



Enseñar la explotación de la tierra,
no la del hombre

APUNTES DE ALTIMETRÍA

TIPOS DE NIVELACIÓN



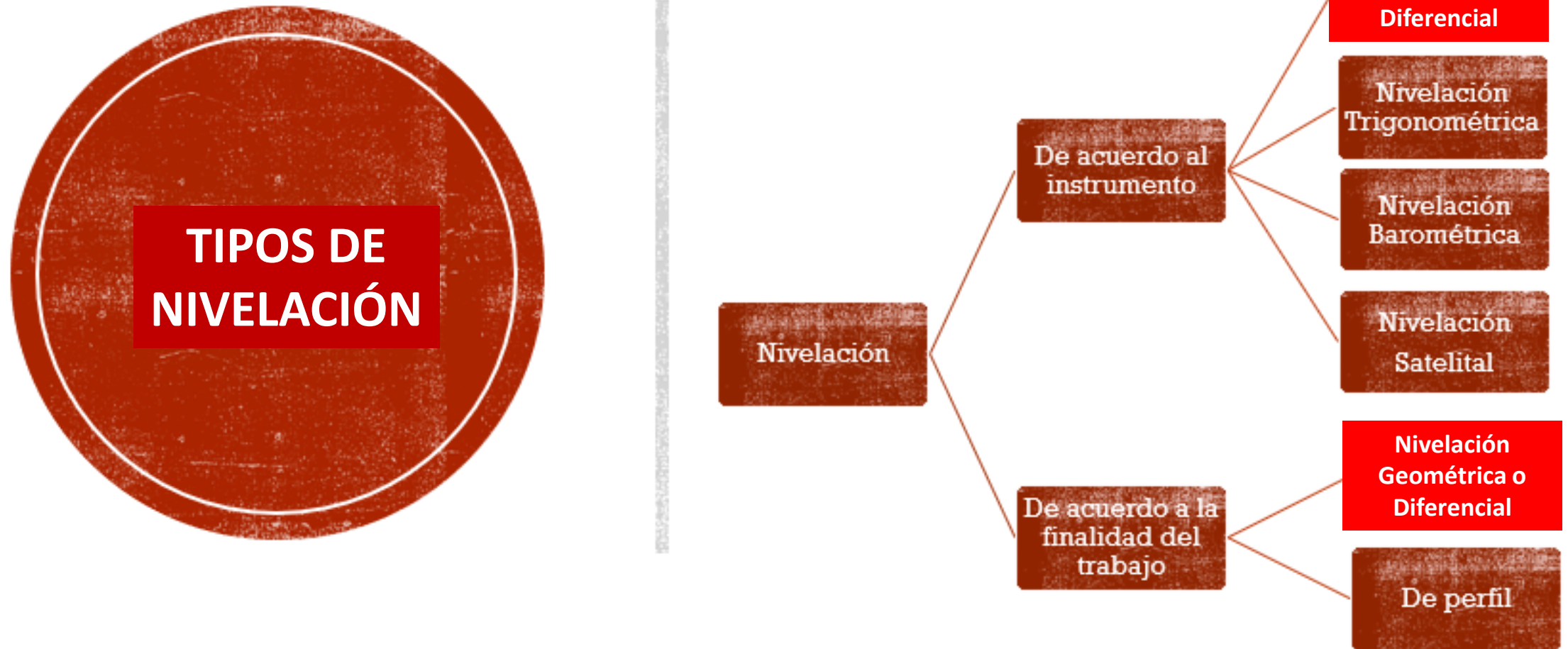
Preparado por:
Ing. Paul Reyes Ayala

NIVELACIÓN

Es el conjunto de operaciones y métodos empleados para determinar las elevaciones de puntos con respecto a un plano de referencia horizontal, midiendo alturas y determinando desniveles entre los puntos.

Los métodos altimétricos, llamados también **métodos de nivelación**, tienen como finalidad la determinación del desnivel entre dos o más puntos y su elevación o cota, con respecto a un plano de referencia horizontal.

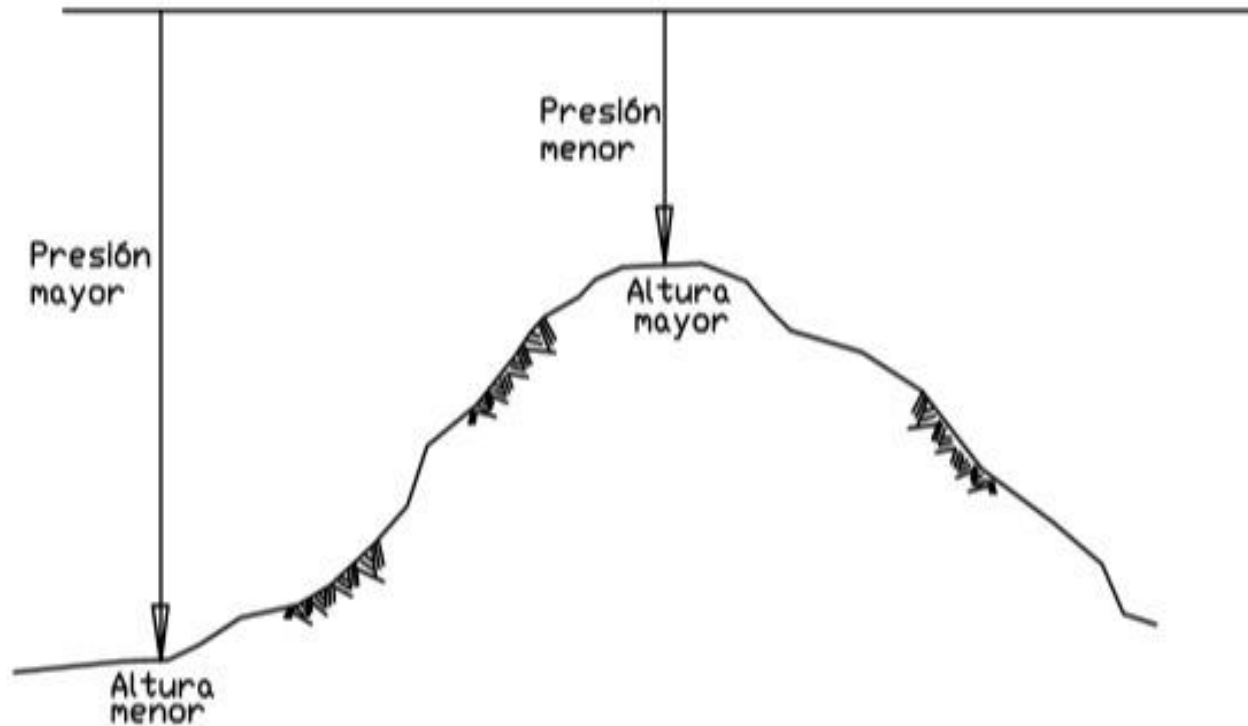
En altimetría la nivelación se puede clasificar de la siguiente manera:



