



Trabajo final de carrera

RELEVAMIENTO PLANIALTIMETRICO DE CANTERA MINERA ZONA 1

Ángel Eduardo Elizondo
Director de trabajo final

Ever Vargas G.
Alumno exponente

Graciela Bianchini
Directora de AUZA

Institución requerida: Universidad Nacional del Comahue-Asentamiento Zapala

Objetivo del informe: aplicación de distintos conocimientos adquiridos durante la carrera

Finalidad del informe: cumplir con los requerimientos para obtención del título

Índice de contenidos:

I.	Información preliminar del lugar.....	página 3
	Zonas aledañas	
	Camino de acceso	
	Imágenes complementarias	
II.	Definición de triangulación.....	página 6
	Etapas en la triangulación	
	Documentación	
	Reconocimiento de campo	
	Establecimiento de vértices (puntos fijos o mojones)	
	Ubicación y medición de base para triangulación	
	Medición de ángulos	
	Cálculos de la triangulación	
	Planilla de datos para triangulación	
	Planilla de datos y calculo de base	
	Cálculo angular y corrección en la triangulación	
III.	Marco teórico para cálculo de distancia y desnivel.....	página 20
	Nivelación trigonométrica entre vertices	
	Distribución del error	
	Orientación del cuadrilátero	
	Imágenes de proceso de medición	



IV. Documentación requerida durante el trabajo..... Pagina 28

Permisos requeridos por lonco de comunidad aledaña

Permisos de salida de campo en universidad

Nota en expediente para trabajo final

V. Planos realizadosAnexo

Plano de triangulación

Curvas de nivel

Trazado de camino

Ubicación de muestras extraídas

Información preliminar del lugar

Zonas aledañas:

El predio elegido tanto por sus características geológicas y topográficas se encuentra en el departamento de “Picunches” y el poblado más cercano a la cantera minera es una comunidad mapuche denominada como “Cheuquel” la cual se encuentra aproximadamente a 9 km de la cantera siguiendo el camino en dirección Oeste-Este.

Para llegar al lugar desde la localidad de Zapala (departamento de Zapala) se debe circular por la ruta nacional N° 40 en dirección Sur-Norte aproximadamente 44 km hasta una curva al pie de un cerro que por sus características geológicas (bloque de roca rotado a 30° aproximadamente) es denominado por los automovilistas avituallados del camino como “Cerro Partido” en la cual se toma rumbo hacia dirección “Este” a un camino de tierra consolidado para el acceso hacia la comunidad mapuche Cheuquel recorriendo desde el asfalto del cruce de ruta aproximadamente 10.5 km hasta la zona de cantera minera elegida para este trabajo.

Por último y no menos importante la localidad de “Las Lajas” cabecera del departamento “Picunches” es un centro de gran importancia en la cual los pobladores de la zona frecuentan para intercambios comerciales, culturales e información necesaria en sus distintas actividades. Desde esta ciudad para llegar al predio del trabajo final de carrera se debe tomar rumbo Norte-Sur por la ruta nacional N° 40 recorriendo 12.5 km aproximadamente hasta llegar al ya conocido curva del “Cerro Partido” para acceder al camino ya descrito anteriormente.

Camino de acceso:

-Desde Zapala se debe recorrer 54.5 km aproximadamente hasta llegar a la cantera minera del trabajo final.

-Desde Las Lajas se debe recorrer 23 km aproximadamente hasta llegar al predio

-Desde la comunidad Cheuquel se debe recorrer 9 km aproximadamente hasta llegar al predio.

Tanto desde Zapala como desde Las Lajas el camino que se adopta es la ruta nacional N° 40 hasta el cruce ubicado en una curva conocida comúnmente como cueva del león en la cual se accede a un camino de tierra consolidada en dirección Oeste-Este recorriendo aproximadamente 10.5 km

A continuación, se adjunta imágenes conseguidas desde Google Earth donde se muestra visualmente la ubicación geográfica tanto de la cantera para este informe como de las localidades y comuna ya mencionadas como así también el trabajo final de 2 compañeras (Ana y Graciela) para poder tomar la dimensión de las magnitudes recorridas para acceder y las dificultades que estas traen a la hora de planificar y movilizar tanto los equipos como a las personas implicadas en estas tareas

Imagen de red vial de la provincia del Neuquén



Imagen satelital obtenida a través de Google Earth



Imagen de cruce de ruta nacional n°40 y camino de tierra hacia comuna "Cheuque"

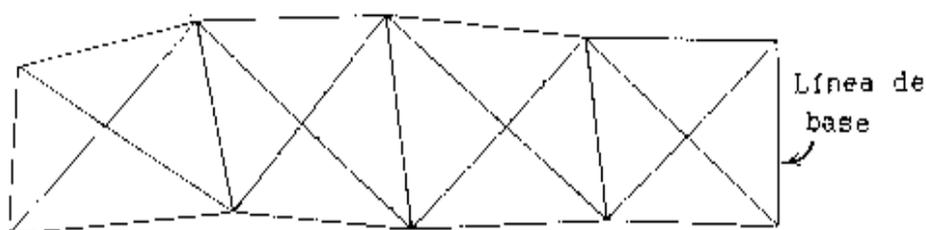
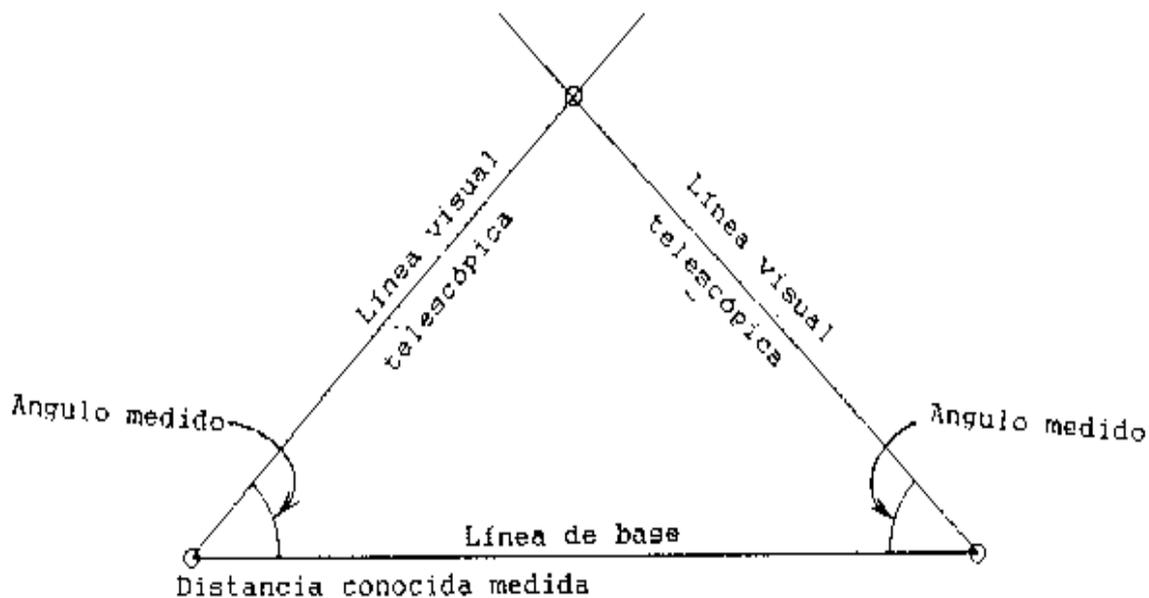


Definición de triangulación:

Es el tipo de levantamiento geodésica mas tradicional y conocido, el cual consiste el área a levantar en un conjunto de triángulos que al conformar un conjunto da como resultado una poligonal. Generalmente se utiliza este tipo de levantamiento cuando se debe relevar una gran extensión de terreno, pero también en medianas extensiones donde el relieve del terreno dificulta la implementación de una poligonal para disminuir los errores en la implementación de una gran cantidad de vértices.

