

Práctica de Campo N°6

-Control de precisiones Estación Total-



Facultad de Ingeniería - Instituto de Agrimensura
Topografía Altimétrica
Curso: Año 2024

Docentes:

Ing. Agrim. Martín Wainstein.
Ing. Agrim. Magali Martínez.
Ing. Agrim. Alberto Marmrut.
Ing. Agrim. Micaela Gracia.

Estudiantes:

Ignacio Curi
Yosselyn Musselli
Matias Gonzalez
Martín Garcia

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE | 1 |
| OBJETIVO | 2 |
| MARCO TEÓRICO | 3 |
| Errores Asociados a la Nivelación Trigonométrica..... | 3 |
| Elementos que intervienen en el error de la distancia inclinada (d_i)..... | 3 |
| Elementos que intervienen en el error del ángulo cenital (V)..... | 4 |
| Instrumental utilizado: | 7 |
| Estación Total:..... | 7 |
| Trípode:..... | 7 |
| Bastón:..... | 8 |
| Prisma:..... | 8 |
| Cinta métrica:..... | 8 |
| METODOLOGÍA | 10 |
| CÁLCULOS Y RESULTADOS | 11 |
| CONCLUSIONES | 15 |
| BIBLIOGRAFÍA | 16 |
| ANEXO | 17 |

OBJETIVO

- Se busca que el estudiante analice y compruebe de manera práctica las precisiones en la toma de datos (coordenadas x,y,z) con estación total.

MARCO TEÓRICO

Errores Asociados a la Nivelación Trigonométrica

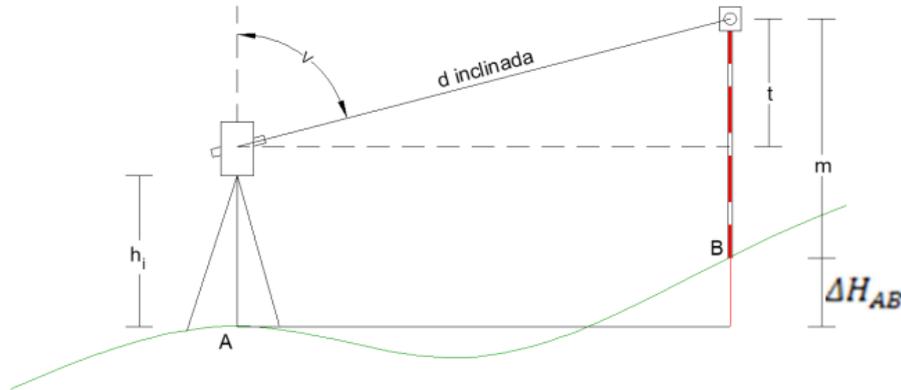


Imagen 1: Nivelación trigonométrica.

Elementos que intervienen en el error de la distancia inclinada (d_i)

Error instrumental (e_{inst}):

Representa el error estándar asociado a la medición de distancias electromagnéticas, según lo especificado por el fabricante.

En el caso de las ET se estima en $e_i = X_{mm} \pm X_{ppm}$

Error de Estación (e_{est}):

Este error se relaciona con la colocación del instrumento en el terreno usando plomada óptica o láser. Se recomienda considerar como máximo error un tercio del diámetro del punto de referencia (clavo, estaca, etc.), siempre que este punto sea más grande que el diámetro de la plomada láser o el grosor de la cruz.

Error de señal ($e_{señal}$):

Es el error al colocar el prisma en el punto de medición. Varía si el prisma se usa en un trípode o bastón. Si el bastón está en buen estado, el error máximo recomendado es un tercio del diámetro del punto de apoyo, siempre que dicho punto sea más grande que la punta del bastón.

Error de inclinación del jalón ($e_{inlc.jalón}$):

Este error se produce por la inclinación del jalón al medir, afectando la distancia inclinada y el ángulo vertical. Su valor cambia si el bastón tiene nivel esférico o no. El error se calcula usando el teorema del coseno como:

$$e_{inc} = \pm h_b * \sqrt{2 * (1 - \cos(\alpha))}$$

donde h_b es la altura fija del bastón y α el ángulo con la vertical.

