos con una varilla paralela al eje del árbol y otra paralela al terreno.

3º/ Lanzamos visuales a través de las varillas al ápice y a la base del árbol, avanzando o retrocediendo hasta conseguir tener el árbol entre ellas.

4º/ Cuando conseguimos esto, midiendo la distancia a la que estamos del árbol determinamos su altura, pues coinciden.





Dasometría / Celedonio López Peña

Cruz del hachero (demostración)



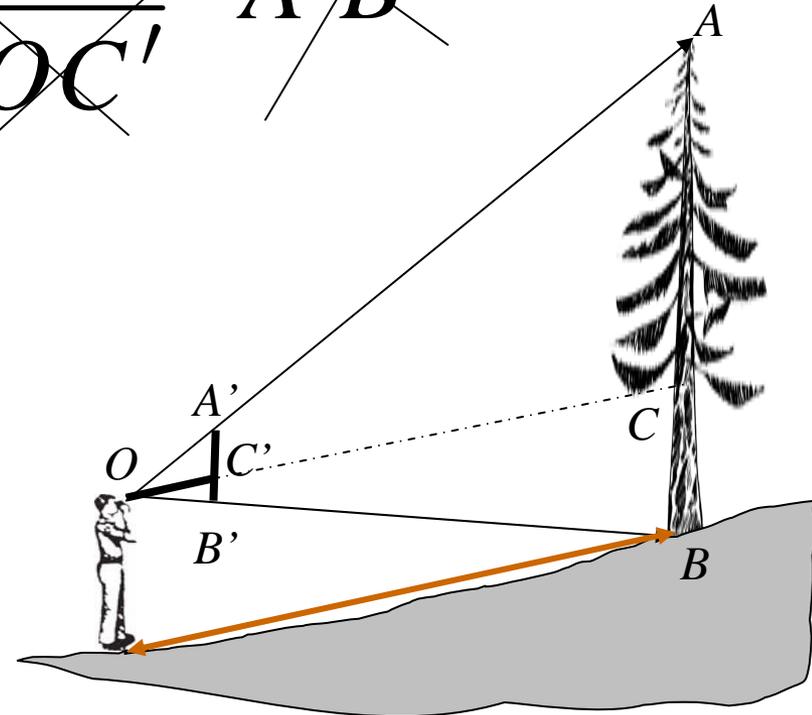
POLITÉCNICA

Esto fácilmente demostrable por semejanza de triángulos

$\widehat{OA'B'}$ semejante \widehat{OAB}

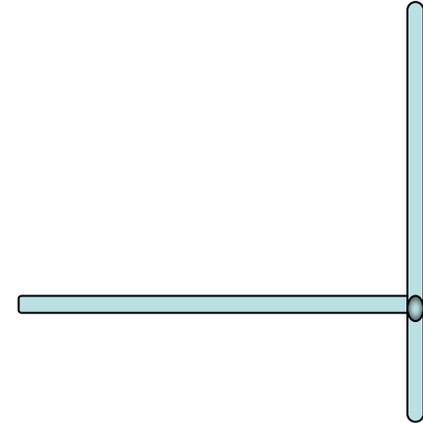
$$\frac{\overline{AB}}{\overline{A'B'}} = \frac{\overline{OC}}{\overline{OC'}} \Rightarrow \overline{AB} = \frac{\overline{OC}}{\overline{OC'}} \cdot \overline{A'B'}$$

$$h_{\text{árbol}} = \overline{AB} = \overline{OC}$$





Cruz del hachero



- *Ventajas*

Es independiente de la inclinación del terreno.

Lo podemos fabricar fácilmente.

- *Inconvenientes*

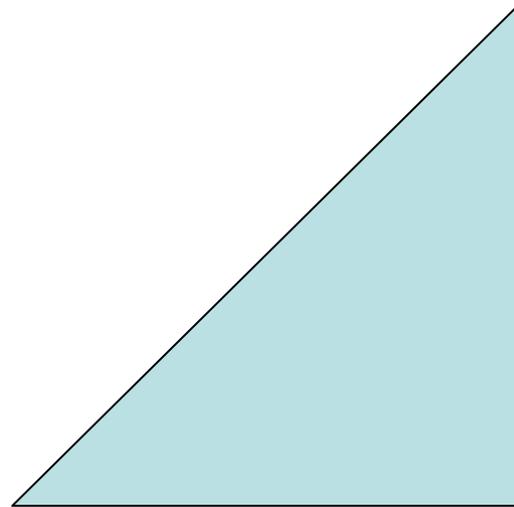
Falta de precisión.

Lentitud.



Escuadra

- Triángulo rectángulo isósceles



- Válido para medir alturas en terreno horizontal

Habitualmente es fácil reproducir situaciones de terreno horizontal, incluso en zonas de fuerte pendiente, (basta con seguir la curva de nivel que pasa por la base del árbol).



Escuadra

Podemos medir la altura de un árbol en terreno horizontal con una escuadra, para ello:

1º/ Nos situamos a una distancia aproximadamente igual a la altura del árbol desde la que se aprecie con nitidez el ápice y la base del árbol

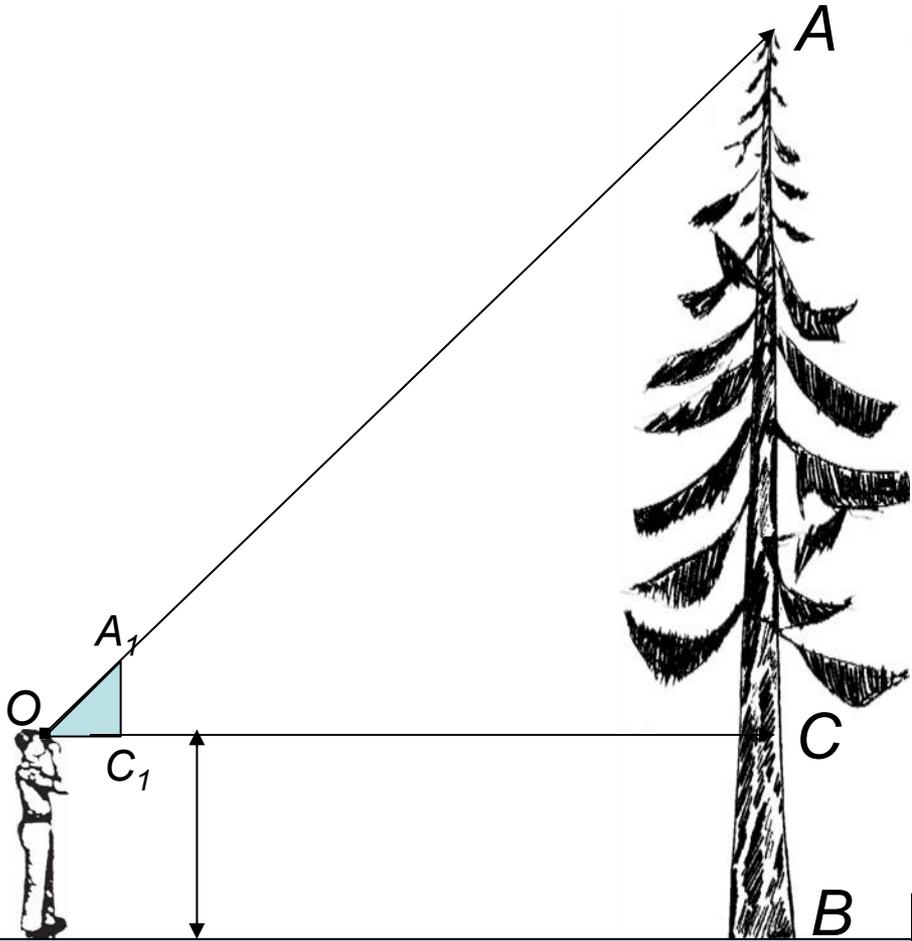
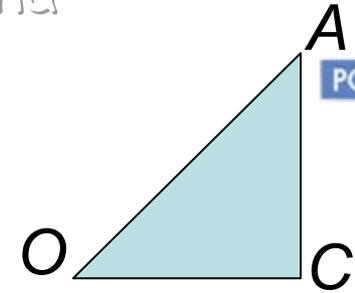
2º/ Colocamos la Escuadra a la altura de nuestros ojos con una varilla paralela al eje del árbol y otra paralela al terreno

3º/ Lanzamos visual a través de la hipotenusa de la escuadra al ápice del árbol, avanzando o retrocediendo hasta hacer puntería

4º/ Cuando conseguimos esto, midiendo la distancia a la que estamos del árbol y sumándole la altura de nuestros ojos determinamos la altura del árbol.

