

TOPOGRAFÍA A

COMPILADO TEÓRICO

TOPO_a
F A U D

Índice

_Introducción

Capítulo 01 CONCEPTOS GENERALES

- 01.01_ Definiciones Básicas
- 01.02_ Nociones de la Teoría de Errores
- 01.03_ Operaciones Topográficas Auxiliares
- 01.04_ El Instrumental Topográfico
- 01.05_ Reconocimiento de un Terreno

Capítulo 02 PLANIMETRÍA

- 02.01_ El Instrumental Sencillo
- 02.02_ Operaciones de Planimetría Sencilla
 - _ Operaciones con cinta:
 - _ Medición de líneas con cinta
 - _ Trazado de Perpendiculares
 - _ Medición de ángulos
 - _ Intercalación de puntos con Obstáculo
 - _ Medición de líneas en terrenos con obstáculo
 - _ Trazado de paralelas
 - _ Replanteo de curvas circulares
 - _ Levantamiento Planimétrico

Capítulo 03 ALTIMETRÍA

- 03.01_ Definiciones y conceptos básicos
- 03.02_ La Nivelación Geométrica
- 03.03_ El Instrumental

Capítulo 04 ALTIMETRÍA APLICADA

- 04.01_ Determinación de desniveles de terreno
- 04.02_ Levantamiento de Perfiles de Terreno
- 04.03_ Nivelación Aplicada a Obras de arquitectura
 - _ Nivelación aplicada a casos de Relevamiento
 - _ Nivelación aplicada a casos de Replanteo
 - _ Cambio de Estación para casos de relevamiento y replanteo
 - _ Nivelación aplicada al control en la ejecución de obras

Capítulo 05 PLANIALTIMETRÍA

- 05.01_ Generalidades de las Curvas de Nivel
- 05.02_ Equidistancia
- 05.03_ Levantamientos Planialtimétricos
 - _ Método de la cuadrícula o reticulado
 - _ Método de la taquimetría Sencilla
- 05.04_ Métodos de interpolación

Capitulo 06 CÁLCULO DE VOLÚMENES DE MOVIMIENTO DE SUELO

06.01_ Introducción - Conceptos

06.02_ Determinación de la superficie para el cálculo de Volumen

06.03_ Métodos de Cálculo de volumen en Movimiento de Suelo

- _ Método por altura ponderada o promedio de alturas

- _ Método de la media de las áreas aplicada a Curvas de Nivel

- _ Método de la media de las áreas aplicada a Perfiles de terreno

INTRODUCCIÓN //////////////////////////////////////

El rol de la **Topografía** en el proceso de aprendizaje para la formación del Arquitecto es fundamental ya que brinda los conocimientos y las herramientas para poder abordar un proyecto arquitectónico, de manera integral.

Es necesario reconocer que el elemento de estudio de la Topografía, *la superficie terrestre*, para nuestras disciplinas y formación es entendido como *el suelo, el lote, el sitio* y es aquel que connota de significado el espacio físico, es el **insumo fundamental** para iniciar el proceso de diseño de un objeto arquitectónico.

Es de importancia reconocer cuales son los aportes de la Topografía al Arquitecto, como por ejemplo: El conocimiento de la morfología del terreno, la implementación para el replanteo de obras, relevamiento de construcciones existentes, levantamiento de perfiles, planialtimetrías del terreno y realización de planos con curvas de nivel, entre otros.

Como Arquitectos debemos reconocer, que en todo proceso de un proyecto arquitectónico nos valemos de métodos e instrumentos propios de la Topografía para poder conocer y entender el terreno donde luego se construirá una obra. Por ello, la Asignatura tiene como eje fundamental lograr que los alumnos tomen contacto con estas realidades, lo que hace que el egresado, sea un profesional más completo en el desarrollo de su práctica profesional.

El Arquitecto, como cualquier otro profesional relacionado con la construcción, necesita alcanzar tres objetivos fundamentales con relación a la Topografía, a saber:

- 1 / En primer lugar debe ser capaz de ubicar el terreno donde se realizará el trabajo, ya se trate de un proyecto de construcción o de refacción, dentro del territorio (ciudad o zona rural) y en las oficinas de catastro¹ municipales, y eventualmente provinciales, y también debe poder obtener y/o verificar los datos referidos a su Propietario. En otras palabras debe estar seguro que está trabajando en el terreno correcto y que quien le encarga el trabajo sea efectivamente el dueño del inmueble de manera de evitar problemas futuros de difícil y costosa solución.
- 2 / El segundo objetivo que debe poder verificar las medidas lineales, angulares y de superficie y obtener toda aquella información adicional necesaria para el proyecto o para realizar modificaciones a una obra existente. Esto se refiere a poder tomar las medidas exactas en el sitio, como así también tomar los niveles y alturas, realizar un plano topográfico que muestre el relieve del terreno, y todo otro elemento que sea relevante a los efectos del trabajo. Puede con estos datos realizar un modelo digital del terreno que puede ser utilizado para futuras presentaciones del proyecto al cliente. Se trata En definitiva de obtener toda la información que sea relevante para poder realizar el proyecto ejecutivo de la obra.
- 3 / El tercer objetivo tiene la mayor importancia desde el punto de vista de la ejecución de la obra y consiste en que el profesional (el arquitecto, el ingeniero, el constructor) y el capataz sean capaces de replantear la obra y hacer el seguimiento y verificación de las dimensiones de todos los elementos constitutivos de la misma los efectos de poder garantizar que la obra se ejecutará de acuerdo a los planos y especificaciones previstas en el proyecto ejecutivo.

Los dos primeros puntos son fundamentales para la realización de proyectos es decir son actividades propias de los arquitectos, ingenieros y profesionales afines que se dedican a realizar el proyecto de construcciones y edificaciones.

El tercer punto comprende gran parte de las tareas de dirección técnica y controles de obras que son llevadas a cabo fundamentalmente por el director técnico de la obra o en su defecto por el personal que él designe, particularmente los capataces de obra y aún en obras pequeñas pueden estar a cargo de directamente de gente de la construcción, albañiles y otros gremios, de manera que en estas tareas la cantidad de personas involucradas es mayor y provienen de los más distintos oficios y estratos sociales, destacando que personas que no han tenido la oportunidad de acceder a una instrucción adecuada, pueden llegar a realizar estos controles satisfactoriamente si se le brindan las indicaciones necesarias.

Los profesionales a cargo de obras muy probablemente tengan la posibilidad de instruir a su personal para que realice las verificaciones y lleve a cabo los controles día a día y dejar para el director técnico una supervisión de tipo general. El director técnico debe ubicar los puntos fijos que servirán para el replanteo y control de la obra. Es responsabilidad del Profesional este tema y no puede ser en ningún modo delegado a capataces o albañiles. Los puntos fijos son aquellos que materializan los ejes de replanteo planimétrico y los mojones y marcas que definen los niveles de los elementos de la construcción. Los capataces y el personal de obra deben ser capaces de interpretar todo esto y poder hacer los traslados de ejes y niveles en una escala menor que les permita realizar sin inconvenientes sus tareas específicas.

Por eso es muy importante la conexión que existe entre los profesionales y el personal de obra para el éxito de la construcción que se está ejecutando.

El motivo fundamental de este trabajo es precisamente informar sobre los dos primeros puntos de una manera más general, y dedicada a los profesionales. Sobre el tercer punto, todo lo referente a la dirección de obras, hay intervención también de los capataces, albañiles y oficiales de otros gremios, fundamentalmente relacionados con las instalaciones, por lo que se pretende tratarlos con más detalle, con una aplicación directa a la obra.

El objetivo del apartado primero se alcanzará estudiando el tema llamado “Ordenamiento Territorial” donde se estudiarán cómo están organizados los catastros a nivel municipal y dando alguna información sucinta de cómo se organiza un catastro a nivel provincial.

El objetivo del apartado segundo requiere el estudio los temas fundamentales de topografía en particular todo lo que hace a los temas de planimetría sencilla, altimetría y planialtimetría. Con esto se pretende que profesional capaz de trazar planos exactos, de manera que su proyecto pueda dibujarse sobre éstos y con un grado de precisión compatible con la requerida para la construcción, logrando así evitar los cambios de dimensiones sobre la marcha, que obligan a costosas modificaciones y pérdidas de tiempo. Deberán estudiarse los instrumentos topográficos, los métodos de medición y hacer la práctica campo necesaria para poder hacer estos levantamientos en forma adecuada.

El tercer objetivo requiere que tanto el profesional como el capataz tengan un conocimiento muy claro de la interpretación de los planos de proyecto. Con relación a los albañiles y capataces, este punto es muy delicado y suele traer demasiada confusión cuando dicho personal no conoce debidamente las normas de dibujo de los planos. El personal de obra suele ser bastante hábil para entender lo que está haciendo en el lugar en cuanto a replanteo y en cuanto a niveles lo que ocurre, pero en general le resulta bastante difícil hacer la

lectura correcta de los planos. Lo que aquí se pretende es que este personal que ha hecho esas tareas de replanteo y control con métodos muy modestos, ahora aprenda a hacerlo con un instrumental de mayor precisión que le va a dar un nivel de terminación mucho mejor a su trabajo. Aquí es muy importante la práctica de campo y obra, donde el operador deberá alcanzar un nivel de destreza bastante grande con el manejo del instrumental para poder hacer el trabajo bien y con seguridad.

Para poder cumplir con sus objetivos, el Arquitecto necesita conocer:

- Los conceptos básicos de la topografía, que le permitirán tanto la interpretación de los antecedentes, (planos, mapas, informes, etc.) como así también la comunicación interdisciplinaria con otros profesionales con que deba actuar (Ingenieros, Agrimensores, Topógrafos, etc.) y comprender con claridad conceptual las tareas que deba ejecutar.
- El Instrumental Topográfico con que realizará las tareas.
- La precisión que es posible alcanzar en las mediciones que deban realizarse y la tolerancia que es permitida para trabajar en cada caso. Para esto se estudiarán algunos conceptos preliminares de la Teoría de Errores.
- Los procedimientos para efectuar las mediciones y sus fundamentos teóricos.

01.

CONCEPTOS GENERALES

01.01 DEFINICIONES BÁSICAS //////////////////////////////////////

¿Qué es la Topografía?

La Topografía es la ciencia que tiene como objeto principal el estudio y representación de la forma y las dimensiones de la superficie terrestre a partir de la proyección de esta superficie sobre un plano horizontal.

Se puede decir que es una ciencia auxiliar muy importante para el campo de la construcción civil, es decir, arquitectura e ingeniería, tanto en las etapas de proyecto, construcción y control.

Se denomina así a la disciplina que se encarga de describir de manera detallada la superficie de un determinado terreno, estudia las dimensiones y formas de la superficie terrestre proyectada sobre un plano horizontal de referencia. Esto se logra por medio de mediciones lineales, angulares y de altitud.

Es importante considerar que en Topografía se trabaja con la hipótesis de que la tierra es plana a diferencia de la Geodesia, que si considera la curvatura terrestre aplicándose a líneas y áreas de gran extensión.

La topografía para su estudio suele dividirse en las siguientes partes:

PLANIMETRÍA:

Tiene el objeto de estudiar las posiciones de los puntos a considerar proyectados sobre un plano horizontal. A su vez se divide en: planimetría sencilla y planimetría de precisión, dependiendo del instrumental con que se lleva a cabo. La planimetría sencilla se realiza con instrumental sencillo, entendiéndose por tal: cintas, fichas, escuadras y algunos elementos accesorios y la planimetría de precisión fundamentalmente con instrumental de precisión tales como teodolitos, estaciones totales y equipos GPS de precisión.

Estudia los métodos e instrumentos necesarios para obtener la proyección de los puntos de la superficie terrestre sobre un plano horizontal, independientemente de cuál sea la altura de dichos puntos sobre el plano de comparación.

ALTIMETRÍA:

Tiene por objeto conocer las alturas de los distintos puntos que se van a considerar en un levantamiento. Se realiza utilizando fundamentalmente el nivel de anteojo y eventualmente otros instrumentos como teodolitos, estaciones totales o equipos GPS.

Estudia los métodos e instrumentos para determinar la altura de los puntos de la superficie terrestre sobre un plano horizontal de comparación.

PLANIALTIMETRÍA:

Se entiende a esta como la combinación de levantamientos planimétricos y altimétricos simultáneamente y

que tienen por objeto fundamental representar el relieve del terreno.

Estudia en forma conjunta los métodos e instrumentos planimétricos y altimétricos. Es decir que considera tanto la posición de los puntos como la altura de estos llevados a un plano horizontal de referencia.

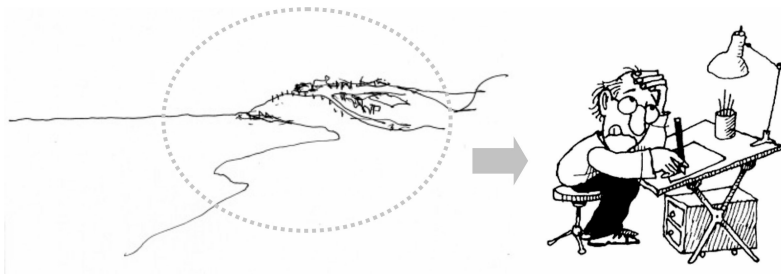
Hay que considerar también que la topografía considera a la Tierra como plana y esto se justifica porque los levantamientos topográficos son de relativamente poca extensión. En levantamientos menores a una superficie del orden de unos 20 por 20 kilómetros la influencia de la curvatura de la tierra es insignificante a los fines prácticos de la construcción.

Para levantamientos de mayor extensión que no son motivo del presente trabajo se aplica la Geodesia que considera la Tierra como esférica y es materia de estudio para otras profesiones tales como la de ingeniero agrimensor. La geodesia tiene por objeto la representación de grandes extensiones de superficie de la Tierra y en general es llevada cabo por organismos gubernamentales.

Previo a seguir avanzando, es preciso definir con precisión algunos términos a saber:

> LEVANTAMIENTO / RELEVAMIENTO

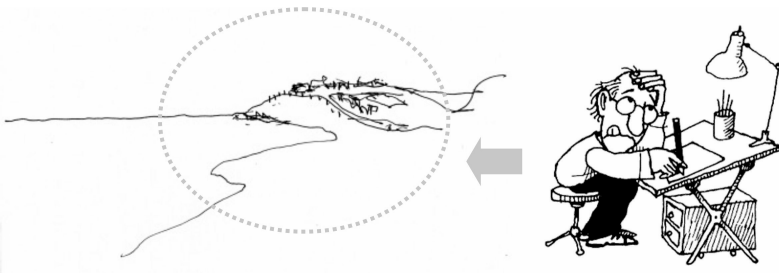
Es la operación que consiste en tomar un conjunto de mediciones lineales, angulares, de altura, etc. destinadas a fijar la posición planimétrica y altimétrica de puntos de interés ubicados en el terreno llevados a un plano horizontal de referencia. Los Arquitectos corrientemente aplican para esta tarea el término “relevamiento”, que en rigor es una medición de una obra de arquitectura (casa, edificio, galpón, etc.) para dibujar un plano de la misma con un fin determinado.



Es decir que los puntos importantes del terreno son levantados y llevados a un plano de dibujo.

> REPLANTEO

Es la operación que consiste en **llevar al terreno el contenido del plano del proyecto** y materializar los puntos proyectados de modo que se respeten las medidas lineales, angulares, alturas de proyecto, etc. con el objeto de realizar su construcción.



Es decir que los puntos importantes del proyecto son llevados al terreno para luego construir.

DISTANCIAS (Fig.1):

.HORIZONTAL, TOPOGRÁFICA ó VERDADERA: Es la dada por la proyección del segmento que une dos puntos, (A-B) sobre un plano horizontal.

.GEOMÉTRICA: Es la medida que corresponde al segmento que une dos puntos en línea recta.

.NATURAL: Es la que resulta de seguir las sinuosidades del terreno comprendido entre dos puntos.

ÁNGULOS (Fig.2):

.ÁNGULO DE POSICION (ϵ): Es el ángulo definido por tres puntos en el espacio y/o superficie del terreno.

.ÁNGULO HORIZONTAL (α): Es el ángulo de posición proyectado sobre un plano horizontal de referencia.

.ÁNGULO VERTICAL (Fig.3): Es el ángulo determinado por la dirección AB y la horizontal que pasa por uno de los puntos.

ALTURA (Fig. 4):

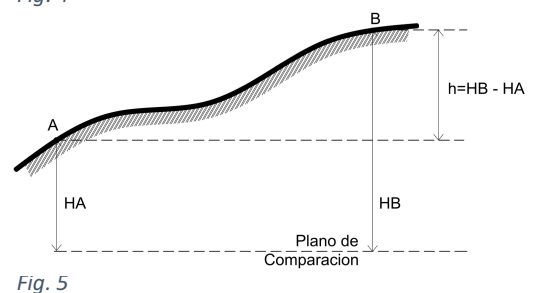
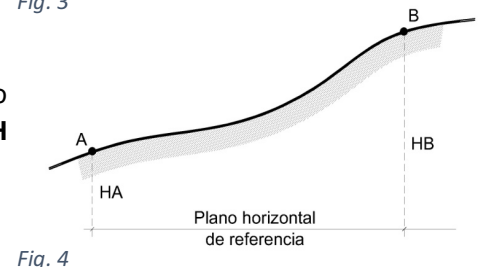
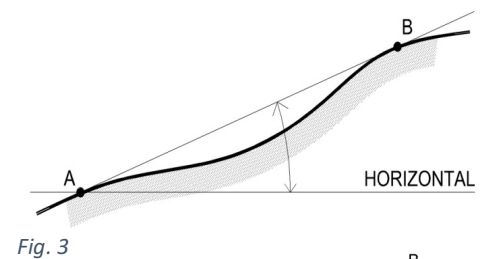
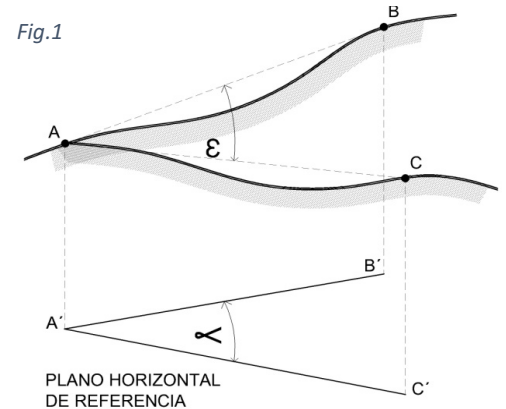
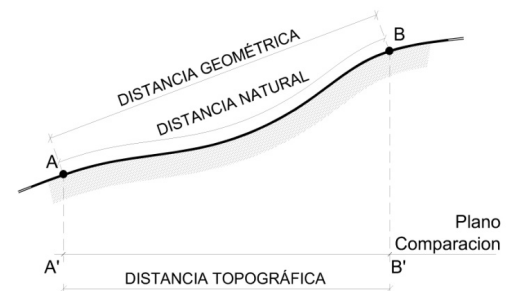
Es la distancia vertical medida desde un punto ubicado en el terreno hasta un plano horizontal de referencia. Se designa con la letra **H** mayúscula.

ALTURA ABSOLUTA:

Es la distancia vertical medida desde un punto ubicado en el terreno hasta un plano horizontal de referencia tomado por el Nivel medio de la Aguas del mar en reposo.

DESNIVEL (Fig. 5):

Es la diferencia entre las alturas de los puntos considerados.



La superficie en Topografía siempre es considerada como la proyección de la superficie natural sobre un plano horizontal de referencia, y es la que se consigna en todos los planos de mensura, loteo, parcelarios, etc.

En Topografía se utilizan combinaciones de estas medidas básicas para calcular las posiciones relativas entre puntos cualesquiera del terreno. Los procedimientos para ejecutar las mediciones son propiamente uno de los objetivos fundamentales del estudio de esta materia.

ESCALAS:

La representación gráfica de un levantamiento topográfico, como así también los planos de las obras, se realizan siempre en una determinada escala. La escala es la relación de tamaños entre el objeto real y su representación gráfica, o su maqueta. Este concepto puede expresarse por:

$$\frac{\text{Tamaño representado}}{\text{Tamaño real}} = \frac{1}{M}$$

donde **M** es el módulo de la escala. Por ejemplo, si se está representando un objeto en escala 1:100; el número 100 es el módulo de dicha escala y significa que la relación de tamaños es tal que la representación del objeto real es 100 veces más pequeña que dicho objeto.

PENDIENTE

La pendiente es la medida de la inclinación del terreno, de un elemento constructivo, o de un objeto cualquiera. Está dada por el ángulo vertical α y puede expresarse en tres formas:

- Mediante el valor del ángulo (Ej: $\alpha = 10^{\circ}20'$)
- Mediante el valor de la tangente trigonométrica del ángulo (Ej: $\text{tg } \alpha = 0,18233$)
- En porcentaje, que consiste en multiplicar por 100 el valor de la tangente trigonométrica del ángulo α (Ej: Pendiente en % = 100. $\text{tg } \alpha = 18,2\%$)

01.02 NOCIONES DE LA "TEORÍA DE ERRORES" //////////////////////////////////

El estudio de este tema permite al profesional saber con qué precisión está realizando las mediciones, y fundamentalmente evaluar si está usando un método adecuado con la exactitud requerida para el trabajo que está haciendo. No es lo mismo un reconocimiento preliminar que un replanteo de una estructura con elementos prefabricados. Para comprender mejor veremos algunas definiciones que nos serán de mucha ayuda en los trabajos topográficos:

ERROR

Un **error** es la diferencia entre el **valor medido** y el **valor verdadero** de una cantidad, o sea:

$$E = x - \bar{x}$$

donde **E** es el error en una medición, x es el valor medido y $\bar{x}$ es el valor verdadero.

Puede afirmarse que:

- 1 / Ninguna medida es exacta
- 2 / Toda medida tiene errores
- 3 / El valor verdadero de una medición nunca se conoce y, por tanto,
- 4 / el error exacto que se encuentra en cualquier medida siempre será desconocido.

Es por esto que en topografía trabajaremos con el **VALOR MAS PROBABLE** de una medición que es el que surge de efectuar varias mediciones redundantes. Las mediciones redundantes son aquellas que se efectúan en exceso de las mínimas necesarias para determinar una magnitud.

Por ejemplo: Para una sola incógnita, como la longitud de una línea, que ha sido medida directa e independientemente varias veces usando el mismo equipo y procedimiento, la primera medición determina un valor para la longitud y todas las mediciones adicionales son redundantes. El valor más probable en este caso es la media, resultara de la suma de las medidas individuales que se encuentran dentro de la **tolerancia** dividido el total de dichas observaciones, es decir de calcular el promedio de las mismas.

TOLERANCIA

La tolerancia es el error permitido para una determinada medición, dependerá de la **precisión** del instrumento con el que se trabaje y la necesidad del trabajo que se ha de realizar.

PRECISIÓN

La precisión se refiere al grado de refinamiento o consistencia de un grupo de mediciones y se evalúa con base en la magnitud de las discrepancias. Si se hacen mediciones múltiples de la misma cantidad y surgen pequeñas discrepancias, esto refleja una alta precisión. El grado de precisión alcanzable depende de la sensibilidad del equipo empleado y de la habilidad del observador.

Causas de errores al realizar mediciones:

Existen tres causas debido a las cuales se cometen errores al efectuar mediciones, y se clasifican de la siguiente manera:

Errores naturales: Son causados por variaciones del viento, la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la refracción atmosférica, la gravedad y la declinación magnética. Un ejemplo es una cinta de acero cuya longitud varía con los cambios de temperatura.

Errores instrumentales: Estos se deben a imperfecciones en la construcción o ajuste de los instrumentos y del movimiento de sus partes individuales. El producto de muchos errores instrumentales puede reducirse e incluso eliminarse, adoptando procedimientos topográficos adecuados o aplicando correcciones calculadas.

Errores personales: Estos tienen su origen principalmente en las limitaciones propias de los sentidos humanos, tales como la vista y el tacto.

CLASIFICACIÓN DE LOS ERRORES

ERRORES GROSEROS

Se trata de yerros del observador cometidos generalmente por tener un concepto erróneo del problema, por descuido, fatiga, error de comunicación o una apreciación equivocada. Estas se deben detectar por medio de una revisión sistemática de todo el trabajo y eliminarse volviendo a efectuar parte del trabajo o reelaborándolo totalmente. Se denominan también **Equivocaciones**.

Se deben a causas inherentes al operador tales como leer o anotar mal una magnitud, cometer torpezas, distraerse, productos de malas condiciones de trabajo, cansancio, etc. La forma de detectar que se ha cometido un error de este tipo es repetir la medición, generalmente más de una vez, para poder descartar el valor erróneo.

A modo de síntesis...

¿Qué los origina? Falta involuntaria del observador: falta de cuidado, distracción, falta de criterio, mal criterio.

¿Cómo se detectan? Se detectan midiendo más de una vez; la medición fuera de la tolerancia fijada es considerada con error grosero.

¿Qué se hace? Esa medición se descarta.

ERRORES SISTEMÁTICOS

Estos resultan de factores que comprenden el "sistema de medición" e incluyen el medio ambiente, los instrumentos y el observador. Siempre que las condiciones del sistema se mantengan constantes, los errores sistemáticos se mantendrán constantes. Si las condiciones cambian, las magnitudes de los errores sistemáticos también cambian.

Las condiciones que ocasionan errores sistemáticos se deben a leyes físicas que se pueden representar matemáticamente. Por tanto, si se conocen las condiciones y se pueden medir es posible calcular una corrección y aplicarla a los valores observados.

Un ejemplo de un error sistemático variable es el cambio de longitud de una cinta de acero como resultado de diferencias de temperatura que ocurren durante el tiempo de su utilización. Si se miden los cambios de temperatura, las correcciones de longitud se pueden calcular mediante una simple fórmula.

A modo de síntesis...

¿Qué los origina? Causas naturales o instrumentales: variaciones de los fenómenos de la naturaleza, viento temperatura, etc. imperfecciones o desajustes en el instrumental: aparatos mal graduados, imperfección de la cinta, etc.

¿Cómo se detectan? Se sabe la causa que los produce, se conoce su signo y su magnitud.

¿Qué se hace? Es posible hacer correcciones en las mediciones según exceso (+) o efecto (-).

ERRORES ALEATORIOS O ACCIDENTALES

Estos son los errores que quedan después de haber eliminado los errores sistemáticos. Son ocasionados por factores que quedan fuera del control del observador, obedecen a las leyes de la probabilidad. Estos errores están presentes en todas las mediciones topográficas.

Son errores pequeños, ocurridos por causas aleatorias y que están fuera del control del operador. Por su naturaleza, pueden tratarse estadísticamente. Estos errores son los que indican la precisión que puede alcanzarse con un determinado instrumental y método de trabajo.

A modo de síntesis...

¿Qué los origina? Un sin número de causas que no alcanza a controlar el observador. Son aquellos que quedan después de haber descartado los errores groseros y sistemáticos.

¿Cómo se detectan? No se conoce su magnitud ni su signo, se realizan entonces más de una medición y se comprueba que estén dentro de la tolerancia fijada en tal caso.

¿Qué se hace? Se saca promedio entre las mediciones dentro de la tolerancia, obteniendo el valor más probable de la medición.

De esta clasificación elemental surge la forma en que debe trabajarse en Topografía durante las mediciones: En primer lugar se verificarán las mediciones para detectar si se han cometido equivocaciones o errores groseros, y así poder descartar las mediciones mal hechas. Seguidamente, si se conocen las causas y magnitudes que han afectado a las mediciones, es decir si se cometieron errores sistemáticos, se los corrige matemáticamente. Finalmente, se procede estadísticamente con los errores accidentales o aleatorios para así arribar al valor más probable de la magnitud medida. Este tratamiento estadístico, en la inmensa mayoría de los casos no será más que calcular el promedio entre las mediciones consideradas válidas de la misma magnitud. Generalmente se tratará de dos medidas de una misma magnitud, por ejemplo, la medición de una línea en ida y en vuelta.

COMO EL VALOR VERDADERO DE UNA MAGNITUD MEDIDA SOLO ES CONOCIDO EN DETERMINADOS CASOS, **SE TRABAJARÁ CON SU VALOR MÁS PROBABLE.**

01.03 OPERACIONES TOPOGRÁFICAS AUXILIARES //

Los trabajos topográficos de levantamiento se caracterizan porque parte de ellos se desarrollan en el terreno y se completan luego en el gabinete o estudio del profesional. En las tareas de replanteo, se invierte el orden y el trabajo en el terreno se realiza después de los estudios en gabinete. Pero en ambos casos, la tarea en el terreno resulta de gran importancia. En las tareas de levantamiento, los puntos del terreno que se han de levantar, primero deben ser elegidos y luego materializados.

Para la elección de los puntos, conviene previamente hacer un reconocimiento del terreno y confeccionar un Croquis de la zona a levantar y en el cual se consignan construcciones, alambrados, árboles, acequias, etc., es decir todos los elementos que se consideran de importancia para el trabajo posterior.

El dibujo de este Croquis resulta de un levantamiento expeditivo en el cual las líneas suelen medirse a pasos y los ángulos se toman aproximadamente, estimándolos a simple vista o bien recurriendo a una brújula. En general, la zona a levantar se cubre con figuras geométricas simples, tales como triángulos y cuadriláteros y los puntos que se materializan son precisamente los vértices de esos polígonos.

En los trabajos de replanteo, las operaciones sobre el terreno revisten importancia fundamental, pues la materialización de los puntos debe responder con exactitud a lo previsto en el proyecto, tanto desde el punto de vista de la posición planimétrica como de la altimétrica. Una vez elegidos los puntos, deben **materializarse** o **señalizarse**. La *señalización* puede ser **provisoria o definitiva** según sea la naturaleza y la duración del trabajo y se hace mediante elementos que pueden ser *naturales o artificiales*.

Naturales: las piedras, los árboles, las aristas de las construcciones existentes, etc.; hay una gran variedad pero en general no permiten grandes exactitudes.

Artificiales:

Entre ellas, las más usadas, si la señalización es provisoria, son las *estacas de madera* (Fig 6), de sección cuadrada, cuyos lados varían de 3 a 5 cm. También se usan las *estacas metálicas*, que pueden ser trozos de hierro redondo, o de hierros T o doble T, trozos de rieles, etc. Estas estacas se entierran en el terreno coincidentemente con la posición de los puntos que deben levantarse o replantearse.



Fig. 6

Si el trabajo dura bastante tiempo, se recurre a *mojones* que son de mayor envergadura que las estacas y que garantizan su permanencia en el terreno durante toda la operación topográfica. Si son de madera, su sección cuadrada no debe ser inferior a 10 cm de lado y tienen una longitud que va desde los 50 cm hasta el metro, a fin de enterrarlos profundamente para garantizar su permanencia. Se los suele enterrar hasta ras del suelo o bien se suele dejar al descubierto una porción de la parte superior. En trabajos de importancia y de larga duración, se recurre a *mojones de hormigón* (Fig. 7).



Fig. 7

Los puntos que han sido materializados sobre el terreno, deben poder verse desde distancias largas. A las estacas una vez enterradas, no es fácil verlas desde lejos. La forma de hacer visibles los puntos, es utilizando **jalones** (Fig. 8) que son palos o caños, de madera o metal, de secciones de forma variable: octogonal, triangular o circular y que terminan en una punta de hierro llamada *azuche* que es la que se entierra. Los jalones se pintan en tramos de 2 colores alternados, generalmente rojos y blancos, con la finalidad que puedan verse desde largas distancias tanto sobre fondos claros como sobre fondos oscuros. La altura más frecuente de un jalón hecho de una sola pieza, es de 2,50 m. También se fabrican jalones con caños huecos enchufables uno dentro del otro, pudiendo así alcanzar alturas variables. Un jalón a simple vista puede verse desde distancias cercanas a los 1000 metros.

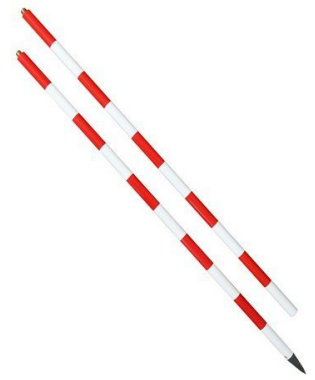


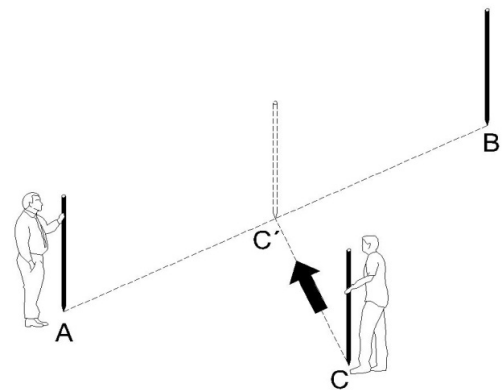
Fig. 8

Algunas operaciones de realización muy sencilla en el terreno, resultan auxiliares de la mayoría de los trabajos topográficos. Entre ellas, dos son posiblemente las que se utilizan con mayor frecuencia: las Alineaciones a simple vista y la Medición a pasos.

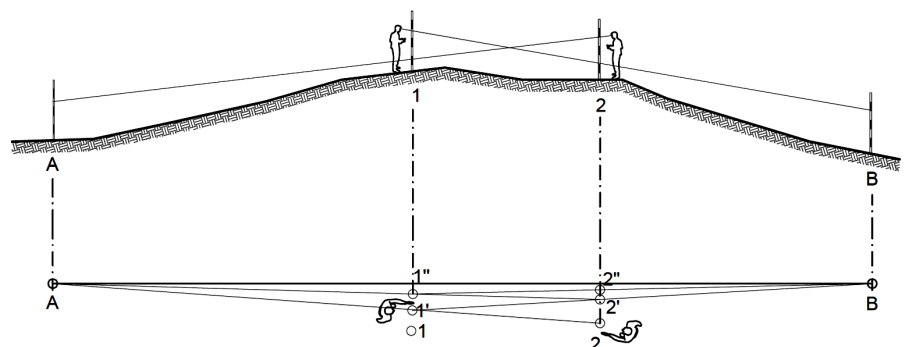
> ALINEACIONES A SIMPLE VISTA:

Intercalación:

Cuando se tiene en el terreno una línea demasiado larga a veces necesito intercalar uno o más puntos entre los extremos de la línea. Una vez que se colocan dos jalones perfectamente verticalizados en los extremos de la línea AB, si se quiere por ejemplo intercalar otro punto en la mitad de la línea, punto C, se usará otro jalón y mediante señales realizadas al ayudante que sostiene este tercer jalón se hará que lo mueva hasta que quede intercalado, o sea, cuando quede contenido dentro de los dos planos verticales determinados por los bordes de los dos jalones extremos. Trabajan dos operadores; uno da las señales y el otro va moviendo el tercer jalón por aproximaciones sucesivas, hasta que recibe la señal de que está sobre la línea.



Otro caso particular de intercalación que suele darse es cuando en una línea se presenta una elevación del terreno que no permite ver el otro extremo y se necesita hacer una intercalación de puntos. (Ver Figura 3) Sería el caso práctico de tener que construir un cerco entre los puntos extremos de la línea. Si es posible desde una zona en el medio de la línea ver los dos extremos, será posible hacer el procedimiento que se indica en la figura. Se colocarán dos jalones intermedios en posición estimada, aproximadamente sobre la línea a señalar, posiciones 1 y 2. De esta forma un operador ubicado detrás del jalón puesto en el punto 2 puede hacer alinear a un ayudante el jalón en el punto 1 hasta quedar alineado con los

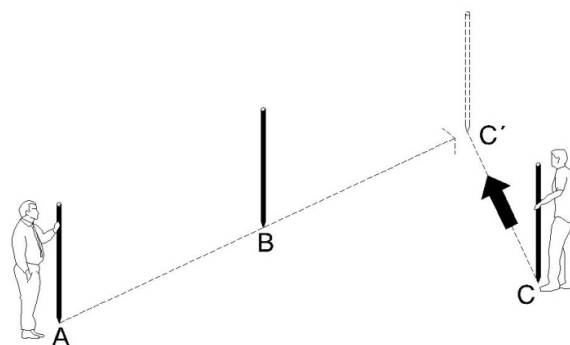


puntos A y 2 (posición 1'). Seguidamente el operador que está próximo al jalón que está colocado el punto 1' puede alinear jalón que está en el punto 2 hasta quedar alineado con los puntos 1' y B (posición 2'). Se advierte que si esto se repite sucesivamente los cuatro puntos quedarán alineados, resultando una línea recta. La cantidad de iteraciones a realizar será la necesaria hasta que los operadores no requieran hacer más correcciones.

Este es un caso que se presenta corrientemente terrenos ondulados. El procedimiento da mejor precisión que el consistente en utilizar jalones de gran altura, que resultan difíciles de verticalizar correctamente.

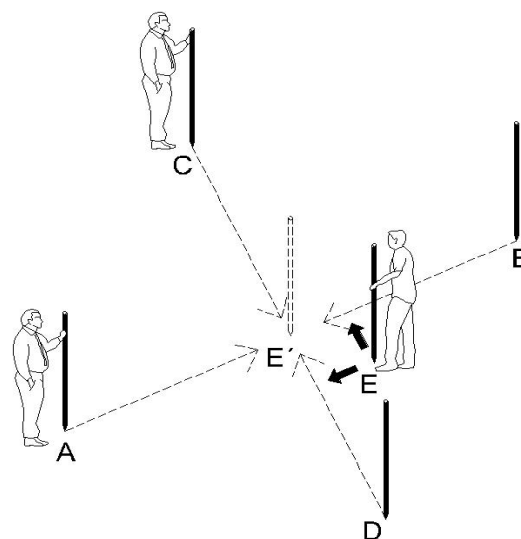
Prolongación:

Si se tiene una línea demasiado corta y que se necesita prolongar, habrá que materializar sobre el terreno otro punto de modo que quede en la prolongación de esa línea. Como en el caso anterior, se procede a materializar los extremos de la línea AB con jalones perfectamente verticales y se utiliza un tercer jalón para marcar sobre el terreno, otro punto C que pertenezca a la prolongación de la línea. En forma similar a la operación anterior, mediante señales realizadas a simple vista, se procede a colocar más allá de la línea, el tercer jalón de modo que quede comprendido entre los planos verticales tangentes a los bordes de los jalones extremos, Siempre con dos operadores, con señales, a simple vista y por aproximaciones sucesivas.



Intersección:

Cuando se tiene que materializar en el terreno el punto de intersección de dos alineaciones. En forma similar a los problemas anteriores, se comienza por colocar jalones perfectamente verticales en los extremos de las dos alineaciones AB y CD. Si se dispone de personal, en este problema pueden trabajar tres operadores: dos de ellos dan las señales a simple vista, colocados detrás de cada alineación y un tercer operador va realizando los desplazamientos de un quinto jalón, E por aproximaciones sucesivas hasta que recibe las indicaciones de que el punto está correctamente intercalado en las dos direcciones consideradas.



> MEDICIÓN DE LINEAS A PASOS:

Es una **medición expeditiva**, es decir que se realiza previamente a otras mediciones de mayor exactitud. Consiste en contar el número de pasos que abarcan una cierta distancia. Primero se debe conocer la longitud del paso de la persona.

La medida del paso de un operador servirá para proceder a realizar las mediciones lineales, con una precisión de $\pm 2\%$. La determinación de la longitud del paso se hace midiendo una línea de una distancia conocida con el uso de la cinta, los extremos pueden estar señalizados con dos jalones. Luego el operador camina a lo largo de esa línea previamente medida, contando el número de pasos "normales" necesarios para recorrerla, es decir caminando en la forma en que lo hace habitualmente. Luego la longitud del paso se determina por:

$$\text{Longitud de paso} = \frac{\text{Longitud de la línea}}{\text{Número de pasos}}$$

Para evitar equivocaciones que pueden conducir a un error grosero en la determinación del paso, **se recorrerá como mínimo dos veces la línea y se promediarán los números de pasos de cada recorrido.** Si el terreno es llano y se trabajó correctamente, la diferencia de pasos no debe ser mayor al 1 %. Caso contrario, debe repetirse el procedimiento.

La longitud del paso es bastante constante en cada persona, y como se dijo, permite hacer medidas expeditivas con una precisión suficiente para trabajos preliminares.

01.04 EL INSTRUMENTAL TOPOGRÁFICO //////////////////////////////////////

Para realizar las tareas de levantamiento y de replanteo se utilizan distintos instrumentos que pueden ser clasificados como “**instrumental sencillo**” e “**instrumental de precisión**”.

El **instrumental topográfico sencillo** consiste en elementos relativamente simples, de allí su nombre, tales como las *cintas métricas* (Fig.9), las *ruletas*, las *fichas* (Fig.10), los *jalones*, las *escuadras prismáticas* (Fig.11), etc.



Fig. 9



Fig. 10



Fig. 11

El **instrumental topográfico de precisión**, abarca elementos de mayor complejidad tales como los *niveles* (Fig. 12), los *teodolitos* (Fig.13), las *estaciones totales* (Fig. 14), los *GPS* de uso topográfico (Fig. 15), etc.



Fig. 12



Fig. 13



Fig. 14



Fig. 15

Además del instrumental propiamente dicho, en los trabajos topográficos pueden ser necesarios otros elementos auxiliares, como las señales, estacas, mojones, banderas, herramientas (machete, pala, maza, etc.), equipo para comunicación, etc. que deberán ser tenidos en cuenta.

Por otra parte, existen algunas aplicaciones para teléfonos celulares interesantes para levantamientos expeditivos o auxiliares, que vienen en cierta forma a hacer las veces de otros instrumentos tales como las brújulas (Medición de rumbos) y los eclímetros (Medición de ángulos verticales), y por supuesto, aplicaciones diversas de GPS.

Es importante que el Arquitecto conozca el instrumental y sus posibilidades, para que las tareas se desarrollen con la precisión adecuada a cada caso. Hay que señalar que una precisión insuficiente en un levantamiento o en un replanteo tendrá consecuencias, a veces graves, en la calidad del proyecto o de la obra que se realice. Un exceso de precisión significará un mayor gasto innecesario para ejecutar el trabajo topográfico.

01.05 RECONOCIMIENTO DE UN TERRENO //////////////////////////////////////

Al inicio de cualquier trabajo profesional de Arquitectura habrá, naturalmente, una toma de contacto entre las partes involucradas, o sea, el comitente (o cliente) y el Profesional. En esa entrevista preliminar el cliente le indicará en forma aproximada al Arquitecto lo que tiene pensado hacer, donde está el terreno, qué datos y documentación de la obra y del terreno tiene en su poder que sea importante para comenzar a trabajar. Es muy frecuente que el comitente le indique algunos datos sobre la ubicación, generalmente tomados de un boleto de compra venta, de un título de propiedad, de los cedulones de pagos de impuestos, y en algunos casos, directamente hacer una visita al terreno en que el comitente se lo muestra al Profesional. La tarea encomendada puede tratarse tanto de un proyecto nuevo como de una refacción o quizás un relevamiento de algo ya construido.

Es muy corriente que en esta etapa del proyecto el arquitecto deba hacerse rápidamente de algunos datos para informar de alguna manera general a su cliente qué tipo de obra o qué tipo de intervención puede llegar a hacerse en función de las expectativas del cliente y de las posibilidades reales que ofrezca el emplazamiento. Generalmente esta tarea se hace antes de cerrar trato por la realización de un proyecto o la celebración de un contrato de locación de obra.

En esta etapa el Arquitecto debe poder dar información preliminar a su cliente a los fines de facilitarle la toma de decisión y partir de allí proceder a más profundas investigaciones y estudios que posibilitarán la concreción del proyecto. El propósito es dar al cliente una idea preliminar sin incurrir en demasiados gastos, los cuales sí se justificarán una vez decidida la realización de la obra. Hecho esto, el Arquitecto podrá comenzar a hacer algún croquis preliminar, y por otra parte, con los elementos que haya suministrado el Comitente, generalmente es posible hacer las consultas a las oficinas de Catastro que tengan jurisdicción sobre el sitio de emplazamiento y obtener información gráfica, consistente muy corrientemente en planos parcelarios, y en algunas ocasiones planos de mensura o de loteo del inmueble. Con esto está en condiciones poder hacer las consultas acerca de las normas de edificación vigentes, antes de comenzar con las tareas del anteproyecto.

Evidentemente, en este trabajo solo se hace referencia a los aspectos que tienen que ver con la Topografía, la ubicación y los títulos de propiedad, sin ignorar que hay factores de mayor importancia todavía a la hora de decidir hacer o no una obra, y que no son objeto de lo que aquí se está tratando.

