

Práctica de Campo N°4

-Nivelación Cerrada-



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
Nivelación geométrica compuesta:.....	3
Nivelación cerrada:.....	5
Nivelación Ida y Vuelta por tramo:.....	5
Lecturas de mira:.....	6
Estimación de lectura:.....	6
Instrumental utilizado:	7
Nivel óptico:.....	7
Trípode:.....	7
Mira telescópica:.....	8
Niveleta:.....	8
Galápago:.....	9
Cinta métrica:.....	9
METODOLOGÍA	10
CÁLCULOS Y RESULTADOS	12
CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFÍA	18
ANEXO	19

OBJETIVO

- Se busca introducir al estudiante, de manera práctica, en los procedimientos de relevamiento altimétrico con la utilización de niveles ópticos.

MARCO TEÓRICO

Nivelación geométrica compuesta:

Cuando la distancia entre los puntos cuyo desnivel se quiere hallar, o no son visibles entre sí, o bien su diferencia de nivel es mayor que la que puede salvarse con una sola estación, es necesario recurrir al método de nivelación geométrica compuesta o itinerario altimétrico, tomando una serie de puntos intermedios llamados puntos de cambio.

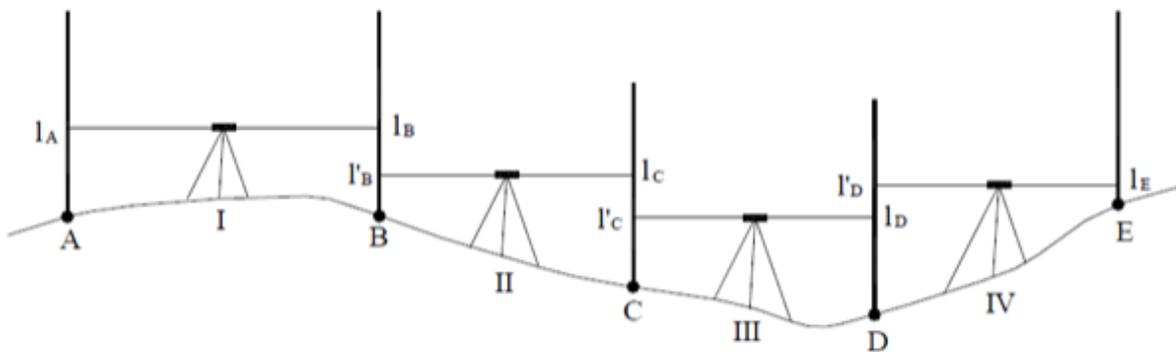


Imagen 1: Nivelación geométrica compuesta

Sean **A** y **E** los puntos del terreno cuyo desnivel se quiere hallar, siendo imposible realizarlo desde una sola estación del instrumento. Para ello se hace necesario entonces efectuar una serie de estaciones en puntos intermedios, I, II, III..., hallando luego los desniveles parciales en cada una de ellas mediante el método del punto medio.

En efecto, con el instrumento estacionado en I se hace la lectura l_A en la mira colocada sobre **A** y luego la lectura l_B en la mira en **B**. Se levanta el instrumento y se traslada a II, haciendo a continuación una nueva lectura l'_B sobre la mira que permanece colocada en **B**, se gira el instrumento y se lee ahora l_C . Se traslada el instrumento a III y se repite la operación hasta llegar al punto final **E**.

El desnivel entre **A** y **E** será la suma de los desniveles parciales de cada tramo:

$$\Delta H_{AB} = l_A - l_B$$

$$\Delta H_{BC} = l'_B - l_C$$

$$\Delta H_{CD} = l'_C - l_D$$

$$\Delta H_{DE} = l'_D - l_E$$

$$\Rightarrow \Sigma \Delta H = [(l_A - l_B) + (l'_B - l_C) + (l'_C - l_D) + (l'_D - l_E)]$$

$$\text{O también } \Sigma \Delta H = [(l_A + l'_B + l'_C + l'_D) - (l_B + l_C + l_D + l_E)]$$

Ahora bien, si tenemos en cuenta el sentido de avance en el recorrido vemos que las lecturas l_A , l'_B , l'_C y l'_D son las que quedan a la espalda (o atrás) del instrumento, por lo que se las denomina precisamente lecturas atrás. Análogamente, l_B , l_C , l_D y l_E son las lecturas hacia el frente o adelante, llamándoles obviamente, lecturas adelante.

$$\Delta H_{AE} = \Sigma(\text{lecturas atrás}) - \Sigma(\text{lecturas adelante})$$

- **Puntos de cambio:**

Los puntos de cambio se refieren a aquellos puntos donde, en una nivelación geométrica compuesta, se tendrán 2 planos colimadores distintos.