Debemos tener en cuenta que solo se trabaja con ángulos horizontales para el calculo dentro de este método de levantamiento ya que los lados se calculan trigonométricamente mediante las leyes del seno y coseno a partir de uno conocido llamado base.

Cada vértice dentro de los triángulos se los utiliza como una estación de control, independientemente de la cantidad de vértices la figura final dependerá del tipo de trabajo a realizar, en nuestro caso la figura elegida es una cadena de cuadriláteros ya que subdividimos la cantera a relevar en dos zonas, en este trabajo final se releva la zona 1 para posteriormente ser la base de nuevos trabajos.



Sistema de cuadriláteros

Etapas en la triangulación

Documentación:

Esta es una parte importante del levantamiento topográfico para el trabajo en la cual el objetivo es tratar de registrar y/o recolectar toda la información posible que implique a la zona de trabajo donde planeamos establecer la red de triangulación, tales como imágenes satelitales de la zona, mapas de rutas y accesos hacia ella si es que existiesen y en base a esta información planeamos la forma de la triangulación, ubicación tentativa de los vértices y de las bases de la triangulación. Podemos referirnos a esta etapa con lo descrito en la información preliminar del lugar y las imágenes que lo acompañan.

A continuación, se adjunta una imagen del proyecto tentativo para la triangulación, cabe aclarar que todo esto se puede modificar ya sea en la ubicación, cantidad de vértices y sus magnitudes de acuerdo a las problemáticas que vayan surgiendo en la materialización del mismo.



Reconocimiento de campo:

Cuando llegamos al lugar donde se realizará la práctica final lo primero que se debe hacer es el reconocimiento del lugar, que es básicamente una inspección ocular del terreno a relevar, en la cual se observan a simple vista los detalles más importantes a tener en cuenta para la mejor elección de ubicación de vértices, posicionamiento de las bases, así mismo se debe tener en cuenta los detalles como caminos de acceso, caminos en desuso, rocas con posible desprendimiento para evitar riesgos innecesarios, visibilidad necesaria para medición entre vértices y posterior recolección de datos en futuras etapas del proyecto, etc. Todo esto influirá en consolidar el proyecto tentativo de la triangulación como en su modificación.

Establecimiento de vértices (puntos fijos o mojones):

Antes de establecer los vértices es necesario la fabricación de los mojones, los cuales fueron realizados en el predio de la universidad con hormigón (mezcla de: arena, piedra de tamaño chico, cemento, agua) dentro de un molde con una barra de hierro en su interior, luego se deja en fragüe hasta que tenga una consistencia rígida para su posterior utilización.

Con los mojones listos para su utilización en el campo también deben ir acompañados de estacas y cinta de peligro que servirán para su posterior balizamiento ya que en un lugar desolado y con una cobertura de arbustos y demás malezas es fácil de perder la ubicación de las mismas y en futuras salidas de campo nos demorarían el tiempo disponible de trabajo. Antes de fijar al suelo los vértices se tiene en cuenta la Inter visibilidad entre las mismas ya sea por los desniveles existentes como plantas o rocas.

Una vez definido los vórtices se procede a realizar un croquis de ubicación dando una nomenclatura a las mismas para no confundirlas a la hora de obtener los datos de medición

Ubicación y medición de base para triangulación:

para la medición de la base es necesario una correcta interpretación de la elección de los vértices a utilizar para dicho fin, ya que en este predio de la cantera elegida se divide en dos zonas, la zona n°1 en la cual se desarrollará esta práctica final, por ende, debe haber una continuidad entre ambas haciéndose de carácter necesario e inmodificable la elección de dos bases para la continuidad del trabajo en la zona n°2.

Los elementos necesarios para la medición de la base son:

- Estación total
- Trípode de estación total
- Trípode de medición especial
- Prisma
- Jalón para prisma
- Cinta métrica
- Handy para comunicación
- Planilla de levantamiento plani-altimétrico

Una vez elegida la base, por ejemplo, en la base n°1 se procede a estacionar sobre uno de los vértices elegidos con la estación total, luego de ajustar tanto el nivel esférico como el tubular y centrar la estación sobre la marca del hierro en el mojón(eje del vértice 1) se procede a medir la altura desde el mojón hasta el centro de la estación total, a su vez indicar al colaborador que realice la puesta del trípode de medición especial en el extremo contrario de la base n°1 (eje del vértice 2), posteriormente armar el prisma con el jalón correspondiente para su correcta colocación teniendo en cuenta el nivel esférico que este posee y orientando en dirección hacia el lente de la estación total, también es conveniente tomar la medida que hay desde el mojón hasta el centro del prisma para comenzar la medición.

Los datos que se colocan en la planilla de levantamiento topográfico para el cálculo de la distancia horizontal sin importar el desnivel que haya entre los vértices elegidos para la base son:

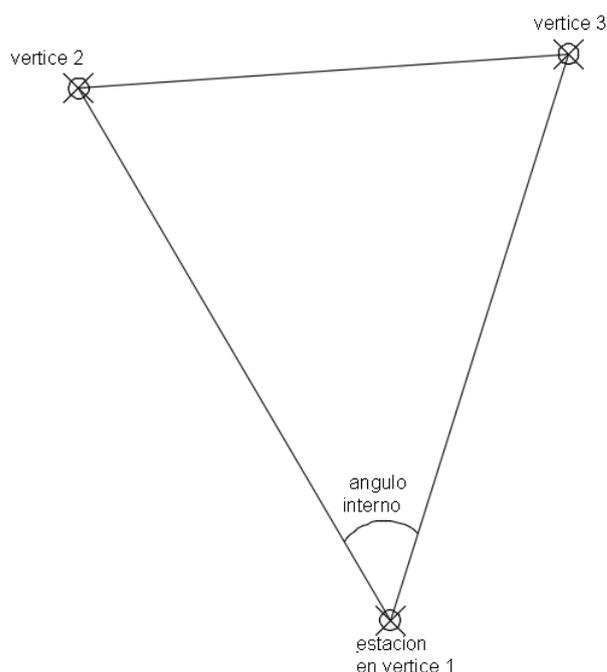
- Angulo vertical
- Distancia inclinada
- Altura de estación total
- Altura de prisma

Una vez medida varias veces (lo recomendable es un mínimo de tres lecturas dependiendo de las condiciones climáticas) intercambiar de posición, es decir estacionar en el eje del vértice n°2 y colocar el prisma con el trípode de medición especial en el eje del vértice n°1 para repetir la operación de modo que se pueda comparar los resultados para un correcto trabajo con las medidas y disminuir los errores. En los cálculos de la triangulación se detallarán los procedimientos de gabinete con los datos obtenidos de campo y sus cálculos para obtener la medida de las bases para posteriores trabajos.

