



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



# Práctica de Campo 2

- Medición indirecta de distancias -



---

Facultad de Ingeniería - Instituto de Agrimensura  
Topografía Planimétrica

**Docentes:** Ing. Agrim. Martín Wainstein.  
Ing. Agrim. Magali Martínez.  
Ing. Agrim. Gabriel Barreiro.  
Ing. Agrim. Rodolfo Méndez.

**Estudiantes:** Ignacio Curi  
María José Bentancor  
Jennifer Baldi

## **Índice**

<b>Objetivos</b>	<b>3</b>
<b>Marco teórico</b>	<b>4</b>
<b>Clasificación de los errores en la medición</b>	<b>6</b>
<b>Metodología e instrumental</b>	<b>7</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>12</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>13</b>
<b>Libreta de Campo</b>	<b>13</b>

## Objetivos

Realizar mediciones indirectas de distancia haciendo uso de un equialtimetro en la zona del ala Sur de la Facultad de Ingeniería, aplicando los conceptos teóricos impartidos en la clase teórica de topografía planimétrica.

La práctica consiste en dos partes, primero medir la distancia topográfica entre los mismos puntos utilizados en la práctica 1 (línea roja, como se aprecia en la imagen 1) y la segunda parte consiste en relevar el perímetro del edificio del ala sur de la facultad de ingeniería (polígono amarillo, imagen 1).

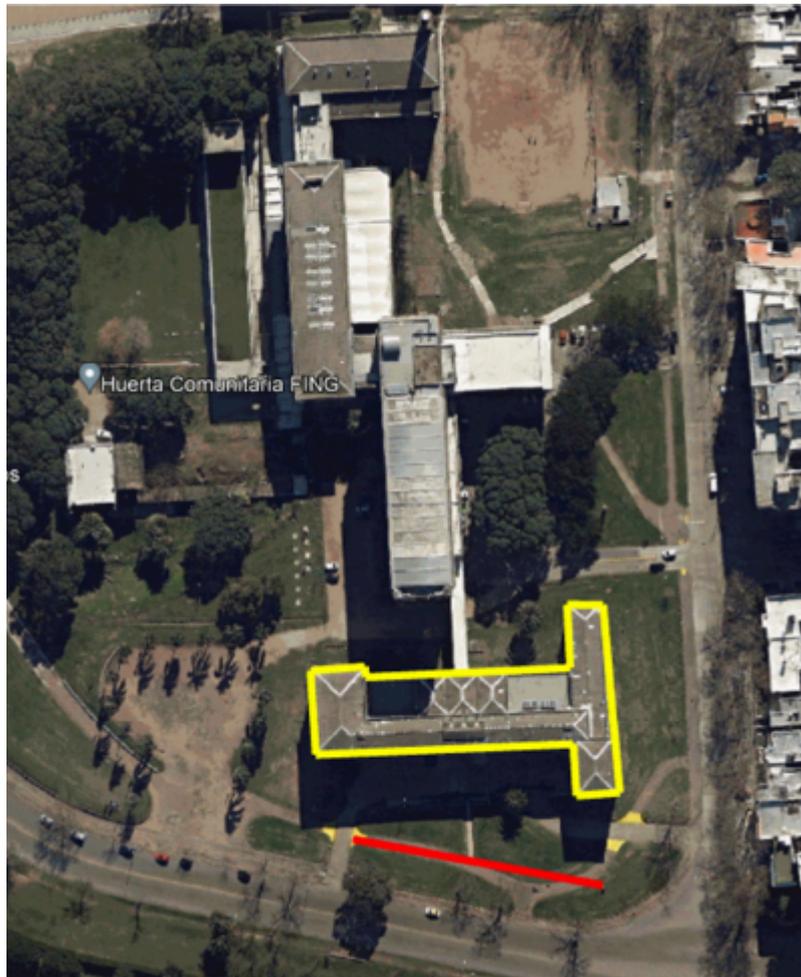
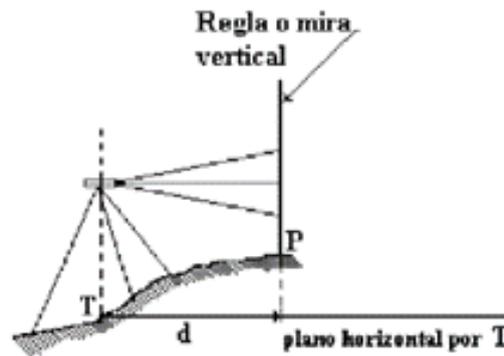