Con cualquiera de las cuatro primeras se puede realizar cualquiera de las segundas

Nivelación barométrica.

Se le llama de esta manera porque en función de la diferencia de presión atmosférica de dos lugares (medida con un barómetro) se puede determinar la diferencia de nivel que hay entre ellos. Se basa en el principio de que a mayor altura menor presión y que a menor altura mayor presión atmosférica. Como se puede apreciar en el diagrama.



El aparato que se utiliza comúnmente para realizar esta medición se llama **barómetro aneroide**, mejor conocido como **altímetro**. Éste consiste en una caja metálica que contiene vacío y cuya tapa es una membrana sobre la que actúa la presión atmosférica, obligándola a realizar un pequeño movimiento que es transmitido a un conjunto de rodillos que lo amplifican y hacen que gire una manecilla que determina la cantidad de movimiento y la indica sobre una carátula graduada en unidades de presión, metros o pies.

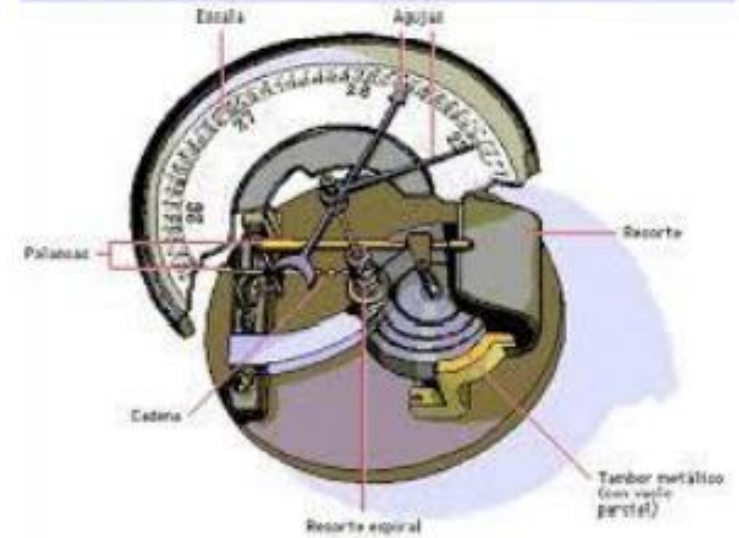
LA NIVELACIÓN BAROMÉTRICA Es la menos precisa de todas las clases de nivelación.

Se le utiliza en los trabajos de reconocimiento en zonas muy accidentadas.

El instrumento utilizado es el **barómetro** o el altímetro. La nivelación barométrica se apoya en el fenómeno de que las diferencias de elevación son proporcionales a las diferencias en la presión atmosférica. Por consiguiente, las lecturas de un barómetro en varios puntos de la superficie terrestre proporcionan una medida de las elevaciones relativas de tales puntos.



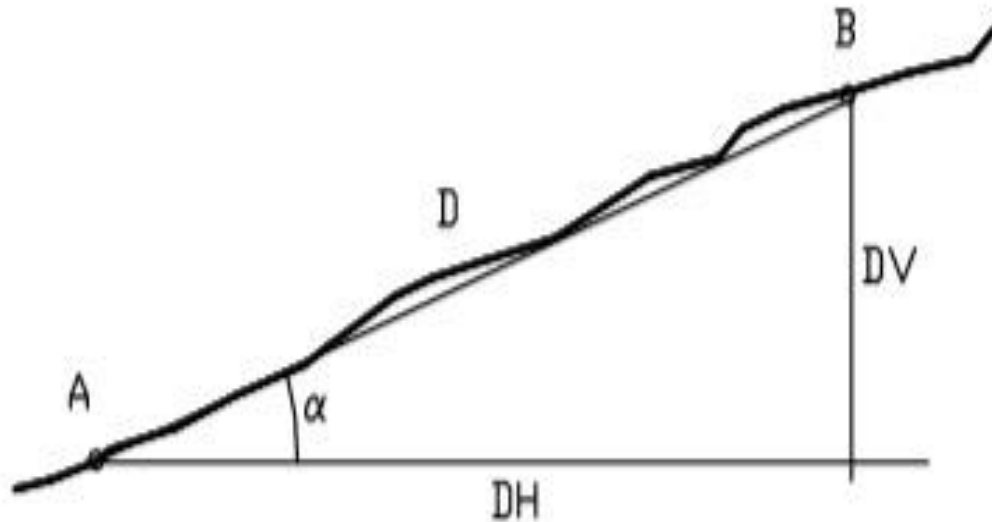
Barómetro Aneroide



Nivelación trigonométrica.