- **Puntos intermedios:**

Los puntos intermedios se refieren a aquellos donde se efectúan las lecturas intermedias, o sea, puntos que son de interés en el relevamiento y que no implican un cambio de estación.

- **Puntos de partida y llegada:**

Como veremos más adelante existen diferentes tipos de nivelación, pero en todas ellas existe un punto de partida y uno de llegada, que pueden o no ser coincidentes.

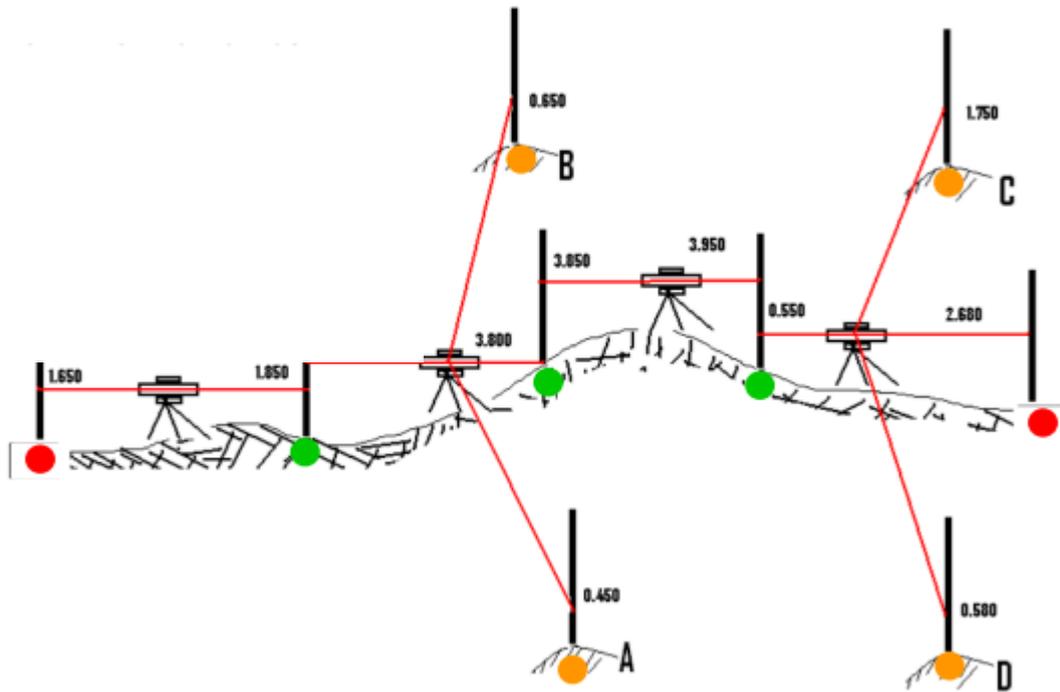


Imagen 2: Puntos de partida, llegada y cambio.

Nivelación cerrada:

Si se parte de un punto y luego de efectuado un cierto itinerario se concluye en el mismo punto (nivelación cerrada), la diferencia de nivel será cero, por lo que la suma de las lecturas atrás será igual a la suma de las lecturas adelante.

Esto es de suma importancia pues nos permite tener un control de la nivelación. Seguramente la diferencia entre ambas sumatorias no será nula. El valor obtenido será un indicador de la calidad del trabajo, determinando si el mismo cumple con las exigencias establecidas.

Nivelación Ida y Vuelta por tramo:

Consiste en realizar la nivelación 2 veces, en un sentido y luego en el otro, la diferencia de alturas debería ser la misma, pero de signo contrario. Se obtendrán 2 desnivel por tramo, de signo contrario. Esta nivelación puede ser realizada por los mismos puntos de cambio, para ello es necesario que los puntos de cambio queden materializados y fácilmente identificables. O se puede realizar sin pasar necesariamente por los mismos puntos, en este caso no es posible detectar errores en los tramos.