Tomando en consideración los errores antes mencionados, el error en la distancia inclinada es:

$$e_d = \sqrt{(e_{inst})^2 + (e_{est})^2 + (e_{señal})^2 + (e_{incl.jalón})^2}$$

Elementos que intervienen en el error del ángulo cenital (V)

Error de verticalidad ($e_{vert.}$):

Este error se debe a la falta de verticalidad del teodolito o Estación Total. En la Estación Total, un sensor de inclinación minimiza este error, por lo que puede considerarse despreciable ($e_{verticalidad} \approx 0$)

Error de lectura ($e_{lec.}$):

Depende del sistema de lectura, mecánico o electrónico. En la Estación Total es despreciable, ya que el cálculo es automático y el operador no influye ($e_{lectura} \approx 0$).

Error instrumental ($e_{inst.}$):

Especificado por el fabricante como la desviación angular estándar. A mayor precisión del equipo, menor será este error.

Error de puntería ($e_{pun.}$):

El error de puntería ocurre cuando no se apunta directamente al centro del prisma, lo que afecta la medición del ángulo vertical o cenital. Este error depende de la distancia entre el instrumento y el prisma y puede ser de hasta un tercio del diámetro del prisma, o incluso su radio en distancias grandes.

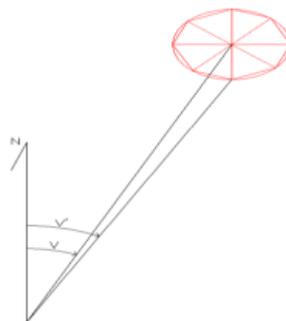
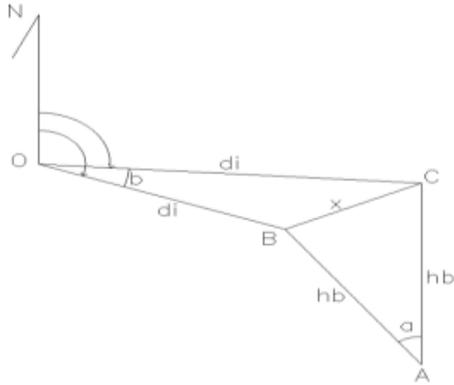


Imagen 2: Error de puntería.

Error de inclinación del bastón: ($e_{incl.jalón}$):

Para determinar el error de inclinación del bastón que incide en el ángulo vertical, hay que considerar 2 triángulos en el espacio. A los efectos del cálculo se considera la distancia inclinada igual para cada ángulo.



Para el triángulo ABC:

$$x = h_b * \sqrt{2 * (1 - \cos(\alpha))}$$

Para el triángulo OBC:

$$\cos(\beta) = \frac{2d_i^2 - x^2}{2d_i^2}$$

Imagen 3: Error de inclinación del bastón.

Teniendo en cuenta los errores asociados al error del ángulo cenital, el error en la distancia inclinada es:

$$e_v = \sqrt{(e_{vert.})^2 + (e_{lec.})^2 + (e_{inst.})^2 + (e_{pun.})^2 + (e_{incl.jalón})^2}$$

Instrumental utilizado:

Estación Total:

Las estaciones totales son herramientas utilizadas en topografía que integran las dos funciones principales de la topografía clásica. Estos dispositivos miden tanto ángulos horizontales como verticales, tarea que anteriormente se realizaba con teodolitos, y también calculan distancias de manera electrónica. Están equipadas con un distanciómetro integrado y un microprocesador que puede almacenar los datos recopilados y efectuar cálculos relevantes para los trabajos topográficos.



Imagen 4: Estación Total (Leica 407, fue la utilizada en la práctica).

Trípode:

Es una base utilizada para sostener diferentes instrumentos de medición, como teodolitos, estaciones totales o niveles. Está compuesto por tres patas, que pueden ser de madera o metal, y **son extensibles**. Estas patas terminan en puntas de hierro con estribos, que permiten clavarlas en el terreno al ser pisadas.