Medición de ángulos:

Para la medición de los ángulos en una triangulación utilizaremos el siguiente método:

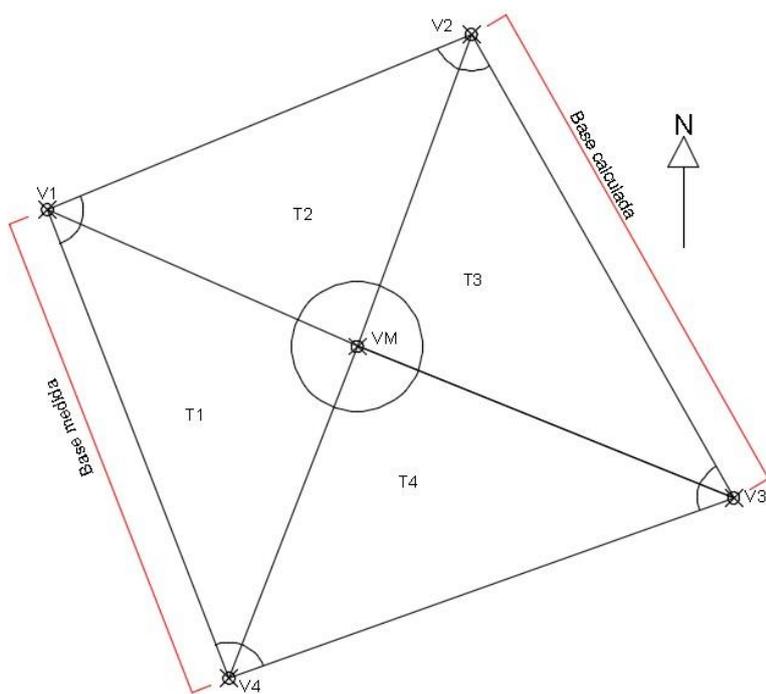
- Método de repetición: una vez estacionado sobre un vértice y ajustado tanto el nivel circular como tubular, colocar sobre los dos vértices restantes los trípodes de medición especial con el jalón y prisma ya armados y nivelarlos, antes de comenzar a medir el ángulo formado entre los vértices colimar sobre uno de ellos e indicar que este será el cero inicial ($0^{\circ}00'00''$) para luego medir el ángulo formado entre ellos, es recomendable repetir la medición un mínimo de tres veces. El proceso se debe realizar en cada uno de los vértices que conforman el triangulo para la obtención de todos los ángulos internos.



Cálculos de la triangulación:

debemos recordar que en la zona donde se empleara el trabajo de practica final se debe dividir en triángulos y cuyo objetivo luego es poder vincular cada uno de ellos de tal forma que formen una figura en la cual podamos llegar a cualquier parte dentro de ella desde el vértice que elijamos y siempre con el mismo resultado.

Recordemos que para el cierre angular de un triángulo la sumatoria de sus ángulos internos debe ser igual a 180 grados pero en este caso especial primero y principal debemos lograr que la suma de los ángulos de cada triángulo medidos desde VM(vértice del medio) debe resultar 360 grados, sabemos que es casi imposible que lleguemos a ese resultado por eso se distribuirá el error angular para lograr el cierre y luego actuar en cada triángulo teniendo como ángulo verdadero e inmodificable para la corrección dentro de cada uno el ángulo corregido desde VM, además por separado se calcula la medida de la base 1 y base 2 para luego utilizarlo junto a los ángulos corregidos en cada triángulo mediante el teorema del coseno para la obtención de las medidas faltantes de modo que al momento de conjugar los cuatro triángulos no haya ningún tipo de desfasaje ni error de ningún tipo, es decir que al momento de darle coordenadas a cada vértice por cualquier camino siempre se llegue al mismo.



Simbología:

T= triángulo

VM= vértice del medio

V= vértice externo

N= norte magnético

Planilla de datos para triangulación:

estación	Pto. atrás	Pto. Adte.	Angulo horizontal	Angulo vertical	Distancia horizontal	Altura estación	Altura prisma	Observaciones
VM2	V1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		V2	85°57'02"	-----	-----	-----	-----	
	V1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		V2	85°57'06"	-----	-----	-----	-----	
	V1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 3
		V2	85°58'05"	-----	-----	-----	-----	
	V2		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 4
		V1	85°57'43"	-----	-----	-----	-----	
V2		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 5	
	V1	85°57'15"	-----	-----	-----	-----		
VM3	V2		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		V3	92°08'12"	-----	-----	-----	-----	
	V2		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		V3	92°08'44"	-----	-----	-----	-----	
	V2		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 3
		V3	92°08'22"	-----	-----	-----	-----	
V2		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 4	
	V3	92°10'05"	-----	-----	-----	-----		
VM4	V3		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		V4	88°51'41"	-----	-----	-----	-----	
	V3		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		V4	88°51'58"	-----	-----	-----	-----	
	V4		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 3
		V3	88°52'05"	-----	-----	-----	-----	
V4		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 4	
	V3	88°52'00"	-----	-----	-----	-----		
VM1	V4		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		V1	93°03'34"	-----	-----	-----	-----	
	V1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		V4	92°55'37"	-----	-----	-----	-----	
	V4		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 3
		V1	93°01'23"	-----	-----	-----	-----	
V1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 4	
	V4	93°04'24"	-----	-----	-----	-----		
V4	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		V1	41°53'57"	-----	125.856	-----	-----	
	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		V1	41°53'46"	-----	125.856	-----	-----	
	V1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 3
		M1	41°54'01"	-----	125.857	-----	-----	
V1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 4	
	M1	41°53'56"	-----	125.857	-----	-----		

estación	Pto. atrás	Pto. Adte.	Angulo horizontal	Angulo vertical	Distancia horizontal	Altura estación	Altura prisma	Observaciones
V4	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		V3	49°11'52"	-----	-----	-----	-----	
	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		V3	49°12'23"	-----	-----	-----	-----	
	V3		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 3
		M1	49°12'13"	-----	-----	-----	-----	
	V3		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 4
	M1	49°12'54"	-----	-----	-----	-----		
V3	V4		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		M1	41°55'02"	-----	-----	-----	-----	
	V4		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		M1	41°54'53"	-----	-----	-----	-----	
	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 3
		V4	41°55'05"	-----	-----	-----	-----	
	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 4
	V4	41°54'46"	-----	-----	-----	-----		
V1	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		V4	45°05'35"	-----	125.864	-----	-----	
	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		V4	45°05'00"	-----	125.861	-----	-----	
	V4		00°00'00"	-----	125.862	-----	-----	Θ 3
		M1	45°05'08"	-----	-----	-----	-----	
	V4		00°00'00"	-----	125.861	-----	-----	Θ 4
		M1	45°05'09"	-----	-----	-----	-----	
M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 5	
	V4	45°05'43"	-----	125.863	-----	-----		
V1	V2		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		M1	46°41'47"	-----	-----	-----	-----	
	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		V2	46°42'15"	-----	-----	-----	-----	
	V2		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 3
		M1	46°42'07"	-----	-----	-----	-----	
	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 4
		V2	46°42'16"	-----	-----	-----	-----	
V2		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 5	
	M1	46°42'03"	-----	-----	-----	-----		
V2	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		V1	47°19'18"	-----	-----	-----	-----	
	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		V1	47°19'31"	-----	-----	-----	-----	
	V1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 3
		M1	47°19'27"	-----	-----	-----	-----	
V1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 4	
	M1	47°19'30"	-----	-----	-----	-----		

estación	Pto. atrás	Pto. Adte.	Angulo horizontal	Angulo vertical	Distancia horizontal	Altura estación	Altura prisma	Observaciones
V2	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		V3	49°14'40"	-----	-----	-----	-----	
	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		V3	49°14'50"	-----	-----	-----	-----	
	V3		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 3
		M1	49°14'44"	-----	-----	-----	-----	
	V3		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 4
	M1	49°14'24"	-----	-----	-----	-----		
V3	V2		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 1
		M1	38°36'13"	-----	-----	-----	-----	
	V2		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 2
		M1	38°36'23"	-----	-----	-----	-----	
	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 3
		V2	38°36'26"	-----	-----	-----	-----	
	M1		00°00'00"	-----	-----	-----	-----	Θ 4
	V2	38°35'59"	-----	-----	-----	-----		

Planilla de datos y cálculo de base:

estación	Pto. Adte.	Angulo vertical	Distancia inclinada	Altura estación	Altura prisma	desnivel	Distancia horizontal	Observaciones
V4	V1	82°30'58"	126.937	1.397	1.560	16.370	125.856	D1
	V1	82°31'03"	126.397	1.397	1.560	16.367	125.856	D2
	V1	82°31'03"	126.938	1.397	1.560	16.367	125.857	D3
	V1	82°31'02"	126.938	1.397	1.560	16.368	125.857	D4
V1	V4	97°31'05"	126.955	1.342	1.103	-16.372	125.864	D5
	V4	97°31'19"	126.954	1.342	1.103	-16.380	125.861	D6
	V4	97°31'15"	126.954	1.342	1.103	-16.378	125.862	D7
	V4	97°31'08"	126.954	1.342	1.103	-16.373	125.861	D8
	V4	97°31'00"	126.954	1.342	1.103	-16.368	125.863	D9

Para el cálculo de distancia horizontal entre los vértices necesario los siguientes datos:

- Distancia inclinada
- Angulo vertical

Recordemos que la horizontalidad esta demarcada en cualquier instrumento topográfico con el valor del cenit igual a 90°, teniendo en cuenta este detalle se podrá formar un triangulo con el ángulo interno formado entre el cenit y el vertical medido en el instrumento mas la distancia inclinada que surge de la medición.

