

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE TOPOGRAFÍA

1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE TOPOGRAFÍA

Etimológicamente, topo, significa tierra, y grafos descripción. La Topografía es, por tanto, la ciencia que estudia, representa y describe los accidentes de una parte relativamente pequeña de la superficie terrestre.

En esta sección se explicarán los conceptos y términos fundamentales para poder entender bien y ser capaz de resolver los problemas que se plantean en este libro, con el fin de fomentar un mayor entendimiento en la estrategia de resolución.

1.1 SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN

En Topografía, aunque a veces se realicen las observaciones simultáneamente, se suele determinar por un lado la planimetría y por otro la altimetría.

Sistema de Representación Planimétrico o Bidimensional.

En Topografía, al suponer la Tierra plana para la planimetría, debemos realizar una proyección ortogonal de la posición espacial para representarla en un plano, quedando así definida en un plano mediante un sistema de referencia cartesiano.

El sistema de referencia cartesiano tiene la particularidad de que sus ejes de coordenadas, X e Y, son perpendiculares entre sí.

Además, normalmente se hace coincidir el eje Y con la dirección del Norte Geográfico y por tanto el eje X con la dirección del Este en sentido positivo.

La intersección entre ambos ejes se denomina origen de coordenadas, que por conveniencia en Topografía interesa que todos los puntos definidos sean positivos y, por tanto, siempre se le atribuye al origen del levantamiento un valor lo suficientemente alto como para que todos los puntos del trabajo tengan valor positivo (sinónimo de que todos los puntos se encuentren en el primer cuadrante).

Sistema de Representación Espacial o Tridimensional.

El sistema de representación espacial utilizado en Topografía es el Sistema de Planos Acotados, donde el espacio se representa mediante una sola proyección sobre un solo plano, generalmente el horizontal. Sobre este plano horizontal (H), que se denomina Plano de Comparación o de Referencia, se proyectarán ortogonalmente los puntos tomados en el terreno realizando pues la sustitución de la figura en el espacio tridimensional por su proyección en un plano o espacio bidimensional.

Por tanto, los puntos quedarán representados por su proyección planimétrica más la cota del punto en el eje Z.

1.2 LEVANTAMIENTOS EN TOPOGRAFÍA

Podemos definir un levantamiento como el conjunto de operaciones necesarias para representar un terreno. Al realizar un plano acotado, los puntos vienen determinados planimétricamente por su proyección ortogonal, y altimétricamente por su cota. Esto condiciona las partes de que consta un levantamiento:

1ª Parte: conjunto de operaciones necesarias para llegar a obtener la proyección ortogonal. Esta parte recibe el nombre de Levantamiento Planimétrico o Planimetría.

2ª Parte: conjunto de operaciones necesarias para determinar la cota de los puntos, que darán lugar a las curvas de nivel, lo que se denomina Levantamiento Altimétrico o Altimetría.

Las dos partes de un levantamiento pueden realizarse por separado, utilizándose instrumentos y métodos del todo diferentes, o bien a la vez utilizándose un mismo instrumento y métodos combinados, teniendo entonces lo que se denomina Levantamiento Taquimétrico.

Los levantamientos se realizan en dos etapas:

1ª Etapa: Trabajo de Campo. Consiste en la toma de datos necesarios en el terreno. Para ello se sitúan los instrumentos en los puntos elegidos, lo que se denomina Estacionar, y se anotan las observaciones en el formato deseado (electrónicamente o a mano).

2ª Etapa: Trabajo de Gabinete. Consiste en realizar los cálculos necesarios para determinar las coordenadas planimétricas y altimétricas, y así poder dibujar en el plano los puntos tomados en la anterior etapa.

1.3 APARATOS DE MEDIDA

- **TAQUÍMTERO**

La Taquimetría es la ciencia que realiza mediciones de ángulos horizontales, cenitales y permite determinar distancias por métodos indirectos o estadimétricos.