El soporte debe ser estable y ajustable para que el instrumento quede a la altura de los ojos del operador, generalmente entre 1,40 m y 1,50 m. Además, es útil para realizar una nivelación aproximada del instrumento.



Imagen 5: Tripode Topográfico.

Bastón:

Se trata de una vara o poste que sostiene un prisma reflector en la parte superior, el cual es fundamental para medir distancias de manera precisa. Suele ser graduable en altura, permitiendo realizar mediciones en diferentes condiciones de terreno.



Imagen 6: Baston.

Prisma:

El prisma es un instrumento de medición conformado por un conjunto de cristales, quienes tienen la función de proyectar una señal EMD, desde una estación total o teodolito electrónico. Sirven para distinguir un objetivo sobre un lugar en específico. Dicho elemento puede ser captado a través del láser de la estación total, para luego devolverlo hacia el **aparato**.



Imagen 7: Prisma (Leica).

Cinta métrica:

La cinta métrica es una herramienta precisa de medición que se usa para medir distancias. Está hecha de acero. Se utiliza para medir pequeñas longitudes.



Imagen 8: Cinta métrica.

METODOLOGÍA

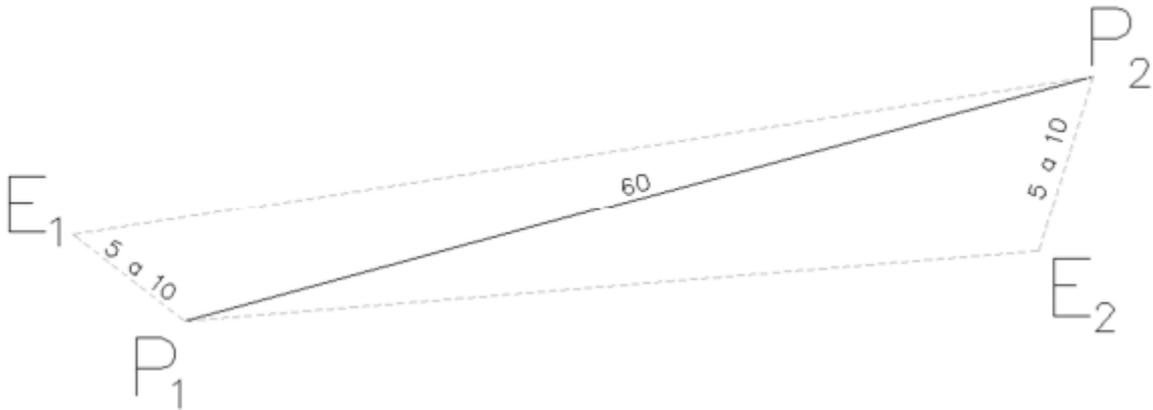


Imagen 9: Croquis de relevamiento.

Para la realización de la práctica, comenzamos materializando los puntos P₁ y P₂, separados entre sí 60 metros. A continuación, se posiciona la primera estación S₁ a una distancia de 5 a 10 metros de P₁, con coordenadas y orientación arbitraria.

Se procede a tomar los puntos P₁ y P₂ desde S₁ con el CVI, y luego con el CVD. Este proceso se repite dos veces, es decir, se realiza una medición con el CVI, seguida de una medición con el CVD, luego nuevamente una medición con el CVI y finalmente otra con el CVD. De esta manera, se obtienen un total de 8 mediciones.

Una vez completada esta etapa desde la estación S₁, se repite el procedimiento desde el otro punto de estación S₂, también situada a una distancia de 5 a 10 metros de P₂, y con coordenadas y orientación arbitrarias. Se repiten las mediciones que en S₁.

