

## Tipificación de error en un levantamiento planimétrico por el método de poligonal cerrada

Fausto Cabrera<sup>1</sup> y Carlos Valero<sup>1</sup>

**Fecha de recepción:**

9 de octubre, 2015

**Fecha de aprobación:**

30 de octubre, 2015

### Resumen

El levantamiento planimétrico por poligonal cerrada es un método que ha servido de gran ayuda para poder dar veracidad de un trabajo topográfico bien hecho, visto que por medio de este se logra corregir angular y linealmente una poligonal; sin embargo y como es de conocimiento, la primera penalidad a aplicar es la corrección angular por lo que hemos tratado de profundizar acerca del origen de los errores cometidos en la medición de estos ángulos, en vista que los métodos existentes demuestran como cuantificarlos e incluso como simplificarlos haciéndose validos a parámetros admisibles dotados por la teoría, pero no el origen o punto donde se lo produjo. En el ámbito de la docencia brotan muchas inquietudes tanto del estudiante como del docente durante el desarrollo de la materia, de donde una de ellas ha sido el cómo poder identificar donde se produjo un error para evitar la iteración de todo un trabajo, motivo por el cual se plantea este inédito método que busca encontrar los puntos en los que se producen los errores angulares para poder aplicar correcciones puntuales lo cual se estima que reducirá tiempos y por ende recursos económicos.

**Palabras claves:** Identificación del error, error angular, levantamiento topográfico, poligonal cerrada.

### Abstract

The planimetric lifting by closed polygon is a method that has been a great help to give veracity of a topographical work well done, seen through this way achieved by correcting a polygonal angular and linear; however, as is knowledge the first penalty to be applied is the angular correction so we tried to deepen about the origin of the errors in the measurement of these angles, given that existing methods demonstrate how to quantify and even as simplifying becoming validity to allowed parameters provided by the theory but not the source or point where it occurred. In the field of teaching appear many concerns both the student and teacher during the development of the subject, where one of them has been how to identify where an error took place to prevent iteration of a whole work, , it is the reason why this innovative method is proposed, which seeks to find the points where the angular errors occur in order to apply specific corrections which are estimated it will reduce time and therefore economic resources.

**Keywords:** Identifying errors, angular error, topographical lifting, closed polygonal.

<sup>1</sup>Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, Av. de las Américas No. 70 frente al Cuartel Modelo, Casilla postal 11-33, Guayaquil, Ecuador, fcaibreram@ulvr.edu.ec

## Introducción

La creación de nuevas técnicas y herramientas que optimicen la aplicación del arte ingenieril que en esta ocasión se acentúa en la asignatura de Topografía, pretendemos renovar un método que ha sido implementado con éxito en la materia de Topografía cuando se trata de Levantamiento por Poligonal Cerrada; implementando un sistema trigonométrico que permitirá dar respuesta a la inquietud generada a menudo en las aulas de clases de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, y que consiste en *Cómo encontrar el vértice o estación donde se produjo el error*, a fin de evitar encontrar su origen mediante la reiteración de un trabajo realizado.

Dar respuesta a tales inquietudes, nos permite introducir mejoras sin modificar los procesos regulares es algo llevadero; y es por esa apreciación que se propone adicionar un parámetro que infiera no solo en la evaluación de errores sino que indague acerca de, en qué punto vértice de estación se lo cometió. Esto indudablemente impulsa a la optimización del método por su basteo y a la vez concisa forma de ubicar un error al ejecutar el levantamiento de una poligonal de un terreno.

## Desarrollo

La denominación poligonal cerrada hace referencia a un método empleado en un levantamiento topográfico planimétrico, el cual tiene como objetivo determinar un posible error, evaluarlo y finalmente si este se encuentra dentro de los intervalos admisibles distribuirlo por medio de un proceso de ajuste angular y lineal hasta diferir el error obtenido, este proceso se lo realiza en el transcurso de la conversión de

coordenadas polares (ángulos y distancias), a coordenadas rectangulares (Norte y Este) hasta lograr el cierre total de la poligonal cerrada, que puede ser expresada como un sistema de alineamientos convergentes perimetral que en ocasiones tomará la forma de una figura geométrica conocida o regular y de igual manera en ocasiones tomará la forma de una figura geométrica desconocida o irregular; dependiendo de la morfología del terreno.