Pueden presentarse muchas circunstancias diferentes en cuanto a la información. En el próximo capítulo abordaremos el estudio del tema "Información Territorial" que plantea el panorama completo que debería conocer perfectamente un Arquitecto, que debe no solo tener certeza que el terreno es el que le está indicando el Comitente, y que efectivamente éste sea el propietario, poseedor o apoderado, sino también de las dimensiones y de la situación con respecto a las propiedades colindantes, para evitar cualquier litigio por invasión de terreno ajeno, que pueden desembocar en muy costosos problemas judiciales. En caso de duda, deberá consultar con un profesional Ingeniero Civil o Ingeniero Agrimensor especialista en estos temas.

Suele ocurrir muy frecuentemente que el Comitente solicite el asesoramiento de un profesional que le aconseje sobre la conveniencia o no de hacer la compra de un terreno o de una propiedad edificada, y fundamentalmente sobre las posibilidades de ejecutar tal o cual obra en el mismo. Si es así, resulta evidente que el Arquitecto deberá hacer un reconocimiento muy expeditivo para dar su parecer. Probablemente todo lo que encuentren en el terreno al visitarlo, sean los vértices, el cartel donde se ofrece la venta, y quizás nada más.

El Arquitecto aquí puede aplicar los conceptos de **mediciones expeditivas**, en particular la medición de líneas a pasos, haciendo una descomposición en triángulos de la superficie, tal que si el terreno es un cuadrilátero, consistirá en medir los lados y una diagonal, las distancias a la esquina, el ancho de calle (veredas y calzada) y ubicar cualquier detalle que sea relevante, mediante simples mediciones a pasos. También podría estimar desniveles, utilizar incluso aplicaciones del teléfono celular, tomar algunas fotografías, etc. También deberá hacer un pequeño croquis de la manzana consignando las calles que la rodean, y cualquier dato que a su parecer tenga relevancia.

Con estas tareas, si las realiza con un mínimo de prolijidad, el Arquitecto se hará de los datos necesarios para ubicar el inmueble en las oficinas de Catastro, de allí obtener la nomenclatura de la parcela, y con esto conseguir toda la información oficial, valuaciones, datos del actual propietario, situación impositiva y también, si lo hubiera, llegaría a obtener un plano de mensura que le permitirá las tareas que permitan al comitente decidir qué hacer.

Inclusive, ese croquis obtenido por medición a pasos, que tendrá un error del orden del 2 % en las longitudes medidas, sirve para que en una etapa muy inicial puedan bosquejarse algunas líneas de lo que podría llegar a ser el futuro proyecto.

Procedimiento práctico para el reconocimiento de un terreno llano //////////////////////////////////////

El Arquitecto deberá hacer un reconocimiento del terreno, que consistirá ante todo en la inspección ocular del sitio. Es muy mala práctica trabajar en un proyecto sin haber visitado el terreno y sin la información adecuada en cuanto a medidas y relieve. Los errores que se pueden producir en el proyecto por este desconocimiento se traducen por lo menos en demoras en los trabajos de construcción y en la mayoría de los casos a modificaciones de último momento, que pueden requerir hasta una nueva aprobación de los planos, pasando por revisiones del cálculo estructural y del diseño de las instalaciones, con el consiguiente desprestigio profesional del Arquitecto que no tuvo en cuenta estas cuestiones antes de comenzar a proyectar. Esto implica asimismo una situación tensa con el comitente, que ve que su obra se atrasa, al tiempo que le cuesta mucho más dinero que el previsto. Sin embargo, un profesional previsor evitará fácilmente estos inconvenientes adelantándose a las contingencias que puedan presentarse, haciendo responsablemente los estudios preliminares, tanto lo que hace a la Topografía como así también a los otros aspectos, como los estudios de suelos y factibilidades de servicios públicos, entre otros que puedan ser necesarios.

El reconocimiento del terreno que deba realizarse, dependerá de la obra a estudiarse y proyectarse. En algunos casos, bastará solo con una visita al terreno y una inspección visual. En otros casos, siempre a nivel de estudios preliminares, será necesario realizar algunas verificaciones muy expeditivas que conduzcan a tomar idea de las dimensiones, formas y accidentes que el sitio pueda presentar, y que se reflejarán en un croquis, que es en definitiva un levantamiento topográfico sencillo, efectuado a simple vista y con aparatos sencillos.

El objetivo es realizar un reconocimiento del sitio, que se volcará en un croquis con las medidas y formas aproximadas, que sirva para realizar los primeros esbozos del proyecto a realizarse. Es el primer contacto entre el Arquitecto y el terreno en que se trabajará. Esto llega a ser muy útil, por ejemplo, a la hora de definir la adquisición o la selección del sitio, evaluar proporciones de las medidas, orientación, ubicación, entorno, etc.

Es importante que el Arquitecto sepa que este sencillísimo método puede hacer saltar errores gruesos en las medidas de los terrenos, por ejemplo por haberse replanteado mal un lote lindero, por errores de construcción o cualquier tipo de equivocación que se haya cometido en tareas anteriores. Un buen profesional debe anticiparse a este tipo de problemas, que más tarde podrían acarrearle serios inconvenientes.

Antes de hacer este trabajo, el operador debe haber determinado la longitud de su propio paso tal como se explicó en las *Operaciones Topográficas auxiliares*, una vez determinado este se continua con el procedimiento de reconocimiento del terreno, propiamente dicho:

Primero deben ubicarse los límites del terreno. El terreno puede estar materializado con estacas en sus vértices, si bien pueden darse infinidad de casos en cuanto a las formas de materialización de los linderos, con una amplia variedad de elementos, tales como alambrados, cercos, muros, etc.

Un caso que puede llegar a darse es que el terreno no se encuentre amojonado. En este caso, el Arquitecto podrá, a partir de los mojones de las esquinas, medir a pasos las distancias desde la esquina hasta la posición de los ejes medianeros como para tener una somera idea de la ubicación del inmueble. La tarea de amojonamiento es propia del ejercicio de la Agrimensura y es una tarea de mucha responsabilidad que debe estar a cargo de un profesional con incumbencia para este trabajo. En los loteos nuevos, especialmente en barrios cerrados y “countries” los lotes se entregan a los propietarios que los adquieren amojonados. Este amojonamiento suele hacerse al tomar el nuevo propietario posesión efectiva del terreno que acaba de adquirir a la empresa que hizo el loteo. A partir de allí, el propietario debe tomar los recaudos para que se conserven adecuadamente dichos mojones hasta que se ejecuten los cierres del terreno.

Se procederá a medir los lados a pasos, y también una diagonal, si es el caso más corriente de un terreno de cuatro vértices. El valor obtenido para una distancia medida a pasos puede alcanzar una aproximación del 2% si quien efectúa la medida ha determinado la longitud de su paso, y del 5% si se toma un valor medio para el paso de 80 centímetros.

Para medir una línea, solo debe contarse la cantidad de pasos y multiplicar por la longitud del paso determinado, o sea:

$$\text{Longitud de la línea} = \text{Numero de pasos} \times \text{Longitud de paso}$$

Las precisiones de la medición a pasos son suficientes para tener idea de las dimensiones del terreno, distancias a esquinas, anchos de calles y cualquier otro dato similar. Si el terreno tuviese más de cuatro vértices, se procederá a su descomposición en triángulos y se medirán todos los lados de todos los triángulos, lo que permitirá tener una aproximación bastante buena de la forma del terreno. En la misma forma se medirán los anchos de vereda y de calle, y se graficará convenientemente, acotando todo.

Con una brújula se medirá el rumbo (orientación) de uno de los lados, para que el croquis resulte orientado con los puntos cardinales a los efectos del diseño.

Midiendo pasos desde dos puntos conocidos (vértices) puede ubicarse algún elemento notable, por ejemplo un árbol o poste que resulte de interés, estando este elemento tanto dentro o fuera del terreno.

Mediante el eclímetro¹, se tiene la posibilidad de medir ángulos verticales que permitirá tener noción, mediante la resolución de problemas elementales de trigonometría, de algunos datos interesantes como desniveles del terreno, altura de algún elemento que pueda tener influencia en el diseño, etc.

La brújula y el eclímetro pueden ser muy eficazmente reemplazados por aplicaciones para smartphones tales como “Brújula Cámara” y “Climometer” ambos disponibles en plataforma Android. Hay numerosas aplicaciones utilizables. Ambos programas utilizan las capacidades de los teléfonos de ubicar su posición relativa con respecto al campo magnético terrestre. La brújula permitirá medir, por diferencia de rumbos, ángulos horizontales con una precisión de $\pm 1^\circ$ lo que nos permitirá ubicar detalles dentro del terreno.

Trazado del croquis preliminar:

Con las mediciones a pasos, y la longitud del paso del operador, se obtienen las medidas en metros y se traza el croquis en escala. El croquis se completa con: Ancho de calle, de vereda y todo otro dato que pueda interesar.

De esta forma, el Arquitecto prácticamente sin ningún instrumental más que la longitud de su paso, una brújula, eclímetro (ambos reemplazables por aplicaciones de su Smartphone) y valiéndose de teléfonos celulares con cámaras de fotografía digital, GPS, puede en un pequeño lapso de tiempo, tomar contacto con el terreno donde desarrollará su proyecto, verificar las dimensiones aproximadas ($\pm 2\%$) y hacerse de datos importantes para comenzar a pensar en el diseño de la obra.

Compilado Teórico de Topografía;

- . Ing. Nicolás White, 2006, Clases de Topografía para estudiantes de arquitectura, Córdoba, Argentina.
- . Ing. Jorge del Boca, 2018, Separata de Topografía, Córdoba, Argentina.

02. PLANIMETRÍA

Por **PLANIMETRÍA** se entiende al conjunto de operaciones topográficas que llevan al conocimiento de la proyección horizontal de los puntos considerados sobre un plano horizontal. Esto conduce al trazado de un plano planimétrico del levantamiento realizado. Se trabajará considerando las proyecciones horizontales de los puntos, sin considerar la altura de los mismos, tarea que corresponde al tema “Altimetría”, que se tratará más adelante.

Si estas operaciones, a las que se refería el párrafo anterior, son realizadas con lo que se denomina “**instrumental sencillo**” se estará hablando de **planimetría sencilla**. En este capítulo o sección trataremos justamente las operaciones de **PLANIMETRÍA SENCILLA**.

PLANIMETRÍA SENCILLA

El instrumental topográfico sencillo está constituido fundamentalmente por cintas, jalones escuadras prismáticas, que se tratarán a continuación. Últimamente se han agregado algunos instrumentos que con el desarrollo de las nuevas tecnologías y la disminución de los costos, han quedado al alcance de muchos usuarios, como por ejemplo, los distanciómetros laser que vienen a cumplir el rol de las cintas para distancias pequeñas con una gran productividad y precisión, y los nuevos usuarios no son solo los profesionales, sino también gente de diversos oficios vinculados con la construcción, como instaladores, carpinteros, herreros, etc.

Si las operaciones topográficas se realizan con teodolitos, estaciones totales, estaciones GPS, etc. se estará hablando de **PLANIMETRÍA DE PRECISIÓN**.

02.01 EL INSTRUMENTAL SENCILLO //////////////////////////////////////

Cintas:

Tienen como fin primordial la medición de distancias. Tiempo atrás era la única forma de medir distancias con eficiencia y precisión. El acceso a aparatos tales como el distanciómetro, eran de un costo muy grande. Con el correr del tiempo y el avance de la tecnología los instrumentos de precisión se han puesto al alcance de profesionales dedicados a la topografía y a la agrimensura. La cinta, en la actualidad quedado exclusivamente para la medición de distancias relativamente cortas y muy rara vez la estaremos utilizando hoy en día para medir líneas mayores a 500 metros. El uso común de las cintas es la medición de distancias cortas, que son justamente lo que se hace en una pequeña obra de arquitectura, donde se verificarán las medidas de los terrenos y se harán replanteos, utilizando la cinta. No va a ser necesario medir distancias grandes. Hace algunas décadas sí era habitual medir grandes distancias, hasta de varios kilómetros. Por ello, la bibliografía clásica dedica muchas páginas al manejo las cintas de acero, que eran las utilizadas entonces, a las precauciones, a los errores, que todo esto actualmente no tendría tanta importancia habida cuenta de las longitudes de las líneas que se medirán.



Hay cintas de distintas características. En la actualidad, las cintas clásicas de acero están siendo reemplazadas por cintas de material sintético, que brindan un uso mucho más cómodo y una precisión igual que aquellas, con la ventaja de un mejor y más claro grabado de las marcas y escalas necesarias para efectuar las mediciones.

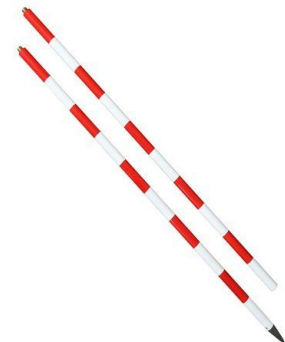
Fichas:

Consisten en unas agujas metálicas que tienen por objeto hacer marcaciones temporarias de los puntos durante un levantamiento. Se utilizaron y se siguen utilizando como un accesorio fundamental de la medición de líneas con cinta en el caso que la línea a medir tenga una longitud mayor que la de la cinta, para indicar el punto extremo de ésta y poder así continuar la medición. Se verá el detalle al estudiar los métodos de medición de líneas con cinta.



Jalones:

Tienen la función de hacer visibles puntos materializados en el terreno, para poder hacer distintos tipos de mediciones. Consisten por lo general en un caño pintado en tramos de dos colores distintos, generalmente franjas de rojo y blanco para hacerlo visible desde lejos y con una punta llamada azuche que permite clavarlo en el terreno. También se los utiliza para operaciones auxiliares como las alineaciones a simple vista que se tratarán más adelante.

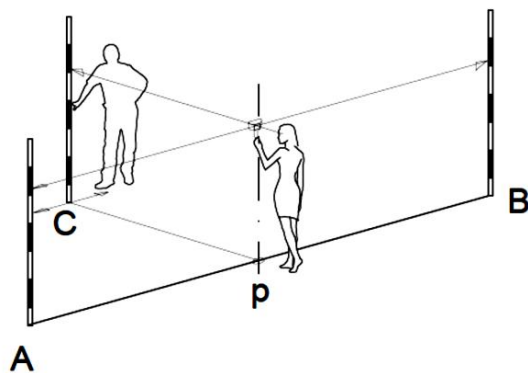


Escuadras prismáticas:

Como su nombre lo hace inferir su utilidad es el trazado de perpendiculares. Permite el trazado de ángulos de 90 grados por lo que es posible trazar perpendiculares. Si bien las escuadras prismáticas tienen una prestación bastante interesante, pueden ser reemplazadas por operaciones realizadas con cinta para los mismos fines.



Las escuadras ópticas permiten al mismo tiempo tener tres visuales ortogonales, hacia el frente y hacia ambos costados simultáneamente de manera que posibilitan el trazado de perpendiculares.

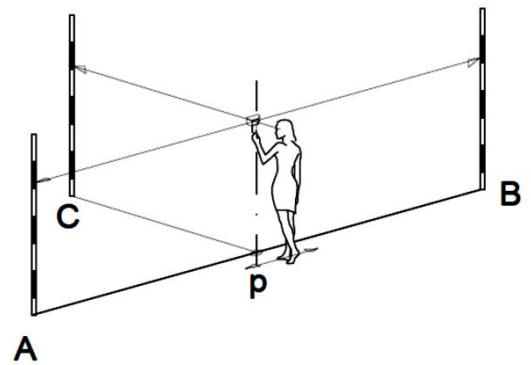


Supóngase ahora tener tres jalones en los puntos A B y C. (Figura14) Como se dijo, la escuadra permite tener tres visuales ortogonales simultáneas. Si se coloca la escuadra en el punto p qué es el pie de la perpendicular trazada desde la línea A B hacia la C, la imagen que obtendríamos si estamos exactamente parado en el punto p se verían a través de la escuadra a los tres jalones coincidiendo perfectamente sobre una línea vertical. Por lo tanto si se debe replantear una perpendicular desde una línea dada desde un punto determinado p, deberá colocarse la escuadra sobre ese punto p, pie de la perpendicular, e indicar a un ayudante que coloque un jalón de modo que finalmente se

obtenga la imagen de los tres jalones perfectamente alineados en la escuadra prismática. En ese momento se habrá trazado un ángulo de 90 grados en el terreno.

La precisión angular de una escuadra está en el orden de unos 2 a 5 minutos de grado, siempre que se trabaje con suma prolijidad.

Si se necesita obtener el pie de la perpendicular trazada desde un punto C sobre la línea AB teniendo primeramente clavados tres jalones en los puntos AB y C, se tratará de colocar la escuadra sobre la línea AB hasta obtener la superposición exacta de las imágenes de los jalones colocados en los extremos de la misma, o sea en los puntos A y B. Luego el operador se desplaza sobre la línea de izquierda a derecha hasta conseguir que las tres imágenes de los jalones de los tres puntos resulten alineadas. En ese momento con una plomada o con cualquier otro elemento se señala y se materializa el punto pie de la perpendicular, punto p en la figura.



Con un poco de práctica la tarea de trazar perpendiculares con escuadra resultará mucho más expeditiva y rápida que hacerlo con el uso de la cinta.

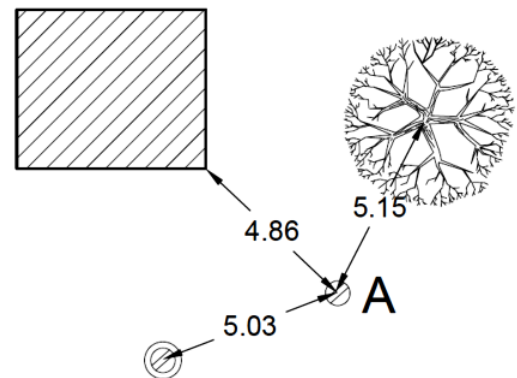
02.02 OPERACIONES DE PLANIMETRÍA SENCILLA //

En primer lugar se tratarán las tareas preliminares. Ya se ha tratado el tema de croquis preliminar y de mediciones expeditivas en el tema anterior.

Los puntos a medir en el terreno deben estar materializados por distintos tipos de elementos.

Para puntos importantes, por ejemplo los vértices de un terreno o los esquineros de una manzana, se utilizan mojones, que son elementos que garantizan una permanencia larga en su sitio. En tareas de replanteo se utilizan estacas, ya sea de madera o de hierro. También se recurre a elementos naturales existentes en el sitio. En el caso de una obra de arquitectura, estos elementos naturales pueden ser por ejemplo un poste, el ángulo de un edificio, alguna otra construcción, instalaciones fijas, cámaras, cordones de vereda intersecciones de muros, etc.

En las obras y en terrenos baldíos los mojones y las estacas suelen ser difíciles de encontrar ya sea por haberse perdido o por haber quedado ocultas por rellenos, basura, materiales acopiados o trabajos que se hayan realizado sobre las mismas. Lo mismo ocurre con las estacas que son necesarias para realizar un replanteo y que suelen perderse con facilidad. Para poder hacerlas visibles o en su caso para reponerlas, se procede cuando se clavan éstas, a realizar un abalazamiento. Esto consiste en vincular estaca o el mojón a dos, o mejor a tres, elementos fijos que se encuentren dentro de la obra, y que den alguna garantía de permanencia en el tiempo y dibujar un croquis, con las medidas y detalles, y guardarlo con la documentación de la obra, para que si fuese necesario más adelante, poder reponer el punto fijo perdido sin inconvenientes.



Esto es muy simple pero suele ser muy frecuentemente subestimado por los profesionales en obra, lo que ocasiona una gran pérdida de tiempo errores en la construcción al momento de perder puntos importantes del replanteo o del control de los trabajos.

Durante las operaciones de medición y de replanteo es necesario hacer que los mojones y las estacas se puedan ver desde lejos. Para eso deben colocarse elementos para visualizarlos. Esta visualización de puntos, se hace con jalones, y también pueden utilizarse señales especiales, banderas y otros elementos que guardarán relación con las distancias a la cual deben ser vistos, y que son utilizados de durante las operaciones topográficas que se realicen.

Se pasará a continuación a estudiar por separado las distintas operaciones elementales de planimetría sencilla que luego se irán complementando para realizar procedimientos prácticos específicos.

OPERACIONES CON CINTA //////////////////////////////////////

1 / MEDICIÓN DE LINEAS CON CINTA:

Se consideran 3 casos:

- Medición en terrenos llanos favorables para la medición con cinta y sin pendiente.
- Medición en terreno llano con pendiente uniforme.
- Medición en terrenos accidentados.

2 / TRAZADO DE PERPENDICULARES:

- Levantar Perpendiculares: Conocemos el pie de la perpendicular de la cual partimos para trazar una línea a 90° . Para esto se utiliza el MÉTODO 3, 4,5 o múltiplos.
- Bajar Perpendiculares: Se quiere conocer el pie de la perpendicular. Para esto se utiliza la cinta como compas; MÉTODO TRIÁNGULO ISÓSCELES.

3 / MEDICIÓN DE ÁNGULOS:

- Para caso de Relevamiento
- Para caso de Replanteo

4 / INTERCALACIÓN DE PUNTOS CON OBSTACULO

5 / MEDICIÓN DE LÍNEAS EN TERRENOS CON OBSTÁCULOS:

- Con Visibilidad
- Sin Visibilidad

6 / TRAZADO DE PARALELAS

7 / REPLANTEO DE CURVAS CIRCULARES

- Método Fijando la posición del centro
- Método de los cuartos de Flecha

8 / LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO

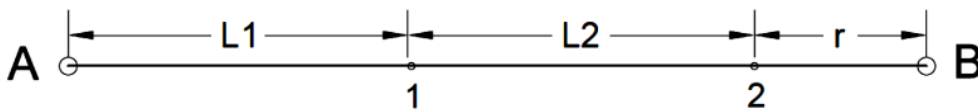
- Verificación de medidas
- Levantamiento de Detalles

1 / MEDICIÓN DE LÍNEAS CON CINTA //////////////////////////////////////

Al medir una línea con cinta pueden presentarse tres casos en la práctica:

Caso 1:

El primero es el caso en que la medición se efectúe sobre **terreno llano favorable y sin pendiente**. Debe aclararse que el terreno debe permitir la transitabilidad y la visibilidad entre los extremos de la línea. Los extremos de la línea deben encontrarse materializados con estacas o jalones y o estar constituidos por puntos fijos materializados. Sencillamente lo que se hace desde el punto de partida A se extiende sobre la línea la cinta poniéndola recta y dándole una tensión que guarda relación con el material con qué está construida o sea una fuerza tirante de aproximadamente 5 kilos para las cintas de acero y un poco menor para las cintas de fibra de vidrio o de poliéster. Si la longitud de la línea es mayor que la de la cinta, al final de la cinta se clavara una ficha, en la figura es en el punto 1.



La cinta se traslada hacia adelante hasta que el cero de la cinta llegue a la ficha que se clavó en el terreno. (En la figura, punto 1). Si fuera necesario se clavará una ficha más en el otro extremo (Punto 2 de la figura). Al continuar en el tramo subsiguiente, si fuera necesario, el operador que va en la parte posterior de la cinta levantará la ficha que fue clavada por el otro operador y así seguirán caminando repitiendo las “cintadas”. Al llegar al final de la línea, es decir al medir la última cintada, se hace la lectura de la cinta en correspondencia con el punto de llegada (valor “r” en la figura) y se le suma la cantidad cintadas (longitud de la cinta entera) que se han contado en el recorrido. Esto se hace con ayuda de las fichas que fueron utilizadas en la medición. Por lo tanto, la longitud de la línea será:

$$\overline{AB} = \sum \ell + r$$

Donde $\sum \ell$ es la suma de todas las “cintadas” efectuadas con la cinta de longitud ℓ y r el “resto” como se denomina a la lectura del último tramo, menor a una cintada, sobre el punto de llegada al extremo de la línea.

Como en todo trabajo topográfico, para evitar las equivocaciones y los errores groseros, se realizará la misma medición en el otro sentido, es decir de vuelta. **Del estudio de la teoría de errores surge que la diferencia entre la medida de ida y la de vuelta de la línea, no debería exceder un centímetro cada 50 metros de longitud de la línea medida.** Esto significa un error relativo 1 en 5000 en el resultado, qué muy buena exactitud para medidas de línea con cinta, y se puede decir que si se cumple con esta exactitud, será más que suficiente para trabajos de construcción.

Aquí también puede ocurrir que la diferencia entre las medidas de ida y de vuelta supere el valor que se indicó. Esto significa estamos fuera de la tolerancia, que hemos cometido un error grosero y por ende debe realizarse nuevamente la medición, tanto en ida como en vuelta. El profesional debe ser consciente del hecho que ahorrar unos pocos minutos de trabajo en una medición puede acarrearle problemas posteriores de difícil y costosa corrección.

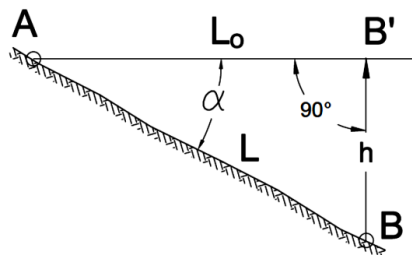
Es una práctica excelente medir dos veces todas las líneas aunque su longitud sea menor que la longitud de la cinta, para tener certeza de los resultados y evitar futuros problemas en la construcción de la obra.

Realizadas las mediciones de ida y vuelta y habiendo cumplido con la tolerancia se calcula el valor más probable de la línea medida, haciendo el promedio entre la medición de ida y la medición de vuelta. Ese promedio será la longitud definitiva de la línea.

Caso 2:

Otro caso de medición con cinta es el que corresponde un **terreno llano favorable, inclinado con una pendiente uniforme**. Lo más conveniente en este caso es llevar la cinta apoyada sobre el terreno inclinado en la forma que se indicó en el punto anterior. Se procede exactamente igual pero la longitud de la línea se tendrá una vez que se corrija la longitud medida debido a la inclinación del terreno¹.

Esto se hace aplicando cualquiera de las dos fórmulas siguientes:



$$L_0 = L \cdot \cos \alpha$$

$$L_0 = \sqrt{L^2 - h^2}$$

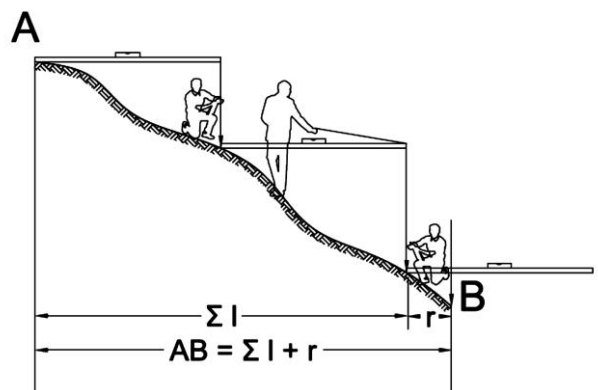
Donde, L_0 es la distancia topográfica, verdadera, horizontal; L es la distancia inclinada medida sobre el terreno con pendiente uniforme; α el ángulo vertical que define la pendiente del terreno; h es el desnivel existente entre los extremos de la línea.

La primera es una sencilla fórmula trigonométrica y la segunda no es más que la aplicación del teorema de Pitágoras. Esto dependerá de cuál es el dato con que se cuente, ya sea la pendiente del terreno o el desnivel entre los extremos de la línea.

Caso 3:

El tercer caso es el de medición de líneas en **terreno accidentado**. Se resuelve midiendo por *resaltos horizontales*. Para ello se procede a medir utilizando un *reglón*² de 6 metros de longitud o bien una regla de madera o metálica de longitud conocida.

El reglón o la regla se sostiene en posición horizontal mediante la ayuda de un nivel de albañil. El extremo se proyecta al suelo mediante una plomada señalando el punto. A partir del punto señalado se repite el procedimiento las veces que sea necesario hasta completar el tramo a medir.



¹ Debe recordarse que en Topografía, cuando se habla de distancia, siempre se refiere a distancia horizontal, salvo que se aclare otra cosa.

² El reglón es un instrumento topográfico sencillo que consiste en un juego de dos elementos idénticos que permiten la medición de longitudes. No se lo utiliza en la actualidad por obsoleto. Sólo se aplica un solo elemento al caso de los resaltos horizontales. Para más información: Clases de Topografía – N. White. (Cap.2; p. 9)

La longitud de la línea será la suma todos los tramos horizontales medidos. Este método, si bien soluciona el problema, es bastante engorroso y propenso a errores. Debe cuidarse especialmente la alineación que no resulta fácil en general.

2 / TRAZADO DE PERPENDICULARES CON CINTA //////////////////////////////////////

Se trata de una operación de planimetría sencilla que se realiza muy frecuentemente en todo tipo de trabajo topográfico, especialmente en el ámbito de la construcción de obras, de allí la importancia de conocer muy bien los procedimientos que se explican a continuación.

Se distinguen dos casos a saber:

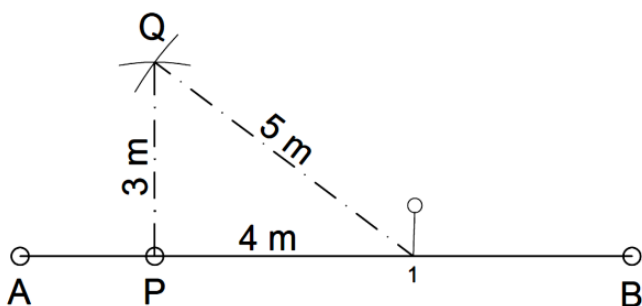
CASO 1 / LEVANTAR PERPENDICULARES - método 3, 4, 5

El pie de la perpendicular es un punto conocido

En este caso se estará hablando de **levantar una perpendicular** desde la línea dónde se encuentra el pie la misma. En otras palabras consiste en replantear un ángulo de 90 grados cuyo vértice será el pie de la perpendicular

Procedimiento para Levantar Perpendiculares:

Para levantar una perpendicular, o sea para resolver el primer caso, se utilizará la regla conocida como 3-4-5, que consiste en “dibujar”, en tamaño natural, sobre el terreno un triángulo rectángulo cuyos catetos midan 3 metros y 4 metros y su hipotenusa 5 metros. La fundamentación es que triángulo descrito, es un caso de medidas de lados de valores enteros que cumple el Teorema de Pitágoras y por lo tanto es rectángulo y el ángulo recto se ubica entre los lados que miden 3 y 4 metros²¹.



En la Figura 7 se muestra un ejemplo en el cual debe levantarse una perpendicular desde el punto P de la línea AB. Desde el punto P sobre la línea AB se lleva una de las medidas de los catetos, en este caso 4 m y se marca un punto auxiliar (punto 1). Ahora, utilizando la cinta a modo de compás, se traza un arco con la medida del otro cateto, en este caso 3 m y desde el punto auxiliar se traza otro arco con la medida de la hipotenusa, en este ejemplo 5 m. En la intersección de los dos arcos se tiene un punto Q de la línea perpendicular a la línea AB que pasa por P.

Puede utilizarse cualquier otro triángulo cuyos lados sean múltiplos o submúltiplos de esos valores. La recomendación, cuando se realizan este tipo de operaciones en replanteo son: en primer lugar el terreno debe ser horizontal limpio y transitable para poder tener precisión, y en segundo lugar que los lados sean de una dimensión aproximada tamaño del elemento que se va a replantear, por ejemplo, para el caso de una casa cuya planta es un cuadrado de unos 15 metros de lado, podría multiplicarse los valores 3; 4 y 5 por 5 y así tener un triángulo cuyos lados sean de 15; 20 y 25 metros. De esta forma se optimizará la precisión del replanteo.

CASO 2 / BAJAR PERPENDICULARES – método triángulo isósceles

El pie de la perpendicular es un punto que debe ser determinado

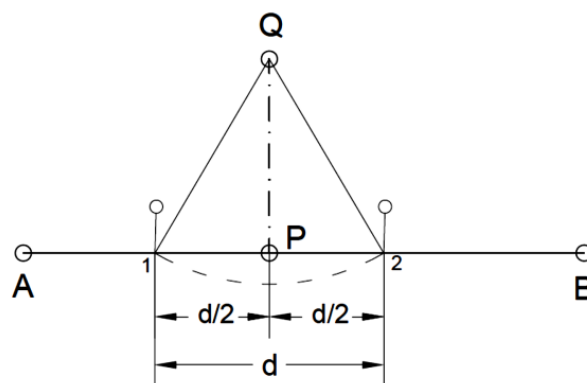
En este caso, dado un punto determinado exterior a la línea se quiere determinar el pie de la perpendicular trazada desde ese punto a la línea. En este caso se habla de **bajar una perpendicular**.

Procedimiento para Bajar Perpendiculares:

Para bajar una perpendicular, es decir, encontrar la posición del pie de la perpendicular trazada desde un punto exterior a la línea, **se tienen dos métodos**. Ante todo se debe tener en el lugar materializada la línea sobre la cual se bajará la perpendicular, ya sea extendiendo una cinta, un hilo, una tanza, o cualquier otro elemento que sirva a tal fin.

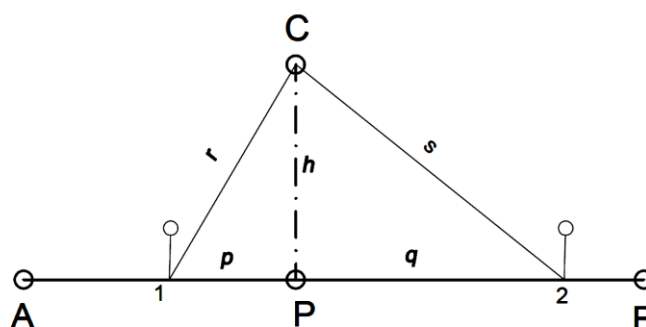
El **primer método**, muy simple, se basa en una propiedad de los triángulos isósceles, que es que la bisectriz del ángulo en el vértice formado por los dos lados iguales, corta al lado opuesto en dos partes iguales y forma con éste un ángulo de 90°.

De esta manera para bajar la perpendicular desde el punto Q a la línea AB de la Figura se extiende la cinta desde dicho punto Q en ángulo oblicuo, marcando en el terreno el punto 1 y se toma la lectura de la cinta. Se repite esa medida haciendo ahora que el ángulo oblicuo sea hacia el otro lado, marcando el punto 2. En la mitad de la distancia **d** que separa los puntos 1 y 2, es decir a la distancia **d/2** se marca el punto **P** que es el pie de la perpendicular tal como surge de la propiedad de los triángulos isósceles enunciada más arriba. Obsérvese que los dos lados que se han trazado son iguales y que la altura del triángulo divide a la base en dos partes iguales y es perpendicular a ésta,



Desde el punto de vista práctico todo lo que hay que hacer es medir la distancia entre los dos puntos que se han marcado sobre la línea y a la mitad de la de esa distancia se sitúa el punto P, pie de la perpendicular trazada desde Q a la línea.

El **segundo método** un poco más preciso que el anterior consiste en medir dos líneas inclinadas desde el punto desde el cual se quiere trazar la perpendicular, en ángulos cualesquiera medir luego la base del triángulo que quedó determinado por los tres puntos (1; 2 y C de la Figura) A partir de esos datos, operando se puede conseguir las distancias p y q que determinan la posición del punto P, pie de la perpendicular trazada a la línea desde el punto C.



Observando la figura y aplicando el teorema de Pitágoras a los dos triángulos rectángulos formados por los lados r,h,p y s,h,q se puede escribir:

$$h^2 = r^2 - p^2 = s^2 - q^2$$

Ordenando: $r^2 - s^2 = p^2 - q^2 = (p + q)(p - q)$

Finalmente: $p + q = \overline{1-2}$

$$p - q = \frac{r^2 - s^2}{p + q}$$

Conociendo $p + q$ y $p - q$ se pueden obtener los valores individuales de p y q que permiten marcar el punto P.

Ejemplo numérico

Para mayor claridad se resuelve el siguiente caso: se han medido las distancias r y s de la figura, como así también la distancia $\overline{1-2}$, que resultan ser respectivamente: 23,15m; 29,10m y 36,25m; Con esto ya se sabe que $p + q = 36,25m$. Se debe calcular $p - q$:

$$p - q = \frac{23,15^2 - 29,10^2}{36,25} = -8,58m$$

Ahora deben obtenerse los valores individuales de p y q a saber:

Haciendo $(p + q) + (p - q)$ y eliminando paréntesis y simplificando se tiene:

$$(p + q) + (p - q) = p + q + p - q = 2 \cdot p$$

por lo tanto reemplazando: $36,25m - 8,58m = 27,67m$

y finalmente: $p = \frac{27,67}{2} = 13,87m$

De la misma forma, haciendo ahora $(p + q) - (p - q)$ y eliminando paréntesis y simplificando se tiene:

$$(p + q) - (p - q) = p + q - p + q = 2 \cdot q$$

por lo tanto reemplazando: $36,25m + 8,58m = 44,83m$

y finalmente: $q = \frac{44,83}{2} = 22,41m$

Se puede hacer ahora la comprobación del cálculo: $p + q = 13,84m + 22,41m = 36,25m$ que es justamente el valor medido. Con los valores de p y de q , midiendo desde los puntos 1 y 2 respectivamente, se puede marcar el punto P en el terreno.

Se trata éste de un método clásico. Hay que tener en cuenta sin embargo que a esta altura de la tecnología los sistemas CAD disponibles, aún hasta en los teléfonos inteligentes, permiten resolver este tipo de problemas en forma gráfica-digital y poder de una manera muy simple llegar al mismo resultado sin hacer cálculos. Los sistemas CAD han simplificado enormemente todo lo relativo a cálculos topográficos ofreciendo mucha precisión y una gran facilidad al profesional.

Cómo se ha dicho ya, estos procedimientos son aplicables únicamente al caso de terrenos llanos limpios, transitables y sin pendientes.

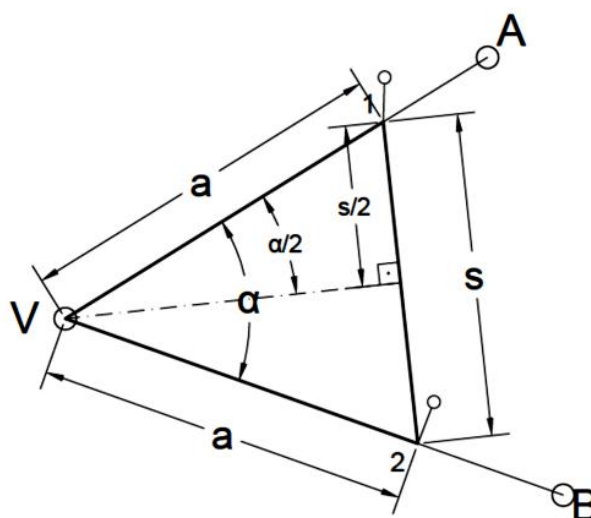
3 / MEDICIÓN DE ÁNGULOS CON CINTA //////////////////////////////////////

La medición y replanteo de ángulos consisten básicamente en medir en el terreno un triángulo desde el cual pueden obtenerse los valores angulares y en modo inverso poder “dibujar” sobre el terreno en tamaño natural los ángulos del proyecto a replantear.

Cómo se dijo anteriormente estas dos operaciones podrían hacerse perfectamente apoyándose en un sistema de CAD y simplemente las construcciones que hacemos en nuestra computadora poderlas hacer en el terreno en tamaño natural con una precisión más que aceptable. Lo importante es tener claro los conceptos de geometría de lo que se pretende hacer.

Siguiendo los lineamientos de la Topografía clásica y cuando nos encontremos en terreno limpio, transitable, plano y horizontal, se puede utilizar, tanto en medición como en replanteo de ángulos un método muy práctico basado en la geometría de un triángulo isósceles.

Si se observa el gráfico adjunto, allí se tienen dos líneas $\overline{AV}$ y $\overline{VC}$ se encuentran formando el vértice de un ángulo α en el punto V . Si se toman sobre dichas líneas dos segmentos iguales de longitud a con origen en el punto V que determinan los puntos **1** y **2** los cuales se unen determinando un segmento s , se ve formado un triángulo isósceles, cuya bisectriz del ángulo α corta a la base (segmento s) en dos partes iguales de longitud $s/2$ y en ángulo de 90° grados, dividiendo al triángulo conformado por los dos segmentos a y el segmento s en dos triángulos iguales **rectángulos**. Si se considera uno de estos triángulos rectángulos se puede escribir la ecuación:



$$\text{sen } \frac{\alpha}{2} = \frac{s}{2.a}$$

PARA CASO DE RELEVAMIENTO DE ÁNGULOS

Sea el caso de realizar la medición de un ángulo, que puede ser entre dos líneas que se cruzan en un punto, o en encuentro de muros, o en cualquiera de los numerosos casos que pueden darse en la vida profesional. Se han medido desde el vértice del ángulo dos segmentos a iguales (medida arbitraria que fija el operador) en este ejemplo de 10 metros, y se ha procedido a hacer unas marcas en los extremos de cada segmento. A continuación se ha medido el segmento s entre las marcas que hicieron anteriormente, resultando una longitud de 12,25 metros.

Tomando la ecuación dada anteriormente: $\text{sen } \frac{\alpha}{2} = \frac{s}{2.a}$

Podría despejarse el valor del ángulo α resultando: $\alpha = 2. \arcsen \frac{s}{2.a}$

Ejemplo Numérico: $\alpha = 2. \arcsen \frac{12,25m}{2.10m} = 75^\circ 32'$ (valor del Ángulo medido)

PARA CASO DE REPLANTEO DE ÁNGULOS

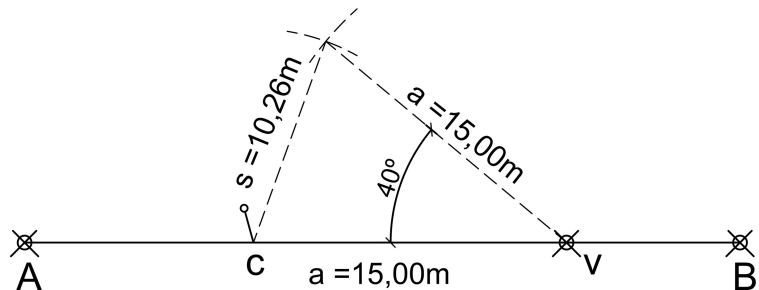
En el caso de replanteo el único dato que se tiene es el ángulo a replantear. Para este ejemplo se supone tener que replantear un ángulo de 40° . En el terreno deben estar materializados el vértice y la dirección de uno de los lados del triángulo. Se selecciona un valor para la longitud del segmento a que guarde relación con el tamaño del elemento que se esté por replantear. En este ejemplo se ha tomado el valor de 15 metros.

Lo que debe hacerse ahora es calcular la longitud del segmento s despejando de la formula dada anteriormente: $\text{sen } \frac{\alpha}{2} = \frac{s}{2.a}$

Resultando: $s = 2.a.\text{sen } \frac{\alpha}{2}$

Ejemplo Numérico: $s = 2.15.\text{sen } \frac{40^\circ}{2} = 10,26m$ (valor del segmento s)

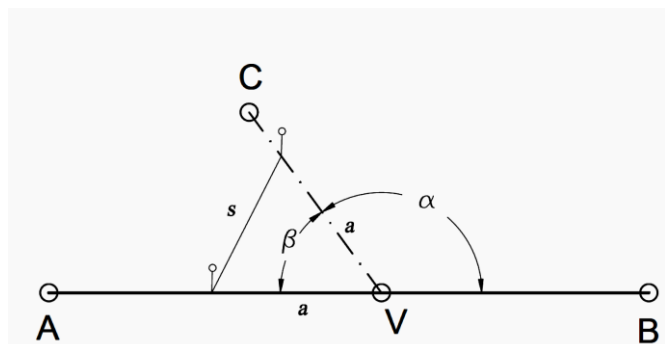
Una vez hecho el cálculo se procede a la marcación del ángulo en el terreno. Desde el vértice (v) de la línea que se tenía materializada ($\overline{AB}$) se mide la longitud a de 15 metros que se había seleccionado y se coloca una marca (c). Luego desde el vértice se mide la longitud a de 15 metros y simultáneamente desde la marca que se había colocado, se mide la longitud del segmento s obtenido en el cálculo. Donde se produce la coincidencia de las dos medidas se coloca una marca en el terreno quedando materializado el ángulo con el valor de 40° que se había proyectado.



