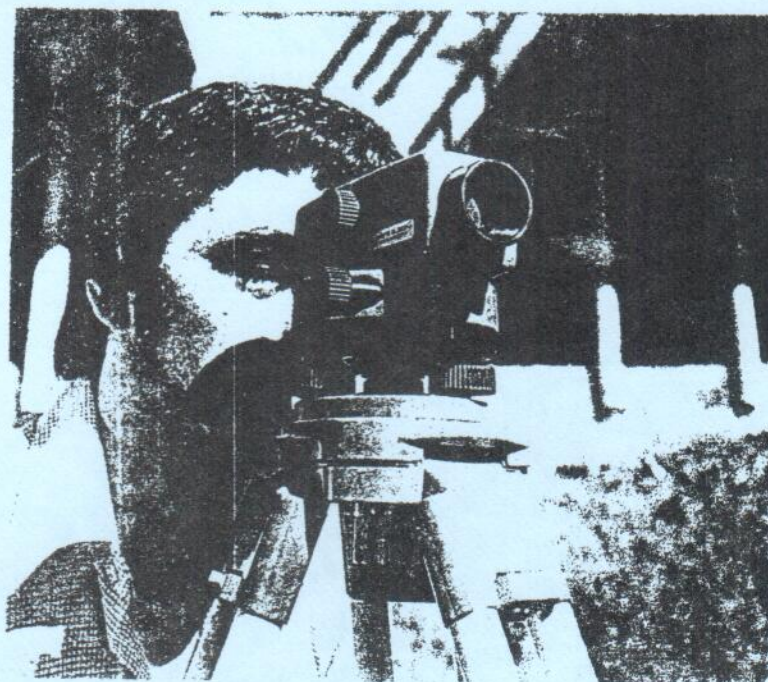




**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
DIRECCION DE EXTENSION**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
CAMPUS CHILLAN**

**NIVELACION  
DIFERENCIAL**



**Autor: Antonio González de la F.  
Técnico Topógrafo.**

**DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**

**Septiembre 1992**

**Boletín de Extensión N° 2**

**Chillán**

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

N I V E L A C I O N   D I F E R E N C I A L

Autor : Antonio González de la F.  
Técnico Topógrafo

Chillán, Septiembre de 1992.

## PROLOGO

El conocimiento del relieve terrestre constituye una importante información para la realización de diversos trabajos de nivelación del suelo agrícola. Desde este punto de vista, la representación de la superficie terrestre en un "Plano topográfico" es la base para cualquier proyecto de riego y drenaje que se desea realizar, siendo indispensable que el técnico o profesional a cargo este capacitado en el uso de los equipos, instrumentos y métodos topográficos.

Este boletín presenta diferentes tipos de levantamientos, sus operaciones, los conceptos básicos de altimetría, la nivelación geométrica o directa, sus registros, errores de nivelación y nivelaciones de tipo doble y es parte del programa de extensión académica que la Facultad de Ingeniería Agrícola desarrolla permanentemente en apoyo a la agricultura nacional.



## INDICE DE MATERIAS

| <u>CAPITULO</u> |  | <u>PAGINA</u> |
|-----------------|--|---------------|
| I               | TOPOGRAFIA.....                                      | 1             |
|                 | 1. Levantamiento topográfico.....                    | 1             |
|                 | 2. Finalidad de los levantamientos.....              | 2             |
|                 | 3. La tierra como esferoide.....                     | 4             |
|                 | 4. Levantamiento plano.....                          | 5             |
|                 | 5. Levantamiento geodésico.....                      | 6             |
|                 | 6. Clases de levantamientos y sus operaciones.....   | 7             |
|                 | 7. Levantamiento planialtimétrico o topográfico..... | 8             |
|                 | 8. Levantamiento longitudinales.....                 | 9             |
|                 | 9. Levantamientos hidrográficos.....                 | 11            |
|                 | 10. Levantamientos en minas.....                     | 12            |
|                 | 11. Levantamientos catastrales.....                  | 13            |
|                 | 12. Levantamientos urbanos.....                      | 13            |
|                 | 13. Levantamientos fotogramétricos.....              | 15            |
|                 | 14. La Fotografía terrestre.....                     | 16            |
|                 | 15. Precisión de las mediciones.....                 | 17            |
|                 | 16. La teoría y la práctica.....                     | 19            |

CAPITULO

PAGINA

|     |   |    |
|-----|---|----|
| II  | ALTIMETRIA.....   | 19 |
|     | A. Nivelación geométrica o por altura....               | 23 |
|     | 1. Método operario.....                                 | 23 |
|     | 2. Registros de nivelación.....                         | 28 |
|     | 3. Métodos de nivelación geométrica.....                | 35 |
|     | a) Nivelación cerrada.....                              | 35 |
|     | b) Nivelación por doble visada.....                     | 36 |
|     | c) Nivelación con miras dobles.....                     | 37 |
|     | 4. Nivelación con doble serie de puntos<br>de mira..... | 38 |
|     | 5. Nivelación por doble posición instru-<br>mental..... | 39 |
|     | 6. Nivelación recíproca.....                            | 40 |
|     | B. Errores de nivelación.....                           | 43 |
|     | 1. Descorrección del instrumento.....                   | 43 |
|     | 2. Curvatura terrestre.....                             | 44 |
|     | 3. Refracción atmosférica.....                          | 45 |
|     | 4. Variación de temperatura.....                        | 46 |
|     | 5. Mira de longitud errónea.....                        | 47 |
|     | 6. Dilatación o contracción de la mira...               | 48 |
|     | 7. Mira inclinada.....                                  | 49 |
| III | BIBLIOGRAFIA.....                                       | 50 |

## INDICE DE CUADROS

| <u>CUADRO</u> |  | <u>PAGINA</u> |
|---------------|--|---------------|
| 1             | Longitudes de los ejes terrestres.....                         | 4             |
| 2             | Registro por cota instrumental.....                            | 31            |
| 3             | Registro por diferencias.....                                  | 31            |
| 4             | Registro con valores de lecturas<br>aditivas y deductivas..... | 37            |

## INDICE DE FIGURAS

| <u>FIGURA</u> |   | <u>PAGINA</u> |
|---------------|---|---------------|
| 1             | Posición instrumental en una nivelación geométrica entre puntos separados a gran distancia..... | 23            |
| 2             | Posición instrumental en una nivelación geodésica.....  | 23            |
| 3             | Representación gráfica de la nivelación geométrica de un terreno.....                           | 25            |
| 4             | Lecturas de un nivel reversible.....  | 26            |
| 5             | Miras de tipo doble usadas en nivelaciones.....   | 37            |
| 6             | Posturas de instrumentos en nivelación doble.....   | 39            |
| 7             | Postura de instrumentos en nivelación recíproca.....  | 41            |

## **I. TOPOGRAFIA**

### **1. Levantamiento topográfico**

Es el conjunto de operaciones que tiene por objeto la determinación de la posición relativa de puntos en la superficie de la tierra o a poca altura sobre la misma. Estas operaciones consisten, esencialmente en medir distancias verticales y horizontales entre diversos objetos, determinar ángulos entre alineaciones (rectas de unión de puntos), hallar la orientación de estas alineaciones y situarlas sobre el terreno valiéndose de mediciones previas, tanto angulares como lineales.

Complemento indispensable de estos levantamientos es el cálculo matemático, mediante el cual, y con los datos obtenidos directamente en el campo, se determinan distancias, ángulos, orientaciones, posiciones, alturas, áreas y volúmenes. Además, gran parte de los datos de campo pueden representarse gráficamente en forma de mapas, perfiles longitudinales y transversales, diagramas, etc.

El proceso completo de un levantamiento consulta trabajos de campo o terreno, para la toma de datos, y trabajos de



oficina para el cálculo y dibujos necesarios para el levantamiento.