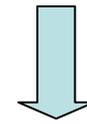


Escuadra



$\triangle OA_1C_1$ semejante $\triangle OCA$

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{A_1C_1}} = \frac{\overline{OC}}{\overline{OC_1}}$$



$$\overline{AC} = \frac{\overline{OC}}{\overline{OC_1}} \cdot \cancel{\overline{A_1C_1}}$$

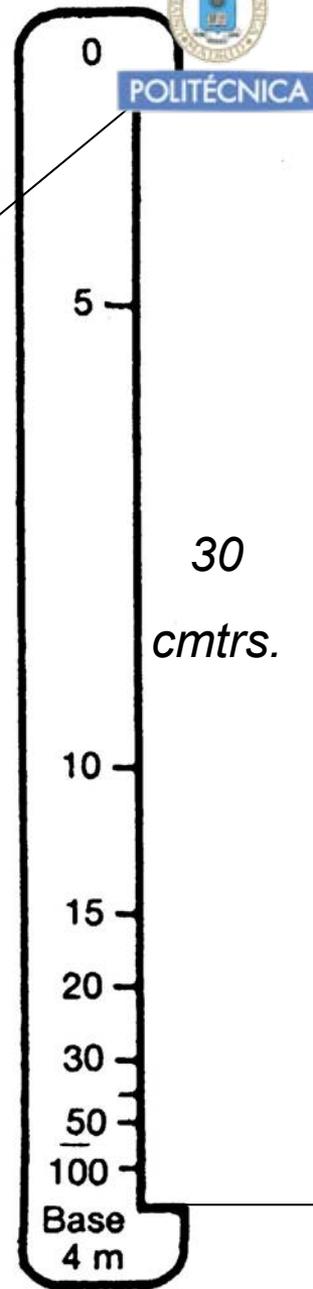
$$\overline{AC} = \overline{OC}$$

$$h_{\text{árbol}} = OC + CB(h_{\text{vista}})$$



REGLA DE CHRISTEN

- *Regleta, que hemos situar delante de nuestros ojos, paralela al árbol, colocando en su base una pértiga.*
- *Longitud habitual de la regla 30 cmtrs. y las pértigas 4 o 5 metros.*
- *Su escala de medida comienza en la zona superior, a partir de la longitud de la pértiga necesaria, y se hace creciente hacia abajo con divisiones progresivamente menores.*



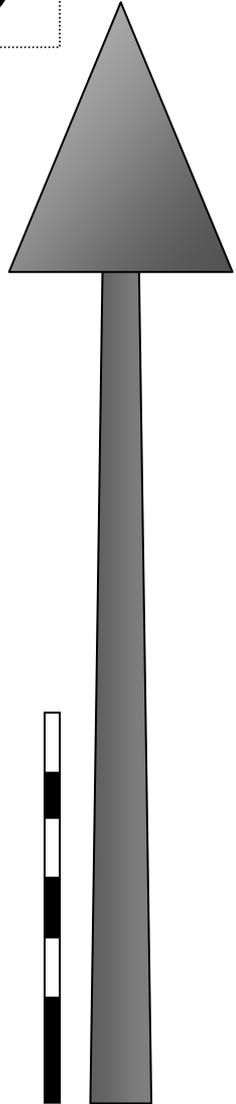


Regla de Christen (método operativo)

El procedimiento que vamos a describir es siempre el mismo, tanto en terrenos llanos como en terrenos inclinados.

1º/ Situamos delante del árbol, paralelo a su eje la pértiga o jalón correspondiente.

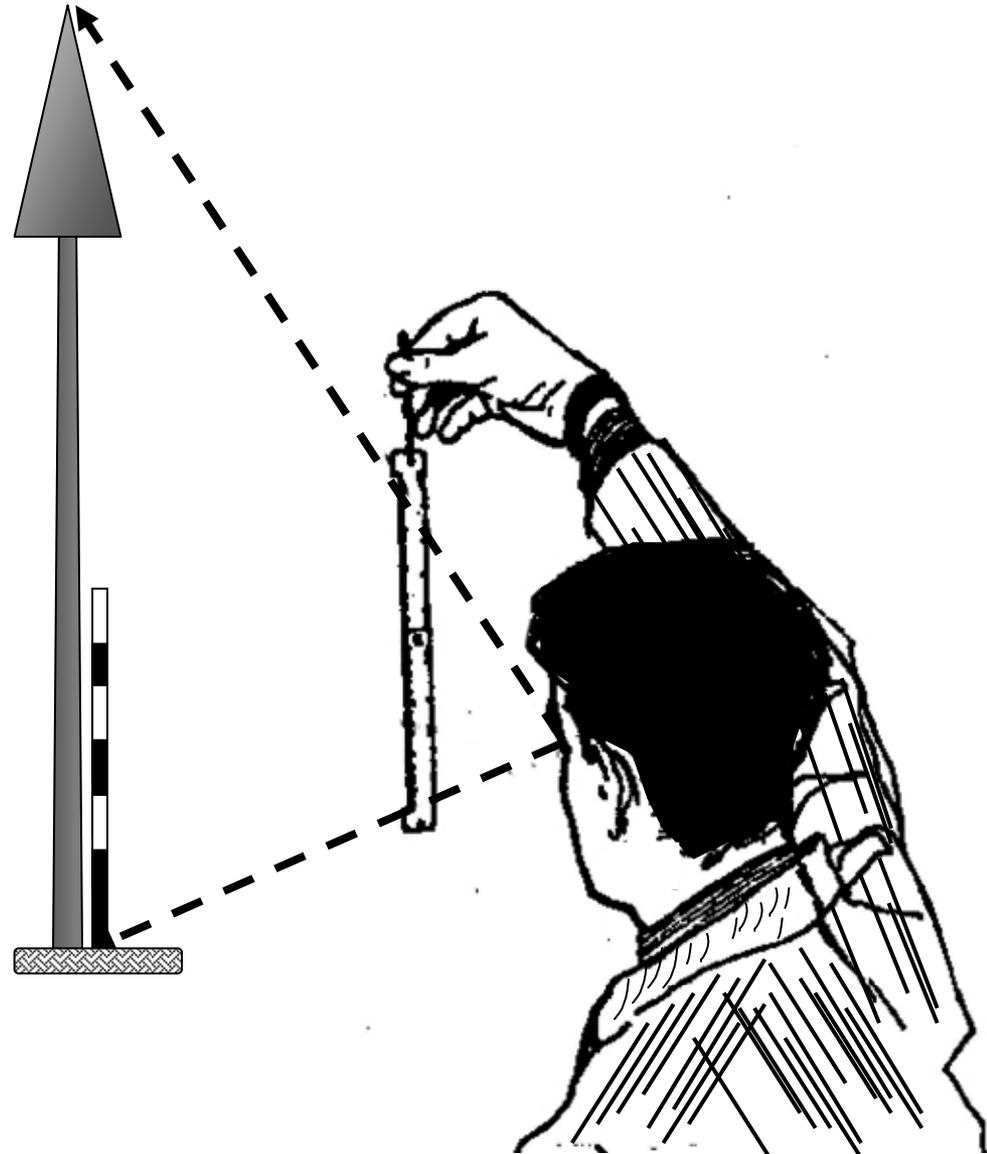
2º/ Nos alejamos del árbol hasta una posición, en la que divisemos bien el ápice y la base del árbol.





Regla de Christen (método operativo)

3º/ Colocamos la regla de Christen a la altura de nuestros ojos, paralela al eje del árbol y avanzamos o retrocedemos hasta conseguir que el árbol en su altura total quede comprendido entre las visuales dirigidas por los extremos de la regla

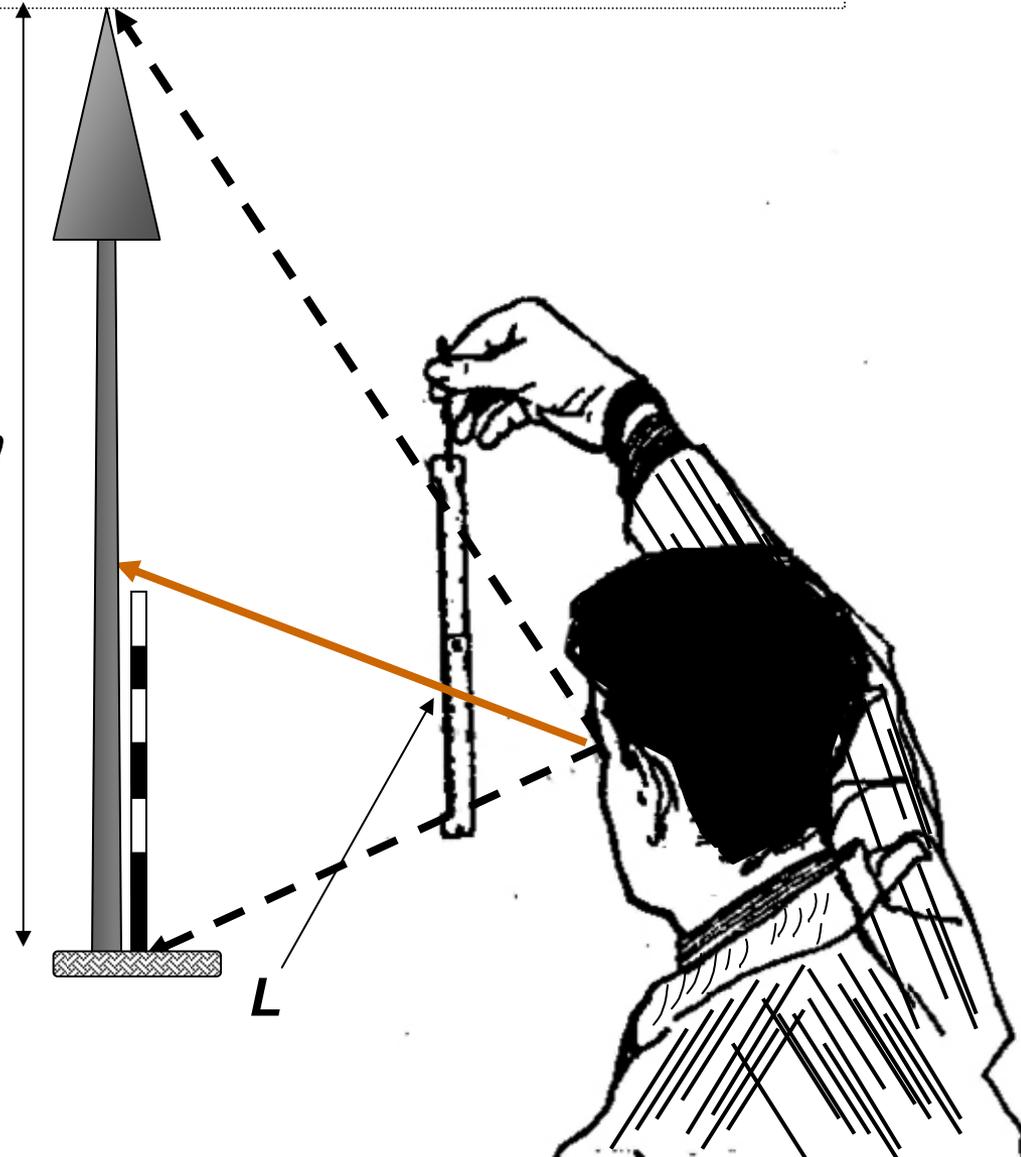




Regla de Christen (método operativo)

