



Topografía Altimétrica

# Informe Práctico N°5

## NIVELACIÓN CERRADA - Con Estación total



**Lucía Lemos - Oscar Mourat - Agustin Cortondo**

*Prof. Ing. Martin Wainstein*

*Prof. Ing. Magali Martinez*

*Prof. Ing. Micaela Gracia*

*2024*

---



# Índice

## Índice de Contenido

<b>Objetivos generales.....</b>	<b>3</b>
<b>Marco Teórico.....</b>	<b>3</b>
Medidas Altimétricas.....	3
Estación Total.....	3
Mediciones con Estación Total.....	4
Medición de coordenadas con Estación Total.....	5
Incertidumbres y condición del equipo.....	6
Cálculo de desnivel con Estación Total.....	7
Nivelación Geométrica Compuesta.....	7
Nivelación Enmarcada.....	8
<b>Croquis de relevamiento.....</b>	<b>9</b>
<b>Unidades.....</b>	<b>10</b>
<b>Metodología e Instrumental.....</b>	<b>11</b>
Instrumental.....	11
Metodología.....	12
Descripción de la práctica.....	12
Estacionamiento de Estación Total.....	12
Preparativos.....	12
Estacionamiento.....	12
Centrado.....	12
Ajustes Finales.....	12
Procedimiento.....	13
<b>Análisis.....</b>	<b>15</b>
Calcular de error aceptable.....	15
Cálculo del arrastre de error.....	15
Extracción de datos de la planilla.....	16
Coordenadas de los puntos enmarcados.....	16
Punto de control.....	16
Cotejo de diferencias de valor y resultado del cierre de la poligonal.....	16
<b>Conclusiones.....</b>	<b>18</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>19</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>21</b>
Secuencia de relevamiento.....	21
Alturas de estacionamiento.....	25



Valores del punto de Llegada/Partida..... 26

## Índice de Figuras

Imagen 1. Croquis de medición de desnivel, con nivel.....	3
Imagen 2. Onda electromagnética portadora.....	4
Imagen 3. Diagrama de apoyo para las conversiones de coordenadas.....	5
Imagen 4. Diagrama de cálculo de desnivel con estación total.....	7
Imagen 5. Dibujo gráfico de ejemplo de una nivelación compuesta.....	8
Imagen 6. Croquis de apoyo para la tarea. Camino recorrido durante la nivelación cerrada.....	9
Tabla 1. Observaciones realizadas.....	10
Tabla 2. Imágenes ejemplo del instrumental usado.....	11
Imagen 7. Nivelación gruesa.....	12
Imagen 8. Indicaciones para relevamiento de la altura del instrumento.....	13
Imagen 9. Medición de la altura del prisma.....	13

## Objetivos generales

- ✓ Aplicar de manera práctica, los distintos métodos de relevamiento topográfico altimétrico vistos en clase. Y adquirir práctica en el manejo de instrumental altimétrico.
- ✓ Revisar los procedimientos de relevamiento plani-altimétricos con la utilización de estaciones totales.

## Marco Teórico

### Medidas Altimétricas

Refieren a la determinación de la altura o elevación de un punto en relación con un nivel de referencia. Este tipo de medición es esencial en estudios de ingeniería, cartografía y topografía, donde es necesario conocer la altitud de diferentes puntos sobre la superficie terrestre. Las medidas altimétricas se utilizan para crear perfiles del terreno, realizar estudios de drenaje, diseñar infraestructuras y en múltiples aplicaciones geográficas y urbanas.

El proceso de relevamiento altimétrico permite obtener una representación detallada del relieve de una zona en conjunto con las medidas planimétricas, lo que facilita la toma de decisiones en proyectos de construcción y planificación urbana. Las medidas se pueden obtener utilizando diversos instrumentos, siendo el nivel uno de los más comunes.

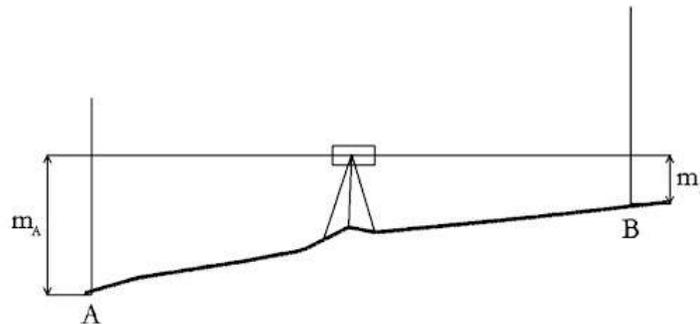


Imagen 1. Croquis de medición de desnivel, con nivel.

### Estación Total

La estación total es un instrumento de medida electro-óptico utilizado en topografía, en el cual consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

La diferencia con el teodolito es que éste cuenta con una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos (proporcionan indicaciones visuales sobre el estado del equipo), iluminación independiente de la luz solar (permite su uso en condiciones de baja visibilidad), calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y la posibilidad de

guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en computadoras personales.

## Mediciones con Estación Total

El instrumento realiza mediciones de ángulos a partir de marcas realizadas en discos transparentes. Las lecturas de distancia se realizan mediante una onda electromagnética portadora con distintas frecuencias que rebota en un prisma ubicado en el punto y regresa, tomando el instrumento el desfase entre las ondas. Algunas estaciones totales presentan la capacidad de medir “a sólido”, lo que significa que no es necesario un prisma reflectante.

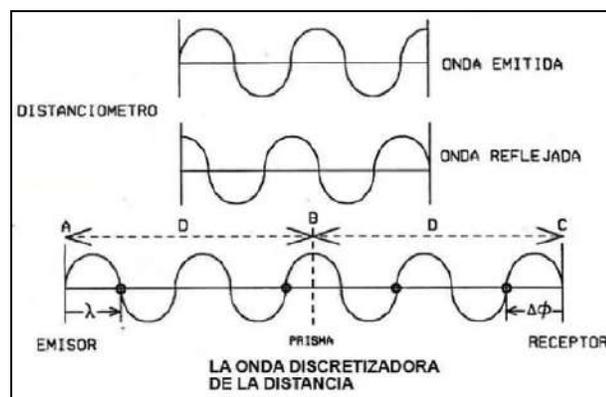


Imagen 2. Onda electromagnética portadora.