Para poder evaluar los posibles errores angulares que se obtienen en una poligonal regular o irregular es necesario recurrir a la teoría, con la finalidad de lograr obtener un contraste con las mediciones angulares realizadas en el sitio del levantamiento, contraste que puede ser nombrado como error angular obtenido.

“Si hemos recorrido la poligonal en sentido horario, la suma de los ángulos nos debe dar  $(n+2) * 180^\circ$ , siendo  $n$  el número de lados de la poligonal. Si la hemos recorrido en sentido opuesto, la suma de los ángulos nos debe dar  $(n-2) * 180^\circ$ .” (Torres y Villate, 2001, p. 76).

Ecuaciones que determinan la sumatoria teórica de los ángulos internos-externos que contenga una determinada poligonal regular-irregular, en función del número de vértices que la conforme y el sentido a elección que se empleó en el momento de realizar el levantamiento topográfico planimétrico, cabe mencionar que estas ecuaciones tienen su aplicación a fin de encontrar la magnitud, pero no de reflejar donde se cometió el posible error.

Luego de haber determinado la magnitud del posible error angular este será penalizado por intervalos admisibles, puede ser verificable con las anteriores ecuaciones, que solo dependerán de que tan extensa sea la poligonal

formada, es decir que estarán dados en función del número de vértices que contenga dicha poligonal y de la aproximación que presente el equipo utilizado, refiriéndose a la aproximación como un valor en este caso angular determinado por la mínima lectura sin apreciar, que permita observar el equipo o instrumento topográfico que se utilice, cabe resaltar que estos intervalos admisibles de igual manera que las ecuaciones teóricas no logran descifrar el origen del posible error cometido.

Esta discrepancia entre la suma teórica y la encontrada en campo, se denomina “error de cierre en ángulo” debe ser menor que la cantidad máxima permitida ( $e$ ) según las especificaciones de precisión, así:

- a) Para levantamientos de poca precisión  $e = a \cdot n$
- b) Para levantamiento de precisión  $e = a$

Siendo  $n$  el número de vértice de la poligonal, o sea el número de esta de vértices de estaciones, y  $a$  la aproximación del teodolito o la estación total. Las unidades de “ $e$ ” son las mismas de  $a$  (minutos o segundos). (Torres & Villate, 2001, pág. 77).

“Existen varios métodos para repartir el ERROR DE CIERRE y hacer que las proyecciones den sumas iguales, o sea que el polígono cierre perfectamente.” (Torres y Villate, 2001, p. 81). Sin embargo hay POCOS MÉTODOS que determinen el origen de ese error, haciendo no solo referencia a las circunstancias ni a los agentes productores, sino al lugar entiéndase a este como el punto de estación dentro de la poligonal donde se originó el mismo.

Lo publicado por Torres y Villate, es algo que ha sido aplicado en cierto termino como un legado y puede ser interpretado como; si la diferencia de la sumatoria de

ángulos teóricos con los medidos exceden los parámetros tolerantes la información no es veraz y a consecuencia de eso se deberá reiterar el trabajo realizado, se comprenderá que esto significa tiempo y por ende dinero.

Estos problemas se pueden presentar cuando se olvidó, o no fue posible, tomar algún dato de campo. Sin embargo, debe procurarse no omitir datos de campo, pues en estos casos, las soluciones se basan en que el polígono debe cerrarse forzosamente. (Montes de Oca, citado en Valencia, 2013).

Los cierres forzados no garantiza precisión en el trabajo realizado al contrario demuestran falencia de profesionalismo e incluso ocio, características que de seguro generan desconfianza y a su vez afectan directamente a la imagen del profesional que realizó el trabajo; motivo por el cual se recomienda este método a fin de evitar esos cierres forzados por diferentes causas como falta de recursos entre otros.

A fin de poder identificar el origen del error obtenido para la aplicación de correctivos de una manera puntual, se plantea medir líneas que se las denominará auxiliares, las cuales deben ser tomadas desde cada punto de estación hasta el punto siguiente al de orientación como se presenta en la Figura 1, esta información será considerada como adicional al método de ajuste por poligonal cerrada, es evidente que lo recomendado en primera instancia denotara un incremento en el tiempo destinado al levantamiento en condiciones normales; pero es incuestionable que en caso de la existencia de errores se convierta en una herramienta imprescindible, que evitará la iteración de todo el trabajo realizado; esto no significa que se omitirá la verificación de la información recolectada, significa que se podrá dirigir al punto, entiéndase como estación donde se cometió el error, de esta manera es como se aprecia

que el tiempo invertido en la recolección de información auxiliar retorna de manera exponencial, es decir el beneficio será mayor al tiempo empleado.

