

INDICE

1 CAPITULO I: Generalidades.

• CAPITULO I: Generalidades.

• Introducción.

¿De qué manera podría un Constructor Civil llevar a cabo un proyecto de camino si éste no conoce la extensión, las construcciones existentes, los hitos naturales presentes, ni la forma o el relieve del terreno donde se realizaría?. Del mismo modo, ¿le sería factible a un arquitecto diseñar un edificio sin conocer las dimensiones del terreno donde llevarlo a cabo, o sin saber si el terreno es completamente plano y horizontal o se trata de la ladera de un cerro con fuerte pendiente?

Ante éstas y otras innumerables interrogantes se hace evidente la necesidad de contar con una ciencia que se ocupe de la medición del terreno, tanto en la planimetría, es decir, las dimensiones horizontales de éste, como en la altimetría o diferencias de altura o cotas. He ahí la Topografía, ciencia que responde a estas interrogantes llevando las dimensiones del terreno, en una forma sorprendentemente precisa, a representaciones gráficas que son de gran utilidad, y más aún, de vital importancia, para el desarrollo de la ingeniería, ya que de los resultados de las medidas topográficas depende directamente la ubicación, tanto en el plano como en la cota, de cualquier obra civil que se haya estudiado correctamente.

Con lo mencionado anteriormente, queda en claro que es deber de un Constructor Civil tener un amplio conocimiento y manejo de esta ciencia; para así ser capaz de interpretar el significado de una nivelación, de un levantamiento o de una curva de nivel, por ejemplo, y valerse de éstos conceptos para elaborar correcta y lo más óptimamente posible un proyecto.

Éste es el objetivo que se ha perseguido a lo largo del curso de topografía, en el cual se han conocido los fundamentos y alcances más significativos de esta ciencia, como también se ha aprendido a utilizar los instrumentos de medición propios de la ya mencionada, teniendo así la oportunidad de aplicar cabalmente la teoría aprendida.

Sin embargo es esencialmente en la práctica final, de la cual trata el presente informe, donde se da la posibilidad de poner en práctica todos los conocimientos adquiridos y los objetivos alcanzados a lo largo del desarrollo de la asignatura. Esta práctica consta de un levantamiento topográfico completo de un sector del campus de la Universidad de Concepción, el cual contempla tanto los hitos naturales y obras civiles existentes en terreno, como una proyección vertical del relieve del suelo a través de curvas de nivel.

Un levantamiento topográfico es una representación gráfica que cumple con todos los requerimientos que necesita un constructor para ubicar un proyecto y materializar una obra en terreno, ya que éste da una representación completa, tanto del terreno en su relieve como en las obras existentes. De ésta manera, el constructor tiene en sus manos una importante herramienta que le será útil para buscar la forma más funcional y económica de ubicar el proyecto. Por ejemplo, se podrá hacer un trazado de camino cuidando que éste no contemple pendientes muy fuertes ni curvas muy cerradas para un tránsito expedito, y que no sea de mucha longitud ni que se tengan excesivas alturas de corte o terraplén, lo que elevaría considerablemente el costo de la obra; por otro lado, un arquitecto podrá ubicar una urbanización de manera que las casas se encuentren todas en terrenos adecuados, no en riscos o acantilados, que tengan buena vista, que estén en armonía con el sector, etc.

En las siguientes páginas el lector encontrará las tablas de datos medidos en terreno, las correcciones

realizadas y los cálculos efectuados posteriormente, todo esto para poder llevar a cabo correcta y felizmente el levantamiento que se pretende. Dentro del informe también se encontrarán varias definiciones de conceptos básicos de la topografía, así como planificaciones detalladas de las tomas de datos y cálculos posteriores a realizar, queriendo de esta forma servir de modesta ayuda a futuros estudiantes del ramo.

• **Objetivos.**

El objetivo más importante de esta práctica está en la realización de un levantamiento taquimétrico del sector Parque Ecuador para así poder representar a escala en un plano, las curvas de nivel, construcciones, caminos y otros detalles del lugar.

Otro objetivo relevante es la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos durante el curso, tanto en lo teórico como en lo práctico, como así mismo el uso adecuado del instrumental propio de la Topografía.

También se puede destacar como objetivo importante alcanzar un buen manejo de esta ciencia, hecho que probablemente será de utilidad en algún trabajo posterior y de seguro trascendental en la interpretación de planos en varias áreas de la ingeniería.

Es importante rescatar, la oportunidad que se brinda en esta práctica de tener una vaga idea acerca de lo que es la vida en terreno del topógrafo, la que tiene gran similitud a la del ingeniero. Este hecho puede llegar a tener gran importancia, ya que comúnmente en la vida universitaria los alumnos no tienen la opción de conocer y acercarse mayormente a lo que será su desempeño laboral en el futuro.

• **Descripción del terreno.**

El terreno donde realizamos la práctica se encuentra limitado por lo siguiente:

- Al norte con la calle Víctor Lamas,
- Al sur con cerro caracol y cascada, además de las edificaciones que ahí se encuentran como C.E.M.A. Chile, Compañía de Bomberos.
- Al este con las canchas de tenis y la proyección de la calle Rengo,
- Al oeste con la calle Del Hospicio.

Su relieve es variado ya que va teniendo diferencias de alturas desde la calle Víctor Lamas hacia la Cascada y cerro.