Como su nombre lo indica, es con base en cálculos trigonométricos como se determinan las diferencias de nivel entre los puntos.

El procedimiento más sencillo consiste en medir la distancia (D) entre dos puntos del terreno y también obtener el ángulo de inclinación que hay entre ellos.



En el diagrama se puede observar que si tenemos la distancia inclinada (D) y el ángulo vertical (α) entonces:

$$Dv = D \operatorname{sen} \alpha$$

Donde: Dv= Diferencia de nivel o distancia vertical.

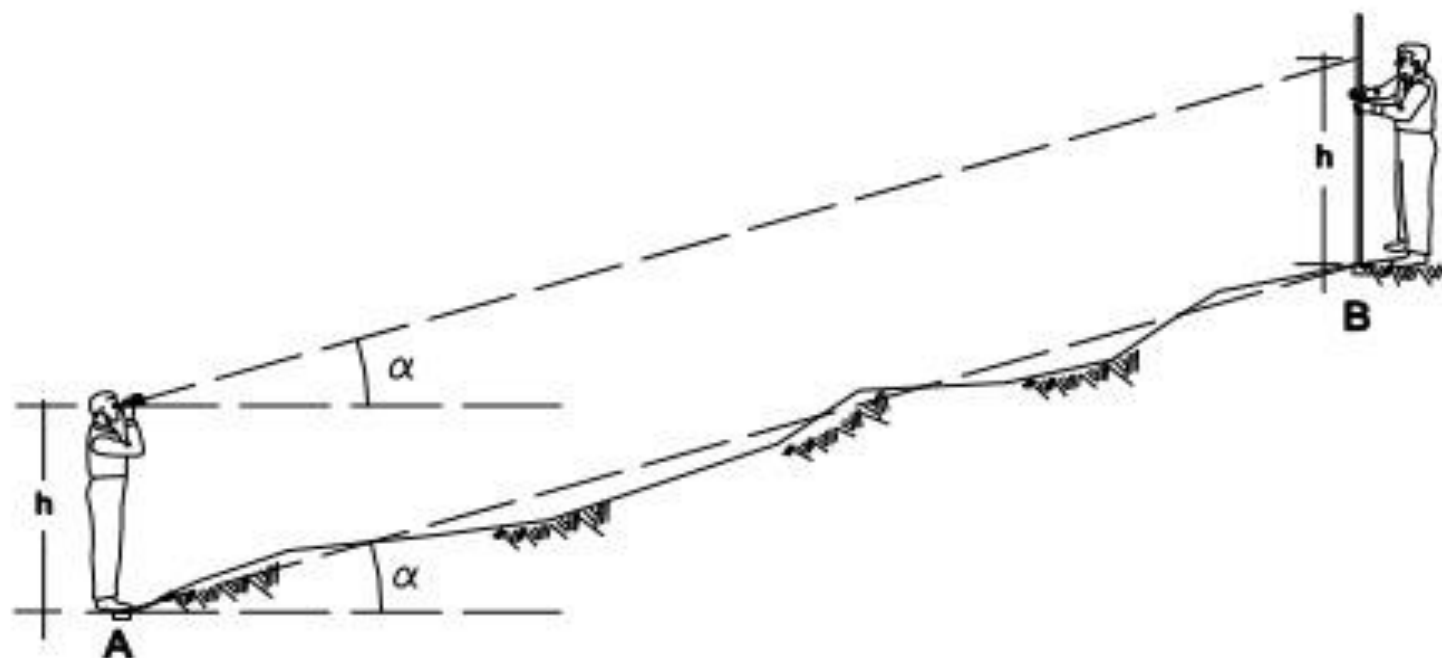
D = Distancia inclinada entre los puntos

α = Ángulo de inclinación

Además podemos calcular DH que es la distancia de AB reducida al horizonte, es decir, la distancia horizontal (Dh)

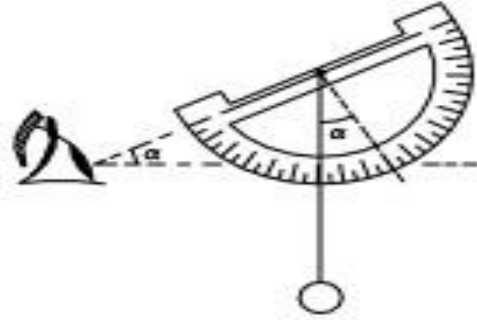
$$DH = D \cos \alpha$$

En todos los casos se procede de manera análoga para medir el ángulo vertical.



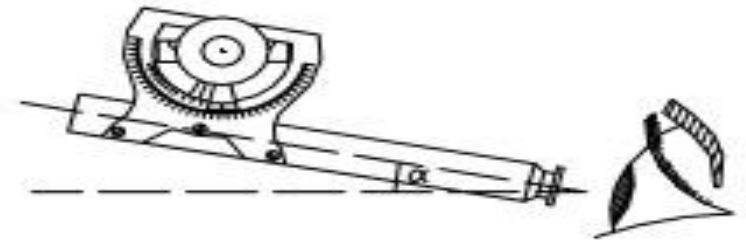
- 1.- Marcar la altura de los ojos del observador sobre un estadal (o cualquier otro objeto).
- 2.- El portador del objeto marcado se colocará en el punto B.
- 3.- El observador se coloca en el punto A y gira el instrumento o hacia arriba o hacia abajo para hacer coincidir la visual con la marca del estadal.
- 4.- Se fija el dispositivo
- 5.- Se efectúa la lectura del valor angular o de la pendiente (en el caso del clisímetro o brújula).