En cualquier caso, el cálculo de la distancia horizontal es la siguiente:

α = diferencia angular entre cenit y ángulo vertical

$DH = \text{Cosa} \times di$

Cálculo angular y corrección en la triangulación:

para el calculo de la triangulación en primer termino debemos asegurarnos que las medidas obtenidas desde el vértice medio (VM) se aproximen lo mejor posible al cierre angular que es de 360°, para ello se ha conformado 4 triángulos los cuales, en la combinación de las medidas angulares en cada una, tomadas desde VM, puedan ser calculadas para una correcta distribución del error angular y poder evitar deformaciones cuando se es amblen al formar la figura final. En este proceso se realiza una elección de los ángulos tomados desde VM.

Se recurre a la planilla de datos para la triangulación y la denominación de cada triangulo para un trabajo ordenado y posteriormente su análisis y corrección angular en esta etapa y posteriores.

$$\underline{\Theta_{VM1T1}}: \frac{\theta_1+\theta_2+\theta_5}{3} = 85^{\circ}57'07.67''$$

$$\underline{\Theta_{VM2T2}}: \frac{\theta_1+\theta_2+\theta_3}{3} = 92^{\circ}08'26''$$

$$\underline{\Theta_{VM3T3}}: \frac{\theta_2+\theta_3+\theta_4}{3} = 88^{\circ}52'01''$$

$$\underline{\Theta_{VM4T4}}: \frac{\theta_1+\theta_5}{2} = 93^{\circ}02'28.5''$$

Sumatoria de ángulos tomados desde VM:

$$\sum_{\theta_{M4t4}}^{\theta_{M1t1}} = 360^{\circ}00'3.17''$$

Error angular de cierre central en cuadrilátero:

$$E\theta = 360^{\circ}00'00'' - 360^{\circ}00'3.17''$$

$$E\theta = -00^{\circ}00'3.17''$$

Luego de realizar la elección de ángulos para triángulo y promediarlos, se efectúa una sumatoria para el posterior cálculo de cierre angular y el error que se debe corregir, en este caso el cierre es superior a 360° por lo cual el error se debe distribuir en forma de resta entre los cuatro vértices medio de los triángulos que conforman el cuadrilátero.

Distr. Error 1: $-00^\circ 00' 0.67''$

Distr. Error 2: $-00^\circ 00' 01''$

Distr. Error 3: $-00^\circ 00' 01''$

Distr. Error 4: $-00^\circ 00' 0.5''$

Angulo corregido para cada VM de triangulo correspondiente:

➤ $\Theta_{M1T1\text{corregido}} = \Theta_{M1T1} + \text{Distr. Error 1}$

$$\Theta_{M1T1\text{corregido}} = 85^\circ 57' 07''$$

➤ $\Theta_{M2T2\text{corregido}} = \Theta_{M2T2} + \text{Distr. Error 2}$

$$\Theta_{M2T2\text{corregido}} = 92^\circ 08' 25''$$

➤ $\Theta_{M3T3\text{corregido}} = \Theta_{M3T3} + \text{Distr. Error 3}$

$$\Theta_{M3T3\text{corregido}} = 88^\circ 52' 00''$$

➤ $\Theta_{M4T4\text{corregido}} = \Theta_{M4T4} + \text{Distr. Error 4}$

$$\Theta_{M4T4\text{corregido}} = 93^\circ 02' 28''$$

Con cada ángulo corregido desde el VM ya se puede comenzar a trabajar con cada triángulo individualmente para su cierre angular y la determinación de sus lados a partir de la medida de la base y con la aplicación de la ley del seno o ley del coseno que se adapte a cada triángulo.

Calculo de valores y corrección de errores en cada triangulo:

Triangulo N° 1:

$$\Theta V4T1: \frac{\theta_2 + \theta_4}{2} = 41^\circ 53' 51''$$

$$\Theta V1T1: \frac{\theta_2 + \theta_3}{2} = 45^\circ 05' 04''$$

$$\Theta M1T1 \text{ corregido} = 93^\circ 02' 28''$$

Sumatoria de ángulos en T1:

$$\text{Ang. Internos} = \Theta V4T1 + \Theta V1T1 + \Theta M1T1 \text{ corregido}$$

$$\text{Ang. Internos} = 180^\circ 01' 23''$$

$$\text{Error angular} = 180^\circ - \text{Ang. Internos}$$

$$\text{Error angular} = -00^\circ 01' 23''$$

- La distribución del error angular se realizará sobre los vértices que no estén corregidos (V1; V4).

$$\text{Distr. error 1} = -00^\circ 00' 41''$$

$$\text{Distr. error 2} = -00^\circ 00' 42''$$

$$*\Theta V4T1 \text{ corregido} = \Theta V4T1 + \text{Distr. error 2}$$

$$\Theta V4T1 \text{ corregido} = 41^\circ 53' 09''$$

$$*\Theta V1T1 \text{ corregido} = \Theta V1T1 + \text{Distr. error 1}$$

$$\Theta V1T1 \text{ corregido} = 45^\circ 04' 23''$$

$$\text{Ley del seno: } \frac{\text{base}(\text{lado } vm)}{\text{sen } VM} = \frac{\text{lado } v1}{\text{sen } V1} = \frac{\text{lado } v4}{\text{sen } V4}$$

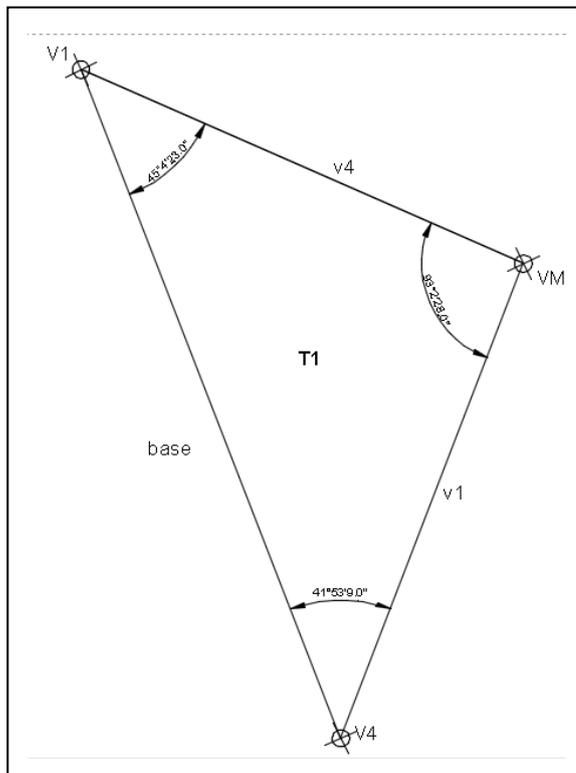
$$\text{lado } v1 = \frac{125.859}{\text{sen } 93^\circ 2' 28''} * \text{sen } 45^\circ 04' 23''$$

$$\text{lado } v1 = 89.235 \text{ mts.}$$

$$\text{lado } v4 = \frac{125.859}{\text{sen } 93^\circ 2' 28''} * \text{sen } 41^\circ 53' 09''$$

$$\text{Lado } v4 = 84.148 \text{ mts.}$$

$$\text{Base} = 125.859 \text{ mts.}$$



Triangulo N° 2:

$$\Theta V1T2: \frac{\theta_2 + \theta_3 + \theta_4}{3} = 46^\circ 42' 12.67''$$

$$\Theta V2T2: \frac{\theta_2 + \theta_3 + \theta_4}{3} = 47^\circ 19' 29.33''$$

$$\Theta M2T2 \text{ corregido} = 85^\circ 57' 07''$$

Sumatoria de ángulos en T2:

Ang. Internos = $\Theta V1T2 + \Theta V2T2 + \Theta M2T2$ corregido

Ang. Internos = $179^\circ 58' 49''$

Error angular = $180^\circ - \text{Ang. Internos}$

Error angular = $+00^\circ 01' 11''$

- La distribución del error angular se realizará sobre los vértices que no estén corregidos (V1; V2).

Distr. error 1 = $+00^\circ 00' 35.33''$

Distr. error 2 = $+00^\circ 00' 35.67''$

* $\Theta V1T2$ corregido = $\Theta V1T2 + \text{Distr. error 1}$

$\Theta V1T2$ corregido = $46^\circ 42' 48''$

* $\Theta V2T2$ corregido = $\Theta V2T2 + \text{Distr. error 2}$

$\Theta V2T2$ corregido = $47^\circ 20' 05''$

Ley del seno: $\frac{\text{base}(\text{lado } v_2)}{\text{sen } V_2} = \frac{v_1}{\text{sen } V_1} = \frac{\text{lado } vm}{\text{sen } VM}$

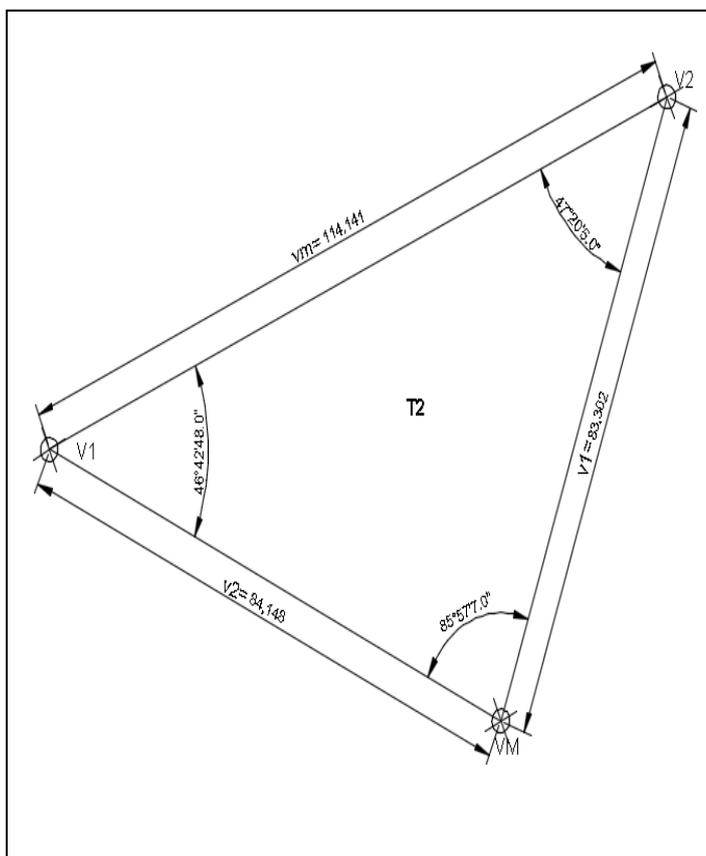
el lado $v_1 = \frac{84.148}{\text{sen } 47^\circ 20' 05''} * \text{sen } 46^\circ 42' 48''$

lado $v_1 = 83.302$ mts.

El lado $vm = \frac{84.148}{\text{sen } 47^\circ 20' 05''} * \text{sen } 85^\circ 57' 07''$

Lado $vm = 114.141$ mts.

Base: obtenido del cálculo en "T1"
(base $V_2 = 84.148$ mts.)



Triangulo N° 3:

$$\Theta V2T3: \frac{\theta_1 + \theta_2 + \theta_3}{3} = 49^\circ 14' 44.67''$$

$$\Theta V3T3: \frac{\theta_1 + \theta_2 + \theta_3}{3} = 38^\circ 36' 20.67''$$

$$\Theta M3T3 \text{ corregido} = 92^\circ 08' 25''$$

Sumatoria de ángulos en T4:

Ang. Internos = $\Theta V1T2 + \Theta V2T2 + \Theta M2T2$ corregido

Ang. Internos = $179^\circ 59' 30.34''$

Error angular = $180^\circ - \text{Ang. Internos}$

Error angular = $+00^\circ 00' 29.66''$

- La distribución del error angular se realizará sobre los vértices que no estén corregidos (V2; V3).

Distr. error 1 = $+00^\circ 00' 14.33''$

Distr. error 2 = $+00^\circ 00' 15.33''$

* $\Theta V2T3$ corregido = $\Theta V2T3 + \text{Distr. error 1}$

$\Theta V2T3$ corregido = $49^\circ 14' 59''$

* $\Theta V3T3$ corregido = $\Theta V3T3 + \text{Distr. error 2}$

$\Theta V3T3$ corregido = $38^\circ 36' 36''$

Ley del seno: $\frac{\text{base}(\text{lado } v3)}{\text{sen } V3} = \frac{v2}{\text{sen } V2} = \frac{\text{lado } vm}{\text{sen } VM}$

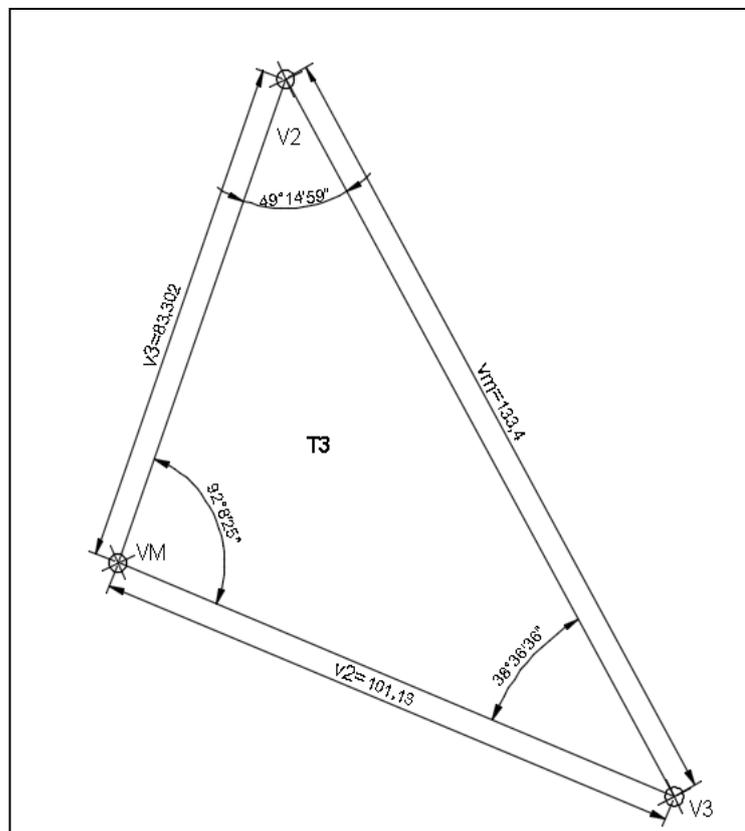
el lado $v2 = \frac{83.302}{\text{sen } 38^\circ 36' 36''} * \text{sen } 49^\circ 14' 59''$

lado $v2 = 101.130$ mts.