## 2. Finalidad de los levantamientos

Los primeros levantamientos topográficos de que se tiene noticias, están encaminados a la determinación de linderos, objeto que actualmente absorbe también la actividad de muchos topógrafos y agrimensores.

Todo proyecto de obras públicas o privadas de cierta importancia requiere un levantamiento previo, sobre cuyos datos ha de basarse aquel que utiliza las alineaciones y los puntos determinados sobre el terreno. Aparte de los levantamientos de linderos, prácticamente todos los efectuados por organismos privados y la mayor parte de los realizados por entidades públicas son indispensables para el estudio, trazado y ejecución de obras de ingeniería.

Desde hace muchos años, los gobiernos de diferentes países han ordenado levantamientos topográficos de grandes extensiones con diferentes propósitos. El más importante de estos, desde el punto de vista internacional, es el de fijar los límites jurisdiccionales (fronteras), seguido del

levantamiento de sus costas, ríos, canales navegables y lagos. También ocupa lugar preferente la fijación y señalización de puntos de referencia de cada país, la recopilación de datos sobre el magnetismo terrestre en estaciones alejadas entre sí, así como la obtención de mapas de las distintas regiones, especialmente de las situadas en las proximidades de las costas, a lo largo de los ríos y alrededor de los lagos, etc. Atención particular ha merecido también la localización topográfica de los yacimientos de minerales y de los lugares de mayor densidad de población.

En resumen, los estudios topográficos pueden dividirse en tres clases principales:

- a) Los que tienen por objeto la determinación y fijación de linderos de terrenos.
- b) Los que han de servir de base para ciertos proyectos en la ejecución de obras públicas o privadas.
- c) Los de gran extensión y suma precisión a cargo de gobiernos u organismos oficiales o internacionales. No es posible señalar una separación definitiva entre estas

diferentes clases de levantamientos en cuanto respecta a los métodos empleados, resultados obtenidos y utilización de los datos de campo.

### 3. La tierra como esferoide

La tierra es un esferoide de volución achatada, cuyo eje polar es algo más corto que el ecuatorial. Las longitudes de estos ejes se muestran en el cuadro 1.

**CUADRO 1. LONGITUDES DE LOS EJES TERRESTRES.**

|   |        | Eje Polar (m) | Eje Ecuatorial (m) |
|---|--------|---------------|--------------------|
| Clarke  | (1866) | 12.713,530    | 12.756,412         |
| Hayford   | (1909) | 12.714,041    | 12.756,776         |
| Valores adoptados<br>por la Unión Geo-<br>dísica y Geofísica<br>Internacional | (1924) | 12.714,047    | 12.756,776         |

Nota : Cálculos hechos a partir del eje ecuatorial, suponiendo que el achatamiento de la tierra es 1:297.

Las longitudes calculadas por Clarke han sido aceptadas en casi todos los países. Los valores dados por Hayford se

consideran en la actualidad como más exactos que los de Clarke.

Como se deduce de las anteriores cifras, el eje polar es unos 43 km más corto que el ecuatorial. Sin embargo, en relación metro de la tierra, esta cantidad es insignificante, ya que no alcanza al 0.34% del valor de dicho diámetro. Suponiendo la tierra reducida al tamaño de una bola de billar, su forma resultaría perfectamente esférica, con su superficie lisa, y sólo con mediciones de extraordinaria precisión podría descubrirse su falla de absoluta esfericidad.

Supongamos que se puedan eliminar todas las irregularidades de la superficie terrestre, obtendríamos así una superficie imaginaria esferoidal, cada uno de cuyos elementos sería normal a la dirección de la plomada en el mismo (superficie de nivel). La superficie de esta clase que corresponde a la altura media del mar se llama "nivel medio del mar".

#### **4. Levantamiento plano**

Se denomina así a todo levantamiento topográfico que considera la superficie de la tierra como un plano, es

decir, que desprecia la forma realmente curva de la misma. Respecto a las distancias horizontales y a las orientaciones, las líneas de nivel se consideran como líneas rectas, la dirección de la plomada en un punto cualquiera del levantamiento se supone paralela a su dirección en los demás puntos de aquel y todos los ángulos sobre el terreno se toman como ángulos planos.

La mayor parte de los levantamientos topográficos son de esta clase. Cuando se piensa que la longitud de arco de 18 km sobre la superficie de la tierra es solamente 15 mm mayor que la cuerda subtendida por el mismo y que la diferencia entre la suma de los ángulos de un triángulo plano y de los ángulos del triángulo esférico correspondiente es sólo de 1 segundo de arco para un triángulo de casi 200 m<sup>2</sup>, se explica que únicamente se debe considerar la verdadera forma de la tierra cuando el levantamiento se refiere a grandes superficies y su ejecución requiere precisión extremada.

##### 5. Levantamiento geodésico

Se llama así a los levantamientos que tienen en cuenta la verdadera forma de la tierra. Son de gran precisión y se refieren generalmente a grandes extensiones superficiales.



Cuando la zona no sea demasiado extensa, puede obtenerse la precisión requerida considerando la tierra como una esfera perfecta. Sin embargo, si la superficie es muy grande, debe adoptarse la verdadera forma esferoidal de la superficie terrestre. Estos levantamientos han estado siempre a cargo de los gobiernos de los diferentes países, a través de organismos creados para estos fines (Institutos Geográficos, Servicios Geodésicos, Comisiones Geográficas, etc.). Los levantamientos topográficos de grandes ciudades se hacen en el supuesto de que la tierra es perfectamente esférica.

Los puntos fijados geodésicamente, como por ejemplo los vértices de triangulación, constituyen una red a la que puede referirse cualquier otro levantamiento sin temor a error.

## 6. Clases de levantamientos y sus operaciones

Los trabajos que se realizan en las diferentes clases de levantamientos topográficos, son los siguientes:

- a) Itinerarios de poligonación para hallar la longitud y orientación de deslindes antiguos.

- b) Replanteo de deslindes desaparecidos partiendo de datos anteriores sobre longitud y orientación.
- c) División de predios en parcelas de forma y superficies determinadas.
- d) Localización de hitos para garantizar la situación y permanencia de deslindes.
- e) Reseña de los hitos referidos a señales permanentes en el terreno.
- f) Cálculo de áreas, distancias y rumbos o direcciones.
- g) Representación gráfica del levantamiento (planos).

#### **7. Levantamientos planialtimétricos o topográficos**

Tienen por objeto tomar datos de terreno para la confección de mapas topográficos en que figure el relieve, o sea las elevaciones y desigualdades del terreno y la situación de objetos naturales o artificiales. Estos levantamientos comprenden las siguientes operaciones:

- a) Situación mediante observación de ángulos y distancias, en un plano horizontal de ciertos puntos que forman la red fundamental o esqueleto del levantamiento (planimetría).
- b) Determinación de la altura de ciertos puntos de referencia mediante nivelación (altimetría).
- c) Establecimiento en planimetría y altimetría de un número suficiente de puntos para la confección del plano topográfico correspondiente.
- c) Situación de todos los detalles, naturales y artificiales que requieran las necesidades del levantamiento, según sea su finalidad.
- e) Cálculo de ángulos, distancias y alturas.
- f) Confección del plano topográfico propuesto.

### **8. Levantamiento longitudinales**

Se llama así a los levantamientos necesarios para el trazado y construcción de vías de transporte o comunicaciones, como

carreteras, vías férreas, canales, líneas de transmisión de energía y oleoductos. El trabajo previo para este objeto, consulta las siguientes operaciones:

- a) Estacado del eje de la obra a cortos intervalos unas de otras.
- b) Itinerarios de nivelación para determinar el perfil del terreno a lo largo del eje.
- c) Dibujo del perfil y anotación de las pendientes.
- d) Determinación de perfiles transversales.
- e) Cálculos de volúmenes en relación con el movimiento de tierras (cubicación).
- f) Medición de las superficies de avenamiento.
- g) Trazado de las obras (con respecto al eje).
- h) Señalamiento de las zonas legales de paso o travesía.