Si se mide con el transportador, otra persona puede observar el resultado del ángulo, o nosotros sostener el hilo presionándolo con los dedos y luego efectuar la lectura. Si es con la brújula el espejo nos permite realizarla.



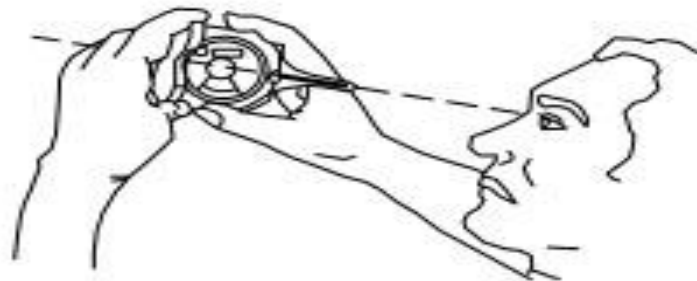
La medición del ángulo vertical α se puede obtener en forma expedita con la ayuda de un transportador común y corriente si a este le colocamos un hilo con un pequeño peso que sirva de plomada.

También se puede utilizar un clisímetro, que es un dispositivo manual provisto de un transportador y un pequeño nivel tubular. El transportador está graduado en porcentajes de pendiente y en grados hacia ambos lados.



Otras formas de medirlo son:

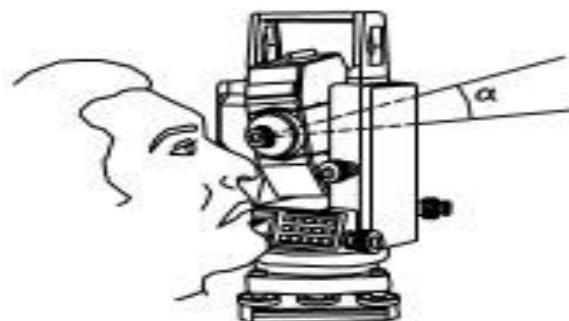
Con la brújula



Con el teodolito



Con la estación total



LA NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

Es

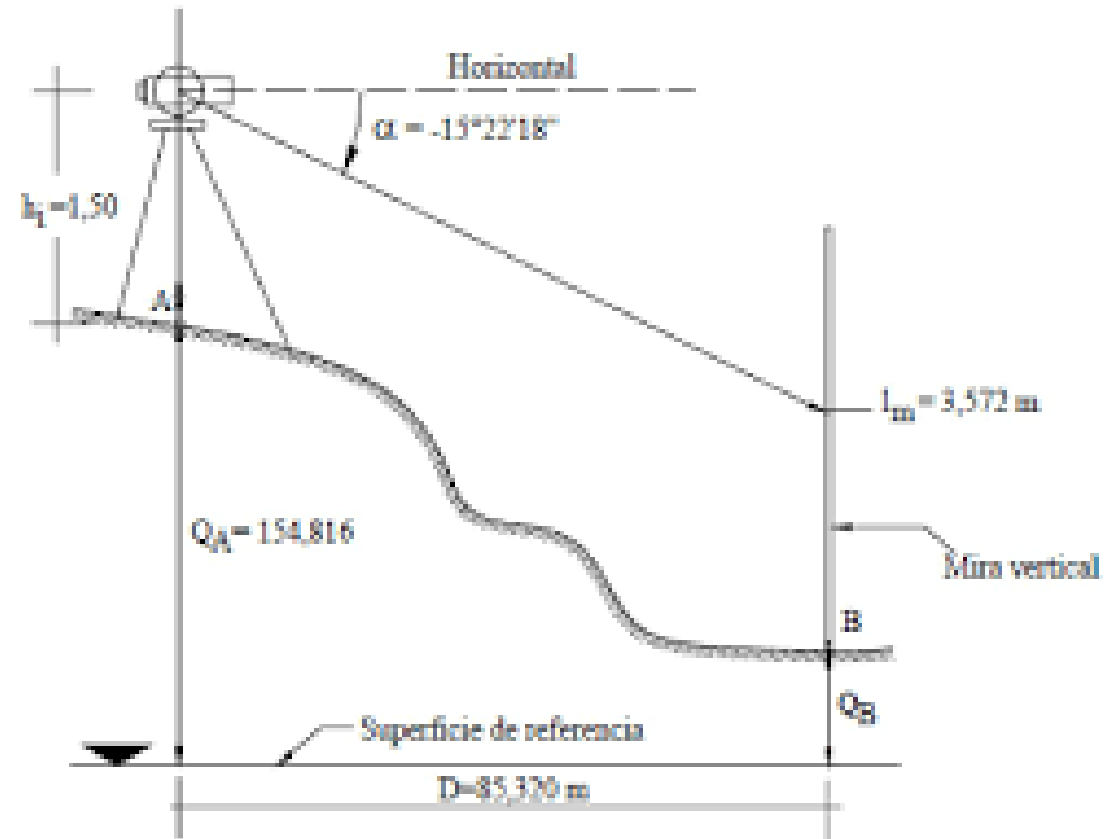
menos precisa que la geométrica.

Se le utiliza para determinar:

- Las cotas de puntos aislados ubicados en superficies accidentadas o inaccesibles; por ejemplo: torres, chimeneas, antenas, etc.
- Determinar las cotas de los vértices de las triangulaciones y de poligonales electrónicas.