Es evidente que para replantear un ángulo a partir de un triángulo obtenido con segmentos extraídos de un dibujo hecho con algún sistema CAD, el procedimiento en el terreno será absolutamente igual. Del mismo modo, midiendo tres lados de un triángulo con valores cualesquiera se puede encontrar el valor del ángulo simplemente construyendo en sistema CAD el triángulo medido en el terreno y obteniendo de la figura los valores angulares que uno necesita.

*Una aclaración muy importante para la medición de ángulos es que las fórmulas de medición y replanteo expuestas funcionan muy bien cuando los ángulos son **agudos**, es decir menores, a 90 grados. La teoría puede demostrar matemáticamente que **a medida que el ángulo pasa a los 90 grados los errores se van haciendo cada vez más grandes**, resultando el método ser impracticable para ángulos muy obtusos. En general como criterio práctico vamos a utilizar estos métodos para ángulos como máximo de 90 grados. La demostración de esto está fuera del alcance del presente trabajo.*

En el caso de tener que medir (o replantear), por ejemplo, un ángulo $\alpha = 130^\circ$, lo que debe hacerse es proceder a medir o replantear su ángulo suplementario $\beta = 50^\circ$ que será agudo y garantizará la precisión adecuada en el procedimiento

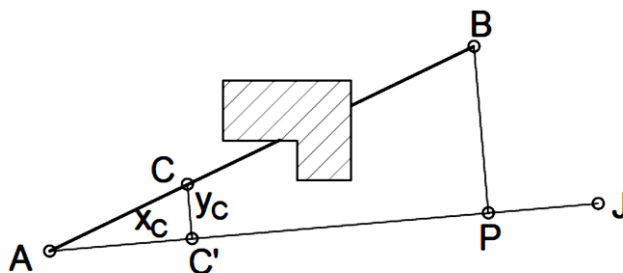


4 / INTERCALACIÓN DE PUNTOS CON OBSTÁCULO //////////////////////////////////////

Es el caso que en una línea AB se encuentre un obstáculo que impida tanto la visibilidad como la transitabilidad entre los extremos y sea necesario intercalar puntos intermedios tales como el C que se muestran en la Figura. Para poder hacer esto, lo primero que se debe hacer es trazar una línea auxiliar desde el punto A lo más cercana al obstáculo que sea posible, sobre terreno horizontal, transitable y con visibilidad hasta un punto tal como el J de la misma figura. En estos tres puntos A B y J se colocan jalones para hacerlos visibles. Para poder intercalar un punto intermedio se procede así:

En primer lugar debe bajarse una perpendicular desde el punto B, materializando el pie de la perpendicular; punto P, que estará situado en la línea auxiliar AJ que se trazó a tal fin, con el uso de la cinta cómo se vio anteriormente o mediante una escuadra prismática (escuadra óptica).

Seguidamente se toman las medidas de los segmentos AP y BP.



A partir de esos datos, sabiendo que el ángulo en el punto P es recto, se está en condiciones conocer la longitud entre A y B aplicando el teorema de Pitágoras, por lo que hemos procedido a una medición indirecta de la línea AB que presentaba un obstáculo que impedía hacer la medición directa.

Luego para colocar un punto C se hace un cálculo basado en la semejanza de triángulos y lo que permitirá colocar esos puntos a una distancia prefijada sobre la línea

Ejemplo Numérico:

Se requiere amojonar un punto C a 15 metros del punto A sobre una línea AB con un obstáculo que impide la visibilidad y la transitabilidad. Se ha seguido el procedimiento explicado más arriba. Se han medido los segmentos AP = 78 m y BP = 23 m.

Se pide calcular los valores que permitan hacer el replanteo del punto C.

Con las medidas se calcula el segmento AB con el teorema de Pitágoras:

$$\overline{AB} = \sqrt{AP^2 + BP^2} = \sqrt{78^2 + 23^2} = 81,32m$$

Por semejanza de triángulos se obtiene:

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{AC'}}{\overline{AP}} \therefore \overline{AC'} = \frac{15 \times 78}{81,32} = 14,39m$$

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{C'P}}{\overline{BP}} \therefore \overline{C'P} = \frac{15 \times 23}{81,32} = 4,24m$$

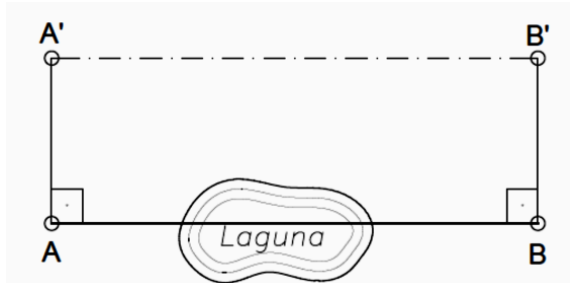
Finalmente para replantear el punto C, se mide la distancia de 14,39m desde el punto A en la dirección AJ, obteniéndose un punto C'. De ese último punto se levanta una perpendicular y se mide en esa dirección el segmento de 4,24 m y se marca el punto C que queda ubicado en la línea AB a la distancia requerida.

5 / MEDICIÓN DE LÍNEAS EN TERRENOS CON OBSTÁCULOS //////////////////////////////////////

Para la medición de líneas con obstáculos, la Topografía clásica presenta la solución a dos casos:

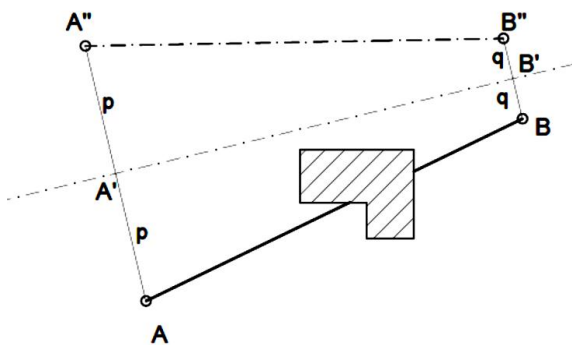
CON OBSTÁCULO QUE NO IMPIDE LA VISIBILIDAD

El primero es cuando se tiene un obstáculo que impide la transitabilidad pero no la visibilidad por ejemplo como una laguna o un pantano. En este caso dada la visibilidad, permite trazar una paralela a la línea intransitable, levantando perpendiculares en sus extremos. Esto puede hacerse tanto con la escuadra óptica como aplicando el método 3, 4, 5 para levantar perpendiculares con cinta. Finalmente se puede medir la línea con cinta caminando sobre el terreno transitable, en la figura, la línea $A'B'$ de igual longitud que la AB , lo que resulta evidente por tratarse la figura de un rectángulo.



CON OBSTÁCULO QUE IMPIDE LA VISIBILIDAD

En el caso de un obstáculo que impide, además de la transitabilidad la visibilidad, en la figura, la línea AB . Lo que se hace es trazar primero un eje auxiliar de modo que puedan verse los dos extremos. (En la figura es el eje que contienen los puntos A' y B').



Se procede entonces a bajar perpendiculares desde los extremos A y B de la línea que no puede ser medida debido al obstáculo, determinando los puntos A' y B' sobre la línea auxiliar. Esas perpendiculares bajadas son los segmentos p y q . Seguidamente se prolongan esos segmentos p y q con una longitud igual a la de cada uno, determinando los puntos A'' y B'' que definen la línea $A''B''$, simétrica y de igual longitud a la que no podía medirse.

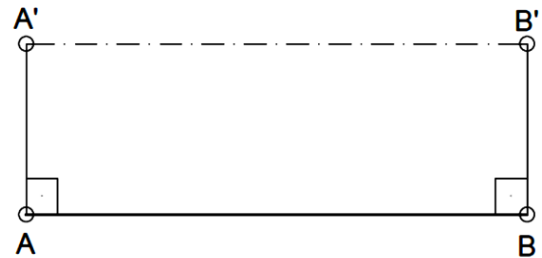
Este procedimiento es propio de la época donde no se contaba con medios de cálculos como los actuales donde aplicar la fórmula del teorema de Pitágoras significaba una operación matemática sumamente engorrosa que convenía evitar haciendo un trabajo de campo más complicado pero que permitía medir directamente la línea sin tener que hacer ningún cálculo.

Las nuevas tecnologías han provocado grandes cambios en los métodos de trabajo, que se han facilitado enormemente, tanto por el uso de calculadoras, luego computadoras portátiles, teléfonos inteligentes, y por el advenimiento de nuevos instrumentos como los distanciómetros electrónicos, las estaciones totales, los equipos GPS y últimamente los drones adaptados a Agrimensura y Topografía.

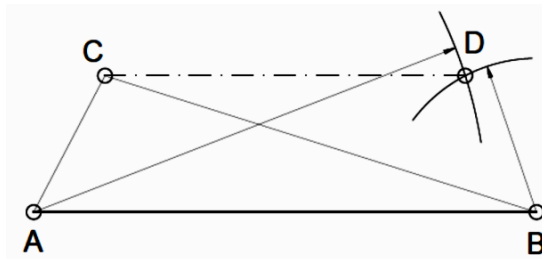
6 / TRAZADO DE PARALELAS //////////////////////////////////////

Dentro de la temática de la planimetría sencilla se cuenta con dos procedimientos:

El **primero** es que dada una línea **AB** de la cual se quiere trazar una paralela a una distancia dada, caso muy frecuente en los replanteos de obras. El método consiste en levantar una perpendicular en cada extremo de la línea o en su defecto en un par de puntos intermedios que se tenga acceso y visibilidad. Sobre esas perpendiculares se mide la distancia a la cual debe ser marcada la paralela y una vez marcados los dos puntos se tiene materializada la línea paralela requerida.



El **segundo** procedimiento consiste en trazar una paralela a una línea **AB** por un punto dado **C**. Se miden las distancias **AC** y **BC**. Seguidamente se replantea el punto **D**, que con el **C** definirán la línea paralela buscada.



Para ello se replantea la longitud del segmento **BC** desde el punto **A**, y la longitud del segmento **AC** desde el punto **B**. Se utiliza la cinta a modo de compás y donde coinciden las dos longitudes se marca el punto **D**, quedando materializada la línea **CD**, paralela a **AB** que pasa por el punto **C**.

Los dos procedimientos son solo válidos si el terreno es horizontal, transitable y con visibilidad.

7 / REPLANTEO DE CURVAS CIRCULARES //////////////////////////////////////

La aplicación de curvas circulares a distintos tipos de proyectos tanto de ingeniería como arquitectura es muy amplia. Lo que se verá aquí es una síntesis escueta de algunas cuestiones de aplicación práctica a la obra de arquitectura.

Lo que se considera en este trabajo son las curvas circulares simples que unen o conectan a dos alineaciones rectas que se encuentran en un punto llamado vértice **V** formando un determinado ángulo α . Esas dos alineaciones son conectadas por una curva circular que comienza en un *principio de curva* **PC** y termina en un *final de curva* **FC**. En estos puntos la curva circular es tangente a las alineaciones rectas **AV** y **VB**, quedando así determinados, como se ve en la figura 1, una serie de elementos, algunos de los cuales serán importantes para lo que se pretende hacer con relación a las aplicaciones para obras de arquitectura.

En los proyectos donde hay tramos curvos ya sea en los planos de loteos y urbanizaciones o en las mismas obras de arquitectura, los elementos que hay que consignar en un plano, a los fines de acotar perfectamente la curva; son estos tres datos fundamentales a saber:

- El radio de la curva (**R**)
- La longitud del arco circular (**L**)
- El ángulo central (**θ**)

Con esos datos queda perfectamente determinada la geometría de la curva, y esto permite hacer tanto la construcción en un dibujo como así también su replanteo en tamaño natural en obra.

Donde el ángulo central está expresado en radianes.

Los métodos y procedimientos que se tratarán a continuación son únicamente aplicables a terrenos llanos que permitan visibilidad y transitabilidad. Hoy en día los avances tecnológicos en Estaciones Totales y

A continuación se verán dos problemas sobre métodos clásicos de replanteo de curvas circulares que servirán para estudiar los conceptos de un modo más práctico.

Se procederá a explicarlo por medio de un ejemplo:

Lo primero que se advierte en los datos suministrados en este problema es que faltan algunos de los datos fundamentales. Falta saber cuál es el ángulo al centro o central (θ) y cuál es el radio (R), magnitudes que se podrán obtener en función de las relaciones matemáticas entre los distintos elementos. El lector debe notar que los datos que se han dado en el problema hacen difícil poder ser representar gráficamente el caso, para lo cual también es necesario hacer estos cálculos previos también. Se ha seleccionado este problema por ser el que presenta una mayor complejidad, siendo todos los otros casos que puedan plantearse más simples que este, por lo tanto quedaría todo el tema cubierto.

- 16 -

Pero además los dos ángulos en el principio y en el final de la curva son de 90 grados, debido a que el radio y la tangente se encuentran en ángulo recto, por lo tanto la suma del ángulo central y del vértice es de 180 grados por lo que finalmente obtenemos:

$$\alpha + \theta = 180^\circ \therefore \theta = 180^\circ - \alpha = 180^\circ - 112^\circ = 68^\circ$$

Para calcular la longitud del radio, de la relación entre los tres elementos fundamentales de la curva se despeja el valor del radio y que justamente es el que no tenemos.

De la expresión: $L = R \cdot \theta^{rad}$ despejando R se tiene:

$$R = \frac{L}{\theta^{rad}}$$

Primeramente debemos calcular el ángulo central en radianes para poder aplicar la fórmula, haciendo la salvedad que el valor del ángulo en radianes debe ser tomado con cinco cifras significativas por lo menos, para no cometer errores de cálculo de orden mayor a lo que es compatible con la precisión de los métodos de replanteo³.

$$\theta^{rad} = \theta^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} = 68^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} = 1.186823891$$

Entonces:

$$R = \frac{25m}{1.186823} = 14,21m$$

Para hacer el replanteo es necesario saber dónde están ubicados en el terreno los puntos principio de curva **PC** y el punto final de curva **FC**. Para lograr esto calcularemos el segmento **T** llamado **tangente** que se extiende desde el vértice hasta el principio de la curva y desde el vértice hasta el punto final de la curva. Considerando el eje de simetría de la figura o sea el que une el vértice V con el centro la curva O, la Figura 1 queda dividida en dos partes simétricas y si se considera el triángulo formado por los puntos V; O y PC se observa que este triángulo es rectángulo con el ángulo recto en PC por lo que se puede escribir:

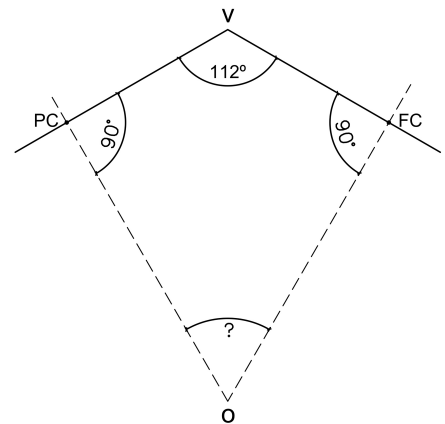
$$tg \frac{\theta}{2} = \frac{T}{R} \therefore T = R \cdot tg \frac{\theta}{2}$$

Fórmula que permite calcular la tangente, qué aplicada al problema planteado resulta:

$$T = 14,21 \times tg \left(\frac{68^\circ}{2} \right) = 21,06m$$

Obtenido el valor de la tangente y del radio se puede pasar directamente a efectuar el replanteo en el terreno, donde ya deberán estar materializados el vértice y las dos alineaciones rectas.

El procedimiento comienza a partir del vértice. Sobre cada una de las alineaciones se mide la longitud del segmento **T**, materializando los puntos principio de curva **PC** a un lado y final de curva **FC** hacia el otro lado.



³ Es un error muy corriente tomar para el cálculo nada más que dos decimales. Tal proceder provocaría un error del orden de grados, siendo totalmente inadmisibles para la precisión requerida.

Seguidamente se debe replantear el centro de la curva **O** para lo cual pueden hacerse dos procedimientos:

1/ Levantar una perpendicular a una de las alineaciones por uno de los puntos ya determinados PC o FC y con la medida del radio marcar el punto O.

2/ Con la medida del radio usando la cinta a modo de compás, desde ambos puntos PC y FC llevar la medida del radio buscando el punto de intersección de ambas medidas, obteniendo de esta forma el centro O de la curva.

Luego desde el centro de la curva utilizando la cinta como compás se puede marcar cuantos puntos sean necesarios para materializar el arco. Esta cantidad de puntos tiene relación con el proceso constructivo que tendrá lugar posteriormente al replanteo.

MÉTODO : DE LOS CUARTOS DE FLECHA

En muchas ocasiones puede ser muy ventajoso este método que se explica a continuación, por ejemplo, cuando no se tiene acceso al centro de la curva, o bien cuando el radio es demasiado grande para ser replanteado con una cinta en la forma que se acaba de indicar en el método anterior.

Se explicará el método a partir de un ejemplo numérico:

En este caso se debe replantear una curva de 75m de radio y un ángulo central de 31° grados. En el terreno se tienen ya materializadas las dos alineaciones rectas que se encuentran en el vértice V de la curva.

En primer lugar se calcula la longitud de la tangente que resulta:

$$T = 75,00m \times tg\left(\frac{31^\circ}{2}\right) = 20,80m$$

Con esto pueden replantearse los puntos principio de curva PC y final de curva FC.

El paso siguiente es calcular la longitud de la flecha y la cuerda.

La **cuerda** podría ser medida directamente pero su cálculo nos permite una verificación del procedimiento que se está llevando a cabo. Considerando el triángulo de la Figura 1 cuyos vértices son **O;PC** y **F**, o su simétrico **O;FC** y **F** se puede escribir:

$$\text{sen } \frac{\theta}{2} = \frac{C}{2.R} \therefore C = 2.R.\text{sen } \frac{\theta}{2}$$

Finalmente, con los datos del problema se tiene la longitud de la **cuerda**:

$$C = 2 \times 75,00m \times \text{sen}\left(\frac{31^\circ}{2}\right) = 40,09m$$

Para obtener una expresión que permita hacer el cálculo de la **flecha**, en la Figura 1 se observa que:

$$f = \bar{R} - \overline{FO}$$

y considerando nuevamente el triángulo de la Figura 1 cuyos vértices son **O;PC** y **F**, o su simétrico **O;FC** y **F** se puede escribir:

$$\cos \frac{\theta}{2} = \frac{\overline{FO}}{R} \therefore \overline{FO} = R.\cos \frac{\theta}{2}$$

Reemplazando el valor $\overline{FO}$ en la fórmula anterior:

$$f = R - R \cdot \cos \frac{\theta}{2}$$

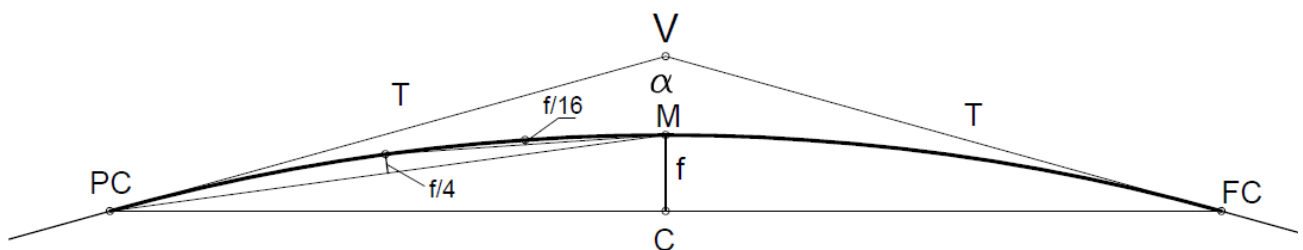
Y sacando R como factor común, se llega a la expresión final para calcular la **flecha**:

$$f = R \cdot (1 - \cos \frac{\theta}{2})$$

Y la longitud de la flecha reemplazando por los datos numéricos sería:

$$f = 75,00m \cdot (1 - \cos \frac{31^\circ}{2}) = 2,73m$$

Y de sus valores derivados para el replanteo: $f/4 = 0,68m$; $f/16 = 0,17m$ y así se podría seguir con la cuarta parte del último valor hasta que sea necesario.



La flecha se replantea a partir del punto medio de la cuerda que se ha medido y verificado. En rigor debería levantarse una perpendicular en el punto medio de la cuerda, (Punto F de la Figura 1) pero teniendo materializado ya el vértice y sabiendo que la perpendicular a la cuerda por la simetría de la figura pasa por ese punto, directamente tendemos la cinta desde el punto medio de la cuerda hacia el vértice y en esa dirección marcamos con la longitud de la flecha directamente el punto **M**, punto medio de la curva.

El resto de los puntos de la curva que sean necesarios se marcan partiendo de una propiedad que es la siguiente y que le da el nombre al método de replanteo "*de los cuartos de la flecha*". Si se une el punto medio de la curva con el principio de la curva extendiendo la cinta podemos medir una cuerda parcial. Si desde el punto medio de dicha cuerda parcial se levanta una perpendicular con la cuarta parte de la flecha, obtendremos un punto intermedio de la curva a replantear. Esto lo haremos en el otro sentido y posteriormente uniendo los puntos que hemos obtenido, repitiendo el procedimiento levantando una perpendicular con un valor de la cuarta parte del de la flecha anterior, o sea en este caso una dieciseisava parte de la flecha, se irán obteniendo más puntos de relleno de la curva a replantear. Se prosigue así marcando la cantidad de puntos que requiera el proceso constructivo a realizar.

Este método resulta muy práctico para replantear curvas en obras cuyos datos vienen de un plano dibujado en sistemas CAD, donde con mucha facilidad se puede obtener las medidas de las cuerdas y de las flechas, siendo posible también tener replanteadas en obra los dos extremos de la cuerda, es decir, el principio y el final de la curva, por lo que el replanteo resulta muy sencillo, sin requerir de ningún tipo de cálculo, más allá de hacer simples operaciones aritméticas que permitirán seguir el procedimiento que se acaba de describir.

Existen varios otros métodos de replanteo de curvas tales como ordenada sobre la tangente, ordenada sobre la cuerda y ángulos de deflexión que pueden ser consultados en la bibliografía.

Se aclara que las curvas para obras de ingeniería tales como caminos y ferrocarriles además de ser circulares tienen un tramo de enlace entre la recta y la curva propiamente dicha que es una espiral, llamada transición, que hace un poco más complejas las operaciones de replanteo, excediendo los objetivos de este trabajo.

8 / LEVANTAMIENTOS PLANIMÉTRICOS

Los conocimientos adquiridos hasta ahora permiten alcanzar un objetivo importante para el profesional de la construcción, el cual es obtener un plano exacto con las medidas lineales y angulares reales del terreno y de los detalles que se consideren pertinentes, con vistas a la confección del proyecto ejecutivo de la obra a realizar, ya se trate de una obra nueva, una refacción, una parquización, etc. Lo importante es desarrollar el proyecto con las medidas reales, tanto lineales, angulares y de superficie del terreno, de manera que dicho proyecto pueda materializarse en obra sin costosas e inexplicables modificaciones que siempre atentarán contra el prestigio del profesional. Hacer una buena verificación de las medidas insume muy poco tiempo y esfuerzo y los beneficios para el Arquitecto son muy grandes en cuanto a la calidad de su trabajo.

Esta etapa abarca dos aspectos fundamentales:

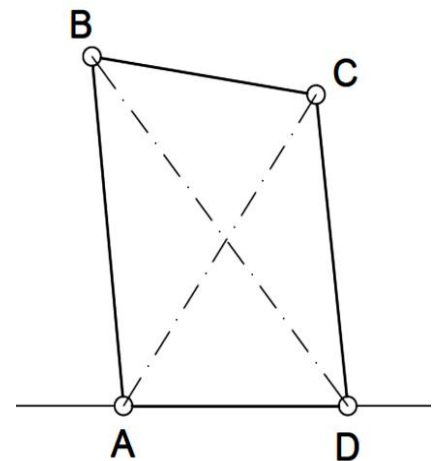
1 / Verificar las medidas del terreno donde se emplazará la obra.

2 / Realizar un levantamiento de todos los detalles que tengan relevancia para el desarrollo del proyecto. Estos detalles pueden consistir en construcciones, elementos aislados, árboles, instalaciones y cualquier otro elemento que a criterio del profesional pueda tener influencia en el proyecto.

VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL TERRENO

En la verificación de las medidas del terreno pueden presentarse distintos casos. Para empezar, la cantidad de lados que tenga el perímetro, la materialización de los límites y los obstáculos que se presenten para realizar el levantamiento.

El procedimiento más sencillo de realizar en planimetría es descomponer la figura del terreno en triángulos, todos los que sean necesarios para cubrir totalmente la superficie. El caso más frecuente es que el terreno forme una figura de cuatro lados que se dividirá en dos triángulos. De ser así se medirán todos los lados de todos los triángulos, y a partir de esto es posible realizar un tratamiento analítico basado en el caso de resolución de triángulos en el que se conocen las medidas de los tres lados. Con ello se obtiene la medida de los ángulos y de la superficie de cada uno de los triángulos, con lo cual se podría abordar el cálculo analítico para verificar el cierre geométrico de la figura y comprobar los errores cometidos⁴.

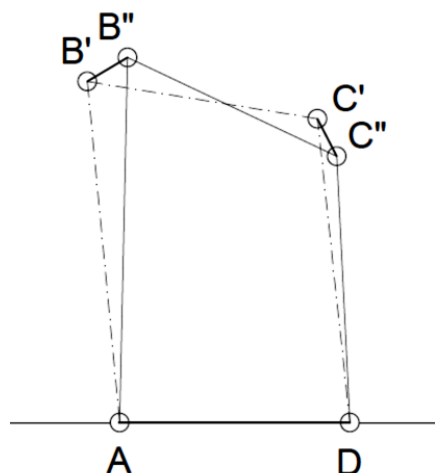


Una forma más práctica de realizar esta verificación es utilizando la medición de líneas con cinta y un programa de dibujo del tipo CAD. Suponiendo un terreno de 4 lados como el que muestra la Figura. Lo que se debe hacer es medir todos los lados y luego las dos diagonales. Es muy importante realizar un croquis con suma prolijidad, en el cual se anotarán todas las medidas tomadas. El hecho de tomar las medidas de las dos diagonales es a los efectos de verificar si se cometieron errores que superen la tolerancia admisible para la medición de línea con cinta.

El procedimiento propuesto no requiere hacer ningún cálculo. En el programa CAD con las medidas obtenidas en el terreno, se construyen en el dibujo los triángulos que lo forman. Es suficiente para un terreno de 4 lados tomar dos triángulos. En el caso de la figura el Triángulo ABC y el Triángulo ACD con esta construcción podemos llegar a formar exactamente la forma del terreno cuyos vértices son A,B,C y D.

⁴ Ver: Nicolás White; Clases de Topografía. Cap. 9; ó Wolf & Brinker; Topografía. Caps. 12; 13 y 14

Obsérvese que no se ha utilizado todavía la diagonal AC. Esto posibilita trazar los triángulos ABD y BCD y volver en la misma forma indicada a componer nuevamente la figura del terreno, a partir de dichos triángulos.

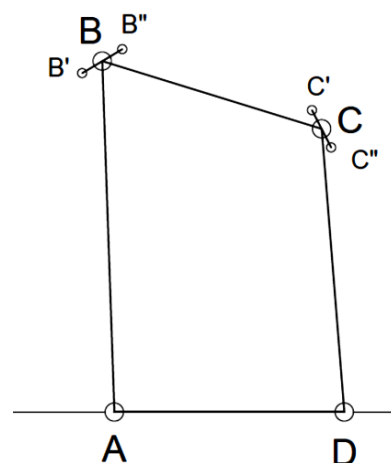


Si superponemos los dos dibujos, y las medidas hubieran sido exactas, los dos dibujos coincidirían perfectamente en virtud de no haberse cometido error alguno pero esto es prácticamente imposible que ocurra. En consecuencia, al superponer las figuras, que en el sistema CAD que se utilice se puede hacer con gran precisión, por ejemplo “pegando” las figuras por la línea AD, en el ejemplo la que constituye el frente del lote, y haciendo la salvedad que podría optarse por cualquiera de las líneas del perímetro, observaremos que los vértices B y C no coinciden exactamente en los dibujos superpuestos y se separan dando lugar a dos pequeños segmentos que tienen relación con la magnitud de los errores cometidos durante la medición de todos los lados y diagonales. En la Figura corresponden con los segmentos B'B'' y C'C''. La forma de resolverlo es ante todo verificando la magnitud de esos segmentos que cuantifican el error cometido. Este error en

cada uno de los segmentos, como criterio práctico⁵, debe estar por debajo de la milésima parte de la línea más larga que se haya medido en el terreno, lo que significa un error relativo de 1/1000. Por ejemplo, si la línea más larga fue una diagonal de 40 metros de longitud, este error dado por la magnitud de los segmentos B'B'' y C'C'' no debería superar en este caso los 4 centímetros. Si tal cosa ocurriese, las medidas tomadas estarían fuera de tolerancia y debe realizarse el trabajo nuevamente hasta alcanzar la precisión requerida.

En el caso que la medición resulte con errores dentro de la tolerancia, la figura del terreno en el plano será, en este ejemplo, la que resulte de unir el punto A con el punto medio del segmento B'B'', donde se ubicará el punto B, continuando hasta el punto medio del segmento C'C'' donde se ubicará el punto C, a partir de allí hasta el punto D y cerrando el polígono en el punto A.

Si se traza por los puntos A,B,C y D una polilínea cerrada se tendrán las dimensiones lineales, angulares y de superficie del terreno, y se podrá trabajar en el proyecto con gran seguridad apoyando el proyecto en ese polígono.



Esto hará que el proyecto y la obra no tengan diferencias de medidas, facilitando el replanteo y garantizando una ejecución sin modificaciones, mejorando la calidad y la economía de la obra, toda vez que el Profesional se ha anticipado a muchas de las situaciones que en otro caso resultarían imprevistas y obligarían a cambios sobre la marcha.

Es muy importante que en el momento hacer las verificaciones de las medidas del terreno se tomen también los anchos de vereda y de calles de la realidad, indispensables para solucionar cualquier situación que pueda producirse con respecto a los códigos de edificación.

El caso al que se ha hecho referencia corresponde al de tener un terreno con sus vértices materializados con estacas que permiten la medición directa.

⁵ El criterio práctico que se indica tiene su sustento en la teoría general de errores luego de comparar la aplicación de dicha teoría en comparación con el criterio propuesto. Para mayor información ver: Wolf & Brinker; Topografía.

Es muy común que el terreno se encuentra cerrado por muros de mampostería, como en el caso de la fotografía, donde fue demolida una construcción pre existente y se proyecta hacer un nuevo edificio. Este es un caso sumamente corriente de la arquitectura urbana.

Lo primero que debe hacer el Arquitecto o Constructor es verificar si los muros de cierre son medianeros o contiguos, es decir si el límite entre el terreno objeto del trabajo y los colindantes pasa por el centro del muro divisorio, caso del muro medianero, o si dicho límite corre sobre uno de los costados del muro divisorio, caso del muro contiguo.

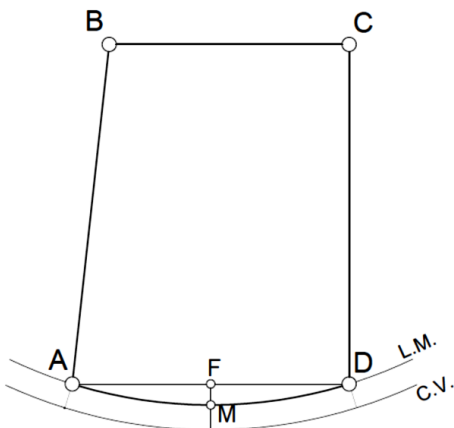


Lo que hay que tener muy presente es la forma en que está materializado el terreno. El proyectista necesita conocer la posición de los ejes que dividen el terreno de las propiedades linderas. Lo más habitual es el caso donde los ejes son medianeros, es decir, se encuentran en el medio del muro divisorio entre las parcelas. En tal caso se podrá medir un polígono interno desde el paramento del muro hacia adentro. Se sigue exactamente el mismo procedimiento que ya se ha indicado, pero una vez obtenido el polígono, debemos poner en posición las líneas divisorias entre las parcelas colindantes, por ejemplo si se tratase de muros de 30 centímetros de espesor total, el eje medianero estará 15 centímetros por fuera del que hemos podido medir directamente. Con estos criterios se realizará el dibujo del polígono real del terreno que se utilizará en el proyecto.

Pueden darse una infinidad de casos, por ejemplo, que un muro sea contiguo y otro medianero otro muro, o que tenga dos tramos, uno contiguo y uno medianero, o bien distintos tipos de materialización de límites como ser muros, alambrados, cercos vivos, estacas, etc. lo que requiere una gran atención de quien haga el levantamiento.

En caso de duda o de constatar invasiones u ocupaciones de terreno ajeno por parte del propietario del terreno, o por parte de los colindantes sobre el terreno del comitente, que puedan dar origen a algún tipo de litigio, el profesional deberá manifestar tal situación a su comitente a fines de encontrar la solución al problema, lo que muy probablemente requerirá la intervención de un profesional Ingeniero civil o Agrimensor con las incumbencias necesarias para resolver este tipo de cuestiones.

Un caso bastante corriente, sobre todo en urbanizaciones de barrios cerrados y countries, es la presencia de **lados curvos**.



En el ejemplo de la figura, el frente del terreno es una línea curva que une los puntos A y D. Para hacer la verificación se considerará la cuerda de la curva entre A y D de manera que la figura resulte un cuadrilátero, procediendo en la misma forma que en los casos anteriores. Una vez terminado el levantamiento del cuadrilátero, se medirá desde el punto medio del lado AD, punto F en la figura, y se levantará desde ese punto F una perpendicular hasta interceptar la curva en el punto M. Habiendo hecho esto, se tendrían los puntos inicio y final de la curva, puntos A y D y la magnitud de la flecha de ese tramo de curva, segmento FM. Entonces para dibujar la curva en el plano se cuenta con dos procedimientos, el primero es

utilizando el procedimiento de los cuartos de la flecha visto en el tema Curvas Circulares y el segundo dibujando en el sistema CAD una circunferencia que pase por tres puntos que serán los A,M y D. La ventaja del último procedimiento es que pueden tomarse tres puntos cualesquiera de la curva y no necesariamente los extremos y el punto medio.

Generalmente esa curva límite del terreno no está materializada, pero sí lo está el cordón de la vereda, por lo tanto, si no se puede ubicar el punto M, se prolongará la perpendicular desde el punto F hasta el cordón de la vereda. Se considerará el ancho que tiene la vereda frente a los puntos A y D y así descontar esa medida (Promedio de los dos anchos medidos) para obtener el punto M. Esto es válido para el caso más corriente, en el que la curva del cordón de vereda es paralela a la línea municipal.

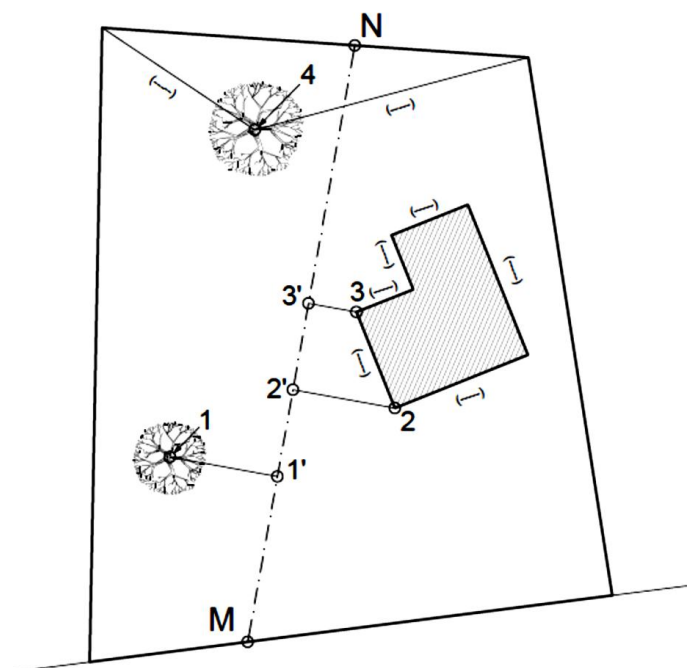
El polígono del terreno resulta, en este caso, de trazar una polilínea uniendo los vértices A,B,C,D cerrando la figura con el tramo curvo que pasa por D, M y A.

LEVANTAMIENTO DE DETALLES

Al realizar la medición para verificar el terreno, es conveniente proceder al levantamiento de los detalles que puedan ser importantes para la ejecución del proyecto y de la obra. En la figura se muestra el caso que exista una construcción y algunos árboles cuya posición se requiere conocer con precisión adecuada, ya que podrían estos elementos ser parte del proyecto o bien condicionarlo.

Una forma práctica de realizar este levantamiento de los detalles, es trazar un eje auxiliar en el terreno, y materializarlo con algún elemento, algunas veces con una cinta extendida, con un alambre, con una tanza, etc. como el designado MN de la figura, donde estos puntos extremos M y N están vinculados con los vértices del terreno.

Las posiciones de la construcción y de los árboles del ejemplo, quedarán vinculadas con el eje que se ha trazado en el terreno haciendo el trazado de perpendiculares. Eso se hará bajando perpendiculares desde los puntos de interés hasta el eje que se fijó y señalando el pie de la perpendicular. En el caso del punto 1 de la figura, por ejemplo, se puede bajar la perpendicular con cinta o con escuadra prismática desde el tronco del árbol a la línea MN obteniendo el punto 1' desde el cual pueden tomarse las distancias desde M hasta 1' y desde este último hasta el punto 1, anotarlas en el croquis y de esa manera poder dibujarlas en el plano general del terreno para tener así ubicado el punto de interés con precisión suficiente para realizar el proyecto. Se prosigue así con todos los puntos que sea necesario levantar.



Para el caso de tener que relevar construcciones que presenten todos sus ángulos rectos, será suficiente bajar dos perpendiculares desde dos vértices contiguos de la misma, por ejemplo de los puntos número 2 y número 3 de la figura hasta los puntos 2' y 3' del eje MN y así podemos ubicar ese tramo del perímetro de la edificación en el plano del terreno. Para completar dicho perímetro bastará con medir el resto de los lados del edificio con cinta de manera de poder dibujar el polígono que conforma el edificio en el plano.

El dibujo digital presenta la ventaja de su enorme precisión, la que no era alcanzable con el dibujo convencional a lápiz y papel, lo que brinda la posibilidad de hacer procedimientos muy simples. Por ejemplo, para relevar la posición del el árbol número 4 pueden tomarse dos distancias desde dicho árbol hasta los vértices. Esto será suficiente para fijar gráficamente la posición del punto número 4 en el dibujo.

Para el caso de tener que levantar una línea irregular, como un sendero, o el borde de un arroyo, bastará con trazar perpendiculares de los puntos donde se producen cambios de alineación hasta el eje del levantamiento, o en casos de presentar formas suaves, se pueden trazar estas perpendiculares a intervalos regulares a criterio del profesional y tener así, en estas dos situaciones, trazada una poligonal cuya forma se puede asociar a la del elemento de forma irregular.

Estos procedimientos son válidos para una obra de arquitectura una magnitud semejante a la de una vivienda. En obras de arquitectura de gran magnitud todas estas verificaciones están en la gran mayoría de los casos a cargo de un equipo profesional especializado, pero en las obras más pequeñas el arquitecto o el constructor a cargo debe ser capaz de abordarlo, ya sea por razones prácticas y fundamentalmente económicas. No puede en ningún caso el Arquitecto o Constructor dejar estas cuestiones en manos de capataces o albañiles de la obra que está dirigiendo, ya que ellos no deben asumir tal responsabilidad que no les atañe a ellos sino al Profesional que está a cargo de esa obra.

Compilado Teórico de Topografía;

. Ing. Jorge del Boca, 2018, Separata de Topografía, Córdoba, Argentina.

. Ing. Nicolás White, 2006, Clases de Topografía para estudiantes de arquitectura, Córdoba, Argentina.

03. ALTIMETRÍA

03.01 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS //////////////////////////////////

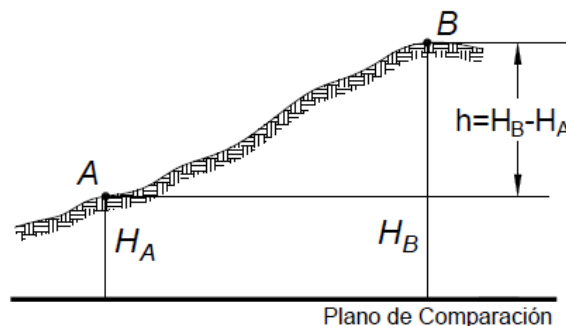
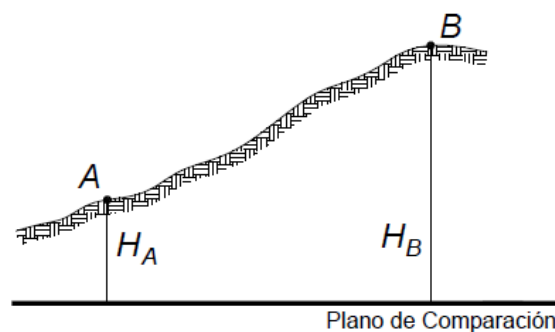
Altimetría es la parte de la Topografía que estudia los métodos e instrumentos para determinar la altura de los puntos de la superficie terrestre sobre un plano horizontal de comparación.

Se define como **ALTURA** de un punto a la distancia vertical medida desde el punto hasta el plano horizontal de referencia o plano de comparación. En la figura, si se consideran los puntos A y B del terreno, sus alturas, referidas al plano de comparación serán entonces las distancias H_A y H_B indicadas.

El plano de comparación puede tratarse de un plano que se ha considerado, de una altura fija y determinada, la cual puede ser arbitraria, en cuyo caso se hablará simplemente de altura. Si ese plano de comparación es el nivel del mar¹, es decir el nivel medio de las aguas del mar en reposo, se hablará de altura absoluta².

Se define como **DESNIVEL** entre dos puntos del terreno, a la diferencia de las alturas entre esos dos puntos. La expresión matemática de esta definición es:

Donde H_A y H_B son las alturas de los puntos y h es el desnivel, como se ve en la figura



Los métodos y las operaciones de la Altimetría destinados a determinar alturas y desniveles reciben el nombre genérico de NIVELACIÓN.

¹ La determinación del nivel medio de las aguas del mar en reposo es una tarea de gran complejidad que trasciende los alcances de esta materia

² La altura absoluta se utiliza en grandes obras de infraestructura, tales como caminos, autopistas, aeropuertos, diques, canales, gasoductos, etc.

LA CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE NIVELACIÓN EN LA TOPOGRAFÍA CLÁSICA SE ESTABLECE DE ACUERDO AL INSTRUMENTAL UTILIZADO A TAL FIN. ASÍ SE TIENEN:

Nivelación Geométrica:

Se realiza mediante el **Nivel de Anteojo**. Es la de mayor precisión y de mayor uso, casi de carácter exclusivo en la construcción de arquitectura. Su estudio se hará seguidamente con el detalle que se requiere para su aplicación práctica.

Nivelación Trigonométrica:

Consiste básicamente en la medición de ángulos verticales con **Teodolito**, y otras magnitudes lineales que permiten obtener el desnivel por cálculos trigonométricos, de allí el nombre.

Nivelación Barométrica:

Consiste en obtener las diferencias de altura midiendo la presión atmosférica en los puntos cuya altura se quiere determinar con un **Barómetro** y luego aplicando la correlación entre dicha presión y altura de los puntos, que en definitiva permite conocer el valor de la altura³.

Hay además otros tipos de niveles que se han ido incorporando a lo largo del tiempo. Tal es el caso de los niveles laser, con distintos tipos de prestaciones para generar los horizontes instrumentales que se requiera, tanto en pequeños trabajos interiores, como en obras importantes y en exteriores. Estos niveles son utilizados principalmente en la fase de la ejecución de obras.