Este instrumento permite la obtención de coordenadas de puntos respecto a un sistema local o arbitrario, como también a sistemas definidos y materializados. Para la obtención de estas coordenadas el instrumento realiza una serie de lecturas y cálculos sobre ellas y demás datos suministrados por el operador. Las lecturas que se obtienen con este instrumento son las de ángulos, verticales, horizontales y **distancias**.

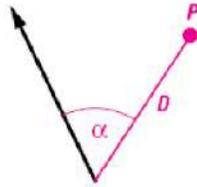
Para obtener la posición de un punto se determina mediante un par de coordenadas.

Las coordenadas polares se determinan mediante una línea y un ángulo, mientras que las coordenadas cartesianas requieren de dos líneas en un sistema ortogonal. La estación total mide coordenadas polares, las cuales se pueden convertir a cartesianas bajo un sistema ortogonal determinado, ya sea mediante el propio instrumento o posteriormente en gabinete.

### CONVERSIÓN

Datos conocidos:  $D, \alpha$   
Datos necesarios:  $x, y$   
 $y = D \sin \alpha$   
 $x = D \cos \alpha$

Dirección de referencia

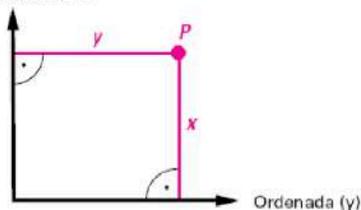


Coordenadas polares

Datos conocidos:  $x, y$   
Datos necesarios:  $D, \alpha$

$$D = \sqrt{y^2 + x^2}$$
$$\sin \alpha = y/D \quad \text{o}$$
$$\cos \alpha = x/D$$

Abscisa (x)



Coordenadas cartesianas

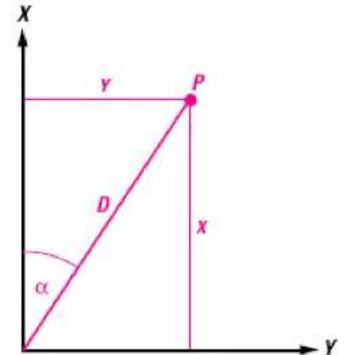


Imagen 3. Diagrama de apoyo para las conversiones de coordenadas.

## Medición de coordenadas con Estación Total

Para convertir las medidas en coordenadas, la estación total necesita un punto de referencia conocido. Esto se conoce como "punto de inicio" o "punto de referencia".

Usando trigonometría, el software asociado a la estación total calcula las coordenadas del punto objetivo en relación con el punto de referencia. Esto implica el uso de las distancias medidas y los ángulos observados para determinar las coordenadas en términos de distancia horizontal, distancia vertical y elevación.

Para convertir las medidas de ángulos y distancias tomadas con una estación total en coordenadas, se utilizan cálculos trigonométricos básicos. Para calcular las coordenadas X, Y y Z de un punto en relación con un punto de referencia conocido:

- Coordenada X:

La coordenada X se calcula usando la proyección de D en el plano horizontal y el ángulo horizontal  $\theta$ :

$$X = X_o + D \cdot \sin(\theta)$$

- Coordenada Y:

La coordenada Y también se basa en la proyección horizontal de D, pero usa el coseno del ángulo horizontal  $\theta$ :

$$Y = Y_o + D \cdot \cos(\theta)$$



- Coordenada Z:

La coordenada Z se obtiene utilizando la proyección vertical de D en el eje Z, que depende directamente del ángulo de elevación  $\alpha$ :

$$Z = Z_0 + D \cdot \text{sen}(\alpha)$$

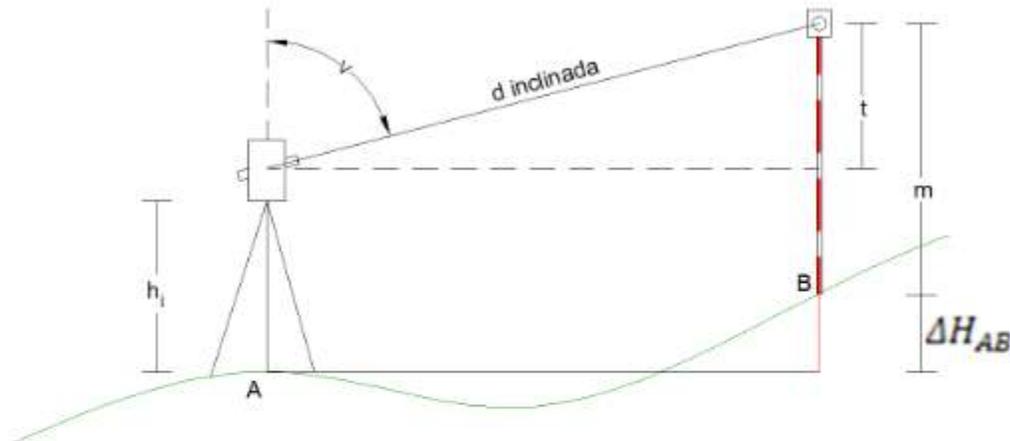
Estas ecuaciones proporcionan las coordenadas del punto P en función de las medidas tomadas y las coordenadas del punto de referencia P<sub>0</sub>.