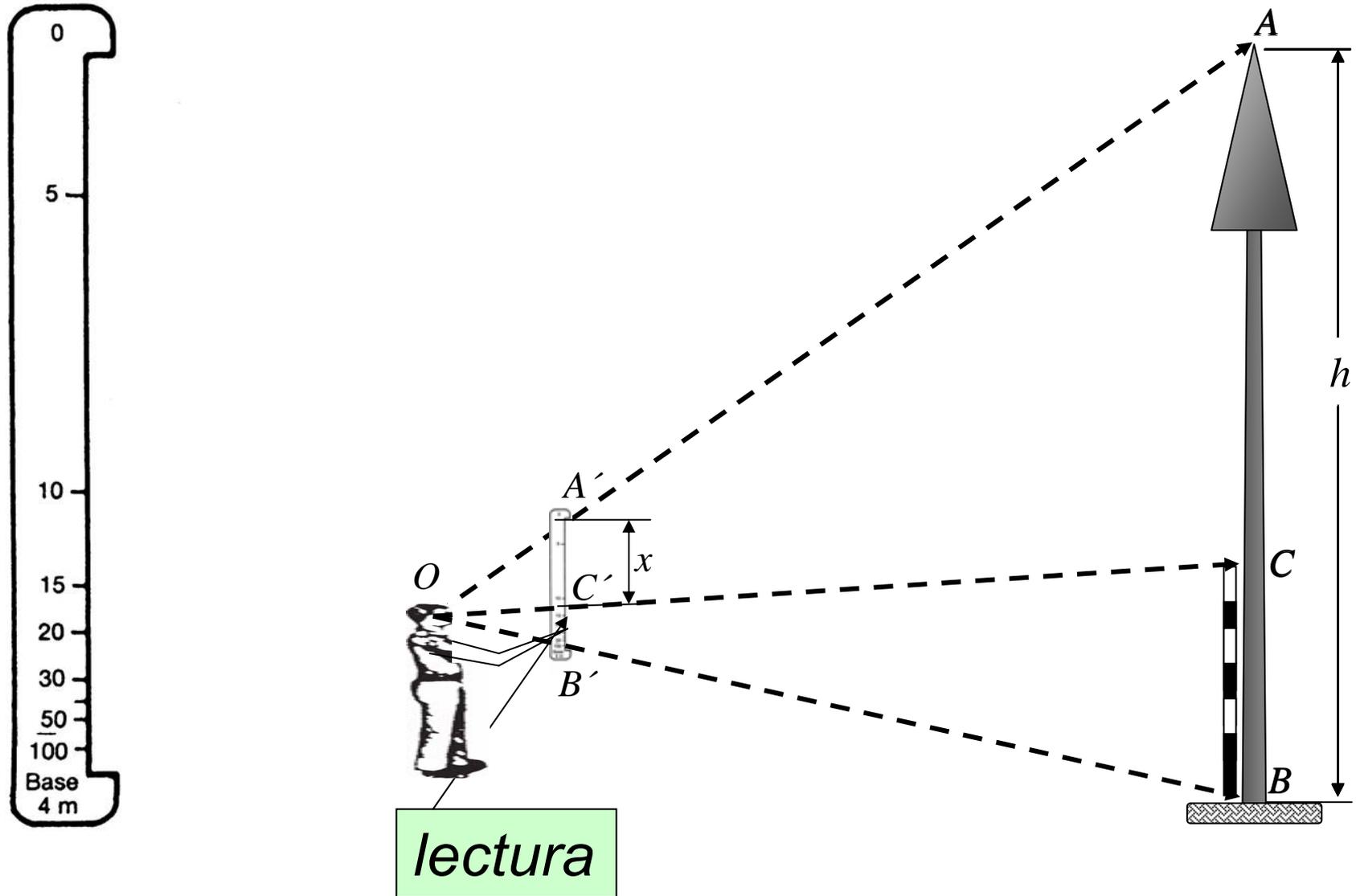
4º/ Manteniendo la posición anterior, la visual dirigida al extremo superior de la pértiga, nos dará en la regla de Christen la altura del árbol.

$$H = L$$





Regla de Christen (método operativo)

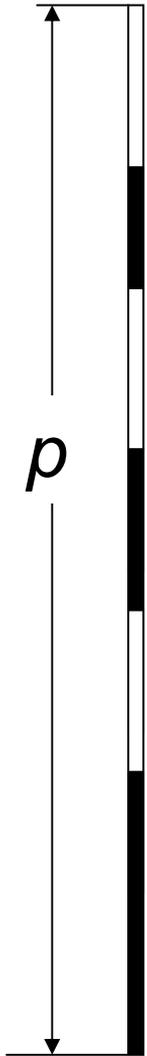




GRADUACION DE LA REGLA DE CHRISTEN



POLITÉCNICA

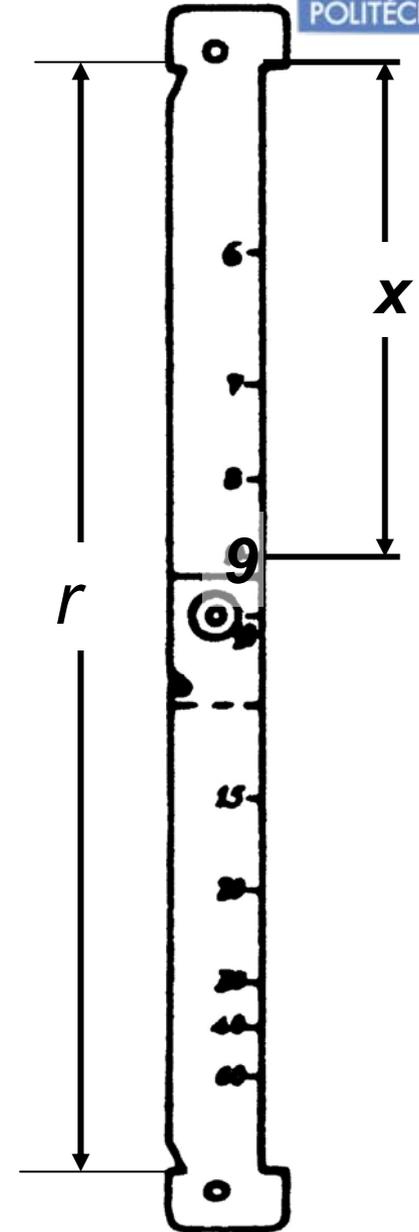


Para construir una regla de Christen, hemos de fijar la longitud de la regla a diseñar y la de la pértiga que la debe acompañar.

Por ejemplo

$$r = 30 \text{ cmtrs.}$$

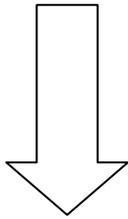
$$p = 5 \text{ metros}$$





GRADUACION DE LA REGLA DE CHRISTEN

$$x = r \left(\frac{h - p}{h} \right)$$



$$x = r \left(1 - \frac{p}{h} \right)$$

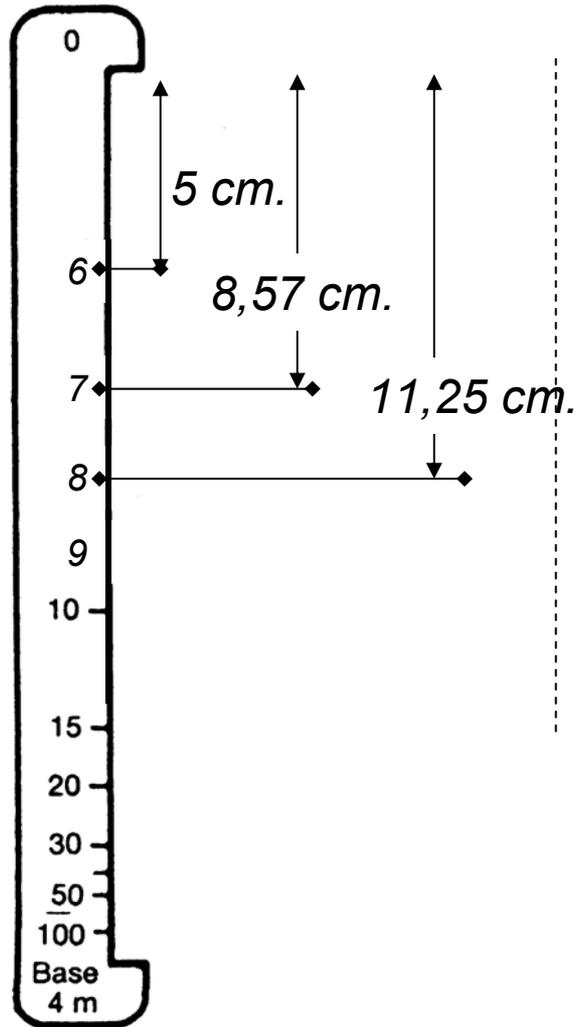
$r = 30 \text{ cm.}$

$p = 5 \text{ m.}$

X (cmtrs)	h (mtrs.)
0	5
-----	-----



GRADUACION DE LA REGLA DE CHRISTEN



X (cmtrs)	h (mtrs.)
0	5
5	6
8,57	7
11,25	8
13,33	9
15	10
16,36	11
-----	-----
22.25	20



VENTAJAS (regla de Christen)

- No es necesario considerar la distancia a la que estamos del árbol, ni la inclinación del terreno
- Fácil de construir y económica.

