



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



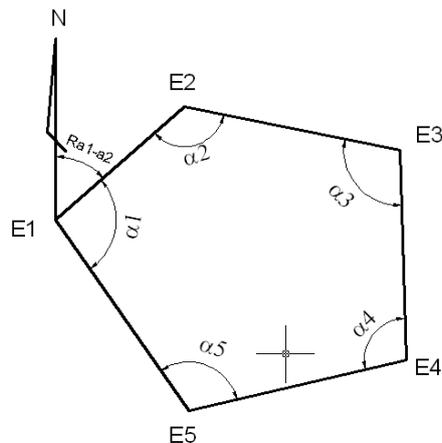
FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

APUNTES TOPOGRAFÍA POLIGONACION

Ing. Agrim. Laura Mateo
Ing. Agrim. Jorge Peralta

Gran parte de este apunte fue extraído de “LEVANTAMIENTO Y CARTEO GEOLÓGICO I, METODOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO (Pothenet, Hansen, Poligonación)”. UNSJ – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Cátedra de Levantamiento y Carteo Geológico I.

Una poligonal consiste en una línea quebrada, constituida por vértices (estaciones de la poligonal) y lados que unen dichos vértices. Los vértices adyacentes deben ser intervisibles. Es decir desde un vértice debo observar el inmediato anterior y el inmediato posterior. El levantamiento de la poligonal comprende la medición de los ángulos que forman las direcciones de los lados adyacentes (o los rumbos de estos lados) y las distancias entre los vértices.



E_i : Vértices;
 α_i : Ángulos internos;
 $A_i A_{i+1}$: Lados;
 $R_{A_1 A_2}$: Rumbo origen

Fig. 1. Poligonal cerrada.

Si las coordenadas de la primer estación son las mismas que las de la última, entonces la poligonal es cerrada (Fig. 1). En cambio, si la primera estación no es la misma que la última, la poligonal es abierta (Fig. 2). Una poligonal cerrada tiene controles angulares y lineales y por lo tanto los errores de las mediciones pueden compensarse.

Lo mismo sucede en una poligonal abierta cuando la primera y la última estación tienen coordenadas conocidas o están vinculadas a puntos de coordenadas conocidas (Fig. 3).



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

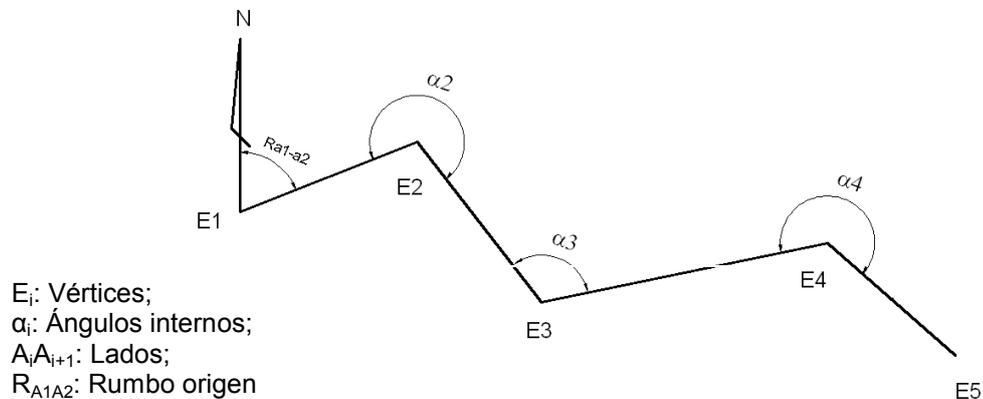


Fig. 2. Poligonal abierta

En cambio si las coordenadas del primer y último vértice son desconocidas, la poligonal no se puede controlar ni compensar. Si se conocen las coordenadas solamente del primer vértice de una poligonal abierta, se dice que la poligonal está vinculada, pero no ofrece controles.