## 9. Levantamientos hidrográficos

Se refiere a los trabajos topográficos necesarios para la obtención de los planos de masas de agua, ya sea para fines de navegación, embalses, etc. Las operaciones propias de un levantamiento hidrográfico consiste en lo siguiente:

- a) Levantamiento topográfico de orillas que limitan la masa o corrientes de agua que trate.
- b) Sondeos para determinar la profundidad del agua y la naturaleza del fondo.
- c) Situación de los puntos de sondeo mediante observaciones de ángulos y distancias.
- d) Dibujo del plano correspondiente en el que figuren las orillas, las presas, las profundidades y todos los detalles de que se estimen necesarios.
- e) Observación de mareas o cambios de nivel del agua en lagos y ríos.
- f) Medición de la intensidad de las corrientes.



En la realidad los levantamientos para regadío o avenamientos son también hidrográficos, pero en la práctica se le consideran como levantamientos longitudinales.

#### 10. Los levantamientos en minas

Utilizan los mismos principios que los planimétricos y los longitudinales, pero con las modificaciones impuestas por su propio carácter, ya que se trata de levantamientos en superficie y bajo tierra.

Las operaciones correspondientes, son las que siguen:

- a) Determinación en la superficie del terreno de límites legales de la concesión y amojamiento de los mismos.
- b) Situación en la superficie de los pozos, excavaciones, perforaciones para sondeos, vías férreas, molinos y trituradores y demás detalles características de estas explotaciones.
- c) Levantamiento topográfico completo del terreno ocupado por la concesión.

- d) Confección del plano topográfico correspondiente.
- e) Levantamientos subterráneos necesarios para la situación de todas las galerías de la mina.
- f) Confección de los planos correspondientes en que figuren las galerías, tanto en sección longitudinal, como transversal.
- g) Dibujo del plano geológico.
- h) Cubicación de las tierras y minerales extraídos de la excavación.

#### **11. Levantamiento catastrales**

Comprende los trabajos necesarios para levantar planos de los lindes, cultivos, edificaciones, etc., con fines principalmente fiscales.

#### **12. Levantamientos urbanos**

Se conocen ordinariamente con este nombre aquellos levantamientos tendientes a la confección de planos de

ciudades y sus ensanches, para el estudio del trazado y reforma de calles, suministro de agua, alcantarillado, etc. En la realidad, tanto este levantamiento como el anterior, se diferencian de los demás sólo en el mayor grado de precisión en las mediciones, proporcional al mayor valor del terreno sobre el que se opera.

También se llama plano de población al levantamiento urbano hecho con extremada precisión, en el que se fijan determinados puntos como señales permanentes de referencia, todas las medianerías de casas y sitios, representándose con todo detalle la configuración horizontal y vertical del suelo. Estos planos son de gran utilidad por muchos conceptos, especialmente para proyectos menores y reformas en las grandes ciudades. Las operaciones que integran estos trabajos son las siguientes:

- a) Establecimiento de una red de puntos de apoyo, tanto en planimetría como altimetría, los levantamientos topográficos ordinarios.
- b) Señalamiento de puntos especiales, como esquinas de calles, con marcas adecuadas referidas a un sistema único de coordenadas rectangulares.

- c) Confección de un plano detallado, con la situación y dimensiones de cada casa y sitio.
- d) Preparación de un plano o mapa mural.
- e) Dibujo de uno o varios planos donde se pueda apreciar la red de distribución en el subsuelo (tuberías, alcantarillado, cables, etc.).

### **13. Levantamiento fotogramétrico**

Consiste en aplicar a los trabajos topográficos la técnica de la medición sobre fotografías. Valiéndose de cámaras especiales se obtienen fotografías del terreno, ya sea desde aviones o desde puntos elevados del mismo. Se utiliza el principio de la perspectiva en la producción de detalles que figuran en las fotografías sobre mapas a escalas.

Apoyándose en ciertos puntos bien visibles desde el aire, situados por los métodos topográficos ordinarios, se emplea la fotogrametría aérea en muchos levantamientos para ciertas comprobaciones y para obtener proyecciones reales del terreno. Los últimos adelantos y simplificaciones que se han logrado en la técnica de la fotogrametría aérea, hacen de

este método operatorio el procedimiento más rápido y exacto para efectuar levantamientos, con algunas excepciones tales como cuando el terreno sea relativamente llano, cuando exista arbolado muy denso o cuando la extensión del terreno sea demasiado reducida. Las ventajas principales de la fotogrametría aérea son la rapidez con que se hace el trabajo, la profusión de detalles obtenidos y su empleo en lugares de difícil o imposible acceso desde el propio terreno. Este sistema no sólo se emplea para fines militares, sino también para levantamientos topográficos de obras civiles (caminos, canales, ferrocarriles, etc.) y hasta para usos agrícolas y catastrales.

#### **14. La Fotografía terrestres**

Son levantamientos basados en fotografías tomadas desde estaciones situadas sobre el terreno. Constituyen un excelente medio auxiliar para los levantamientos topográficos clásicos, sobre todo en el caso del trazado de planos a pequeña escala de zonas montañosas. El trabajo consiste en tomar fotografía desde dos o más estaciones adecuadas y utilizarlas después para obtener los detalles del terreno fotografiado, tanto en planta como en alzada.



## 15. Precisión de las mediciones

Al considerar cantidades abstractas se acostumbra a expresar sus valores exactos, pero tratándose de magnitudes físicas, sus valores sólo son exactos dentro de ciertos límites, a causa de los errores inevitables que se cometen en su medición. El grado de precisión de cierta medida depende del método y de los instrumentos empleados, así como de otras muchas circunstancias que intervienen en el desarrollo del trabajo. Es deseable que las mediciones se logren con la máxima precisión, pero desgraciadamente, todo aumento de precisión conlleva un incremento, más que proporcional de tiempo y de trabajo, por lo tanto, se debe proceder solamente con el grado de precisión requerida con cada levantamiento. Por consiguiente, es de suma importancia conocer las causas y las clases de los errores, su efecto sobre las observaciones y los instrumentos y métodos operativos que deben emplearse para mantener tales errores dentro de los límites admisibles para cada caso.

Antes de comenzar un trabajo topográfico, deben considerarse los siguientes aspectos:

a) Finalidad del levantamiento.

- b) Grado de precisión requerido.
- c) Posibilidad de obtener una mayor precisión sin aumento apreciable en el costo del trabajo.
- d) Origen de los errores.
- e) Métodos a emplear para estos errores no sobrepasen los límites permisibles.
- f) Verificación y conexión de los instrumentos antes de empezar el levantamiento.
- g) Organizar el trabajo de terreno para reducir el máximo la duración de las faenas.
- i) Organizar la faena de modo que primero se hagan los trazos principales y luego levantamiento de detalles.
- j) Registrar todas las observaciones en una libreta, siguiendo el procedimiento de leer, registrar, volver a leer y comprobar lo escrito.
- k) Siempre que sea posible, se deberán tabular todas las

observaciones en el campo y comprobarlas.

- 1) En el dibujo topográfico para la selección de la escala se debe tener en cuenta la precisión y claridad requerida por la representación cartográfica.

## **16. La teoría y la práctica**

La topografía es esencialmente un conjunto de técnicas operatorias que utiliza principios matemáticos teóricos simples de fácil aplicación. Sin embargo, es menester que se adquiriera una experiencia práctica sólida para que el trabajo avance uniformemente y se mantenga la precisión. Las demostraciones prácticas por personas de experiencia son muy valiosas para lograr un rápido aprendizaje de los procedimientos de operación.