## **Incertidumbres y condición del equipo**

Como cualquier instrumento de medición, las estaciones totales tienen sus propias incertidumbres que pueden afectar la precisión de las mediciones. A continuación, se describen las principales fuentes de incertidumbre:

1. Precisión del Instrumento:
  - Precisión Angular: La precisión angular de una estación total se expresa en segundos de arco. Las estaciones totales de alta precisión tienen una precisión angular de  $\pm 1''$  a  $\pm 2''$ .
  - Precisión de Distancia: La precisión en la medición de distancias puede variar, pero generalmente es del orden de  $\pm(1 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$  para instrumentos de alta precisión.
2. Estabilidad del Trípode:
  - Un trípode mal estabilizado puede causar desplazamientos del instrumento, afectando la precisión de las mediciones angulares y de distancia.
3. Centrado y Nivelación:
  - Un centrado incorrecto sobre el punto de estación y una nivelación inadecuada del instrumento pueden introducir errores sistemáticos en las mediciones.
4. Refracción Atmosférica:
  - La variación de la densidad del aire debido a cambios en la temperatura y la presión puede desviar el rayo láser, afectando la precisión de la medición.
5. Reflexión y Calidad del Prisma:
  - **La calidad del prisma y su orientación correcta son cruciales. Prismas mal orientados o de baja calidad pueden reflejar incorrectamente el rayo láser, introduciendo errores en la medición.**
6. Verificación de Altura de Prisma:
  - Es importante medir la altura del prisma con precisión antes de cada medición, ya que puede cambiar si el trípode o el portaprisma se ajusta o cambia de configuración o simplemente por un desgaste en la punta del mismo.
  - Si la altura del prisma no se tiene en cuenta o se introduce incorrectamente, los cálculos de distancia horizontal y vertical serán erróneos.

## Cálculo de desnivel con Estación Total



Considerando la imagen, se puede deducir la ecuación fundamental trigonométrica

$$\Delta H_{AB} = h_i + t - h_m = h_i + d \times \cos(V) - h_m$$

Siendo:

- $h_i$  = Altura del instrumento
- $d$  = Distancia inclinada
- $V$  = Angulo Vertical
- $h_m$  = Altura de mira

Imagen 4. Diagrama de cálculo de desnivel con estación total.

## Nivelación Geométrica Compuesta

Método utilizado en topografía para determinar diferencias de altura entre varios puntos de un terreno. Este tipo de nivelación se utiliza cuando los puntos a nivelar están a distancias considerables y no se puede realizar la medición directa de un solo tramo.

El proceso implica la colocación de estaciones intermedias, y con el uso de un nivel o estación total. Se realizan varias lecturas a lo largo de la ruta, dando como resultado del desarrollo de estas las diferencias de nivel de un punto respecto al punto inicial. Es "compuesta" porque combina múltiples segmentos de nivelación.

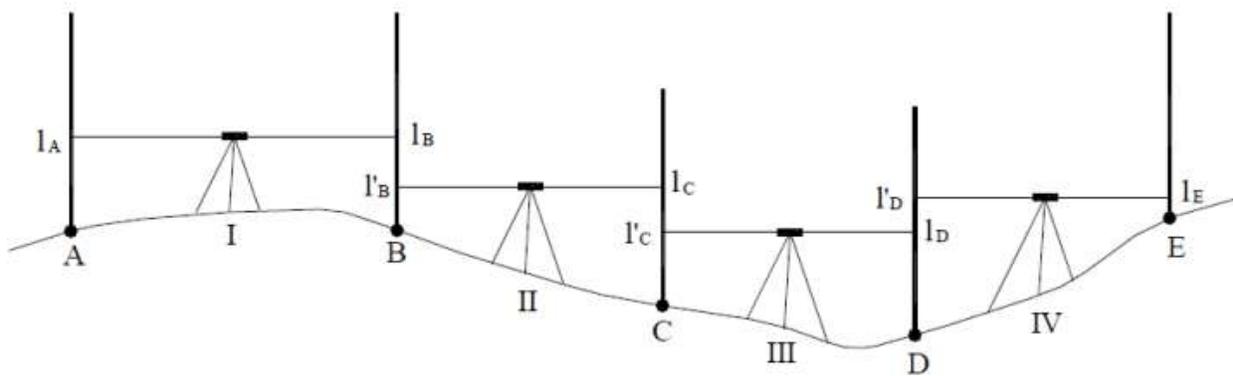


Imagen 5. Dibujo gráfico de ejemplo de una nivelación compuesta.

### Nivelación Enmarcada

La nivelación enmarcada es un método específico de nivelación en el cual los puntos de referencia están enmarcados dentro de un área definida. Este método se utiliza principalmente en obras civiles, como la construcción de edificios, donde se establecen niveles de referencia para asegurar la nivelación en toda la estructura.

El proceso consiste en fijar puntos de referencia enmarcados alrededor del área de trabajo y luego realizar las mediciones necesarias para asegurarse de que todas las partes de la obra estén a la misma altura o en el nivel correcto en relación con esos puntos de referencia.