Imagen 1: distancias a relevar

## Marco teórico

Medición indirecta de distancias: Las mediciones indirectas son aquellas en las que la observación de una magnitud no se hace de manera directa, sino que se determina mediante una función o fórmula matemática que vincula variables que sí se determinan experimentalmente de manera directa. En el caso de distancias topográficas el método indirecto de distancias consiste en determinar la distancia entre dos puntos T y P (como se aprecia en la imagen 2) sin recorrerla. Es decir, un equialtimetro permite, además de medir ángulos, leer sobre una regla vertical, llamada mira, para calcular indirectamente el valor de la distancia horizontal  $d$ , entre dos puntos.



Imágen 2: esquema distancia indirecta.

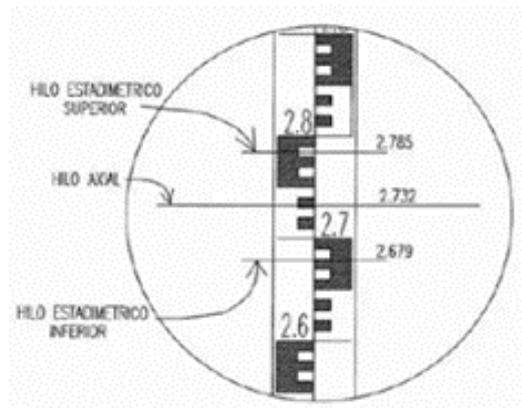
Mira: La mira es una regla graduada, fabricada en madera o aluminio. En una de las caras de la mira se pinta una escala graduada en metros, decímetros y centímetros. Para facilitar la rapidez de las lecturas que se hagan en ella, los centímetros se agrupan de cinco en cinco, en forma de la letra E, colocados alternativamente a la izquierda o a la derecha del eje de la mira. Los decímetros se escriben como fracción del metro, Los centímetros y decímetros de cada metro están pintados de un solo color, pero éste varía de un metro a otro. Esta forma de pintar las miras contribuye a evitar errores groseros en las lecturas.

Las miras han de colocarse de modo que queden verticales, para ello se utiliza una niveleta.



Imágen 3: mira.

Para calcular la distancia entre el punto T y P como se muestra en la imágen 2 se aplica la siguiente fórmula:  $d = 100 \cdot (\text{lectura hilo superior} - \text{lectura hilo inferior})$ .  
 Dónde la lectura superior e inferior se obtienen de realizar las lecturas correspondientes a través del anteojo estadimétrico, se llaman anteojos estadimétricos los que poseen los hilos estadimétricos.



Imágen 4: lectura de la mira.

En el proceso de medición asignamos un valor cuantitativo a una magnitud física, pero tan importante como la distancia medida son los errores implicados en ese proceso de medición. Algunos de ellos se pueden corregir, pero siempre quedará un rango de incertidumbre proveniente de causas fortuitas, limitaciones humanas,

limitaciones del instrumental utilizado y condiciones generales de trabajo. Estos errores, si bien son inevitables e incorregibles, pueden ser estimados. Por lo tanto cada medida estará acompañada por este rango de incertidumbre o precisión que determinará la calidad del resultado.

## **Clasificación de los errores en la medición**

Los errores presentes en los procesos de medición se clasifican en sistemáticos, aleatorios y personales.