INCONVENIENTES (regla de Christen)

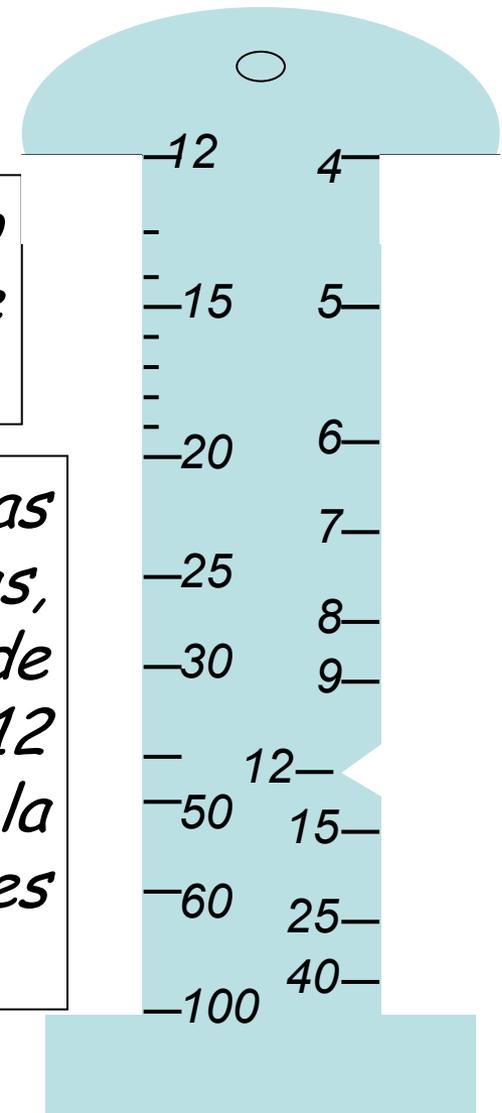
- Necesidad de utilizar una pértiga. Limita mucho su operatividad
- Dificultad en el lanzamiento de visuales
- Para árboles altos, pierde precisión. Una regla de Christen típica $r = 30$ cmtrs. y $p = 4$ o 5 mtrs, da precisión suficiente solo para árboles de hasta 20 mtrs. de altura
- Lentitud método operativo



Regla de Daalder

Hipsómetro diseñado en su momento para mejorar la precisión de la regla de Christen en la medida de árboles altos.

Lo podemos considerar como dos reglas de Cristhen complementarias contiguas, una para jalón de 4 m. y otra para jalón de 12 m. La parte graduada para jalón de 12 m. nos dará mucha mayor precisión en la determinación de la altura de árboles altos.

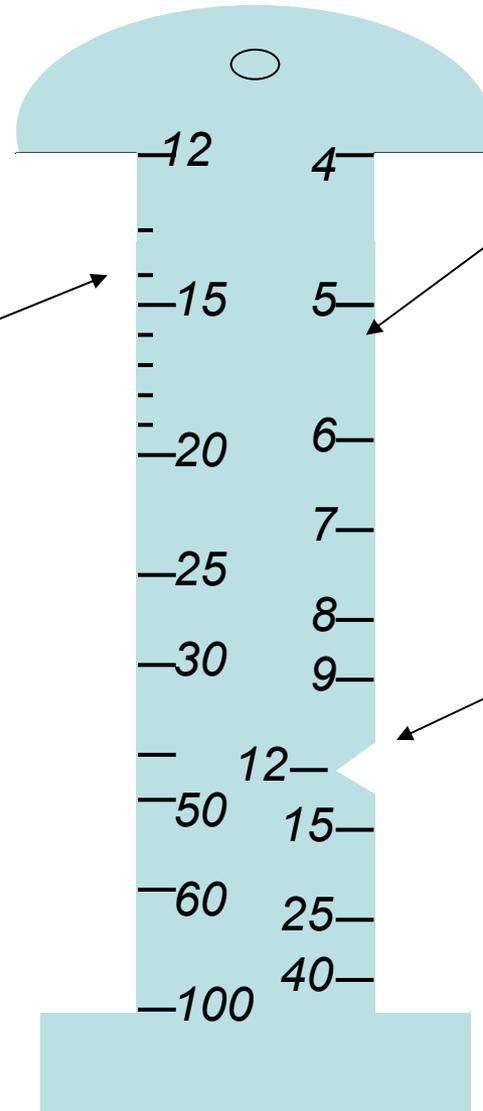




Regla de Daalder

*Regla de Christen
para pértiga de 12 m.*

*Mejora la
precisión para
árboles altos de
más de 20 m. de
altura*



*Regla de Christen
para pértiga de 4
metros*

*Entrante a
los 12 m.*

*Suficiente
precisión para
medir alturas de
árboles de hasta
20 m.*



Regla de Daalder (método operativo)



POLITÉCNICA

- *Si se trata de un árbol de pequeña dimensión, se utiliza la parte para pértiga de 4 metros.*
- *Si se trata de un árbol elevado mayor de (18-20 m.), se utiliza la parte para pértiga de 12 metros procediendo de la siguiente manera:*

1° Utilizando la escala de la regla de Christen convencional con la pértiga de 4 metros, determinamos en el árbol un punto P, correspondiente a la altura de 12 metros, apoyándonos en la muesca de dicha escala.

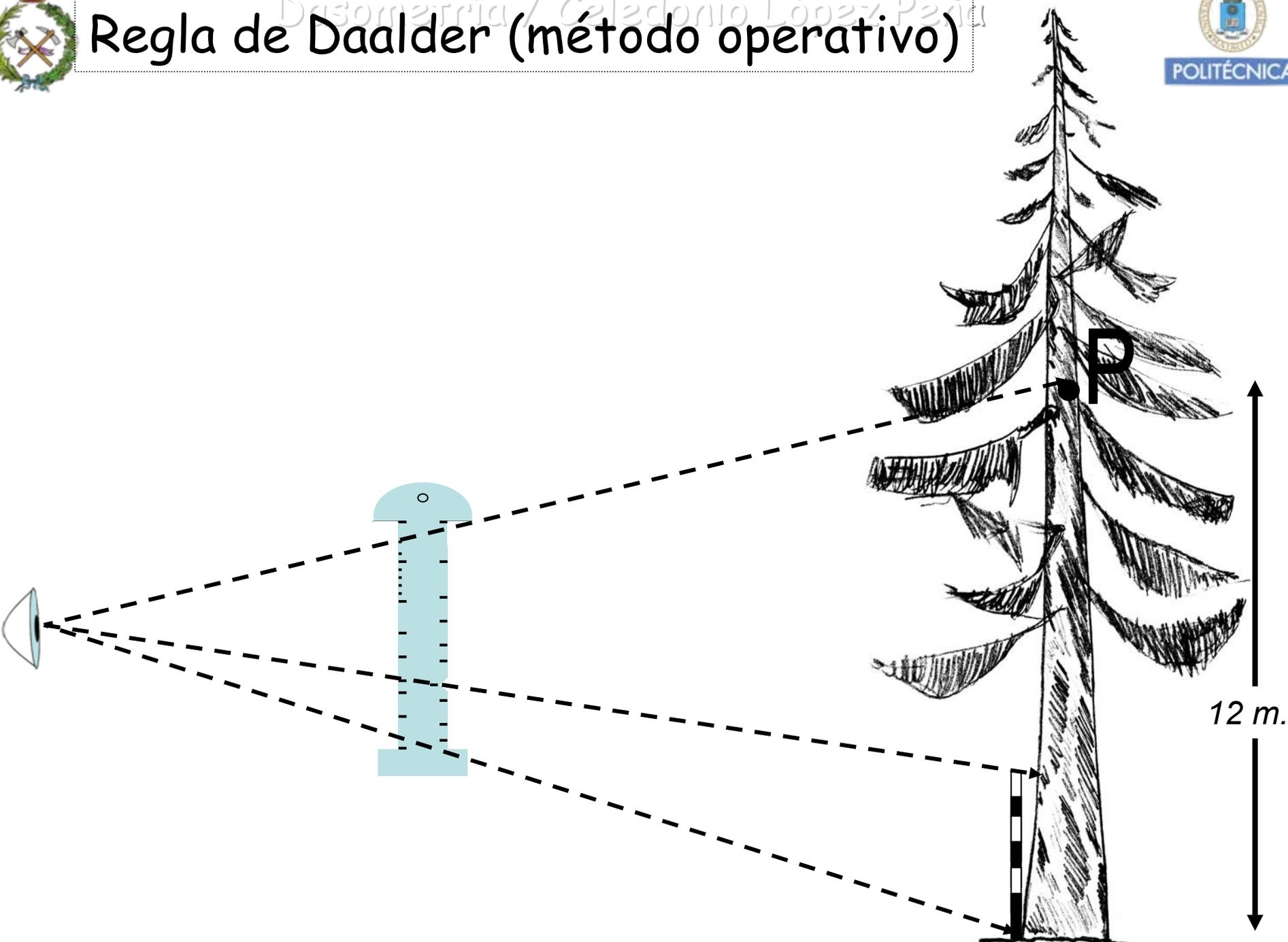


Regla de Daalder (método operativo)

Dendrometría / Caledonio López-Peña



POLITÉCNICA





Regla de Daalder (método operativo)



POLITÉCNICA

2° Utilizando la altura del punto P como extremos superior de una pértiga ficticia de 12 metros, una vez ajustadas el ápice y la base del árbol con las visuales extremas de la regla en la escala para la pértiga de 12 m., la visual al punto previamente determinado de 12 m. nos dará en dicha escala la altura correspondiente del árbol.