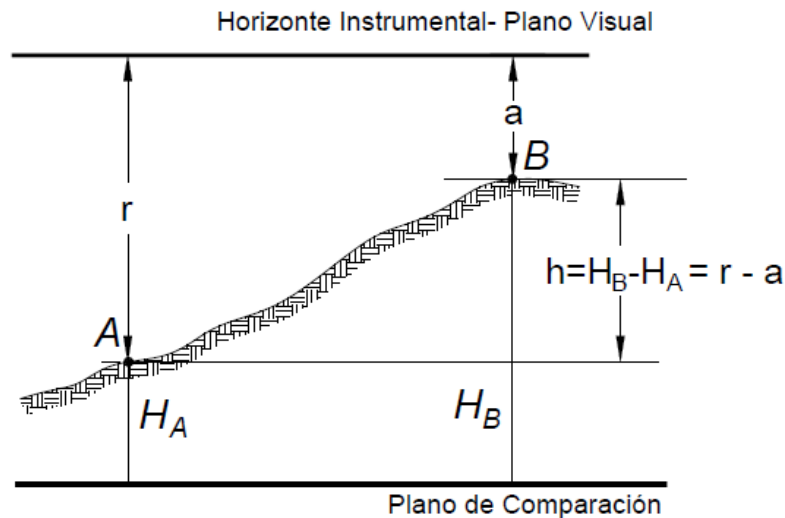
Más recientemente aparecieron los niveles digitales, donde los registros son hechos a través de una mira graduada con "códigos de barra" que automatizan la lectura y guardan los datos para poder hacer luego un post proceso de la información obtenida, con enormes ventajas sobre los niveles convencionales.

Actualmente hay que agregar también la posibilidad de medir alturas mediante GPS, pero sabiendo que existe una gran variedad de equipos y precisiones, que pueden dar la altura de un punto al milímetro, en casos de GPS de alta precisión, como ± 20 m como en los equipos GPS de mano o de teléfonos móviles. Como mínimo, quien pretenda hacer estas determinaciones debe tener muy claro este aspecto, y por supuesto, informarse antes de las prestaciones del equipo que esté por utilizar.

³ Los barómetros se utilizan tanto en aviación como en deportes como el trekking y el montañismo. Suelen estar presentes en algunos equipos GPS de mano utilizado para los mismos fines. Las precisiones suelen estar en el orden de ± 1 ó 2 metros.

03.02 LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA //////////////////////////////////////

Como ya se dijo, *el objeto de la nivelación es medir el desnivel entre dos puntos*. La nivelación geométrica se basa en el “**principio fundamental de la nivelación geométrica**” que se explica a continuación.



Para poder obtener el desnivel h se establece primero un plano horizontal por encima del terreno, que se llamará **horizonte instrumental**, por tratarse de un plano horizontal que ha sido generado artificialmente. También se llamará **plano visual** cuando se genere por medio de un instrumento topográfico.

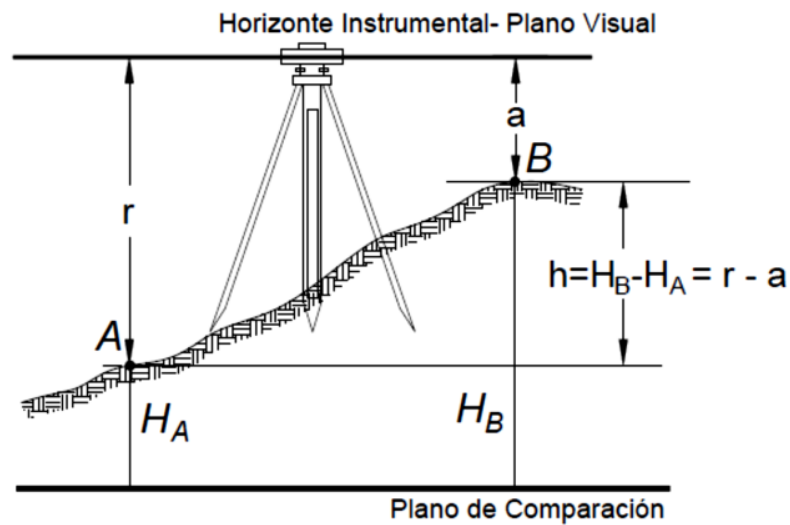
Establecido ese plano horizontal, si se miden las distancias r y a lo cual es perfectamente posible y sencillo, resulta evidente que el desnivel es justamente la diferencia entre esas medidas, y plantear una ecuación muy sencilla que relaciona las alturas de los puntos, el desnivel, y las medidas tomadas para determinarlo; que es **la expresión matemática del principio fundamental de la nivelación geométrica**:

$$h = H_B - H_A = r - a$$

En las obras pequeñas, los albañiles utilizan exactamente este principio. Lo que hacen es utilizar lo que ellos llaman “una manguera de nivel” que consiste simplemente en una manguera de plástico transparente llena de agua. Por el principio de vasos comunicantes, en la cercanía de los extremos de la manguera se observarán sendos meniscos que se situarán a la misma altura y generarán el plano de comparación. Esto tan simple, y bien conocido por la gente de la construcción les permite medir y replantear desniveles y alturas para construir la obra.

Este método adolece de varios problemas: las distancias entre los puntos es muy limitada, la precisión no suele ser suficiente en muchísimas aplicaciones y la posibilidad de cometer errores es muy grande.

Lo que se hace tanto en obras pequeñas como de gran magnitud, es utilizar el **Nivel de Anteojo** para producir el horizonte instrumental o plano visual y una regla graduada especial para este trabajo que se denomina **mira de nivelación**.



En definitiva, **para medir el desnivel entre dos puntos del terreno se colocará convenientemente un nivel de anteojo, que tendrá como finalidad generar el plano visual u horizonte instrumental, y desde el anteojo se tomarán las medidas r y a sobre la mira de nivelación que se colocará primero sobre el punto A y luego sobre el B, con lo que se obtendrá el desnivel h .** Si se conociera la altura del punto A, o sea H_A , podría obtenerse la altura del punto B haciendo simplemente la suma:

$$HB = HA + h$$

Como puede advertirse, las operaciones consisten en simples sumas y restas de segmentos geométricos, de allí el nombre que se da a este tipo de nivelación.

Compilado Teórico de Topografía;

. Ing. Jorge del Boca, 2018, Separata de Topografía, Córdoba, Argentina.

. Ing. Nicolás White, 2006, Clases de Topografía para estudiantes de arquitectura, Córdoba, Argentina.

03.03 EL INSTRUMENTAL //////////////////////////////////////

El instrumento fundamental para realizar la nivelación geométrica es el **nivel de anteojo**. Se complementa con la **mira de nivelación**.

NIVEL DE ANTEOJO

El nivel de anteojo, también llamado altímetro, tiene por objeto establecer el plano horizontal a partir del cual se van a realizar las mediciones.

En su versión más simple consta de tres partes fundamentales. Qué son **anteojo, nivel y soporte**.

El aparato tiene tres ejes fundamentales. Estos son el **eje del anteojo** el cual se fija en posición horizontal con el objeto de generar el horizonte instrumental con ayuda del nivel burbuja cuyo eje, que es **el eje del nivel**, es *paralelo al eje del anteojo*, y el tercero es el **eje vertical del aparato**, que pasa por el punto del terreno donde éste se encuentra estacionado.

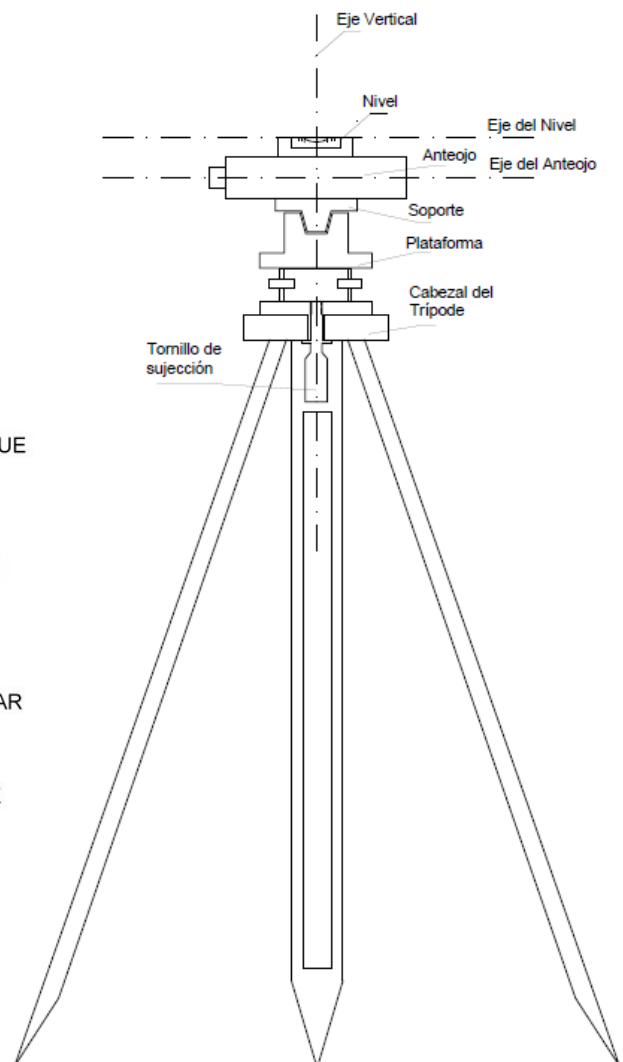
De este modo al poner horizontal el eje del nivel, lo que se consigue es poner horizontal el eje del anteojo y vertical el eje vertical, siempre y cuando el aparato esté bien calibrado y corregido.

También se denomina eje de colimación al eje del anteojo. El anteojo puede girar alrededor del eje vertical del aparato.

Debajo del anteojo está el soporte que sostiene el conjunto superior compuesto por el nivel y el anteojo y que a su vez se apoya sobre la **plataforma** de forma triangular donde se encuentran los **tornillos calantes o tornillos de nivelación** que permiten la nivelación del aparato.



Finalmente la plataforma se vincula al cabezal del *trípode*, que tiene la función de colocar el nivel a una altura cómoda para el operador y ajustarlo al terreno a través de las patas que son extensibles para adaptarlo a la superficie.



En el caso que sea necesario centrar el nivel en un punto del terreno puede colocarse una plomada que materializa el eje vertical del aparato. En la mayoría de los casos que se presentan en la práctica de la Altimetría no es necesario centrar el nivel de anteojo sobre un punto.

MIRA DE NIVELACIÓN

La mira de nivelación es una **regla graduada**, construida con algún material liviano generalmente madera o aluminio, de longitud generalmente comprendida entre 3 y 4 metros, y diseñada de modo que pueda ser plegable ó telescópica para facilitar su transporte.

Comúnmente las miras vienen graduadas en metros, decímetros y centímetros tal como muestra la fotografía.

La graduación de las miras debe ser impresa con exactitud por la influencia que puede tener una falla o error en los resultados de las medidas que con ella se obtengan.

El objetivo de la mira es medir la distancia desde el punto donde está apoyada hasta el horizonte instrumental definido por el nivel de anteojo.

También se la utiliza para determinar la distancia entre el nivel y el punto donde la mira se apoye, cómo se verá más adelante.

El diseño de la mira se ha hecho para facilitar su lectura desde una cierta distancia, generalmente menor a unos 50 metros. Está graduada al centímetro solamente ya que los milímetros serán estimados durante la lectura que se haga sobre la misma, cómo se verá en los trabajos prácticos.

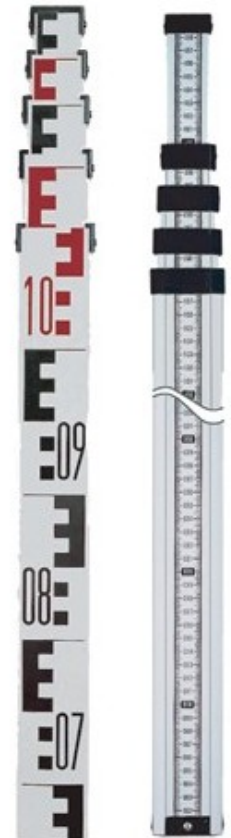
En todas las mediciones que se hacen en Topografía, la mira es colocada en forma vertical. Dependiendo del trabajo que se está haciendo, esto puede ser hecho directamente a simple vista con una exactitud del orden de dos grados (2°). Se puede verticalizar la mira con ayuda de una plomada donde la exactitud ahora será de un grado (1°), o bien con un nivel esférico que suele ser parte de la propia mira o bien puede ser adosado a modo de accesorio.

En ese caso la exactitud de la verticalidad estarían el orden de la décima parte de grado ($0,1^\circ$)

En los trabajos de arquitectura y de construcción en general resulta suficiente verticalizar la mira a simple vista.⁴

Otro detalle a tener en cuenta en el uso de las miras de nivelación, inclusive en el ámbito de la construcción, es la posibilidad de que pueda hundirse la mira al apoyarla en el suelo por tratarse de terreno blando. Este hecho induce errores importantes en la medición.

Para completar el desarrollo del tema de nivelación Geométrica y su instrumental ver los videos de la cátedra sobre este tema.

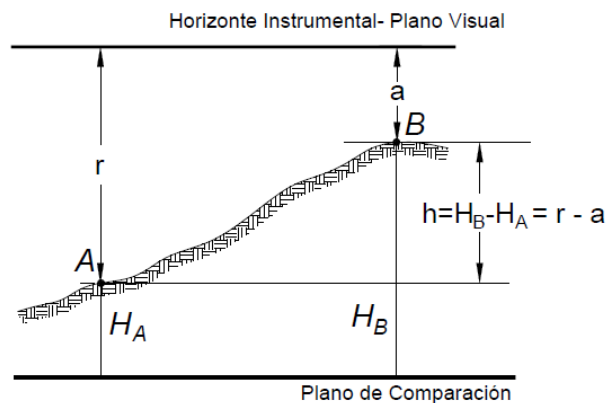


⁴ En los trabajos topográficos de precisión se utilizan miras con otros tipos de graduaciones y hechas de distintos materiales que no varían su longitud a causa de las variaciones de la humedad ni de temperatura. Asimismo se utilizan niveles de precisión.

04.

ALTIMETRÍA APLICADA

En el capítulo anterior pudimos ver que a partir de la **Nivelación** y particularmente la **Nivelación Geométrica** para nuestro estudio, podemos determinar los desniveles entre puntos del terreno a partir de la diferencia de las lecturas tomadas sobre miras verticales ubicadas sobre los puntos. De ese modo se determina la diferencia de altura que separa a los planos horizontales que pasan por los puntos, lo que da como resultado el desnivel entre ellos.



APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA //////////////////////////////////////

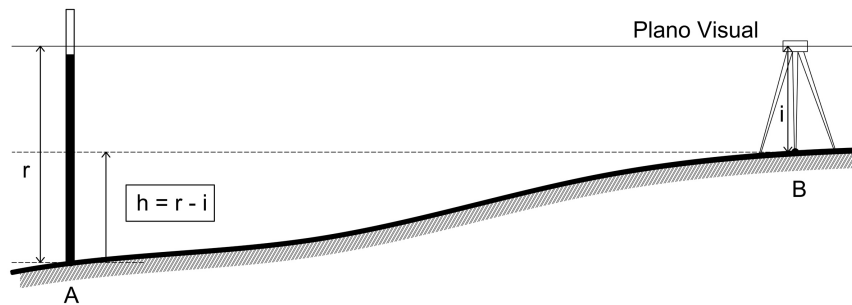
- > NIVELACIÓN APLICADA A LA DETERMINACIÓN DEL DESNIVEL ENTRE DOS PUNTOS / Nivelación ida y vuelta
- > NIVELACIÓN APLICADA AL LEVANTAMIENTO DE PERFILES
- > NIVELACIÓN APLICADA A OBRAS DE ARQUITECTURA

- Para casos de REPLANTEO
- Para casos de RELEVAMIENTO

04.01 DETERMINACIÓN DE DESNIVELES DE TERRENO /////

Según las situaciones que puedan presentarse en la determinación de desniveles entre puntos, el nivel de anteojo puede ubicarse de distintas formas al realizar el trabajo.

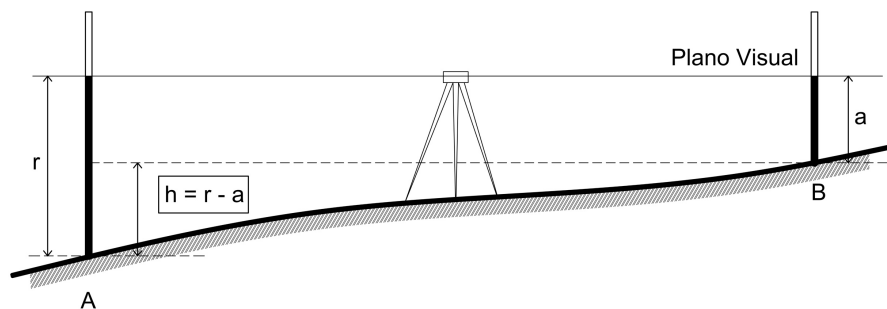
1 / Colocando el Nivel sobre uno de los puntos



En el caso que se muestra en la figura el nivel de anteojo está colocado sobre el punto B. En estos casos debe medirse la **altura instrumental (i)** que es la distancia vertical medida desde el punto hasta el eje visual del anteojo. La mira de nivelación se coloca sobre el punto A y sobre ella se determina el valor del segmento (r). La diferencia entre los segmentos r e i es igual al desnivel (h) entre los dos puntos. Es decir :

$$h = r - i$$

2 / Colocando el Nivel entre los dos puntos

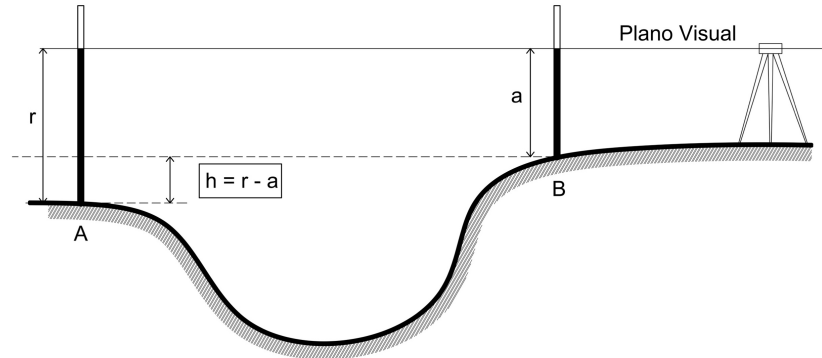


Como se ve en la figura el nivel de anteojo se ha colocado entre los puntos A y B. En estos casos se coloca una mira vertical sobre cada uno de los puntos y tomando las lecturas correspondientes se determinan los valores de los segmentos r y a . Estas lecturas suelen designarse respectivamente **Lectura de revés (r)** y **Lectura adelante (a)**. La diferencia entre estos dos segmentos nos da el valor del desnivel entre A y B:

$$h = r - a$$

3 / Colocando el Nivel detrás de los dos puntos

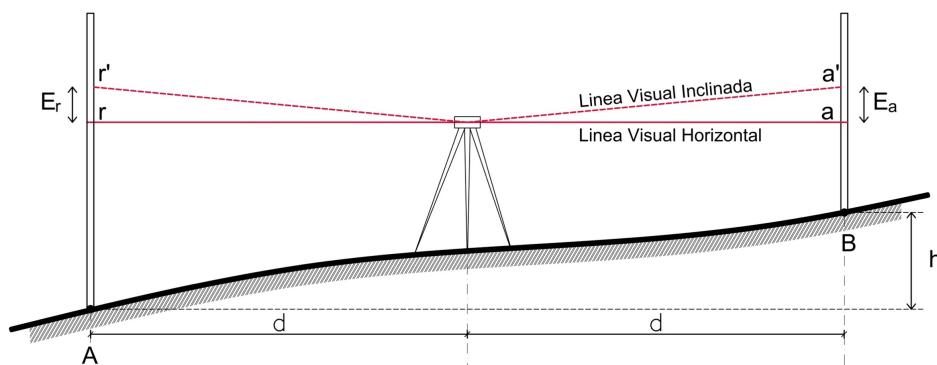
Este es un caso muy especial y que raramente se presenta. Es cuando el aparato no puede colocarse como en los dos casos vistos por alguna situación particular que pudiera presentar el terreno, tal como muestra en la figura.



Como en el caso anterior, se coloca una mira vertical sobre cada uno de los puntos y se obtienen las lecturas r y a . La diferencia es el valor del desnivel:

$$h = r - a$$

De estas tres maneras, la más exacta y la más usada es la 2ª, es decir **colocando el altímetro en medio de los dos puntos**. La gran ventaja estriba en que **colocando el nivel a igual distancia de ambos puntos, un eventual error de paralelismo entre el eje del nivel y el eje del anteojo no tiene influencia en el cálculo del desnivel (h)**, lo que se demostrará a continuación:



Siendo: r = lectura de revés sin error

a = lectura adelante sin error

r' = lectura de revés bajo la influencia de un error ε_r

a' = lectura adelante bajo la influencia de un error ε_a

E_r = Error de las lecturas de revés

E_a = Error de las lecturas adelante

$$h = r' - a'$$

$$h = (r + \varepsilon_r) - (a + \varepsilon_a)$$

$$h = r + \varepsilon_r - a - \varepsilon_a$$

Si las distancias " d " son iguales, los errores $\varepsilon_r = \varepsilon_a$ se anulan porque tienen igual magnitud por lo que:

$$h = r - a$$

Por lo tanto resultaría: $h = r - a = r' - a'$

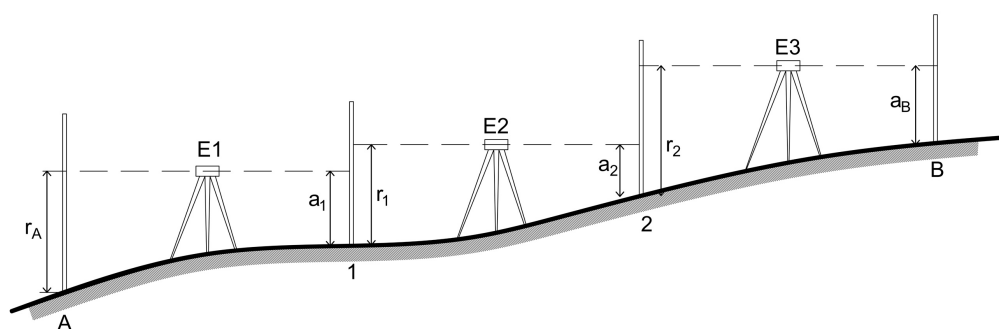
Veremos ahora como se aplica el MÉTODO DE LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA PARA LA DETERMINACIÓN DE DESNIVELES ENTRE PUNTOS ALEJADOS DEL TERRENO.

Cuando los puntos están próximos, la determinación del desnivel se hace por alguno de los tres métodos vistos en el punto anterior, siendo el más utilizado el que se realiza colocando el nivel entre los puntos a considerar, tratando de que esté a igual distancia de cada uno de ellos.

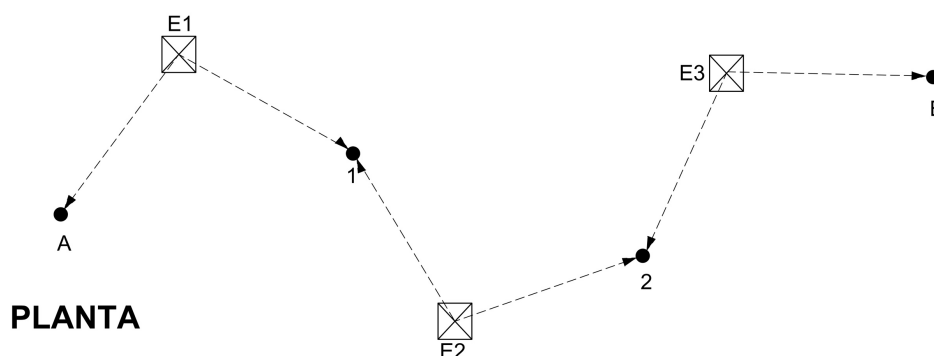
En estos casos donde los puntos están próximos conviene que la **distancia del Nivel a cada punto no supere los 50m** siempre que por la naturaleza del trabajo necesitemos **leer sobre la mira con precisión del milímetro**. Si en cambio sólo necesitamos **leer al centímetro**, es decir tomando sólo 3 cifras sobre la mira, **entonces la distancia entre puntos puede ser mayor (unos 200m aproximadamente)**. En forma práctica, se acostumbra a controlar estas distancias midiéndolas a pasos. Se suele tomar 50 pasos para el primer caso y 200 pasos para el segundo.

Como vemos la determinación del desnivel entre dos puntos del terreno puede hacerse con una sola estación del aparato, sólo en aquellos casos en que los puntos están próximos como para poder cumplir las condiciones anteriores. No obstante puede ocurrir de que los dos puntos estén lo suficientemente alejados como para necesitar más de una estación del Nivel.

Este será el caso que consideraremos a continuación a los fines de describir el **Método Práctico para la determinación de desniveles o lo que solemos llamar también como Nivelación Ida y Vuelta**.



CORTE



PLANTA

MÉTODO PRÁCTICO

OBJETIVO: Determinar el desnivel entre los puntos A y B lo suficientemente alejados para necesitar más de una estación de nivel (3 para este caso), trabajando con una precisión del milímetro. Es decir que se deberá considerar que la distancia de la estación (posición del Nivel) a cada uno de los puntos no deberá superar los 50m.

Las estaciones se designan en el grafico para el recorrido de IDA como **E1**; **E2** y **E3** respectivamente. El croquis en planta que se adjunta muestra que el camino a seguir para ir de una estación a otra es independiente de la posición de los puntos extremos. Debe cuidarse para este práctico que las distancias desde las estación a los puntos a los que tomaremos lectura sean aproximadamente iguales (*atendiendo a lo explicado anteriormente de un posible error de paralelismo entre el eje del nivel y el eje del anteojo*) y que no superen las distancias ya establecidas para el trabajo.

PASOS A SEGUIR

1 / Posicionamos en el punto **A** la mira de Nivelación en posición vertical.

2 / A partir de allí otro operario cuenta 50 pasos y estaciona el Nivel de Anteojo (E1). Nivelamos el aparato, para esto debemos asegurarnos que el plano visual generado por este, quede perfectamente horizontal calando previamente el nivel esférico presente en nuestro aparato. Luego orientamos el nivel hacia la mira utilizando el tornillo de enfoque y ponemos nítidos los hilos del retículo.

3 / Tomamos la lectura sobre la mira ubicada en el punto **A**, esta será la *lectura revés* en el punto A (r_A)

4 / El mirero caminara desde E1 contando 50 pasos en la dirección que le resulte conveniente hasta posicionarse en el punto **1** (punto de paso), colocará la mira en posición vertical. El operador ubicado en E1 apuntara a la mira ubicada ahora en el punto **1** y procederá a tomar *lectura adelante* sobre ese punto (a_1).

5 / El mirero se quedara ubicado en el punto **1**, tratando de no mover la mira, el operador ubicado en E1, recorrerá 50 pasos desde el punto 1 hasta el lugar donde se ubicara la próxima estación de Nivel (E2), una vez estacionado y horizontalizado el aparato, se procederá a tomar *lectura revés* sobre el punto **1** (r_1). Para ello el mirero debe girar la mira de forma tal que pueda ser leída desde E2, cuidando de no producir hundimiento de la mira.

6 / Una vez tomada la lectura (r_1), el mirero recorrerá ahora la distancia de 50 pasos desde la estación E2 hasta posicionarse en el punto **2** (punto de paso). Se tomara ahora *lectura adelante* sobre el punto 2 (a_2).

7 / El mirero se quedara ahora ubicado en el punto 2. El operador con el nivel, elegirá una posición de la estación E3 de modo que quede equidistante a los puntos 2 y B.

8 / Se procederá a tomar *lectura revés* sobre el punto 2 (r_2) y finalmente *lectura adelante* sobre el punto B (a_B).

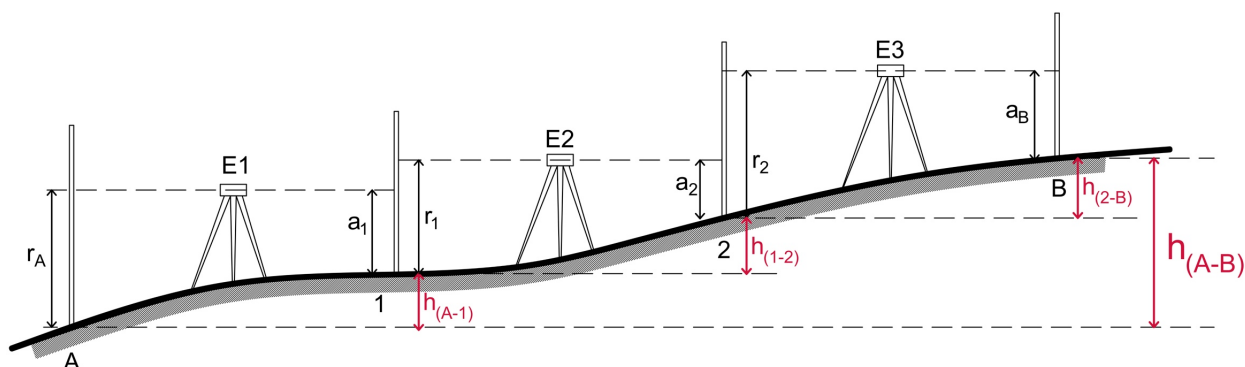
Las lecturas obtenidas se registran en una planilla como la que se muestra a continuación, que será nuestra **Planilla de Nivelación para el recorrido de ida**

PTO.	lecturas (r)	lecturas (a)	Desnivel (h)
A	r_A		
1	r_1	a_1	
2	r_2	a_2	
B		a_B	

Luego se procede a realizar el cálculo de los desniveles parciales entre los puntos: $h_{(A-1)} = r_A - a_1$; $h_{(1-2)} = r_1 - a_2$; $h_{(2-B)} = r_2 - a_B$, para luego obtener el desnivel entre A y B, sumando los desniveles parciales obtenidos :

$$h_{(A-B)} = h_{(A-1)} + h_{(1-2)} + h_{(2-B)}$$

Si lo vemos en corte...



CORTE

Ahora veremos cómo estos resultados son llevados a la planilla de Nivelación:

PTO.	lecturas (r)	lecturas (a)	Desnivel (h)
A	r_A	(-)	
1	r_1	(-) a_1	$h_{(A-1)}$
2	r_2	(-) a_2	$h_{(1-2)}$
B		a_B	$h_{(2-B)}$
	$\sum r$	$\sum a$	$h_{(A-B)}$

(-)

(+)

De este modo se procede para realizar el recorrido de ida para la determinación del desnivel (h) entre el punto A y B ($h_{(A-B)}$). Luego se deberá repetir el procedimiento para realizar el recorrido inverso es decir desde el punto B hacia el punto A, obteniendo el desnivel entre B y A ($h_{(B-A)}$).

Si hay diferencia entre los valores del desnivel de **IDA** = $h_{(A-B)}$ y el desnivel de **VUELTA** = $h_{(B-A)}$, se producirá un cierto error de cierre como consecuencia de los errores sistemáticos y / o accidentales que siempre están presentes.

> **ERROR DE CIERRE:** deberá tener un valor que no supere la tolerancia permitida, que se fijara según sea la precisión requerida por el trabajo. Este se obtiene calculando la *diferencia entre el valor del desnivel obtenido en ida y el valor del desnivel obtenido en vuelta*:

$$\text{error de cierre} = h_{(A-B)} - h_{(B-A)}$$

> **TOLERANCIA PARA ESTA MEDICIÓN:** Para este trabajo la tolerancia está en el orden de **1 milímetro cada 50m**, o también se puede tomar un **1mm por lectura**, para el caso de este ejemplo donde hemos trabajado con 3 estaciones, y desde cada estación se han tomado dos lecturas podríamos decir que la:

$$\text{Tolerancia de la medición} = 6\text{mm}$$

Si el error de cierre de la medición no supera los 6mm significa que hemos trabajado correctamente, y que solo hemos cometido errores accidentales. En caso contrario habremos cometido errores groseros en el procedimiento y deberemos repetir el trabajo.

> **VALOR MAS PROBABLE:** Este resulta de calcular el promedio de los valores de los desniveles en ida y en Vuelta tomados como valor absoluto:

$$\text{Valor mas Probable} = \frac{h_{(A-B)} + h_{(B-A)}}{2}$$

EL DESNIVEL MÁS PROBABLE ADOPTARA EL SIGNO (+ o -) SEGÚN CORRESPONDA AL RESULTADO DEL DESNIVEL OBTENIDO PARA EL RECORRIDO DE IDA, ES DECIR DESDE A HACIA B ($h_{(A-B)}$).

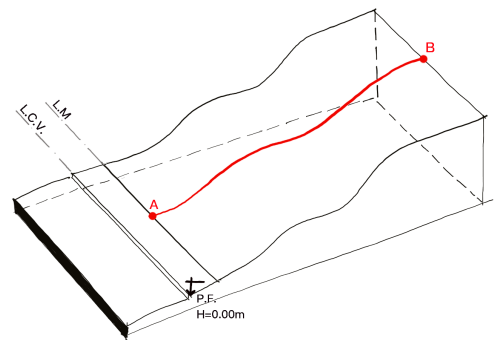
04.02 LEVANTAMIENTO DE PERFILES DE TERRENO //

Veremos en esta oportunidad como se aplica el *Método de la Nivelación Geométrica* al *Levantamiento de Perfiles de Terreno*. El método es similar al que vimos anteriormente de Determinación de desniveles del terreno, pero con algunas variantes.

Podríamos decir que la diferencia principal consiste en que en el procedimiento anterior solo interesaba el desnivel entre los puntos extremos y/o la altura de estos, independientemente de cómo era la situación del terreno entre ellos, esto último era despreciado a la hora de realizar el trabajo práctico.

Por el contrario, en el **método de levantamiento de Perfiles** justamente **lo que nos interesa es conocer la forma del terreno entre los puntos extremos**, para lograr esto, debemos movernos sobre la línea determinada por los puntos extremos (A y B en el gráfico) es decir por el eje cuyo perfil determinaremos finalmente.

El perfil resulta de cortar el terreno con un plano vertical que pase por el eje determinado por los puntos extremos.



Veremos ahora como se aplica el MÉTODO DE LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA AL LEVANTAMIENTO DE PERFILES DE TERRENO

Este procedimiento de levantamiento de perfiles resulta muy útil para la tarea del arquitecto ya que nos permite a partir de un trabajo rápido y de gran precisión, conocer la forma que tiene el terreno a intervenir. Facilita la comprensión de la morfología y brinda herramientas para poder tomar decisiones de proyecto, tales como; elegir la mejor implantación de la obra, considerar pendientes naturales, quiebres, escurrimientos, definir niveles de la obra, hasta acercarnos al cálculo de movimiento de suelo. Dependiendo del terreno a intervenir, de su morfología, y la necesidad del proyectista, podemos levantar tantos perfiles como sean necesarios.

A diferencia de este método con respecto al método visto para la determinación de desniveles, es que desde una estación podremos tomar tantas lecturas como nos sean posibles, dependiendo de la visibilidad que se tenga desde la estación, a las posiciones donde se ubicará la mira. Solo en caso de no poder tomar lectura sobre un punto, debido a falta de visibilidad, obstáculos, etc. deberá realizarse un cambio de estación.

Instrumental a utilizar: Nivel de anteojo, Mira de Nivelación, Cinta, Jalones y Fichas

MÉTODO PRÁCTICO

OBJETIVO: Conocer la forma que tiene un terreno determinado sobre la línea de perfil a levantar .
Confeccionar un corte a escala del mismo

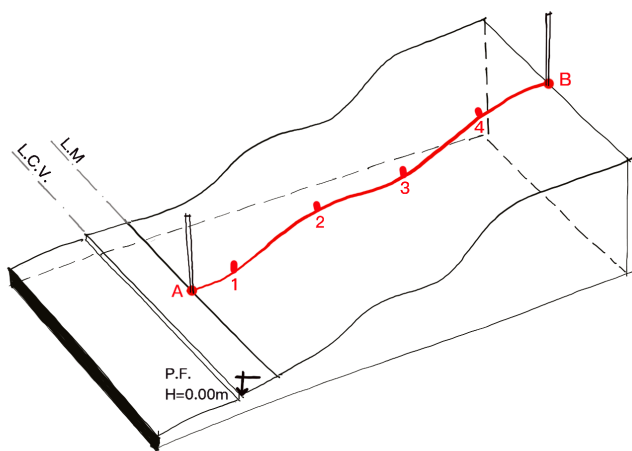
A los efectos prácticos, la explicación se realizara utilizando más de una estación de nivel.

PASOS A SEGUIR

1 / Previamente a realizar el levantamiento del perfil se fijara **sobre el cordón de la vereda un punto fijo de altura $\pm 0.00\text{m}$** . Este será, para el trabajo práctico, el punto de referencia de altura conocida.

2 / Luego se definirá el sector del terreno donde se realizará el corte o perfil, **materializando dicha línea con una cinta y jalones en sus puntos extremos**.

3 / Seguidamente debemos **elegir los puntos de interés a levantar** sobre esa línea, materializándolos con fichas o algún elemento que sirva para tal fin. El criterio de selección corresponde a puntos del terreno donde se detecte un cambio de pendiente o quiebre. Esto nos permitirá representar el corte del terreno lo más fiel posible a la realidad.



4 / Una vez materializados los puntos más importantes, se tomaran sobre el terreno las **distancias progresivas de cada uno de los puntos**, medidas sobre la cinta que materializa el eje.

Estas distancias corresponden a *distancias geométricas*, dependiendo del desnivel que exista entre los tramos se puede hacer la corrección a distancias horizontales, esto deberá evaluarse para cada caso. Si el desnivel no es importante, la diferencia resulta insignificante al dibujar el perfil a escala.

5 / A continuación **estacionamos el nivel de anteojo (E1)**, Nivelamos el aparato, para esto debemos asegurarnos que el plano visual generado por este, quede perfectamente horizontal calando previamente el nivel esférico presente en nuestro aparato.

6 / Luego, **Comenzamos a tomar las lecturas posicionando la mira en los puntos a levantar**. Como se muestra en los esquemas de planta y corte, la primera será lectura revés sobre el punto fijo ± 0.00 (r_{PF}), y luego se continuará con las lecturas de los puntos que sean visibles desde la Estación 1 (E1). Los puntos A y 1 (i_A ; i_1) consideradas para este caso como lecturas intermedias¹ y la lectura adelante en el punto 2 (a_2).

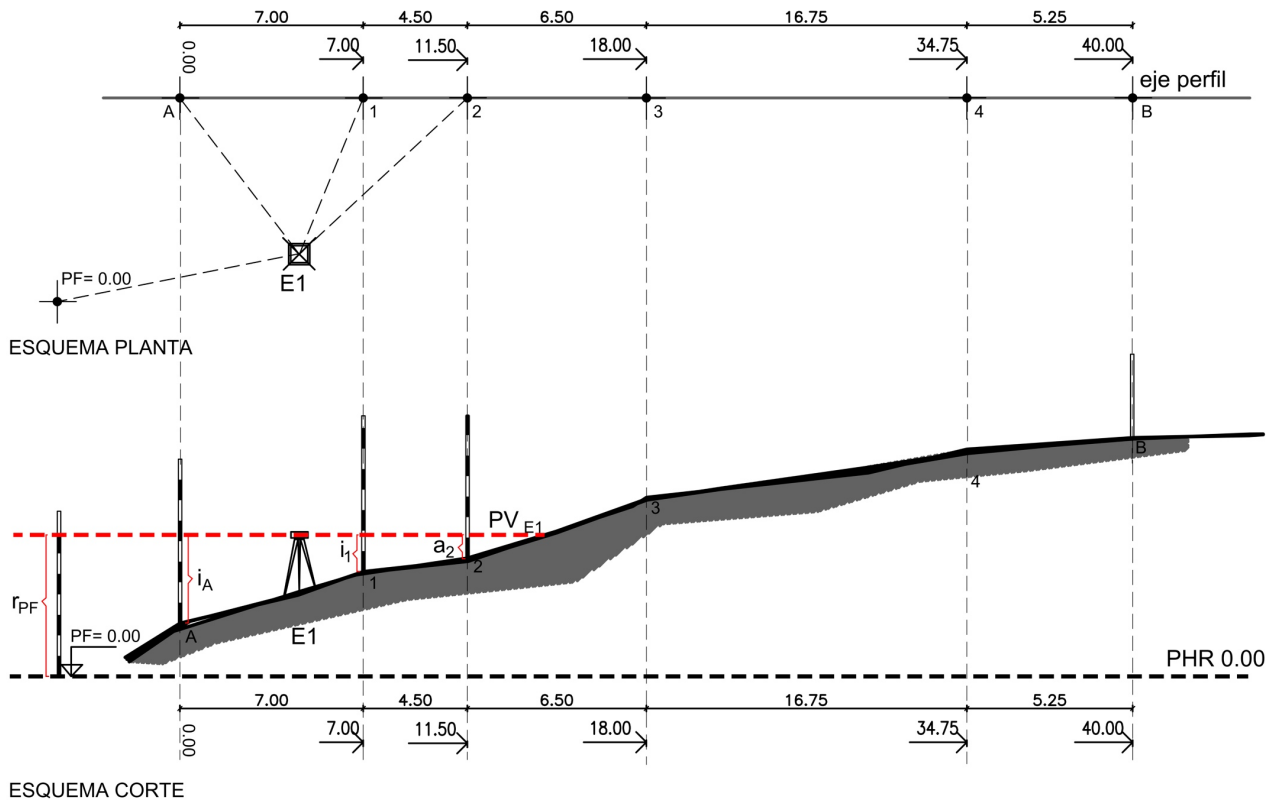
Elementos del esquema en corte:

PF = Punto fijo de altura conocida 0.00m , pre-establecida en un punto de la línea cordón vereda.

PHR = Plano Horizontal de Referencia $=0.00$

PV_{E1} = Plano Visual Horizontal generado por el nivel de Anteojo desde la Estación 1.

¹ Se denomina lecturas intermedias a las comprendidas entre la lectura revés y la lectura adelante tomadas desde una misma estación de Nivel.



Para este caso práctico desde la estación 1(E1) puedo tomar lectura hasta el punto 2. Tal como se ve en el corte. El punto 3 se encuentra por arriba de nuestro plano visual y este choca con el terreno natural, por lo que se dificulta continuar haciendo el procedimiento desde esta estación. Esto obliga a tener que realizar un *cambio de estación*.

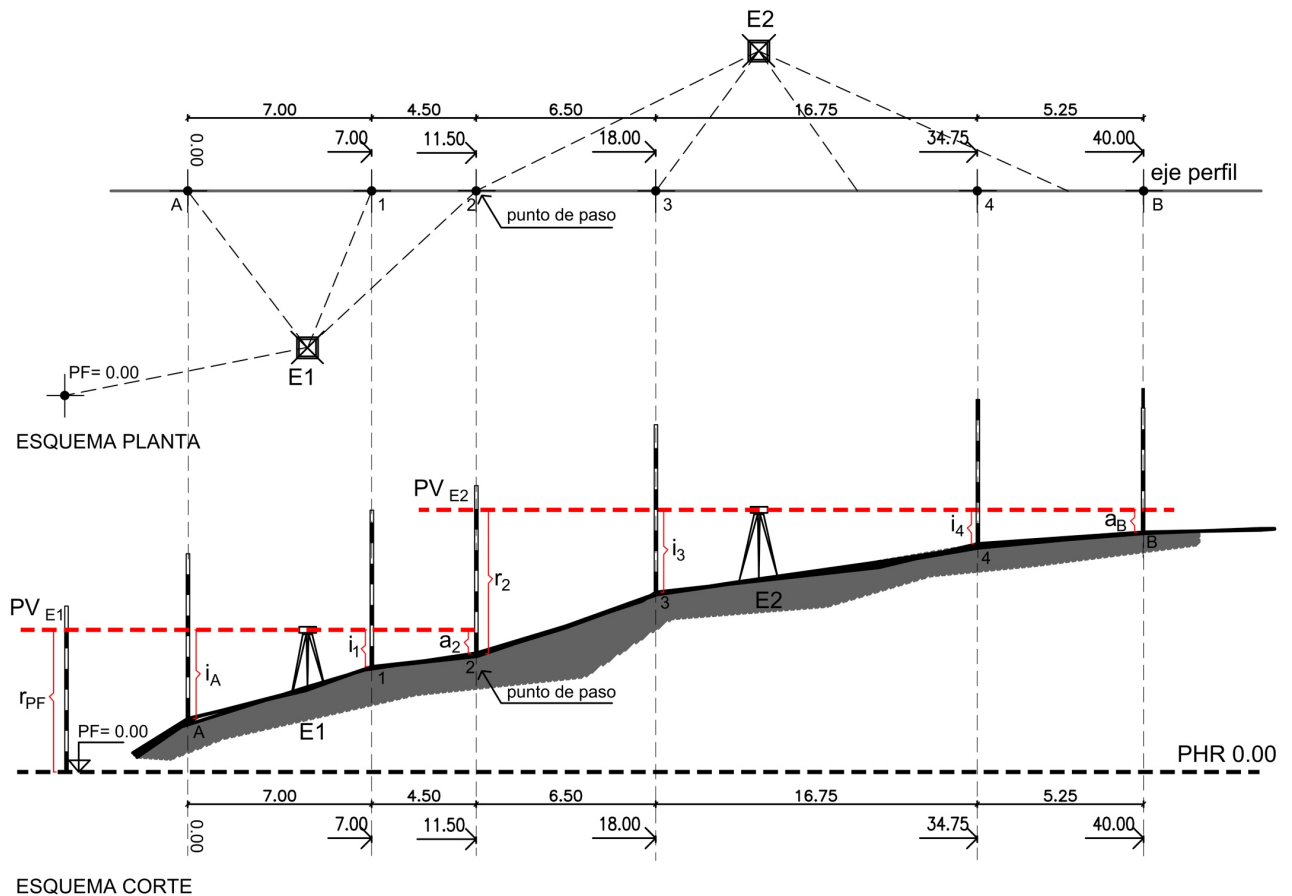
7 / Realizamos un cambio de estación, posicionando el nivel en otro punto conveniente del terreno que me permita ver los puntos restantes materializados en el eje del perfil.