Errores sistemáticos: son atribuibles al instrumental, al método utilizado o a las condiciones de medición. Se pueden manifestar en todas las observaciones o ser errores sistemáticos intermitentes. En este caso utilizando nivel un error sistemático puede ser el **error de inclinación** ( $i$ =ángulo formado por el eje de colimación del instrumento y la horizontal) es un ángulo fijo, su influencia en las observaciones sobre la mira viene dada por  $(i) = \tan i \cdot d$ . En este caso tenemos un error sistemático que es angular, y la influencia en las lecturas que es lineal. La influencia de este error en la medición dependerá del valor angular del error y de la distancia a la que se encuentra la mira.

Errores aleatorios: una vez corregidos o tratados los errores sistemáticos, aún quedan los errores llamados accidentales, son errores inevitables que dependen directamente de las condiciones en las que se trabaje, del operador (limitaciones propias del ser humano) y también del instrumental y método utilizado (por ejemplo, un nivel con mayor aumento, nos permitirá hacer una mejor estimación en la lectura). Son errores aleatorios, sin una ley que los describa, por lo tanto, no se pueden corregir o eliminar, pero existen métodos probabilísticos que nos permiten estimarlos y minimizar su influencia en los resultados.

Errores personales: son equivocaciones a la hora de operar en campo.

Los errores en las determinaciones indirectas dependen del valor y la precisión que tengan las variables y la fórmula que las vincula, vienen dados por la fórmula de propagación de errores.

En las siguientes imágenes se aprecia los instrumentos mencionados (equialtimetro y mira).



## **Metodología e instrumental**

Para obtener las distancias topográficas se obtienen las lecturas correspondientes de las miras y los ángulos, para luego calcular la distancia entre puntos por medio de la ley de cosenos.

Los instrumentos utilizados durante la realización del trabajo fueron:

- Nivel Óptico.
- Miras.
- Niveletas Esféricas.
- Trípode.

Para realizar la primera parte de la tarea, se coloca el nivel donde se pueda visualizar ambos puntos A y B como se muestra en la imagen 5, donde el punto de ubicación del equialtímetro se denomina I. Una vez colocado el instrumental y nivelado, lo que denominamos como "estacionar", realizamos las lecturas correspondientes en cada punto, a su vez se marca como "cero" el punto A para registrar el ángulo existente entre ambos puntos.

Se realizó la toma de medidas al menos dos veces en cada punto para disminuir los posibles errores de lectura y se cotejaron las mediciones obtenidas con la verificación del hilo medio, esto se realiza haciendo el promedio del hilo inferior y el hilo superior, lo que tiene que dar como resultado el hilo medio.



Imágen 5: esquema de la tarea

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

	Angulo	Medida	
PUNTO A	0°	Is	140,5
		Im	125
		li	110
PUNTO B	166°	Is	181
		Im	172,3
		li	163,2

Para calcular la longitud del segmento AB, primero encontraremos las distancias ópticas IA y IB.

Para encontrar dichas distancias se hace uso de la fórmula  $D=100 \times (L_s - L_i)$ , donde  $L_s$  es la lectura superior y  $L_i$  es la lectura inferior.

- Para el punto A:  
 $DA = 100 \times ( 1.405 \text{ m} - 1.10 \text{ m} ) = 100 \times 0.305 \text{ m} = 30.5 \text{ m}$
- Para el punto B:

$$DB = 100 \times ( 1.81 \text{ m} - 1.632 \text{ m} ) = 100 \times 0.178 \text{ m} = 17.8$$

Ahora mediante la utilización de la ley de cosenos, podemos calcular la distancia entre los puntos A y B.

Ley del Coseno:  $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos(C)$ , donde:

- c es la distancia entre A y B
- a es IA
- b es IB
- C es el ángulo entre A y B ( $166^\circ$ ) medido desde A.

Por lo cual  $AB^2 = (30.5\text{m})^2 + (17.8\text{m})^2 - 2 \times 30.5\text{m} \times 17.8\text{m} \times \cos(166^\circ)$

$$AB^2 = 930.25\text{m} + 316.84\text{m} + 1053.55\text{m}^2$$

$$AB^2 = 2300.64\text{m}^2$$

$$AB = 47.96\text{m}.$$

Una vez finalizados los cálculos obtuvimos que la distancia entre los puntos A y B es de 47.96m.

