



## *Influencia de los errores de los acimutes de partida en la exactitud de la poligonal*

### *Influence of the starting azimuth errors on the traverse accuracy*

### *Influência dos erros de azimute inicial na precisão transversal*

Yoelis Rueda-Barrios <sup>I</sup>

[yoelisrueda@gmail.com](mailto:yoelisrueda@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-4635-0818>

Orlando Belete-Fuentes <sup>II</sup>

[orlandobelette@gmail.com](mailto:orlandobelette@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-2491-8030>

Hernán Luis Castillo-García <sup>IV</sup>

[hernancastil@yahoo.es](mailto:hernancastil@yahoo.es)

<https://orcid.org/0000-0002-5706-0130>

Goering Octavio Zambrano-Cárdenas <sup>VI</sup>

[goering.zambrano@epoch.edu.ec](mailto:goering.zambrano@epoch.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-6975-8539>

Fabian Ricardo Ojeda-Pardo <sup>III</sup>

[fabian.ojeda@epoch.edu.ec](mailto:fabian.ojeda@epoch.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-3192-5084>

Ernesto Reyes-Céspedes <sup>V</sup>

[ernesto141114@gmail.com](mailto:ernesto141114@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-8003-3619>

Juan Diego Varela-Rodríguez <sup>VII</sup>

[juan.varela@epoch.edu.ec](mailto:juan.varela@epoch.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-9689-5624>

**Correspondencia:** [yoelisrueda@gmail.com](mailto:yoelisrueda@gmail.com)

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de investigación

\***Recibido:** 20 de diciembre de 2020 \***Aceptado:** 09 de enero de 2021 \* **Publicado:** 01 de febrero de 2021

- I. Máster en Topografía Minera por la Universidad de Moa, Reparto Caribe, Moa, Cuba.
- II. Doctor en Ciencias Técnicas por la Universidad de Moa, Holguin, Cuba.
- III. Ingeniero en Minas, Máster en Metalurgia, por la Universidad de Moa, Docente de la carrera de Ingeniería de Minas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas, Morona Santiago, Ecuador.
- IV. Máster en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial, Universidad Nacional de Loja (UNL), La Argelia, Loja, Ecuador.
- V. Ingeniero en Minas, Máster en Topografía Minera, Reparto Caribe, Moa, Cuba.
- VI. Magister en Agroindustrias mención en la Calidad y Seguridad Alimentaria, Docente de las Carreras: Ingeniería en Zootecnia y Ambiental, Escuela Politécnica Superior de Chimborazo, Macas, Morona Santiago, Ecuador.
- VII. Máster en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial, Docente de la Carrera de Ingeniería de Minas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas, Morona Santiago, Ecuador.

## Resumen

En los trabajos de densificación topográfica en los yacimientos lateríticos, no se determinan los errores de los acimutes de partida, cuestión que imposibilita evaluar la exactitud con que se construyen las poligonales. Es objetivo de esta investigación determinar la influencia de los errores de los acimutes de partida en la exactitud de la poligonal construida con estaciones totales. Se determinó la influencia del error medio cuadrático del acimut de partida en las mediciones poligonométricas y los errores de los acimutes de partida en el error de cierre angular de la poligonal. Las investigaciones realizadas sobre la determinación de los errores en las redes de densificación topográficas en estos yacimientos, permitió definir que la influencia de los errores de los acimutes de partida en la exactitud de las poligonales puede ser despreciable atendiendo a las pequeñas magnitudes obtenidas cuando se mide con estaciones totales, y que el error medio cuadrático del acimut de partida determinado para las poligonales de las redes geodésicas de densificación en estos yacimientos lateríticos, no influye en las mediciones poligonométricas de primera y segunda categoría, y si en las de primera y segunda clase.