El taquímetro se puede definir como teodolito que además de los elementos necesarios para la observación y medida de ángulos, dispone de retículo con hilos estadimétricos que permiten la determinación de distancias horizontales y de diferencias de nivel. La precisión en la medición de direcciones es inferior, entre 0,5 y 2 minutos centesimales.

Son pues los instrumentos indicados para la realización de itinerarios topográficos y levantamientos que usen el método de radiación, siendo conveniente que estos aparatos sean repetidores, para poder tener el aparato orientado.

Para poder medir las distancias que hay entre puntos, disponen de tres hilos estadimétricos: **Lectura Superior (Ls)**, **Lectura Central (Lc)** y **Lectura Inferior (Li)**. De esta forma, colocando una barra métrica (la mira) sobre el punto del cual queremos saber su

distancia hasta donde estamos estacionados, podremos saber la distancia que hay gracias a la relación estadimétrica que hay, tal y como se ve en la Ilustración 1.

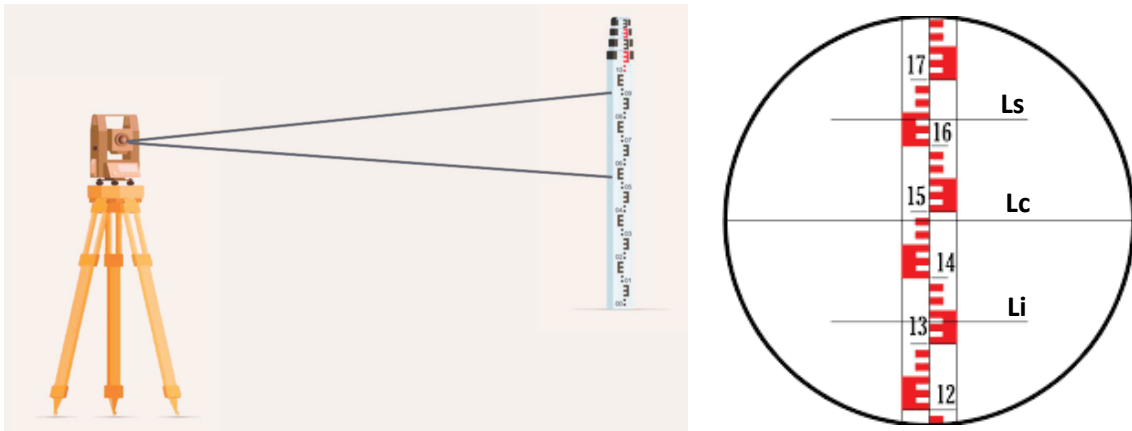


Ilustración 1: Taquímetro y lecturas de campo con la mira

Para ello, partimos de la siguiente semejanza:

$$\frac{\delta}{h} = \frac{D}{L} ; \quad D = \frac{\delta}{h} * L = k * L = G$$

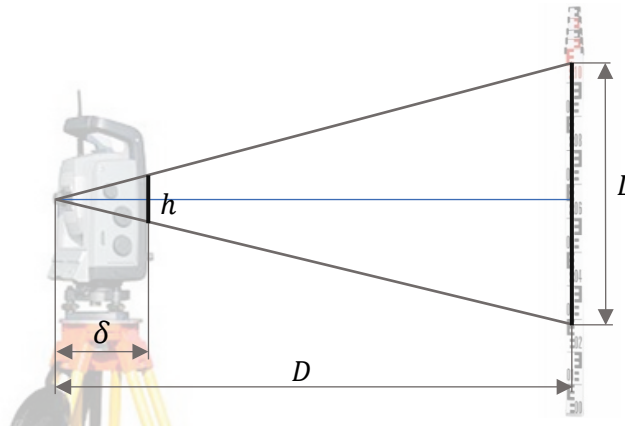


Ilustración 2: Relación de semejanza en el taquímetro

Donde, tal y como se muestra en la Ilustración 2, tenemos:

- δ es la distancia entre la mira y la lente del taquímetro.
- h es la distancia en la lente entre L_s y L_i (anchura de la rejilla).
- D es la distancia horizontal entre el punto y nuestra estación.
- L es la longitud de la mira interceptada entre L_s y L_i ($L_s - L_i$).
- k es la constante estadimétrica o más conocida como diastimométrica, cuyo valor dependerá del instrumento topográfico (suele valer 100).