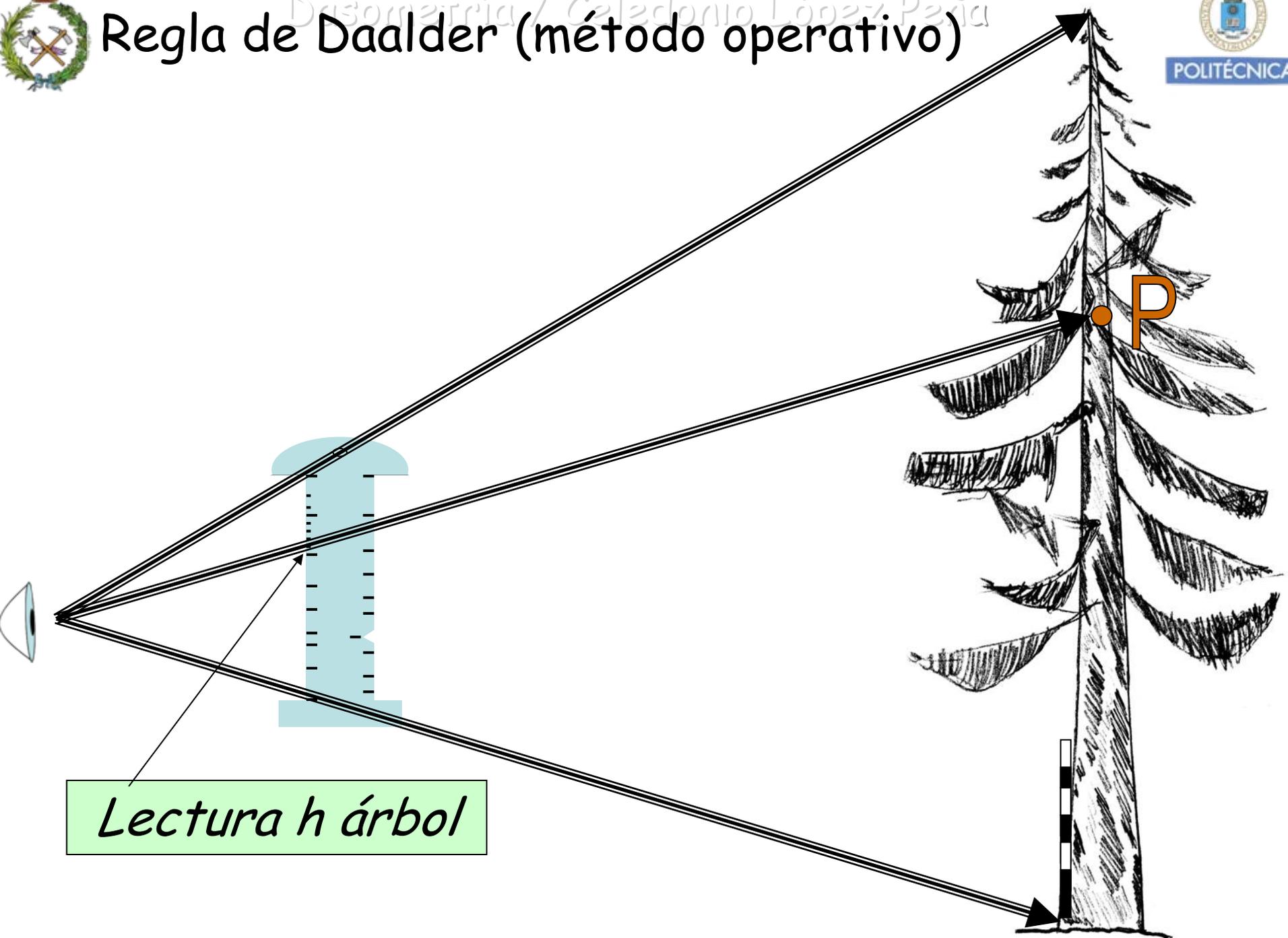


Regla de Daalder (método operativo)

Dendrometría / Celedonio López Peña



POLITÉCNICA



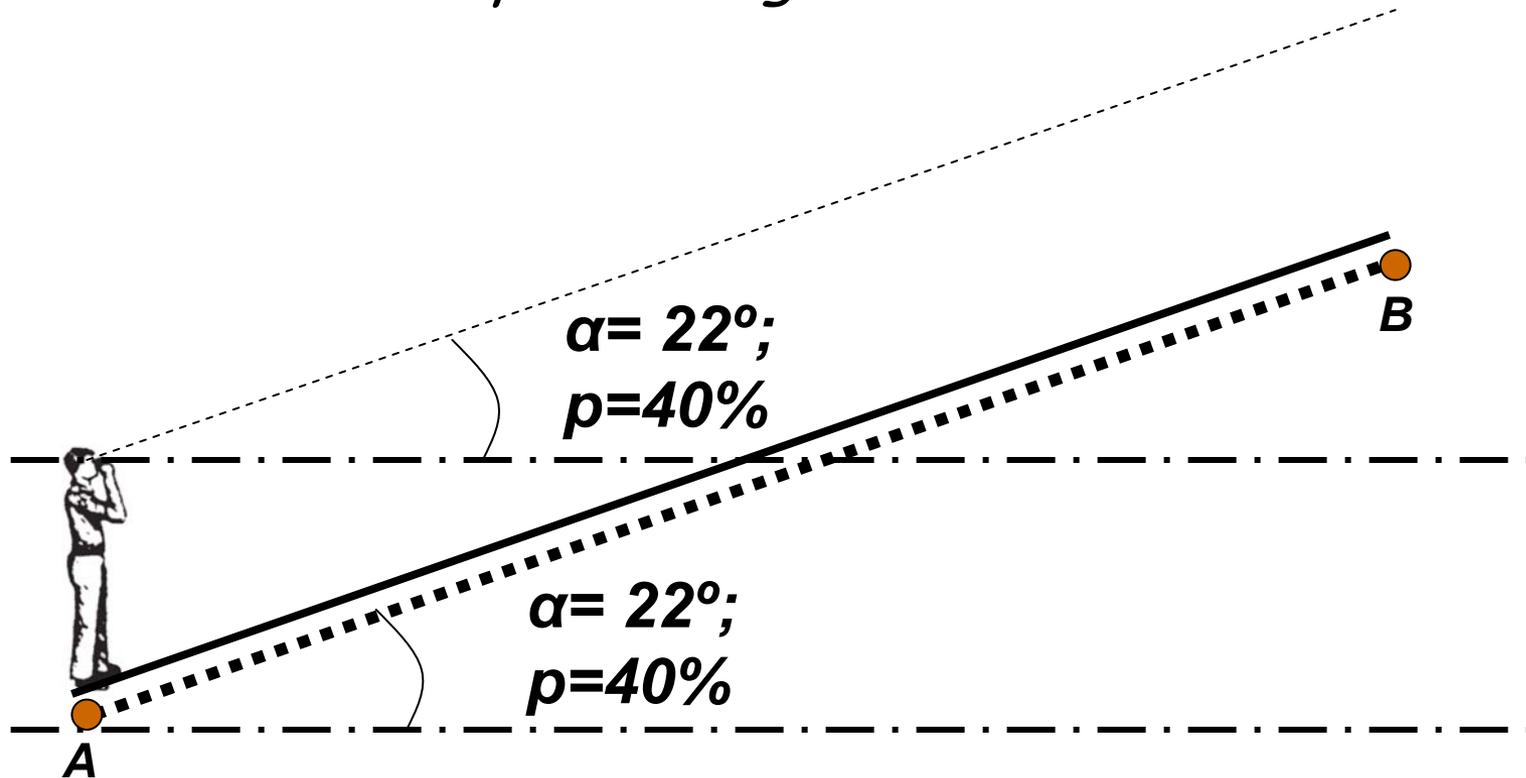
Lectura h árbol



Los clinómetros. Medición de pendientes entre dos puntos. Su utilización en la medición de alturas de árboles

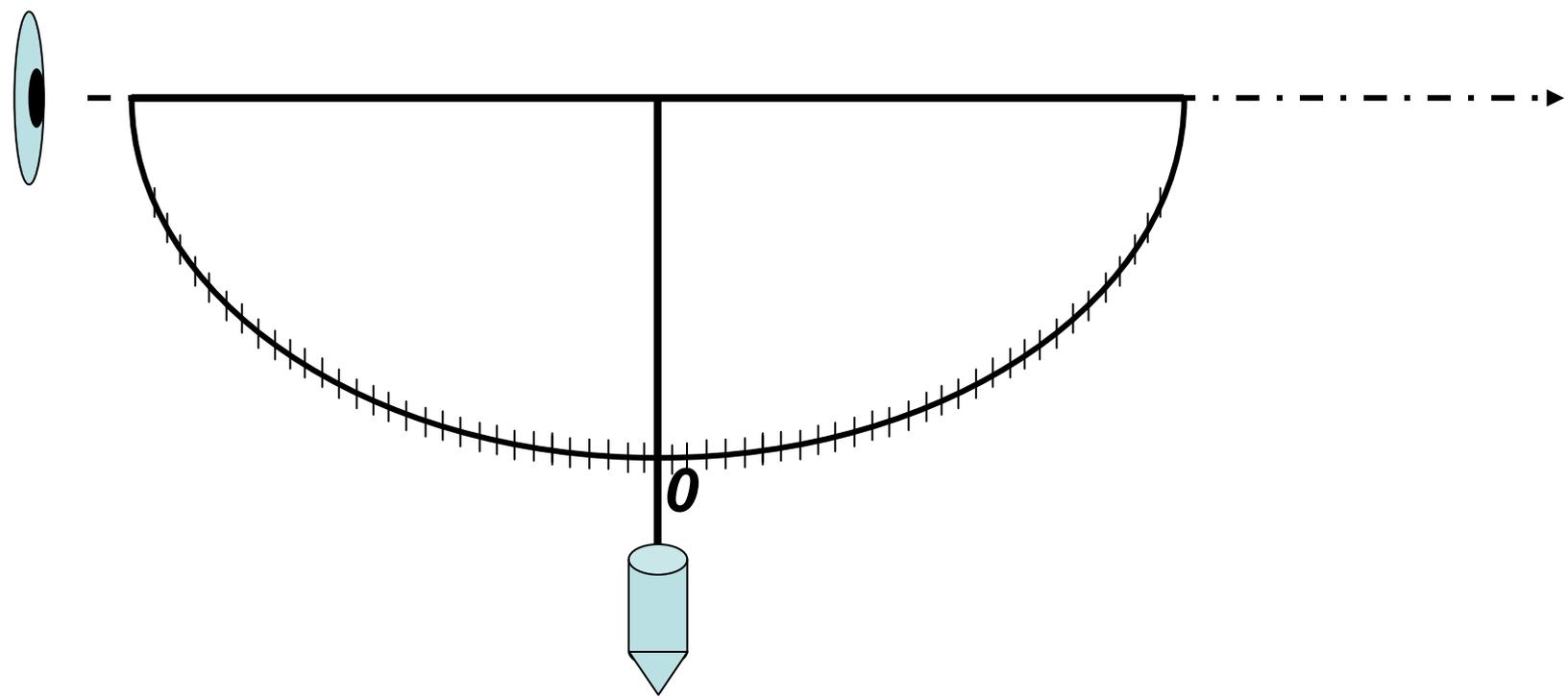
Los clinómetros son aparatos que nos sirven para medir la pendiente entre dos puntos (inclinación de la línea que los une respecto la horizontal).