Estas superficies las clasificamos de la siguiente manera:

- Calle Víctor Lamas a Veteranos del 69:

Esta zona se encuentra cubierta por paños de pastos que contribuye al hermoseamiento del Parque, es de relieve no muy pronunciado, más bien parejo.. En este lugar no se encuentra ninguna edificación, sólo monolitos, árboles de variados portes y diámetros, está iluminado por faroles ,hay bancas y caminos diseñados de manera que se pueda transitar sin problemas.

- Calle Veteranos del 69:

Se encuentra paralela a Víctor Lamas, está cubierta por adoquines con formas hexagonales. No es muy transitable ya que sólo pasan vehículos livianos, además es una zona de estacionamiento.

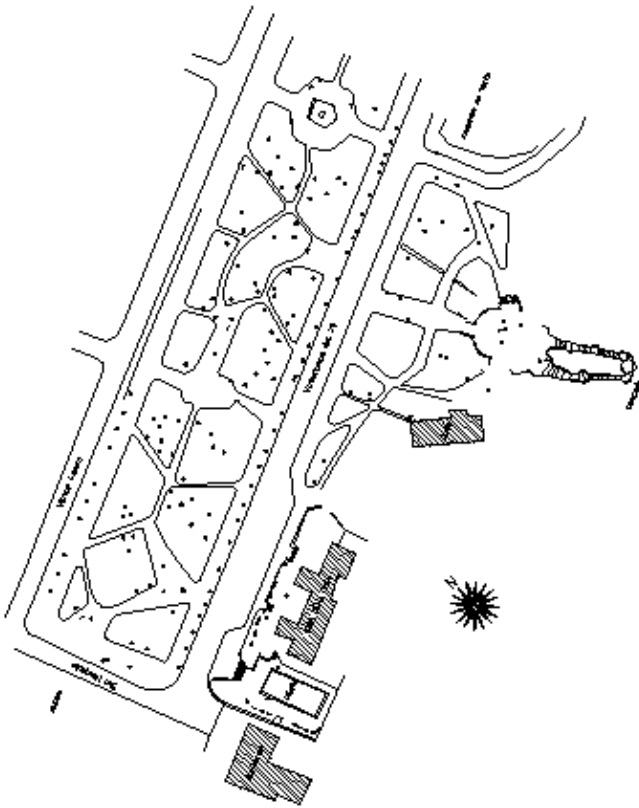
- Desde Veteranos del 69 a cerro Caracol y Cascada:

Aquí presenta un relieve más variado que las zonas anteriores ya que al ir subiendo hacia el cerro nos encontramos con diferentes cotas.

La parte que constituye la Cascada es bastante variada ya que consta por una terraza de superficie bastante pareja, si seguimos avanzando cambia brusca mente pues es la zona donde más diferencias de alturas tenemos. En sus extremos tenemos escaleras que nos permiten subir hasta donde se produce la caída de agua que pasa por el centro de éstas. Cabe decir que también la zona de la terraza y cascada se encuentra iluminada por un poste de luz lo cual permite visualizarla en la noche.

Para mayor entendimiento de lo dicho anteriormente y clasificación de estos lugares se podrá entender aun más complementándolo con un croquis que adjuntaremos.

- **Croquis.**



- **Equipo Utilizado.**

En la presente práctica se hará uso de cuatro instrumentos, éstos son el taquímetro o teodolito, el nivel, la mira y la huincha, de los cuales se hace referencia a continuación.



El taquímetro es un instrumento topográfico que sirve tanto para medir distancias, como ángulos horizontales y verticales con gran precisión. En esencia, un taquímetro consta de una plataforma que se apoya en tres tornillos de nivelación, un círculo graduado acimutal (en proyección horizontal), un bastidor (aliada) que gira sobre un eje vertical y que está provisto de un índice que se desplaza sobre el círculo acimutal y sirve para medir los ángulos de rotación de la propia aliada, y dos montantes fijos en el bastidor, sobre los cuales se apoyan los tornillos de sustentación de un anteojo que, a su vez, gira alrededor de un eje horizontal. Al anteojo está unido un círculo graduado cenital (en proyección vertical) sobre el cual, mediante un índice fijo a la aliada, se efectúan las lecturas de los ángulos de rotación descritos por el anteojo. Unos tornillos de presión sirven, en caso necesario, para fijar entre sí las diversas partes del instrumento. Se pueden efectuar pequeños desplazamientos de la aliada y del anteojo mediante tornillos micrométricos. Las lecturas sobre dos círculos graduados de los ángulos de desplazamiento acimutal y cenital se realizan por medio de nonios o de microscopios, o bien, en los teodolitos más precisos, por sistemas de tornillos micrométricos. El teodolito posee, además, un sistema de niveles que cumple el rol de verificar que el la plataforma se encuentre completamente horizontal y una plomada óptica que sirve para la puesta precisa en estación del instrumento. El retículo del teodolito consta de cuatro hilos, vertical, superior, medio e inferior, el primero sirve para ubicar horizontalmente, de forma precisa, el punto donde se desea hacer la medición, mientras que los otros tres son de utilidad para calcular la distancia horizontal y el desnivel desde la estación al punto.