Lecturas de mira:

Apreciación de la lectura

Es la capacidad del instrumento para detectar o mostrar pequeñas diferencias en las magnitudes. Es el grado más pequeño que puede distinguirse o medirse con una regla. Corresponde al valor que se lee directamente sobre la mira, este valor puedo asegurarlo.

Estimación de lectura:

Es el proceso de hacer un juicio aproximado sobre una medida cuando no es posible obtener una lectura exacta. Corresponde a la estimación de la distancia entre dos divisiones de la regla. Este valor no lo puedo asegurar ya que es un valor estimado, por lo que depende de varios factores como pueden ser:

- la calidad de la visión del observador (el ojo humano es también un instrumento de medida)
- la tendencia a enrasar la visión entre las divisiones de la regla, tanto hacia arriba como hacia debajo, de manera inconsciente
- las condiciones atmosféricas
- la buena visión que tenga al momento de realizar la lectura (aumento de instrumental, distancia mira-instrumento, etc.).

Instrumental utilizado:

Nivel óptico:

Es uno de los instrumentos topográficos más importantes. Se usa principalmente para medir desniveles entre puntos que se encuentran a diferentes o similares alturas y el traslado de cotas de un punto de referencia a otro desconocido.

Su uso en construcción y topografía lo convierte en un instrumento de gran relevancia e imprescindible para la ejecución de tareas de nivelación tradicional como la determinación y transferencia de altura y también la medición de ángulos.

Se utilizó un nivel **KOLIDA KL32**.



Imagen 3: Nivel optico automatico

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 4: Tripode Topográfico

Mira telescópica:

La mira topográfica es una regla graduada que se utiliza junto con un nivel para medir las diferencias de altura o desniveles en polígonos o terrenos.

Estas miras suelen tener una longitud de entre 4 y 5 metros.

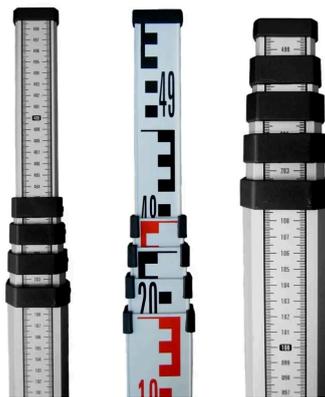


Imagen 5: Mira telescópica topográfica

Niveleta:

Accesorio que se utiliza para colocar en el bastón o baliza y mantenerlo nivelado de manera vertical.



Imagen 6: Niveleta

Galápago:

Es una placa metálica de base pesada para un estacionamiento seguro. Sirve para colocar la mira arriba y que no se mueva del lugar.

Para que tenga un buen anclaje en cualquier tipo de suelo cuenta con puntas de acero.



Imagen 7: Galápago

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

La práctica consiste en realizar una nivelación geométrica cerrada con ida y vuelta, tomando como punto de partida y de llegada el denominado “punto IA”.

Se desarrolló en las inmediaciones de la Facultad de Ingeniería los días 7 y 14 de Setiembre. Donde las condiciones climáticas eran favorables para realizar la práctica, salvo algunas zonas donde el viento se hacía más presente.