8 / El primer punto sobre el que se posicionará la mira y se tomará **lectura, será el punto 2** siendo esta lectura revés (r_2). Este punto será ahora un **punto de paso**, que permitirá vincular los procedimientos realizados desde las dos estaciones de nivel.

El punto 2, tal como se aprecia en los esquemas de corte, es tomado desde la estación 1 (lectura adelante a_2) y desde la estación 2 (lectura revés r_2). Es importante que al realizar el cambio de estación, podamos desde esta ver la mira ubicada en el punto de paso.

9 / Tomamos a continuación lectura en los puntos restantes, ubicando la mira en posición vertical en cada uno de ellos, sobre el punto 3 y 4 corresponde a lecturas intermedias (i_3 , i_4) y sobre el punto B lectura adelante (a_B).

Todos los datos se deben registrar en un esquema / croquis en corte y planta como se muestra a continuación y en una planilla que utilizaremos para este práctico, de manera de ordenar los datos registrados en campo.



9 / Una vez levantados todos los datos del perfil, **completamos la planilla y calculamos los datos necesarios** para luego poder dibujar el perfil del terreno en una escala conveniente.

A continuación se adjunta la planilla utilizada, donde se han completado los campos cuyos datos han sido relevados del trabajo realizado en el terreno (lecturas de cada punto, distancias progresivas y parciales y altura del punto fijo).

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4	COLUMNA 5	COLUMNA 6	COLUMNA 7	COLUMNA 8		
Est.	Pto.	Dist. parcial	Dist. progres.	Lectura			altura (H)	Horiz. inst. (HI)	observaciones
				atras (r)	intern.(i)	adel.(a)			
E1	PF	—	—	r _{PF}			0.00		PUNTO INICIAL
	A		0.00		i _A				
	1	7.00	7.00		i ₁				
	2	4.50	11.50			a ₂			
E2	2		11.50	r ₂					CAMBIO DE ESTACIÓN
	3	6.50	18.00		i ₃				
	4	16.75	34.75		i ₄				
	B	5.25	40.00			a _B			

Columna 1: Se especifica la Estación de Nivel desde la que se ha realizado la lectura.

Columna 2: Se especifica el punto que se está relevando desde una estación determinada.

Columna 3: Se anotan las *distancias parciales* entre los puntos detectados de interés que conforman el perfil.

Columna 4: Se anotan las *distancias progresivas* de los puntos de interés que conforman el perfil

Columna 5: En esta se consignan las lecturas que fueron tomadas con la mira en cada uno de los puntos. Se divide en tres columnas diferenciando *lecturas revés*, *lecturas intermedias* y *lectura adelante*, Se deberá llenar de cada punto la que corresponda.

Columna 6: Esta se completará con la altura que le corresponde a cada punto, (siempre consideradas desde el plano de referencia 0.00). Para obtener la altura de cada punto deberemos calcular previamente el Horizonte Instrumental de la estación que corresponda.

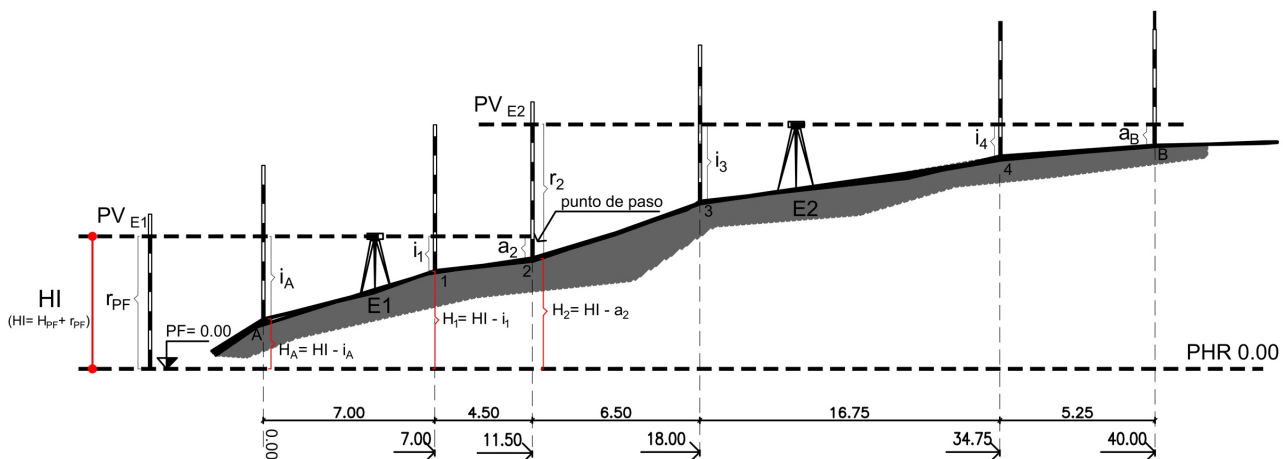
Columna 7: Esta se completará con el dato del **Horizonte Instrumental**. La altura del Horizonte Instrumental corresponde a la **distancia vertical comprendida entre el plano de referencia 0.00 hasta el plano visual horizontal generado por el nivel de anteojo**.

Columna 8: En este se apuntarán las observaciones necesarias para recordar aspectos importantes del levantamiento.

10 / Calculo del Horizonte Instrumental y de las alturas de cada uno de los puntos.

Lo primero que deberemos calcular en este caso es el Horizonte instrumental (HI) de la Estación 1 que resulta de sumar la altura del PF a la lectura tomada sobre ese mismo punto:

$$HI = H_{PF} + r_{PF}$$



ESQUEMA CORTE

Para este caso al ser la altura del PF=0.00, el valor del horizonte instrumental será igual al de la lectura tomada sobre este punto.

Luego de obtenido el HI de la Estación 1, se calculan las alturas de los puntos tomados desde esa misma estación. Si observamos en el esquema de corte anexo, la altura de cada punto se calcula con una simple operación matemática restando el horizonte Instrumental (HI) a las lecturas obtenidas en cada uno de los puntos, es decir:

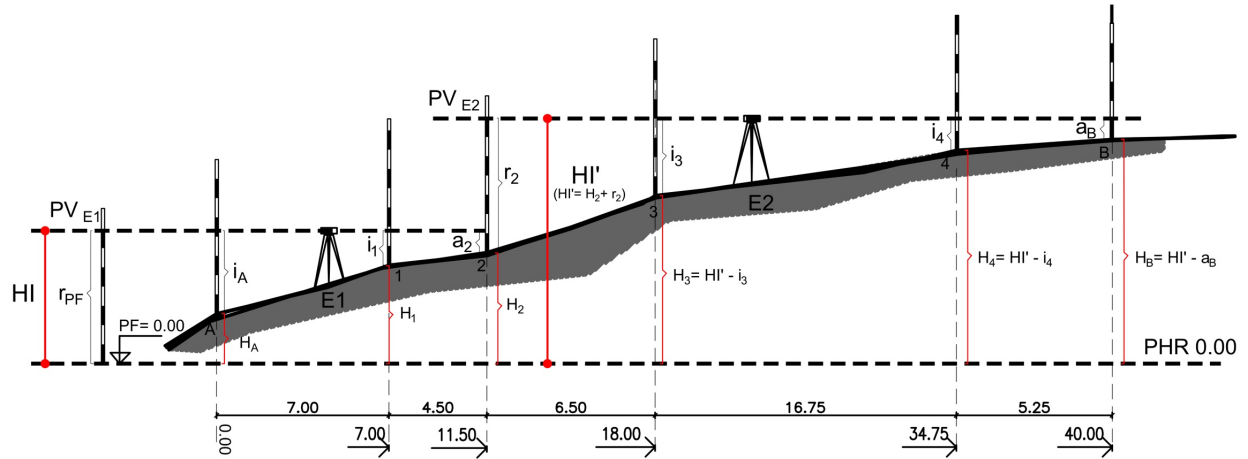
> Altura del Punto A = $H_A = HI - i_A$

> Altura del punto 1 = $H_1 = HI - i_1$

> Altura del punto 2 = $H_2 = HI - a_2$

11 / Paso siguiente es **calcular el nuevo Horizonte Instrumental que corresponde a las Estación 2 (HI')**, para a partir de este obtener las alturas de los puntos restantes. Resultando:

$$HI' = H_2 + r_2$$



ESQUEMA CORTE

Calculo alturas con el nuevo Horizonte Instrumental de la Estación 2:

- > Altura del Punto = $H_3 = HI' - i_3$
- > Altura del punto 1 = $H_4 = HI' - i_4$
- > Altura del punto 2 = $H_B = HI' - a_B$

Si trasladamos esto a la planilla resulta:

Est.	Pto.	Dist. parcial	Dist. progres.	Lectura			altura (H)	Horiz. inst. (HI)	observaciones
				atras (r)	interm.(i)	adel.(a)			
E1	PF		—	r_{PF}			0.00	HI	PUNTO INICIAL
	A		0.00		i_A		H_A		
	1	7.00	7.00		i_1		H_1		
	2	4.50	11.50			a_2	H_2 (*)		
E2	2		11.50	r_2			H_2	HI'	CAMBIO DE ESTACIÓN
	3	6.50	18.00		i_3		H_3		
	4	16.75	34.75		i_4		H_4		
	B	5.25	40.00			a_B	H_B		

DATOS NECESARIOS PARA
CONFECCIONAR EL PERFIL A ESCALA

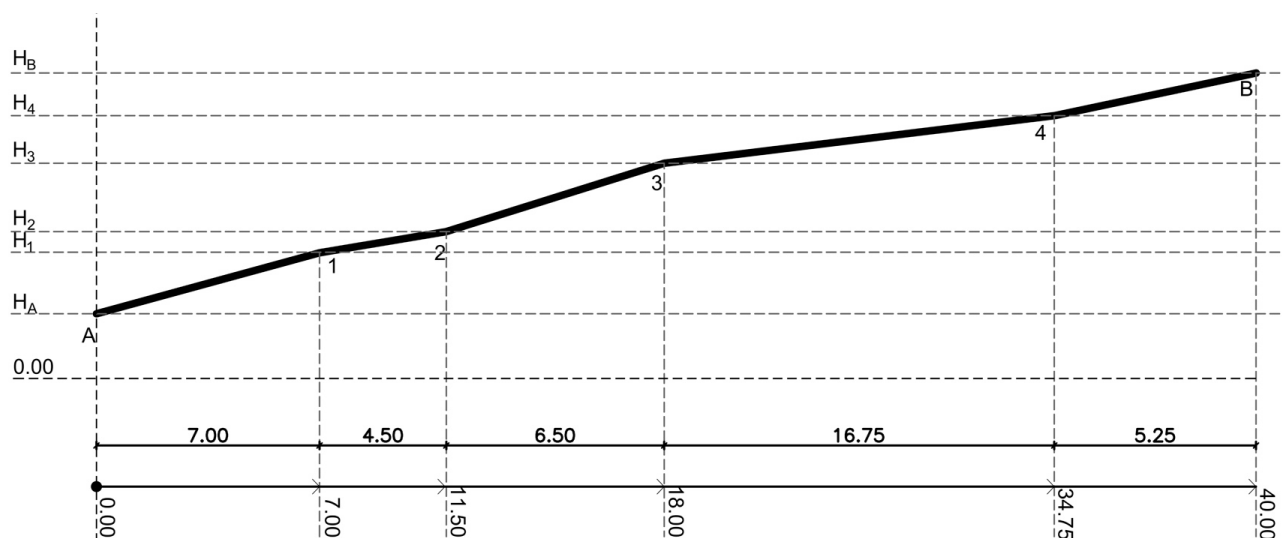
(*) El punto 2 es en este caso el punto de paso, su altura se calcula con el Horizonte Instrumental desde la estación 1. Luego el dato de la altura obtenido se utilizara desde la estación 2 para poder calcular el nuevo horizonte instrumental.

12 / Una vez confeccionada la planilla y con los datos necesarios ya calculados, procedemos al **dibujo del perfil en escala**, que es el resultado final de este trabajo práctico.

Los datos que necesitamos para dibujar el corte vertical son las **distancias progresivas y parciales y la altura que le corresponde a cada punto**.

En trabajos de ingeniería como es el caso de caminos, canales, etc. Se suele trabajar con una escala de dibujo más chica para las distancias horizontales y otra escala mayor para el sentido vertical, esto tiene su fundamento por las extensas dimensiones que puede presentar lo que se está relevando.

En el caso de los trabajos de arquitectura, lo más conveniente es trabajar con escala horizontal y vertical iguales.



En la práctica profesional, obtenido ya el corte en escala del perfil del terreno relevado, podemos comenzar a proyectar, a tomar decisiones de diseño e implantación de la obra, contando con la información precisa del sitio de intervención. Veremos también en capítulos posteriores que también nos servirá para poder calcular volúmenes de tierra a rellenar y/o excavar.

04.03 NIVELACIÓN APLICADA A OBRAS DE ARQUITECTURA

Una de las aplicaciones del Método de la Nivelación geométrica, que resulta de mayor utilidad para el trabajo que desarrolla el Arquitecto o cualquier otro profesional o trabajador de la construcción, es el que llamamos **Nivelación de Obra**. Esta tiene especial importancia en la construcción de obras de arquitectura, por lo que desarrollaremos en este capítulo algunos de los casos más comunes que se presentan en la práctica profesional.

Para su estudio, y mayor comprensión dividiremos el tema de la nivelación de obra en dos operaciones fundamentales:

> Operaciones de RELEVAMIENTO

> Operaciones de REPLANTEO

Operaciones de RELEVAMIENTO : *Trabajando con un Nivel de Anteojo ó alfiler, se refiere a procedimientos y cálculos necesarios para obtener alturas, a partir de una altura de referencia 0,00 u otra conocida, de puntos relevantes de un predio donde se va a proyectar y luego construir una obra de arquitectura.*

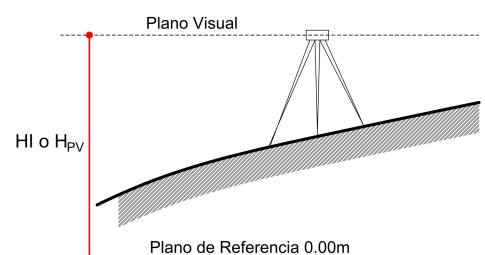
También podemos realizar relevamientos de obras construidas para todo tipo de futuros trabajos como es el caso de reformas, ampliaciones, segundas etapas de proyecto, etc.

Operaciones de REPLANTEO : *Trabajando con un Nivel de anteojo ó alfiler, se refiere a procedimientos y cálculos necesarios para materializar en el terreno donde se ejecuta la obra, puntos relevantes por ejemplo nivel de viga riostra, altura de capa aisladora, fondo de losa, dinteles, fondo de piscina, etc.*

CONCEPTOS A TENER EN CUENTA

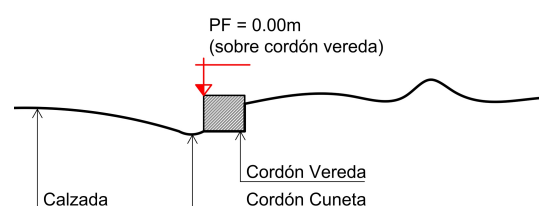
A continuación veremos algunos elementos que resultan comunes a todos los casos, y serán de importancia al momento de realizar el análisis de las situaciones que puedan presentarse para resolver. Estos elementos son:

> **ALTURA DEL HORIZONTE INSTRUMENTAL (HI) o ALTURA DEL PLANO VISUAL (H_{PV}):** En la bibliografía de Topografía, se denomina de este modo, a la **distancia vertical entre el plano de referencia 0.00m y el plano visual horizontal generado por el nivel e anteojo o alfiler.**



> **PUNTO FIJO DE ALTURA 0.00 (PF) :** Cuando realizamos el relevamiento de un terreno donde luego se realizará un proyecto de Arquitectura, **es importante determinar y materializar un punto fijo al que se le asigna altura 0,00**. Este punto será el punto de referencia para determinar las alturas de todos los puntos a relevar. Es conveniente materializar este punto, para al comenzar la obra, referir las alturas de proyecto al punto fijo ya materializado, relacionando los datos de relevamiento con los del proyecto en la futura construcción.

La posición de este punto dependerá de cada caso en particular; pero como criterio general es conveniente localizarlo sobre el cordón de vereda en su altura más baja (sabiendo que el cordón vereda siempre tiene pendiente para



evacuar el agua de la calzada). En general el cordón vereda se encuentra materializado en las zonas urbanizadas y es un punto clave para varias decisiones de proyecto, por ejemplo desagües pluviales, ingresos vehiculares y principales, etc.

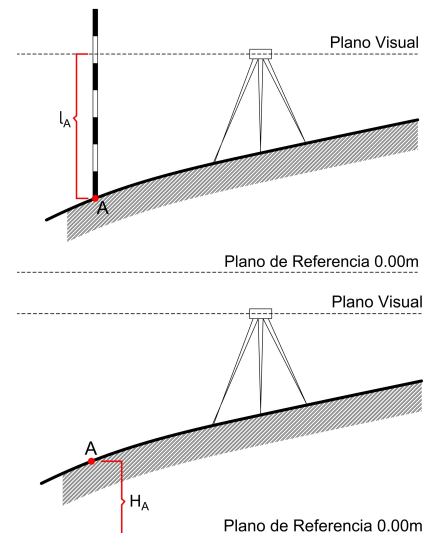
En caso de no tener materializado el cordón vereda o cuneta podemos elegir algún otro punto que consideremos apropiado o conveniente teniendo en cuenta el futuro cordón cuneta y vereda para no tener inconvenientes a futuro con los niveles de calzada.

Al materializar un punto de referencia debemos asegurarnos que se mantenga fijo y sólido en el tiempo. Por ejemplo podemos usar un hierro de construcción enterrado o una estaca de madera apta para este fin.

> LECTURA : Corresponde a la distancia vertical leída sobre la mira topográfica, tomada desde el punto considerado hasta el plano visual generado por el nivel de anteojo.

Para el caso de perfiles y determinación de desniveles utilizamos las letras r , i , a ; según fuera el caso de lectura revés, intermedia o adelante pero también pueden designarse con la letra ℓ como veremos en los casos a continuación.

> ALTURA DE UN PUNTO: Corresponde a la distancia vertical que existe entre el punto ubicado sobre la superficie terrestre hasta el plano horizontal de referencia, para nuestro caso este será el plano de referencia 0.00m.



Realizado un breve repaso sobre conceptos a considerar en la aplicación teórico - práctica de este tema:

Veremos a continuación diferentes casos que pueden presentarse al realizar la tarea de RELEVAMIENTO o REPLANTEO.

NIVELACIÓN APLICADA A CASOS DE RELEVAMIENTO //////////////////////////////////////

CASO 1 / RELEVAMIENTO DE TERRENO CON POCA PENDIENTE

Se plantea el relevamiento de puntos significativos de un terreno, cuya altura se desea conocer, para luego realizar un proyecto arquitectónico. Este trabajo es de suma importancia al comenzar a proyectar, ya que aportará datos relevantes, que permitirán tomar decisiones de proyecto, como es el caso de ubicación de la obra, altura de piso interior, desagües, rampas de ingreso, desniveles interiores, etc.

PROCEDIMIENTO

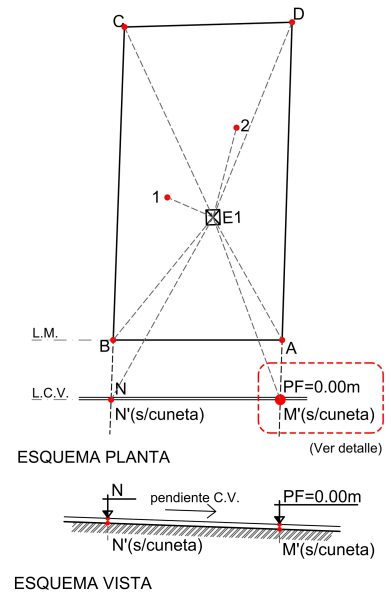
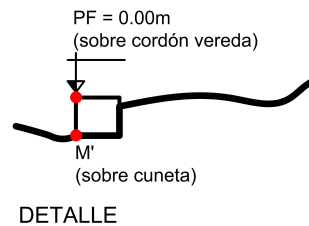
1 / Procedemos a colocar el nivel de Anteojo en un lugar conveniente para trabajar dentro del terreno. Se “estaciona” el nivel de anteojo (calándolo y generando de esa forma el Plano Visual Horizontal).

2 / Determinamos la **ALTURA DEL PLANO VISUAL (H_{PV})** u **HORIZONTE INSTRUMENTAL (HI)**. Para esto colocamos la mira topográfica y tomamos lectura sobre el punto fijo con altura 0,00m. Una vez obtenida esta lectura la sumamos a la altura del Punto Fijo (0,00) resultando:

$$HI = H_{PF} + l_{PF}$$

3 / Una vez definida la altura del plano visual, se seleccionan los puntos a relevar.

La elección de los puntos a relevar dependerá del terreno y del trabajo a realizar. Pero en general, algunos datos a levantar, resultan útiles en la mayoría de los casos, como por ejemplo: Altura de cordón vereda y cuneta, coincidentes con las líneas medianeras; los puntos que configuran los vértices del terreno, puntos donde posiblemente se ubicará la obra y todo punto que se considere relevante para el proyecto.



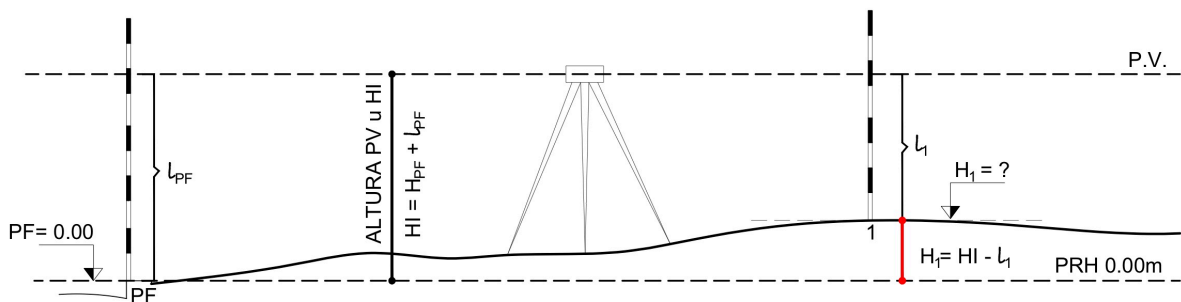
4 / Determinar la altura de los puntos elegidos, para esto colocamos la mira topográfica sobre cada punto y tomamos la lectura correspondiente con el uso del nivel de anteojo. Una vez obtenido este dato, procedemos a calcular la altura de los puntos relevados que será igual a:

$$H_{(X)} = HI - l_{(X)}$$

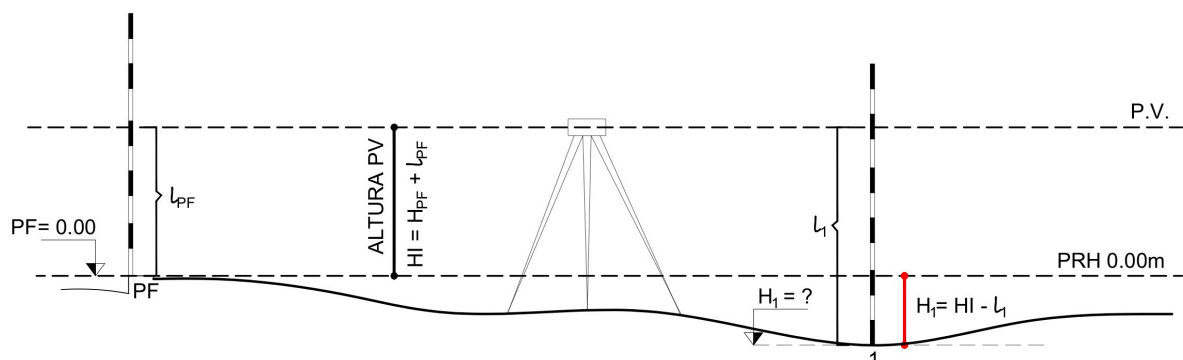
La altura del punto considerado, resultará de la diferencia entre la altura del plano visual (HI) y la lectura tomada sobre ese punto.

Según como se ubique el punto a relevar en relación al plano de referencia 0.00, pueden darse 2 situaciones:

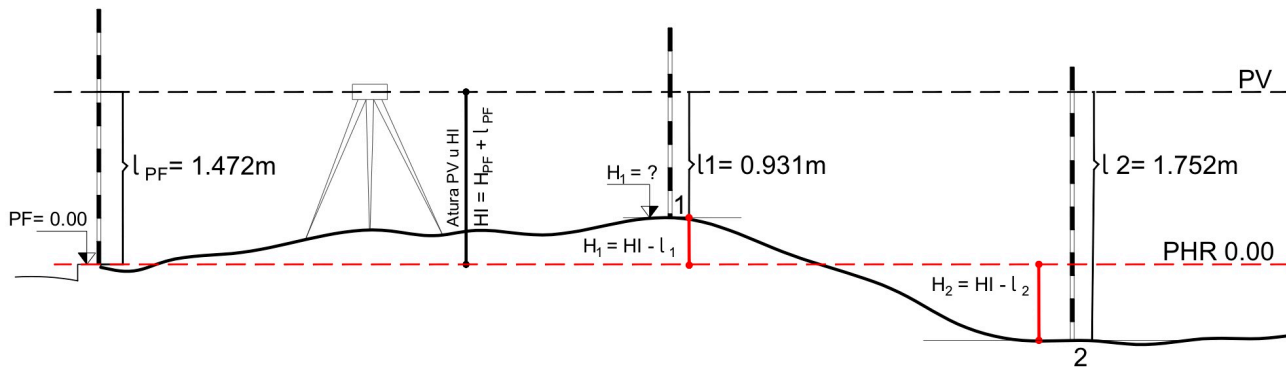
> PUNTO POR ARRIBA DEL P.H.R. 0.00



> PUNTO POR ABAJO DEL P.H.R. 0.00



Veremos ahora un ejemplo numérico, de la determinación de alturas para las 2 situaciones vistas anteriormente



$$HI = H_{PF} + l_{PF} = 0.00m + 1.472m = 1.472m$$

$$H_1 = HI - l_1 = 1.472m - 0.931 = 0.541m$$

$$H_2 = HI - l_2 = 1.472m - 1.752 = -0.280m$$

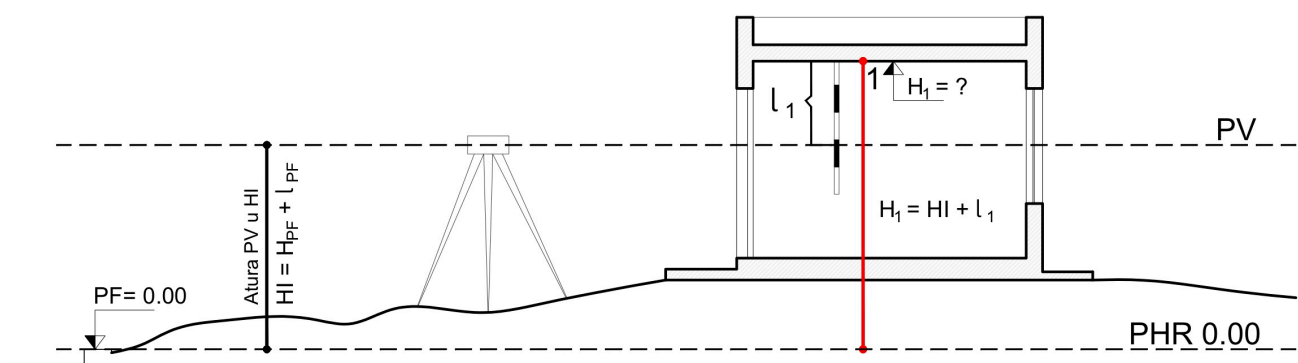
La altura del punto 2 resulta ser un valor negativo, esto indica que ese punto se ubica por debajo del plano de referencia 0.00m.

CASO 2 / RELEVAMIENTO DE OBRA CONSTRUIDA

En la práctica profesional del arquitecto, además de un terreno hay oportunidades en donde es necesario relevar obras que ya han sido construidas, como puede ser el caso al realizar una ampliación, reforma o la presentación de un plano de relevamiento.

En estas situaciones además de relevar puntos que se encuentran por arriba o por debajo del plano horizontal de referencia 0.00 (explicado anteriormente), es muy común encontrar puntos a relevar que se encuentran por encima del Plano Visual (PV) generado por el Nivel de anteojo, tal es el caso al tener que relevar cielorrasos, dinteles, fondos de vigas, etc.

Para estos casos debemos trabajar con la mira topográfica invertida, esto significa que se apoya el 0.00m (base de la mira) sobre el punto a relevar para luego tomar la lectura con el nivel.



Las lecturas tomadas con mira invertida se consideran con signo negativo es decir que:

$$H_1 = HI - (-l_1)$$

Simplificando los signos obtenemos:

$$H_1 = HI + l_1$$

NIVELACIÓN APLICADA A CASOS DE REPLANTEO //////////////////////////////////////

Sabemos que el replanteo es el procedimiento de trasladar el proyecto de arquitectura al terreno para poder construirlo, consiste en trasladar las dimensiones y alturas que constan en los planos para poder materializar la obra proyectada.

Debemos para esto realizar operaciones de **replanteo planimétrico**, como ya vimos en la primera parte de la materia, cuando estudiamos los procedimientos de la planimetría sencilla, pero también realizar operaciones de **replanteo altimétrico** de puntos importantes del proyecto, es decir poder materializar alturas de elementos tales como vigas riostras, capa aisladora, dinteles, fondo de losa, etc.

PROCEDIMIENTO

1 / Procedemos a colocar el nivel de Anteojo en un lugar conveniente para trabajar dentro del terreno. Se “estaciona”, calándolo y generando de esa forma el Plano Visual Horizontal.

2 / Determinamos la **ALTURA DEL PLANO VISUAL (H_{PV})** u **HORIZONTE INSTRUMENTAL (HI)**. Para esto colocamos la mira topográfica y tomamos lectura sobre el punto fijo de altura 0,00m. Una vez obtenida esta lectura la sumamos a la altura del Punto Fijo (0,00) resultando:

$$HI = H_{PF} + l_{PF}$$

En caso de que en la instancia de relevamiento se haya fijado y materializado un punto fijo, al momento de replantear tomamos ese mismo punto para comenzar.

3 / Se comenzarán a replantear las alturas fijadas en el proyecto. A diferencia de la instancia de relevamiento, donde lo que debemos averiguar son las alturas de los puntos relevados, **aquí las alturas de los puntos son un dato conocido, por lo que en el procedimiento deberemos determinar cuáles serán las lecturas que debemos obtener en la mira para poder realizar correctamente el replanteo.** Previamente es importante revisar esas alturas y verificar con los datos en el terreno.

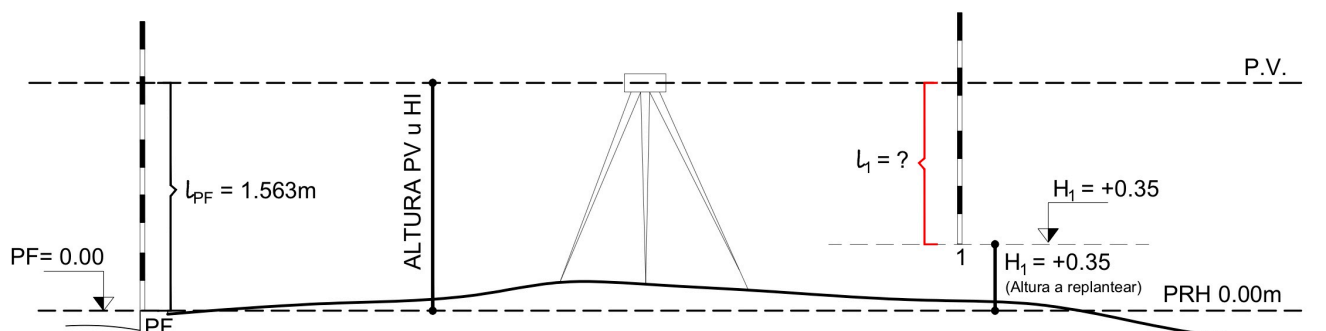
Para la explicación del procedimiento, tomaremos algunos casos que pueden presentarse en la práctica:

CASO 1 / PUNTO A REPLANTEAR CON ALTURA POSITIVA (Arriba del PRH 0.00m)

Estacionado el nivel de anteojo y teniendo definido el punto fijo, se toma lectura sobre este y se determina la altura del PV.

$$HI = H_{PF} + l_{PF} = 0.00m + 1.563m = 1.563m$$

Se debe replantear la altura de piso terminado interior en planta baja que según proyecto es de **+ 0.35m**.



Si observamos el esquema en corte del problema, veremos que **debemos calcular la distancia entre la altura a replantear ($H_1 = +0.35m$) y el plano visual que genere el nivel de anteojo (PV)**. Esa distancia corresponde a la lectura (l_1) que debo leer en la mira topográfica desde el nivel de anteojo, para poder replantear el punto de altura $+0.35m$. Entonces resulta que:

$$l_1 = HI - H_1 = 1.563m - 0.35m = \mathbf{1.213m}$$

En la práctica la persona que tiene la mira topográfica debe tener una guía donde apoyar esta, para poder moverla hacia arriba y hacia abajo hasta que el operador del nivel de anteojo le indique que el valor leído es el que le corresponde a la lectura calculada.

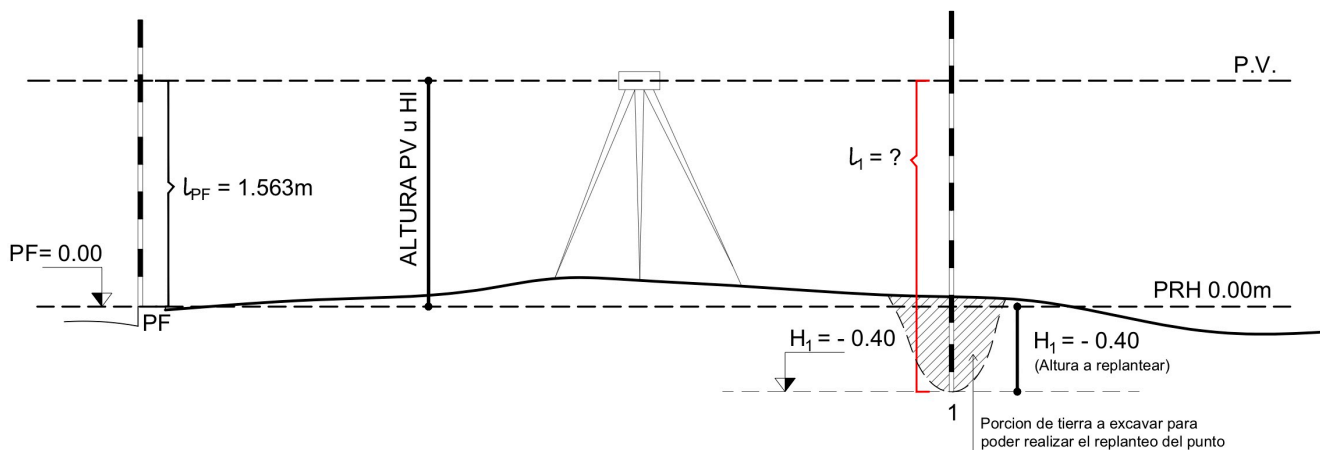
Desde el nivel de anteojo se debe leer perfectamente sobre la mira la distancia que corresponde a la lectura del punto calculada previamente (l_1). Una vez que esta coincida se marca debajo de la mira y ese punto tendrá la altura requerida, en este caso $+0.35m$.

CASO 2 / PUNTO A REPLANTEAR CON ALTURA NEGATIVA (Abajo del PHR 0.00m)

Estacionado el nivel de anteojo y teniendo definido el punto fijo, se toma lectura sobre este y se determina la altura del PV.

$$HI = H_{PF} + l_{PF} = 0.00m + 1.563m = \mathbf{1.563m}$$

Se debe replantear la altura de fondo de viga riostra cuya altura según proyecto es **-0.40m**.



Para determinar la lectura de mira (l_1) en este caso resulta:

$$l_1 = HI - H_1 = 1.563m - (-0.40m) =$$

Simplificando los signos obtenemos:

$$l_1 = 1.563m + 0.40m = \mathbf{1.963m}$$

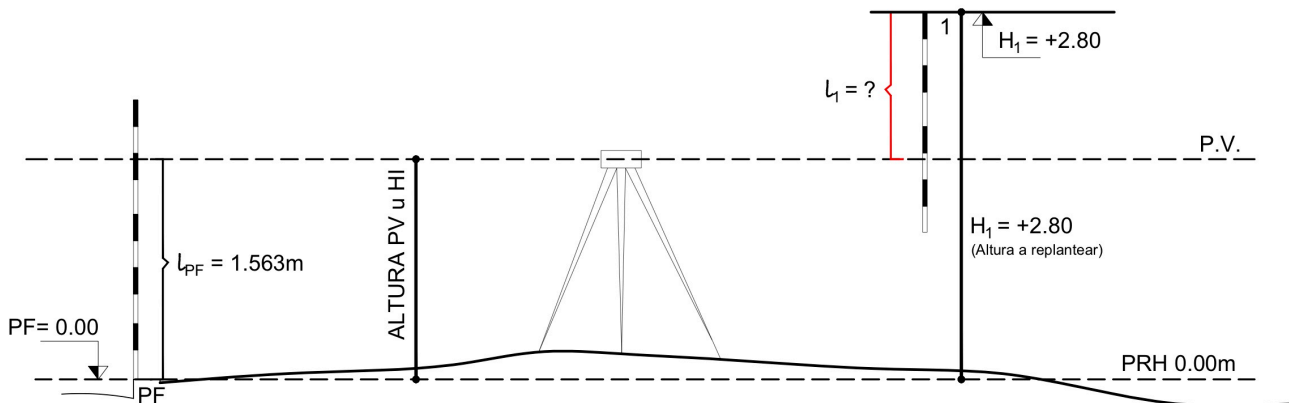
Para este caso además de encontrarse el punto por debajo del plano de referencia 0.00, también se encuentra por debajo del terreno natural, lo que implica tener que cavar para poder replantear la altura deseada.

CASO 3 / PUNTO A REPLANTEAR CON ALTURA POSITIVA (Arriba del PV generado por el nivel de anteojo)

Estacionado el nivel de anteojo y teniendo definido el punto fijo, se toma lectura sobre este y se determina la altura del PV.

$$HI = H_{PF} + l_{PF} = 0.00m + 1.563m = 1.563m$$

Se debe replantear la altura de fondo de losa cuya altura según proyecto es **+ 2.80m**



Para determinar la lectura de mira (l_1) en este caso resulta:

$$l_1 = HI - H_1 = 1.563m - 2.80m = -1.237m$$

El valor de la lectura resulta negativo, esto indica que la mira debe colocarse en posición invertida al realizar el trabajo.

En la práctica la precisión del replanteo está sujeta a la prolijidad con la que se trabaje en el manejo de la mira topográfica. Hay que tener en cuenta como mantener la verticalidad de la mira y la prolijidad con la que se realizan las marcas de los puntos replanteados. Esa marca debe ser fina, con lápiz o fibra.

CAMBIO DE ESTACIÓN PARA CASOS DE REPLANTEO Y RELEVAMIENTO //////////////////////////////////////

Puede suceder, ya sea en un trabajo de **relevamiento** o de **replanteo**, que no podamos realizar una **lectura sobre el PF de altura 0.00m**, en esos casos debemos recurrir a un **CAMBIO DE ESTACIÓN**, es decir que deberemos mover el nivel de anteojo a otro lugar de la obra para continuar trabajando.

Sabemos que **al cambiar de posición el Nivel de anteojo debemos determinar cuál será la nueva altura del Plano Visual desde la nueva estación**, para esto es necesario tomar lectura sobre algún punto **cuya altura ya haya sido obtenida** (para el caso a analizar ese punto será el punto A del croquis en planta anexa), para utilizarla como **nuevo PUNTO DE REFERENCIA**.

Este nuevo punto de referencia puede ser el de un piso terminado o cualquier otro punto cuya altura sea conocida, y que tengamos como dato en el lugar donde nos encontramos trabajando.

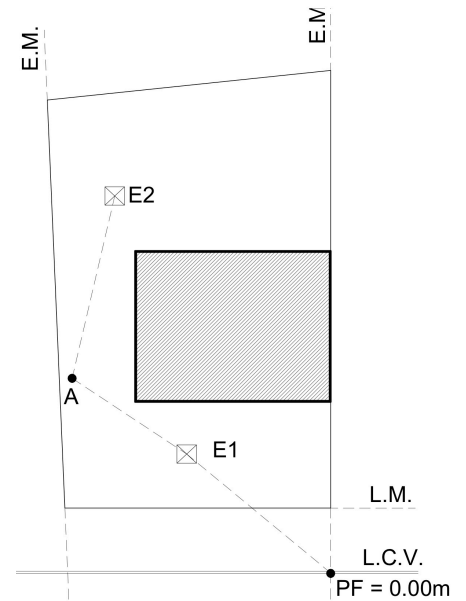
PROCEDIMIENTO

1 / Desde la Estación 1 (E1) se toma lectura sobre el PF ubicado en el cordón vereda, de altura 0.00m, se obtiene a partir de este la altura del plano visual desde a estación 1 que resultara:

$$HI = H_{PF} + l_{PF} = 0.00m + 1.252 = 1.252m$$

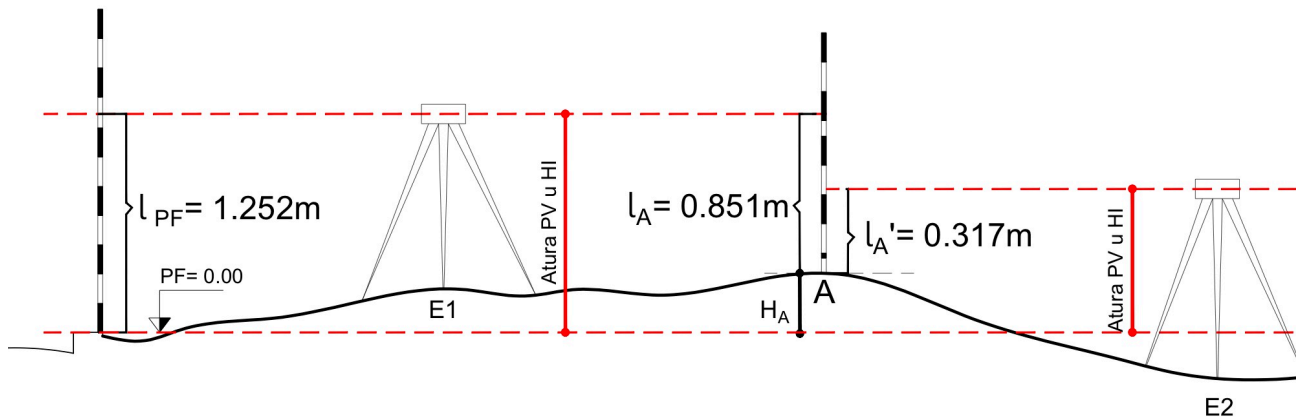
2 / Una vez obtenido el HI de la estación 1 calculamos la altura del punto A esta resultara a partir de la diferencia entre la altura del plano visual y la lectura obtenida sobre la mira en ese punto:

$$H_A = HI - l_A = 1.252 - 0.851 = 0.401m$$



3 / Al tener que realizar un cambio de estación **para continuar con el trabajo, se tomara el punto A como el punto de paso o nuevo punto de referencia de altura conocida** y así vincular ambas estaciones.