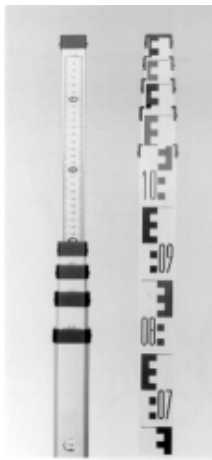
El nivel, a su vez, es un instrumento que sirve para medir diferencias de altura entre dos puntos, para determinar estas diferencias, este instrumento se basa en la determinación de planos horizontales a través de una burbuja que sirve para fijar correctamente este plano y un anteojo que tiene la función de incrementar la visual del observador. Además de esto, el nivel topográfico sirve para medir distancias horizontales, basándose en el mismo principio del taquímetro. Existen también algunos niveles que constan de un disco acimutal para medir ángulos horizontales, sin embargo, este hecho no es de interés en la práctica ya que dicho instrumento no será utilizado para medir ángulos.



El trípode es un instrumento que tiene la particularidad de soportar un equipo de medición como un taquímetro o nivel, su manejo es sencillo, pues consta de tres patas que pueden ser de madera o de aluminio, las que son regulables para así poder tener un mejor manejo para subir o bajar las patas que se encuentran fijas en el terreno. El plato consta de un tornillo el cual fija el equipo que se va a utilizar para hacer las mediciones.

El tipo de trípode que se utilizó en esta ocasión tiene las siguientes características:

- Patas de madera que incluye cinta para llevarlo en el hombro.
- Diámetro de la cabeza: 158 mm.
- Altura de 1,05 m. extensible a 1,7 m.
- Peso: 6,5 Kg.



La mira se puede describir como una regla de cuatro metros de largo, graduada en centímetros y que se pliega en la mitad para mayor comodidad en el transporte. Además de esto, la mira consta de una burbuja que se usa para asegurar la verticalidad de ésta en los puntos del terreno donde se desea efectuar mediciones, lo que es trascendental para la exactitud en las medidas. También consta de dos manillas, generalmente metálicas, que son de gran utilidad para sostenerla.

La huincha que se utilizará será de fibra, de cincuenta metros de largo y graduada en milímetros.

- **Distribución del trabajo.**

Alumno A Alumno B Alumno C Alumno D Alumno E Alumno F

Taquímetro Croquis Anot. Mira Alarife Alarife. Alarife.

INSTRUMENTAL UTILIZADO

Taquímetro,

Nivel,

Trípode,

Huinchita calibrada en cm,

Mira de 4 metros,

Jefe de grupo: Cristián Mendoza.

Ayudantes: Juan Tápia.

Ricardo Lagos.

OBSERVACIONES

Alumno A: Cristian Venegas. **Alumno B:** Pablo

Alumno C: Carla Vega. **Alumno D:** Cristin Mendoza.

Alumno E: Luis Valenzuela. **Alumno F:** Luis Jeréz.

– **Alarife:** Alumno encargado de transportar y posicionar verticalmente la mira en los puntos sobre los cuales se realizarán las mediciones.

– **Taquímetro:** Alumno encargado de transportar e instalar el nivel sobre las estaciones, para así realizar las medidas de ángulos e hilos.

– **Croquis:** Alumno encargado de confeccionar el croquis de terreno.

– **Anotador mira:** Alumno encargado de anotar las mediciones realizadas con el instrumento.

– **Lector:** Alumno encargado de realizar la lectura de los valores a través del instrumento.

• Procedimientos Generales.

La taquimetría será la base del levantamiento. Este sistema será utilizado para determinar prácticamente la totalidad de los puntos de interés del sector, salvo los que se prefieran determinar mediante el levantamiento a huinchita por ser de mayor rapidez y comodidad.

La nivelación longitudinal se efectuarán a través de la poligonal para obtener las cotas de las distintas estaciones. La nivelación se realiza única y exclusivamente para reducir los considerables errores altimétricos que, como ya se ha comprobado a lo largo del curso, se obtienen mediante la taquimetría.

El correcto uso de los instrumentos en la taquimetría, además de las adecuadas correcciones y cálculos posteriores, serán trascendentales para que el resultado final sea satisfactorio y preciso.

• **CAPITULO II: Fundamentos Teóricos.**

Antes de presentar el desarrollo de la práctica, es necesario presentar algunos conceptos básicos de la Topografía, los cuales se definirán en esta sección.

• **Levantamiento topográfico:**

Es el conjunto de operaciones que se necesita realizar para poder confeccionar una correcta representación gráfica planimétrica, o plano, de una extensión cualquiera de terreno, sin dejar de considerar las diferencias de cotas o desniveles que presente dicha extensión. Este plano es esencial para emplazar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como lo es para elaborar cualquier proyecto. Es primordial contar con una buena representación gráfica, que contemple tanto los aspectos altimétricos como planimétricos, para ubicar de buena forma un proyecto.

Para realizar un levantamiento topográfico se cuenta con varios instrumentos, como el nivel y la estación total. En esta práctica se hará uso del taquímetro o teodolito, empleando el sistema de la taquimetría, para realizar el levantamiento topográfico de un sector ubicado en el Parque Ecuador

• **Angulos y direcciones:**

- **Meridiano:** línea imaginaria o verdadera que se elige para referenciar las mediciones que se harán en terreno y los cálculos posteriores. Éste puede ser **supuesto**, si se elige arbitrariamente; **verdadero**, si coincide con la orientación Norte-Sur geográfica de la Tierra, o **magnético** si es paralelo a una aguja magnética libremente suspendida.