Esta inclinación se expresa en grados o en %.



Los clinómetros.

Son habitualmente simples cajas péndulo, que nos proporcionan la inclinación lanzando una visual entre los dos puntos que nos dan la referencia de la pendiente.



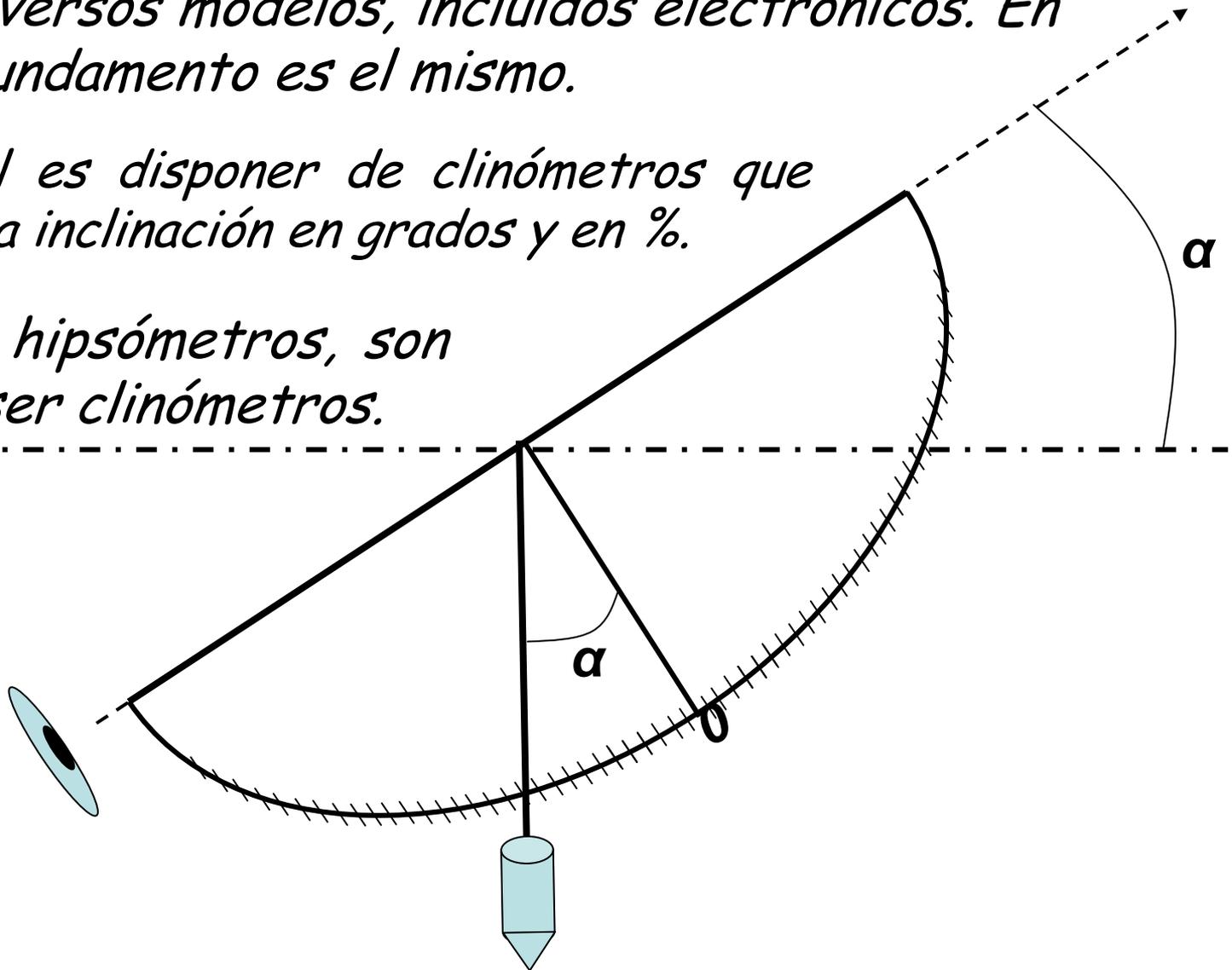


Los clinómetros. Medición de pendientes entre dos puntos.

Existen diversos modelos, incluidos electrónicos. En todos el fundamento es el mismo.

Lo habitual es disponer de clinómetros que nos midan la inclinación en grados y en %.

Todos los hipsómetros, son o pueden ser clinómetros.

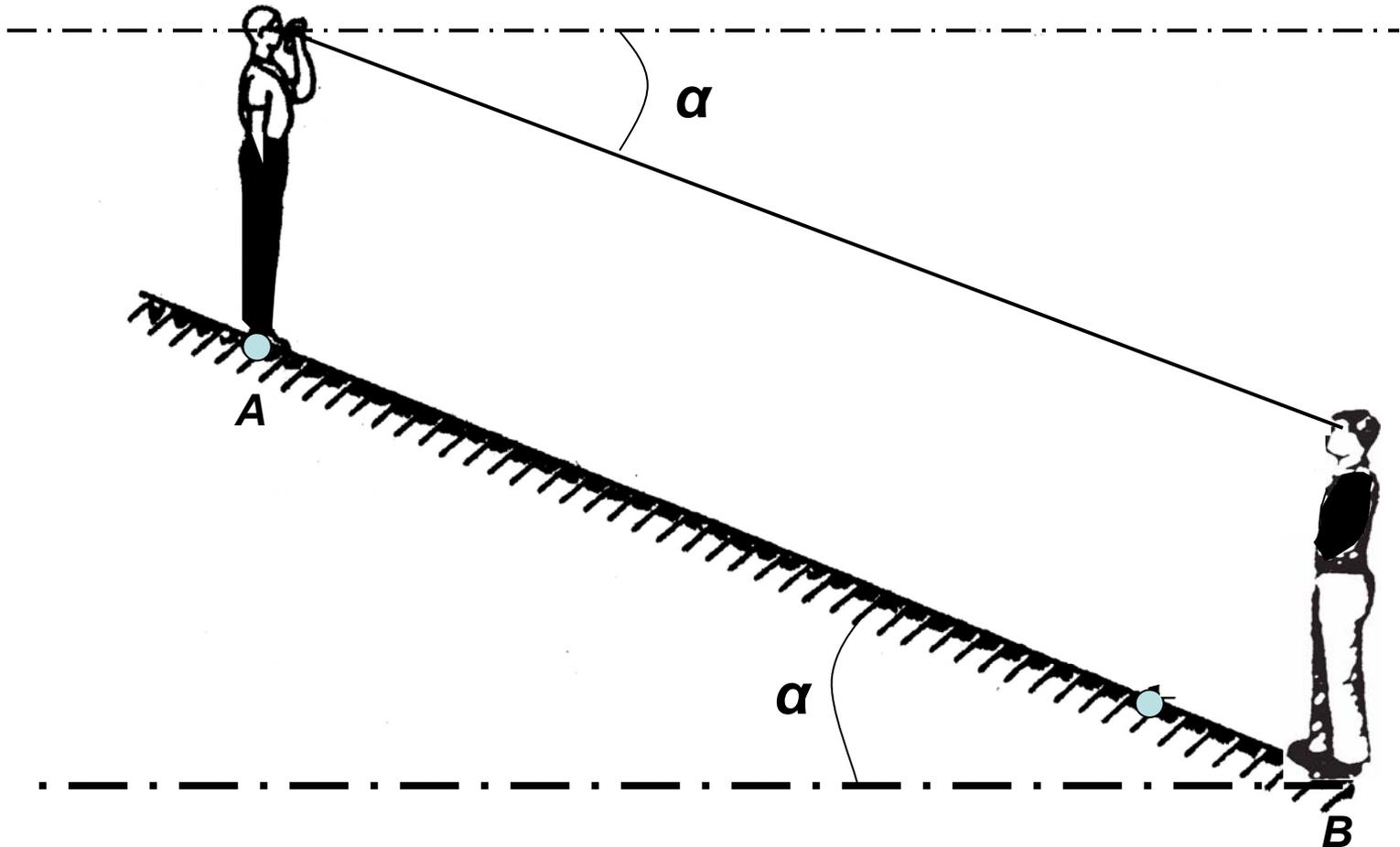


Método operativo de medición de pendientes entre dos puntos del terreno.



POLITÉCNICA

Se lanza una visual paralela a la inclinación que se quiere medir, para ello nos podemos apoyar en una persona de similar altura y lanzarle visual a los ojos. El valor medido en el clinómetro, será el de la pendiente buscada.