## Croquis de relevamiento

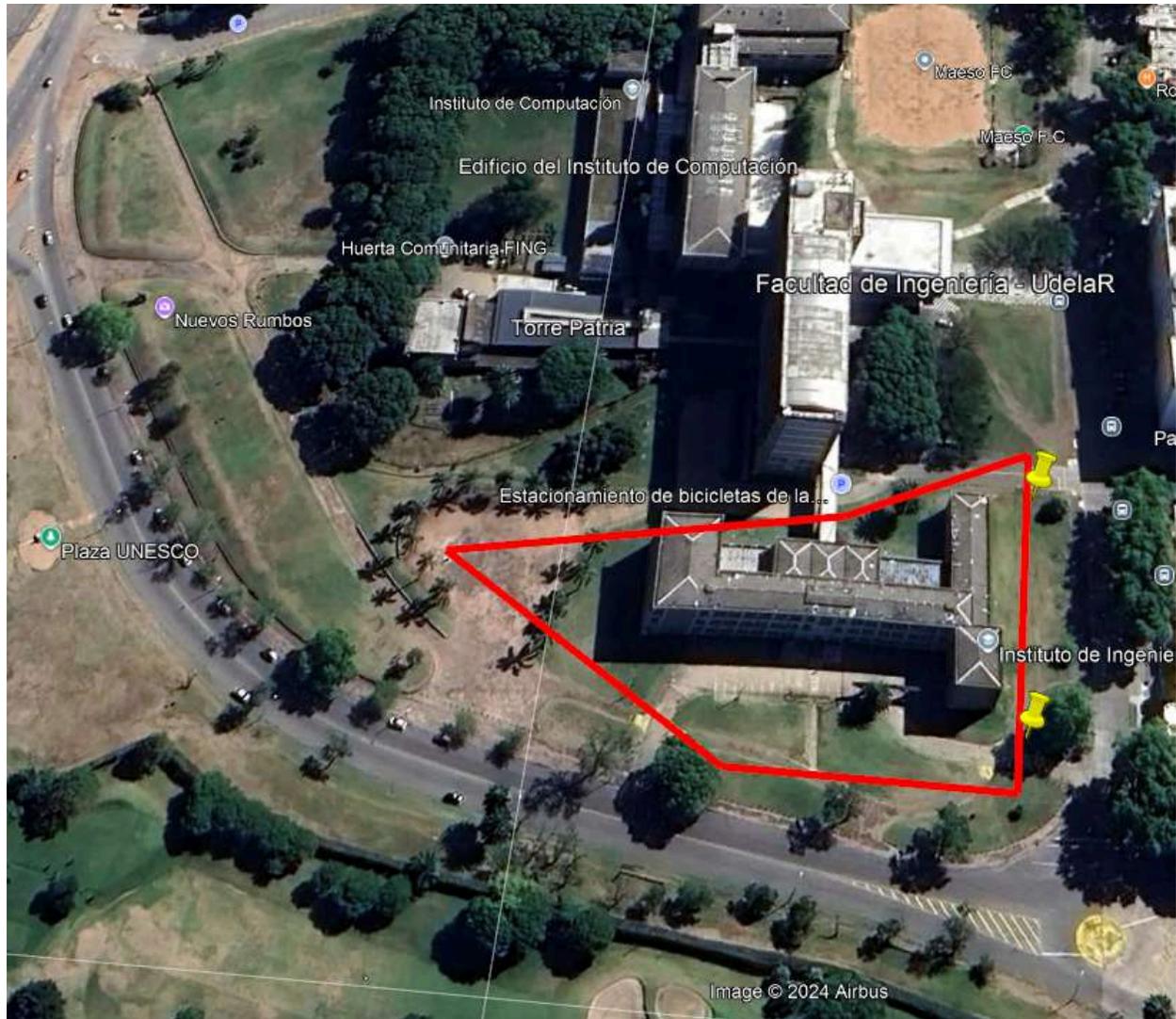


Imagen 6. Croquis de apoyo para la tarea. Camino recorrido durante la nivelación cerrada.



## Unidades

Punto	Estación	Altura de estación	Altura de prisma	Coordenadas			Mediciones			Observaciones
				X	Y	Z	Ang. Hor.	Ang. Vert.	Distancia incl.	
1	E1	1,366		-	-	-	0°0'0"	-	-	Orientación Inicial
2			0,397	179,643	202,574	7,670	88°08'58"	92°22'15"	79,685	Tapa
3			0,097	179,240	203,019	9,070	87°49'05"	91°35'15"	79,297	Pilar
4			0,397	42,160	166,287	11,432	239°45'48"	89°36'13"	66,948	E2
5			0,397	44,006	147,677	10,781	226°56'28"	90°08'32"	76,636	Estaca 1 (entrada estacionamiento secundario)
6	E2	1,355	0,397	100,005	200,003	9,986	59°45'48"	92°03'25"	66,954	E1
7			0,397	44,011	147,679	10,775	174°19'06"	94°56'09"	18,700	Estaca 1 (entrada estacionamiento secundario)
8			0,397	85,349	84,013	7,493	152°18'11"	93°00'56"	92,921	E3
9			0,397	81,221	91,782	7,837	152°19'59"	93°05'54"	84,123	Estaca 2 (entrada estacionamiento principal)
10	E3	1,376	0,397	42,159	166,289	11,428	332°19'12"	88°10'41"	92,923	E2
11			0,397	44,005	147,676	10,771	326°59'54"	88°15'59"	75,910	Estaca 1 (entrada estacionamiento secundario)
12			0,397	81,214	91,778	7,837	331°57'46"	331°57'45"	8,797	Estaca 2 (entrada estacionamiento principal)
13			0,397	112,828	134,879	8,279	28°22'45"	90°11'30"	57,814	E4
14	E4	1,377	0,397	85,349	84,013	7,499	208°22'44"	91°44'35"	57,814	E3
15			0,397	81,220	91,778	7,840	216°15'16"	91°31'11"	53,449	Estaca 2 (entrada estacionamiento principal)
16			0,097	179,236	203,021	9,073	44°15'40"	90°17'36"	95,149	Pilar
17			0,397	179,641	202,570	7,669	44°37'05"	90°57'31"	95,094	Tapa

Tabla 1. Observaciones realizadas.

Coordenadas de E1: (100,000; 200,000; 10,000)

## Metodología e Instrumental

### Instrumental:

- Estación Total (Leica E1) (a)
- Prisma mini (b)
- Trípode de madera (c)
- Pie para el prisma (d)
- Martillo (e)
- Varillas de metal (f)
- Pintura en aerosol (g)
- Cinta (h)
- Lápiz y papel

			
<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>
			
<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>

Tabla 2. Imágenes ejemplo del instrumental usado.

## Metodología:

### Descripción de la práctica

En las proximidades de la Facultad de Ingeniería se encuentran materializados dos puntos fijos con sus respectivas coordenadas altimétricas. Los puntos materializados en cuestión son el punto bajo tapa (chapa) y sobre pilar (rosca) que se encuentra en la sección posterior del ala SurEste de la facultad (ver ubicaciones en [Anexo](#)).