La aplicación del método de ajuste por poligonal cerrada consiste en recolectar coordenadas polares (ángulos y distancias), información que luego de pasar por correcciones angulares y lineales se transforman a coordenadas rectangulares para fácil manejo en la cuantificación dimensional y representación gráfica; pero para este cometido eran bastas las distancias  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5$  y los ángulos  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ ; información que si es verdad son datos suficiente para efectuar la corrección y el ajuste; pero distante a eso esta información no satisface la necesidad de poder identificar donde se produjo el posible error, es por este motivo que se propone implementar como

dato adicional la medición de las distancias, l. aux. 1, 2, 3, 4, 5; con el fin de formar un triángulo por cada punto vértice de estación como se lo muestra en la Figura 2.

El ángulo  $\alpha_2$  como se aprecia en la Figura 2 representa la magnitud de la abertura externa a la poligonal que forman las líneas convergentes  $d_1$  y  $d_2$  por lo que lo llamaremos  $\alpha_2$  ext.; por ende su complemento se lo denominará  $\alpha_2$  int.

El triángulo T1 que podría ser obtusángulo o agudo está ubicado entre los puntos vértices de estación E1, E2, y E3 y además está formado por las distancias  $d_1, d_2, L. AUX. 1$ , es decir cuenta con la información de todos sus lados por lo que puede ser resultado empleando el teorema de coseno denominado también ley del coseno la cual se muestra a continuación:

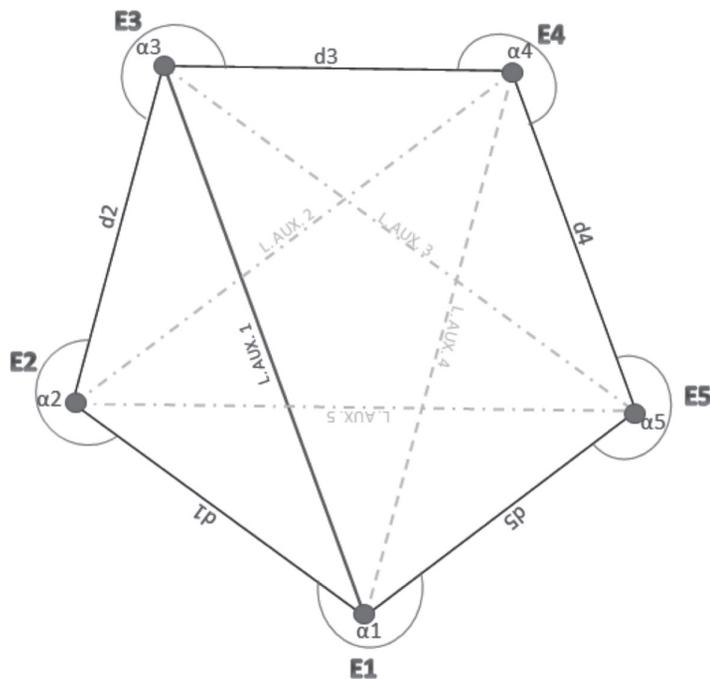


Figura 1. Líneas auxiliares.

$$\alpha_{2int.} = d_{12} + 2d_1 \times d_2 \quad (1)$$

El teorema de coseno nos permite encontrar el ángulo interno “ $\alpha_2$  int.” en función de los lados que componen al triángulo, pero no solo eso gracias a la determinación de este ángulo se podrá realizar un contraste con el medido, tanto en la estación E1 así como en la estación E2, E3, E4, E5; este contraste dará como resultado el poder identificar la presencia de posibles errores de manera puntual, dejándolo descubierto para aplicar las debidas correcciones.

Se debe comprender que la aplicación del método hace referencia al cálculo y no a la medición de las líneas auxiliares se justificará, siempre que exista el caso en que se presente que la sumatoria angular interna o externa exceda los parámetros admisibles al momento de relacionarla con la sumatoria angular teórica.