Al final del proceso, se habrán obtenido un total de 16 mediciones, 8 desde cada estación.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

| Nº de punto | Estación del instrumento | Punto de referencia | Set de medición | Círculo vertical | X | Y | Z |
|-------------|--------------------------|---------------------|-----------------|------------------|---------|---------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | I | 101,120 | 193,116 | 10,172 |
| 2 | | 2 | | | 160,901 | 197,679 | 11,437 |
| 3 | | 1 | 2 | II | 101,120 | 193,115 | 10,172 |
| 4 | | 2 | | | 160,901 | 197,692 | 11,441 |
| 5 | | 1 | 3 | I | 101,121 | 193,116 | 10,172 |
| 6 | | 2 | | | 160,900 | 197,684 | 11,437 |
| 7 | | 1 | 4 | II | 101,120 | 193,117 | 10,172 |
| 8 | | 2 | | | 160,900 | 197,679 | 11,437 |
| 9 | 2 | 1 | 1 | I | 38,692 | 119,060 | 13,808 |
| 10 | | 2 | | | 94,161 | 96,316 | 15,074 |
| 11 | | 1 | 2 | II | 38,697 | 119,086 | 13,806 |
| 12 | | 2 | | | 94,158 | 96,321 | 15,073 |
| 13 | | 1 | 3 | I | 38,698 | 119,089 | 13,808 |
| 14 | | 2 | | | 94,160 | 96,318 | 15,076 |
| 15 | | 1 | 4 | II | 38,706 | 119,114 | 13,813 |
| 16 | | 2 | | | 94,163 | 96,318 | 15,074 |

Tabla 1: Planilla de datos.

Cálculos para X e Y:

1. Se calculan las distancias P1 y P2.

$$l_{i,k} = \sqrt{(x_{i,2,k} - x_{i,1,k})^2 + (y_{i,2,k} - y_{i,1,k})^2} \quad \text{siendo } i = 1, 2; k = 1, 2, 3, 4$$

2. Se hacen el promedio de las distancias P1P2.

$$L = \frac{1}{8} \sum_{l=1}^2 \sum_{K=1}^4 l_{i,k}$$

3. Se calcular los residuales.

$$r_{i,k} = l_{i,k} - L \quad \text{siendo } i = 1, 2; k = 1, 2, 3, 4$$

4. Se calculan las distancias de P2 a P1. Luego se hace el promedio de las distancias P2P1 y se calculan los residuales.

5. Se halla el máximo valor de la muestra de todos los residuales.

$$d_{x,y} = \max |r_{i,k}| \quad \text{siendo } i = 1, 2; k = 1, 2, 3, 4$$

Obteniendo:

| | Distancias (m) | Residual |
|-----------|----------------|----------|
| $l_{1,1}$ | 59,9549 | 0,0006 |
| $l_{2,1}$ | 59,9560 | 0,0017 |
| $l_{1,2}$ | 59,9533 | -0,0010 |
| $l_{2,2}$ | 59,9538 | -0,0005 |
| $l_{1,3}$ | 59,9508 | -0,0035 |
| $l_{2,3}$ | 59,9514 | -0,0029 |
| $l_{1,4}$ | 59,9546 | 0,0003 |
| $l_{2,4}$ | 59,9595 | 0,0052 |
| L | 59,954 | |

Tabla 2: Distancia horizontal entre los puntos P1 y P2 y sus residuales.

El residual $d_{x,y} = \max |r_{i,k}|$ corresponde al residual de la distancia $l_{2,4}$, el mismo será entonces el error en x,y asociado a la estación total.

$$d_{x,y} = 0.0052m$$

Cálculos para Z:

1. Se calculan los desniveles entre P1 y P2.

$$d_{z,i,k} = z_{i,2,k} - z_{i,1,k} \quad \text{siendo } i = 1, 2 ; k = 1, 2, 3, 4$$