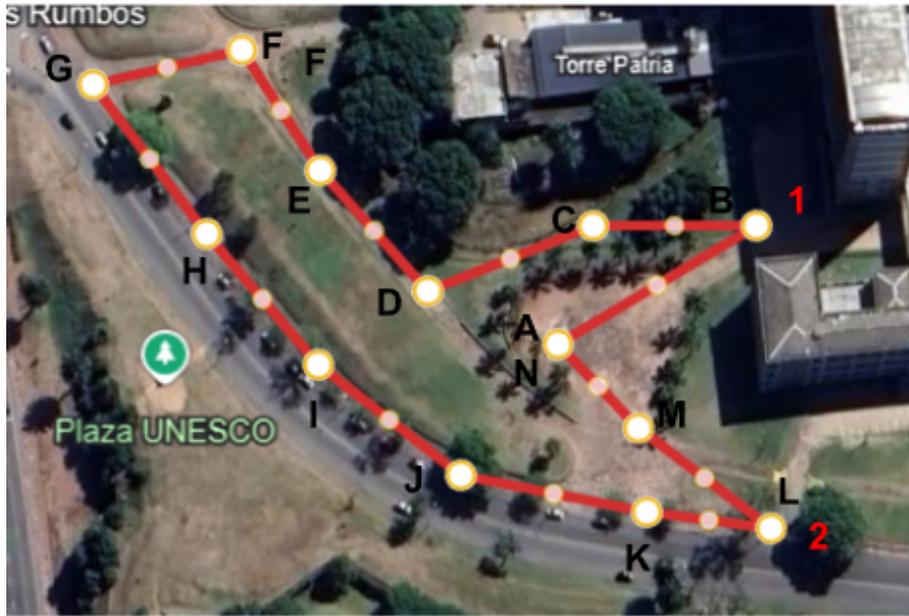


Imagen 9: Croquis de relevamiento nivelación cerrada de ida.

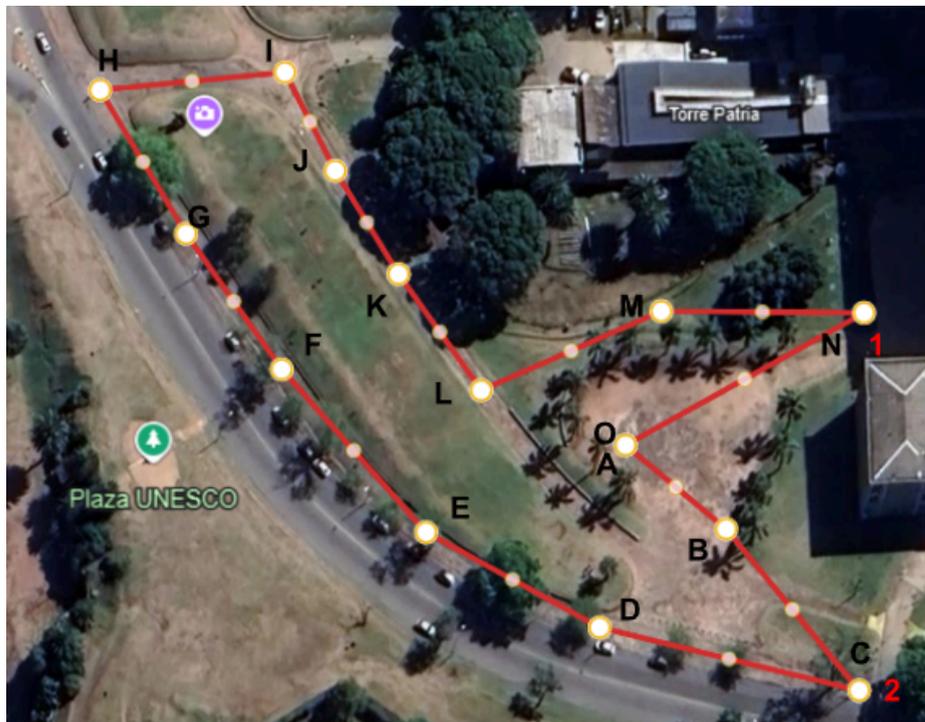


Imagen 10: Croquis de relevamiento nivelación cerrada de vuelta.

Para comenzar la nivelación, se colocó la mira inicialmente en el “punto IA” correspondiente al punto A en el croquis de relevamiento. Para la nivelación cerrada de ida se realizaron 13 puntos de cambio y para la de vuelta 14.

La consigna además de realizar la nivelación cerrada, pedía que calculemos la cota de dos puntos fijos que en las imágenes se identifican con el número “1” (la esquina de una estructura de hormigón) y “2” (la esquina de una tapa de hormigón). En nuestro caso estos puntos, además fueron puntos de cambio.

La nivelación presentó las mismas dificultades que la práctica 2 ya que la mayoría del recorrido presentaba una gran pendiente. Esto dificulta a la hora de colocar la mira de forma vertical ya que para algunos puntos las lecturas rondaban los 2.50m. Cuanto más alto se realiza la lectura, más error en la verticalización de la mira.

Una vez finalizada la nivelación, se realiza el cálculo para obtener la diferencia de cota para el punto IA, se calcula como la sumatoria de las lecturas de atrás menos la sumatoria de las lecturas de adelante. El objetivo es corroborar si nos encontramos dentro de la tolerancia, si el resultado se encuentra dentro de la tolerancia no es necesario repetir la práctica.