A la distancia horizontal entre ambos puntos calculada de esta forma recibe el nombre de Número Generador (**G**).

- **NIVEL**

La Nivelación es la operación por medio de la cual se determina la diferencia de nivel entre dos o más puntos. Los instrumentos dedicados exclusivamente a realizar nivelaciones son los Equaltímetros o Niveles.

Los Niveles se pueden definir como instrumentos diseñados básicamente para determinar el desnivel entre dos puntos mediante visuales horizontales. A este tipo de nivelación se la denomina nivelación geométrica o por alturas.

El fundamento de la determinación del desnivel es el que se describe a continuación:

Sean A y B los puntos entre los que se quiere determinar el desnivel, y m_a y m_b las lecturas con el hilo central del retículo desde la estación a cada una de las miras situadas en dichos puntos. El desnivel será, según la Ilustración 3:

$$\Delta Z_A^B = m_a - m_b$$

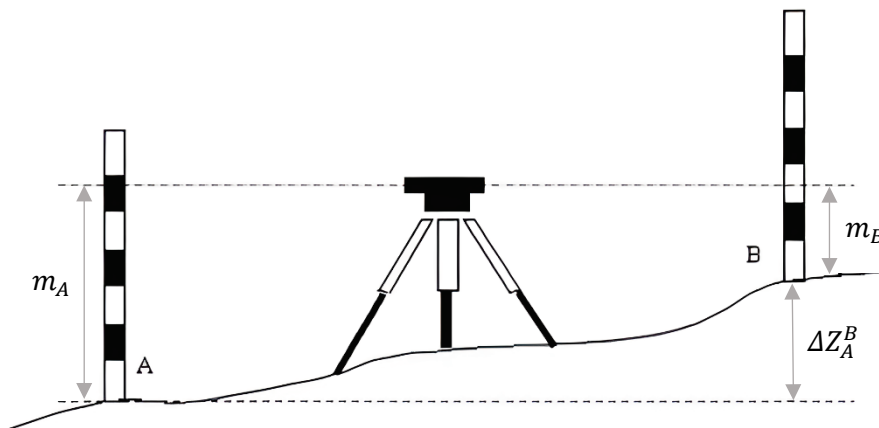


Ilustración 3: Nivel y diferencia de cotas con el método del punto medio

1.4 COORDENADAS

En Topografía, el plano representado debe estar orientado al Norte Geográfico. Para ello debemos partir de un punto cuyas coordenadas sean conocidas y una dirección en la cual el acimut sea conocido, para poder situar el origen de este sistema de referencia rectangular.

Por tanto, trabajaremos con coordenadas cartesianas (Eje X y Eje Y). El Eje Y estará orientado al Norte Geográfico (origen de las mediciones angulares o acimuts).

Si nuestras coordenadas están basadas en algún sistema oficial (por ejemplo, UTM) diremos que estas coordenadas son absolutas.

Pero si el levantamiento que se realiza es de poca entidad, se puede adoptar un origen arbitrario con coordenadas locales propias del levantamiento (coordenadas relativas).

1.5 ORIENTACIÓN

Al realizar planos o mapas, debemos orientarlos para poder hacer una correcta interpretación de estos. En Topografía, la orientación se realiza siempre tomando el Norte Geográfico (NG). Si utilizamos un sistema de coordenadas rectangulares, será el eje de las Y el que deba estar orientado respecto a la meridiana geográfica o Norte Geográfico (NG), y por tanto el eje X será positivo en la dirección Este.

El **acimut (θ)** es el ángulo medido desde la dirección del Norte Geográfico (NG) hasta la dirección del punto dada en sentido horario como positivo.