- **Azimut:** ángulo entre el meridiano y una línea, medido siempre en el sentido horario, ya sea desde el punto Sur o Norte del meridiano, estos pueden tener valores de entre 0 y 400 gradianes. Los azimutes se clasifican en verdaderos, supuestos y magnéticos, según sea el meridiano elegido como referencia. Los azimutes que se obtienen por medio de operaciones posteriores reciben el nombre de azimutes calculados.

- **La taquimetría:**

Es un sistema de levantamiento que consta en determinar la posición de los puntos del terreno por radiación, refiriéndolo a un punto especial (estación) a través de la medición de sus coordenadas y su desnivel con respecto a la estación. Este punto especial es el que queda determinado por la intersección del eje vertical y el horizontal de un taquímetro centrado sobre un punto fijado en terreno.

- **La poligonación:**

Se utiliza para ligar las distintas estaciones necesarias para representar el terreno.

Para establecer una poligonal cerrada basta calcular el azimut de un lado del polígono y los ángulos interiores formados por los ángulos de este.

N E2

E3

E1

E4

- **Poligonal:**

Línea quebrada y cerrada que liga las distintas estaciones desde donde se harán y a las cuales estarán referidas las mediciones para los puntos del levantamiento.

- **Altura Instrumental:**

Distancia vertical que separa el eje óptico del taquímetro de la estación sobre la cual está ubicado.

- **Estación:**

punto del terreno sobre el cual se ubica el instrumento para realizar las mediciones y a la cual éstas están referidas.

- **Desnivel:**

Diferencia de cota o altura que separa a dos puntos.

- **Radiación:**

Una vez que las estaciones están fijas se utiliza el método de radiación para establecer las posiciones de los diversos puntos representativos del terreno. Este consiste en fijar la posición relativa de los diversos puntos con respecto a la estación desde la cual se realizaron las mediciones.

Para lograr esto se procede de la siguiente forma:

i) Se instala el taquímetro en la estación.

ii) Se fija en el taquímetro el cero del ángulo horizontal y se hace coincidir con alguna de las otras estaciones, quedando como eje de referencia la línea formada por ambas estaciones.

iii) Se procede a realizar las diversas lecturas (ángulo vertical, ángulo horizontal, hilo medio, hilo superior, hilo inferior) a los diversos puntos.

iv) Se calcula DX y DY con respecto a la estación.

Se calcula las coordenadas norte este de los puntos como sigue:

$$N = N \text{ estación} + DY$$

$$E = E \text{ estación} + DX$$

Una vez obtenidas las coordenadas de los puntos se procede a dibujarlos para obtener la representación planimétrica del terreno.

Todo lo referente al cálculo de las cotas de los puntos se realiza de la siguiente forma.

Se designa una cota arbitraria al PR elegido. Se realizan a este las lecturas de hilos y ángulos desde E1. La cota de ésta se calcula como sigue.

$$CE1 = CPR - HI + hm - DV$$

CE1: cota de E1

CPR : cota del PR

HI : altura instrumental en E1

hm : hilo medio

$$DV = KG \sin z \cos z$$

Luego se realizan las lecturas desde E1 a E2, E2 a E3 , E3 a E4 y E4 a E1.

Las cotas de las estaciones se calculan como sigue.

$$CEn = CE(n-1) - HI - hm + DV$$

Habiendo ya calculado las cotas se debe realizar una corrección de estas, debido a que en E1 se partió con una cota y se terminó con otra.

Luego

$$Ec = CE1 \text{ inicial} - CE1 \text{ final}$$

La cota corregida de cada una de las estaciones se calcula de la siguiente forma.

$$CEn' = CEn + (Ec / D \text{ total}) * di$$

D total : distancia total recorrida

di : distancia acumulada

Con las cotas corregidas ya calculadas se procede a determinar las cotas de los diversos puntos.

Para un punto radiado desde la estación n se calcula la cota de la siguiente forma.

$$Cpto = CEn + HI - hm + DV$$

• **Curva de nivel:**

línea imaginaria que une en forma continua todos los puntos del terreno que poseen una misma cota, también se puede definir como la intersección de un plano horizontal imaginario, de cota definida, con el terreno. Las curvas de nivel poseen una serie de características, que son esenciales para su interpretación. A continuación se enunciarán las más importantes:

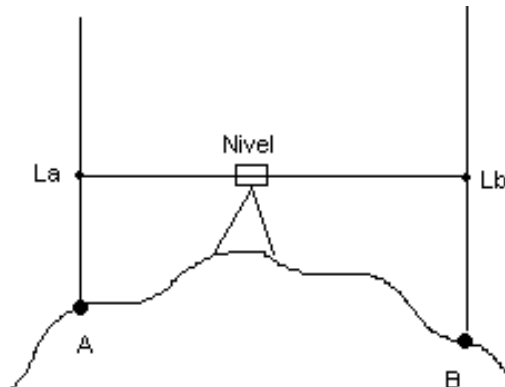
- ◆ Son líneas continuas.