El instrumento utilizado es **el teodolito** con una **señal** que puede ser un jalón el cual se coloca verticalmente en el punto visado, obteniéndose el desnivel entre dos puntos a partir de los ángulos verticales observados y de las distancias horizontales o inclinadas entre los dos puntos.

La estación total es la más utilizada para realizar este tipo de nivelación.



Si se utiliza un teodolito, se efectúa la lectura del ángulo α buscando la coincidencia del vernier en el círculo vertical del aparato y si la distancia se obtiene por medio de estadia, entonces se deben utilizar las **Fórmulas de estadia** que son:

$$D = (H_s - H_i) \times 100$$

$$D_v = (D/2) * \text{sen } 2\alpha - i + hm$$

$$D_h = D \cos^2 \alpha$$

Donde:

D = Distancia inclinada

H_s = Lectura sobre el estadal indicada por el hilo superior observado en el telescopio

H_i = Lectura sobre el estadal indicada por el hilo inferior observado en el telescopio

D_v = Distancia vertical entre los dos puntos (diferencia de nivel)

D_h = Distancia horizontal entre los dos puntos

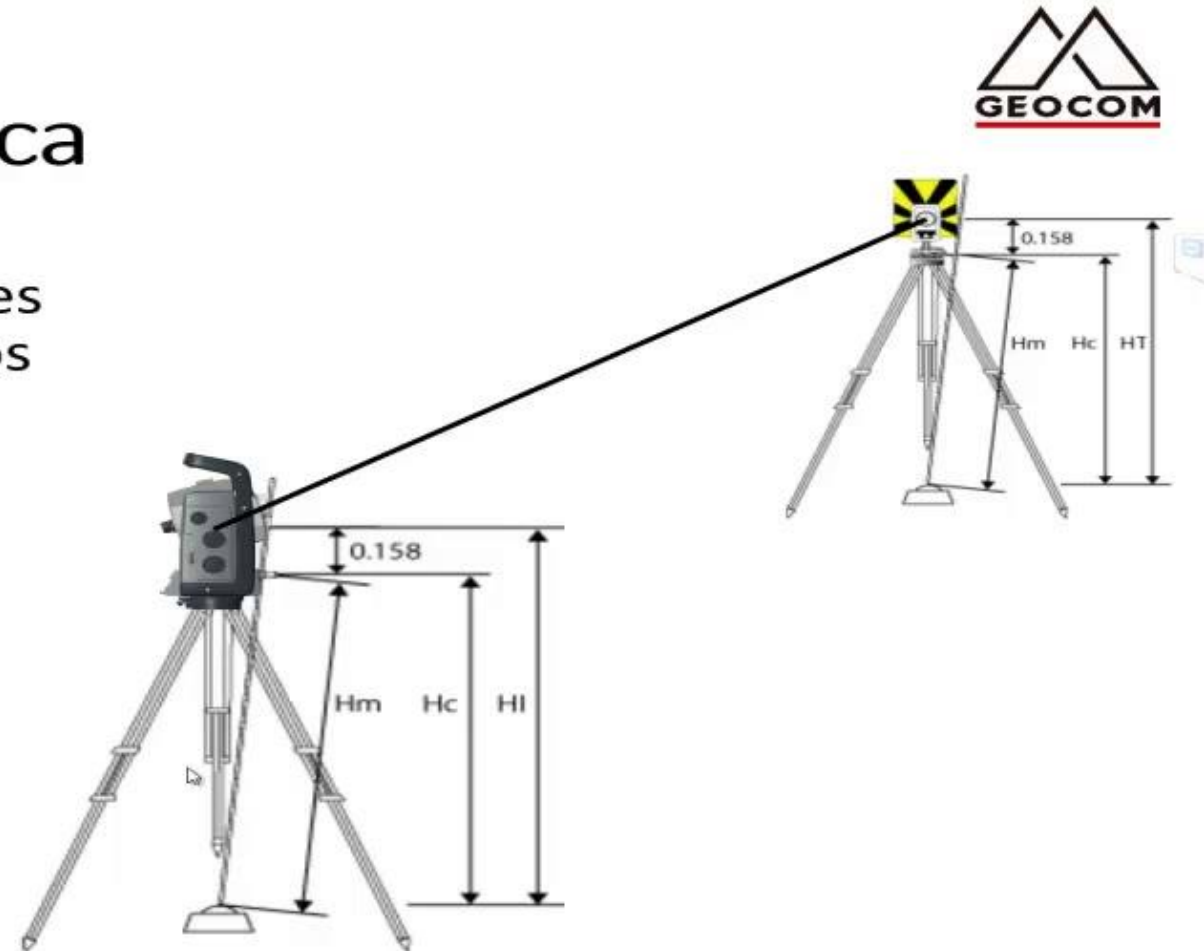
α = Ángulo vertical entre los dos puntos.

i = Altura del instrumento

hm = Lectura del hilo medio sobre el estadal.

Nivelación trigonométrica

- Técnica usada por estaciones totales mediante la observación de ángulos zenitales y distancias inclinadas



Nivelación Satelital.

Como ya se mencionó anteriormente, los dispositivos más económicos que reciben la señal del Sistema de Posicionamiento Global, conocido por sus siglas en ingles **GPS** (Global Positioning System), pueden determinar la altitud pero no tienen la suficiente precisión para realizar nivelaciones de uso topométrico. Sin embargo, el dato de altitud que proporcionan puede ser de mucha utilidad para un conjunto amplio de profesionistas en particular y de usuarios en general que no requieren resultados con la precisión de la topometría. Ejemplo de estos profesionistas son los biólogos cuando desean conocer la altitud aproximada en que se encuentran determinadas especies vegetales o animales; los agrónomos, en el caso de ubicación de parcelas o cultivos. También los deportistas utilizan los navegadores GPS, cuando se desplazan de un lugar a otro. Actualmente se utiliza esta tecnología con fines de localización, control y seguridad de vehículos sobre todo de carga y autotransporte.