**Palabras claves:** Precisión; poligonales; densificación geodésica; errores.

## Abstract

In the works of topographic densification in lateritic deposits, the errors of the starting azimuths are not determined, which makes it impossible to evaluate the accuracy with which the traverses are constructed. The objective of this research is to determine the influence of the errors of the starting azimuths on the accuracy of the polygonal constructed with total stations. The influence of the mean square error of the starting azimuth on the polygonal measurements and the errors of the starting azimuths on the angular closure error of the polygonal were determined. The investigations carried out on the determination of the errors in the topographic densification networks in these reservoirs, allowed to define that the influence of the errors of the starting azimuths in the accuracy of the polygonal can be negligible considering the small magnitudes obtained when measuring with total stations, and that the root mean square error of the starting azimuth determined for the polygonals of the densification geodetic networks in these lateritic deposits, does not influence the polygonal measurements of first and second category, but it does influence those of first and second class.

**Keywords:** Accuracy; polygonal; geodetic densification; errors.

## Resumo

Nos trabalhos de densificação topográfica em depósitos lateríticos, não são determinados os erros dos azimutes iniciais, questão que impossibilita avaliar a precisão com que os poligonais são construídos. O objetivo desta pesquisa é determinar a influência dos erros dos azimutes de partida na precisão da travessia construída com estações totais. Foi determinada a influência do erro quadrático médio do azimute inicial nas medidas poligonométricas e dos erros dos azimutes iniciais no erro de fechamento angular da poligonal. As investigações realizadas na determinação dos erros nas redes de densificação topográfica nestes depósitos, permitiram definir que a influência dos erros dos azimutes de partida na precisão da travessia pode ser desprezível considerando as pequenas magnitudes obtidas na medição com total estações, e que o erro quadrático médio do azimute inicial determinado para os poligonais das redes de densificação geodésica nestes reservatórios lateríticos, não influencia as medidas poligonométricas de primeira e segunda categoria, e se a primeira e segunda classes.

**Palavras-chave:** Precisão; poligonal; densificação geodésica; erros.

## Introducción

La introducción de las estaciones totales en la minería laterítica permitió transitar hacia nuevos métodos de construcción de redes de densificación geodésica, tales como: redes poligonométricas de primera y segunda categorías, redes de primera y segunda clases. Un gran uso se ha obtenido en la poligonometría-el método más operativo de determinación de la posición de los puntos, en particular en terrenos montañosos donde prevalecen las grandes pendientes y tupida vegetación (Froment 2011).

Sin embargo, como muestra la experiencia en la construcción de redes geodésicas de densificación en la exploración y explotación de yacimientos lateríticos cubanos, en las poligonales ocurren con frecuencia la dificultad de obtención de los acimutes de partida a causa de la destrucción de las señales en los puntos de la red poligonometría de apoyo, la no visibilidad entre puntos de partida, entre otras causas. Estas dificultades se eliminan con la medición del acimut astronómico (Fargas 2001). Por tanto, no se determinan los errores de los acimutes de partida, cuestión que imposibilita

evaluar la exactitud con que se construyen las poligonales en estos yacimientos (Batista & Belete 2013).

Es objetivo de este trabajo determinar la influencia de los errores de los acimutes de partida en la exactitud de la poligonal construida con estaciones totales en los yacimientos lateríticos cubanos.

### **Materiales y método**

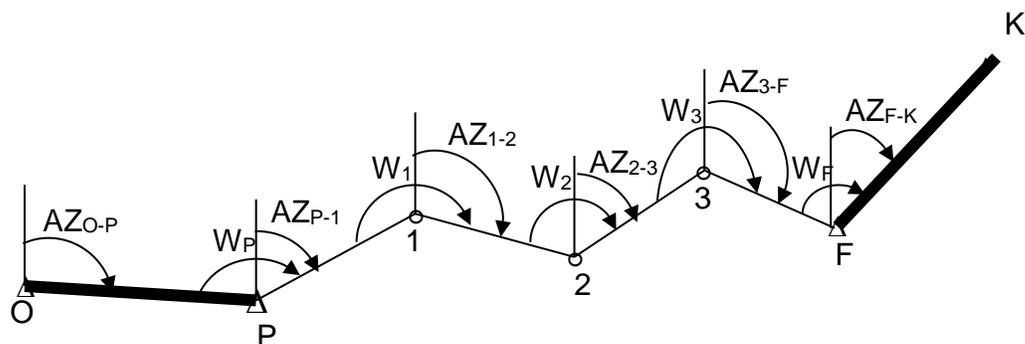
Se midieron en 5 yacimientos lateríticos de la provincia de Holguín, Cuba (Camarioca Sur, Camarioca Norte, La Delta, Cantarrana y Zona septentrional) 18 poligonales de primera categoría, 27 de segunda, 45 de primera clase y 56 de segunda, distribuidas a lo largo del yacimiento con la utilización de la estación total de la firma Leica 806, para determinar la influencia de los errores de los acimutes de partida en la exactitud de la poligonal construida en estos yacimientos. Los datos iniciales partieron de puntos de 4to orden de la red geodésica estatal, que permitieron trazar poligonales de menor precisión en todas direcciones dentro del área de los yacimientos. Los ángulos se obtuvieron con 6 series de mediciones, las distancias fueron medidas en doble sentido. Las poligonales se calcularon utilizando el software nacional TOPO6 y comprobado por software internacionales como CARTOMAP Y AUTOCAD Civil 3D.