También se denominan poligonal de circuito cerrado, cuando la poligonal es cerrada y forma un polígono, mientras que a las poligonales abiertas con los extremos conocidos se las llama poligonal de línea cerrada.

Cada tipo de poligonal tiene sus aplicaciones, aunque siempre es recomendable construir una poligonal cerrada, ya que tenemos controles y podemos compensar los resultados.

Conociendo las coordenadas cartesianas del primer vértice y el rumbo del primer lado, se pueden obtener las coordenadas de todos los puntos sucesivos. Si no se conocen las coordenadas del primer punto ni el rumbo del primer lado, pueden asignarse coordenadas y rumbo arbitrario. De esta manera se puede representar la posición relativa de las estaciones.

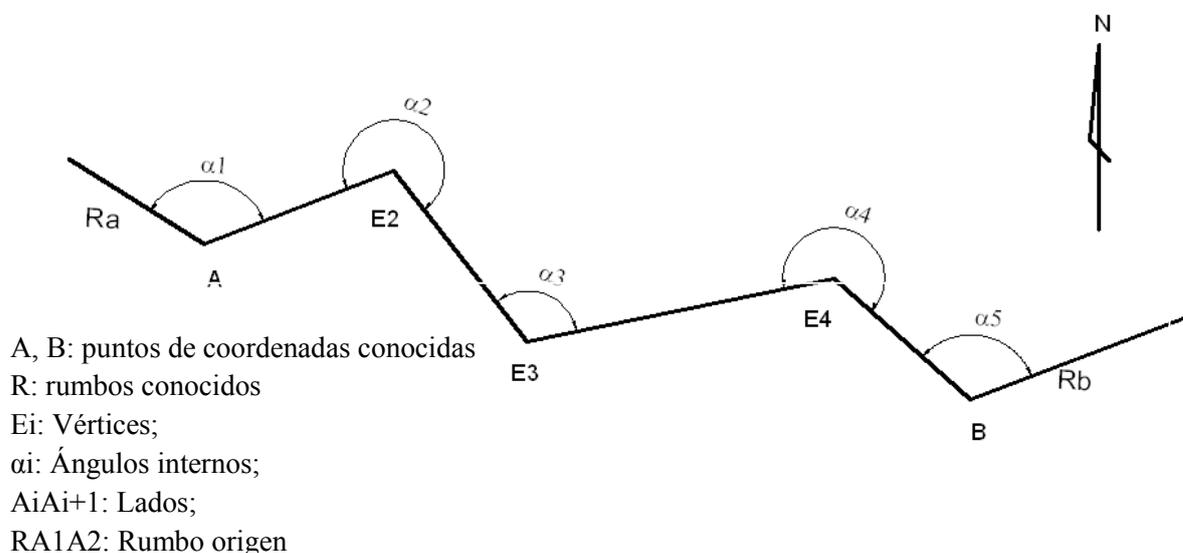


Fig. 3. Poligonal abierta vinculada en sus extremos



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

Los equipos que se utilizan para el levantamiento de una poligonal dependen de la precisión que se requiere. Las poligonales de primer orden tienen lados de hasta 50 Km. Los ángulos en estos casos se miden con teodolitos geodésicos de precisión. Los lados se pueden medir con instrumentos MED (Medición Electrónica de Distancias). Para sitios más pequeños y levantamientos más expeditivos pueden aplicarse métodos estadimétricos (lados no mayores que 200 m), mediante la utilización de miras verticales.

Operaciones para el levantamiento de una poligonal

Brigadas

Las brigadas están compuestas por un operador y uno o dos ayudantes. El operador lee y anota los ángulos mientras que los ayudantes colocan las señales en las estaciones adyacentes.

Selección de las estaciones

Las estaciones de la poligonal se seleccionan de acuerdo a los objetivos del trabajo. Los vértices de la poligonal servirán de estaciones de apoyo en el relleno. De acuerdo a los puntos que se desean relevar, se elegirán los vértices de la poligonal.