Podemos decir en términos generales que la altitud proporcionada por un navegador GPS puede tener una precisión de 50 m y ello se debe a que el cálculo que realiza el satélite se hace tomando como base el **elipsoide**, que es una figura geométrica, y no el **geoide**, que es una figura idealizada de la tierra pero no tiene geometría definida. La diferencia entre uno y otro no es la misma en todos los lugares del mundo, solo en pocos lugares tienen coincidencia.

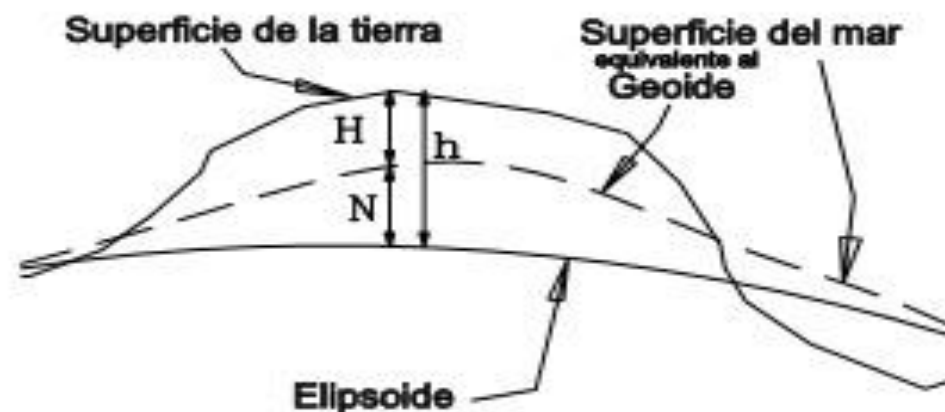
A groso modo los datos que proporciona el navegador nos sirven para realizar el perfil, pues con las coordenadas UTM podemos calcular las distancias entre puntos.

En el diagrama

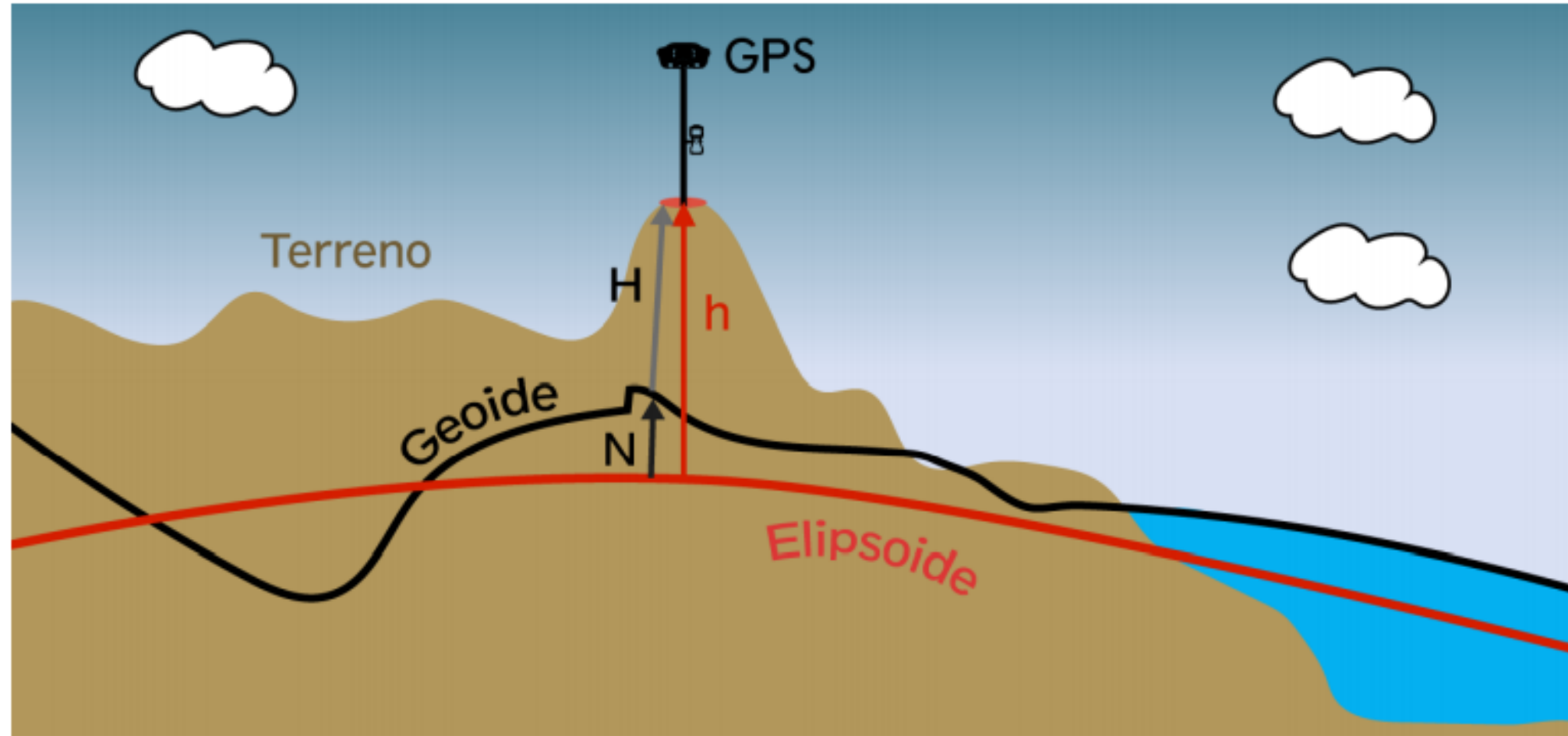
H = Altura ortométrica (lo que conocemos como altitud)

h = Altura elipsoidal

N = Altura geoidal (Diferencia entre geoide y elipsoide)



NOCIONES DE GEODESIA: Tipos de alturas.