El **rumbo (R)** es el ángulo medido desde el Norte Magnético (NM) hasta la dirección del punto dada en sentido horario como positivo. La relación entre ambos ángulos es la **declinación (δ)**, definida como la diferencia entre el valor del acimut y el valor del rumbo. Esta podrá ser positiva o negativa en función de si el Norte Magnético queda a la derecha (oriental) o izquierda (occidental) del Norte Geográfico respectivamente.

$$\theta_A^B = R_A^B + \delta_A^B$$

En el ejemplo de la Ilustración 4, se muestra el cálculo gráfico del acimut, rumbo y declinación del punto A al punto B.

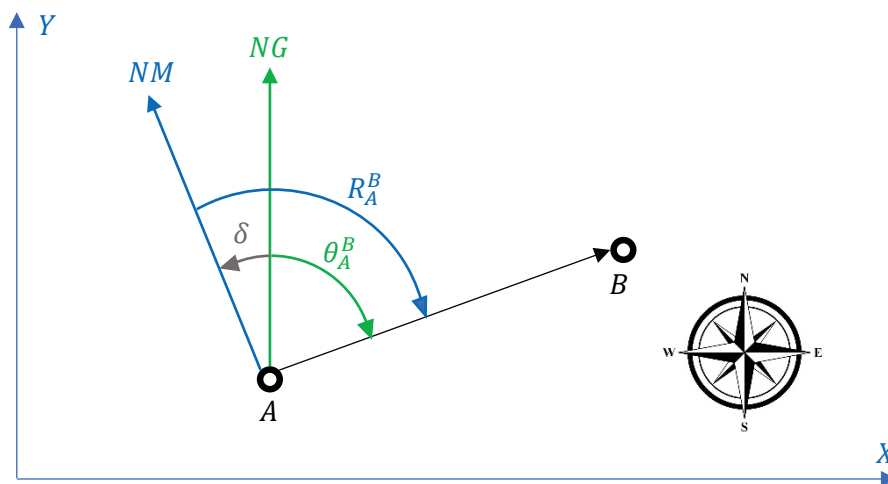


Ilustración 4: Relación entre Norte Geográfico y Norte Magnético

Además del acimut, existe otra medida de orientación llamada **Lectura Horizontal (LH)**, que es el ángulo medido desde una referencia escogida por nosotros donde colocamos el 0º de nuestro instrumento de medida hasta la dirección del punto dada en sentido horario como positivo.

Por tanto, si lo que hemos medido son Lecturas Horizontales (LH) en vez de acimuts, tendremos que orientar estos ángulos al Norte Geográfico para obtener los acimuts y así poder trabajar correctamente y obtener las coordenadas de los puntos.

La **corrección de orientación (w)** es el ángulo que mide la diferencia entre el Norte Geográfico y la referencia de 0º escogida por nuestro instrumento de medida. Esta corrección nos permitirá poder orientar nuestras LH al Norte Geográfico.

$$\theta_A^B = LH_A^B + w_A$$

En la Ilustración 5, se muestra en primer lugar la dirección del Norte Geográfico (verde), así como la dirección donde se encuentra el origen de las Lecturas Horizontales (azul). Recordamos que este origen es arbitrario y va en función del interés del topógrafo/a. Y además se muestra gráficamente el cálculo del acimut (θ), las LH medido desde el punto A hasta el punto B, y la corrección de orientación o ángulo (w).