Las estaciones adyacentes de la poligonal deben ser visibles entre sí. La distancia que separa las estaciones estará de acuerdo con el método y el instrumento que se utilice para medir la distancia. Las estaciones deben ubicarse en lugares que no estén expuestos a inundación, erosión, desplazamientos, o cualquier otro accidente que destruya la marca del punto.

A menudo se realizan mediciones de ángulos y distancias a puntos cercanos permanentes, para replantear la posición de la estación en el caso de que se destruya. A esta operación se le denomina balizamiento. A la vez que se seleccionan los puntos estación se realiza un croquis que servirá para la planificación de las tareas posteriores.

La marcación consiste en establecer marcas permanentes o semi-permanentes en las estaciones, mediante estacas de madera o hierro. Mediante la señalización se colocan jalones o banderines en las estaciones para que sean visibles desde las estaciones adyacentes.

Medición de los lados

Los lados de una poligonal se miden con instrumentos MED o con cintas de acero. Pueden medirse al menos dos veces cada lado, con el objeto de tener un control y se obtiene la media de las dos lecturas.

Medición de los ángulos

Para medir los ángulos de una poligonal se procede a estacionar en cada uno de los vértices, siguiendo un sentido de giro predeterminado: en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario. Se puede medir el rumbo o acimut del primer lado para que la poligonal quede orientada. Se procederá a medir los ángulos internos o externos. Los ángulos se miden aplicando la regla de Bessel (serie completa), bisectando siempre la señal lo más cerca posible de la superficie del terreno.

Ajuste y cálculo de la poligonal



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

Error de cierre angular

Cuando se miden los ángulos internos de una poligonal cerrada es posible efectuar un control de cierre angular, dado que la suma de los ángulos interiores de un polígono es igual a $180^\circ \cdot (n - 2)$.

El error de cierre angular es igual a la diferencia de $180^\circ \cdot (n - 2)$ menos la sumatoria de los ángulos interiores. De forma que:

$$e = 180^\circ (n - 2) - \sum \alpha_{int}$$

El error de cierre angular debe ser menor o igual que la tolerancia. Por tolerancia se entiende el mayor error permitido. En general podemos calcular la tolerancia mediante la siguiente expresión:

$T = a \cdot \sqrt{n}$; siendo T: tolerancia, a: apreciación del instrumento (1' generalmente), n: numero de ángulos medidos

Si en lugar de medir los ángulos internos se miden los ángulos externos, la suma debe ser igual a $180^\circ \cdot (n + 2)$.

Este control se realiza en el campo, de tal manera que si el error es mayor que la tolerancia (error grosero) puede realizarse la medición nuevamente, hasta obtener un error de cierre menor que la tolerancia.

Una vez obtenido el error de cierre angular menor o igual que la tolerancia se procede a compensar los ángulos. Una forma de compensar los ángulos es por partes iguales. Para obtener la corrección angular c, se divide el error por el número de vértices:

$$c = e/n$$

Obtenida la corrección, se suma o se resta de acuerdo al signo del error, a cada uno de los ángulos:

$$\alpha_{nuevo} = \alpha_{ogin} + c$$

Cálculos de rumbos

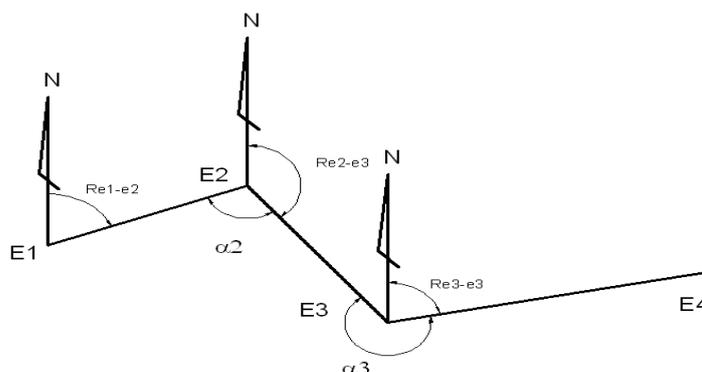


Fig. 5. Cálculo de rumbos.