Se pretende realizar obtener las coordenadas plani-altimétricas de los puntos materializados, e identificados como vértices en el [Croquis de relevamiento](#).

### Estacionamiento de Estación Total

#### Preparativos

1. **Selección del Punto de Estación:** Elegir un punto de estación (ubicación donde se colocará la estación total) adecuado que permita una buena visibilidad de todos los puntos a medir.
2. **Montaje del Trípode:** Extender las patas del trípode y ajustar su altura. Colocar el trípode sobre el punto de estación asegurándose de que esté bien equilibrado y estable.

#### Estacionamiento

3. **Colocación de la Estación Total:** Fijar la estación total en la base del trípode y asegurar firmemente.
4. **Nivelación Gruesa del Trípode:** Ajustar las patas del trípode para nivelar la estación total lo más cerca posible usando el nivel de burbuja del trípode.
5. **Nivelación Fina de la Estación Total:** Utilizar los tornillos nivelantes de la estación total para centrar la burbuja del nivel esférico o tubular en el aparato.

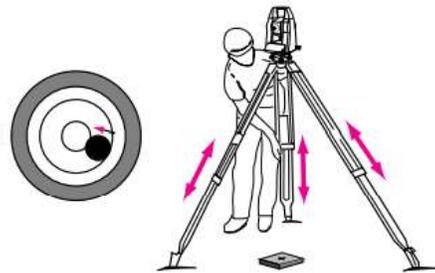


Imagen 7. Nivelación gruesa.

#### Centrado

6. **Centrado Óptico (o Láser):** Usar la plomada óptica o láser para centrar el instrumento sobre el punto de estación. Ajustar las patas del trípode para alinear el punto de referencia de la plomada con el punto de estación en el suelo.
7. **Nivelación Fina Posterior al Centrado:** Después de centrar la estación total, realizar una verificación de la nivelación y ajustar los tornillos nivelantes si es necesario para mantener la burbuja en el centro del nivel.

#### Ajustes Finales

8. **Configuración del Instrumento:** Encender la estación total y realizar los ajustes iniciales según las necesidades del trabajo (como la configuración de la estación, parámetros de medida, etc.).
9. **Introducción de Coordenadas del Punto de Estación:** Ingresar las coordenadas del punto de estación (si se tienen) en la estación total.

10. **Orientación:** Orientar la estación total hacia un punto conocido o referencia para establecer una línea base o referencia de orientación. Esto puede ser hacia un prisma ubicado en un punto con coordenadas conocidas.
11. **Altura de la estación:** Previo a medir los puntos se debe de medir la altura de la estación para ingresar este dato y que la estación pueda calcular de manera efectiva las coordenadas a partir de los ángulos y distancias relevadas. Procedimiento pertinente explicitado en la imagen a continuación.

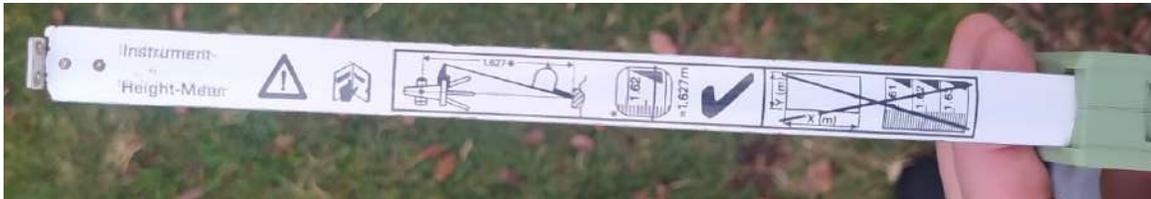


Imagen 8. Indicaciones para relevamiento de la altura del instrumento.

## Procedimiento

Se fijará un sistema de coordenadas arbitrario con el Norte paralelo al eje de la calle Julio Herrera y Reissig.

1. Registro de de la altura del prisma:
  - a. Se midió desde la punta, hasta la altura media del prisma, además de constar también la altura cuando el prisma se encontraba con un tramo de extensión.



Imagen 9. Medición de la altura del prisma.

2. Selección del punto de partida:
  - a. Se eligió un punto desde donde se apreciara el punto denominado como punto de referencia, desde el cual comenzó la nivelación. (El punto de estación E1, el cual estaba materializado con una varilla impuesta por el grupo de trabajo).
  - b. Este punto fijo se observará en primera instancia, permitiendo establecer la primera lectura de referencia y sirviendo como base para la verificación de los valores obtenidos al cierre del recorrido.



3. Configuración posicionamiento de la estación:
  - a. La estación fue instalada en estaciones sucesivas, asegurando que la visibilidad entre los puntos a relevar, de manera que fuera clara y libre de obstrucciones. Además de que fueran visibles los puntos que se tomaron como puntos de control para confirmar un correcto avance en la nivelación.
4. Procedimiento de medición:
  - a. El recorrido fue planificado para abarcar un circuito cerrado, garantizando que las lecturas finales se comparan con la cota inicial conocida.
  - b. En cada tramo, se tomaron los puntos de estación anterior, siguiente y los puntos de control, antes de abandonar la estación actual.
5. Verificación y control de precisión:
  - a. Durante cada lectura, se corroboró que las coordenadas de la estación anterior y de los puntos de control coincidieran con la registrada anteriormente (dentro de la tolerancia), evitando discrepancias que pudieran afectar la precisión.
  - b. En caso de que existieran variaciones significativas en las lecturas, se procedió a re-estacionar los niveles para garantizar la exactitud de las mediciones.
6. Cierre del itinerario:
  - a. Una vez finalizado el recorrido, se verificó que las coordenadas finales coincidieran con las coordenadas del punto de partida, confirmando el éxito de la nivelación cerrada.
  - b. En caso de haber diferencias entre la cota inicial y la cota final, se calculará el error de cierre, evaluando si este error se encuentra dentro de los márgenes permisibles para este tipo de relevamiento.
7. Registro de datos:
  - a. Todas las lecturas obtenidas fueron registradas en formato fotográfico, para evitar errores de anotación pues se trataba de una gran cantidad de datos.
  - b. A posteriori, se creó la planilla, la cual fue complementada con los datos de las coordenadas de los puntos tomados, desde que estación fueron tomados, y la altura a la cual se encontraba dicha estación para el caso de que fuera necesario generar algún tipo de corrección o tratamiento de los datos a posteriori.