- ♦ Son siempre cerradas, aunque si el sector que comprende el levantamiento es pequeño, el plano no alcanzará a tomar una curva de nivel completa.
- ♦ La distancia horizontal que separa a dos curvas de nivel consecutivas es inversamente proporcional a la pendiente.
- ♦ En las pendientes uniformes, las curvas de nivel se separan uniformemente. Si son muy cercanas en las elevaciones más altas y más espaciadas en los niveles más bajos, indica que la pendiente es cóncava. Cuando hay mayor espaciamiento en la parte más alta y cercanía en la parte inferior, significa que la pendiente es convexa.
- ♦ Una curva de nivel no puede quedar entre dos de mayor o menor cota.
- ♦ Las curvas de nivel son perpendiculares a las líneas de máxima pendiente.
- ♦ Están establecidas siempre en cotas de números enteros, generalmente en metros.
- ♦ Las curvas de nivel nunca se cruzan ni se juntan, salvo en acantilados o casos muy especiales.
- ♦ Son equidistantes, es decir, entre dos curvas consecutivas existe el mismo desnivel.
- ♦ **Nivelacion:**

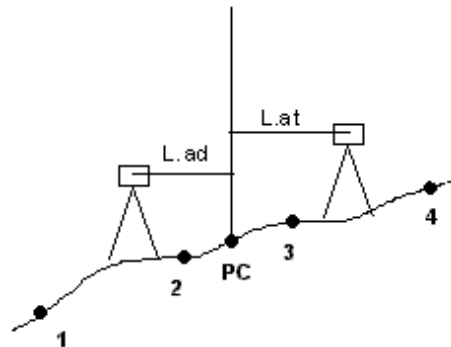
Se denomina **nivelación** al conjunto de operaciones que tienden a determinar las diferencias de altura del lugar físico que se desee estudiar; este lugar puede ser tanto un área, un recorrido rectilíneo o curvo, como un número determinado de puntos específicos.

♦ **Nivelacion Directa, topográfica o geométrica:**

Es el método más preciso para determinar alturas, y es el que se emplea más frecuentemente.



Para la nivelación directa se requiere un instrumento que sea capaz de dirigir hacia A y B visuales horizontales para hacer una lectura sobre la mira.



La cota requerida B se obtiene: $CB = CA + lA - lB$

Cuando los puntos cuya cota se desea averiguar, no son visibles, o están a gran distancia, se recurre a realizar sucesivos cambios de la posición del instrumental mediante puntos llamados

de cambio, sobre los que se hace una lectura de adelante (previa al cambio) y una lectura de atrás (luego del cambio) ya que su cota es conocida. Así se van ligando las mediciones para que compatibilicen con un mismo sistema de referencia.

♦ **Nivelación cerrada:**

consiste en ir midiendo la diferencia de altura entre los puntos del recorrido y calculando las cotas de éstos, para finalmente cerrar la nivelación realizando una lectura sobre el mismo punto en que se comenzó ésta o bien sobre otro punto del cual ya se conozca la cota. La ventaja de este método es que se puede averiguar inmediatamente si la nivelación fue realizada de forma correcta, calcular el error de cierre de ésta y hacer las correcciones pertinentes.

♦ **Punto de Referencia (PR):**

Punto de cota conocida.

♦ **Punto de Cambio:**

Punto de cota desconocida y que sirve para hacer un cambio de posición instrumental.

♦ **Punto intermedio:**

Punto de cota desconocida y que no sirve de apoyo para un cambio de posición instrumental.

♦ **Lectura de atrás:**

Lectura que se hace sobre un punto del que ya se conoce la cota.

♦ **Lectura intermedia:**

Lectura hecha sobre un punto de cota desconocida o punto intermedio.

♦ **Lectura de adelante:**

Lectura que se hace sobre un punto de cambio antes de efectuar el cambio de posición instrumental. También es una lectura de adelante la que se hace sobre un punto de referencia para cerrar la nivelación.

♦ **Grados de precisión y compensación de errores en la nivelación:**

Cuando se hace una nivelación cerrada, se deben sumar las lecturas de mira de atrás y se debe igualar con la suma de las lecturas de mira de adelante; si estas no son iguales, entonces, tenemos un error de cierre; que es la diferencia de las sumas anteriores. Para hacer la corrección de este error de cierre, existen dos métodos:

◊ En función del camino recorrido: el error de cierre debe ser menor o igual al error admisible, este depende de la precisión en la que estemos trabajando, y se calcula de la siguiente forma:

- ♦ Gran precisión: $e = 0.0005 \text{ "D(m)}$
- ♦ Precisa: $e = 0.01 \text{ "D(m)}$
- ♦ Corriente: $e = 0.02 \text{ "D(m)}$

- ◆ Aproximada: $e=0.10 \sqrt{D(m)}$

Donde:

e: el error tolerable

D: medido en Km

◇ En función del número de posiciones instrumentales: el error de cierre debe ser menor o igual al error admisible y se calcula de la siguiente forma:

- ◆ Gran precisión: $e= 1.6 \sqrt{n(m)}$
- ◆ Precisa: $e= 3.2 \sqrt{n(m)}$
- ◆ Corriente: $e= 6.4 \sqrt{n(m)}$
- ◆ Aproximada: $e= 32.0 \sqrt{n(m)}$

Donde:

e: el error admisible

n: es el numero de posiciones de

instrumento

Nota: en la práctica utilizaremos el primer método ya mencionado con precisión corriente; entonces será la siguiente formula:

C: $\frac{ec}{D} \times di$

D total

Donde:

ec. Es el error de cierre

di: es la distancia acumulada

D total: distancia total

C: es la corrección

◆ **Tipos de errores:**

Los tipos de errores los podemos definir de la siguiente manera:

◇ Errores accidentales

- ◆ Error instrumental: imperfección en la fabricación o un mal ajuste del instrumento.
- ◆ Error personal: leer mal los datos en el instrumento.
- ◆ Error natural: en los cuales pueden influir, temperatura, humedad, viento, etc.
 - ◇ Errores sistemáticos: error debido a una causa permanente y conocida o desconocida, entre ellos están:
- ◆ Error por conexión instrumental deficiente.
- ◆ Error en la graduación defectuosa de nivel.