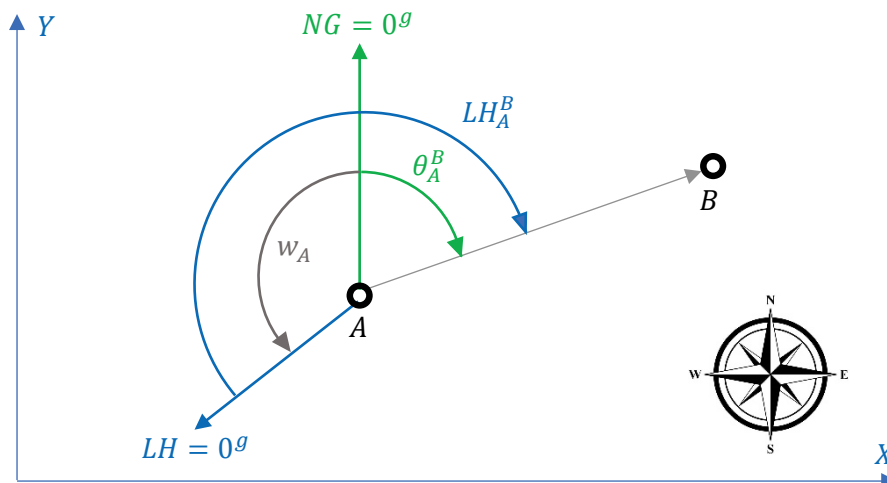


Ilustración 5: Relación entre Lectura Horizontal y Acimut

- **CÁLCULO DEL ACIMUT CONOCIENDO LAS COORDENADAS.**

En el problema directo, conocemos las LH o acimuts de los diferentes puntos, datos que usamos para obtener sus coordenadas.

Sin embargo, en el problema inverso, conocemos las coordenadas de dos puntos y mediante estos datos obtenemos el acimut que hay entre ambos puntos.

Para ello, dividimos nuestro espacio en 4 cuadrantes (Ilustración 6), siendo el centro de estos el punto desde el cual tomamos la medida. El número del cuadrante va avanzando en sentido horario empezando desde el eje vertical positivo (Y), que coincide con el Norte Geográfico.

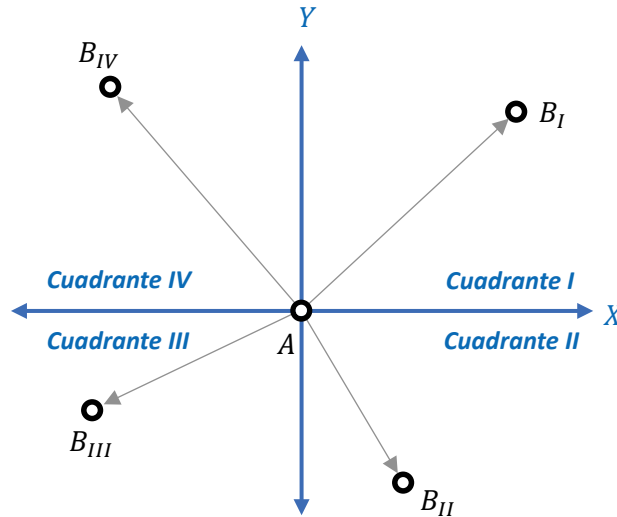


Ilustración 6: Representación de un punto B desde un punto A en los cuatro cuadrantes

Sean dos puntos A y B situados en el primer cuadrante, veamos la forma de calcular el acimut correspondiente. Para ellos nos ayudaremos de un ángulo auxiliar, alfa (α), el cual se medirá siempre desde el eje Y hasta la línea que une ambos puntos, tal y como se muestra en la Ilustración 7.

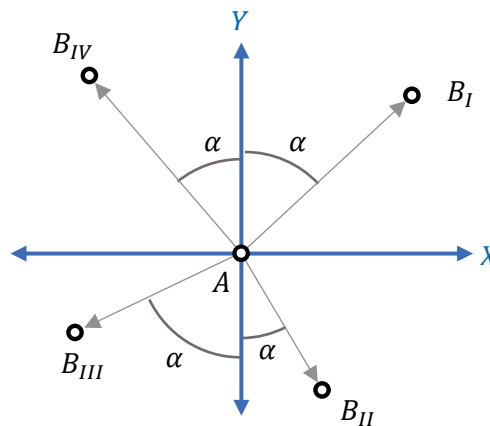


Ilustración 7: Ángulo alfa representado en los cuatro cuadrantes

Sean dos puntos A y B situados en el primer cuadrante, veamos cómo obtener alfa, para posteriormente obtener el acimut correspondiente entre ambos puntos (Ilustración 8):