A continuación realizamos el análisis de la influencia del error medio cuadrático en las mediciones topográficas mostrando solo 5 ejemplos:

### **Influencia del error medio cuadrático del acimut de partida en las mediciones poligonométricas**

Se analizó la influencia de los errores de los acimutes de partida determinados al final de la poligonal alargada en la exactitud de sus elementos. Para una representación simplificada se muestran las mediciones de los ángulos y distancias en la poligonal sin errores. Los ángulos se midieron a la derecha del recorrido Belete, 1998 (figura1).

**Figura 1:** Esquema de una poligonal de enlace por dos puntos extremos de dos lados orientados.



En la determinación del error de cierre angular de las poligonales se debe considerar la influencia de los errores del acimut del lado de esa poligonal, y se expresa por la siguiente fórmula (1) Batrakov, 1987:

$$m_{\alpha} = \frac{1}{4} m_{\beta} \sqrt{\frac{(n+1)(n^2 + 2n - 3)}{n(n+2)}} \quad (1)$$

Donde:

n- número de lados de la poligonal;

$m_{\alpha}$  - error medio cuadrático de la medición del acimut de partida, s;

$m_{\beta}$  - error medio cuadrático de la medición de los ángulos de la poligonal, s.

### **Influencia de los errores de los acimutes de partida en el error de cierre angular de la poligonal.**

El error de cierre lineal de la poligonal se calcula por la siguiente fórmula (2):

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{lim}} - [\alpha_f - \alpha_i + 180^{\circ}(n+1)] \quad (2)$$

Donde:

n-número de lados de la poligonal,

$\alpha_i$  – acimut del lado inicial,

$\alpha_f$  – acimut del lado final,

Para esclarecer la influencia solamente de los errores de los acimutes de partida, aceptamos que

$\sum \beta_{\text{lim}}$  se calculó sin error. En este caso:

$$f_{\beta} = \Delta_{ci} - \Delta_{cf} \quad (3)$$

Donde:

$\Delta_{ci}$  – error del acimut del lado inicial

$\Delta_{cf}$  – error del acimut del lado final

$$m_{f\beta}^2 = m_{ci}^2 + m_{cf}^2 \quad (4)$$

Si se cumpliera que:

$$m_{ci} = m_{cf} = m_{\alpha} \quad (5)$$

Donde:

$m_{ci}$  – error medio cuadrático del acimut del lado inicial;

$m_{cf}$  – error medio cuadrático del acimut del lado final;

$m_{\alpha}$  – error medio cuadrático del acimut medido;

Entonces:

$$m_{f\beta} = m_{\alpha} \sqrt{2} \quad (6)$$

Para nuestro caso, la influencia de los errores de los acimutes de partida en el error de cierre angular de las poligonales analizadas resultó ser:  $m_{f\beta} = 5\sqrt{2} = 7,01''$ .

### **Influencia de los errores de los acimutes de partida en el error de cierre lineal de la poligonal, obtenidos antes de ser ajustados los ángulos.**

Los errores de cierre de los incrementos de coordenadas obtenidos con los ángulos antes de ser ajustados se calculan de la siguiente manera Batrakov, 1987:

$$M'_{fs} = L_1 \frac{m_{ci}}{\rho} \quad (7)$$

Donde:

$L_1$ -longitud de la poligonal.