## **II. ALTIMETRIA**

En las operaciones topográficas estudiadas en Planimetría, no desempeña papel alguno la forma real del terreno en cuanto a su relieve, puesto que las mediciones planimétricas se considera la proyección de la superficie del terreno

sobre la del mar, es decir, sobre una superficie esférica respectivamente de aquella o sobre un plano horizontal. El objeto de la altimetría es representar la verdadera forma del terreno, en mayor o menor extensión, haciendo para ello las mediciones convenientes.

En topografía se entiende por altura o altitud de un punto, su elevación sobre la superficie del mar, supuesta en reposo, es decir, su altura sobre el mar, que es como ordinariamente se expresan las altitudes en topografía.

Para medidas altimétricas de precisión no se toma como referencia la superficie del mar, sino otra definida con más exactitud llamada "superficie de nivel", que es un plano que se conserva siempre perpendicular a la dirección de la gravedad.

Como superficie de nivel se identifica la superficie del mar en reposo y la del geoide, pero la altura de esta última no es tan exacta como requieren las medidas altimétricas de precisión, por lo cual, se toma como referencia una superficie de nivel que coincide en forma muy aproximada con la del mar en reposo, y que queda perfectamente definida por una cierta señal permanente. En España se toma como

superficie de comparación la del nivel medio de las aguas del mar de Alicante, suponiendo que esta superficie se prolonga subterráneamente por toda la extensión del país.

De este modo, sólo tendrá altitud o cota negativa los puntos situados bajo el nivel del mar. A partir de dichas superficie de cota cero, el Instituto Geográfico ha trazado redes de nivelación de gran precisión. Estas redes, llamadas de nivelación de precisión, van siguiendo detalles de importancia, como carreteras, ferrocarriles y otras. Muchos de estos puntos se marcan con planchas circulares metálicas con las iniciales N.P. (nivelación de precisión) y un número, que es el orden en la lista que obra en el Instituto Geográfico donde consta la altitud exacta de cada punto. Además de estas señales de alta precisión, existen otras con la cota ya marcada, de menor precisión, pero siempre referidas a las primeras. A la superficie de nivel se refieren todas las altitudes, tomado aquella como de cota a altura cero.

Los métodos de medición de altura son en realidad determinaciones de diferencias de nivel. Para hallar la altitud de un punto sobre el nivel del mar, se determina la diferencia de altura con una señal de nivelación próxima,



cuya altitud sobre el nivel del mar es conocida. Los métodos para hallar las diferencias de nivel, es decir, para hacer mediciones altimétricas, se designan con el nombre de "nivelación" y se clasifican en "nivelación geométrica o por alturas", "nivelación trigonométrica o por pendiente" y "nivelación barométrica".

La nivelación geométrica consiste en medir directamente la diferencia de nivel entre dos puntos próximos. La trigonometría determina la diferencia de nivel mediante el cálculo de distancias y ángulos cenitales observados, aplicándose este procedimiento a extensiones bastante grandes, como por ejemplo, en una red de triangulación topográfica. La nivelación barométrica, consiste en calcular la diferencia de nivel entre dos puntos, en función de la diferencia de presión atmosférica.

Estos tres métodos son de desigual precisión, siendo el más preciso el primero. Lo sigue el segundo, y después el tercero.

## A. Nivelación geométrica o por alturas

### 1. Método operatorio

Se entiende por nivelación geométrica el sistema de mediciones altimétricas consistentes en determinar la diferencia de altitud entre dos puntos observados, mediante visuales horizontales dirigidos a miras verticales, como se ve en las figuras 1 y 2.

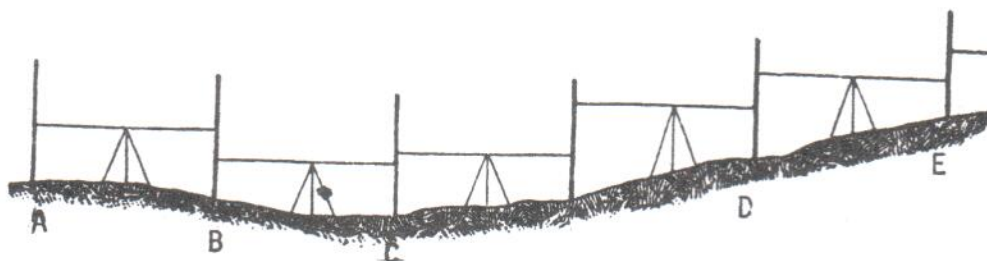


Figura 1. Posición instrumental en una nivelación geométrica entre puntos separados a gran distancia.

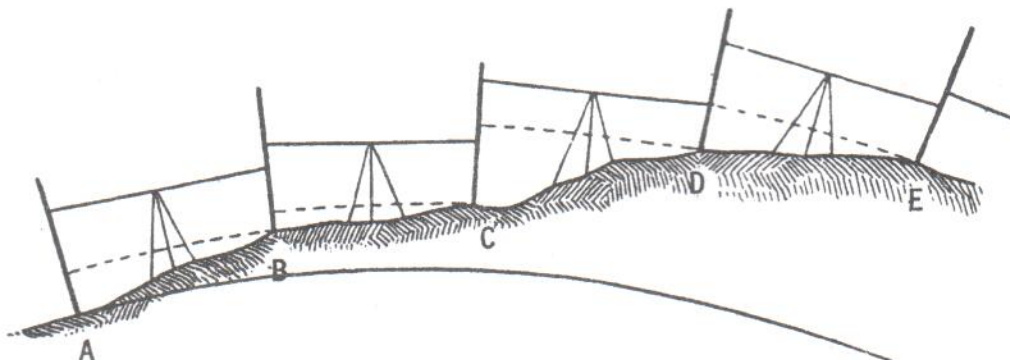


Figura 2. Posición instrumental en una nivelación geodésica.

En la figura 1 se va colocando la mira sucesivamente en los puntos A, B, C, etc. Como el cero de la graduación de la mira está en el punto inferior de la misma, la visual horizontal entre dos puntos consecutivos da directamente la diferencia de altura entre ambos que es igual a la diferencia entre las correspondientes lecturas de miras. Sumando estas diferencias parciales o intermedias, se deduce el desnivel entre puntos situados a cualquier distancia, por grandes que éstas sean.

En la misma figura se da por supuesto que las verticales de todos los puntos son paralelas entre así, cosa admisible únicamente si se hace caso omiso de la curvatura de la superficie terrestre.

Considerando la tierra como una esfera, se comprende fácilmente que la visual horizontal entre cada dos puntos (Fig. 2) da la diferencia entre ambos, con tal que la visual se dirija desde el medio de la distancia que los separa.

El procedimiento nivelatorio representado en las figuras 1 y 2 requiere del instrumento nivelador llamado nivel o equialtímetro con su trípode, para dirigir las visuales

horizontales, y las miras o estadales, para fijar las líneas verticales sobre las cuales se leen las alturas.

La figura 3 nos muestra la teoría y método de trabajo de la nivelación geométrica o por alturas.