- ◆ Error por desnivel del terreno.
- ◆ Errores accidentales como: pequeñas inexactitudes fortuitas.
- ◆ Error por mal enfocamiento del retículo.
- ◆ Error por falta de verticalidad de la mira.
- ◆ Error por hundimiento o levantamiento del trípode.
- ◆ Error por no centrar bien la burbuja de aire.
- ◆ Error en las lecturas de la mira.
- ◆ Error por mala anotación en el registro.
- ◆ Error producido por las condiciones climáticas, etc.

◆ **CAPITULO III: Metodos y ejemplos de calculo.**

◆ **Calculo Poligonal.**

Para obtener los datos en terreno, se utilizarán cuatro instrumentos: un taquímetro, una mira de 4 m graduada en cm, una huincha y clavos. Los clavos serán utilizados para fijar las estaciones; el taquímetro para realizar las lecturas de hilos sobre la mira y para las lecturas de ángulos; la huincha servirá para medir la altura instrumental.

- ◇ En primer lugar se fijarán 9 estaciones, éstas serán los puntos del terreno donde se situará el instrumento. Estas estaciones tienen que cumplir con la condición principales de ser visibles entre ellas. Las estaciones deben ser situadas en zonas que sean accesibles y presenten buenas condiciones para situar el instrumento. A las estaciones se les asignará el nombre de estación 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc. siguiendo el contorno de un polígono cerrado.
- ◇ Se situará el instrumento sobre la primera estación (E1), es importante que al situar el taquímetro, éste quede bien nivelado y que la estación coincida con la plomada óptica, para de ésta forma asegurarse de que el eje óptico se encuentre precisamente sobre la estación y no sobre un punto cercano a ella, lo que acarrearía un error considerable en todas las medidas posteriormente realizadas desde dicha estación. Situado el instrumento, se medirá la altura instrumental, esta medida se efectuará con huincha y se hará desde el eje óptico hasta la estación; ya que la huincha no se puede situar exactamente sobre el eje óptico, ya que éste se encuentra en el interior del instrumento, se situará en un punto, marcado sobre el instrumento, que se encuentra a la misma cota del eje pero desplazado un poco horizontalmente; a la medida se le restará un cm antes de llevarla a la tabla de datos para compensar este error.
- ◇ Se calará el instrumento al Norte supuesto (calar significa fijar la lectura del ángulo acimutal en 0 gradianes), es importante que el Norte quede determinado por la línea que une la primera estación con algún hito que sea suficientemente lejano, inamovible, y que sea de lo suficientemente angosto para no perder precisión en la medida de ángulos horizontales; por ejemplo, en este caso se tomo como Norte supuesto el vértice de un liceo que esta en la esquina de Lincoyan y Victor Lamas. Se medirán los azimutes de las líneas que unen a la estación 1 (E1) con las estaciones 2, 3, 4, etc. Ahora, ubicando la mira sobre E2, según corresponda, se harán las lecturas de hilos superior, medio e inferior y la lectura de ángulo vertical para cada estación. Estos datos, ángulos e hilos, se llevarán a la tabla, junto con la altura instrumental y serán suficientes para posteriormente calcular la posición relativa de cada estación.
- ◇ Ya se estará en condiciones de hacer el primer cambio de estación. Se llevará el taquímetro a la E2 y se situará el instrumento sobre dicha estación de la misma forma que se hizo en E1, y sin olvidar medir la altura instrumental. Se medirá el ángulo interior que conforman las líneas E2-E1 y E2-E3, de la misma manera que se hizo para medir el azimut E1-E2, pero con la única diferencia que ahora se calará el cero en la estación uno. Se harán las medidas de ángulo vertical e hilos sobre E1 y E3. Siguiendo el mismo procedimiento, se hará los cambios de estacion a E3 , tomando

todas las medidas ya mencionadas y así sucesivamente con las demás estaciones.