La nivelación de ida, que se realizó el día 7/9, no presentó mayores dificultades y los resultados fueron los esperados. La vuelta se realizó el día 14/9 y aquí tuvimos que repetir el proceso dos veces. La diferencia de cota del mismo punto “IA” nos dio aproximadamente 89 cm para la primera vez, muy lejos del margen dada la cantidad de tramos.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

A continuación se adjuntan las tablas de las nivelaciones. Una tomada en sentido antihorario (ida) el día 7/09 y la otra en sentido horario (vuelta) el 14/09.

La tabla que se adjunta de la vuelta en sentido horario corresponde al segundo intento de la nivelación de vuelta.

Punto	ΔH parcial	Lecturas de Mira			Plano Colimador	COTA	Observación
		Atrás	Intermedia	Adelante			
A	0.175	1.569				19.329	Inicio (IA)
B	-1.613	0.913		1.394		19.504	Punto Fijo (1)
C	-3.565	0.049		2.526		17.891	
D	-2.811	0.055		3.614		14.326	
E	-3.866	0.075		2.866		11.515	
F	1.049	1.429		3.941		7.649	
G	2.853	2.954		0.380		8.698	
H	2.974	3.137		0.101		11.551	
I	3.075	3.109		0.163		14.525	
J	2.123	2.693		0.034		17.600	
K	1.513	2.299		0.570		19.723	
L	-1.435	0.785		0.786		21.236	Punto Fijo (2)
M	-0.469	1.220		2.220		19.801	
N				1.689		19.332	Final (IA)

Tabla 1: Tabla de nivelación cerrada de ida.



Punto	ΔH parcial	Lecturas de Mira			Plano Colimador	COTA	Observación
		Atrás	Intermedia	Adelante			
A	1.907	2.422				19.329	Inicio (IA)
B	-1.780	0.631		0.515		21.236	
C	-2.676	0.165		2.411		19.456	Punto Fijo (2)
D	-2.254	0.288		2.841		16.780	
E	-2.573	0.072		2.542		14.526	
F	-2.060	0.283		2.645		11.953	
G	-2.345	0.095		2.343		9.893	
H	2.033	2.181		2.440		7.548	
I	1.647	2.211		0.148		9.581	
J	2.109	2.382		0.564		11.228	
K	2.303	2.461		0.273		13.337	
L	2.228	2.328		0.158		15.640	
M	1.632	2.383		0.100		17.868	
N	-0.177	1.264		0.751		19.500	Punto Fijo (1)
O				1.441		19.323	Fin (IA)

Tabla 2: Tabla de nivelación cerrada de vuelta.

Para el cálculo de las diferencias de alturas para la primera nivelación se utilizó la siguiente expresión matemática:

Nivelación de ida

$$\Delta H_{AB} = i'_A - l_B = 0.175m$$

$$\Delta H_{BC} = i'_B - l_C = -1.613m$$

$$\Delta H_{CD} = i'_C - l_D = -3.565m$$

$$\Delta H_{DE} = i'_D - l_E = -2.811m$$

$$\Delta H_{EF} = i'_E - l_F = -3.866m$$

$$\Delta H_{FG} = i'_F - l_G = 1.049m$$

$$\Delta H_{GH} = i'_G - l_H = 2.853m$$

$$\Delta H_{HI} = i'_H - l_I = 2.974m$$

$$\Delta H_{IJ} = i'_I - l_J = 3.075m$$

$$\Delta H_{JK} = i'_J - l_K = 2.123m$$

$$\Delta H_{KL} = i'_K - l_L = 1.513m$$

$$\Delta H_{LM} = i'_L - l_M = -1.435m$$

$$\Delta H_{MN} = i'_M - l_N = -0.469m$$

$$\text{La } \Sigma \Delta H = 0.003m$$

Nivelación de vuelta

$$\Delta H_{AB} = l_A - i'_B = 1.907m$$

$$\Delta H_{BC} = l_B - i'_C = -1.780m$$

$$\Delta H_{CD} = l_C - i'_D = -2.676m$$

$$\Delta H_{DE} = l_D - i'_E = -2.254m$$

$$\Delta H_{EF} = l_E - i'_F = -2.573m$$

$$\Delta H_{FG} = l_F - i'_G = -2.060m$$

$$\Delta H_{GH} = l_G - i'_H = -2.345m$$

$$\Delta H_{HI} = l_H - i'_I = 2.033m$$

$$\Delta H_{IJ} = l_I - i'_J = 1.647m$$

$$\Delta H_{JK} = l_J - i'_K = 2.109m$$

$$\Delta H_{KL} = l_K - i'_L = 2.303m$$

$$\Delta H_{LM} = l_L - i'_M = 2.228m$$

$$\Delta H_{MN} = l_M - i'_N = 1.632m$$

$$\Delta H_{NO} = l_N - i'_O = -0.177m$$

$$\text{La } \Sigma \Delta H = -0.006m$$

Al tratarse de una nivelación cerrada, la diferencia de altura entre el punto de inicio y el de llegada debería ser, idealmente, de 0.000 m, ya que es el mismo punto. Sin embargo, en la práctica se observó una discrepancia en la altura del punto IA en ambas nivelaciones. En la nivelación de ida se obtuvo una diferencia de 0.003 m (3.0 mm), mientras que en la de vuelta fue de -0.006 m (-6.0 mm). Para verificar que la nivelación se realizó correctamente, se procedió a calcular la tolerancia, que en este caso se determina en función del número de tramos realizados.

$$Tolerancia = 2mm * \sqrt{cant. tramos}$$

$$Tolerancia_{ida} = 2mm * \sqrt{13} = 7.2mm$$

$$Tolerancia_{vuelta} = 2mm * \sqrt{14} = 7.4mm$$

Como las medidas se tomaron al milímetro, la tolerancia queda en 7mm para ambas nivelaciones.

La diferencia de 3mm obtenida para la cota del punto del IA en la nivelación cerrada de "ida" se encuentra dentro de la tolerancia. Para el caso de la nivelación de "vuelta" se cometió un error, inicialmente se obtuvo una diferencia de 89cm, la cual se puede adjudicar a un error de lectura, anotación o mal estiramiento de la mira. Por lo que se tuvo que proceder a realizar la nivelación nuevamente. Los resultados obtenidos para el segundo intento mejoraron, el error que se obtuvo fue de 6mm y la tolerancia se encontraba en 7mm por lo tanto la nivelación se tomó como válida.

Como la cota del Punto IA es conocida de la práctica N°2 y vale $COTA_{IA}=19.329m$. Partiendo de dicha cota se realizaron los cálculos de las restantes:

Para la Nivelación N° 1

$$COTA_A = 19.329m$$

$$COTA_B = COTA_A - \Delta H_{AB} = 19.504m$$

$$COTA_C = COTA_B - \Delta H_{BC} = 17.891m$$

$$COTA_D = COTA_C - \Delta H_{CD} = 14.326m$$

$$COTA_E = COTA_D - \Delta H_{DE} = 11.515m$$

$$COTA_F = COTA_E - \Delta H_{EF} = 7.649m$$

$$COTA_G = COTA_F - \Delta H_{FG} = 8.698m$$

$$COTA_H = COTA_G - \Delta H_{GH} = 11.551m$$

$$COTA_I = COTA_H - \Delta H_{HI} = 14.525m$$

$$COTA_J = COTA_I - \Delta H_{JI} = 17.600m$$

$$COTA_K = COTA_J - \Delta H_{KJ} = 19.723m$$

$$COTA_L = COTA_K - \Delta H_{LK} = 21.236m$$

$$COTA_M = COTA_L - \Delta H_{ML} = 19.801m$$

$$COTA_N = COTA_M - \Delta H_{NM} = 19.332m$$

$$COTA_{FINAL} (IA)_1 = 19.332m$$

$$COTA_L = COTA_K - \Delta H_{KL} = 15.640m$$

Para la Nivelación N° 2

$$COTA_A = 19.329m$$

$$COTA_B = COTA_A - \Delta H_{AB} = 21.236m$$

$$COTA_C = COTA_B - \Delta H_{BC} = 19.456m$$

$$COTA_D = COTA_C - \Delta H_{CD} = 16.780m$$

$$COTA_E = COTA_D - \Delta H_{DE} = 14.526m$$

$$COTA_F = COTA_E - \Delta H_{EF} = 11.953m$$

$$COTA_G = COTA_F - \Delta H_{FG} = 9.893m$$

$$COTA_H = COTA_G - \Delta H_{GH} = 7.548m$$

$$COTA_I = COTA_H - \Delta H_{HI} = 9.581m$$

$$COTA_J = COTA_I - \Delta H_{IJ} = 11.228m$$

$$COTA_K = COTA_J - \Delta H_{JK} = 13.337m$$

$$COTA_M = COTA_L - \Delta H_{LM} = 17.868m$$

$$COTA_N = COTA_M - \Delta H_{MN} = 19.500m$$

$$COTA_O = COTA_N - \Delta H_{NO} = 19.323m$$

$$COTA_{FINAL} (IA)_2 = 19.323m$$

Como se puede observar, el resultado de las cotas finales en ambas vueltas están dentro de la tolerancia, como fue explicado anteriormente.