2. Se halla el promedio de las ocho medidas.

$$a_z = \frac{1}{8} \sum_{I=1}^2 \sum_{K=1}^4 d_{z,i,k}$$

3. Se calculan los residuales.

$$r_{z,i,k} = d_{z,i,k} - a_z \quad \text{siendo } i = 1, 2 ; k = 1, 2, 3, 4$$

4. Se halla el máximo valor de la muestra de todos los residuales.

$$d_z = \max |r_{z,i,k}| \quad \text{siendo } i = 1, 2 ; k = 1, 2, 3, 4$$

Se obtiene:

| | ΔH | Residual |
|-----------|------------|----------|
| $d_{1,1}$ | -1,2650 | 0,0008 |
| $d_{2,1}$ | -1,2690 | -0,0033 |
| $d_{1,2}$ | -1,2650 | 0,0008 |
| $d_{2,2}$ | -1,2650 | 0,0008 |
| $d_{1,3}$ | -1,2660 | -0,0003 |
| $d_{2,3}$ | -1,2670 | -0,0013 |
| $d_{1,4}$ | -1,2680 | -0,0023 |
| $d_{2,4}$ | -1,2610 | 0,0048 |
| a | -1,2658 | |

Tabla 3: Diferencia de altura entre los puntos P1 y P2 y sus residuales

Realizando los cálculos mencionados, se llegó a que:

$$d_z = \max |r_{z,i,k}| = 0.0048m$$

CONCLUSIONES

Al hallar el error planimétrico asociado a la estación total, se calculó las distancias entre los puntos P1 y P2, luego hallamos el residual asociado a cada distancia. El error planimétrico asociado a la estación total corresponde al residual más alto.

El uso de un trípode con base nivelante es fundamental para garantizar la precisión en las mediciones topográficas, ya que minimiza el error de verticalidad, el cual fue descrito anteriormente. Un trípode con base nivelante puede ser clave a la hora de realizar trabajos en los que se requiera una alta precisión y consideramos que si se hubiera utilizado (como se recomendaba en la práctica), el error hubiese sido menor.

Si bien tomamos algunas consideraciones para que ese error sea mínimo, como el de colocar el prisma sobre un punto encima de los puntos materializados, lo cierto es que allí se encuentra un factor de error personal, además de otros errores mencionados en el marco teórico.

Los valores que obtuvimos se tratan de números que están en la décima de milímetro. Esto nos indica que para la mayoría de los trabajos a los que nos vamos a enfrentar en un futuro, no debería preocuparnos si obtenemos medidas con igual o menor residual. Por su parte, entendemos que quizá la mejor forma de determinar el error hubiese sido si depuramos algunos datos. Ya que en nuestro caso, ese residual máximo que nos dio, se aleja bastante de los otros, lo cual probablemente sea error nuestro en el momento que se colocó el prisma y no de la estación.

BIBLIOGRAFÍA

- *Ing. Agrim. Martin Wainstein, I. A. (2024). Curso de Topografía Altimétrica 2^{do}. Semestre de 2024. Montevideo.*
- *Norma ISO 17123-5:2018 (E). "Example of a simplified test procedure".*

ANEXO

| Desde | S ₁ | X | Y | Z | |
|---------|----------------|---------|-------------------|---------|--------|
| 1 | | 101,120 | 193,116 | 10,172 | |
| 2 | | 160,901 | 197,689 | 11,937 | |
| 3 | | 101,120 | 193,115 | 10,172 | |
| 4 | | 160,901 | 197,692 | 11,941 | |
| 5 | | 101,121 | 193,116 | 10,172 | |
| 6 | | 160,900 | 197,689 | 11,937 | |
| 7 | | 101,120 | 193,117 | 10,172 | |
| 8 | | 160,900 | 197,689 | 11,937 | |
| 38,692 | | | | | |
| 119,060 | | | | | |
| 15,800 | | | | | |
| Desde | S ₂ | Pto. | X | Y | Z |
| 9 | | | 38,692 | 96,097 | -7,110 |
| 10 | | | 94,161 | 96,316 | 15,079 |
| 11 | | | 38,697 | 119,086 | 13,806 |
| 12 | | | 94,158 | 96,321 | 15,073 |
| 13 | | | 38,698 | 119,089 | 13,808 |
| 14 | | | 94,160 | 96,318 | 15,076 |
| 15 | | | 38,706 | 119,114 | 13,813 |
| 16 | | | 94,163 | 96,318 | 15,074 |

Anexo 1: Croquis de relevamiento