- ◊ Con los datos obtenidos, se estará en condiciones de calcular los azimuts y cotas de las estaciones y las distancias horizontales, para de esta forma calcular las coordenadas de cada estación. A la estación uno se le asignarán coordenadas de 1000 m en X (o Este) y 950 m en Y (o Norte). Como para cada dos estaciones se tendrán dos distancias horizontales (una de ida y otra de vuelta), se considerará el promedio de las dos. Se confeccionará una tabla para la poligonal, donde se calcularán generadores, distancias horizontales, desniveles, azimuts, cotas y cotas corregidas; . Para la corrección de la poligonal, se confeccionará otra tabla, donde se calcularán desplazamientos en X y en Y, correcciones en ambas componentes, desplazamientos corregidos y las coordenadas de cada estación

Para calcular todos estos datos se hará uso de las siguientes fórmulas:

Generador: $G = h_s - h_i$

Distancia Horizontal: $DH = k * G * \sin^2(z)$; k: constante estadimétrica

Desnivel: $DV = K * G * \cos(z) * \sin(z)$

Azimut: $" = " \text{ Anterior} - + 200$ (Si la poligonal sigue un orden horario)

$" = " \text{ Anterior} + - 200$ (Si la poligonal sigue un orden antihorario)

Cota Estación : $\text{Cota E} = \text{Cota E anterior} - \text{HinstE1} - DV + h_m$

Cota: $\text{Cota} = \text{Cota Estación} + \text{Hinst} + DV - h_m$

Error Vertical: $EV = \text{Cota E1}'(\text{desde E4}) - \text{Cota E1}$

Cota Corregida: $C.Corr = \text{Cota} - EV * N / N_{total}$

Distancia Horizontal (promedio): $DH(\text{promedio}) = (DH(EA,EB) + DH(EB-EA)) / 2$

Desplazamiento en X: $\delta x = DH * \sin(")$

Desplazamiento en Y: $\delta y = DH * \cos(")$

Error en X: $E_x = \delta x$

Error en Y: $E_y = \delta y$

Error de cierre: $E_c = " (E_x^2 + E_y^2)$

Perímetro de la poligonal: $L = \sum DH$

Error tolerable: $E_t = 2 * " (L)$ (L en kilómetros)

Corrección en X: $C_x = E_x / (\sum \delta x) * \delta x$

Corrección en Y: $C_y = E_y / (\sum \delta y) * \delta y$

Despl. Corregido en X: $\delta x' = \delta x - C_x$

Despl. Corregido en Y: $\delta y' = \delta y - C_y$

Coordenada X: $X = X_{\text{Estación}} + \delta x'$

Coordenada Y: $Y = Y_{\text{Estación}} + \delta y'$

◊ Finalmente, con los datos de las coordenadas de cada punto, se confeccionará un plano del sector asignado.

◆ Calculo Nivelación

Para obtener los datos en terreno, se utilizaron 3 instrumentos: un nivel topográfico, una mira graduada en cm. y una huincha de 30 m. graduada también en cm. El nivel y la mira fueron utilizados para obtener las cotas (diferencia de altura) de los puntos, mientras que la huincha sirvió para medir la distancia horizontal que separaba a dichos puntos. A continuación se presenta la planificación con todos los pasos a seguir para realizar la nivelación.

- ◊ **Elección de un punto de referencia (P.R.):** antes de comenzar la nivelación, éste se elegirá de forma que cumpla 3 condiciones: ser inamovible, estar cercano a la línea de trabajo pero fuera de ésta, y tener cota conocida. Este punto será utilizado para , tras la nivelación, poder conocer los valores correctos de las cotas de todos los puntos; también servirá para calcular el error de cierre de la nivelación, del cual se hará referencia más adelante. Los P.R. será las estaciones 2, 4, 7, 9.
- ◊ **Primera lectura atrás:** la primera lectura atrás se realizará desde la primera posición instrumental y poniendo la mira sobre el P.R.1., así, sumándole a la cota de éste la lectura en la mira, obtendremos la primera cota instrumental que es la altura a la que se encuentra el hilo medio del retículo del nivel. Tanto la lectura atrás como la cota instrumental serán llevadas al registro.
- ◊ **Lectura intermedia:** las lecturas intermedias se realizarán de la misma forma que la primera lectura atrás, es decir, poniendo la mira sobre el punto y leyendo el valor desde el nivel sin cambiarlo de la ultima posición instrumental.
- ◊ **Lectura adelante:** la lectura adelante se realizará sobre un punto antes de que la lectura en la mira ya no se pueda hacer de forma clara, o sea cuando ésta ya se encuentre bastante alejada del nivel. También se efectuará cuando el relieve lo exija debido a que no sea posible ver la mira por el anteojo del nivel. Los puntos donde se realiza la lectura adelante se denominan puntos de cambio y sirven para hacer el cambio de posición instrumental. Estos puntos de cambio deberán situarse en lugares adecuados y estables. Tras la lectura adelante se realizará un cambio de posición instrumental, ubicando el nivel en un nuevo lugar y corrigiéndolo; luego se hará una lectura atrás sobre el mismo punto donde se hizo la lectura adelante para así determinar la nueva cota instrumental.
- ◊ Cada vez que se vaya a realizar la lectura en la mira sobre un punto, se medirá con la huincha la distancia parcial que lo separa del punto anterior, llevando este dato al registro.
- ◊ El proceso se realizará de la misma forma y sucesivamente hasta terminar el circuito, donde se hará una lectura adelante sobre el P.R.4., con lo cual se cerrará la nivelación.
- ◊ Todos los datos obtenidos en las lecturas en la mira se llevarán al registro como lectura adelante, intermedia o atrás según corresponda. Tras esto se calculará la cota instrumental, la distancia acumulada, la cota, la corrección y la cota corregida en cada punto según las siguientes fórmulas:

Para calcular la primera cota instrumental: $C_{\text{inst.}} = \text{Cota P.R.} + L_{\text{atras.}}$