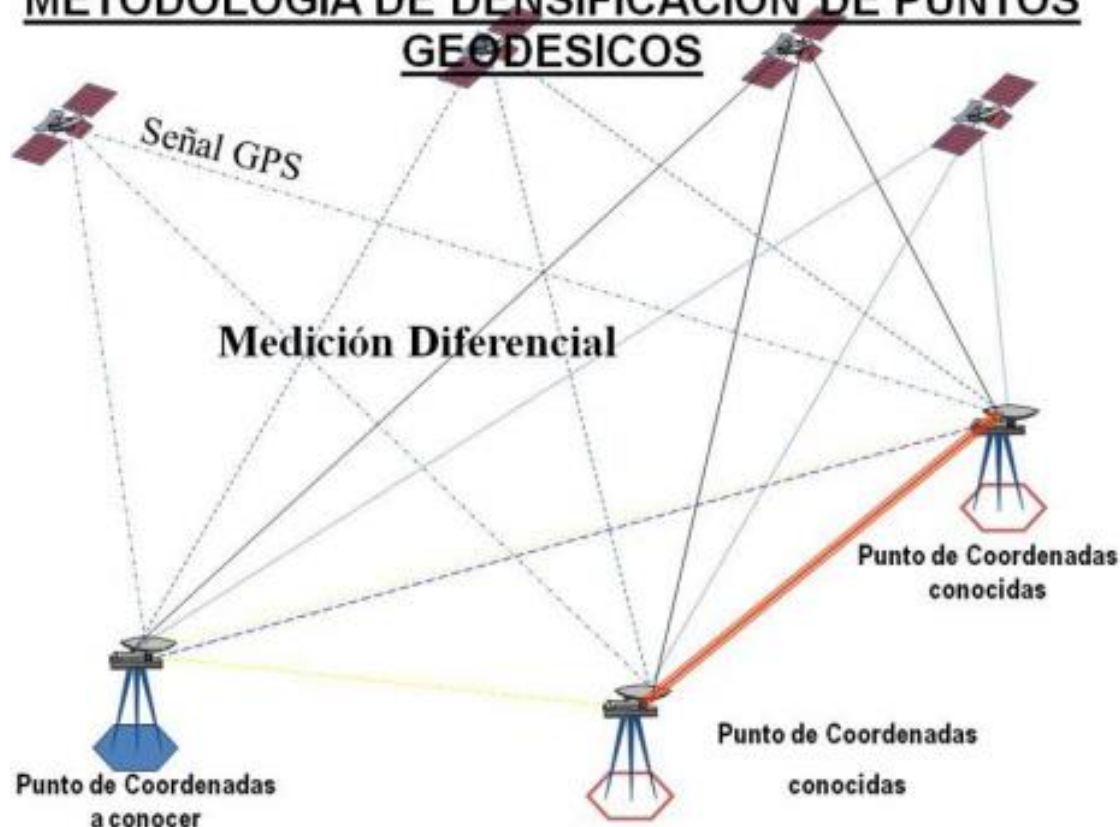
h = Altura elipsoidal H = Altura ortométrica N = Altura geoidal

Este tipo de nivelación se realiza mediante el uso de sistemas de posicionamiento global por satélite. Sistemas GNSS. Se aplica para el diseño de redes geodésicas o el establecimiento de puntos de control de apoyo terrestre para fotogrametría.

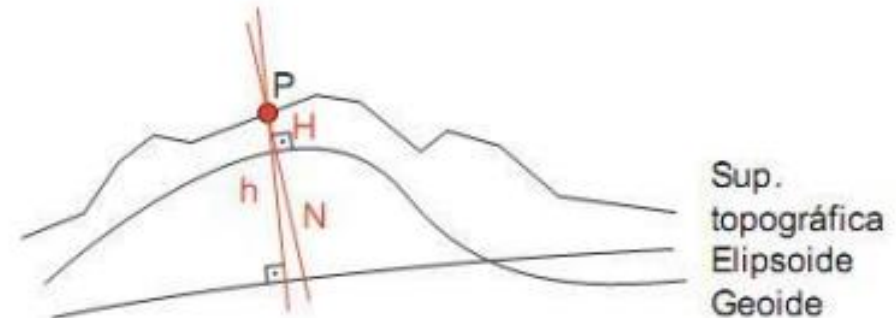
También se pueden obtener elevaciones (alturas ortométricas) con sistemas GPS navegadores pero con errores de entre 10 y 30m, no son confiables.