Este error fue calculado para todo tipo de poligonal, cuyos resultados se encuentran a continuación:

$M'_{fs} = 10,25\text{cm}$  para poligonales de 1ra categoría

$M'_{fs} = 3,41\text{cm}$  para poligonales de 2da categoría

$M'_{fs} = 2,63\text{cm}$  para poligonales de 1ra clase

$M'_{fs} = 3,22\text{cm}$  para poligonales de 2da clase

Todas las magnitudes fueron medidas con el mismo instrumento, por eso el error del acimut es igual para todos los tipos de poligonales ( $m \leq 5''$ ), de ahí que los resultados se diferencien por la longitud de la poligonal.

### Influencia de los errores de los acimutes de partida en las coordenadas ajustadas de los puntos de la poligonal

Después de realizado el análisis del comportamiento de los errores de cierre lineal de las poligonales, notamos que el mayor desplazamiento se produce en el eje de las abscisas (tablas 1-2).

**Tabla 1:** Error de cierre lineal en las poligonales de primera categoría

Error de cierre lineal en X, m	Error de cierre lineal en Y, m
+0,460	-0,753
+0,072	-0,602
+0,079	-0,134
+0.343	-0.153
+0.198	0.126

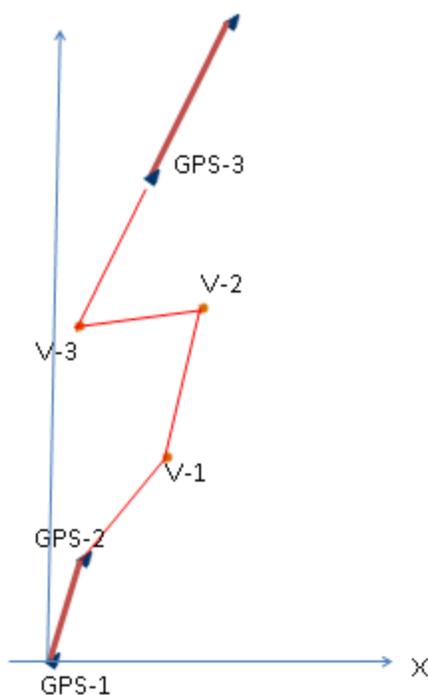
**Tabla 2:** Error de cierre lineal en las poligonales de segunda categoría

Error de cierre lineal en X, m	Error de cierre lineal en Y, m
0.00205	-0.00188
0.3631	0.0168
0.09710	0.02894
0.26316	-0.54069
0.73389	0.28394
-0.04792	-0.67799

Si se construyera la poligonal siguiendo el eje de las Y (hacerla coincidir por el eje de las ordenadas), los errores  $\Delta_{\alpha i}$  y  $\Delta_{\alpha F}$  no influirían en las ordenadas de los puntos de la poligonal, y si

en el eje de las abscisas. Por eso necesario orientar la poligonal en el eje de las ordenadas para evitar este desplazamiento (figura 2).

**Figura 2:** Esquema de una poligonal alargada distribuida por el eje de las ordenadas (caso de estudio-poligonal base del yacimiento Cantarrana).



En este caso, la influencia mayor del acimut de partida en las coordenadas ajustadas se logra en el eje de las abscisas (tabla 3).

Después de la deducción de la fórmula por parte de Batrakov, (1987), para conocer la influencia de estos errores en las ordenadas de los puntos de la poligonal, presentamos la fórmula final (8):

$$m_y^\alpha = \frac{\sqrt{2}}{8} \frac{n}{n+1} L \frac{m_\alpha}{\rho} \quad (8)$$

Donde:

$m_\alpha$ - error medio cuadrático de la medición de los acimutes de partida de la poligonal, s

n- cantidad de ángulos medidos en la poligonal.