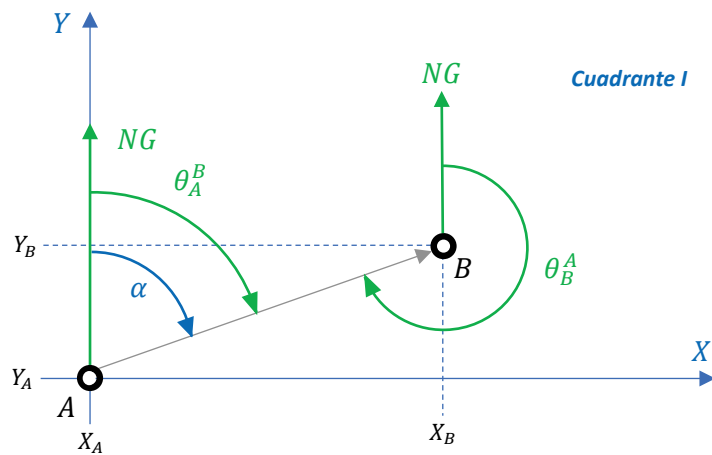


Ilustración 8: Cálculo del acimut en el primer cuadrante con alfa

En el triángulo que se forma entre A, B y los ejes, podemos obtener el valor de alfa mediante la siguiente expresión:

$$\tan \alpha = \frac{(X_B - X_A)}{(Y_B - Y_A)} \quad \rightarrow \quad \alpha = \text{Arctg} \frac{(X_B - X_A)}{(Y_B - Y_A)}$$

Al tratarse del primer cuadrante, el acimut θ_A^B coincide con el valor de α . No obstante, para calcular el acimut entre dos puntos que se encuentren en los demás cuadrantes, deberemos tener en cuenta la siguiente relación, las cuales se muestran en la Ilustración 9 y en la Tabla 1.

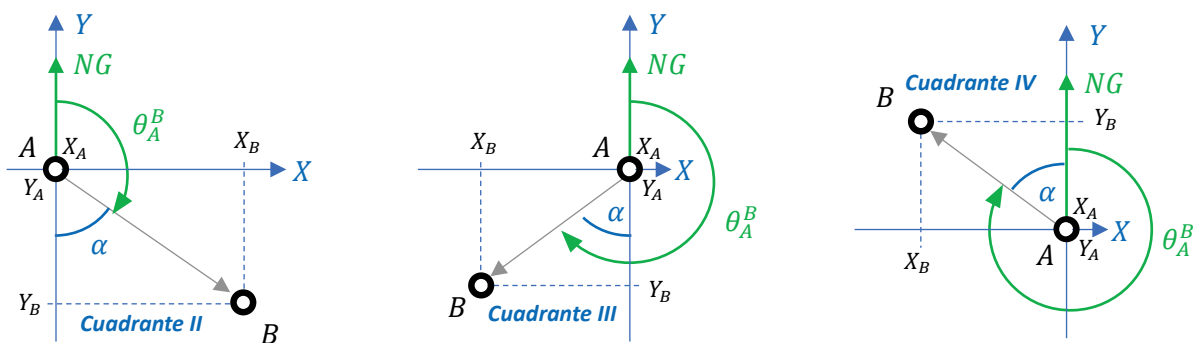


Ilustración 9: Cálculo del acimut en el II, III y IV cuadrante con alfa

Tabla 1: Cálculo del acimut con alfa según el cuadrante.

Cuadrante	ΔX	ΔY	Acimut
I	+	+	α
II	+	-	$200 - \alpha$
III	-	-	$200 + \alpha$
IV	-	+	$400 - \alpha$

1.6 DISTANCIAS

Una parte importante de la topografía es la obtención de las coordenadas de un punto a partir de otros puntos conocidos. Por tanto, como parte de este proceso habrá que calcular la distancia que separa a ambos puntos.

Explicaremos paso a paso el desglose de las distintas distancias que son necesarias calcular para obtener las coordenadas de un punto.