## Análisis

### Calcular de error aceptable

Para evaluar estos resultados, es necesario comparar las diferencias contra el error permisible por el cálculo de arrastre, el cual depende del método empleado y la longitud total del recorrido.

En condiciones óptimas para datos con alta confianza se tiene que la incertidumbre aceptable es de:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{X95\%} = 3.9mm \\ \sigma_{Y95\%} = 3.9mm \\ \sigma_{Z95\%} = 4.9mm \end{array} \right.$$

Fuente: MONOGRAFÍA (RED INTERNA RI+IA) (Más información consultar las [Referencias](#))

Se debe aclarar que las condiciones no eran las más óptimas el día de la toma de las observaciones, ya que una de las condiciones limitantes es el ambiente controlado, el cual dicho día se presentaba un ambiente húmedo, además de una ligera llovizna que generaba cierta dificultad al momento de visualizar el prisma.

Lo que esto puede llegar a que la incertidumbre pueda ser mayor a la considerada en un ambiente con dichas condiciones óptimas.

### Cálculo del arrastre de error

$$\sigma_x = \sqrt{n} * 0,0039 \quad \sigma_y = \sqrt{n} * 0,0039 \quad \sigma_z = \sqrt{n} * 0,0049$$

\*Con n el número de estación, en este caso comenzamos con n = 2.

- Para mediciones tomadas desde E2:

$$\sigma_x = \sqrt{n} * 0,0039 = 0,0055 \quad / \quad \sigma_y = \sqrt{n} * 0,0039 = 0,0055 \quad / \quad \sigma_z = \sqrt{n} * 0,0049 = 0,0069$$

- Para mediciones tomadas desde E3:

$$\sigma_x = \sqrt{n} * 0,0039 = 0,0067 \quad / \quad \sigma_y = \sqrt{n} * 0,0039 = 0,0067 \quad / \quad \sigma_z = \sqrt{n} * 0,0049 = 0,0084$$

- Para mediciones tomadas desde E4:

$$\sigma_x = \sqrt{n} * 0,0039 = 0,0078 \quad / \quad \sigma_y = \sqrt{n} * 0,0039 = 0,0078 \quad / \quad \sigma_z = \sqrt{n} * 0,0049 = 0,0098$$

Considerando estas tolerancias son en las que nos vamos a basar para el estudio de los errores.



## Extracción de datos de la planilla

### Coordenadas de los puntos enmarcados

Consideraciones previas:

\*Se consideran las coordenadas de E1 como libres de error.

\*Se tomará como el valor de coordenada más acertado el de su primera medición, pues trae consigo un menor número de posibles errores aleatorios provenientes del arrastre de error.

- **Pilar: ( 179,240; 203,019; 9,070) ± (0,004; 0,004; 0,005)**
- **E1: ( 100,000; 200,000, 10,000)**
- **E2: ( 42,160; 166,287; 11,432) ± (0,004; 0,004; 0,005)**
- **E3: ( 85,349; 84,013; 7,493) ± ( 0,006; 0,006; 0,007)**
- **E4: ( 112,828; 134,879; 8,279) ± (0,007 ; 0,007; 0,008)**

### Punto de control

- ❖ Tapa: ( 179,643; 202,574; 7,670) ± (0,004; 0,004; 0,005)
- ❖ Estaca 1: ( 44,006; 147,677; 10,781) ± (0,004; 0,004; 0,005)
- ❖ Estaca 2: ( 81,221; 91,782; 7,837) ± (0,006; 0,006; 0,007)

### Cotejo de diferencias de valor y resultado del cierre de la poligonal

Antes de calcular el cierre total se debe obtener las diferencias entre las coordenadas del punto inicial y final, para luego calcular el error de cierre.

Para realizar el cierre total se debe distribuir el error proporcionalmente entre los puntos de la poligonal en función de las longitudes de los tramos:

$$\text{Error de cierre} = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2 + (\Delta Z)^2}$$

Tomando en cuenta el punto de salida y llegada de la poligonal se analizará dichos errores y tolerancias antes dadas. En este caso, se toma el punto Pilar.

Pilar:

Desde E1: ( 179,240; 203,019; 9,070)

Desde E4: ( 179,236; 203,021; 9,073)

Diferencia media: (0,004; 0,002; 0,003)

Error de cierre: 0,005

Además se fue realizando un control de las mediciones con respecto a los puntos de control, para obtener mejores garantías y tener un análisis más exhaustivo al momento de que el cierre de la poligonal fuera demasiado grande superando las tolerancias aceptables, y así tener datos para analizar esos trayectos y buscar el causante de dicho error.



Tapa:

Desde E1: ( 179,643; 202,574; 7,670)

Desde E4: ( 179,641; 202,570; 7,699)

Diferencia media: (0,002; 0,004; 0,001)

Estaca 1:

Desde E1: ( 44,006; 147,677; 10,781)

Desde E2: ( 44,011; 147,679; 10,775)

Desde E3: ( 44,005; 147,676; 10,771)

Diferencia media: (0,004; 0,002; 0,006)

Estaca 2:

Desde E2: ( 81,221; 91,782; 7,837)

Desde E3: ( 81,214; 91,778; 7,837)

Desde E4: ( 81,220; 91,778; 7,840)

Diferencia media: (0,005; 0,003; 0,002)

El ajuste de la poligonal no fue necesario pues todos los valores se encontraban dentro de sus respectivos márgenes de error. Además de que los valores de inicio y fin del relevamiento son coincidentes a menos del valor mínimo aceptado calculado en un principio.