Para calcular la distancia acumulada: $D_{\text{acum.}} = D_{\text{acum. anterior}} + D_{\text{parcial.}}$

Para calcular la cota del punto: $Cota = C_{\text{inst.}} - L_{\text{inter.}}$;

si se trata de un P.C. : $Cota = C_{\text{inst. anterior}} - L_{\text{ade.}}$

Para calcular la nueva C.inst. en un P.C.: $C_{\text{inst.}} = Cota + L_{\text{atras.}}$

Para calcular el error de cierre: $E.c. = L_{\text{ade.}} - L_{\text{atras.}}$

Para calcular la corrección: $Correcc. = - E.c. * D_{\text{acum.}} / D_{\text{tot.}}$

Cota corregida: $C_{\text{correg.}} = Cota + Correcc.$

◇ Antes de llevar los datos al plano, se verificará que el método haya sido empleado correctamente, para esto se comprobará que el error de cierre sea menor al error tolerable. El error tolerable se expresa según las siguientes fórmulas, la primera se refiere al error tolerable en función de la distancia total recorrida, mientras que la segunda en función del número de posiciones instrumentales.

$E.t.(D_{\text{tot.}}) = 0.02 * "D_{\text{tot.}} (m)$ ($D_{\text{tot.}}$ en Km)

$E.t.(N) = 0.006 * "N (m)$

◇ Dando por hecho que el error de cierre sea menor al error tolerable, llevaremos los valores de las cotas y distancias acumuladas de cada punto a un plano, en el cual se trazará un proyecto de camino que iría situado a lo largo del circuito. Del plano, se estimarán por medición directa, la altura de corte y de terraplén, y las cotas de proyecto; datos que se presentarán en la viñeta del perfil del plano. En el plano también se presentará la ubicación precisa del P.R. con respecto a la línea de trabajo.

◇ Conclusiones y Comentarios.

Los errores de cierre obtenidos en todos los sistemas empleados, tanto para la poligonal como para la nivelación, se mantuvieron en su totalidad dentro de los rangos permisibles o tolerables. Y más aún, haciendo un paralelo con los trabajos desarrollados anteriormente, éstos fueron considerablemente menores. Este hecho permite afirmar con toda certeza que los objetivos planteados en el marco práctico de la asignatura fueron cumplidos a cabalidad, alcanzándose un buen nivel en el manejo de los instrumentos propios de la Topografía y en la aplicación de las técnicas o procedimientos utilizados a lo largo del curso.

Con este levantamiento quedó de manifiesto, además, que no es la aplicación de un determinado sistema la que otorga mejores resultados o mayor precisión; sino que es la combinación o complementación de todos los sistemas o procedimientos que se han puesto a disposición durante el curso, lo que da la mayor satisfacción en cuanto a reducción de errores, rapidez, eficacia y resultados se refiere.

También es lógico pensar que un levantamiento hecho por medio de un instrumento tal como la estación total sea mucho más preciso y rápido, ya que las medidas de distancias y desniveles hechas a través de este aparato no están sujetas a las limitaciones del ojo humano, que, como ya se ha visto y ha quedado demostrado a lo largo de los trabajos prácticos, es la principal fuente de error en las nivelaciones y los levantamientos.

El desarrollo de la presente práctica, junto con las anteriores realizadas a lo largo del semestre ha permitido a los alumnos del curso conocer, confeccionar y aprender a interpretar toda la información que un levantamiento topográfico entrega. Estos conceptos adquiridos, de seguro, serán trascendentales para la asimilación y aprobación de otros ramos de la carrera; como además serán de vital importancia en el desarrollo de cualquier proyecto, asesoría o actividad futura de la vida laboral que se espera a futuro.

Otro alcance válido de hacer, se refiere al buen nivel que finalmente se alcanzó en la coordinación del trabajo en equipo. En la ejecución de esta práctica, cada persona cumplió con una importante y destacada función, la cual desarrolló cada uno con gran motivación y responsabilidad. Este hecho fue de vital trascendencia para obtener buenos resultados, y de seguro será de utilidad a futuro, tanto en otro trabajo que se requiera hacer.

Finalmente, se agradece sinceramente a la Universidad, a la Facultad de Ingeniería, al Departamento de Ingeniería Civil, al profesor César León y a los alumnos ayudantes, la experiencia invaluable ofrecida con el desarrollo de la práctica, ya que gracias a ésta se reforzaron conceptos que serán vitales en un futuro, se aprendió lo que es trabajo en equipo y se conoció parte de la vida en terreno de un ingeniero civil. Esto da una motivación especial para seguir con la carrera y poder algún día ejercer esta profesión apasionante

◇ **Bibliografía.**

- ◇ Apuntes tomados en Clases del Profesor César León.
- ◇ Arturo Quintana, Topografía, Editorial Universitaria.
- ◇ Profesor P. Werkmeister, Topografía, Editorial Labor S. A.
- ◇ <http://cipres.cec.uchile.cl/~ci35a/index.html#obje>
- ◇ <http://diablo.univalle.edu.co/~jumaca/trabajos/taquimetria.html>
- ◇ <http://www.berdala.com/>

43

A: Punto de Cota conocida.

B: Punto cuya Cota se desea determinar

PC: Punto de Cambio

L.at: Lectura de Atrás

L.ad: lectura de adelante