- **DISTANCIA NATURAL (D_N)**

Es la distancia real que hay entre dos puntos. Si se usa una estación total, al emplear un distanciómetro electrónica se puede obtener la distancia natural directamente. En caso de que se use un teodolito se requiere leer las lecturas de campo (superior, central e inferior), se obtendrá el Número Generador (Ilustración 10).

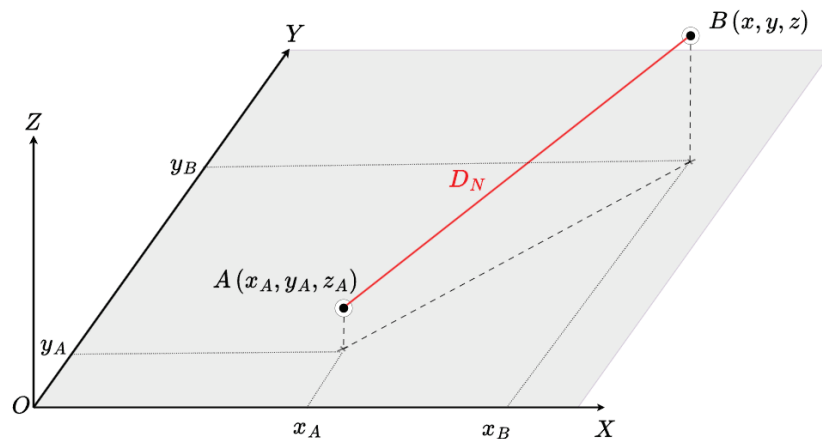


Ilustración 10: Distancia Natural entre A y B

- **NÚMERO GENERADOR (G)**

El número generador (G) es el valor obtenido de multiplicar $k \cdot L$:

$$G = k * L = k * (L_s - L_i)$$

Nos da una aproximación de la distancia natural que hay entre ambos puntos.

- **DISTANCIA REDUCIDA (D_R)**

Es la distancia que surge de proyectar la D_N sobre el plano XY, tal y como se muestra en la ilustración 11. Su expresión se calcula mediante las siguientes fórmulas, en función de si el dato conocido es la D_N o G:

$$D_R = D_N * \text{seno}(LV)$$
$$D_R = G * \text{seno}^2(LV)$$

Donde LV es la lectura vertical o ángulo medido desde el Zenit (Ilustración 11).

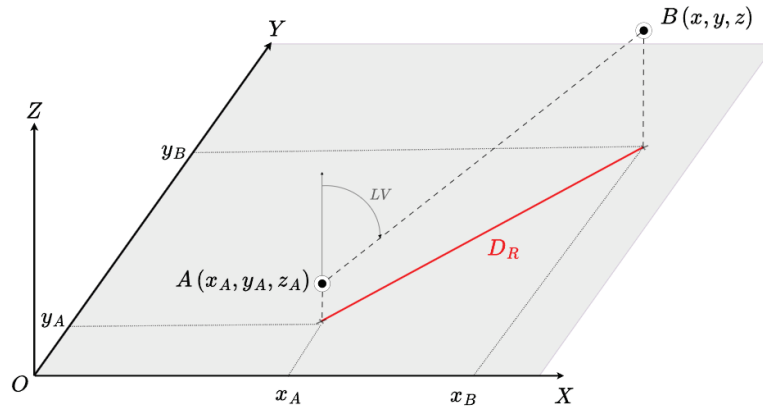


Ilustración 11: Distancia Reducida entre A y B

- **INCREMENTOS DE X E Y**

Una vez obtenida la D_R , es necesario proyectar dicha distancia en cada eje, para saber qué incremento de distancia hay entre el punto de coordenadas conocidas (A) y el punto el cual queremos calcular sus coordenadas (B) en los ejes X e Y, tal y como se muestra en la Ilustración 12. La expresión siguiente emplea para calcular los incrementos, el acimut (θ_A^B) y la D_R entre ambos los puntos:

$$\Delta X_A^B = D_R * \text{seno}(\theta_A^B)$$

$$\Delta Y_A^B = D_R * \text{cos}(\theta_A^B)$$