A modo de comentario, el docente de práctico nos explicó un método para poder cerrar la planilla, el error cometido se lo aplicaremos equitativamente a los puntos fijos. Esto lo que nos permite es finalizar la nivelación con un error de 0mm o que la COTA inicial y la COTA final sean iguales. Para la nivelación uno se tiene una diferencia de 3mm por lo que le sumaremos 1.5mm a la COTA_B (Punto Fijo 1) y 1.5mm a la COTA_L (Punto Fijo 2). Mientras que para la segunda nivelación como se deben corregir 6mm estos irán 3mm a la COTA_N (Punto Fijo 1) y 3mm para la COTA_C (Punto Fijo 2) como se puede ver a continuación:

Para la Nivelación N° 1

$$COTA_A = 19.329m$$

$$COTA_B = COTA_A - \Delta H_{AB} = 19.506m$$

$$COTA_C = COTA_B - \Delta H_{BC} = 17.891m$$

$$COTA_D = COTA_C - \Delta H_{CD} = 14.326m$$

$$COTA_E = COTA_D - \Delta H_{DE} = 11.515m$$

$$COTA_F = COTA_E - \Delta H_{EF} = 7.649m$$

$$COTA_G = COTA_F - \Delta H_{FG} = 8.698m$$

$$COTA_H = COTA_G - \Delta H_{GH} = 11.551m$$

$$COTA_I = COTA_H - \Delta H_{HI} = 14.525m$$

$$COTA_J = COTA_I - \Delta H_{JI} = 17.600m$$

$$COTA_K = COTA_J - \Delta H_{KJ} = 19.723m$$

$$COTA_L = COTA_K - \Delta H_{LK} = 21.238m$$

$$COTA_M = COTA_L - \Delta H_{ML} = 19.801m$$

$$COTA_N = COTA_M - \Delta H_{NM} = 19.332m$$

$$COTA_{FINAL (IA)}_1 = 19.332m$$

$$COTA_L = COTA_K - \Delta H_{KL} = 15.640m$$

Para la Nivelación N° 2

$$COTA_A = 19.329m$$

$$COTA_B = COTA_A - \Delta H_{AB} = 21.236m$$

$$COTA_C = COTA_B - \Delta H_{BC} = 19.459m$$

$$COTA_D = COTA_C - \Delta H_{CD} = 16.780m$$

$$COTA_E = COTA_D - \Delta H_{DE} = 14.526m$$

$$COTA_F = COTA_E - \Delta H_{EF} = 11.953m$$

$$COTA_G = COTA_F - \Delta H_{FG} = 9.893m$$

$$COTA_H = COTA_G - \Delta H_{GH} = 7.548m$$

$$COTA_I = COTA_H - \Delta H_{HI} = 9.581m$$

$$COTA_J = COTA_I - \Delta H_{IJ} = 11.228m$$

$$COTA_K = COTA_J - \Delta H_{JK} = 13.337m$$

$$COTA_M = COTA_L - \Delta H_{LM} = 17.868m$$

$$COTA_N = COTA_M - \Delta H_{MN} = 19.503m$$

$$COTA_O = COTA_N - \Delta H_{NO} = 19.323m$$

$$COTA_{FINAL (IA)}_2 = 19.323m$$

CONCLUSIONES

A modo de conclusión, podemos decir que la nivelación cerrada de ida y vuelta si bien supone tener que repetir el proceso de nivelación dos veces pero en sentido opuesto, lo cual se traduce en dinero, este método de nivelación garantiza que si se obtienen resultados similares o iguales idealmente para ambas nivelaciones, quiere decir que estos resultados son precisos.

Se optó por no materializar los puntos de cambio, por lo que no fue posible detectar en que tramos nos equivocamos. Por esta razón repetimos la nivelación de vuelta. Lo cual llevado al ámbito laboral, provoca una pérdida de tiempo y dinero.