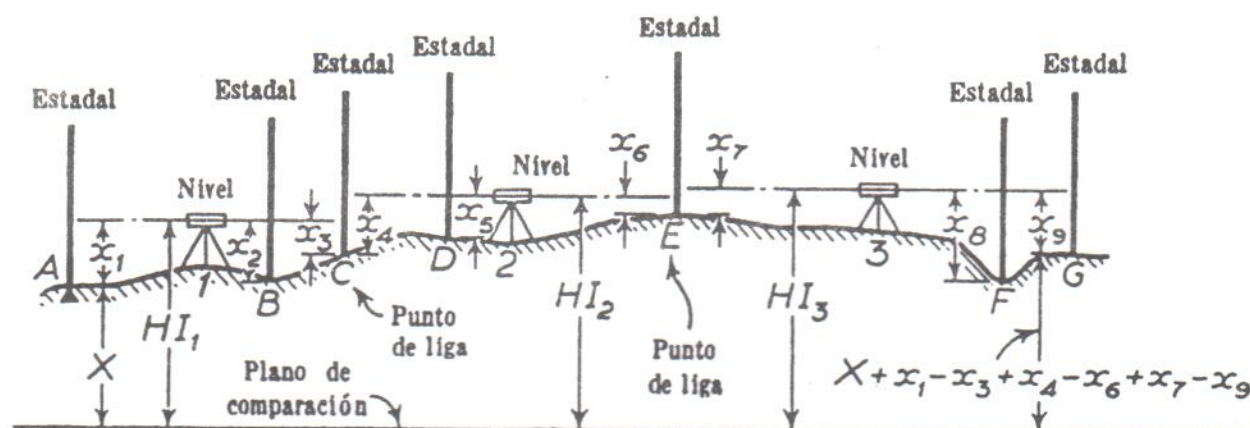


Figura 3. Representación gráfica de la nivelación geométrica de un terreno.

X es la altura o nivel de A con relación a un plano de comparación. Se coloca el nivel en la posición (1) y se sostiene verticalmente un estadal o mira en el punto A. Si la línea de colimación (eje óptico) está horizontal al enfocar el nivel en el estadal, la altura del eje del nivel (A.I.) es X más la altura del estadal  $x_1$ . Si suponemos que la línea de colimación se mueve en un plano horizontal, entonces la altura de cualquier punto en este plano es  $(X +$

X ). En consecuencia, cualquier punto B que se encuentre a una distancia  $X_1$  bajo este plano horizontal, tiene una elevación con relación al plano de comparación de  $(X + X_1 - X_2)$ . De la misma manera, cualquier otro punto, como C, que está a una distancia  $X_2$  bajo el plano horizontal, tiene una elevación igual a  $X + X_3 - X_1$ . Se puede considerar cualquier número de puntos, con tal de que estén dentro del alcance visual del telescopio. Las alturas  $X_1, X_2, X_3$ , etc. se miden todas con el estadal omira (Figura 4).

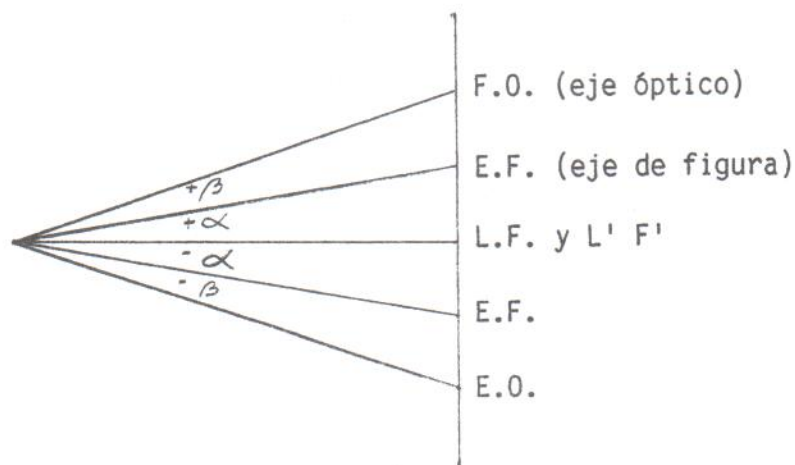


Figura 4. Lecturas de un nivel reversible.



Si se desea determinar el nivel de los puntos que quedan más allá del alcance visual del telescopio, se mantiene el estadal en C y se cambia el instrumento hacia adelante a la posición 2. Entonces C se convierte en el punto cuya altura se conoce con relación al plano de comparación. En consecuencia, el nivel de D con relación a este plano de comparación es igual a  $X_1 + X_3 - X_4 + X_5$ . Si el nivel se cambia a la posición 3 y el estadal permanece en E, el nivel de G es  $(X_1 + X_3 - X_4 + X_6 + X_7 - X_9)$ . Este procedimiento se puede continuar indefinidamente y si la última lectura de estadal es aditiva, es decir,  $X_1 + X_3 - X_4 + X_6 + X_7$ , el total representa una altura de instrumento. Cuando la última lectura es negativa el total representa la altura de algún punto.

Para facilitar el registro de los resultados se han empleado algunos otros términos:

a) Lectura aditiva. (L.A.)

Es la primera lectura de estadal después de que el nivel se ha cambiado a una nueva posición, es decir,  $X_1$ ,  $X_4$  o  $X_7$  o dicho de otra manera, es la lectura que se hace sobre un punto de cota conocida.

b) Lectura deductiva. (L.D.)

Es la última lectura antes de mover el nivel, como  $X_3$ ,  $X_6$  y  $X_9$ , o dicho de otra manera, es la lectura que se hace sobre un punto de cota desconocida.

c) Lectura intermedia. (L.I.)

Es cualquier otra lectura aparte de la aditivas y deductivas y que son de gran ayuda en los métodos operatorios de la nivelación geométrica.

d) Punto de liga o punto de cambio. (P.L. o P.C.)

Cuando se cambia el nivel, el punto en que queda el estadal se le llama punto de liga (ejemplo C y E). Nivel reducido (N.R.) o con frecuencia el nivel de una posición es su elevación arriba de un punto de referencia elegida.

e) La altura del instrumento. (A.I.)

Es la elevación del instrumento arriba de un punto de referencia.

## 2. Registros de Nivelación

Las lecturas de estadales, distancias etc., se anotan en registros adecuados en los cuales se efectúan también los

cálculos a que haya lugar.

Hay dos formas principales de llevar los cálculos en una nivelación secundaria, caracterizadas por el orden en que se efectúan las operaciones para obtener las cotas o niveles reducidos y se denominan: Registro por cota instrumental y Registro por diferencia llamado este último también Registro por ascensos y descensos.

Hemos visto en la figura 3 que la cota del punto B esta en relación al nivel reducido del punto A, sobre el plano de comparación, o sea que:

$$C_B = C_A + L_A - L_1 \text{ (o L D)}$$

Si esta fórmula se escribe:

$$C_B = (C_A + L_A) - L D \text{ (o L I)}$$

El término  $(C_A + L_A)$  es la cota instrumental (C.I.) y constituye la fórmula para los cálculos en el método a que da nombre.

Si se escribe :

$$C_B = C_A + (L.A. - L.D. \text{ o } I.N.T.)$$

el término (L.A. - L.D.) es la diferencia de nivel, y constituye la fórmula para el segundo sistema.

En el primer método se encuentra la cota buscada o nivel reducido agregando a la cota de A, la lectura aditiva, para obtener la cota instrumental (C.I.) a la cual se le resta luego la lectura deductiva (L.D.) o las lecturas intermedias (L.I.)

En segundo, se encuentra la cota buscada agregando a la cota conocida la diferencia de las lecturas entre las miras aditivas y deductivas o intermedias.

Los registros tienen la forma que se indican en los cuadro 2 y 3.