El lado $vm = \frac{83.302}{\text{sen } 38^\circ 36' 36''} * \text{sen } 92^\circ 08' 25''$

Lado $vm = 133.400$ mts.

Base: obtenido del cálculo en "T2"
(base $V3 = 83.302$ mts.)



Triangulo N° 4:

$$\Theta V4T4: \frac{\theta_2 + \theta_4}{2} = 49^\circ 12' 38.5''$$

$$\Theta V3T4: \frac{\theta_1 + \theta_3 + \theta_5}{3} = 41^\circ 55' 2.67''$$

$$\Theta M2T2 \text{ corregido} = 88^\circ 52' 00''$$

Sumatoria de ángulos en T4:

$$\text{Ang. Internos} = \Theta V1T2 + \Theta V2T2 + \Theta M2T2 \text{ corregido}$$

$$\text{Ang. Internos} = 179^\circ 59' 41.17''$$

$$\text{Error angular} = 180^\circ - \text{Ang. Internos}$$

$$\text{Error angular} = +00^\circ 00' 18.83''$$

- La distribución del error angular se realizará sobre los vértices que no estén corregidos (V3; V4).

$$\text{Distr. error 1} = +00^\circ 00' 09.5''$$

$$\text{Distr. error 2} = +00^\circ 00' 09.33''$$

$$*\Theta V4T4 \text{ corregido} = \Theta V4T4 + \text{Distr. error 1}$$

$$\Theta V4T4 \text{ corregido} = 49^\circ 12' 48''$$

$$*\Theta V3T4 \text{ corregido} = \Theta V3T4 + \text{Distr. error 2}$$

$$\Theta V3T4 \text{ corregido} = 41^\circ 55' 12''$$

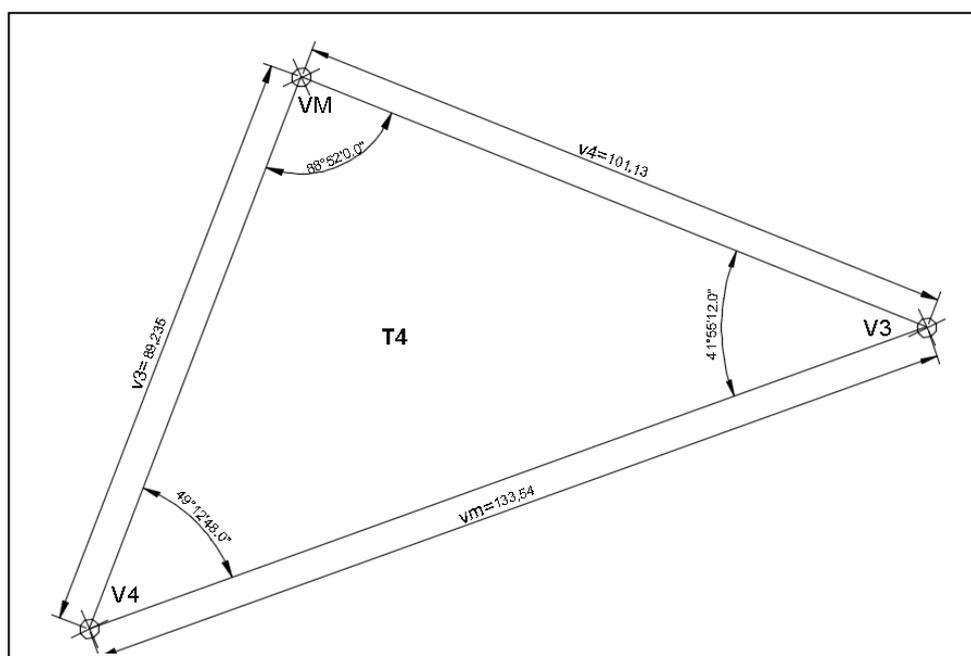
$$\text{Ley del seno: } \frac{\text{base}(\text{lado } v3)}{\text{sen } V3} = \frac{v4}{\text{sen } V4} = \frac{\text{lado } vm}{\text{sen } VM}$$

$$\text{el lado } v4 = \frac{89.235}{\text{sen } 41^\circ 55' 12''} * \text{sen } 49^\circ 12' 48''$$

$$\text{lado } v4 = 101.130 \text{ mts.}$$

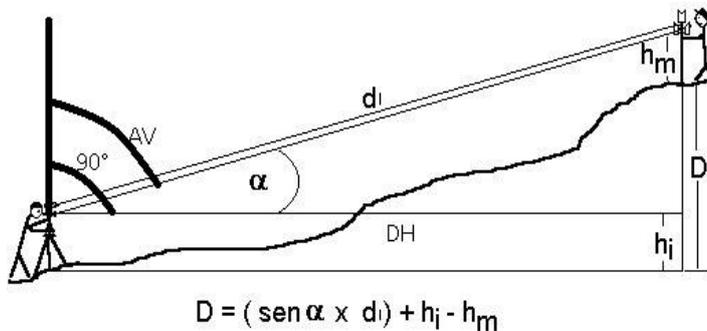
$$\text{El lado } vm = \frac{89.235}{\text{sen } 41^\circ 55' 12''} * \text{sen } 88^\circ 52' 00''$$

$$\text{Lado } vm = 133.540 \text{ mts.}$$



Marco teórico para cálculo de distancia y desnivel:

Para saber de antemano antes de realizar algún cálculo y para su posterior comprobación en campo con lo resultado del trabajo de gabinete, podemos guiarnos por una regla simple, si el ángulo vertical es mayor a 90° significa que en teoría el punto donde se encuentra el prisma está por debajo del nivel de nuestra estación de medición y en el caso contrario (ángulo vertical menor a 90°) se encontraría por encima del nivel de nuestra estación de medición.



- h_m = altura de prisma
- h_i = altura instrumental
- d_i = distancia inclinada
- DH = distancia horizontal
- AV = ángulo vertical
- α = cenit- AV
- D =desnivel

Cuando el AV es mayor a 90° la formula varia:

- $\alpha = AV - 90^\circ$
- $D = (\text{Sen } \alpha \times d_i) - h_i + h_m$

Para el cálculo del desnivel entre los vértices es necesario los siguientes datos:

- Distancia inclinada
- Angulo vertical
- Altura instrumental
- Altura de prisma

Luego de calcular todas las medidas se realiza un promedio para la estipulación de una medida a la cual consideraremos como verdadera:

En este caso tenemos nueve medidas (cuatro tomadas desde V4 y cinco desde V1)

Las cuales se promedia, dando como resultado:

Distancia horizontal de base entre V1 y V4= 125.859 metros

En cuanto al desnivel entre los vértices de la base se realiza el mismo procedimiento, en este caso en dos etapas, teniendo en cuenta que en un sentido el desnivel será positivo (desde V4 a V1 es superior) y cuando se mide en sentido contrario es negativo (desde V1 a V4 el desnivel es inferior)

- V4 → V1: promedio= 16.368m
- V1 → V4: promedio= -16.374m
- Valor de desnivel calculado= ±16.371m

Diferencia de desnivel: 0.006m
Distribución de error = ±0.003m

El signo del valor del desnivel calculado dependerá del sentido en que se la observe:

- V4 → V1= +16.371m
- V1 → V4= -16.371m

Nivelación trigonométrica entre vértices:

una vez finalizada con la etapa de la triangulación, necesario aclarar que la nivelación entre los vértices se realiza de forma separada, solo en el caso excepcional del calculo de la distancia horizontal se conjugan, ya que por el método tradicional de medición con cinta no se puede realizar por el gran desnivel del terreno que produce errores groseros en la determinación de la distancia entre los puntos fijos que conforman la base.