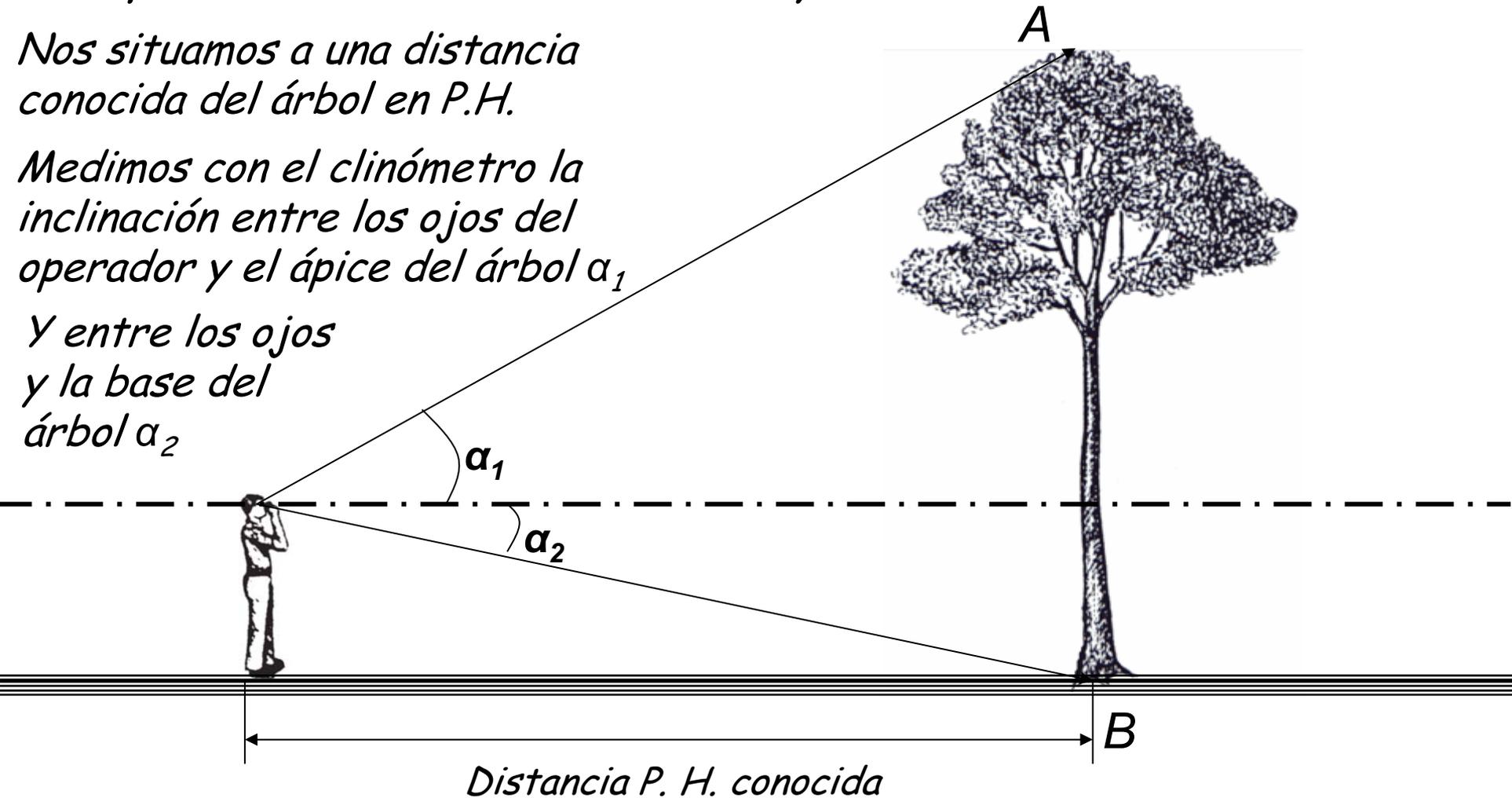
Medición de alturas de árboles con clinómetros de escala en grados, (Eclímetros).

Vamos a ver como sería en el caso más habitual, cuando los ojos del operador están entre la base y la cima del árbol

Nos situamos a una distancia conocida del árbol en P.H.

Medimos con el clinómetro la inclinación entre los ojos del operador y el ápice del árbol α_1

Y entre los ojos y la base del árbol α_2



Medición de alturas de árboles con clinómetros de escala en grados, (Eclímetros).

Tendremos que :

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{AC}{D_c}$$

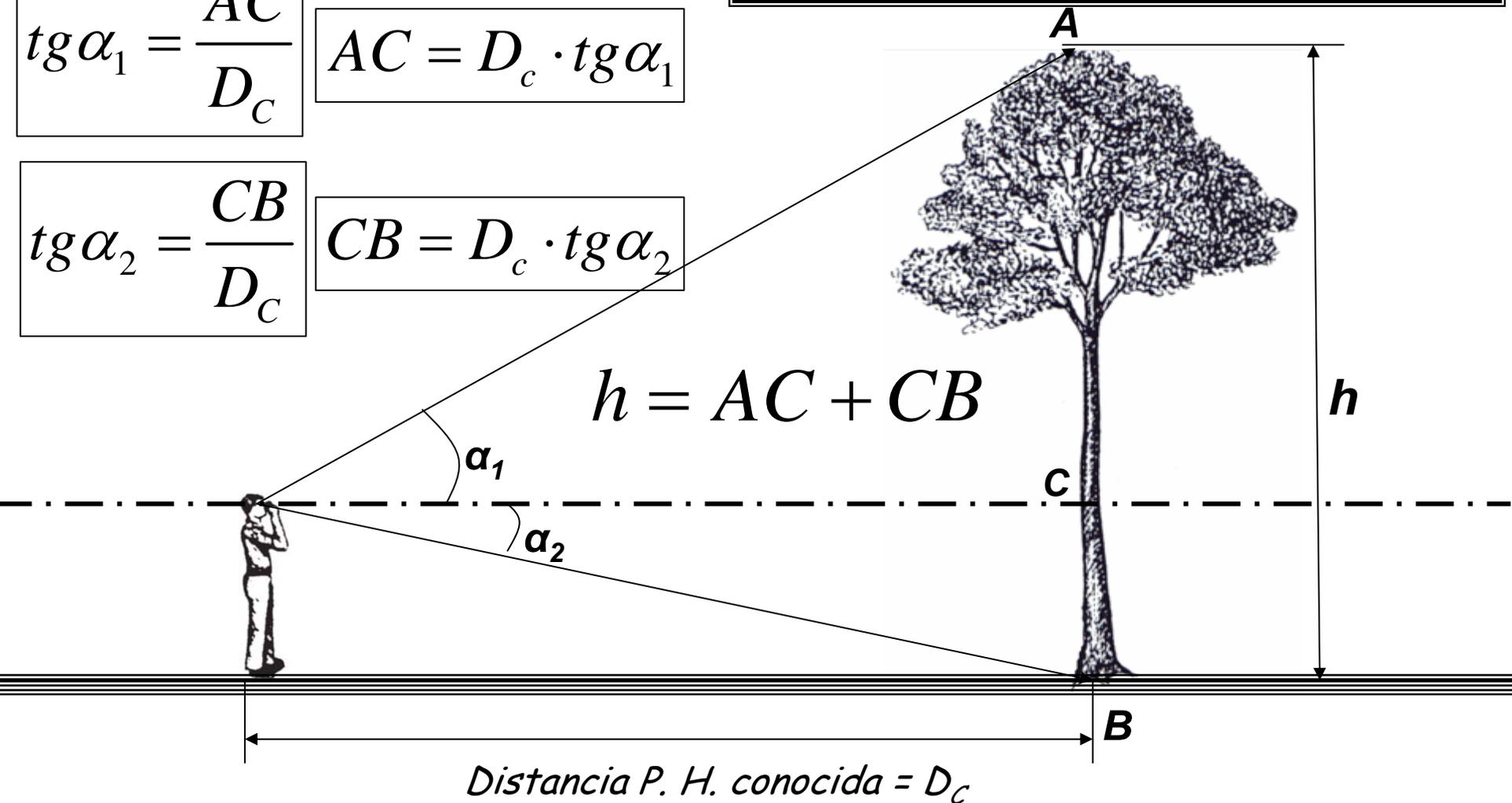
$$AC = D_c \cdot \operatorname{tg} \alpha_1$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{CB}{D_c}$$

$$CB = D_c \cdot \operatorname{tg} \alpha_2$$

$$h = D_c \cdot (\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2)$$

$$h = AC + CB$$



Medición de alturas de árboles con clinómetros de escala en porcentaje, (clisímetros).



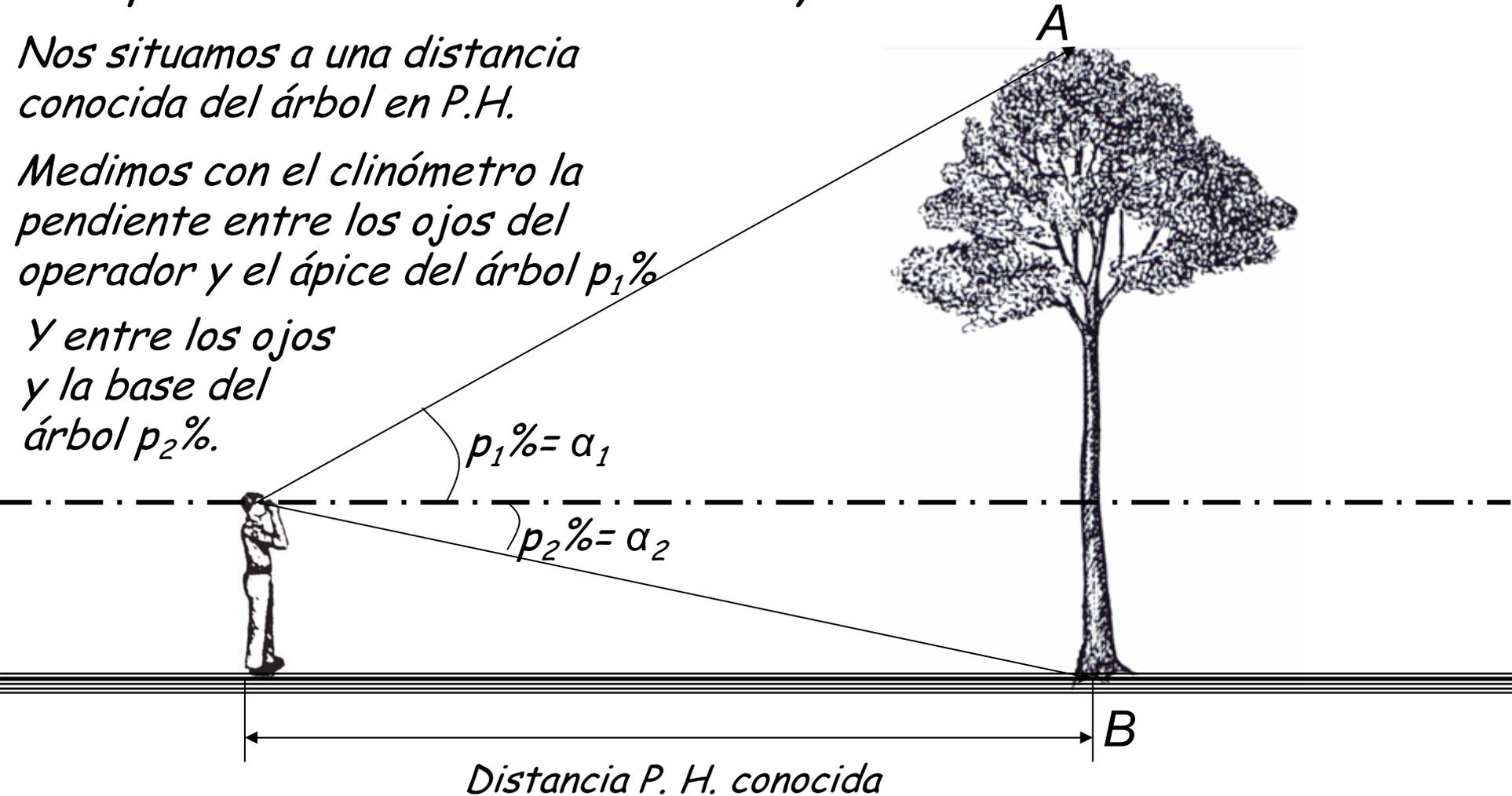
POLITÉCNICA

Vamos a ver como sería en el caso más habitual, cuando los ojos del operador están entre la base y la cima del árbol.