Para finalizar se realizó la parte dos de la tarea, medir el perímetro del ala sur de la Facultad, aplicamos el mismo método que la parte anterior, donde se tomó lecturas de cada vértice del edificio para luego seguir el mismo procedimiento.

Como se muestra en la imagen 6, los puntos A, B, C, D y E son los puntos donde se ubicó el instrumental para la toma de medidas y desde ellos obtuvieron las lecturas de cada vértice. La ubicación de dichos puntos se determinaron luego de un recorrido de la zona a relevar, donde se analizó la visibilidad de los puntos logrando abarcar la mayor cantidad de vértices a relevar desde cada estación, optimizando el tiempo, reducir posibles errores a la hora de tomar las lecturas y disminuyendo el error en el perímetro al cerrar la poligonal.

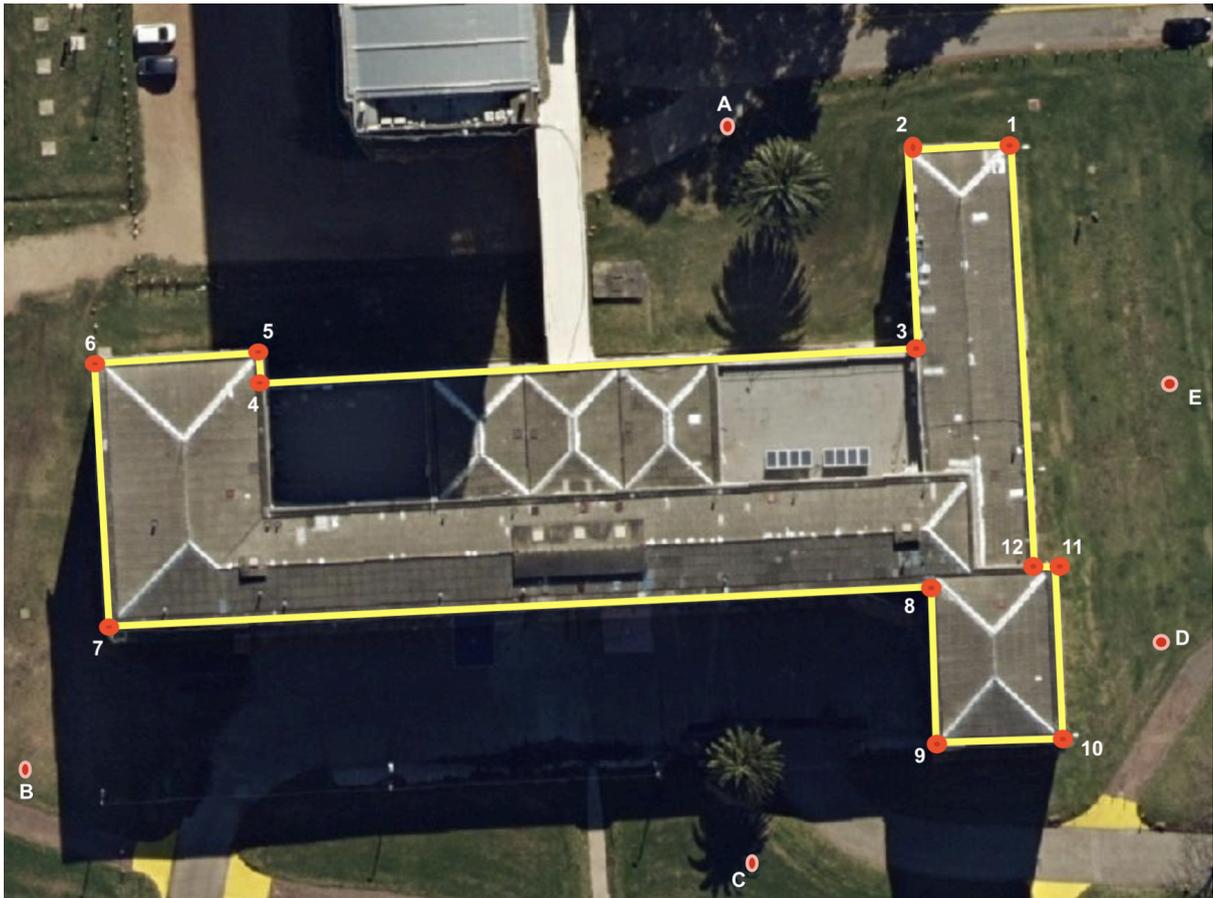


Imagen 6: esquema relevamiento perímetro.

Una vez realizado el relevamiento los datos obtenidos fueron los siguientes:

Tramo	Nivel-pto.A	Nivel-pto.B	Angulo rad	DISTNCIA	angulo gr	
1-2	21	28	0,035	7,05	2	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">                     Teo Coseno  <math>c^2=a^2+b^2-2ab\text{Cos}\gamma</math> </div>
2-3	28	36	0,506	17,80	29	
3-4	36	37	1,850	58,30	106	
4-5	37	36	0,070	2,74	4	
5-6	36	49	0,157	14,58	9	
6-7	31,9	19	0,550	18,58	31,5	
7-8	19	89	0,209	70,53	12	
8-9	40	41	0,445	17,90	25,5	
9-10	41	31	-0,113	10,79	-6,5	
10-11	27,3	17	0,524	15,18	30	
11-12	17	18	0,044	1,26	2,5	
12-1	23	26	1,745	37,59	100	

<b>Perímetro Total</b>	<b>272,28</b>
------------------------	---------------

Por lo tanto el perímetro calculado del ala sur de la Facultad es de 272.28 metros.

## **Análisis de los resultados**

PARTE 1: Si comparamos los resultados obtenidos en la Práctica de campo 1, la cual fue medida con cinta, la distancia entre los puntos fue de 68.80m, mientras que la calculada con nivel fue de 47.96m, si bien son dos métodos diferentes de medición notamos que no coinciden las distancias topográficas calculadas. Esto puede deberse a que no se tomaron exactamente los mismos puntos a relevar, ya que no estaban materializados.