En cuanto a la nivelación su cierre fue “bastante” bueno pues la cota de inicio de la nivelación medida desde E1, y final medida desde E4, en el punto “Pilar” difieren en 5 mm. Lo cual es un valor que consideramos bueno si lo comparamos con una nivelación de igual porte como fue la que se realizó con anterioridad usando un nivel óptico y en mejores condiciones climáticas, en la cual el valor de cierre de la nivelación difirió en 3 mm de igual manera. Además, que al medir con estación total se adicionan varios errores con respecto al instrumento en sí, centrado y nivelación, altura de prisma, etc.





## Conclusiones

El ejercicio de nivelación se realizó siguiendo los procedimientos estándar de la disciplina, utilizando una estación total y considerando todas las precauciones para asegurar la precisión en la medición.

La práctica fue realizada en el momento en que se producía una leve lluvia lo cual puede haber causado que el observador estuviera algo molesto al tratar la estación. **Durante la toma de puntos, se debía sostener además un paraguas, y estar atento al viento, para que no se mojara el equipo.**

Si bien el trabajo final fue satisfactorio, se identificaron algunos puntos de mejora:

- La estación total usa tecnología láser o infrarroja para medir distancias y ángulos, lo que la hace más sensible a las condiciones atmosféricas. Factores como la humedad, temperatura, y especialmente la lluvia pueden afectar la refracción y dispersión del haz de luz, introduciendo errores en las mediciones.

**En contraste, un nivel geométrico es menos susceptible a estos factores porque mide desniveles de forma óptica, sin depender de la distancia láser. Así, en condiciones como lluvia leve, el nivel geométrico podría ofrecer una mayor precisión en la elevación.**

- **La precisión de un nivel geométrico suele ser mayor en términos de elevación, logrando errores mínimos (por ejemplo,  $\pm 1$  mm por cada km en modelos de alta precisión), mientras que las estaciones totales, generalmente tienen un error acumulativo mayor en alturas debido a su dependencia de la trigonometría y las condiciones atmosféricas.**

En este caso, el **error de cierre de 0.005 m** indica que la estación total ha hecho un buen trabajo, pero es probable que un nivel geométrico hubiese arrojado un error incluso menor, especialmente en condiciones ideales.

El error de cierre también refleja el impacto acumulado de los pequeños errores en las mediciones de distancia y ángulo a lo largo de la poligonal. En una estación total, estos errores se suman más significativamente, **especialmente en días con condiciones de lluvia**, porque las distancias inclinadas y los ángulos verticales pueden alterarse.

Dado que el día tenía condiciones subóptimas, el error de cierre obtenido es aceptable, pero para futuros levantamientos en condiciones similares, sería ideal complementar la estación total con un nivel geométrico en puntos críticos de elevación, o incluso considerar el uso del nivel como equipo principal si el objetivo es la precisión en alturas.



## Referencias

- ❖ **International Organization for Standardization (ISO).** *ISO 17123-2:2001. Optics and Optical Instruments - Field Procedures for Testing Geodetic and Surveying Instruments.*
- ❖ **Instituto Geográfico Nacional de España (2017).** *Norma Técnica de Geodesia y Cartografía: Observación y Procesamiento de Datos de Nivelación Geométrica.*
- ❖ **Schofield, W., & Breach, M. (2007).** *Engineering Surveying (6th ed.).* Butterworth-Heinemann.
- ❖ **Notas del curso de Topografía Altimetría.** 2024. Facultad de Ingeniería (FING) - UdelaR.
- ❖ **SlideShare. (n.d.). Estación Total.** Retrieved June 8, 2024, Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/estacion-total-16744214/16744214>
- ❖ **Bustos, G. N. (n.d.). La Estación Total: Topografía II.** SlideShare. Retrieved June 8, 2024, Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/la-estacion-total-topografia-ii-ing-guillermo-n-bustospdf-251707432/251707432>
- ❖ **Abreco. (n.d.). Manual de Operación de Estación Total.** Retrieved June 8, 2024, Disponible en: [https://www.abreco.com.mx/manuales\\_topografia/teodolitos\\_estaciones/Manual%20de%20Operacion%20de%20Estacion%20Total.pdf](https://www.abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaciones/Manual%20de%20Operacion%20de%20Estacion%20Total.pdf)
- ❖ **Tratado de topografía, Teoría de errores e instrumentación** – Manuel Chueca Pazos, José Herráez Boquera, José Luis Berné Valero – Paraninfo, ISBN 84-283-2308-9.
- ❖ **Tratado general de Topografía** – W. Jordan – Gustavo Gili SA, ISBN 968-6085-43-2
- ❖ **Topografía general y aplicada** – Francisco Dominguez, Gracia Tejero – Dossat – ISBN 84-237-0086-0.
- ❖ **Apuntes del curso Cálculo y Ajuste de las Observaciones,** Tema: Mínimos Cuadrados. Facultad de Ingeniería. Instituto de Agrimensura. Departamento de Topografía. Autores: Ing. Agrim. Fabián Barbato.
- ❖ **Apuntes del curso Cálculo y Ajuste de las Observaciones,** Tema: Varianza a priori - Varianza a posteriori. Facultad de Ingeniería. Instituto de Agrimensura. Departamento de Topografía. Autores: Ing. Agrim. Fabián Barbato.
- ❖ **Leica FlexLine - TS02/TS06/TS09 - Manual de empleo.** Disponible en: [https://www.abreco.com.mx/manuales\\_topografia/teodolitos\\_estaciones/Leica/Leica%20TS02%20TS06%20TS09%20FLEXLINE%20ESP\\_V2.0.pdf](https://www.abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaciones/Leica/Leica%20TS02%20TS06%20TS09%20FLEXLINE%20ESP_V2.0.pdf)
- ❖ **MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN TOTAL.** (2011). M.I. LEOPOLDO HERNÁNDEZ VALENCIA. Disponible en: [https://www.abreco.com.mx/manuales\\_topografia/teodolitos\\_estaciones/Manual%20de%20Operacion%20de%20Estacion%20Total.pdf](https://www.abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaciones/Manual%20de%20Operacion%20de%20Estacion%20Total.pdf)
- ❖ **ISO 17.123, Part 5 : Electro-optical distance meters (EDM instruments),** 2018.
- ❖ **ISO 17.123, Part 5 : Electro-optical distance meters (EDM instruments),** 2005.