CUADRO 2. REGISTRO POR COTA INSTRUMENTAL.

| OPERARIO :                                  |         |   |                   |       |       |         |         |                       |
|---|---------|---|-------------------|-------|-------|---------|---------|-----------------------|
| PORTAMIRA :                                 |         |   |                   |       |       |         |         |                       |
| DE : PR-A a PR-G NIVEL NI - 2 Zeiss Fecha : |         |   |                   |       |       |         |         |                       |
| Pun.  | Distan. |   | Lecturas de miras |       |       | Cotas   |         | Observa.<br>y croquis |
|   | P       | T | A                 | I     | D     | Inst.   | Punto   |                       |
| PR-A  |         |   | 1.804             |       |       | 101.804 | 100.000 | CA-100                |
| B   |         |   |                   | 1.606 |       |         | 100.198 |                       |
| C   |         |   | 1.755             |       | 1.455 | 102.104 | 100.349 |                       |
| D   |         |   |                   | 1.502 |       |         | 100.602 |                       |
| E   |         |   | 1.203             |       | 1.226 | 102.081 | 100.878 |                       |
| F   |         |   |                   | 1.903 |       |         | 100.178 |                       |
| PR-G  |         |   |                   |       | 1.355 |         | 100.726 |                       |
| TOTAL :                                     |         |   | 4.762             |       | 4.036 |         |         |                       |

CUADRO 3. REGISTRO POR DIFERENCIA.

| OPERARIO :                                  |         |   |                   |       |       |                     |         |                       |
|---|---------|---|-------------------|-------|-------|---------------------|---------|-----------------------|
| PORTAMIRA :                                 |         |   |                   |       |       |                     |         |                       |
| DE : PR-A a PR-G NIVEL NI - 2 Zeiss Fecha : |         |   |                   |       |       |                     |         |                       |
| Pun.  | Distan. |   | Lecturas de miras |       |       | Diferencia<br>cotas |         | Observa.<br>y croquis |
|   | P       | T | A                 | I     | D     | Asc. +              | Desc. - |                       |
| PR-A  |         |   | 1.804             |       |       |                     | 100.000 | CA-100                |
| B   |         |   |                   | 1.606 |       | 0.198               | 100.198 |                       |
| C   |         |   | 1.755             |       | 1.455 | 0.349               | 100.349 |                       |
| D   |         |   |                   | 1.502 |       | 0.253               | 100.602 |                       |
| E   |         |   | 1.203             |       | 1.226 | 0.529               | 100.878 |                       |
| F   |         |   |                   | 1.903 |       | 0.700               | 100.178 |                       |
| PR-G  |         |   |                   |       | 1.355 | 0.152               | 100.726 |                       |
| TOTAL :                                     |         |   | 4.762             |       | 4.036 |                     |         |                       |



La lectura aditiva en el P.R.A. sumada a C<sub>A</sub>, da C.I. (cota del instrumento) = 101.804<sub>m</sub>. La lectura en el punto intermedio B se resta e igualmente la deductiva en C (punto de liga o de cambio), obteniendo las cotas de B y C. En la segunda posición del instrumento (nivel) se hace la lectura aditiva en el punto C = 1.755 que, sumada con la cota de C<sub>m</sub> da la nueva cota del instrumento (C.I. = 102.104) a la cual se le restan las lecturas intermedias y deductivas obteniéndose las nuevas cotas, y así sucesivamente se va repitiendo esta operación.

Como control de valor directo de la cota del P.R.G. se puede hacer el cálculo por :

$$C_{\text{p.R.G.}} = C_{\text{p.R.A.}} + (L.A. - L.D.)$$

$$100.176 = 100.000 + (4.762 - 4.036)$$

Se debe hacer una comprobación del trabajo en cada pagina, que se deduce el método de trabajo, utilizando la fórmula anterior que se puede expresar de esta manera: "La suma de las lecturas aditivas menos la suma de las lecturas deductivas es igual a la diferencia de elevación de la primera y de la última estación que corresponde a estas lecturas aditivas y deductivas".

Otra suma que sirve de comprobación en las lecturas intermedia es la siguiente. "La suma de cada altura de instrumento multiplicada por el numero de elevaciones obtenidas con ellas es igual a la suma de todas las lecturas intermedias, lecturas deductivas y elevaciones, incluyendo la primera elevación.

El aumento o disminución de la altura de una estación, con relación a la precedente se registra en las columnas de ascenso y descenso. Si la lectura es inferior a la anterior, quiere decir que el terreno ha subido y la diferencia se registra en la columna de ascensos, haciendo lo contrario para la columna de los descensos. Después de un punto de cambio, las lecturas intermedias se refieren a la lectura de liga y no a la lectura intermedia anterior.

Los niveles se obtienen añadiendo el ascenso A, o restado el descenso D.

En el registro podemos observar que a la lectura aditiva (1.804) del PR-A se le resta la lectura intermedia del punto B (1.606) y se obtiene la diferencia (0.198) que, sumada a la cota del PR-A, da la cota de este punto; igual operación se hace con la lectura deductiva (1.455). A este valor se le

suman o restan luego las diferencias por lecturas intermedias y deductivas para encontrar la cota del siguiente punto de liga (E), y así sucesivamente.

El control de la cota del PR-G se hace de acuerdo a la fórmula.

En la nivelación secundaria, desde el punto de vista de las operaciones para el cálculo de los puntos de cambio, es indiferente el empleo de uno u otro registro; para el cálculo de la cota de puntos intermedios, es favorable el registro por cota instrumental.

La nivelación geométrica de alta precisión utiliza registros de formato adecuado al instrumento empleado, al método de nivelación doble y a los controles necesarios en cada estacionamiento, para asegurarse de que alcanza la precisión prescrita.

La rapidez en la operación se obtiene con la práctica, tanto en las observaciones como en los cálculos. El novicio no debe tratar de hacer el trabajo de prisa y deberá repetir las lecturas varias veces. Las comprobaciones que se dan, evitan los errores aritméticos solamente, pero no evitan los

errores que se comenten al hacer las lecturas. Por esta razón, el profesional o el técnico debe siempre de tratar de repetir la nivelación de un tramo, haciéndolo en la dirección opuesta.

### 3. Métodos de la nivelación geométrica

Cuando se lleva una nivelación desde un punto A hasta un punto B, en la forma hasta ahora expuesta, por una sola vez, se habla de una nivelación simple. La nivelación simple, como puede observarse, no tiene medios para combatir los errores que el cuidado que se ponga en las operaciones. Cuando se recurre a cualquier procedimiento, destinado a comprobar la nivelación en conjunto a sus operaciones, se habla de nivelación doble. Entre estas nivelaciones podemos distinguir las siguientes:

#### a) Nivelación cerrada

Se entiende por nivelación cerrada la que, habiendo partido de un punto de cota conocida o dada, termina en el mismo punto, después de recorrer todos los puntos que se querían nivelar. Por consiguiente es también nivelación cerrada, la que resulta al nivelar desde un punto A hasta un punto B y en seguida, desde B hasta A,

por vía de comprobación. Cuando se hace esto, conviene hacer el cierre del circuito por otro camino. La comprobación de la nivelación cerrada se obtiene viendo si la suma de todas las lecturas aditivas es igual a la suma de todas las lecturas deductivas.

b) Nivelación por doble visada

Cuando se trabaja con equialtímetros (niveles) que estén previstos de ampolleta de nivel reversible, o sea que su anteojo topográfico puede girar en torno de su eje de figura o geométrico; se puede comprobar cada lectura y al mismo tiempo eleminar los errores instrumentales, haciendo dos lecturas en la mira, utilizando las dos líneas de fe de la ampolleta reversible.