Para la comparación del grado de influencia de los errores de los acimutes de partida y los errores de los ángulos medidos en las abscisas ajustadas, calculamos el error medio cuadrático del desplazamiento transversal por la fórmula de Batrakov, 1987 (9):

$$m_Y^\beta = \frac{1}{8\sqrt{3}} \frac{m_\beta}{\rho} L \sqrt{\frac{(n+2)(n^2+2n+4)}{n(n+1)}} \quad (9)$$

Donde:

$m_\beta$ - error medio cuadrático de la medición de los ángulos de la poligonal, s

El error medio cuadrático del desplazamiento transversal de los puntos de una poligonal de calculó por (8) y se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3:** Determinación del error medio cuadrático del desplazamiento transversal de los puntos de una poligonal

Tipos de poligonales	Error medio cuadrático del desplazamiento transversal de los puntos de una poligonal ( $m_Y^\beta$ ), m
Primera categoría	5,03
Segunda categoría	1,77
Primera clase	1,64
<b>Segunda clase</b>	<b>2,15</b>

Al comparar los resultados de la influencia de los errores de los acimutes de partida con los errores de las mediciones angulares en las abscisas ajustadas, del punto central de una poligonal alargada, muestra que si el error del acimut es igual al error del ángulo ( $m_\alpha = m_\beta$ ), la influencia de los errores de los ángulos medidos será mucho mayor, es decir, el error  $m_\alpha$  debe ser menor que  $m_\beta$ .

En la práctica geodésica prevalece al criterio de exactitud, que determina la influencia de las fuentes de errores (10), considera que si una de las dos fuentes de errores que se caracteriza por un determinado error medio cuadrático, no supera 1/3 del error medio cuadrático de las mediciones que representa la otra fuente, entonces la primera fuente de errores se desprecia.

Al aplicar este criterio utilizando las formulas (9) y (10), se puede afirmar que los errores de los acimutes de partida se pueden despreciar si se cumple que:

$$m_Y^\alpha \leq \frac{1}{3} m_Y^\beta \quad (10)$$

La condición se cumple en gran diapason de lados si  $m_\alpha = m_\beta$ . En sentido general se demuestra que:

$$\frac{\sqrt{2}}{8} \frac{n}{n+1} L \frac{m_\alpha}{\rho} \left\langle \frac{1}{3} \frac{1}{8\sqrt{3}} \frac{m_\beta}{\rho} L \sqrt{\frac{(n+2)(n^2+2n+4)}{n(n+1)}} \right\rangle \quad (11)$$

o

$$\frac{m_\alpha}{m_\beta} \left\langle \sqrt{\frac{(n+2)(n^2+2n+4)(n+1)}{54n^2}} \right\rangle \quad (12)$$

De donde:

$$\frac{(n+1)(n+2)(n^2+2n+4)}{n^2} \rangle 54 \frac{m_\alpha^2}{m_\beta^2} \quad (13)$$

Siendo  $m_\alpha = m_\beta$

$$\frac{(n+1)(n+2)(n^2+2n+4)}{n^2} \rangle 54 \quad (14)$$

Los resultados de los cálculos realizados por (14) para cada tipo de poligonales se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4:** Cumplimiento del criterio de exactitud por tipo de poligonal

Poligonales	Cantidad de lados	Estado de la condición
Primera categoría	11	189 > 54
Segunda categoría	13	242 > 54
Primera clase	18	247 > 54
Segunda clase	22	423 > 54

Los resultados del cálculo muestran que el criterio de exactitud se cumple (tabla 4), pues la primera fuente de error no supera la segunda y no se puede despreciar. Hay que considerar los errores de las dos fuentes.

Se demuestra que los errores de los acimutes de partida ejercen influencia en las coordenadas ajustadas de los puntos de la poligonal.

### **Influencia de los errores de los acimutes de partida en los ángulos medidos de la poligonal.**

Si se considera que  $m_{ai} = m_{of} = m_\alpha$ , entonces:

$$m_{\alpha media}^{\alpha} = \frac{(n-1)\sqrt{2}}{4(n+2)} m_{\alpha} \quad (15)$$

Donde:

n- número de líneas impares medidas en la poligonal

$$m_{\alpha media}^{\beta} = 1,36'' \text{ para poligonales de 1ra categoría}$$

$$m_{\alpha media}^{\beta} = 1,41'' \text{ para poligonales de 2da categoría}$$

$$m_{\alpha media}^{\beta} = 1,50'' \text{ para poligonales de 1ra clase}$$

$$m_{\alpha media}^{\beta} = 1,54'' \text{ para poligonales de 2da clase}$$

Del análisis realizado se puede afirmar que la Influencia de los errores de los acimutes de partida en los ángulos medidos de la poligonal puede no tenerse en cuenta.