Como ya se ha explicado en una etapa anterior (Marco teórico para cálculo de distancia y desnivel) y para no hacer un análisis tedioso sobre cada medición efectuada desde cada vértice resumiré la operación según el ángulo vertical($\theta > 90^\circ$ o $\theta < 90^\circ$) utilizando como ejemplo a emplear la medición desde V4 en dirección a V1 y viceversa y así mostrar el proceso de la operación para todas las mediciones desde los distintos puntos fijos(vértices).

Luego de obtener los desniveles comienza el proceso de clasificación de los mismos entre los máximos y mínimos obtenidos para poder hacer un proceso de cierre desde un vértice externo cualquiera hasta dar la vuelta y llegar al mismo. En cambio, con el mojón central (VM) lo ideal es poder formar el cierre del desnivel con los puntos fijos externos (V1; V2; V3; V4) que han formado parte de los triángulos calculados.

Desnivel entre vértices con Angulo vertical superior al cenit:

- A) $\theta_{V4} \rightarrow V1 = \text{Cenit} - A_v$
- B) Desn $V4 \rightarrow V1 = \text{Sen} \theta_{V4} \rightarrow V1 \times \text{Dist. Incl.} + H_i - H_p$
- C) Desn $V4 \rightarrow V1 =$ resultado con signo positivo (+)
 - a) $\theta_{V4} \rightarrow V1 = 90^\circ - 82^\circ 30' 58''$
 - b) $\theta_{V4} \rightarrow V1: \text{Sen} 7^\circ 29' 02'' \times 126.937\text{m} + 1.397\text{m} - 1.560\text{m}$
 - c) Desn $V4 \rightarrow V1 = 16.370\text{m}$

Desnivel entre vértices con Angulo vertical inferior al cenit:

- A) $\theta_{V1} \rightarrow V4 = A_v - \text{Cenit}$
- B) Desn $V1 \rightarrow V4 = \text{Sen} \theta_{V1} \rightarrow V4 \times \text{Dist. Incl.} - H_i + H_p$
- C) Desn $V1 \rightarrow V4 =$ resultado con signo negativo (-)
 - a) $\theta_{V1} \rightarrow V4 = 97^\circ 31' 05'' - 90^\circ$
 - b) $\theta_{V1} \rightarrow V4: \text{Sen} 7^\circ 31' 05'' \times 126.937\text{m} - 1.342\text{m} - 1.103\text{m}$
 - c) Desn $V1 \rightarrow V4 = -16.372\text{m}$

nomenclatura:

cenit = 90°	H_i = altura desde vértice hasta instrumental o de estación
A_v = Angulo vertical	H_p = altura desde vértice hasta centro de prisma
Desn = desnivel	
Dist. Incl. = distancia proporcionada por estación total entre el centro del instrumento y centro del prisma	

estación	Pto. Adte.	Angulo vertical	Distancia inclinada	Altura estación	Altura prisma	desnivel	Desnivel máximo	Desnivel mínimo	Dif. de Desn
V4	V1	82°30'58"	126.937	1.397	1.560	16.370	16.370	16.367	0.003
	V1	82°31'03"	126.397	1.397	1.560	16.367			
	V1	82°31'03"	126.938	1.397	1.560	16.367			
	V1	82°31'02"	126.938	1.397	1.560	16.368			
V1	V4	97°31'05"	126.955	1.342	1.103	-16.372	-16.380	-16.368	0.012
	V4	97°31'19"	126.954	1.342	1.103	-16.380			
	V4	97°31'15"	126.954	1.342	1.103	-16.378			
	V4	97°31'08"	126.954	1.342	1.103	-16.373			
	V4	97°31'00"	126.954	1.342	1.103	-16.368			
V4	V3	87°24'30"	133.706	1.397	1.560	5.883	5.885	5.883	0.002
	V3	87°24'27"	133.706	1.397	1.560	5.885			
	V3	87°24'27"	133.707	1.397	1.560	5.885			
	V3	87°24'29"	133.707	1.397	1.560	5.884			
V3	V4	92°28'54"	133.692	1.469	1.560	-5.880	-5.880	-5.876	0.004
	V4	92°28'51"	133.692	1.469	1.560	-5.878			
	V4	92°28'55"	133.691	1.469	1.560	-5.880			
	V4	92°28'48"	133.692	1.469	1.560	-5.876			
	V4	92°28'48"	133.692	1.469	1.560	-5.876			
V3	V2	83°17'43"	134.350	1.322	1.195	15.813	15.815	15.806	0.009
	V2	83°17'53"	134.351	1.322	1.195	15.806			
	V2	83°17'40"	134.351	1.322	1.195	15.815			
	V2	83°17'47"	134.351	1.322	1.195	15.810			
V2	V3	96°42'20"	134.364	1.395	1.511	-15.805	-15.805	-15.795	0.010
	V3	96°42'05"	134.363	1.395	1.511	-15.795			
	V3	96°42'13"	134.364	1.395	1.511	-15.799			
	V3	96°42'16"	134.364			-15.803			
V2	V1	92°36'30"	114.271	1.395	1.508	-5.313	-5.319	-5.310	0.009
	V1	92°36'40"	114.272	1.395	1.508	-5.319			
	V1	92°36'25"	114.271	1.395	1.508	-5.310			
	V1	92°36'34"	114.271	1.395	1.508	-5.315			
V1	V2	87°22'39"	114.287	1.342	1.215	5.356	5.364	5.353	0.009
	V2	87°22'38"	114.291	1.342	1.215	5.357			
	V2	87°22'46"	114.293	1.342	1.215	5.353			
	V2	87°22'31"	114.294	1.342	1.215	5.360			
	V2	87°22'25"	114.290	1.342	1.215	5.364			

estación	Pto. Adte.	Angulo vertical	Distancia inclinada	Altura estación	Altura prisma	desnivel	Desnivel máximo	Desnivel mínimo	Dif. de desnivel
V1	VM	95°18'18"	84.528	1.342	1.055	-7.528	-7.531	-7.528	0.003
	VM	95°18'24"	84.528	1.342	1.055	-7.531			
	VM	95°18'22"	84.528	1.342	1.055	-7.530			
	VM	95°18'23"	84.528	1.342	1.055	-7.530			
V4	VM	84°10'41"	89.708	1.397	1.657	8.840	8.840	8.837	0.003
	VM	84°10'45"	89.709	1.397	1.657	8.838			
	VM	84°10'47"	89.709	1.397	1.657	8.837			
	VM	84°10'46"	89.709	1.397	1.657	8.838			
V3	VM	88°30'37"	101.158	1.469	1.135	2.964	2.968	2.964	0.004
	VM	88°30'28"	101.158	1.469	1.135	2.968			
	VM	88°30'30"	101.158	1.469	1.135	2.967			
	VM	88°30'34"	101.158	1.469	1.135	2.965			
V2	VM	98°41'37"	84.267	1.395	1.485	-12.827	-12.832	-12.827	0.005
	VM	98°41'39"	84.267	1.395	1.485	-12.828			
	VM	98°41'44"	84.267	1.395	1.485	-12.830			
	VM	98°41'48"	84.268	1.395	1.485	-12.832			

Ahora que ya están calculados todos los desniveles existentes entre los puntos fijos podemos trazar las distintas trayectorias para seguir reduciendo los errores y como último paso compensarlos de modo que el error sea el menor posible teniendo en cuenta las distancias y magnitud de desnivel con los que estamos trabajando. En primer lugar, es recomendable trazar dos trayectorias entre los vértices externos (V1; V2; V3; V4) haciendo una elección del desnivel máximo y mínimo que hay en cada tramo y su posterior comparación en ambas trayectorias.