Nos situamos a una distancia conocida del árbol en P.H.

Medimos con el clinómetro la pendiente entre los ojos del operador y el ápice del árbol $p_1\%$

Y entre los ojos y la base del árbol $p_2\%$.



Medición de alturas de árboles con clinómetros de escala en porcentaje, (clisímetros).

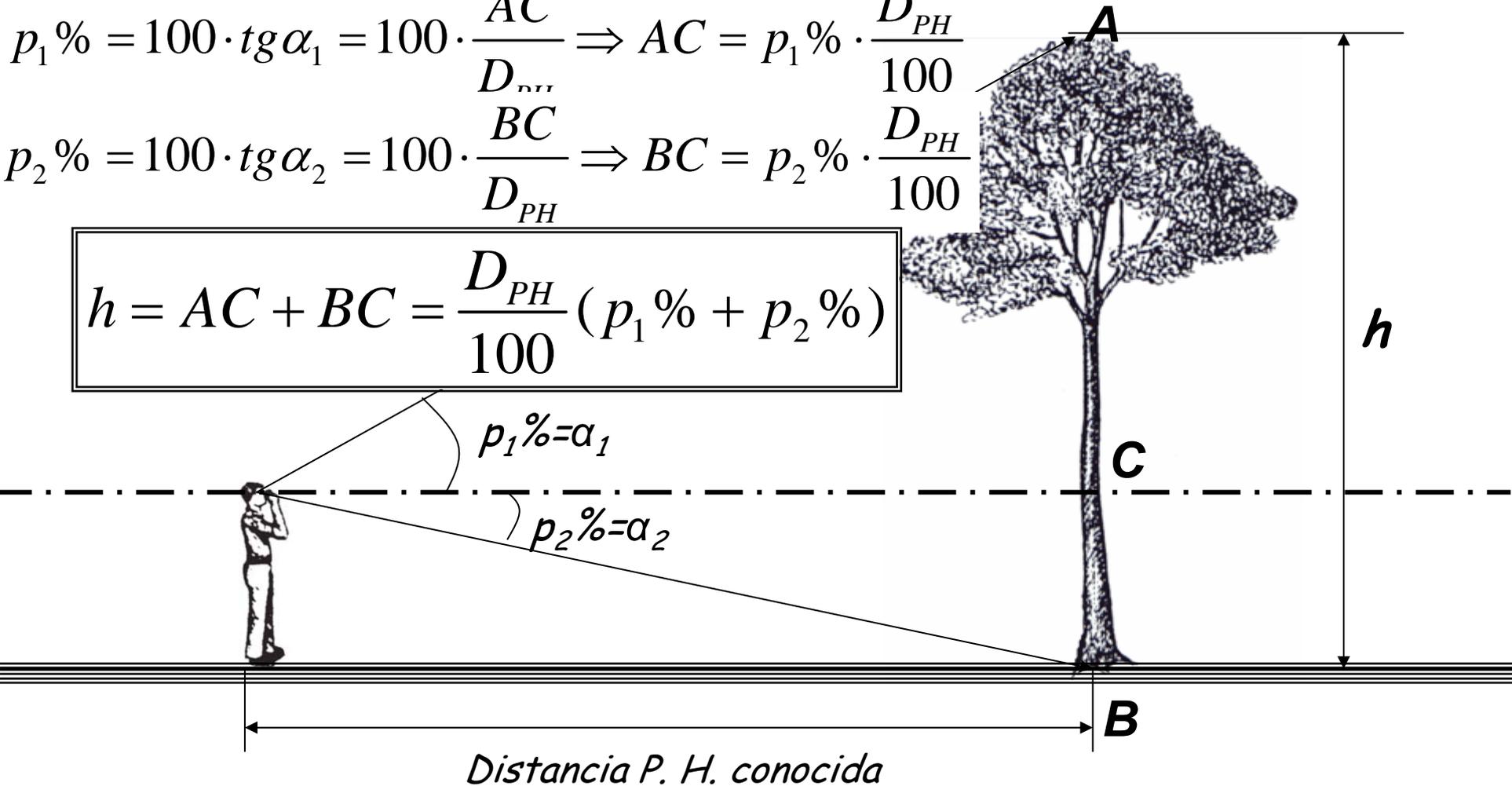


La pendiente en % es

$$p\% = 100 \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

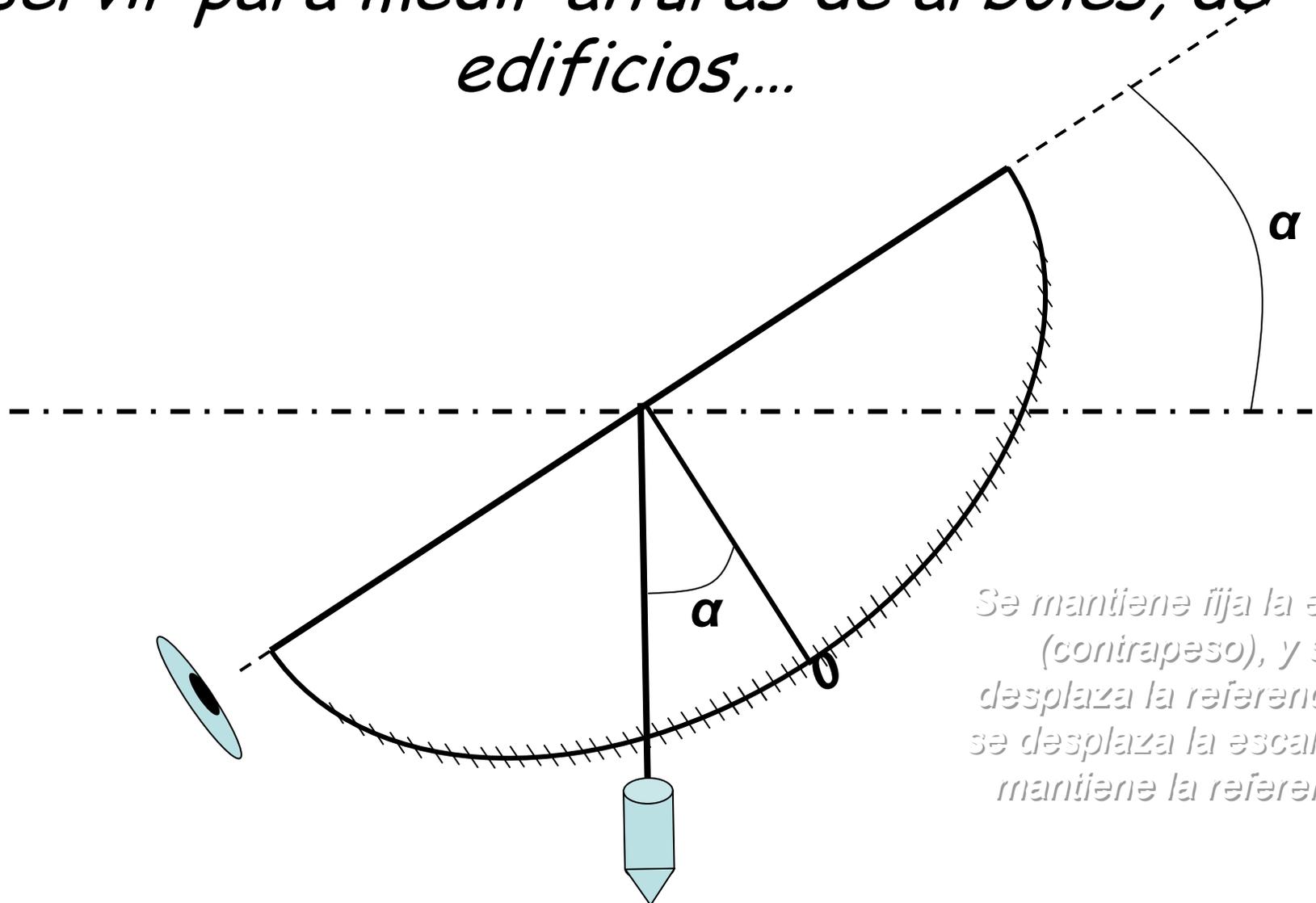
$$p_1\% = 100 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 = 100 \cdot \frac{AC}{D_{PH}} \Rightarrow AC = p_1\% \cdot \frac{D_{PH}}{100}$$
$$p_2\% = 100 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 = 100 \cdot \frac{BC}{D_{PH}} \Rightarrow BC = p_2\% \cdot \frac{D_{PH}}{100}$$

$$h = AC + BC = \frac{D_{PH}}{100} (p_1\% + p_2\%)$$





Vemos que cualquier clinómetro me puede servir para medir alturas de árboles, de edificios,...



Se mantiene fija la escala (contrapeso), y se desplaza la referencia. O se desplaza la escala y se mantiene la referencia.