En la figura 4, si el instrumento no está corregido, al centrar la burbuja utilizando una línea de fe (L.F.) se tendrá un error de lectura correspondiente a un ángulo  $(\alpha + \beta)$  al girar el anteojo en torno del eje de la figura (E.F.) y utilizar el otro lado de la ampolleta se obtendrá después de centrar la burbuja, un error correspondiente al ángulo  $(-\alpha - \beta)$  luego el promedio de ambas lecturas queda exento de error. El registro para este método de nivelación es el siguiente:

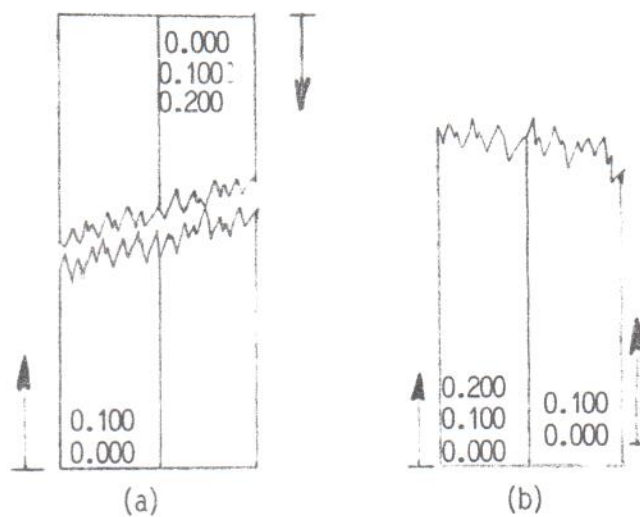


**CUADRO 4. REGISTRO CON VALORES DE LECTURAS ADITIVAS Y DEDUCTIVAS.**

| Punto | Lecturas Aditivas<br>Valores promedios |       | Int. | Lecturas deductivas<br>Valores promedios |       |
|-------|--|-------|------|--|-------|
| A     | 1.588                                  | 1.590 |      |  |       |
| B     |  |       |      | 1.716<br>1.720                           | 1.718 |

c) Nivelación con miras dobles

Para los efectos de comprobar las lecturas, se pueden utilizar miras especiales con doble graduación.



**Figura 5. Miras de tipo doble usadas en nivelaciones.**

En el caso (a) de la figura 5, se muestra una mira que a un lado tiene graduación ascendente desde abajo y por el otro lado el cero arriba y crece hacia abajo. En esta forma, haciendo lecturas en ambas escalas, las lecturas deben resultar complementarias respecto a la longitud total de la mira. En el caso (b) muestra una mira que tiene dos graduaciones ascendentes, una de las cuales tiene el cero en el pie y de obra más arriba, en una cantidad conocida, pero que sea una fracción decimal irregular del metro. La comprobación es que ambas lecturas deben diferir en el valor del desplazamiento de los ceros.

#### **4. Nivelación con doble serie de puntos de mira**

En este método de nivelación se utilizan dos miras con alarifes distintos; por esta razón se llama también de itinerario con doble mira. También puede usarse una sola mira casi con el mismo buen resultado que las dos, en cambio se invertirá mucho más tiempo.

Se establecen dos series de puntos de cambio o de mira, de tal modo que en cada estación del nivel se hacen dos lecturas independientes aditivas y otras dos deductivas. Los

puntos de mira de una de las series se toman ordinariamente, cerca de 50 cm más altos que los correspondientes de la otra serie para eliminar la posibilidad de cometer el mismo error material al leer las divisiones sobre ambas miras. Cuando se opera con dos alarifes, uno sigue el itinerario y el otro el bajo.

### 5. Nivelación por doble posición instrumental

Consiste en llevar la nivelación a lo largo de una serie de puntos; pero entre cada dos puntos de cambio sucesivos se hacen dos instalaciones distintas del instrumento.

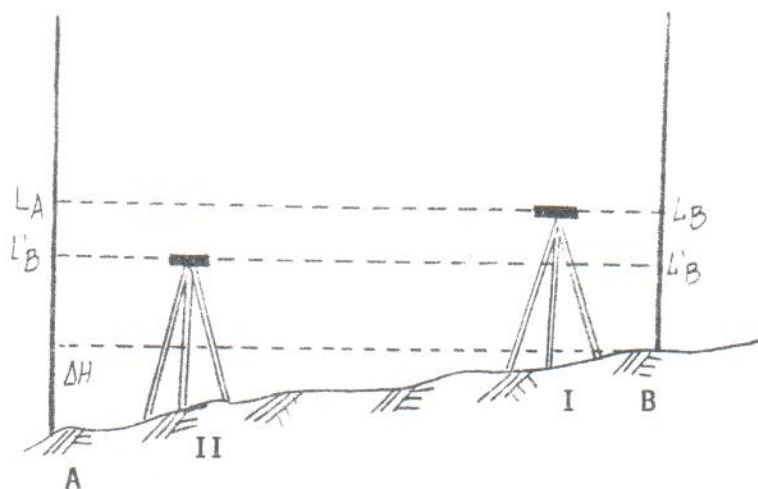


Figura 6. Posturas de instrumentos en nivelación doble.

En la Figura 6 la comprobación resulta verificando si las diferencias de nivel con los datos de las dos posiciones, son las mismas. Se acepta una pequeña tolerancia.

$$\Delta H = LA - LB = L'A - L'B$$

Naturalmente conviene llevar en este caso un registro por diferencia.

#### 6. Nivelación recíproca

Cuando la distancia entre dos puntos A y B es grande (200 a 300 metros) y se requiere determinar su desnivel, sin ser posible, o muy difícil llevar una nivelación de uno a otro, y no pudiendo poner el aparato entre los dos puntos para evitar error por curvatura y refracción, se puede recurrir a este procedimiento (atravesar un río, un lago, una barranca, etc.).

Se toman lecturas en dos estadales colocados en los puntos, en cada una de las dos posiciones del aparato según se ve en la figura. Las dos posiciones del aparato deben estar en las prolongaciones de la línea AB, y a igual distancia.

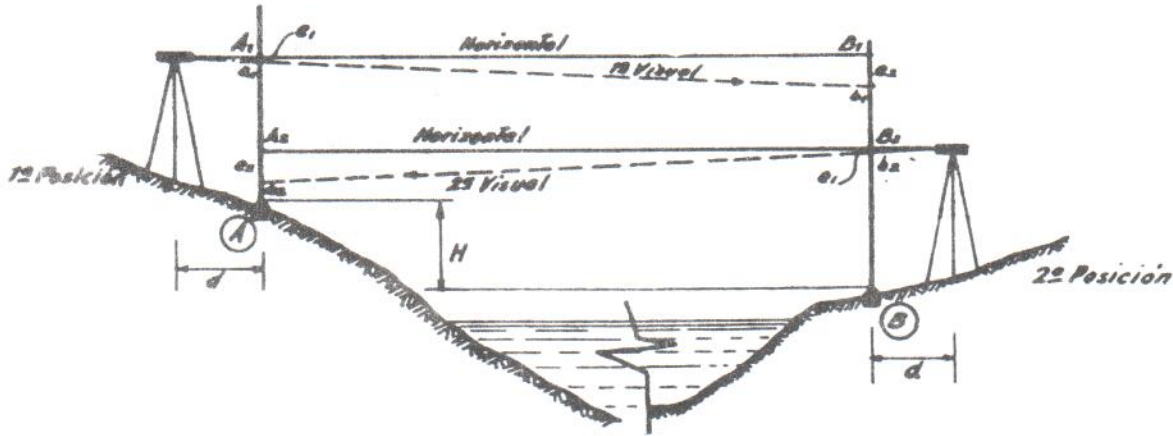


Figura 7. Postura de instrumentos en nivelación recíproca.