Se considera que el poder contar con la información medida de las líneas auxiliares permite omitir la reiteración de todo el trabajo realizado y en instancias corregir el error obtenido en el punto en el que se lo produjo.

### Conclusión

En condiciones normales el método de ajuste angular en una poligonal cerrada nos permite utilizar dos situaciones, la primera es que el error obtenido sea distribuido de manera proporcional al número de estaciones acatando la propiedad distributiva, y la segunda radica en que el error obtenido sea distribuido a criterio propio, formado por los diversos agentes y condiciones que se dieron al momento de ejecutar el trabajo. Pero estas dos situaciones no garantizan que la aplicación de la corrección se la haya realizado donde fuera necesario, es decir

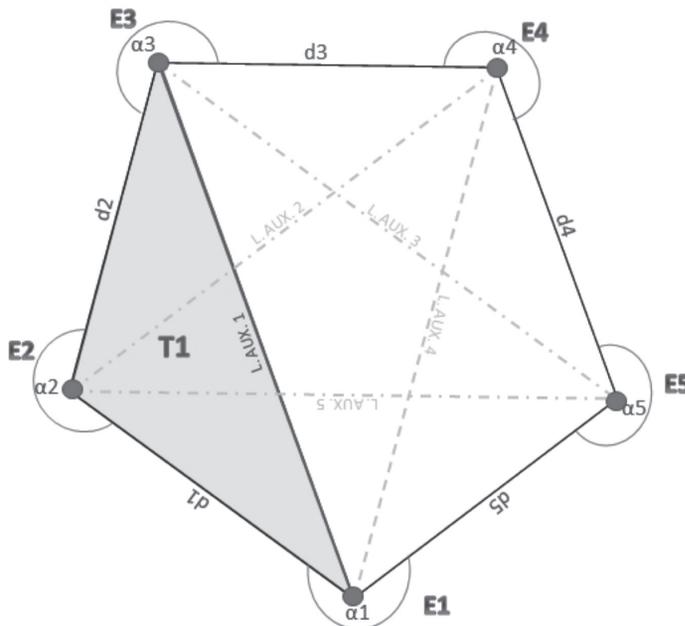


Figura 2. Magnitud de las aberturas.

donde se cometió el error; ni tampoco nos libra de la iteración del trabajo en caso de que este no esté acorde a los parámetros límites admisibles establecidos; es por esos motivos que nuestra conclusión general al trabajo realizado radica en que la aplicación de este método permitirá aplicar corrección puntuales donde se cometió el error sin caer en la propiedad distributiva y que incluso podría omitir la iteración del trabajo, en caso de que este no este no cumpla con los parámetros límites establecidos. En el Anexo

A se presenta un ejemplo realizado en el campus de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

## Referencias

- Torres, A., y Villate E. (2001). *Topografía* (4ª ed.). Colombia: Alfabuara.
- Valencia, G. (26 de abril de 2013). Omisión de datos. 5 casos de Montes Oca. En *Prezi*. Recuperado de <https://goo.gl/AlJypk>

## Anexo A

Levantamiento planimétrico por medio de una poligonal cerrada formada por seis puntos vértices, realizada con estudiantes del tercer semestre de la Carrera de Ingeniería Civil, con el empleo de una Estación Total marca Sokkia Sets 50rx perteneciente a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil y asignado al laboratorio de Topografía de la Carrera de Ingeniería Civil, levantamiento del cual se obtuvo los siguientes ángulos por cada punto de estación que se presentan en la Tabla A1.

Al sumar estos ángulos internos de la poligonal cerrada nos dio como resultado  $720^{\circ}00'17''$  (setecientos veinte grados, cero minutos, diecisiete segundos), como sumatoria angular medida; según la teoría y como se lo indicó anteriormente la sumatoria angular teórica para un polígono de seis vértices es  $720^{\circ}00'00''$  (setecientos

veinte grados, cero minutos, cero segundos), por lo que al poner en contraste lo medido con lo teórico notamos que obtuvimos un error de  $+0^{\circ}0'17''$ , diecisiete segundos de error por exceso, que fue evaluado con los parámetros admisibles ya establecido que por ser una poligonal de seis vértices y por haber ejecutado el trabajo con equipo cuya aproximación es de  $1''$  un segundo, este parámetro admisible es de  $6''$  seis segundo, de tal manera que se puede concluir que nos encontrábamos fuera de los parámetros admisibles y que a su vez tendríamos que reiterar todo el trabajo ejecutado, sin embargo como se aplicó el método de tipificación de error, se pudo determinar donde se produjo el error para la aplicación de las debidas correcciones sin reiterar las mediciones como se ilustra en la Figura A1.