4 / Se ubica ahora la nueva estación (E2) en un punto conveniente, de manera que pueda **volver a tomar lectura desde esta nueva estación al punto A cuya altura fue calculada anteriormente 0.401m**



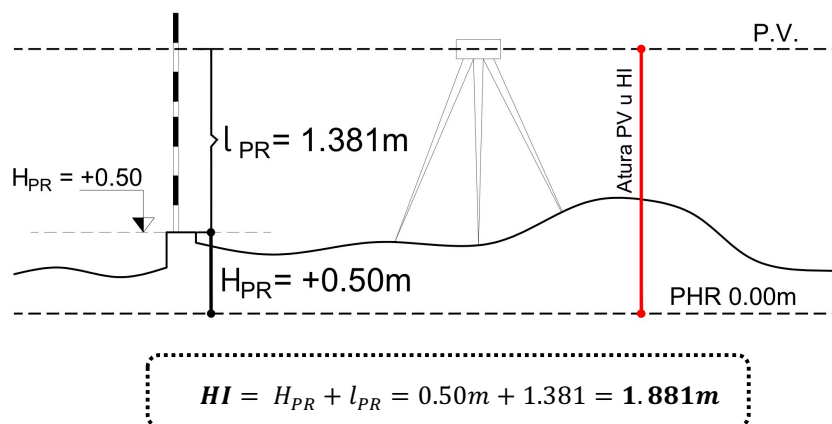
5 / Para calcular la nueva altura del plano visual desde la Estación 2 (HI'), procedemos del mismo modo que lo hacíamos desde la estación 1, solo que el punto de referencia con altura conocida es el punto A

$$HI' = H_A + l'_A = 0.401m + 0.317m = 0.718m$$

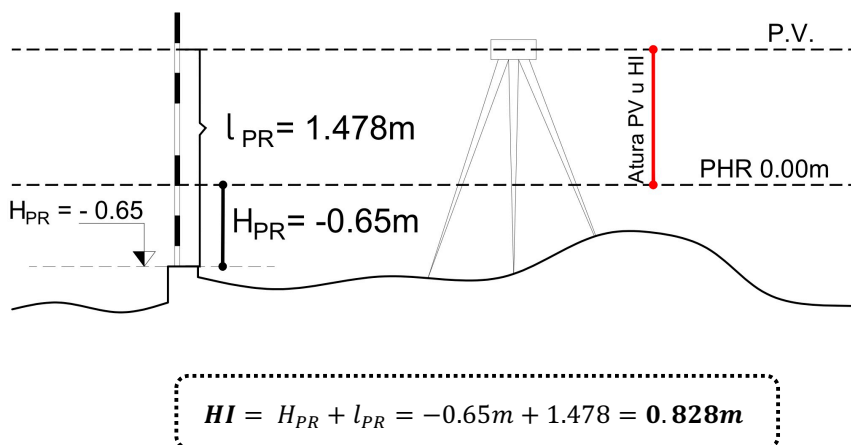
Obtenida la nueva altura del plano visual desde la Estación 2, se puede continuar, con el relevamiento o replanteo de los puntos que aún no han sido tomados.

Veremos a continuación como obtenemos la Altura del Plano Visual en diferentes posiciones del PUNTO DE REFERENCIA.

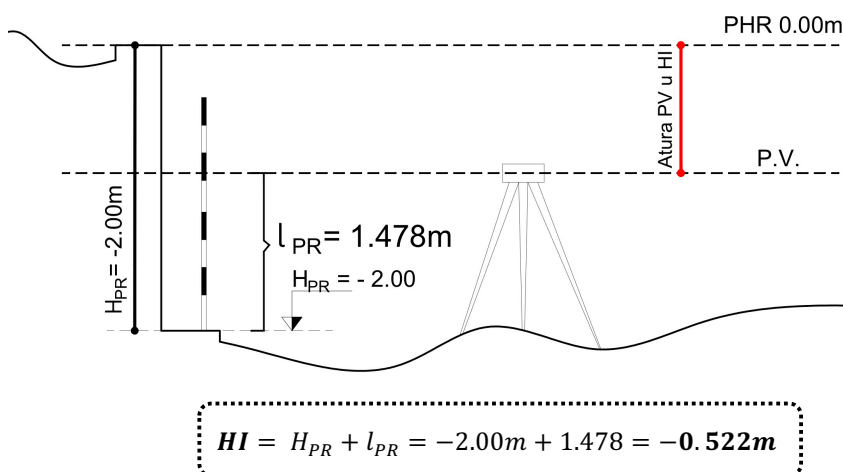
CASO 1 / PUNTO DE REFERENCIA POSITIVO (Arriba del PHR 0.00m)



CASO 2 / PUNTO DE REFERENCIA NEGATIVO (Abajo del PHR 0.00m)



CASO 3 / ALTURA DEL PLANO VISUAL (HI) NEGATIVO



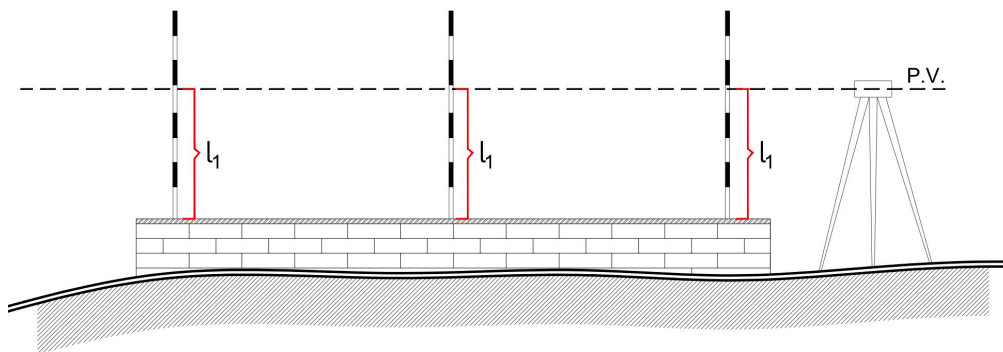
En este caso el HI resulta negativo ya que se encuentra por debajo del plano de referencia 0.00

NIVELACIÓN APLICADA AL CONTROL EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS //////////////////////////////////////

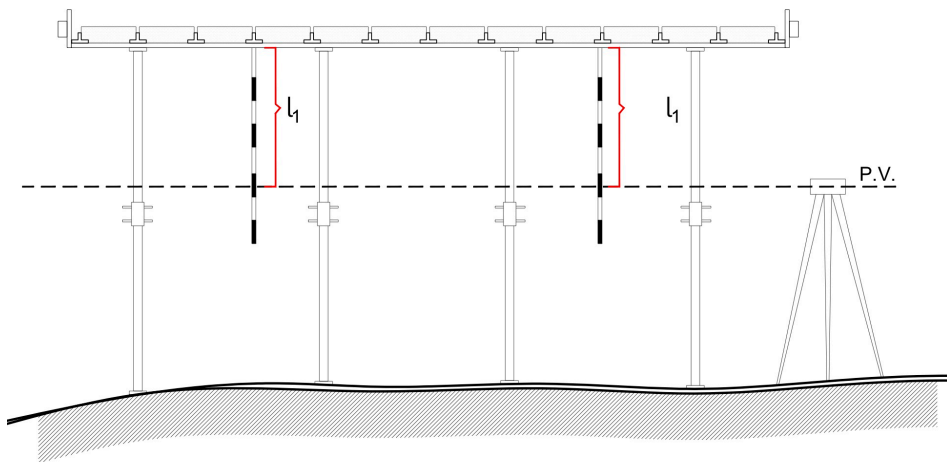
Además de RELEVAMIENTO Y REPLANTEO hay una tarea muy importante a realizar como Arquitectos a cargo de la obra en construcción y es el CONTROL de la misma en todas sus instancias. Hablando de niveles y alturas de proyecto, tenemos que controlar que se realicen tal como están proyectados.

El nivel de anteojo nos permite realizar un control rápido y preciso de las alturas o niveles replanteados y ejecutados en obra. Vemos a continuación dos ejemplos de control en la obra:

> Nivel de capa aisladora



> Nivel de encofrado de fondo de losa antes del llenado



Como pudimos ver, el método de la Nivelación Geométrica es aplicable a innumerables situaciones que pueden presentarse en la práctica profesional del arquitecto, de allí su importancia en el dictado de esta materia, ya que su uso resulta una herramienta muy valiosa para realizar nuestro trabajo de manera responsable y comprometida.

05.

PLANIALTIMETRÍA

Cuando en un trabajo de Topografía, nos resulta necesario obtener información sobre la *morfología* de un terreno, entonces debemos recurrir a un **LEVANTAMIENTO PLANIALTIMÉTRICO**, donde a partir de un conjunto de operaciones topográficas destinadas a fijar la posición **planialtimétrica** de puntos importantes del terreno, podremos obtener la información que necesitamos para llegar al conocimiento de su forma.

Con el objetivo de plasmar este levantamiento en la confección de un **plano con curvas de Nivel** y a partir de este poder generar maquetas físicas o virtuales que serán de mucha utilidad a la hora de abordar un proyecto arquitectónico, en una situación donde la morfología resulte una condicionante importante a considerar.

05.01 GENERALIDADES DE LAS CURVAS DE NIVEL //////////////

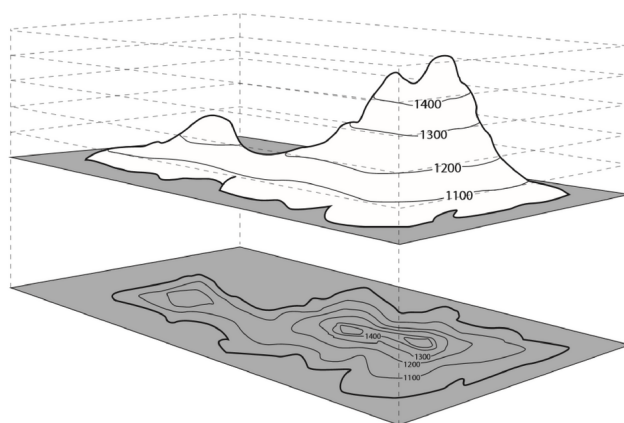
El objetivo de todo levantamiento planialtimétrico es la confección de un PLANO CON CURVAS DE NIVEL, ya que este es el que mejor refleja las características del relieve del terreno en el plano.

A partir de su interpretación, podremos comprender la morfología y detalles importantes del terreno sobre el que se comenzara a proyectar.

Una Curva de nivel es una línea imaginaria cerrada que une puntos de igual altura.

Las **curvas de nivel** constituyen el mejor método para representar gráfica y cuantitativamente la forma de la superficie del terreno en un plano. Estas pueden ser visibles, como sucede en la orilla de un lago, pero por lo general en los terrenos se definen solamente las alturas de unos cuantos puntos y luego se dibujan las curvas de nivel entre estos puntos de control.

Se ve en la figura que las curvas de nivel resultan de la intersección de la superficie del terreno con planos horizontales paralelos. La mayoría de las curvas de nivel son líneas irregulares, como las curvas cerradas del cerro de la figura.



CLASIFICACIÓN DE LAS CURVAS DE NIVEL //////////////////////////////////////

Suelen encontrarse en los planos topográficos, **curvas de nivel principales**, que son las que se trazan en el plano con una línea más gruesa y bien notoria con la finalidad de facilitar la legibilidad. Estas se encuentran cada varias **curvas intermedias o de equidistancia**, llamadas así porque son aquellas cuya separación corresponde a la equidistancia del plano, que se representan con un trazo más fino.



PROPIEDADES DE LAS CURVAS DE NIVEL //////////////////////////////////////

A continuación se indican algunas de las propiedades de las curvas de nivel que son fundamentales para su determinación y trazado:

1 / Las curvas de nivel deben cerrar sobre sí mismas, ya sea dentro o fuera del mapa. No pueden terminar en puntos muertos.

2 / Las curvas son perpendiculares a la dirección de máxima pendiente.

3 / La pendiente entre dos líneas de nivel consecutivas es uniforme.

4 / La distancia entre las curvas de nivel indica la magnitud de la pendiente. Un amplio espaciamiento corresponde a pendientes suaves (Imagen A), un espaciamiento estrecho señala una pendiente más inclinada (Imagen B).

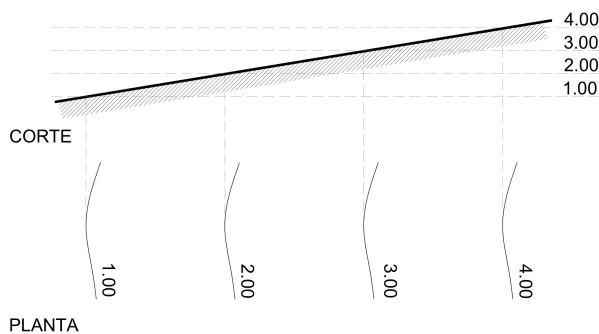
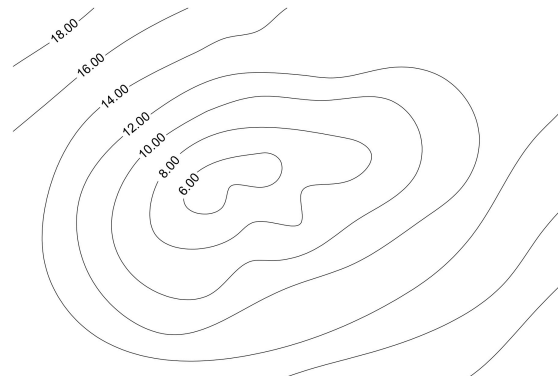


Imagen A

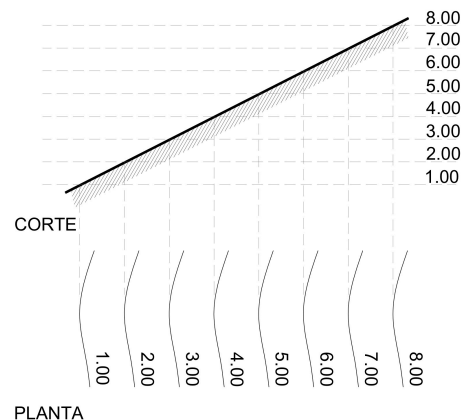


Imagen B

5 / Las curvas muy irregulares indican terreno muy accidentado (Imagen A). Las líneas con curvatura más regular indican pendientes y cambios graduales (Imagen B).



Imagen A

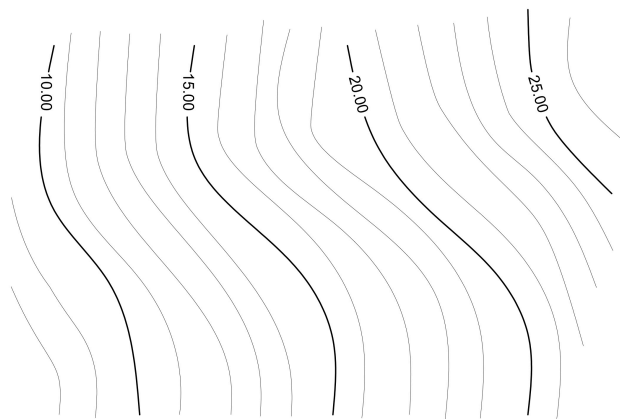


Imagen B

6 / Las curvas de diferente altura nunca se tocan o encuentran, excepto cuando son de una superficie vertical, como la de acantilado. No pueden cruzarse entre sí, excepto en el caso poco común de una caverna o de un peñasco en voladizo.

7 / Una curva nunca puede cortarse, ni ramificarse, ni bifurcarse.

DESCRIPCIÓN DEL TERRENO MEDIANTE CURVAS DE NIVEL //////////////////////////////////////

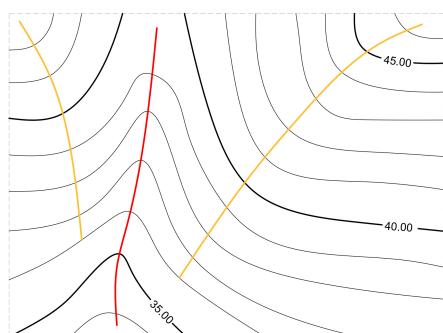
La superficie terrestre no es uniforme, sino que ofrece múltiples variaciones en su forma, el conocimiento de algunas configuraciones nos ayudaran a interpretar y lograr un mayor conocimiento de las características de un determinado terreno.

Comprender la morfología de un terreno a partir de observar un plano de curvas de nivel, resulta de una herramienta muy útil a la hora de proyectar y construir, ya que podremos detectar tempranamente, líneas de escurrimientos de agua, zona de bajos, altos, hondonadas y toda situación que de ser desestimada puede ocasionar graves inconvenientes al proyectista.

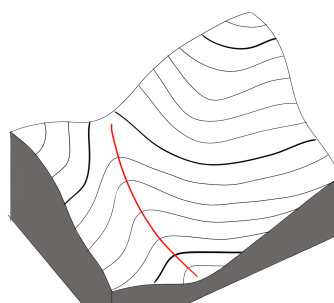
Aquí describiremos algunas de estas configuraciones:

> Líneas Dorsales o Divisorias: Son las líneas de mayores elevaciones y son las grandes divisorias. Esta línea de máxima pendiente produce la partición de aguas hacia uno y otro lado

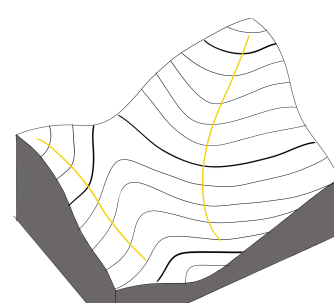
> Líneas Vaguadas o Talweg: Son las líneas que unen los puntos de menor altura, cuando hay un curso de agua este corre por estas líneas, su forma en planta en la mayoría de los casos se presenta en forma de V donde el vértice señala hacia el origen de la corriente de agua.



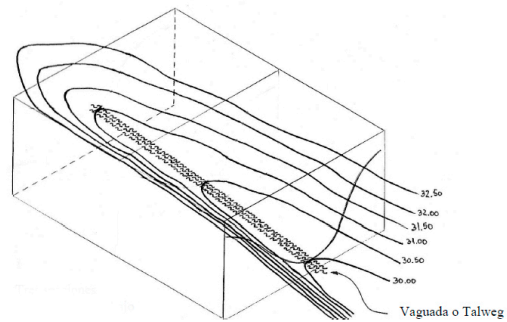
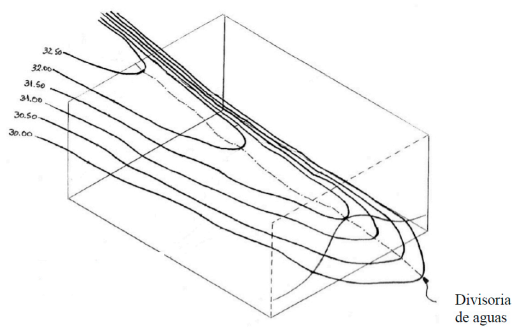
— LINEA VAGUADA o TALWEG
— LINEA DORSAL o DIVISORIA



LINEA VAGUADA o TALWEG



LINEA DORSAL o DIVISORIA



> **Cerro o elevaciones:** Se representa por curvas de nivel cerradas donde las de menor altura envuelven a las de mayor altura, representan prominencias del terreno (Imagen A).

> **Hoya o Depresión:** Se representa por curvas de nivel cerradas donde las de mayor altura envuelven a las de menor altura, representan prominencias del terreno (Imagen B).

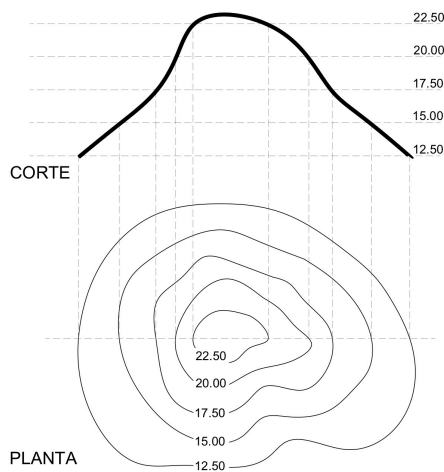


Imagen A

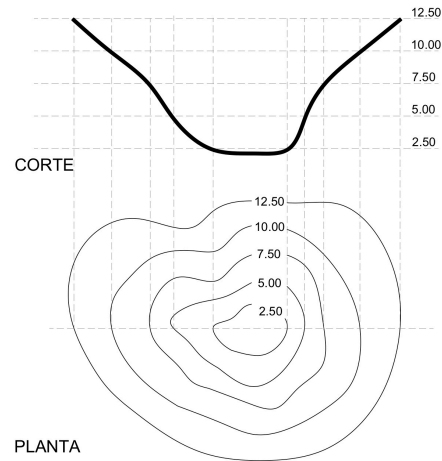
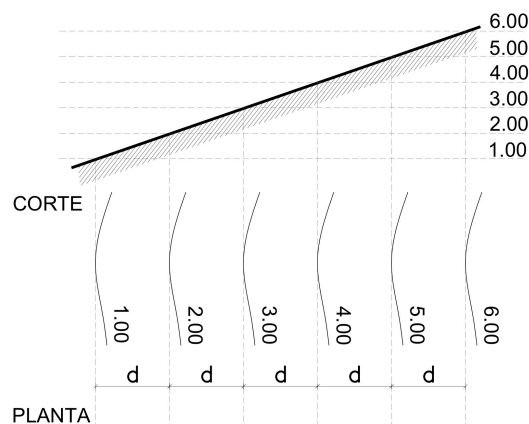


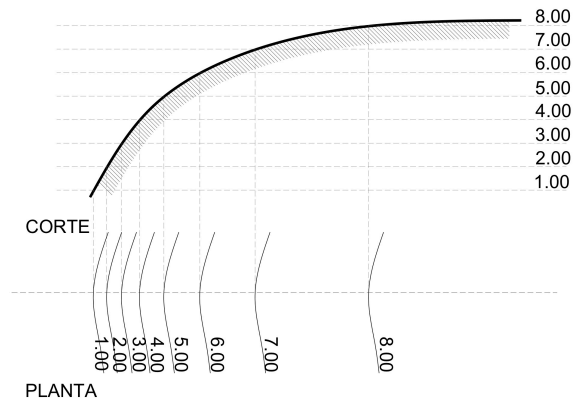
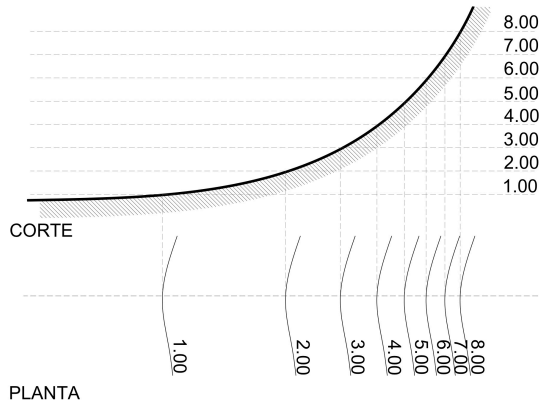
Imagen B

> **Cuestas o Pendientes Uniformes:** Son formas elementales del terreno, caracterizadas por una inclinación constante y se reconocen en el plano porque las curvas de nivel resultan paralelas y equidistantes entre sí.



> **Cuestas Cóncavas:** Se caracterizan por curvas de nivel paralelas, pero no equidistantes, estas se reconocen en el plano porque la separación entre las curvas de nivel aumenta a medida que se desciende.

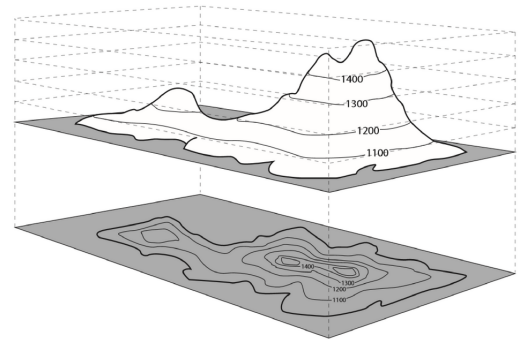
> **Cuestas Convexas:** Se caracterizan por curvas de nivel paralelas, pero no equidistantes, estas se reconocen en el plano porque la separación entre las curvas de nivel disminuye a medida que se desciende.



05.02 EQUIDISTANCIA //////////////////////////////////////

Si apreciamos en la imagen, los planos horizontales paralelos, que cortan a la superficie terrestre, presentan una separación constante, a la que denominamos **EQUIDISTANCIA**.

Podríamos decir que la **EQUIDISTANCIA** es la distancia vertical, constante que separa dos curvas de nivel consecutivas.



Para comprender mejor este tema, ponemos algunos ejemplos de planos donde veremos la equidistancia que se adoptó en cada caso, notaremos también que siempre se utilizan valores enteros, esto facilita el hacer cálculos rápidos de desniveles y alturas de puntos, y a interpretar más claramente la morfología.

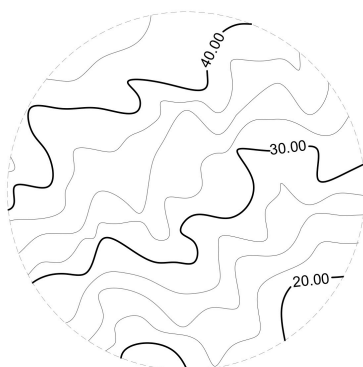


Imagen 1/ Equidistancia: 2,50m

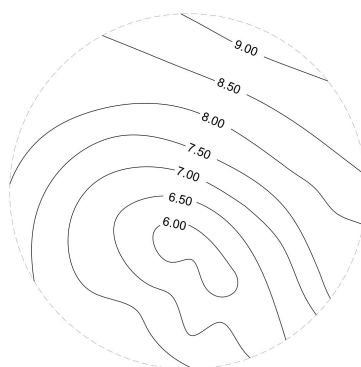


Imagen 2 / Equidistancia: 0,50m

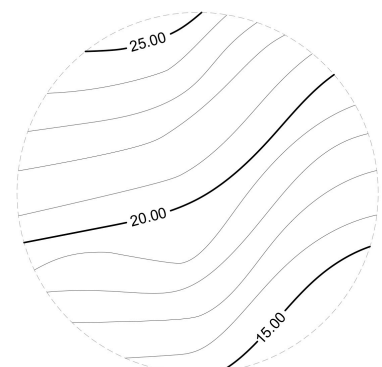


Imagen 3 / Equidistancia: 1,00m

El plano de la Imagen 1 y 3 Presentan curvas de nivel más definidas llamadas principales, que tienen acotada la altura y curvas de nivel intermedias que no tienen acotada su altura para ayudar a la claridad del

plano. Cabe aclarar que aunque algunas curvas no estén acotadas la equidistancia siempre se considera entre curvas de nivel consecutivas, por lo que la equidistancia en la primer imagen corresponde a 2.50m, y la equidistancia en la imagen 3 a 1,00m.

En caso de que debamos definir cuál será la equidistancia para la realización de un plano con curvas de nivel, el valor de esta podrá calcularse, considerando la finalidad del plano y el grado de detalle que se quiera mostrar, pero fundamentalmente **dependerá de la escala del plano y de la configuración del terreno.**

Existe por lo tanto una relación entre equidistancia, escala del plano y pendiente del terreno que podemos expresar del siguiente modo:

$$e = s.M.tg\alpha$$

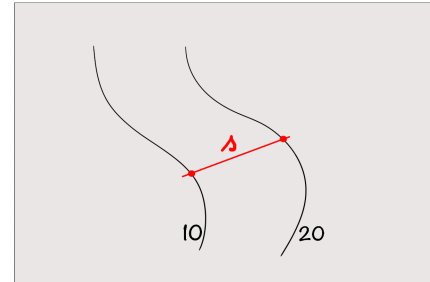
Donde:

e = Equidistancia

s = Es la separación entre dos curvas de nivel medida sobre el plano.

M = Módulo de la escala en la que se graficará el plano

tgα = Valor del ángulo que caracteriza la pendiente del terreno



Separación de curvas de nivel en papel

Según la Norma del reglamento Cartográfico, el valor de *s* que corresponde a la separación de las curvas de nivel en el plano, no deben juntarse más de 2mm en casos de terrenos con pendientes pronunciadas, ni separarse más de 2cm en el caso de terrenos con pendientes más suaves. Esto se establece para lograr mayor claridad en la legibilidad del plano y ayudar a la interpretación de la morfología del terreno.

El poder establecer el valor de la equidistancia para un determinado plano y un terreno en particular nos permitirá trabajar sobre los valores de separación de curvas que establece el reglamento cartográfico, ayudando a la claridad del plano que realicemos. Si bien actualmente hay programas informáticos que simplifican esta tarea, es importante conocer la relación que existe entre estos elementos al trabajar con planos topográficos.

Ejemplo Numérico :

Se calculará la equidistancia conveniente para el trazado de las curvas de nivel, de un plano que se confeccionara en escala 1:200 para un terreno que presenta una pendiente del 8%,

Datos:

- M = 200 (Módulo de la escala del plano)
- $Tg \alpha = 8 / 100 = 0.08$
- Valores de *s* según reglamentación cartográfica:
 - s* mínimo = 0,002m
 - s* máximo = 0,02m

Equidistancia mínima: $e = s.M.tg\alpha =$
 $e = 0,002.200.0,08 = 0,032m$

Equidistancia máxima: $e = s.M.tg\alpha =$
 $e = 0,02.200.0,08 = 0,32m$

De los dos valores de equidistancia calculados (mínimo y máximo) se adopta un valor entero comprendido entre estos. Por ej: **0,25m** (este valor corresponderá a la equidistancia con la que se realizará el plano en escala 1:200 para el terreno con pendiente del 8%)

05 . 03 LEVANTAMIENTOS PLANIALTIMÉTRICOS //////////////////////////////////

Sabemos que en nuestra profesión, el entendimiento de la morfología de un terreno sobre el que se proyecta y luego se construye, resulta de suma importancia. En las primeras etapas nos ayudara a tomar decisiones en relación a la implantación de la obra, definición de accesos, considerar pendientes y escorrentías de agua, etc. y ya en la etapa de construcción de la obra, el contar con esta información reducirá tiempos de ejecución, permitirá prever y organizar la logística de la obra, y por sobre todo presupuestar previendo costos de movimiento suelo, entre otras cosas.

Ya estudiado lo referente a Curvas de Nivel y equidistancia, comenzaremos a ver los métodos de **LEVANTAMIENTO PLANIALTIMÉTRICO**. Estos nos brindaran la información necesaria para una vez realizado el levantamiento poder confeccionar un plano con curvas de nivel, que es la finalidad de este trabajo.

Los levantamientos planialtimétricos se realizan mediante la **TAQUIMETRÍA**, que significa: “**levantamiento rápido o expeditivo**”, donde en una sola operación de campo se determinan las posiciones y alturas de los puntos de interés del terreno a levantar.

Existen varios métodos de Levantamiento planialtimétrico, dependiendo del instrumental con el que se realice y de las condiciones morfológicas del terreno:

> **Método Taquimétrico** / Este se aplica a todo tipo de terreno, por más accidentado que este sea. Según el instrumental a utilizar puede ser:

- **Taquimetría con Teodolito**
- **Taquimetría con Estación Total**

> **Expeditivos con Nivel de anteojo** / Se aplica a terrenos donde las diferencias de altura y/o desniveles entre puntos, permiten operar con nivel de anteojo con un número razonable de estaciones.

- **Método de la cuadrícula o Reticulado**
- **Método de la Taquimetría Sencilla**

En este curso de topografía, veremos solo los **Métodos Expeditivos con el uso del Nivel de Anteojo:**

05 . 03 / 01 MÉTODO DE LA CUADRÍCULA O RETICULADO //////////////////////////////////

Este método es uno de los que mejor resulta para realizar levantamientos expeditivos en **terrenos de áreas pequeñas, que no presenten quiebres o accidentes marcados, sino que se caractericen por la suavidad en las formas.**

OBJETIVO: Trazado de un plano con curvas de Nivel

INSTRUMENTAL: Nivel de Anteojo, Mira de Nivelación, Jalones, Fichas, Cinta

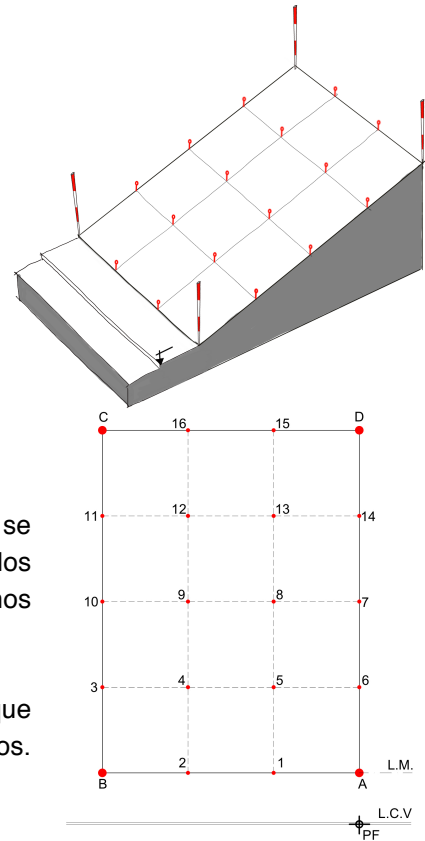
PROCEDIMIENTO:

1 / Una vez en el terreno se traza sobre este una cuadrícula ortogonal de cuadrados iguales. El tamaño de la cuadrícula dependerá de las dimensiones del terreno y de la regularidad de sus formas, por lo que la dimensión del lado de cada cuadrado se adopta según el criterio del profesional. El trazado de esta puede realizarse mediante los métodos de replanteo de la planimetría sencilla (método 3, 4, 5 o Múltiplos), es por esto que resulta necesario contar con cintas métricas al momento del levantamiento.

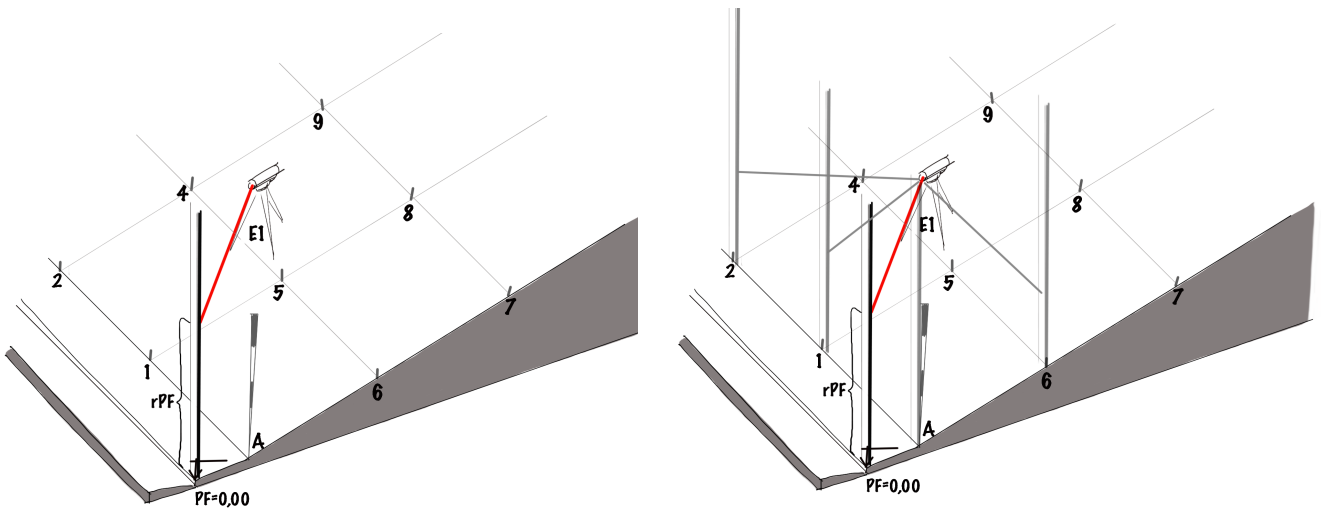
2 / Se materializan los vértices del terreno mediante jalones, y los puntos interiores resultantes de las intersecciones de la cuadrícula con fichas.

3 / Se confecciona un croquis del terreno con la traza de la cuadrícula y se designa cada punto con un número y/o letra. Es importante registrar todos los datos levantados con claridad y de forma ordenada. Podemos valernos también de imágenes del terreno y del procedimiento de campo.

4 / Luego se ubica el nivel de Anteojo en un lugar conveniente desde el que se pueda tomar la mayor cantidad de lecturas sobre los puntos ya marcados.

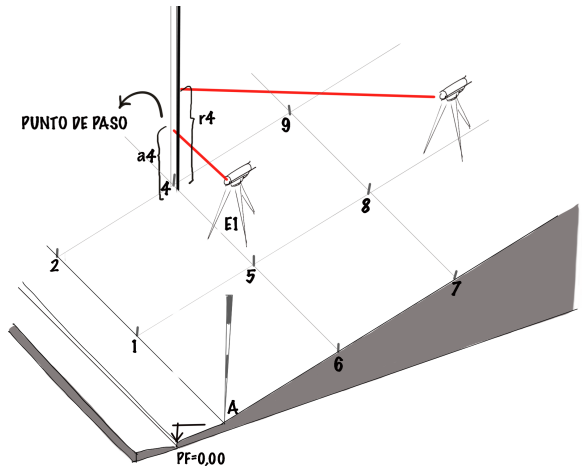


5 / La primer lectura a tomar es sobre el Punto Fijo, ubicado sobre el cordón vereda (PF), y luego continuamos colocando la mira en cada uno de los puntos materializados (vértices del terreno y puntos internos de la cuadrícula), que podamos ver desde la estación 1.



6 / En caso de no poder continuar tomando lectura sobre los puntos desde la Estación 1, se procede a cambiar de posición el nivel (Estación 2) y desde allí se toma lectura sobre los puntos restantes.

No olvidar que al realizar un cambio de estación debo volver a tomar lectura sobre uno de los puntos ya leídos desde la estación 1, para poder vincular ambas estaciones, a través del punto de paso.



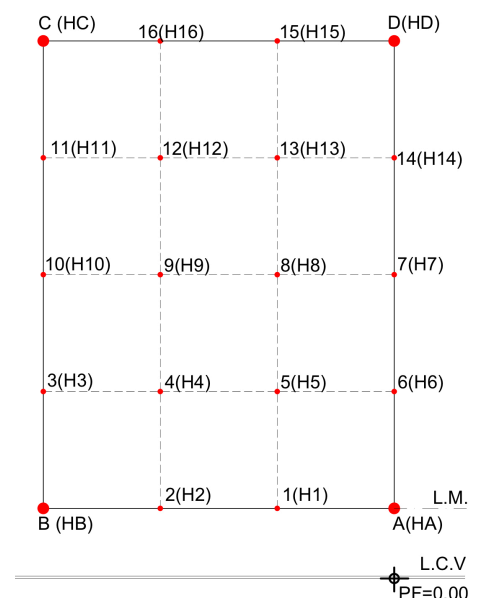
7 / Los datos son llevados a una planilla (muy similar a la utilizada en el práctico del perfil). Una vez apuntadas las lecturas de cada punto, se calcula la altura de cada uno de los puntos del terreno del mismo modo que lo hacíamos en el práctico de perfil.

Est.	Pto.	Lectura			altura (H)	Horiz. inst. (HI)	observaciones
		atras (r)	interm.(i)	adel.(a)			
E1	PF	r_{PF}		(+)	0.00	HI	PUNTO INICIAL
	A		i_A	(-)	$H_A = HI - i_A$		
	1		i_1		$H_1 = HI - i_1$		
	2		i_2		$H_2 = HI - i_2$		
	B		i_B		$H_B = HI - i_B$		
	3		i_3		$H_3 = HI - i_3$		
	4			a_4	$H_4 = HI - i_4$		
E2	4	r_4		(+)	H_4	HI'	CAMBIO DE ESTACIÓN
	5		i_5	(-)	$H_5 = HI' - i_5$		
	6...		i_6		$H_6 = HI' - i_6$		

8 / Una vez obtenidas las alturas, y sabiendo la posición planimétrica de cada uno de los puntos, se procede a confeccionar un **plano de puntos acotados**, que consiste en dibujar la cuadrícula en una escala conveniente, designando cada punto con la altura calculada.

9 / Finalmente para obtener el plano de curvas de nivel del terreno, usando el plano de puntos acotados como base, se procede a realizar la **interpolación** entre las alturas de los puntos.

La interpolación, se realiza siempre entre dos puntos cuya altura fue calculada, y consiste en intercalar puntos de altura entera, que coincida con los valores de la equidistancia adoptada, para luego unir todos los puntos de igual cota definiendo las curvas de nivel en el plano.



05.03 / 02 MÉTODO DE LA TAQUIMETRÍA SENCILLA //////////////////////////////////////

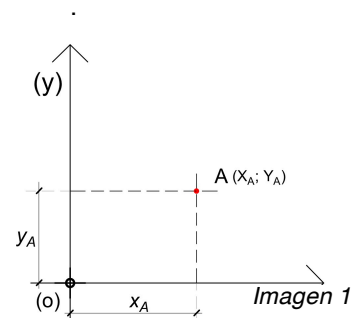
Este método de levantamiento planialtimétrico, se considera dentro de los métodos **expeditivos con Nivel de anteojo** al igual que el método del cuadrículado, ya que se aplican a terrenos donde las diferencias de altura y/o desniveles entre puntos, permiten operar con nivel de anteojo con un número razonable de estaciones.

Este método se diferencia del método del reticulado, ya que es aplicable a

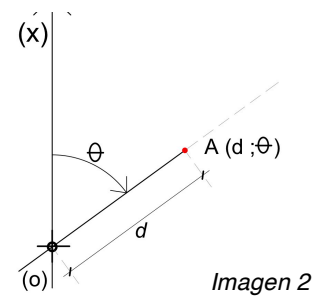
OBJETIVO: Trazado de un plano con curvas de Nivel

INSTRUMENTAL: Nivel de Anteojo, Mira de Nivelación, Jalones, Fichas, Cinta

En el **método del cuadrículado** cada punto a levantar queda definido en su posición planimétrica a partir de sus **coordenadas cartesianas**, es decir la distancia desde el punto a los ejes x e y (Imagen 1).



A diferencia del **método de la taquimetría Sencilla**, donde la posición planimétrica de los puntos a levantar será definida a partir de sus **coordenadas polares** cuyos elementos son; **Rumbo** que es el ángulo θ que debe girar el semi eje ox , para que coincida con la dirección oA y la **distancia** (d) que existe desde el centro (o) al punto A (Imagen 2).



En ambos casos la posición altimétrica se obtiene mediante los procedimientos de la Nivelación geométrica.

PROCEDIMIENTO:

1 / Antes de comenzar con el levantamiento planialtimétrico, **debe observarse detenidamente el terreno** detectando aquellas características y/o configuraciones que nos ayudaran a definir qué puntos son importantes de levantar, con el objetivo de que la transferencia al plano, refleje la morfología de este lo más fiel posible a la realidad. También podemos valernos de fotos del terreno.

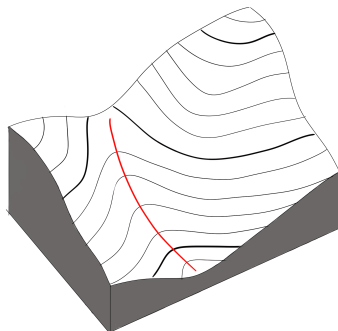


En esto es importante recordar algunas configuraciones del terreno que nos serán de utilidad:

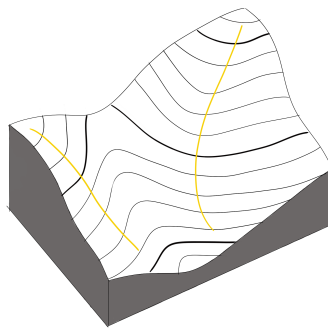
> **Líneas Dorsales o Divisorias:** Son las líneas de mayores elevaciones y son las grandes divisorias. Esta línea de máxima pendiente produce la partición de aguas hacia uno y otro lado.

> **Líneas Vaguadas o Talweg:** Son las líneas que unen los puntos de menor altura, cuando hay un curso de agua este corre por estas líneas, su forma en planta en la mayoría de los casos se presenta en forma de V donde el vértice señala hacia el origen de la corriente de agua.