$d$  = Distancia a que se pone el nivel del estado (5 ó 10 m) IGUAL EN LAS DOS POSICIONES para que los errores sena iguales.

en la 1ª posición

- $A_1$  = lectura que se haría en (A) si no hubiera erro
- $a_1$  = lectura real que se hace en (A) con el erro ( $e_1$ )
- $B_1$  = lectura que se haría en (B) si no hubiera error
- $b_1$  = lectra real que se hace en (B) con el error ( $e_1$ )

en la 2ª posición

- $B_2$  = lectura que se haría en (B) sin error
- $b_2$  = lectura real en (B) con el erro ( $e_2$ )
- $A_2$  = lectura que se haría en (A) sin erro
- $a_2$  = lectura real en (A) con el erro ( $e_2$ )



$$A - a = e$$

$$1 \quad 1 \quad 1$$

$$B - b = e$$

$$2 \quad 2 \quad 1$$

$$A - a = e$$

$$2 \quad 2 \quad 2$$

$$B - b = e$$

$$1 \quad 1 \quad 2$$

En la primera posición en (A) :

$$H + a + e = b + e \dots\dots\dots (19)$$

$$1 \quad 1 \quad 1 \quad 2$$

En la segunda posición en (B) :

$$b + e = H + a + e \dots\dots\dots (2)$$

$$2 \quad 1 \quad 2 \quad 2$$

restando (1) - (2) :

$$H + a + e = b + e$$

$$1 \quad 1 \quad 1 \quad 2$$

$$- b - e = -H - a - e$$

$$2 \quad 1 \quad 2 \quad 2$$


---

$$H + a - b = H + b - a$$

$$1 \quad 2 \quad 1 \quad 2$$

$$2H = b + b - a - a$$

$$1 \quad 2 \quad 1 \quad 2$$

|                                       |
|---------------------------------------|
| $H = \frac{b_1 + b_2 - a_1 - a_2}{2}$ |
|---------------------------------------|

Desnivel entre A y B

## **B. Errores en la nivelación**

Los errores que pueden cometerse en las nivelaciones obedecen a alguna o a la totalidad de las causas siguientes:

### **1. Descorrección del instrumento**

En cuanto al buen resultado de la nivelación, la única condición esencial que se ha de llenar el equialtímetro es que el eje óptico del anteojo sea paralelo con la línea de fe de la ampolleta del nivel. Toda falta de paralelismo entre estas dos líneas ocasiona error sistemático, en virtud del cual, aunque la burbuja esté exactamente centrada, la línea de mira estará siempre inclinada hacia arriba o hacia abajo. Es evidente que el error de lectura de mira debido a este defecto será proporcional a la distancia entre el nivel y la mira y que para una distancia dada será igual en magnitud y signo para las visuales de espalda que para las de frente; puesto que las lecturas aditivas se suman a las deductivas se restan, es natural que el error en altura será eliminado cuando entre los puntos extremos la suma de las distancias de espalda sea igual a la suma de las de frente. Inversamente se cometerá un error sistemático en tanto estas distancias no sean entre sí iguales. Ocurre con frecuencia,

tratándose de itinerarios de bastante longitud, que tales distancias se equilibran muy aproximadamente, obteniéndose un resultado final satisfactorio; pero ello no quiere decir que las cotas intermedias queden determinadas con la misma precisión.

El efecto de una corrección defectuosa del instrumento se reduce al mínimo corrigiendo éste cuidadosamente y tomando las distancias de frente iguales a las de espalda. En nivelaciones de precisión este error se reduce aun más mediante el cálculo.

El error procedente de esta causa es de carácter accidental, quedando prácticamente eliminado cuando se hace el enfoque con todo cuidado.

## **2. Curvatura terrestre**

Este error debe ser tenido en cuenta sólo en el caso de no ser iguales las visuales de espalda y las de frente. En circunstancias normales, estas distancias no varían gran cosa entre sí, de todos modos, el error debido a esta causa es accidental y en las nivelaciones ordinarias es tan pequeño que puede prescindirse de hacer la corrección

correspondiente. Cuando las visuales de espalda son mucho más largas que las de frente, o al contrario, se produce un error de magnitud bien apreciable, sobre todo si las visuales son de gran longitud. El efecto es el mismo que el debido a la inclinación de la línea de mira del anteojo. El error varía proporcionalmente al cuadrado de la distancia entre el nivel y la mira, por lo cual no se elimina con sólo igualar la suma de las visuales de espalda con las de frente, sino procurando que cada visual de espalda sea igual a su correspondiente de frente.

### 3. Refracción atmosférica

El efecto de la refracción atmosférica varía en razón directa del cuadrado de la distancia, pero en condiciones normales y equivale solamente a una séptima parte del originado por la curvatura terrestre, siendo de signo contrario a este último. Generalmente, para el cálculo se combina este error con el de curvatura, pero así como este se elimina cuando se iguala cada visual de espalda con la de frente, la refracción atmosférica cambia con frecuencia rápida y considerablemente en pequeñas distancias, aumentando de modo notable su efecto cuando la visual pasa muy cerca del suelo. Por esta causa es imposible eliminar

enteramente el error de fracción aunque las distancias de espalda sean iguales a sus correspondientes de frente. En las nivelaciones corrientes entre error es despreciable; en las de precisión, puede reducirse al mínimo el efecto de los cambios de refracción procurando que la visual esté a bastante altura sobre el suelo (por lo menos a más de 50 cm) y haciendo la lectura de frente inmediatamente después que la de espalda. En los itinerarios de cierta longitud este error es accidental, pero cuando la nivelación se hace en poco tiempo, por ejemplo en un día, puede convertirse en sistemático. Las ondas que sobre el suelo forma el aire caliente son una buena medida de la rapidez con que puede variar la refracción; los errores debido a esta causa pueden reducirse acortando la distancia de la mira hasta que éste se vea claramente, si la menor oscilación de sus divisiones.

#### **4. Variación de temperatura**

El incidir los rayos del sol sobre el anteojo, o sólo en uno de sus extremos, se produce una especie de desplazamiento que puede influir en las lecturas a causa de descorrección accidental. El error que así se produce no tiene gran trascendencia cuando se trata de nivelaciones más afinadas. Este error es corrientemente accidental, pero bajo ciertas



circunstancias puede convertirse en sistemático; prácticamente queda eliminado resguardando el instrumento de los rayos solares.

#### 5. Mira de longitud errónea

El error que así se produce es sistemático y varía proporcionalmente al desnivel, sin relación alguna con la longitud del itinerario. Puede eliminarse este error contrastando la mira con un patrón de longitud y aplicando la corrección correspondiente. El caso es el mismo que se tiene cuando se mide una distancia con una cinta errónea, por exceso o por defecto. Si la mira es demasiado larga, se suma la corrección al desnivel; si es demasiado corta, se resta.

Casi todas las miras salen de fábrica con su longitud exacta, pero cuando hay que determinar desniveles son pocas las miras que no necesitan corrección si la nivelación ha de ser muy precisa.

Cuando la mira se desgasta de modo uniforme por su pie se produce un error en la cota del instrumento para cada estación, pero el error de la nivelación de espalda queda

compensado con el de la nivelada de frente, por lo cual no resulta errónea la altura del punto de adelante.

#### 6. Dilatación o contracción de la mira

Los cambios de humedad o de temperatura pueden dar lugar a una dilatación o a una contracción de la mira. El error que así resulta es sistemático. Las miras de madera bien curada y pintadas se alargan o se encogen en la dirección de la fibra, pero en muy poca cantidad; su coeficiente de dilatación técnica es prácticamente insignificante; por tanto, el error que pueda provenir de esta causa no tiene la menor importancia en las nivelaciones de poca precisión. Para trabajos de precisión se introducen en la mira unas piezas de latón, con un punto marcado en cada una, cuya distancia se mide esmeradamente para aplicar la correspondiente corrección. Las correcciones por dilatación térmica se hacen partiendo de la temperatura de la mira, dada por un termómetro unido a la misma, cuya temperatura se anota en la libreta de nivelación. Puede emplearse una cinta invar sobre la mira.

### 7. Mira inclinada

En estas condiciones las lecturas son falsas por exceso. Al nivelar sobre terreno en pendiente, el error cometido es sistemático.

### III. BIBLIOGRAFIA

1. J.A. SANDOVER y D.H. MALING. 1967. Topografía, Compañía Editorial Continental. S.A. México-España.
2. REYMOND E. DAVIS y JOE W. KELLY 1971. Topografía.
3. ELEMENTAL, COMPANIA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. MEXICO-ESPAÑA-ARGENTINA-CHILE.
4. DANTE ALCANTARA GARCIA, 1990. Mc Graw-Hill-Interamericana de México. S.A. de C.V.
5. JAMES M. ANDERSON y EDWARD M. MIKHAIL. 1988. Introducción a la Topografía, Mc Grae-Hill de México, S.A. de C.V.