- ❖ M Chueca Pazos – **Tratado de Topografía 1: “Teoría de errores e Instrumentación”**, 1996.
- ❖ Ghilani, C. and P. Wolf. **Adjustment Computations: Spatial Data Analysis**, 2006.
- ❖ **VIM (Vocabulario Internacional de Metrología)** 3ra edición, 2012.
- ❖ Sokkia, Serie10K, **Manual del operador** 2da edición, 2006.
- ❖ **Incertidumbres en la medida de ángulos, distancias y desniveles.** (2020). Alejandro Blandon Santana. Disponible en:  
<https://es.scribd.com/document/485929831/Incertidumbre-de-la-determinacion-de-mensurandos-de-topografia>
- ❖ **Tema 2: Incertidumbres y errores en Topografía.** J.L. de la Cruz González. Disponible en:  
[https://moodle.upm.es/enabierto/pluginfile.php/725/mod\\_label/intro/Tema\\_2\\_Incertidumbre\\_Observaciones\\_Topograficas.pdf](https://moodle.upm.es/enabierto/pluginfile.php/725/mod_label/intro/Tema_2_Incertidumbre_Observaciones_Topograficas.pdf)
- ❖ **MONOGRAFÍA (RED INTERNA RI+IA) - DISEÑO, IMPLANTACIÓN, OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS DE LA RED INTERNA DE REPERES, PILAR (0,0,0) TORNILLOS DE CENTRADOS FORZOSOS, OAZ Y DIANAS DEL IA - DEPARTAMENTO DE GEODESIA INSTITUTO DE AGRIMENSURA FACULTAD DE INGENIERIA - Estudiantes: Bornia, Martin - Cortondo, Agustin - Mourat, Oscar - Musselli, Yosselyn - Lemos, Lucía - Silva, Juliana - Varela, Valentina - Profs: Fabián Barbato, Jorge Faure, Martín Waistein, Gastón Wurth. Cálculo y Ajuste de las Observaciones - Julio de 2024**
- ❖ **INCERTIDUMBRE EN LA POSICION (X, Y, Z) - FACULTAD DE INGENIERÍA - INSTITUTO DE AGRIMENSURA DEPARTAMENTO DE GEODESIA - TEORIA DE ERRORES I - 2023**

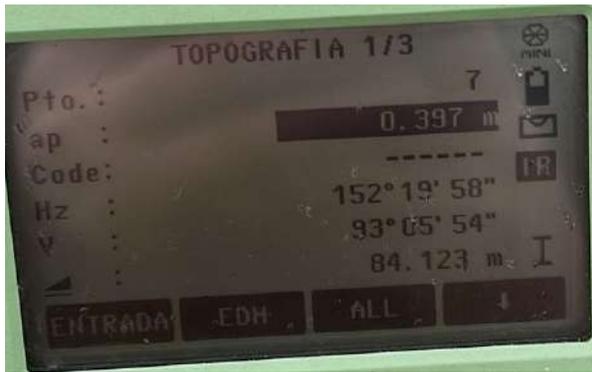


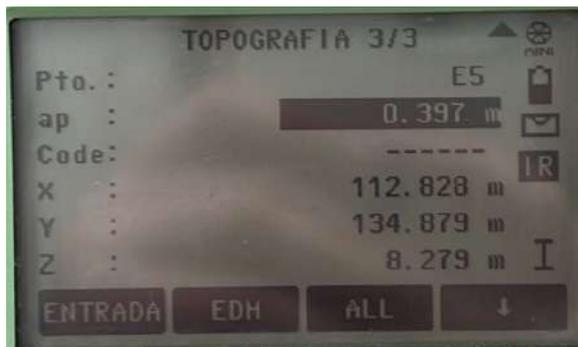
## Anexo

### Secuencia de relevamiento











## Alturas de estacionamiento

EA	4,366
a	Oruberon
PA	1,355
EA	1,376
EA	1,377



## Valores del punto de Llegada/Partida



### RED GEODÉSICA NACIONAL Monografía de estación

ID: IM-IGM 034

COORDENADAS					ALTITUD			
LATITUD		34° 55' 08,7954" S			CERO OFICIAL	CHAPA	19,329	m
LONGITUD		56° 10' 02,9937" W				ROSCA	20,714	m
UTM	ZONA	X	576042,78	m	DETERMINACIÓN NIVELACIÓN DE ALTA PRECISIÓN			
	21H	Y	6135611,06	m	ELIPSOIDAL		35,355	m
SISTEMA DE REFERENCIA		SIRGAS ROU 98			DETERMINACIÓN		GNSS DE ALTA PRECISIÓN	
FECHA DE CONSTRUCCIÓN		OCTUBRE, 2023			FOTOGRAFÍA			
FECHA DE MEDICIÓN		NOVIEMBRE, 2023						
MUNICIPIO		BARRIO						
B		PUNTA CARRETAS			OBSERVACIONES			
UBICACIÓN					Nivelado desde IM-IGM 033.			
REFERENCIA GRÁFICA					SEÑALIZACIÓN			
					Rosca 5/8 en cara superior y chapa en cámara.			