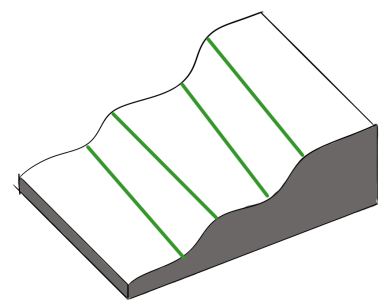
> **Líneas de quiebre:** Se reconocen debido a que generan pliegues con cambios de pendientes muy marcados en el terreno.



LINEA VAGUADA o TALWEG



LINEA DORSAL o DIVISORIA

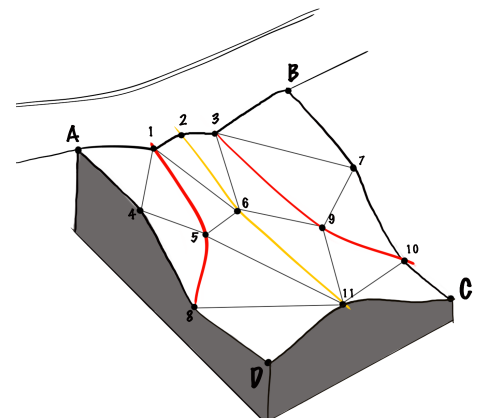
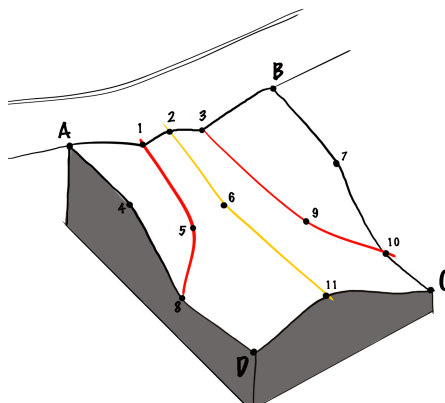
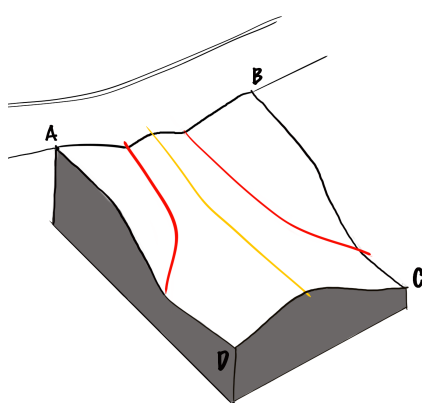
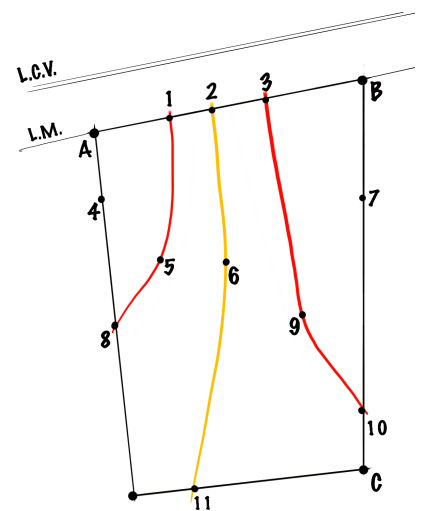


LINEAS DE QUIEBRE

Al observar el terreno y detectar los puntos de interés a levantar se debe confeccionar un croquis proporcionado del mismo, donde se marquen las líneas estructurales que se detectaron e ir registrando en el los puntos que luego serán relevados

2 / A partir del reconocimiento de la configuración del terreno se deben elegir los puntos a levantar, el criterio para la selección es el mismo que para cuando estudiamos el método de levantamiento de perfil, es decir que **los puntos a considerar serán aquellos que correspondan a cambios de pendientes o de dirección de una línea estructural, quiebres, etc.**

Al realizar el levantamiento planialtimétrico, **la morfología del terreno quedará definida por una serie de placas triangulares** que se apoyan sobre la superficie del terreno. Los vértices de cada triángulo corresponden a los puntos levantados.



3 / Una vez seleccionados los puntos a levantar, **se eligen las posiciones de las estaciones:**

- En caso de que se puedan tomar los puntos desde una sola estación se deberá prever que pueda desde esta ver todos los puntos a levantar.
- En caso de necesitar dos estaciones de Nivel, deberemos tener algunas consideraciones a la hora de trabajar, ya que será a través de ellas que se vincularán las lecturas de los puntos leídos desde ambas.

> Estas se deberán ubicar de modo tal que desde una estación pueda ver a la otra y viceversa.

> Las posiciones de las estaciones se marcarán en el terreno con fichas.

4 / Una vez definidas las posiciones de las estaciones, se comenzará con el levantamiento de los datos del terreno. En este ejemplo el primer punto sobre el que se tomara lectura será un Punto Fijo (PF) de altura 0.00m que se ubica en el cordón vereda. En caso de no poder acceder a este, o en caso de que se decida partir de otro punto de referencia como por ej. un vértice del terreno, puede hacerse. Incluso suele ocurrir en este procedimiento que en ocasiones se referencien las alturas al PF 0.00m, y el 0.0° a un vértice del terreno, estas son variaciones que pueden encontrarse y dependerán de las decisiones que se tomen al momento de realizar el levantamiento. Todas las alternativas son válidas, pero los aspectos a considerar en todos los casos que puedan presentarse son los mismos.

> Para definir la posición Planimétrica de cada punto, trabajaremos con coordenadas polares por lo que deberemos averiguar:

RUMBO: El ángulo para posicionar planimétricamente cada punto del levantamiento, **se determina con el círculo graduado que se encuentra en los niveles automáticos**. Estos son leídos siempre en sentido horario. Al tomar lectura sobre el punto fijo desde la Estación 1, se establece esa dirección como 0.0° (*) tal como se muestra en la imagen, a partir de allí se comenzaran a tomar todos los ángulos desde esa estación.

(*) Para ubicarlo de ese modo se debe hacer coincidir, la marca ubicada en el nivel con el 0° del círculo graduado, este último quedará fijo. En los próximos movimientos al tomar lecturas, el nivel girará e irá marcando los ángulos del resto de los puntos del levantamiento.

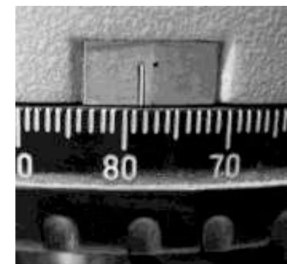


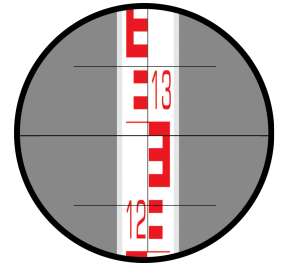
Imagen 3

Por ejemplo en la *imagen 3*, el ángulo leído corresponde a 78,4°. Es importante estimar las decimas de grado para obtener una mayor precisión del trabajo.

DISTANCIA: La distancia desde el nivel a cada uno de los puntos, **se determinará estadimétricamente**. Cuando observamos a través del lente del Nivel de anteojo, se aprecian dos hilos axiales uno vertical y otro Horizontal y se observan también dos hilos horizontales más pequeños a un lado y otro del hilo axial horizontal. Estos son los llamados **Hilos Estadimétricos**.

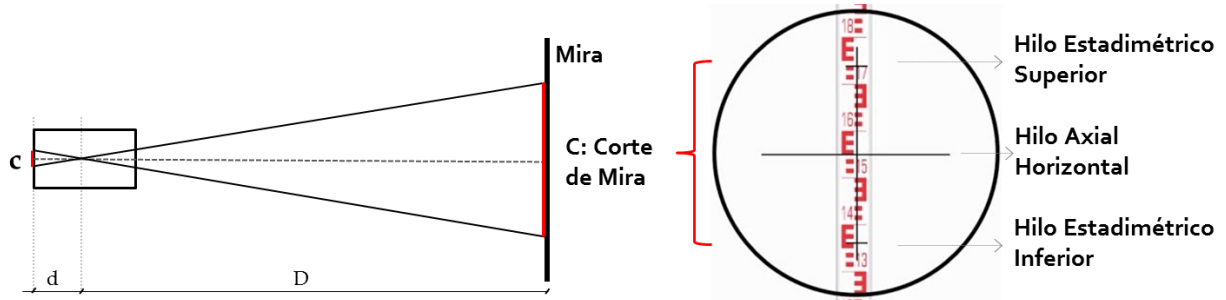
La retícula presenta un hilo estadimétrico superior y otro inferior, colocados simétricamente con respecto al hilo medio (cruce de retícula).

Para obtener la distancia de cada punto estadimétricamente, debemos colocar la mira en el punto, apuntar con el nivel de anteojo y tomar las lecturas que correspondan a los hilos estadimétricos superior e inferior. Para el caso de la imagen lateral estas lecturas corresponden a :



Lectura Hilo Estadimétrico Superior (HES) = 1,342m

Lectura Hilo Estadimétrico Inferior (HEI) = 1,236m



Corte de Mira = Hilo Estadimétrico Superior – Hilo Estadimétrico Inferior

$$\frac{D}{C} = \frac{d}{c} \longrightarrow D = \frac{d}{c} \times C \longrightarrow \boxed{D = 100 \times C}$$

Se reemplaza por constante K= 100

Si realizamos la diferencia entre las lecturas del Hilo Estadimétrico Superior (HES) e Hilo Estadimétrico Inferior (HEI) obtenemos el **Corte de mira (C)**, es decir:

$$\text{Corte de Mira (C)} = \text{HES} - \text{HEI} = 1,342\text{m} - 1,236\text{m} = \mathbf{0,106\text{m}}$$

Finalmente para obtener la distancia desde el Nivel al punto considerado. Se multiplica el corte de Mira (C) x 100 (este valor 100, es una constante en todos los aparatos topográficos)

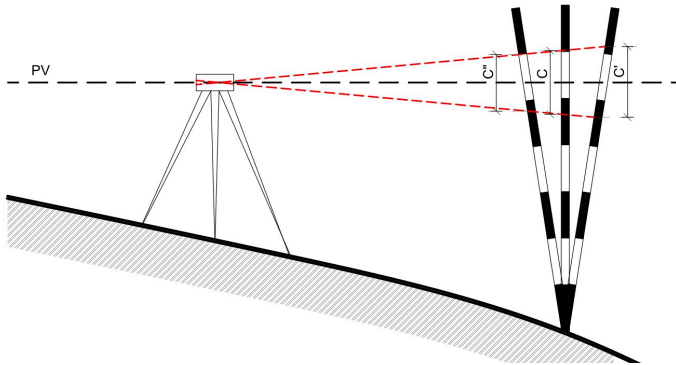
$$\text{Distancia} = \text{Corte de Mira} \times 100 = 0,106\text{m} \times 100 = \mathbf{10,60\text{m}}$$

En la medición estadimétrica de distancias, las lecturas tomadas de los hilos debe realizarse apreciando el milímetro, de ese modo al calcular el corte de mira tendremos un posible error de +/- 1mm y al calcular la distancia ($D = 100 \times C$, tenemos: $100 \times 0,001 = 0,10 \text{ m} = 10\text{cm}$) obtendremos una precisión del orden del decímetro, es decir +/- 10cm.

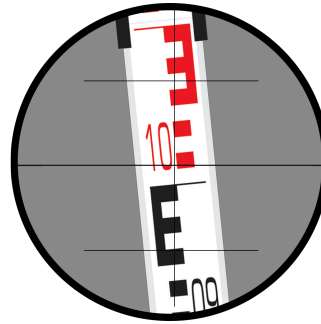
Para trabajar con distancias estadimétricas y obtener una buena precisión de las mismas, es necesario, como mencionamos anteriormente, que las lecturas sean tomadas al milímetro, esto implica que no debemos superar la distancia de 50m desde la posición del nivel hasta donde se ubica la mira.

Cada error en milímetros representa errores de 10cm en la distancia calculada. Por lo que es necesario tomar precauciones al momento de realizar las lectura en la mira:

> Verificar la verticalidad de la mira, puede suceder que esta tienda a desplomarse hacia delante o hacia atrás , o hacia los laterales. Si esta no se encuentra perfectamente vertical, las lecturas realizadas tendrán errores.



DESPLOME DE MIRA HACIA ATRÁS O ADELANTE



DESPLOME DE MIRA LATERAL

> Para definir la **posición Altimétrica** de cada punto, se tomara la lectura que corresponde al hilo axial para luego determinar su altura, del mismo modo que en los métodos de altimetría y planialtimetría explicados anteriormente.

5 / Una vez tomados todos los datos sobre el punto fijo, continuaremos con el resto de los puntos elegidos, cabe aclarar que no es necesario materializar cada uno de ellos, sino que simplemente se ira colocando la mira donde corresponda. No debemos olvidar tomar todos los datos necesarios para poder ubicar tanto la posición planimétrica, como la altimétrica de cada punto relevado;

> **ANGULO**, tomado con el **circulo graduado** presente en el Nivel de Anteojo.

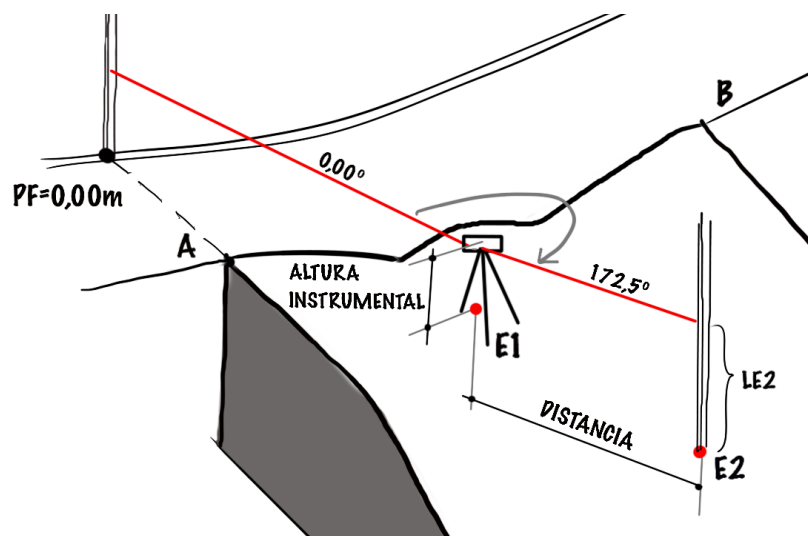
> **LECTURA DEL HILO ESTADIMÉTRICO SUPERIOR E INFERIOR** para poder calcular la Distancia.

> **LECTURA DEL HILO AXIAL HORIZONTAL** para poder determinar la altura del punto.

6 / Realizado el levantamiento de datos de los puntos tomados desde la Estación 1(E1), es indispensable no mover el Nivel de posición sin antes:

> **Tomar todos los datos** (ángulo, lectura axial y distancia estadimétrica) **sobre el punto donde se ubicará la Estación 2 (E2)**, que había sido marcado previamente con una ficha.

> Medir la **altura Instrumental** del Nivel de Anteojo en la Estación E1, es decir tomar la lectura al punto E1 desde la estación E1. Esto se realiza colocando la mira al lado del nivel o con una cinta métrica.



7 / Todos los datos hasta el momento levantados serán llevados a una planilla como la que se muestra a continuación:

$$HES - HEI = C \quad \text{---} \quad C \times 100$$

Est.	Pto.	Angulo	HES	HEI	Distancia	Lectura			altura (H)	Horiz. inst. (HI)
						atras (r)	interm.(i)	adel.(a)		
E1	PF	0.00°	$I_{HES(PF)}$	$I_{HEI(PF)}$	12,90	r_{PF}	—	(+) —	0.00	HI
	A	352,5°	$I_{HES(A)}$	$I_{HEI(A)}$	10,40		i_A	(-) —	H_A	
	1	28°	$I_{HES(1)}$	$I_{HEI(1)}$	8,80		i_1		H_1	
	2	49,2°	$I_{HES(2)}$	$I_{HEI(2)}$	9.60		i_2		H_2	
	3...	67°	$I_{HES(3)}$	$I_{HEI(3)}$	11.90		i_3		H_3	
	E2	172,5°	$I_{HES(E2)}$	$I_{HEI(E2)}$	10.00		i_{E2}		H_{E2}	
	E1	—	—	—	—			$a_{E1}^{(*)}$	H_{E1}	

DATOS PLANIMETRÍA
DATOS ALTIMETRÍA

(*) La lectura a_{E1} , corresponde a la **altura instrumental** de la estación **E1**

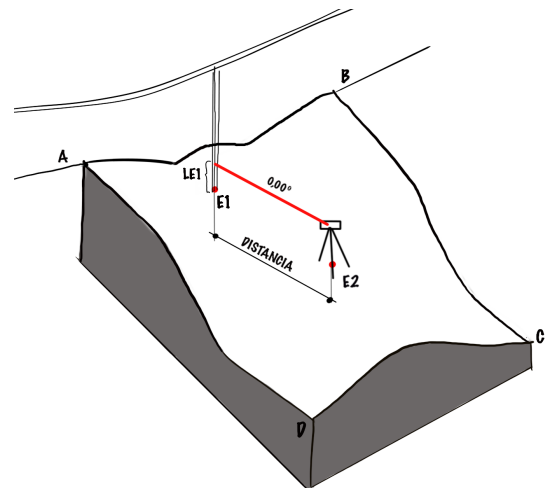
Al observar la planilla, vemos que una parte de la carga de datos será de utilidad para definir la posición **planimétrica** de los puntos, ya que tenemos la información de ángulos, distancias y otra parte corresponde a la posición **altimétrica**, que se resolverá del mismo modo que el visto en temas anteriores como perfil y cuadrícula.

Hasta aquí se han cargado en la planilla solo los datos de los puntos levantados desde la estación 1, como podemos apreciar, **desde E1 se tomaron los datos del punto E2 donde a posterior se ubicara la segunda estación y también la lectura al punto E1 desde la Estación E1.**

8 / Una vez, que se realizaron todos los pasos descriptos en el paso 6, **puedo mover el Nivel y posicionarlo en el lugar donde se encuentra la ficha correspondiente a la estación E2.**

El primer punto a tomar desde esta nueva estación será el punto E1, donde se ubicaba la primera estación, recordemos que la posición de esta se materializo anteriormente con una ficha.

Ya con el nivel estacionado en E2, colocamos la mira en E1 y tomamos la lectura del hilo axial, y las lecturas de los hilos estadimétricos. **Desde la estación 2, E1 será nuestra nueva dirección 0.0°.**



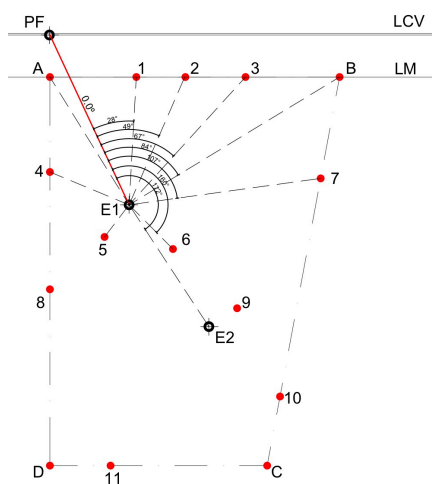
9 / Una vez tomados los datos desde E2 a E1, podemos continuar con el resto de los puntos a relevar desde la estación 2, recordando tomar de cada punto angulo, hilos estadimétricos y lectura del hilo axial.

10 / Una vez levantados todos los datos y registrados en la planilla, calculamos la altura de cada punto. Con estos resultados más el croquis de referencia del levantamiento se confeccionara el plano a escala para luego interpolar y trazar el plano con curvas de nivel.

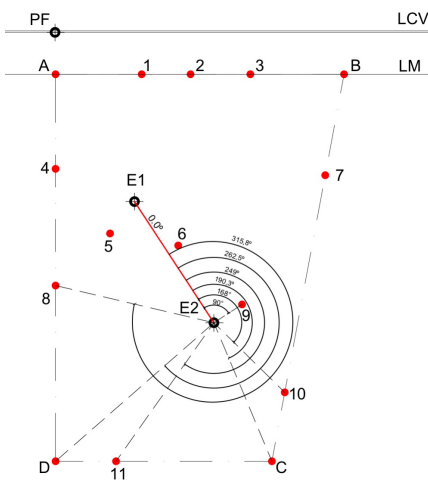
$$\text{HES} - \text{HEI} = C \rightarrow C \times 100$$

Est.	Pto.	Angulo	HES	HEI	Distancia	Lectura			altura (H)	Horiz. inst. (HI)
						atras (r)	interm.(i)	adel.(a)		
E1	PF	0.00°	$l_{\text{HES(PF)}}$	$l_{\text{HEI(PF)}}$	12,90	r_{PF}	— (+) —	→ 0.00 →	HI	
	A	352,5°	$l_{\text{HES(A)}}$	$l_{\text{HEI(A)}}$	10,40		i_A	← (-) ←	H_A	
	1	28°	$l_{\text{HES(1)}}$	$l_{\text{HEI(1)}}$	8,80		i_1		H_1	
	2	49,2°	$l_{\text{HES(2)}}$	$l_{\text{HEI(2)}}$	9.60		i_2		H_2	
	3...	67°	$l_{\text{HES(3)}}$	$l_{\text{HEI(3)}}$	11.90		i_3		H_3	
	E2	172,5°	$l_{\text{HES(E2)}}$	$l_{\text{HEI(E2)}}$	10.00		i_{E2}		H_{E2}	
	E1	—	—	—	—			a_{E1}	H_{E1}	
E2	E1	0.00°	$l_{\text{HES(E1)}}$	$l_{\text{HEI(E1)}}$	10.00	r_{E1}	— (+) —	→ H_{E1} →	HI'	
	8	315,8°	$l_{\text{HES(8)}}$	$l_{\text{HEI(8)}}$	11.30		i_8	← (-) ←	H_8	
	9...	90°	$l_{\text{HES(9)}}$	$l_{\text{HEI(9)}}$	2.30		i_9		H_9	

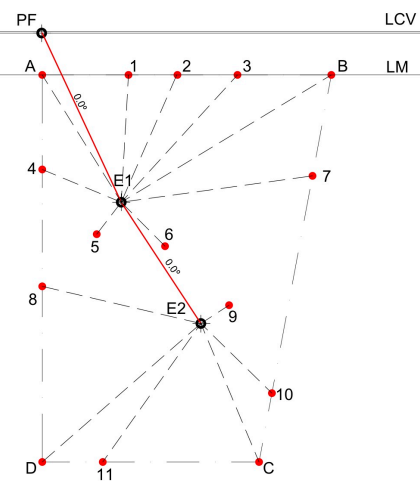
Se muestran a continuación esquemas en planta de cómo fue el procedimiento del levantamiento planialtimétrico. En el **Esquema 1** se encuentran los **puntos tomados desde la estación E1** y en el **Esquema 2** se muestra el **procedimiento realizado desde la estación E2** y en el **Esquema 3** se muestra una **síntesis de ambos**



Esquema 1



Esquema 2



Esquema 3

Para comenzar a graficar el plano de curvas del levantamiento, nos valdremos de los datos de ángulos y distancias que figuran en la planilla, una vez posicionado cada punto con sus coordenadas polares y con su altura correspondiente, podremos comenzar con la interpolación para el trazado de las curvas de nivel.

CONFECCIÓN PLANO DE CURVAS

• PLANIMETRÍA

> Se comienza a trazar partiendo desde E1, primero la dirección del ángulo 0.00° y la distancia que le corresponde al punto fijo. A partir de este eje se trazaran los ángulos de cada uno de los puntos tomados desde esta estación con la distancia que le corresponda.

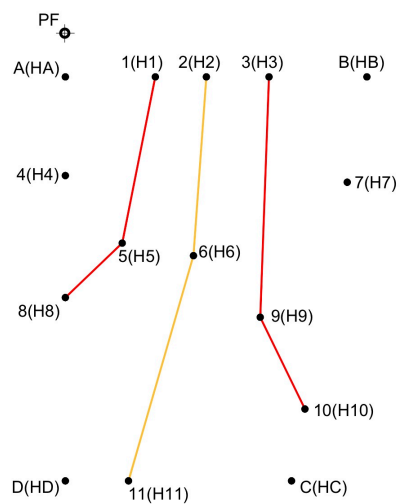
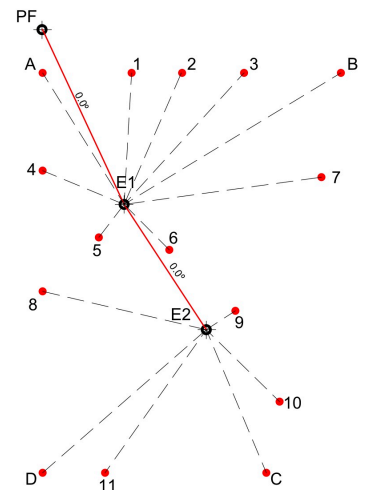
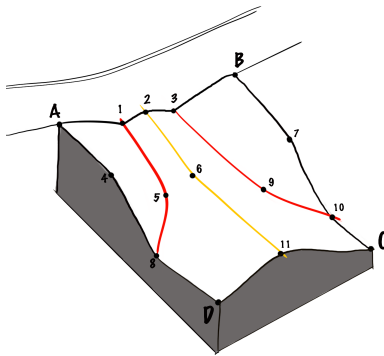
Una vez marcados todos los puntos de la estación 1, incluido el punto E2, comenzaremos nuevamente a marcar los puntos tomados desde la estación 2 sabiendo que la dirección 0.0° ahora es la definida desde E2 a E1.

Como resultado, nos quedara un plano como el que se muestra en la imagen.

> Luego se marcan sobre la planimetría las líneas vaguadas, dorsales o de quiebre detectadas al momento de comenzar el levantamiento. Para esto recurrimos al croquis confeccionado y/o fotografías tomadas que nos serán de mucha utilidad.

Aclaración importante:

Para este caso en particular las estaciones no corresponden a puntos cuya altura se utilice para efectuar la interpolación para la confección del plano de curvas de nivel; pero suele ocurrir en numerosos levantamientos que las estaciones se ubiquen en puntos de interés a levantar. En ese caso si deberá considerarse la altura de estas al momento de interpolar y trazar las curvas de nivel.



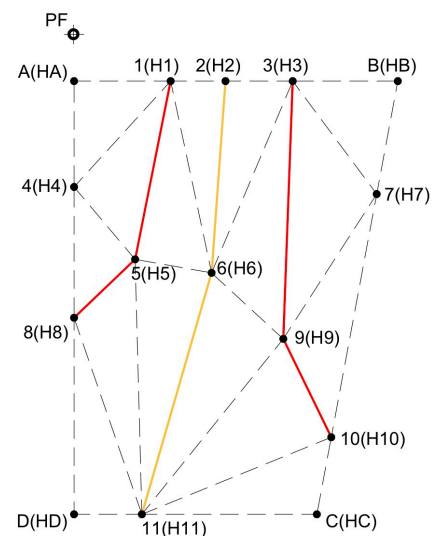
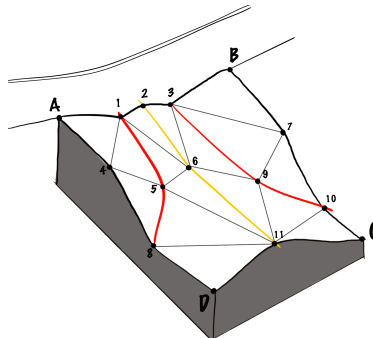
Como podemos observar en el plano lateral, nos está quedando una nube de puntos con las líneas estructurales.

• TRIANGULACIÓN

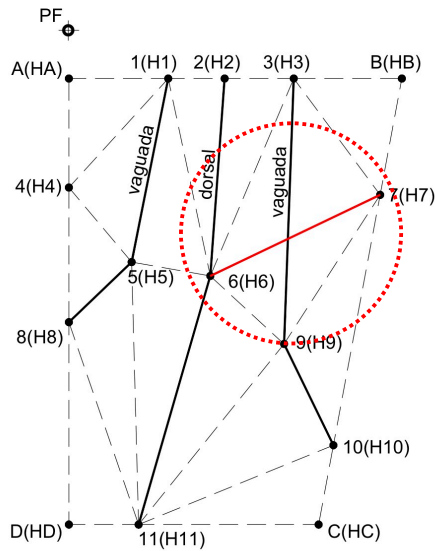
Ya dibujada la planimetría con las líneas estructurales, y con el dato de las alturas de los puntos. Comenzaremos a definir cuáles serán las posibles líneas de interpolación. En esto se debe prestar especial atención a la configuración del terreno que se observó al comienzo del trabajo, ya que esto ayudara a representar lo más fiel posible su morfología.

Aclaración importante:

> Cada uno de los lados que forman los triángulos, corresponden a líneas posibles a interpolar, incluidas aquellas que representen líneas estructurales.



> Se interpola siempre que, entre las alturas de los puntos extremos que definen la línea, pasen puntos de altura conocida que corresponda a una curva de nivel.



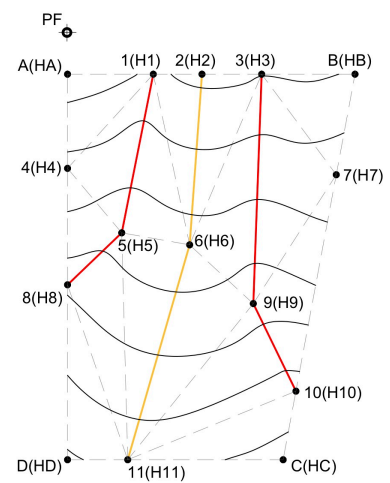
> No se puede cruzar línea de interpolación por sobre una línea estructural.

Esto NO se debe hacer, ya que al cruzar interpolación de este modo estaremos despreciando la línea de vaguada que pasa por allí.

• INTERPOLACIÓN:

Definidas las triangulaciones comenzamos con la interpolación de los puntos de altura conocida por las que pasan las curvas de nivel. La interpolación se puede realizar por los métodos de : *Estimación, Método analítico, o método del escalímetro.*

Realizadas todas las interpolaciones posibles y uniendo los puntos de igual altura, obtenemos el plano con curvas de nivel.



05.04 MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN //////////////////////////////////////

Veremos a continuación los métodos de interpolación que pueden utilizarse para el trazado de curvas de nivel de forma manual:

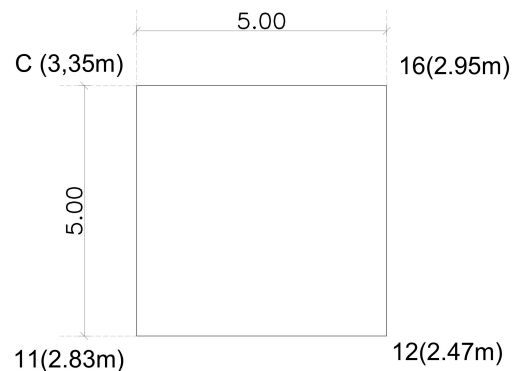
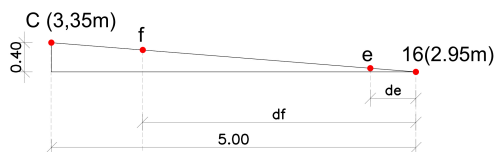
> **Método del Escalímetro:** Es un método gráfico de interpolación. Se Explica en el video cuyo link se adjunta <https://youtu.be/PNyuBw0wRuA>

> **Método por Estimación:** A partir de observar las alturas entre dos puntos extremos, se estima de forma proporcionada la posición por la que pasan los puntos, cuya altura coincida con los valores de la equidistancia adoptada. Es un método expeditivo que realizado con criterio alcanza muy buena aproximación.

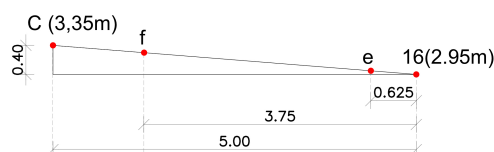
> **Método Analítico o de cálculo:** Este consiste en resolver un sencillo problema de proporciones. Para su explicación vamos a tomar uno de los cuadrados que conforman la cuadrícula anterior, con datos de las alturas ya calculadas. Se adoptará para la confección del plano de curvas de nivel una equidistancia de 0.25m.

Ejemplo Numérico de Interpolación entre el punto C y 16

Primero calculamos el desnivel entre ambos puntos



Interpolaremos entre el punto C y 16, para determinar la posición de los puntos a intercalar para las cotas de altura 3,00m y 3,25, que son las que con una equidistancia de 0,25, están comprendidas entre los valores de los puntos extremos.



Desnivel entre punto **e** y **16** : $h = 3,00m - 2,95m = 0,05m$

Entonces: $\frac{de}{5} = \frac{0,05}{0,40}$ despejando $de = \frac{5,00m \times 0,05m}{0,40m} = 0,625m$

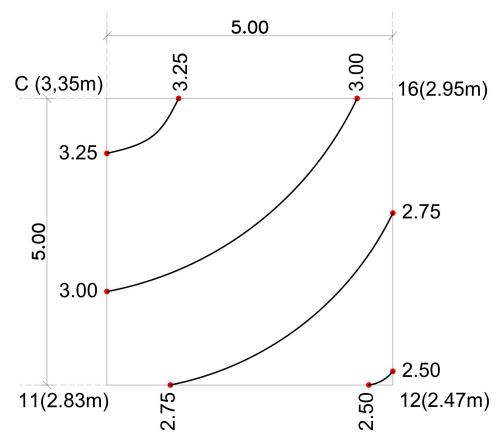
Desnivel entre punto **f** y **16** : $h = 3,25m - 2,95m = 0,30m$

Entonces: $\frac{df}{5} = \frac{0,30}{0,40}$ despejando $df = \frac{5,00m \times 0,30m}{0,40m} = 3,75m$

El mismo procedimiento se realiza entre los pares de puntos de toda la cuadrícula siempre que existan puntos a intercalar, con alturas que correspondan a la equidistancia adoptada entre los valores extremos considerados.

Con cualquiera de los métodos de interpolación antes mencionados pueden trazarse de forma manual, las curvas de nivel para la confección de un plano topográfico a partir de un levantamiento planialtimétrico.

Existe en la actualidad una numerosa cantidad de programas de computación que facilitan esta tarea de trazado de curvas de nivel y de creación de modelos digitales del terreno a partir de los datos obtenidos de un levantamiento planialtimétrico. Se menciona aquí uno de ellos que se puede obtener de forma gratuita, y que resulta muy utilizado en la realización de los trabajos prácticos de la materia.



Programa **“TopoCal”**: Se trata de un programa gratuito dedicado al cálculo topográfico, especialmente orientado a los modelos digitales del terreno. Corre bajo Windows. Sus resultados son inmediatamente exportables a formato DWG. Puede descargarse de Internet previa registración del usuario. Permite obtener planos con curvas de nivel, perfiles longitudinales y transversales, cálculo de volúmenes, etc.

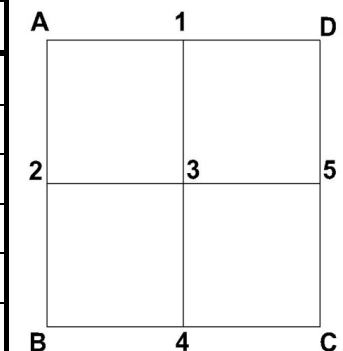
Ejercicio Numérico de aplicación del Método de la Cuadrícula

Se ha realizado un levantamiento planialtimétrico por el método de la cuadrícula, cuyos croquis y planilla de datos figuran a continuación. Si el lado de las cuadrículas en ambos sentidos es de 12 metros, dibujar el plano con curvas de nivel en **escala 1:200** con **equidistancia de 0,25 m**

EST	PTO	r	i	a	ALTURA	HI	OBS.
N1	A	2,20			10,00	12,20	
	1		1,75		10,45		
	2		0,96		11,24		
	3		0,32		11,88		
	B		1,75		10,45		
	4			1,88	10,32		
N2	4	1,36			10,32	11,68	
	C		2,42		9,26		
	5		0,97		10,71		
	D			1,79	9,89		

El

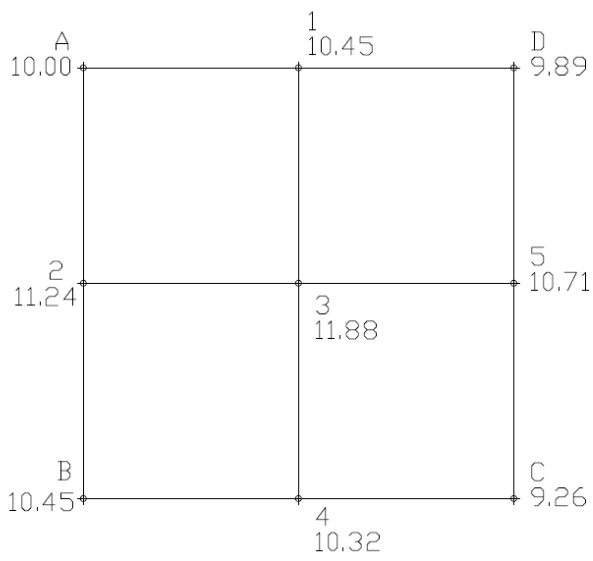
datos
realizó



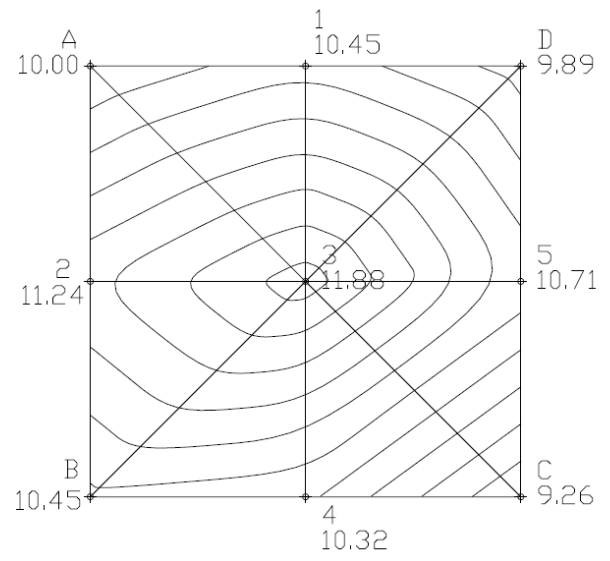
Croquis de Campo

procesamiento de los
del levantamiento se
con el programa
Topocal, mencionado
anteriormente.

PLANO DE PUNTOS ACOTADOS



PLANO CON CURVAS DE NIVEL



05 . 05 OPERACIONES EN PLANOS TOPOGRÁFICOS //////////

Un plano con curvas de nivel, también llamado plano topográfico, tiene muchas aplicaciones para nuestra profesión, si bien el objetivo principal es que a través de este podamos interpretar la morfología del terreno, lo que nos será de mucha utilidad en la etapa de proyecto de una obra. También, resultan de mucha ayuda algunas operaciones que pueden resolverse sobre un plano con curvas de nivel.

Algunas de esas operaciones son:

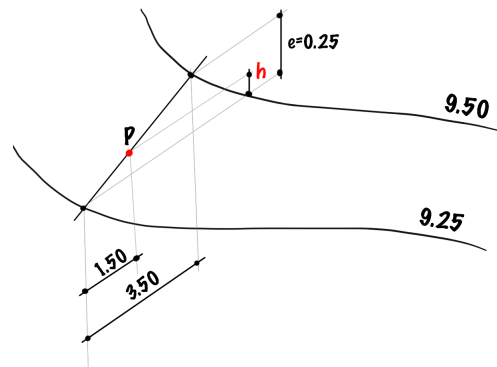
- 1 / Determinación de la altura de cualquier punto del plano
- 2 / Determinación de perfiles de terreno
- 3 / Determinación de pendientes entre puntos del terreno
- 4 / Trazado de una línea con pendiente dada / Rasante
- 5 / Cálculo de Volúmenes de Movimiento de tierra

1 / DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE CUALQUIER PUNTO DEL PLANO //////////////////////////////////////

Puede ocurrir que necesitemos obtener la altura de un punto, que no coincida con la de una curva de nivel, para el caso del ejemplo corresponde al punto **P**, ubicado entre la curva de nivel de altura 9,25m y 9,50m.

Teniendo el plano de curvas de nivel a escala, es posible medir directamente sobre él, las distancias entre curva y curva (**3,50m**) y la distancia desde una de las curvas al punto **P** (**1,50m**) estas distancias corresponden a distancias horizontales.

El valor de la **equidistancia** también es un dato que obtenemos del plano; para este caso corresponde a **0,25m**.



Teniendo todos estos datos, es posible calcular la altura del punto **P**, estableciendo la siguiente relación:

$$\frac{e}{D} = \frac{h}{d}, \text{ remplazando los datos:}$$

$$\frac{0,25m}{3,50m} = \frac{h}{1,50m} \text{ Luego despejamos h y obtenemos:}$$

$$h = \frac{1,50m \times 0,25m}{3,50m} = 0,107m \cong 0,11$$

Para finalmente obtener la altura del punto **P** debemos sumar el valor obtenido de desnivel (**h**) a la altura de la curva de nivel de 9,25m :

$$HP = 9,25m + 0,11m = 9,36m$$

2 / DETERMINACIÓN DE PERFILES DE TERRENO //////////////////////////////////////

Este procedimiento es muy corriente en nuestra práctica profesional, al trabajar sobre planos topográficos, y sobre todo en terrenos que presentan pendientes, una de las piezas graficas que más ayuda a la interpretación, además de ser de mucha utilidad a la hora de tomar decisiones en la implantación de un proyecto arquitectónico, es el **corte**, que en topografía llamamos perfiles de terreno.

Estos se realizan generalmente en la escala del plano que se esté trabajando. Los cortes verticales del terreno que se realicen, pueden ser tanto transversales como longitudinales, según la necesidad que requiera el proyecto.

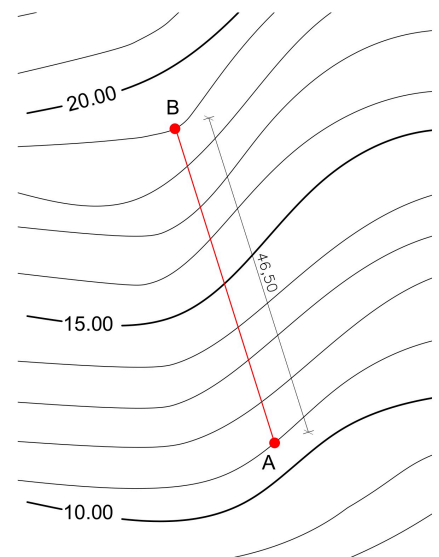
3 / DETERMINACIÓN DE PENDIENTES ENTRE PUNTOS DEL TERRENO //////////////////////////////////////

Para obtener la pendiente entre dos puntos del terreno, será suficiente con tener los datos del **desnivel** entre los puntos y la **distancia horizontal que los separa**.

Ambos datos se obtienen del mismo plano de curvas, en el caso del **desnivel**;

- Si los puntos se encuentran ubicados sobre curvas de nivel cuya altura se conoce, deberemos realizar la diferencia entre las alturas de los puntos y de este modo obtener el desnivel entre ellos.
- Si los puntos no se sitúan en coincidencia con una curva de nivel, deberá calcularse la altura que le corresponda, tal como se explicó en el punto 1 para la Determinación de la altura de cualquier punto del plano, para luego, calcular el desnivel por diferencia de alturas.

Y para definir la **distancia horizontal** entre los puntos, bastara con medir directamente sobre el plano de curvas de nivel en la escala que corresponda.



Para el caso del ejemplo la distancia horizontal medida en el plano, entre los puntos cuya pendiente se quiere conocer es de **46,50m**. Y Las alturas de los puntos, se obtiene a partir de reconocer las alturas de las curvas de nivel sobre las que se apoyan:

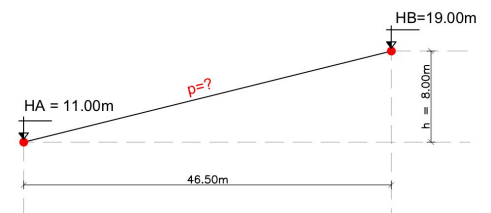
Punto A, **HA: 11.00m**

Punto B, **HB: 19.00m**

Para obtener el desnivel, $h = 19,00m - 11,00m = 8,00m$

Para determinar la pendiente entre ambos puntos será: $p = \frac{8,00}{46,50} = 0,17m$

Pendiente en porcentaje: $0,17m \times 100 = 17\%$



4 / TRAZADO DE UNA LÍNEA CON PENDIENTE DADA / RASANTE //////////////////////////////////////

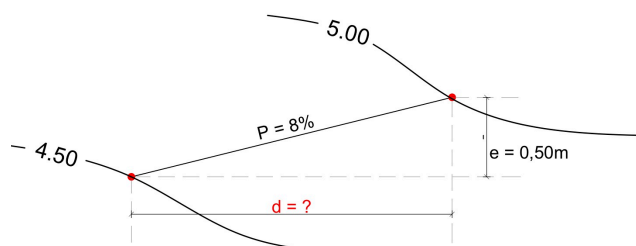
El trazado de una línea de pendiente dada, realizado sobre un plano de curvas de nivel es una aplicación que se realiza con frecuencia. Cuando hablamos de esto nos referimos a líneas que pueden generar el trazado de caminos, ya sean vehiculares o peatonales, donde se trabaja con pendientes máximas según código que deben ser respetadas a la hora de proyectar.