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

$$R_{E1E2}: \text{rumbo conocido}, \quad R_{E2E3} = R_{E1E2} + 180^\circ - \alpha_2, \quad R_{E3E4} = R_{E2E3} + 180^\circ - \alpha_3$$

$$R_{E_{n-1}E_n} = R_{E_{n-2}E_{n-1}} + 180^\circ - \alpha_{n-1}$$

Dada la poligonal cerrada constituida por los vértices A, B, C, ..., N; se conoce o se asigna un rumbo arbitrario al primer lado AB. Para calcular el rumbo del lado siguiente BC, suponiendo el sentido de giro del levantamiento es según las agujas del reloj, se calcula el rumbo recíproco BA y se resta el ángulo interior del vértice B. Se procede de la misma manera con cada uno de los lados hasta cerrar el circuito, es decir obtener el rumbo BA que debe coincidir con el rumbo de partida. En el caso que el sentido de giro del levantamiento de las estaciones sea contrario a las agujas del reloj, en vez de restar los ángulos interiores, se suman.

Cálculos de las coordenadas cartesianas.

Una vez corregidos los ángulos interiores, calculado los rumbos de cada lado y obtenidas las medias de las distancias de cada lado de la poligonal, se procede a calcular las diferencias de coordenadas entre cada vértice consecutivo.

$$\begin{array}{ll} Dx = d \cos R & \text{luego} \quad x_{n+1} = x_1 + Dx \\ Dy = d \sin R & \text{luego} \quad y_{n+1} = y_1 + Dy \end{array}$$

Error de cierre lineal.

Dado que la poligonal es cerrada, las coordenadas de la primera y última estación son las mismas, de modo que la sumatoria de los Dx y de los Dy deben ser igual a cero. Así los errores lineales son los siguientes:

$$e_x = \sum Dx ; \quad e_y = \sum Dy$$

El error de cierre lineal es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores lineales parciales en el eje x e y:

$$\text{Erro cierre lineal} = \sqrt{e_x^2 + e_y^2}$$

Para efectuar la compensación lineal, el error debe ser menor o igual que la tolerancia lineal. Podemos calcular la tolerancia lineal de la siguiente manera:

$$T = k \cdot \sqrt{L} ; \text{ siendo } k = \text{una constante en función de la precisión requerida y } L = \text{perímetro (km)} (\sum \text{lados})$$

Compensación de cierre lineal

Si los lados de la poligonal tienen longitudes similares, se puede compensar por partes iguales, sumando o restando el error de cierre lineal dividido la cantidad de lados:

$$Dx_c = x_i + e_x/n ; \quad Dy_c = y_i + e_y/n$$

Siendo: Dx_c y Dy_c : los deltas compensados, x_i y y_i : los deltas iniciales, e : el error de cierre y n la cantidad de lados.

En el caso que se requiere más precisión la corrección es más compleja. Se puede realizar por partes proporcionales. Las correcciones proporcionales vienen expresadas por las siguientes expresiones:



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

$$cx = [-e_x / \sum |Dx|] * |Dx|$$
$$cy = [-e_y / \sum |Dy|] * |Dy|$$

Para obtener los valores de corrección proporcionales, **cx** y **cy** se multiplican por todos los Dx y Dy respectivamente y estos valores se suman o se restan, de acuerdo a su signo, a los Dx y Dy.

Para obtener las coordenadas cartesianas de los puntos que forman la poligonal se debe partir de las coordenadas del primer punto. Si no se conocen las coordenadas del primer punto, se les asignan valores arbitrarios. Estos valores arbitrarios se eligen procurando que ningún punto del levantamiento tenga coordenadas negativas. A partir de las coordenadas del primer punto se obtienen las coordenadas de los puntos subsiguientes, utilizando los Dx y Dy corregidos.