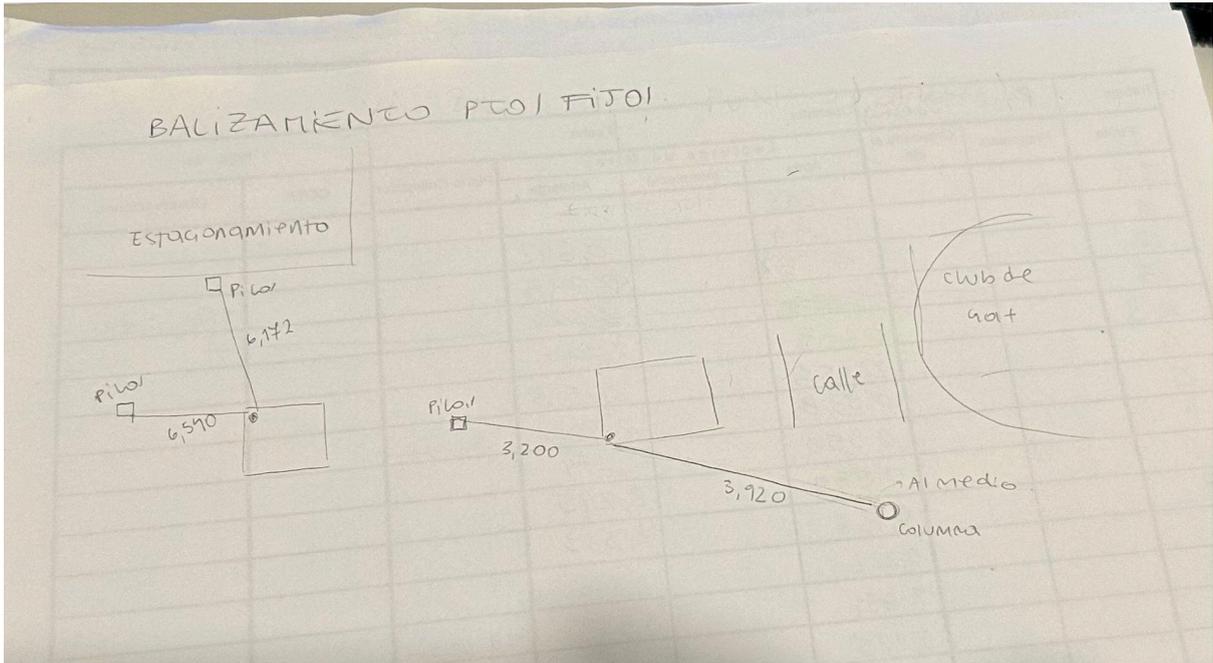
Hasta el momento se han visto tres métodos posibles para la realización de una nivelación. Si bien la nivelación cerrada de ida y vuelta y la nivelación cerrada simultánea son métodos de nivelación válidos, creemos que la nivelación con doble plano colimador (la realizada en práctico N°2) sigue siendo la mejor opción a la hora de un trabajo de nivelación. Ya que optimiza tiempo y recursos, siendo igual de efectiva que las otras dos.

BIBLIOGRAFÍA

- *Ing. Agrim. Martin Wainstein, I. A. (2024). Curso de Topografía Altimétrica 2^{do}. Semestre de 2024. Montevideo.*

Trabajo: P3 P4.2		Operador:		Fecha:		Hoja de		
Punto	Progresiva	Ordenada al eje	Lecturas de Miras			Plano Colimador	COTA	Observaciones
			Alras	Intermedia	Adelante			
IA			2,677		-			IA
1			0,631		0,515			
2			0,165		2,411			Tapa Golf
3			0,288		2,841			
4			0,072		2,542			
5			0,283		2,645			
6			0,095		2,343			
7			2,181		2,440			
8			2,211		0,148			
9			2,382		0,564			
10			2,461		0,223			
11			2,323		0,158			
12			2,383		0,100			
13			1,264		0,251			TAPA FERIA
IA			-		1,441			IA
								Altura 9910 PAGO
								1,318-1264+73

Anexo 2.2: Planilla de campo de nivelación cerrada de vuelta (Diferencia 6mm).



Anexo 3: Balizamiento puntos fijos.