### **Influencia de los errores de las mediciones angulares en los acimutes de los lados de la poligonal**

Primero se calcula el error  $m_{\alpha media}^{\beta}$  por la fórmula (16)

$$m_{\alpha media}^{\beta} = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{(n^2-1)(n+3)}{n(n+2)}} m_{\beta} \quad (16)$$

$$m_{\alpha media}^{\beta} = 1,92'' \text{ para poligonales de 1ra categoría}$$

$$m_{\alpha media}^{\beta} = 2,08'' \text{ para poligonales de 2da categoría}$$

$$m_{\alpha media}^{\beta} = 2,43'' \text{ para poligonales de 1ra clase}$$

$$m_{\alpha media}^{\beta} = 12,55'' \text{ para poligonales de 2da clase}$$

Calculamos el valor de los errores medios cuadráticos  $m_{\alpha media}^{\alpha}$  para poligonales (16) (Levchuk, 1981).

$$m_{\alpha}^{\alpha} = \sqrt{\frac{2(n-1)n}{(n+1)(n+2)(n+3)}} \frac{m_{\alpha}}{m_{\beta}} m_{\alpha media}^{\beta} \quad (17)$$

$m_{\alpha}^{\alpha} = 0,61''$  para poligonales de 1ra categoría.

$m_{\alpha}^{\alpha} = 0,63''$  para poligonales de 2da categoría.

$m_{\alpha}^{\alpha} = 0,71''$  para poligonales de 1ra clase.

$m_{\alpha}^{\alpha} = 3,25''$  para poligonales de 2da clase.

Al utilizar el criterio de exactitud de la influencia de las fuentes de errores, se puede afirmar que siendo , la influencia de los errores de los acimutes de partida en los acimutes de los lados de las poligonales puede ser despreciada.

## Resultados

Se realizó el análisis de las poligonales que se emplearon en la densificación geodésica de los yacimientos lateríticos estudiados, cuyos resultados aparecen en la tabla 5.

**Tabla 5:** Determinación del error medio cuadrático del acimut para poligonales de primera categoría

No. de poligonales	Cantidad de lados de la poligonal	Error medio cuadrático del acimut de partida ( $m_{\alpha}$ ), s
1	10	4,45
2	12	4,47
3	9	3,89
4	13	4,65
5	10	4,45
<b>Promedio</b>	<b>10,8</b>	<b>4,38</b>

**Tabla 6:** Determinación del error medio cuadrático del acimut para poligonales de segunda categoría

No. de poligonales	Cantidad de lados de la poligonal	Error medio cuadrático del acimut de partida ( $m_{\alpha}$ ), s
1	14	4,81
2	11	4,28
3	14	4,81
4	13	4,65
5	12	4,47
<b>Promedio</b>	<b>12,8</b>	<b>4,61</b>

En las poligonales de primera y segunda categorías, el error medio cuadrático del acimut tiene un comportamiento similar al error medio cuadrático del ángulo medido (tablas 5 y 6), debido a que

la cantidad de lados de las poligonales está dentro del rango permisible (15), por tanto, se cumple que  $m_{\alpha} = m_{\beta}$ .

En las poligonales de primera y segunda clases, el comportamiento es diferente, el error medio cuadrático del acimut es distinto al error medio cuadrático del ángulo medido, debido a que la cantidad de lados de las poligonales no está dentro del rango permisible, por tanto, no se cumple que la condición de que . Ganshin, et al. (1977) expresa que el número de lados de una poligonal, ya sea cualquiera su tipo, no debe sobrepasar de 15, con esta condición solo la cumplen las poligonales de primera y segunda categorías.

Podemos afirmar que error medio cuadrático del acimut de partida no influye en las mediciones poligonométricas de primera y segunda categorías, y si en las de primera y segunda clases.