PARTE 2: Se compararon los resultados obtenidos de la práctica 1 y los obtenidos mediante distancias indirectas con el equialtimetro, también notando diferencias, para tener una medida aproximada consultamos la imagen aérea de IDEUY, y tener una referencia.

Mediante este análisis verificamos que existe una diferencia de aproximadamente 20 metros entre los resultados obtenidos en la práctica 1, la cual tiene los valores más próximos a los datos obtenidos en la foto aérea.

## **Conclusiones**

Para tener mayor certeza de los datos obtenidos se recomienda realizar tres lecturas de la mira, dos de ellas correspondientes a los hilos estadimétricos y la tercera al centro del retículo. Luego corroborar que el promedio entre ambas lecturas sobre los hilos sea igual a la correspondiente en el centro del retículo, y así poder minimizar las equivocaciones ocasionados por una única observación.

Como segunda reflexión, nos pareció interesante la comparación entre el resultado del perímetro del ala sur de la Facultad de Ingeniería medido con cinta métrica y con nivel óptico, ya que las diferencias fueron cercanas a los 20 metros. Esta diferencia nos pareció bastante pero tiene coherencia porque en la práctica 1 tomamos en cuenta todos los pilares mientras que en la práctica 2 se tomó la medida de vertice a vertice. Debido a que no sabemos de donde proviene el error, seguramente sea un error de carácter personal en la medida de las lecturas, lo que nos complicó a la hora de identificar la proveniencia de esta equivocación.

Otro punto a considerar, proviene del error humano ya que se tomaron dos medidas de la mira y se contempló el hilo medio. Se verificó en el análisis de datos y resultados que las anotaciones realizadas contenían errores en las cifras significativas.