Los casos más comunes que pueden presentarse para el trazado son:

CASO 1 / Punto de arranque de la línea fijo, punto de llegada flexible

CASO 2 / Punto de arranque y llegada de la línea fijos

Para ambos casos lo primero que se deberá definir es la **distancia horizontal**, que corresponde a una **pendiente máxima y equidistancias que tenemos como dato**. La pendiente será un dato según requerimiento y/o normativa correspondiente, para el ejemplo se tomó 8% y la equidistancia será un dato que obtenemos del plano Topográfico, 0,50m para este ejemplo.



¿Por qué deberemos averiguar la distancia horizontal que corresponde a esa pendiente y esa equidistancia?

Recordemos que todas las distancias que se dibujan en un plano topográfico corresponden a distancias horizontales, por lo tanto, el definir esta distancia para una pendiente y equidistancia dadas, hará que podamos trazar este camino en el plano con la distancia horizontal que, llevada a la realidad respete la pendiente máxima adoptada.

Calculo de la distancia horizontal:

Pendiente 8% = tg 0,08

$tg \propto \frac{e}{d}$ de esta ecuación despejamos **d**;

$$d = \frac{e}{tg} \text{ reemplazando los datos: } d = \frac{0,50m}{0,08} = 6,25m$$

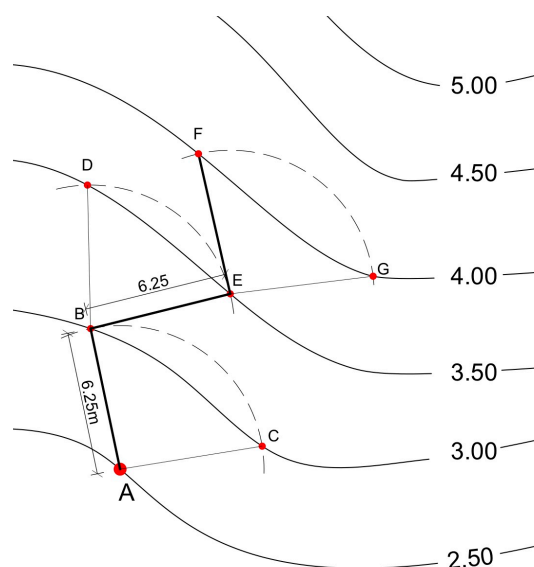
Esto quiere decir que la línea horizontal a trazar en el plano entre dos curvas de nivel, que respete la pendiente máxima requerida, será de 6,25m en la escala que corresponda al plano.

Veremos ahora como se realiza su trazado para los dos casos mencionados anteriormente:

CASO 1 / PUNTO DE ARRANQUE DE LA LÍNEA FIJO, PUNTO DE LLEGADA FLEXIBLE

Se toma con un compás en la escala del plano la distancia horizontal calculada **d=6,25m**, haciendo centro en **A**, trazamos un arco de radio igual a **d** que cortará a la curva inmediata en dos puntos B y C, las rectas AB y AC, respetan la pendiente del 8%.

Podemos optar a partir de qué punto continuar B o C, (Para el ejemplo tomaremos B) y aplicar el mismo procedimiento anterior; hacer centro con el compás en el punto B, cortar con el arco de radio 6,25m la curva inmediata, elegir un nuevo punto para continuar el trazado y así sucesivamente hasta llegar al punto deseado.

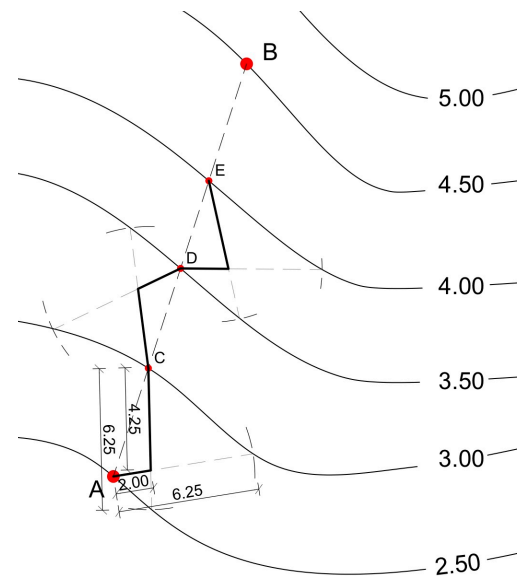


CASO 2 / PUNTO DE ARRANQUE Y LLEGADA DE LA LÍNEA FIJOS

En este caso la línea de rasante debe unir dos puntos fijos del terreno A y B, para este caso se unirán los puntos en línea recta. Esta línea auxiliar cortará a las curvas de nivel en los puntos C, D y E.

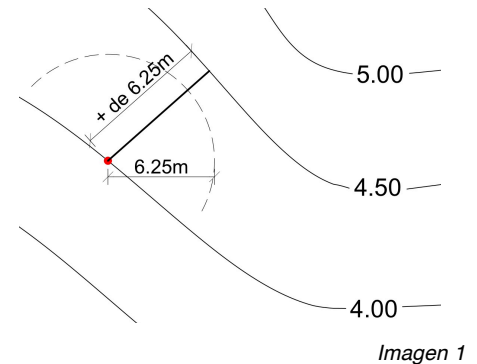
Desde el punto A trazamos un segmento de $d = 6,25\text{m}$ que cortara la curva inmediata (*puede para este caso también usarse el compás con centro en A*). El mismo procedimiento haremos también desde el punto C, cortando la curva que contiene al punto A, de este modo obtendremos dos rectas que se intersectan en un punto. El camino se ira trazando uniendo A con el punto de intersección y desde esta con C. La suma de los dos segmentos será igual a $d = 6,25\text{m}$

Para continuar trazando el camino se procede del mismo modo, explicado anteriormente solo que ahora nos posicionaremos en C, trazamos la recta que corte la curva inmediata con el valor que corresponde a d. Luego nos posicionamos en D, trazamos una línea que corte con la curva que contiene al punto C, unimos C con el punto de intersección y este con D, y así sucesivamente...

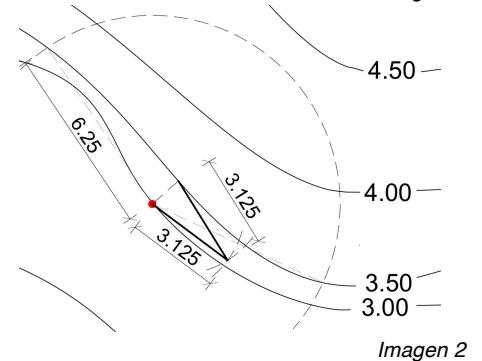


SITUACIONES QUE PUEDEN PRESENTARSE EN AMBOS CASOS

- Puede ocurrir que al trazar con el compás la distancia d , no llegue a cortar la curva siguiente (*Imagen 1*), esto indica que la distancia entre curva y curva es mayor a la necesaria para lograr la pendiente máxima deseada, por lo tanto podremos trazar la línea de rasante sabiendo que la pendiente será menor y estará correcto.



- Puede ocurrir que al trazar con el compás la distancia d , esta sobrepasa por exceso a la curva siguiente (*Imagen 2*), en ese caso lo que deberemos hacer es trabajar con dos segmentos que correspondan a la mitad de la distancia d , en este caso cada uno será de 3,125m, el camino entre estas curvas de nivel se trazara dividido en 2 tramos, que sumados cubren la distancia de 6,25m.



5 / CÁLCULO DE VOLÚMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRA //////////////////////////////////////

El cálculo de Volúmenes de movimiento de tierra, como una de las operaciones a realizar sobre planos topográficos, forma parte del último tema que se dicta en la materia y dada su extensión se desarrollara en el Capítulo 06 de este apunte.

06.

VOLUMENES DE MOVIMIENTO DE SUELO

06.01 INTRODUCCIÓN – CONCEPTOS

Se entiende por Movimiento de Tierras al conjunto de operaciones a realizarse en un terreno con la finalidad de alcanzar la cota fijada para un proyecto, estas operaciones se realizan con mucha frecuencia en la obra. Es por esto que resulta de suma importancia prever en la etapa de proyecto, el cálculo de los volúmenes de tierra a mover, ya que será indispensable al realizar el computo métrico y presupuesto. La no previsión de este ítem puede elevar los costos en el inicio de la obra de modo considerable.

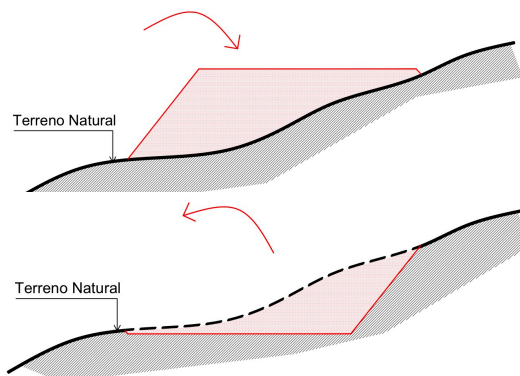
El aplicar los métodos vistos anteriormente para levantamientos planialtimétricos y/o el levantamiento de perfiles, permitirá el **conocimiento de la morfología del terreno sobre el que se trabaja, lo que resulta indispensable para realizar a posterior la cubicación**, de otro modo resulta imposible calcular los volúmenes de tierra a mover.

Ya en la etapa de ejecución de la obra es donde tienen lugar los movimientos de tierra, que si bien pueden en algunos casos realizarse de forma manual, en la mayoría de los casos se trabaja utilizando maquinaria adecuada para esta tarea, como es el caso de palas mecánicas, retro-excavadoras, motoniveladoras, etc.

• Según el tipo de Movimiento de tierra a realizar se consideran:

1 / RELLENO, TERRAPLEN o TERRAPLENAMIENTO:

Esta operación consiste en agregar tierra sobre la ya existente con el objeto de alcanzar la cota de explanación establecida según proyecto.

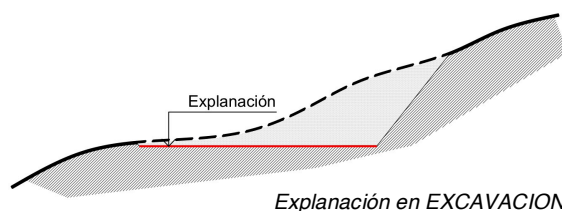
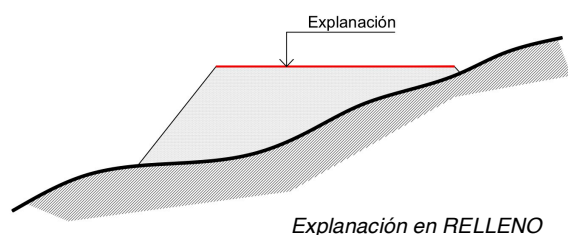


2 / CORTE, DESMONTE o EXCAVACIÓN:

Esta operación consiste en extraer tierra del terreno existente con el objeto de alcanzar la cota de explanación establecida según proyecto.

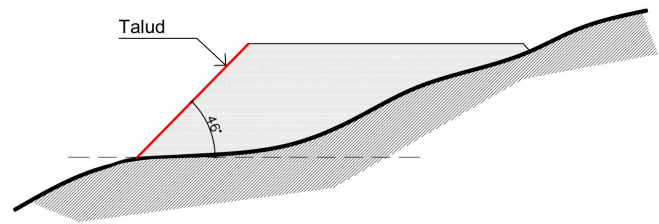
• Conceptos y Terminología considerada en la Cubicación de tierras:

EXPLANACIÓN: Recibe este nombre la parte superior o plataforma de un relleno o terraplén y también la parte inferior o fondo de un corte o excavación. A los efectos del cálculo de los volúmenes, *la explanación siempre se considera horizontal*.



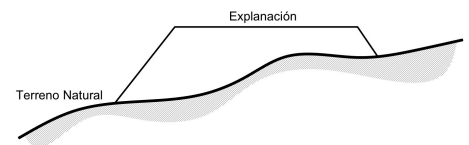
SUPERFICIE NATURAL: Se denomina así a la superficie que presenta el terreno antes de comenzar los trabajos de movimiento de tierras.

TALUD: Se denomina de este modo a los *lados inclinados de un terraplén o de un desmonte*, el talud considerado en un proyecto debe ser menor que el talud natural o de deslizamiento, (también llamado ángulo de reposo) cuyo valor es variable según el tipo de terreno del que se trate. La inclinación de un talud se mide por el ángulo que forma con la horizontal o bien por la pendiente dada por la tangente trigonométrica de ese ángulo.

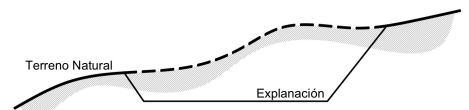


• Según el tipo de sección que genera el tipo de movimiento de tierra se consideran:

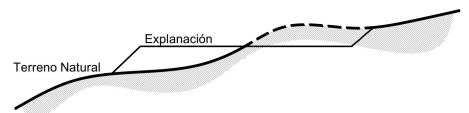
SECCIÓN EN TERRAPLEN: Se considera este caso cuando todo el terreno natural se encuentra por debajo de la explanación proyectada.



SECCIÓN EN DESMONTE: Se considera este caso cuando todo el terreno natural se encuentra por encima de la explanación proyectada.



SECCIÓN EN MEDIA LADERA: Se considera este caso cuando parte del terreno natural se encuentra por debajo y parte por encima de la explanación proyectada.



De las tres secciones que pueden darse en un trabajo de movimiento de tierra, la sección a media ladera resulta la más equilibrada, ya que la tierra que se extrae se puede utilizar para rellenar. Minimizando de este modo el impacto de los costos y tiempos de traslados de material, que si deberá considerarse en caso de trabajar en los casos de sección en desmonte o terraplén.

06 . 02 DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE PARA EL CÁLCULO DE VOLUMENES //////////////////////////////////////

El volumen de un cuerpo, un elemento, o en este caso de porciones de tierra, esta dado por su anchura, altura y longitud expresados matemáticamente. Sus unidades de medida pueden ser el decímetro cúbico, el metro cúbico o el centímetro cúbico. Para el caso de movimiento de tierra se trabajara en la unidad de metro cubico (m3).

Al hablar de ancho y longitud, estamos considerando la superficie de un objeto u elemento, por lo que podríamos decir que el caculo de volumen resultará igual a la superficie por la altura:

$$Volumen = Superficie \times Altura$$

Previamente a comenzar el estudio de los métodos para el cálculo de Volumen de movimiento de tierra, veremos de qué forma podremos obtener la superficie a considerar.

Los que desarrollaremos en este curso son los métodos gráficos, y/o métodos grafico analíticos.

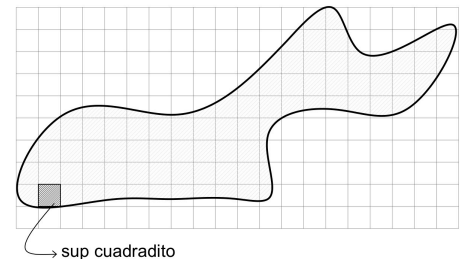
Los métodos que veremos a continuación para determinar superficie, son métodos expeditivos y se los utiliza cuando no es requerida una gran precisión en la determinación del cálculo de volumen.

Se consideran de este modo porque, si bien se aplican fórmulas de cálculo, los datos se obtienen gráficamente midiendo en muchos casos directamente sobre el plano, o tomando dichos datos desde un software como es el caso de Auto-CAD.

• MÉTODO GRÁFICO / CUADRICULADO:

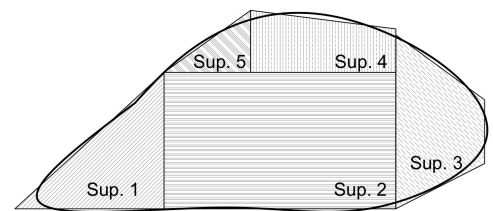
Consiste en cubrir la superficie a medir con una cuadrícula, luego se cuenta el número de cuadrados dentro del área a considerar. Conociendo la superficie de cada cuadrado, se multiplica esta por la cantidad que se encuentren dentro de la superficie a medir.

$$\text{Superficie Total} = \text{Sup. Cuadrado} \times \text{N}^{\circ} \text{ de Cuadrados}$$



• MÉTODO GRÁFICO – ANALÍTICO /DESCOMPOSICIÓN POR FIGURAS GEOMÉTRICAS SIMPLES:

Consiste en cubrir la superficie a medir con figuras geométricas simples (Cuadrados, rectángulos, triángulos, trapecios) con la finalidad de calcular la superficie de cada una mediante su fórmula matemática, para luego sumaras y obtener la superficie total a considerar.



$$\text{Superficie Total} = \text{Sup. 1} + \text{Sup. 2} + \text{Sup. 3} + \text{Sup. 4} + \text{Sup. 5}$$

En ambos casos, es necesario ser criteriosos y tratar de equilibrar las superficies tanto en la suma de cuadrados como en el dibujo de las figuras geométricas, de esto dependerá el calcular el volumen del modo más preciso que estos métodos permiten.

Cabe aclarar que en la actualidad si se cuenta con el plano de curvas en formato digital, los programas utilizados para dibujo, como por ejemplo Auto-CAD calculan superficies mediante la función “áreas”, lo que simplifica este paso.

06 . 03 CÁLCULO DE VOLUMENES DE MOVIMIENTO DE SUELO //////////////////////////////////////

Hay varios métodos que son aplicables al cálculo de volúmenes de movimiento de tierra, en este curso veremos los que se dan a continuación:

1 / MÉTODO POR ALTURA PONDERADA o ALTURA PROMEDIO

- APLICADO A PLANOS DE PUNTOS ACOTADOS

2 / MÉTODO DE MEDIA DE LAS ÁREAS:

- APLICADO A PLANOS DE CURVAS DE NIVEL
- APLICADO A PERFILES DE TERRENO

06.03 / 01 MÉTODO POR ALTURA PONDERADA O PROMEDIO DE ALTURAS

Este método se aplica cuando contamos con un plano de puntos acotados (Imagen 01) como en el caso de un levantamiento planialtimétrico por el método del cuadrículado.

Si tomamos el plano de puntos acotados y proyectamos la altura que le corresponde a cada punto, obtendremos una superficie del terreno como la que muestra la imagen 02.

Definida la cota de explanación según proyecto, la porción de terreno que se encuentra por encima de ésta se deberá *excavar* y en las partes de terreno que no lleguen a esta altura se deberá *rellenar*.

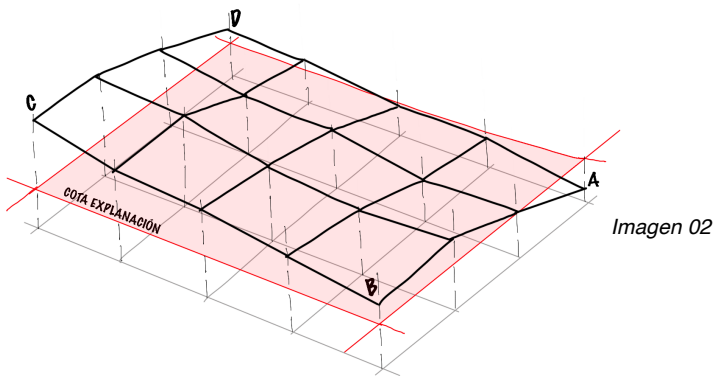


Imagen 02

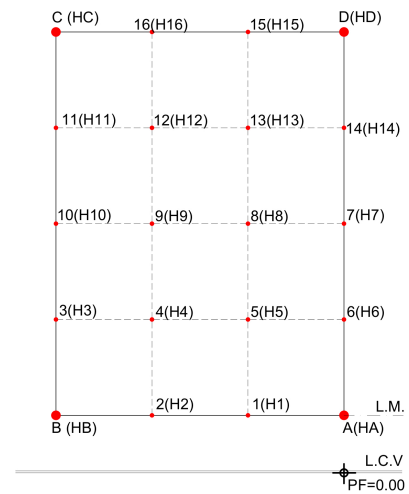
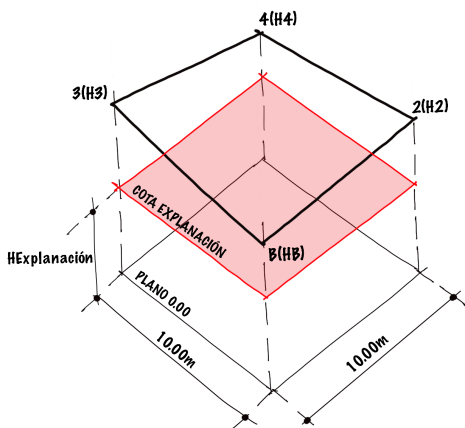


Imagen 01



Tomamos uno de los cuadrados de la cuadrícula para ejemplificar el cálculo:

$$\text{Volumen} = \left[\left(\frac{HB + H2 + H3 + H4}{4} \right) - H \text{ Explanacion} \right] \times \text{Sup} =$$

↓
↓
↓

Promedio de las alturas de los vértices
Altura de la explanación según proyecto
Superficie cuadrado (10m x 10m)

Ejemplo Numérico: En el terreno que se da a continuación se debe realizar una explanación a los 5m.

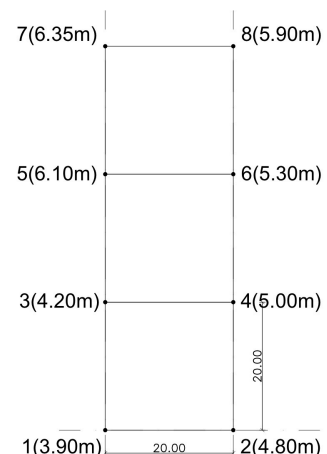
1 / Lo primero que se deberá realizar en este caso es la interpolación para encontrar los puntos de altura 5m que corresponden a la línea de paso de la explanación.

Para esto nos valemos del método de interpolación por calculo visto anteriormente. El punto de altura 5m estará entre los puntos 3 y 5 de la cuadrícula.

$$H3 = 4.20\text{m} / H5 = 6.10\text{m}$$

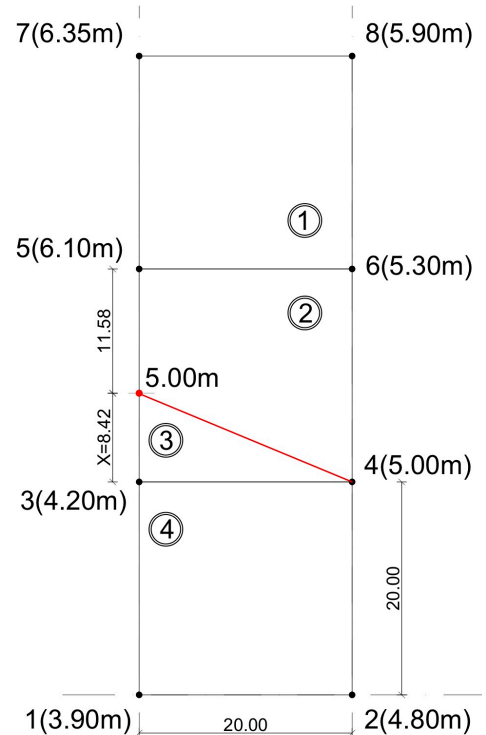
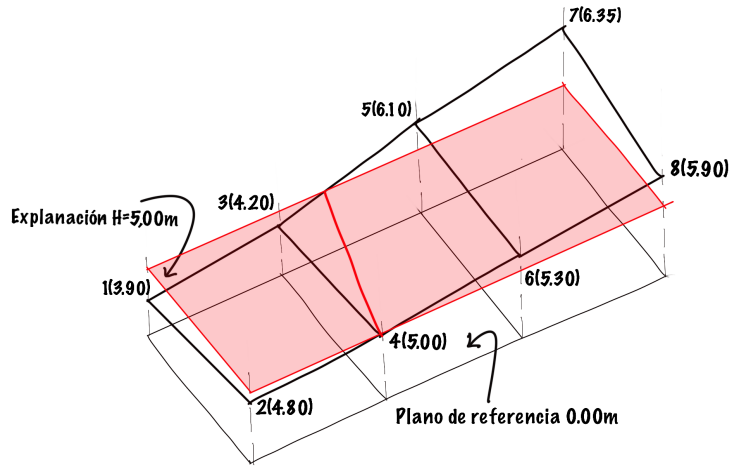
$$\text{Desnivel } (h_{3-5}) = 6,10 - 4,20 = 1,90\text{m}$$

$$\text{Desnivel entre el punto 3 el punto de altura 5.00m} = 5,00\text{m} - 4,20\text{m} = 0,80\text{m}$$



Entonces: $\frac{x}{0,80m} = \frac{20m}{1,90m}$ despejando $x = \frac{0,80m \times 20m}{1,90m} = 8,42m$

2 / Realizada la interpolación comenzamos a calcular los volúmenes de tierra tanto para excavación como para relleno.

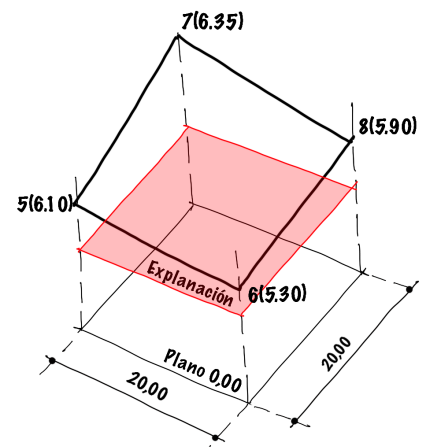
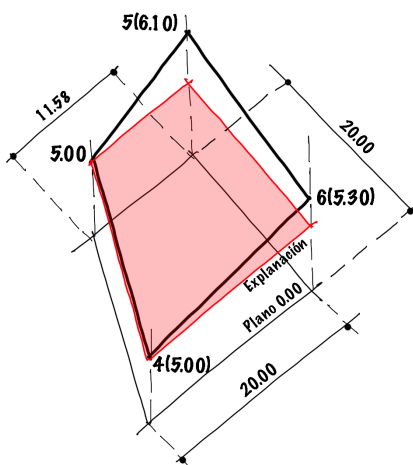


• Cálculo de Volumen de tierra a Excavar:

Figura 1:

$$Vol\ 1 = \left[\left(\frac{6.10 + 5.30 + 6.35 + 5.90}{4} \right) - 5.00 \right] \times 400m^2 = 365m^3$$

Figura 2:



$$Vol\ 2 = \left[\left(\frac{5.00 + 5.00 + 6.10 + 5.30}{4} \right) - 5.00 \right] \times \frac{(20 + 11.58)}{2} \times 20$$

$$= 110,53m^3$$

Superficie Trapecio

$$\text{VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACION} = Vol.\ 1 + Vol.\ 2 = 365m^3 + 110,53m^3 = 475,53m^3$$

• Cálculo de Volumen de tierra a Rellenar:

Figura 3 :

$$Vol\ 3 = \left[5.00 - \left(\frac{5.00 + 5.00 + 4.20}{3} \right) \right] \times \frac{8.42 \times 20}{2} = 22,45m^3$$

Superficie Triangulo

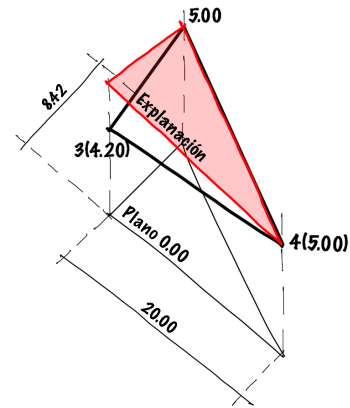
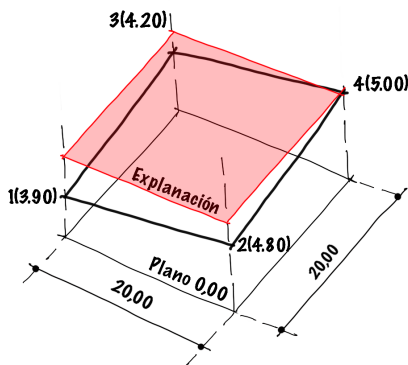


Figura 4 :



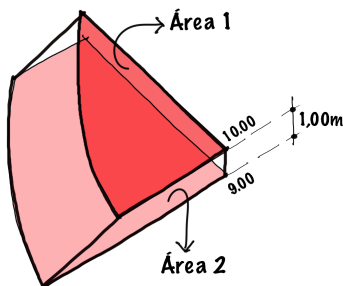
$$Vol\ 4 = \left[5.00 - \left(\frac{5.00 + 4.80 + 3.90 + 4.20}{4} \right) \right] \times 400m^2 = 210m^3$$

$$\text{VOLUMEN TOTAL DE RELLENO} = Vol. 3 + Vol. 4 = 22,45m^3 + 210m^3 = 232,45m^3$$

06.03 / 02 MÉTODO DE MEDIA DE ÁREAS - APLICADO A CURVAS DE NIVEL

Este método se aplica cuando contamos con un plano de curvas de nivel.

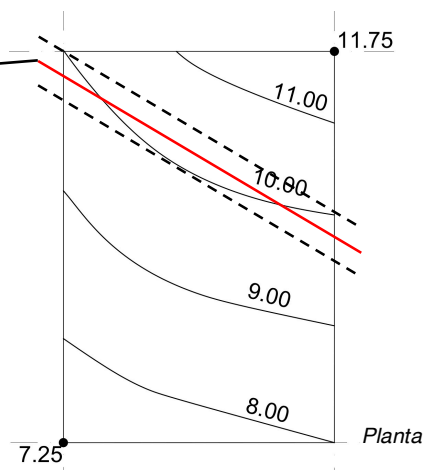
Para el cálculo de volúmenes de tierra por el método de media de áreas, deberemos sumar las superficie de dos curvas de nivel consecutivas, calcular el área media entre estas, y multiplicar por la distancia que las separa, es decir que el volumen será obtenido a partir de:



$$Volumen = \left(\frac{Area\ 1 + Area\ 2}{2} \right) \times Separacion\ entre\ curvas =$$

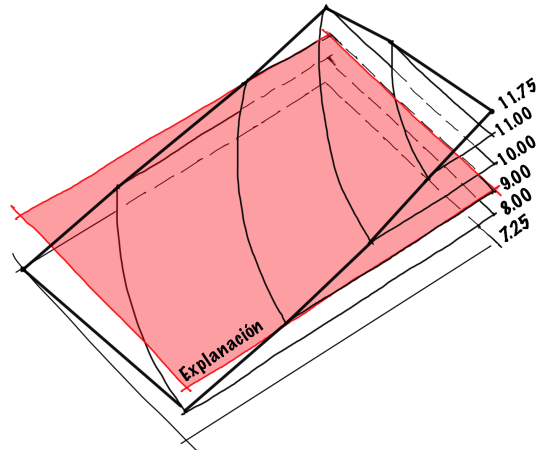
Las áreas de las curvas podrán obtenerse por los métodos de determinación de áreas visto anteriormente, es decir, cuadriculando la superficie y/o descomponiendo en figuras geométricas simples. Para el caso de este ejemplo, dada su configuración se adopta el método de descomposición de figuras geométricas simples, cuidando en la determinación de áreas por este método de equilibrar la superficie que se toma para el cálculo. En el grafico en planta la forma correcta de adoptar se marcó con rojo.

Forma correcta



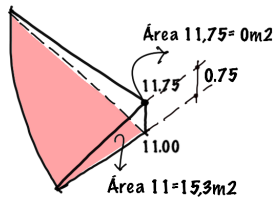
Ejemplo Numérico: En el terreno que se da a continuación se debe realizar una explanación a los 9m.

Definida la cota de explanación según proyecto, la porción de terreno que se encuentra por encima de ésta se deberá *excavar* y en las partes de terreno que no lleguen a esta altura se deberá *rellenar*.



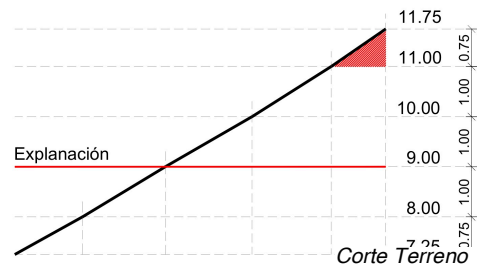
• Cálculo de Volumen de tierra a Excavar:

Volumen entre altura 11,75m y curva 11,00m:

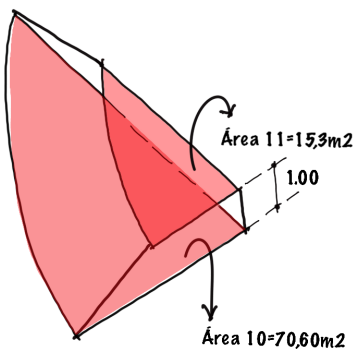


$$Vol. 1_{11.75-11} = \left(\frac{Área\ 11,75 + Área\ 11}{2} \right) \times d =$$

$$Vol. 1_{11.75-11} = \left(\frac{0m^2 + 15,30m^2}{2} \right) \times 0,75 = 5,74m^3$$

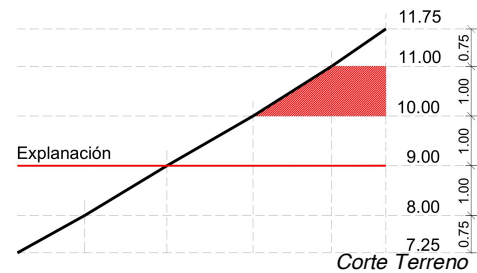


Volumen entre curva 11,00m y curva 10,00m:

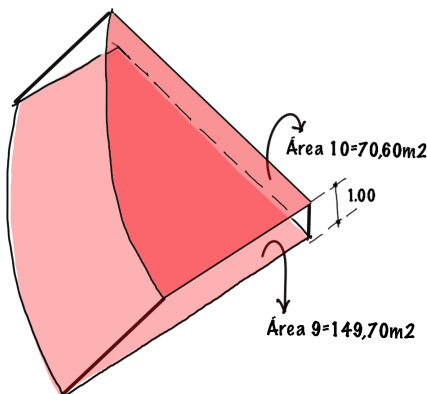


$$Vol. 2_{11-10} = \left(\frac{Área\ 11 + Área\ 10}{2} \right) \times d =$$

$$Vol. 2_{11-10} = \left(\frac{15,30m^2 + 70,60m^2}{2} \right) \times 1m = 42,95m^3$$

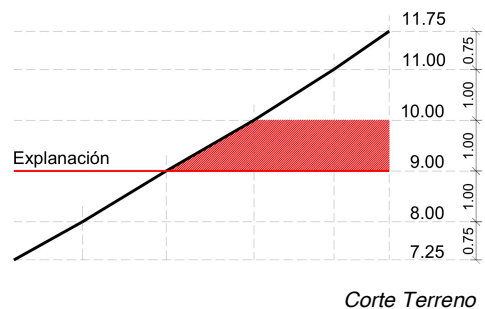


Volumen entre curva 10,00m y curva 9,00m:



$$Vol. 3_{10-9} = \left(\frac{Área\ 10 + Área\ 9}{2} \right) \times d =$$

$$Vol. 3_{10-9} = \left(\frac{70,60m^2 + 149,70m^2}{2} \right) \times 1m = 110,15m^3$$

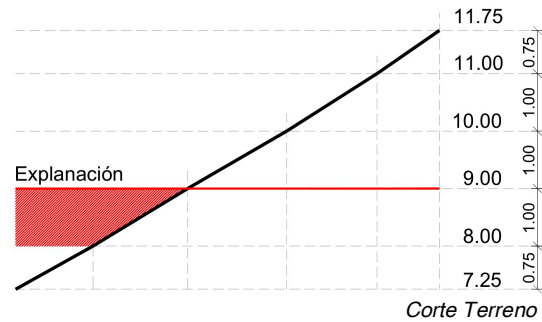
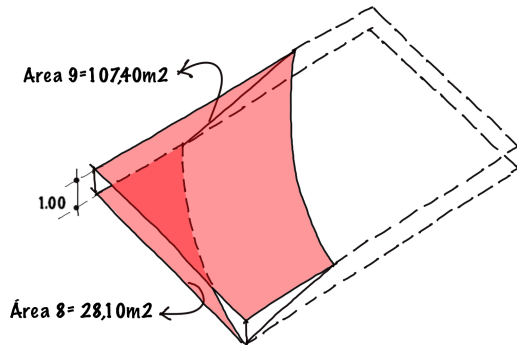


VOLUMEN TOTAL EXCAVACIÓN = Vol. 1 + Vol. 2 + Vol. 3 = 5,74 + 42,95 + 110,15 = 158,84m³

• Cálculo de Volumen de tierra a Rellenar:

Para calcular el volumen de relleno, debemos tomar las áreas opuestas a las consideradas para excavación, ya que corresponde al volumen de tierra que falta para poder alcanzar la cota de explanación según proyecto.

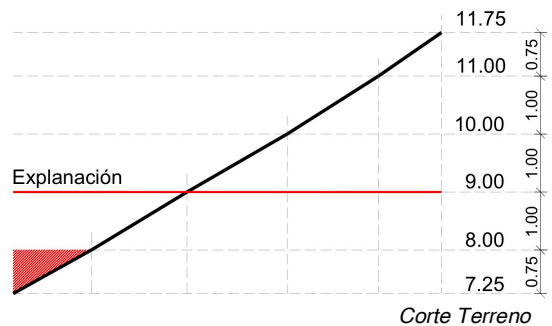
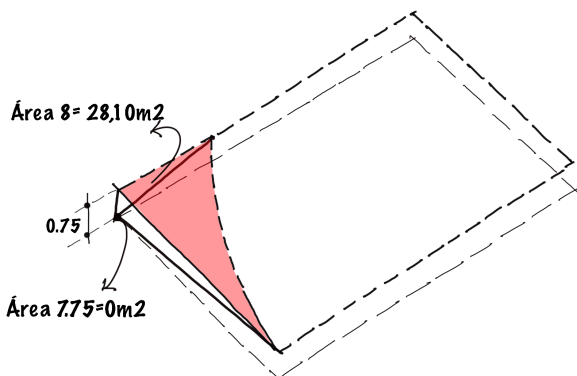
Volumen entre curva 9,00m y curva 8,00m:



$$Vol. 4_{9-8} = \left(\frac{Area\ 9 + Area\ 8}{2} \right) \times d =$$

$$Vol. 4_{9-8} = \left(\frac{107,40m^2 + 28,10m^2}{2} \right) \times 1m = 67,75m^3$$

Volumen entre curva 8,00m y curva 7,25m:



$$Vol. 5_{8-7.25} = \left(\frac{Area\ 8 + Area\ 7}{2} \right) \times d =$$

$$Vol. 5_{8-7.25} = \left(\frac{28,10m^2 + 0m^2}{2} \right) \times 0,75m = 10,54m^3$$

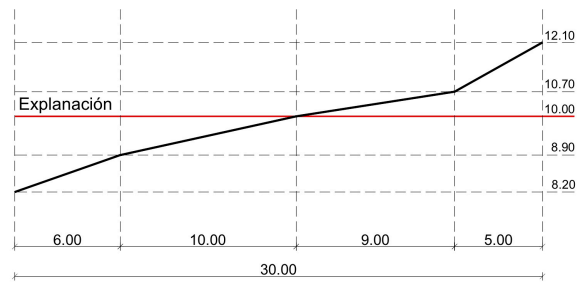
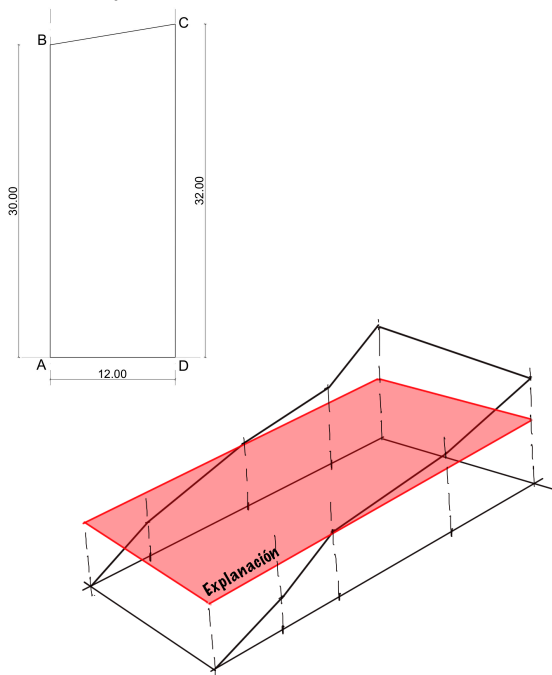
$$VOLUMEN\ TOTAL\ RELLENO = Vol. 4 + Vol. 5 = 67,75m^3 + 10,54m^3 = 18,29m^3$$

06.03 / 03 MÉTODO DE MEDIA DE ÁREAS - APLICADO A PERFILES //////////////////////////////////

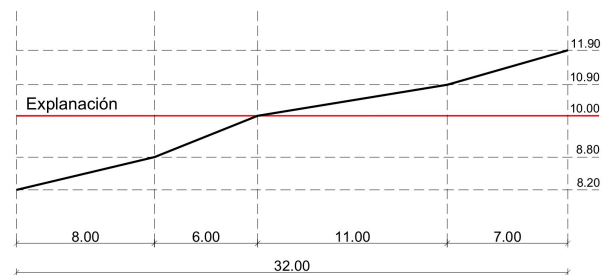
Este método puede aplicarse cuando contamos con perfiles del terreno, que podemos obtener a partir del levantamiento de Perfiles tema dado anteriormente en la materia.

Ejemplo Numérico: En el terreno que se da a continuación se debe realizar una explanación a los 10m.

Tenemos como datos la planta del terreno con sus dimensiones, y los perfiles que fueron realizados sobre los ejes medianeros, aplicaremos para el cálculo de volumen a Excavar y Rellenar, el método de media de áreas explicado anteriormente.



PERFIL 1 / LADO AB



PERFIL 2 / LADO CD

Las superficies a considerar para el cálculo del movimiento de tierra tanto para excavación como para relleno, se obtienen descomponiendo en figuras geométricas simples, y en caso de contar con los perfiles digitalizados se pueden tomar directamente con la función "Área" en Auto-CAD.

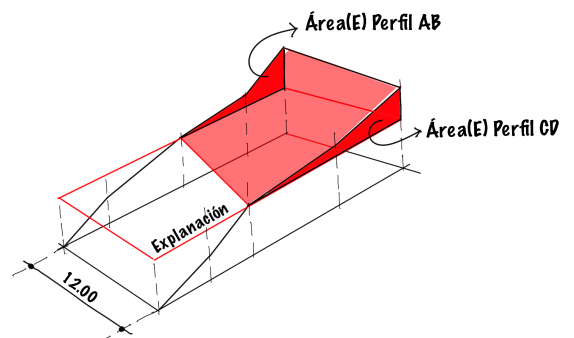
*En el caso de este ejemplo, las áreas de los perfiles a utilizar para el cálculo, se obtuvieron directamente desde el Auto-CAD.

* La distancia a considerar es la separación que existe entre los perfiles, si observamos el esquema en planta del terreno veremos que es 12.00m

• Cálculo de Volumen de tierra a Excavar:

$$Vol. Excavación = \left(\frac{Area(E) Perfil AB + Area (E) Perfil CD}{2} \right) \times d$$

$$Vol. Excavación = \left(\frac{10,15m^2 + 14,75m^2}{2} \right) \times 12 = 149,40m^3$$



• **Cálculo de Volumen de tierra a Rellenar:**

$$Vol. Relleno = \left(\frac{Area(R) Perfil AB + Area (R) Perfil CD}{2} \right) \times d =$$

$$Vol. Relleno = \left(\frac{15,25m^2 + 17,00m^2}{2} \right) \times 12 = 193,50m^3$$