METODOLOGIA DE DENSIFICACIÓN DE PUNTOS GEODESICOS



CONCEPTOS BÁSICOS



$$h = H + N$$

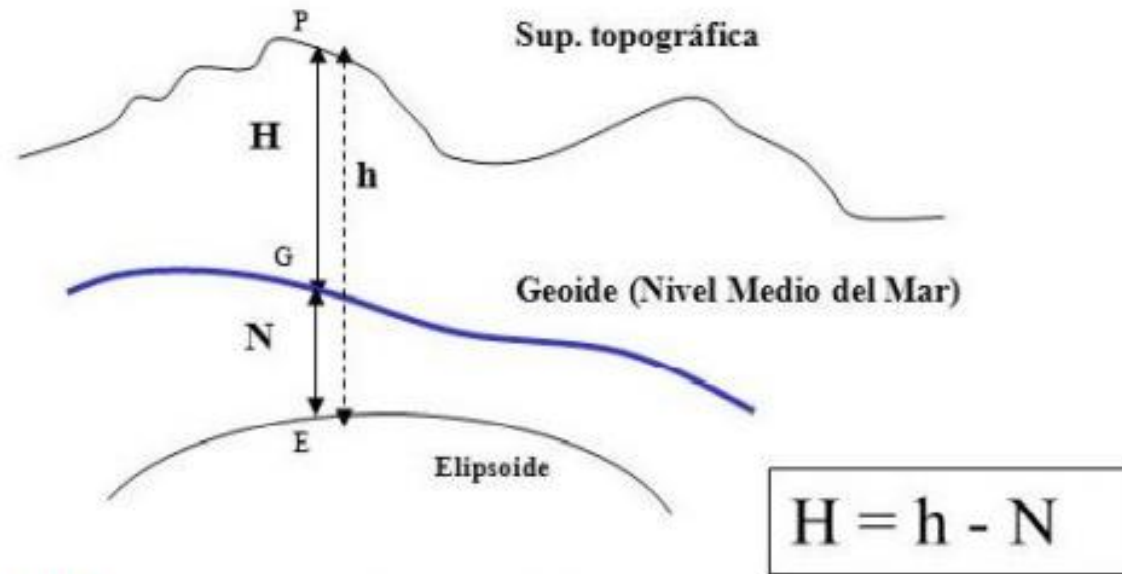
donde

h = Altura Elipsoidal

H = Altura Ortométrica

N = Ondulación Geoidal

Altimetría con GPS



La altura elipsoidal h es obtenida con GPS.

Se define como la distancia desde el punto **P** hasta la superficie del elipsoide de referencia **E**, medida sobre la normal al elipsoide que pasa por **P**.

La altura ortométrica H (cota)

Es la distancia desde el punto **P** hasta la superficie del geoide **G**, medida sobre la vertical del lugar.

Ondulación del Geoide N es la altura elipsoidal del geoide.

El sistema de posicionamiento global por satélite debe ser de precisión para que las alturas medidas sean confiables.

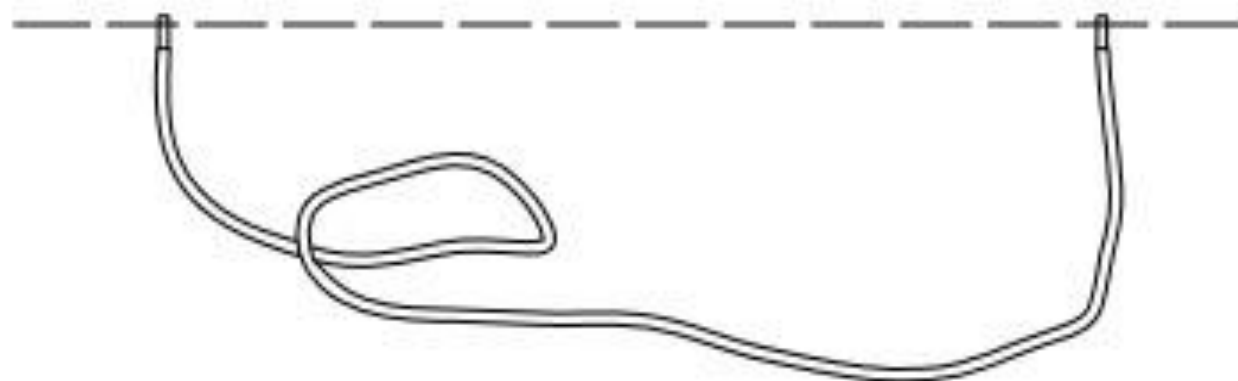
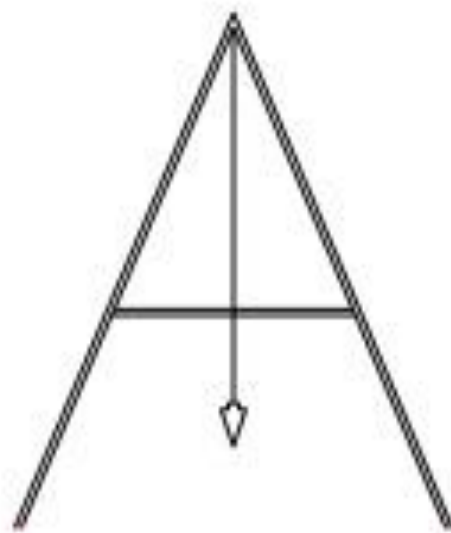
Nivelación directa

Como su nombre lo indica, se obtiene midiendo directamente el desnivel en el terreno y para ello se utiliza un nivel.

Los niveles fijos pueden ser de varios tipos.

- 1.- Rudimentarios
- 2.- Ópticos
- 3.- Laser.

Los **niveles rudimentarios** también llamados de albañil por ser éstos quienes más utilizan algunos de estos son muy variados. Tenemos el de plomada , el de regla, el de manguera, el de hilo, el de caballete.



Para trabajos de Ingeniería, comúnmente se utiliza la Nivelación directa con instrumentos óptico-mecánicos, electrónicos y digitales.