La influencia de los errores de los acimutes de partida en el error de cierre angular de la poligonal es válido para todos los tipos de poligonales analizadas, porque se midieron con el mismo instrumento con un error aproximadamente igual a Por tanto, los errores de los acimutes de partida no ejercen influencia en el error de cierre angular de la poligonal.

La Influencia de los errores de los acimutes de partida en el error de cierre lineal de la poligonal, obtenidos antes de ser ajustados los ángulos indica que los errores de los acimutes de partida no ejercen influencia en el error de cierre lineal de la poligonal, obtenidos antes de ser ajustados los ángulos.

El cálculo de la influencia de los errores de los acimutes de partida en las coordenadas ajustadas de los puntos de la poligonal se realizó para las poligonales de la red de densificación geodésica en los yacimientos estudiados, cuyos resultados se presentan a continuación (tabla 7):

**Tabla 7:** Determinación de la influencia de los errores de los acimutes de partida en las abscisas ajustadas de las poligonales.

Tipos de poligonales	Influencia de los errores de los acimutes de partida en las coordenadas ajustadas de los puntos de una poligonal ( $m_Y^{\alpha}$ ), cm
Primera categoría	1.68
Segunda categoría	0.56
Primera clase	0.45
<b>Segunda clase</b>	<b>0.55</b>

El punto final de la poligonal se va a desplazar por el eje de las abscisas a las magnitudes que indica la tabla 7.

Del análisis de la influencia de los errores de los acimutes de partida en los ángulos medidos de la poligonal realizada se puede afirmar que la Influencia de los errores de los acimutes de partida en los ángulos medidos de la poligonal puede no considerarse.

Al utilizar el criterio de exactitud de la influencia de las fuentes de errores, se puede concluir que siendo , la influencia de los errores de los acimutes de partida en los acimutes de los lados de las poligonales puede ser despreciada.

## Discusión

El cálculo de las poligonales analizadas que considera los errores de los acimuts de partida tiene mayor precisión si lo comparamos con los obtenidos por otros métodos.

El análisis de la influencia de los errores de los acimutes de partida en la exactitud de las poligonales de 1ra y 2da categorías, construidas en los yacimientos lateríticos, debe considerar el criterio de exactitud de la influencia de las fuentes de errores para poder garantizar la precisión exigida del cálculo del volumen de mineral extraído y disminuir la discrepancia que existe entre mina y fábrica por el mineral alimentado.

## Conclusiones

- Las investigaciones realizadas sobre la determinación de los errores en las redes de densificación topográficas en estos yacimientos, permitió definir que la influencia de los errores de los acimutes de partida en la exactitud de las poligonales puede ser despreciable atendiendo a las pequeñas magnitudes obtenidas cuando se mide con estaciones totales.
- El error medio cuadrático del acimut de partida determinado para las poligonales de las redes geodésicas de densificación construida con estaciones totales en los yacimientos lateríticos cubanos, no influye en las mediciones poligonométricas de primera y segunda categorías, y si en las de primera y segunda clases.
- Se estableció por primera vez en estos yacimientos, el criterio de exactitud, que muestra la consideración de las dos fuentes de errores analizadas, tanto en el eje de las abscisas como en el de las ordenadas, demostrando que la dirección de los ejes de coordenadas influye en la exactitud de las poligonales.

## Referencias

1. Batrakov, Y. Redes geodésicas de densificación. Editorial Nedra, 1987. 255p.
2. Belete, O. 1998. Vías para el perfeccionamiento del cálculo de volumen de mineral extraído en yacimientos lateríticos cubanos. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Instituto Superior Minero metalúrgico. Moa. 92p
3. Fargas, M. 2001. Redes de apoyo artículo, Provincia de Toledo España 65p.
4. Froment, B. L 2011. Especificaciones técnicas para levantamientos.
5. Ganshin, N, et. al. Manual para los levantamientos a grandes escalas. Editorial Nedra, Moscú. 1977. P. 248.
6. Instrucciones técnicas. ICGC. 1987.
7. Levchuk, P; E Novok; V. Konosov. Geodesia aplicada. Editorial Nedra, Moscú. 1981. 438 p.

2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).