En la Figura A1 se observa la formación de un triángulo por cada punto vértice, gracias a la medición de las líneas auxiliares, mediante la aplicación del teorema de cosenos o ley de coseno, se calculó los ángulos internos a la poligonal  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ ; cálculo mediante el cual se denotó que el ángulo  $\alpha_4$  fue mal medido según el resultado:

$$\alpha_{4int.} = d_{12} + d_{22} - (l_{aux4}) 2d_{1x}d_2$$

**Tabla A1.** Ángulos del levantamiento.

Estación	Ángulo Medido
E1	$140^{\circ}03'33''$
E2	$118^{\circ}35'21''$
E3	$92^{\circ}03'55''$
E4	$140^{\circ}03'50''$
E5	$133^{\circ}48'30''$
E6	$95^{\circ}25'08''$

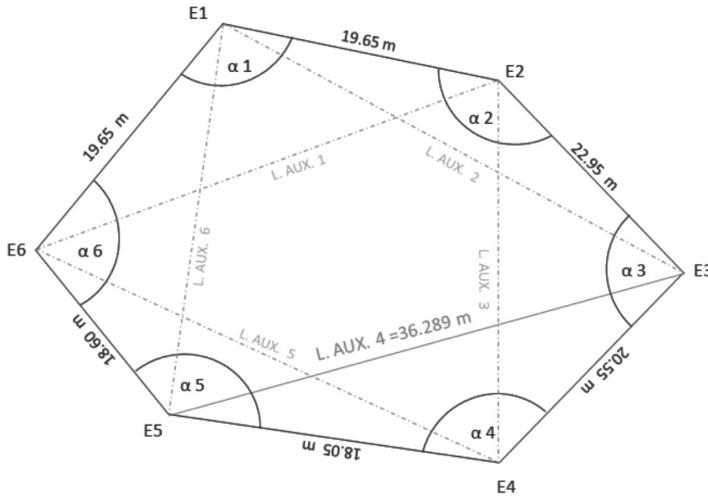


Figura A1. Formación de triángulos

$$\alpha_{4int.} = 20,552 + 18,052 - (36,289)220,55 \times (18,05)$$

Según las distancias medidas:

$$\alpha_{4int.} = 140^{\circ}03'33''$$

Sin embargo, según la Tabla A1.

$$\alpha_{4int.} = 140^{\circ}03'50''$$

Ahora si recordamos el error obtenido es de + 00°00'17" valor que es igual al de la diferencia entre el ángulo interno  $\alpha_4$  obtenido mediante cálculo y en función de las distancias medidas y el ángulo interno  $\alpha_4$  de la tabla 1 medido mediante el empleo del equipo estación total; por lo que si reemplazamos en la Tabla 1 tendremos los valores que se observan en la Tabla A2.

Con este método se pudo determinar en qué estación se cometió el error, se aplicó directamente la corrección, cumpliendo con

que la sumatoria angular medida estaría acorde a la sumatoria angular teórica, en vista de esto nos evitamos de reiterar el trabajo ni recurrir a cierres forzados dándonos la seguridad de que se corrigió el error cometido, precisamente en el punto donde en realidad se lo produjo, siendo el propósito de reducir tiempos y por ende recursos económicos al momento de ejecutar un levantamiento topográfico por medio del método de tipificación de error en una poligonal cerrada.

Tabla A2. Cambios.

Estación	Ángulo Medido
E1	140°03'33"
E2	118°35'21"
E3	92°03'55"
E4	140°03'33"
E5	133°48'30"
E6	95°25'08"

$$\Sigma = 720^{\circ}00'00''$$

Para citar este artículo utilice el siguiente formato:

Cabrera, F. y Valero, C. (noviembre de 2015). Tipificación de error en un levantamiento planimétrico por el método de poligonal cerrada. *YACHANA, Revista Científica - Edición Especial*, 4, 136-142.