- a) $V1 \rightarrow V4_{\text{desn min}} + V4 \rightarrow V3_{\text{desn max}} + V3 \rightarrow V2_{\text{desn max}} + V2 \rightarrow V1_{\text{desn min}} = \text{Cierre de desnivel}$
 $-16.367\text{mts} + 5.885\text{mts} + 15.815\text{mts} - 5.31\text{mts} = +0.023\text{mts}$
- b) $V1 \rightarrow V2_{\text{desn min}} + V2 \rightarrow V3_{\text{desn max}} + V3 \rightarrow V4_{\text{desn max}} + V4 \rightarrow V1_{\text{desn min}} = \text{Cierre de desnivel}$
 $5.353 \text{ mts} - 15.805 \text{ mts} - 5.880 \text{ mts} + 16.367 \text{ mts} = +0.035\text{mts}$

Con estas dos trayectorias y el cierre del desnivel de las mismas, la más practica para compensar el error es la opción "a".

Distribución del error:

- 1) $-0.007 \text{ mts} \rightarrow V1 \rightarrow V4_{\text{desn min}} - 0.007\text{mts} = -16.374 \text{ mts.}$
- 2) $-0.006 \text{ mts} \rightarrow V3 \rightarrow V2_{\text{desn max}} - 0.006\text{mts} = +15.809 \text{ mts.}$
- 3) $-0.005 \text{ mts} \rightarrow V4 \rightarrow V3_{\text{desn max}} - 0.005\text{mts} = +5.880 \text{ mts.}$
- 4) $-0.005 \text{ mts} \rightarrow V2 \rightarrow V1_{\text{desn max}} - 0.005\text{mts} = -5.315 \text{ mts.}$

De esta manera queda compensada la trayectoria en cuanto al desnivel entre los distintos tramos:

$$V1 \rightarrow V4 + V4 \rightarrow V3 + V3 \rightarrow V2 + V2 \rightarrow V1 = \text{Cierre de desnivel}$$

$$-16.374\text{mts} + 5.880\text{mts} + 15.809\text{mts} - 5.315\text{mts} = +0.000\text{mts}$$

El último paso es calcular la nivelación del vértice central (VM) basado a los puntos fijos externos (V1; V2; V3; V4), para una mejor interpretación de los valores se dará cotas relativas a los vértices externos con el fin de comparar los valores resultantes en VM:

- 1) V1= 1000 mts
- 2) V2= 1005.315 mts
- 3) V3= 989.506 mts
- 4) V4= 983.626 mts

$$V1 \rightarrow VM_{\text{Desn max}} : 1000 \text{ mts} - 7.531 \text{ mts} = 992.469 \text{ mts}$$

$$V1 \rightarrow VM_{\text{Desn min}} : 1000 \text{ mts} - 7.528 \text{ mts} = 992.472 \text{ mts}$$

$$V4 \rightarrow VM_{\text{Desn max}} : 983.626 \text{ mts} + 8.840 \text{ mts} = 992.466 \text{ mts}$$

$$V4 \rightarrow VM_{\text{Desn min}} : 983.636 \text{ mts} + 8.837 \text{ mts} = 992.463 \text{ mts}$$

$$V3 \rightarrow VM_{\text{Desn max}} : 989.506 \text{ mts} + 2.968 \text{ mts} = 992.474 \text{ mts}$$

$$V3 \rightarrow VM_{\text{Desn min}} : 989.506 \text{ mts} + 2.964 \text{ mts} = 992.470 \text{ mts}$$

$$V2 \rightarrow VM_{\text{Desn max}} : 1005.315 \text{ mts} - 12.832 \text{ mts} = 992.483 \text{ mts}$$

$$V2 \rightarrow VM_{\text{Desn min}} : 1005.315 \text{ mts} - 12.827 \text{ mts} = 992.488 \text{ mts}$$

En este caso al ser una confluencia entre distintos triángulos, no tiene una secuencia lineal, al querer distribuir el error de nivelación en un segmento afectaría en la nivelación del resto de los triángulos por lo que decidí tomar una cota promedio entre todas las medidas, compararla con el valor máximo y mínimo para luego otorgarle una cota con relativa con un error absoluto (\pm) en el cual contemple dentro del rango del error todas las medidas tomadas exceptuando la medida $V2 \rightarrow VM_{\text{Desn min}}$ que es la única medición de proporciones exageradas por lo cual se puede deducir que puede ser causa de un error de paralaje por lo cual podemos descartarla.

$$VM_{\text{promedio}} = 992.473 \text{ mts}$$

Error de nivelación desde vértices externos = ± 0.010 mts

Valor de cota VM = 992.473 mts con ± 0.010 mts de error

Orientación del cuadrilátero:

Para darle un marco de referencia en la ubicación y orientación que debe tener cada vértice fue necesario obtener el norte magnético mediante una brújula, estacionando sobre un vértice,

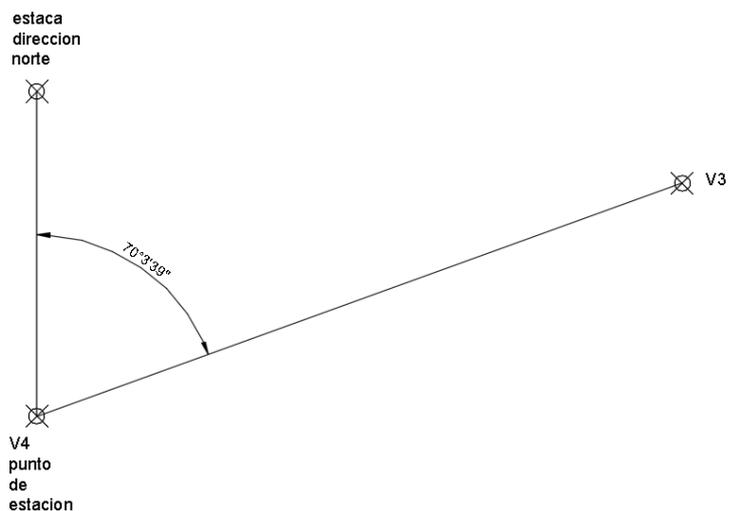
tomando como punto detrás otro punto fijo para obtener un ángulo horizontal entre la estaca donde señalaba el norte y el vértice tomado como punto detrás.



En la imagen se puede apreciar el instrumento midiendo a la estaca que marca el norte magnético en concordancia con el punto de estación.

La estación total se encuentra centrada y nivelada sobre V4 midiendo el ángulo que se forma entre la estaca y V3.

Como el fin de esta medición fue solo dar una orientación en base al norte el único dato que se registro fue el ángulo horizontal formado entre los puntos ya mencionados menospreciando la distancia inclinada y el ángulo vertical.



en el grafico se puede apreciar gráficamente, aunque esta fuera de escala y exagerada las dimensiones, el ángulo que se forma entre la estaca de dirección norte y V3 estacionado desde V4.

Con toda la información de los desniveles existentes entre los puntos fijos, distancia y ángulo horizontal de los mismos ya podemos emplear las herramientas de AutoCAD y/o civilCAD para la elaboración de los planos pertinentes.

Para la obtención de la nube de puntos donde se contempla los detalles como el caso de la ubicación de los puntos de extracción de las muestras de yeso(Y1; Y2) tramo de camino rudimentario para acceso de máquinas y camino consolidado de tierra con dirección hacia la comuna Cheuquel se utilizó el “GPS hemisphere” a fin de una toma de datos que hubiere sido imposible hasta la elaboración del plano pertinente y posteriores salidas a campo puesto que los tiempos no lo hubieran hecho retrasar aún más la finalización del trabajo, además es una ocasión en la cual se pueden contrastar los datos obtenidos de los vértices(distancias, desniveles, etc.) con los medidos por el GPS para tener una aproximación de la exactitud, error y coordenadas que surgen de las mismas.

Imágenes de proceso de medición:

