

**MANUAL DE PRÁCTICAS
DE TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA**

MATERIAL DIDÁCTICO

Ingenierías

nº 22

Otros títulos de la colección

- 1. Planos acotados: expresión gráfica (2ª ed.)**
Ricardo Bartolomé Ramírez
2003, 306 pags. ISBN 84-95301-74-1
- 2. Lenguaje “Turbo C” para estudiantes**
Francisco J. Martínez de Pisón
1996, 191 pags. ISBN 84-88713-33-9
- 3. Problemas de análisis de circuitos eléctricos. Corriente continua. Corriente alterna monofásica**
Montserrat Mendoza Villena, Luis Alfredo Fernández Jiménez.
1997, 142 pags. ISBN 84-88713-58-4
- 4. Problemas de electrónica analógica**
Antonio Zorzano Martínez
1999, 118 pags. ISBN 84-88713-96-7
- 5. Programar es fácil**
Julio Blanco Fernández
1999, 250 pags. ISBN 84-88713-97-5
- 6. Problemas resueltos de topografía práctica**
Jacinto Santamaría Peña
1999, 84 pags. ISBN 84-88713-98-3
- 7. Resistencia de materiales. Nivel básico**
Eduardo Martínez de Pisón Ascacibar
1999, 316 pags. ISBN 84-95301-14-8
- 8. Prácticas de C.A.D. Microstation 2D (2ª ed.)**
José Lafargue Izquierdo
1999, 224 pags. ISBN 84-95301-15-6
- 9. Programación de proyectos**
Joaquín Ordieres Meré
1999, 96 pags. ISBN 84-95301-16-4
- 10. Termodinámica fundamental (2ª ed.)**
J. M. Sala Lizarraga, Luis M. López
2000, 448 pags. ISBN 84-95301-25-3
- 11. Termodinámica aplicada (2ª ed.)**
J. M. Sala Lizarraga, L. M. López y Victor de la Peña
2000, 584 pags. ISBN 84-95301-26-1
- 12. Problemas Termodinámica fundamental (2ª ed.)**
J. M. Sala Lizarraga, Luis M. López y Felipe Jiménez
2000, 490 pags. ISBN 84-95301-27-X
- 13. Problemas Termodinámica aplicada (2ª ed.)**
J. M. Sala Lizarraga, Luis M. López y M.M: Ruiz de Adana
2000, 432 pags. ISBN 84-95301-28-8
- 14. Problemas de calor y frío industrial**
L. M. López, J. M. Sala y J. M. Blanco Ilzarbe
2000, 418 pags. ISBN 84-95301-29-6
- 15. Apuntes de cartografía y proyecciones cartográficas**
Jacinto Santamaría Peña
2000, 74pags. ISBN 84-95301-30 X
- 16. Apuntes de fotogrametría**
Jacinto Santamaría Peña y Teófilo Sanz Méndez
2000, 68pags. ISBN 84-95301-30-X
- 17. Perspectiva: fundamentos y aplicaciones. Axonométrico. Caballera. Cónico**
Ricardo Bartolomé Ramírez
2000, 260 pags. ISBN 84-95301-33-4
- 18. Problemas de resistencia de materiales. Nivel básico. Ingeniería agrícola**
Eduardo Martínez de Pisón Ascacibar
2001, 446 pags. ISBN 84-95301-44-X
- 19. Sonometría y contaminación acústica.**
Javier de Cos, J. Ordieres, M. Castejón, F. J. Martínez de Pisón
2001, 384 pags. ISBN 84-95301-47-4
- 20. Cuadernos de prácticas de informática industrial. Modulo 1: enunciados de prácticas en ensamblador**
F. J. Martínez de Pisón, J. Ordieres, M. Castejón, F. J. de Cos, M. Gil.
2001, 110 pags. ISBN 84-95301-58-X
- 21. La oficina técnica y los proyectos industriales**
F. J. Martínez de Pisón, J. Ordieres, M. Castejón, F. J. de Cos, E. P. Vergara, F. Alba.
2 v. ISBN 84-95475-32-4

Jacinto Santamaría Peña
Teófilo Sanz Méndez

MANUAL DE PRÁCTICAS
DE TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
SERVICIO DE PUBLICACIONES
2005

Reservados todos los derechos. No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, bajo ninguna forma ni por ningún medio, electrónico o mecánico, ni por fotocopia o grabación, ni por ningún otro sistema de almacenamiento, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

© Jacinto Santamaría Peña
Teófilo Sanz Mendez
Universidad de La Rioja. Servicio de Publicaciones
Edita: Universidad de La Rioja. Servicio de Publicaciones
Diseño de portada: Universidad de La Rioja. Servicio de Comunicación
ISBN 84-689-4103-4
Impreso en España - Printed in Spain

ÍNDICE

Prólogo	7
---------------	---

PRIMERA PARTE

1. Breves notas sobre aparatos topográficos y elementos auxiliares	11
1.1. Goniómetros	11
1.1.1. Ángulos horizontales	13
1.1.2. Medida de ángulos horizontales	13
1.1.3. Ángulos verticales	14
1.2. Medida de distancias	14
1.2.1. Medida indirecta de distancias	14
1.2.2. Visuales inclinadas	15
1.3. Teodolito, taquímetro y Estación Total	16
1.3.1. Plataformas nivelantes	17
1.3.2. Tornillos de presión y coincidencia	17
1.3.3. Plomada óptica	18
1.3.4. Niveles, como elementos integrantes de los aparatos topográficos	18
1.3.5. Puntería	19
1.4. Niveles, como aparatos topográficos	19
1.4.1. Tipos de nivelación	21
1.4.2. Otro tipo de niveles	23
1.5. Accesorios	23
1.5.1. Trípodes	23
1.5.2. Elementos de unión	24
1.5.3. Mira taquimétrica	24
1.5.4. Jalones	25
1.5.5. Prismas	25
1.5.6. Señales	25
1.5.7. Cintas métricas	26
1.6. Sistemas de Posicionamiento Global	26
2. Procesos iniciales	30
2.1. Hacer estación	30
2.2. Precauciones al realizar las visuales	32
2.3. Manejo y cuidado de los instrumentos	33
2.4. Errores	35
2.4.1. Generalidades	35
2.4.2. Errores y Equivocaciones	35
2.4.3. Errores sistemáticos y accidentales	35
2.4.4. Errores verdaderos y aparentes	37
2.4.5. Errores medios	39
2.4.6. Media ponderada y peso	41

SEGUNDA PARTE

ESQUEMA GENERAL DE UNA PRÁCTICA	45
ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA	46
PRÁCTICA N° 1. Aparatos, estacionamiento, Medida de ángulos y distancias ...	47
PRÁCTICA N° 2. Radiación simple	51
PRÁCTICA N° 3. Doble radiación enlazada	54
PRÁCTICA N° 4. Poligonal cerrada	61
PRÁCTICA N° 5. Taquimétrico	65
PRÁCTICA N° 6. Intersección directa e Intersección inversa	73
PRÁCTICA N° 7. Nivelación	77
PRÁCTICA N° 8. Replanteos	83
PRÁCTICA N° 9. Modelos Digitales del Terreno	89
PRÁCTICA N° 10. Sistemas de Información Geográfica	95
PRÁCTICA N° 11. Sistemas de Posicionamiento Global	101
PRÁCTICA N° 12. Fotogrametría y Fotointerpretación	103
APÉNDICES	
Estadillos de campo	109
Percepción visual y su relación con la escala	111
Reseñas	112
Escala de impresión	113
BIBLIOGRAFÍA	114

PRÓLOGO

Esta publicación surge como un intento de unificar y plasmar en un solo documento, la diversidad de la información necesaria para que un alumno de Ingeniería pueda afrontar la realización de las prácticas en el campo topográfico y cartográfico.

Dada la diversidad de los Planes de Estudio actuales en las distintas Universidades españolas, y la diferente asignación de créditos a los contenidos topográficos y cartográficos en cada titulación, se ha considerado oportuno plantear un Programa de Prácticas multidisciplinar (levantamientos, replanteos, generación cartográfica, fotogrametría...) con un contenido mínimo razonable, que permita alcanzar unos niveles adecuados de conocimiento. En este sentido, los autores de esta publicación, creen que cualquier asignatura que intente abarcar dicho contenido mínimo no debería tener menos de 9 créditos docentes teóricos y prácticos (equivalentes a unas 90 horas de asistencia presencial del alumno) y que de ellos, la mitad al menos deberían ser créditos prácticos.

Por tanto, la publicación de este libro se realiza pensando en un contenido real de clases prácticas en torno a 45 horas y así se asignan las cargas horarias a cada una de las prácticas que se plantean.

La sucesión de las prácticas que se describen a continuación, sigue un orden razonable de aprendizaje del alumno. En primer lugar, se comienza con el manejo de los aparatos de topografía clásica, abarcando todos los métodos planimétricos y altimétricos. Simultáneamente se introduce al alumno en el conocimiento y manejo del software de cálculo topográfico y diseño cartográfico necesario. Posteriormente se inicia un bloque de prácticas de replanteo, en el cual el alumno puede poner en práctica los conocimientos adquiridos hasta ahora y descubrir importantes aplicaciones de la topografía en el ámbito de la ingeniería.

Las cuatro últimas prácticas, se corresponden con bloques más independientes, pero todos ellos relacionados con el entorno topográfico-cartográfico. Se dará a los alumnos conocimientos suficientes en relación a la generación y trabajo con modelos digitales del terreno, los sistemas de información geográfica, los sistemas de posicionamiento global y la fotogrametría y la fotointerpretación.

En esta publicación se incorporan además ejemplos prácticos resueltos, para facilitar al alumno la comprensión de cada uno de los pasos. También se facilita diverso material como estadillos, modelos de reseñas. Y se adjunta al final una variada bibliografía, para aquellos que deseen profundizar en cualquiera de los campos del ámbito topográfico y/o cartográfico.

Logroño, septiembre de 2004.

LOS AUTORES

Primera Parte

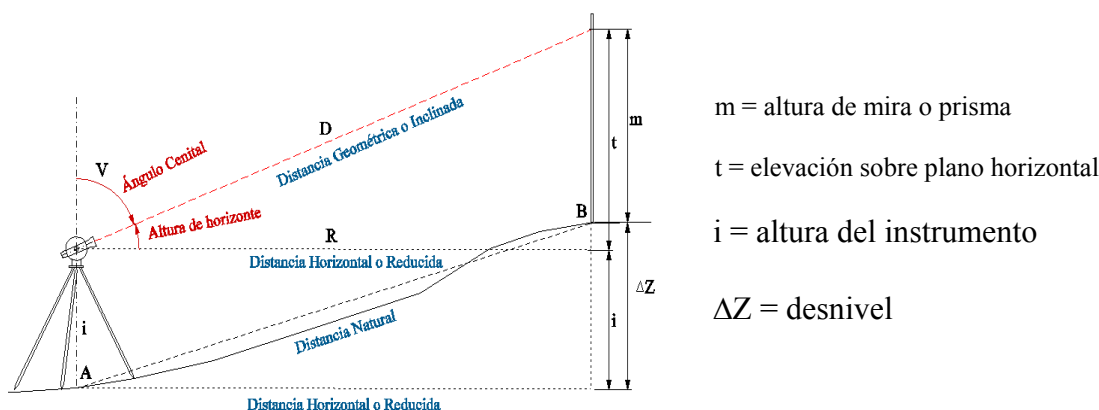
1.- BREVES NOTAS SOBRE APARATOS TOPOGRÁFICOS Y ELEMENTOS AUXILIARES

Todos los trabajos de campo necesarios para llevar a cabo un levantamiento topográfico, consisten en esencia *en la medida de ángulos y de distancias*.

En ciertos trabajos puede ser suficiente medir sólo ángulos, o sólo distancias, pero, en general, suele ser necesario medir ambas magnitudes. En algunas operaciones elementales de agrimensura puede bastar con medir ángulos rectos, utilizando las *escuadras* y las distancias con *cintas metálicas*. Pero en general, este tipo de mediciones no gozan de la suficiente precisión.

En topografía la *medida de ángulos* se hace con instrumentos llamados genéricamente *goniómetros* y la *medida de distancias* se hace por métodos indirectos (*estadimétricos*) o más recientemente por métodos electromagnéticos (distanciómetros electrónicos).

Los *ángulos* a medir, pueden ser *horizontales* (acimutales), los cuales miden el ángulo de barrido horizontal que describe el aparato entre dos visuales consecutivas, o *verticales* (cenitales), que miden el ángulo de inclinación del anteojo al lanzar una visual a un punto concreto.



Esquema de un aparato topográfico lanzando una visual a una mira o prisma

1.1 Goniómetros

Esquema general de un goniómetro:

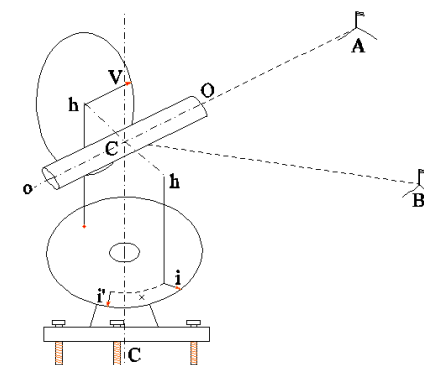
- a- **Una base de sustentación** provista de tres tornillos nivelantes, para lograr su horizontalización.
- b- **Un círculo graduado fijo acimutal**, para la medición de ángulos horizontales, provisto de un nivel tórico.
- c- **Alidada** o parte móvil, que girando sobre el círculo acimutal, contiene a su vez al círculo cenital, llamado también eclímetro.

d-**Un anteojo** situado en la alidada, móvil dentro de ella en un plano vertical. Así con estos movimientos se puede apuntar o colimar a cualquier punto del espacio.

El fundamento de todo goniómetro es el siguiente: si desde un punto C en la vertical de un punto c, señalado en el terreno, se dirigen visuales a dos puntos A y B.

El **ángulo acimutal** que interesa en topografía no es el ACB, sino el de su proyección sobre un plano horizontal, o sea, el rectilíneo del diedro formado por los dos planos que contengan a la vertical Cc y pasen, respectivamente, por A y por B.

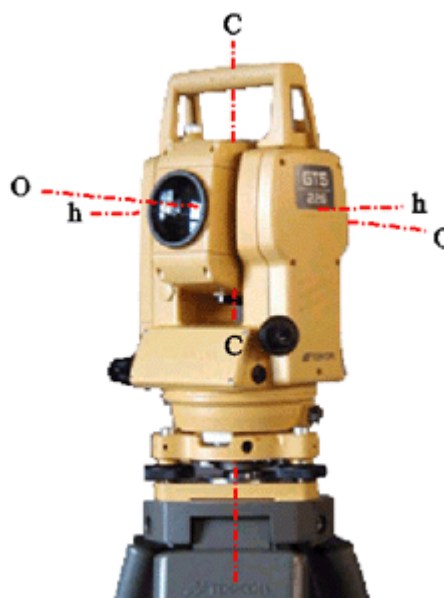
El **ángulo vertical** que ha de medirse es el que forman con la horizontal la vertical de las visuales CA y CB.



Esquema de un GONIÓMETRO

Un goniómetro se compone de un **colimador** o **anteojo** oO, que tiene un movimiento de basculación alrededor del **eje horizontal hH**, arrastrando en su movimiento el índice V solidario del eje y perpendicular a él, que señala sobre un disco graduado fijo y vertical el ángulo que la visual forma con la horizontal, en unos eclímetros y con la vertical en otros.

Todo el conjunto gira a su vez alrededor del **eje vertical Cc**, desplazando otro índice i sobre un segundo disco graduado fijo y horizontal; de este modo, si dicho índice ocupa la posición i, al dirigir la visual al punto A girará hasta i' al visar a B y el ángulo formado por las dos posiciones del índice será el rectilíneo del diedro ACcB.



En los goniómetros hay que distinguir tres ejes:

eje principal o vertical (*de giro del instrumento o alidada Cc*)

eje secundario u horizontal (*giro del anteojo o de basculación hh*)

eje de colimación o de puntería (*coincide con el eje geométrico del anteojo, visual oO*)

Cuando el eje principal es vertical, el secundario horizontal, ambos se cortan y, por dicho punto de corte pasa el eje de colimación, el anteojo bascula con centro de rotación en ése punto, el aparato está en condiciones de medir ángulos horizontales y verticales correctamente. Se dice que el aparato está en estación.

Se consigue el mismo resultado que con el esquema propuesto si, en vez de moverse los índices, fuesen éstos fijos, y giratorios los discos graduados.

En todos los casos se necesita un elemento fijo y otro móvil.

Al elemento móvil, se le da el nombre de **alidada**.

A los discos graduados se les denomina **limbos**.

1.1.1 Ángulos horizontales

Cuando se dirige una visual a un punto, sobre el limbo horizontal del aparato topográfico puede leerse el ángulo de barrido horizontal que existe entre la dirección del cero de dicho limbo y la dirección de la visual. A este valor se le suele denominar ángulo horizontal de la visual o más técnicamente lectura acimutal (L_{θ}). Este valor no debe confundirse con el acimut (θ).

Si el 0° del aparato ocupa una posición arbitraria, las lecturas horizontales constituyen *direcciones*, que variarán de 0° a 400° en el sentido en que se mueven las agujas del reloj (graduación del limbo centesimal y normal) o en sentido inverso (graduación anormal). Interesa medir los ángulos a partir de una posición fija, frecuentemente la de la meridiana astronómica del punto de estación.

La lectura que se obtenga colocando el 0° del aparato en la dirección Sur y medida hacia el Oeste, se llama *acimut geodésico*.

En **topografía** se llama **acimut topográfico** al ángulo medido con el 0° en dirección Norte.

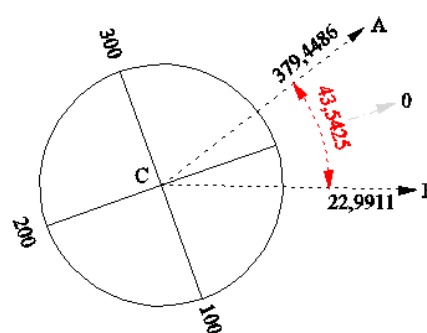
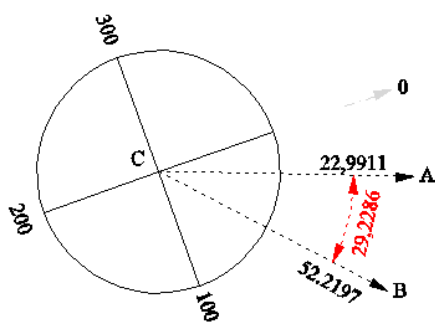
Cuando el 0° coincide con el Norte magnético, que señala la aguja imantada de una brújula, se obtienen *rumbos*.

El *rumbo* difiere del *acimut topográfico* en el ángulo que forma la aguja imantada con la meridiana de origen, siendo éste ángulo y se denomina **declinación magnética**.

1.1.2 Medida de ángulos horizontales

Cualquiera que sea la posición del 0° , si se desea medir el ángulo acimutal ACB, formado por dos visuales, dirigiremos el anteojo al primer punto A que se halle en el sentido en que crezca la graduación y después al segundo B, anotando las lecturas respectivas; la diferencia de éstas nos dará en general el ángulo buscado.

Puede ocurrir, que el 0° de la graduación quede entre las dos posiciones del índice, en este caso la lectura a la segunda visual será menor que la primera y hallaremos el ángulo sumando 400° a la del punto más alejado en el sentido en que crece la graduación.



$$\text{Ángulo horizontal } ACB = L_{\theta(C-B)} - L_{\theta(C-A)}$$

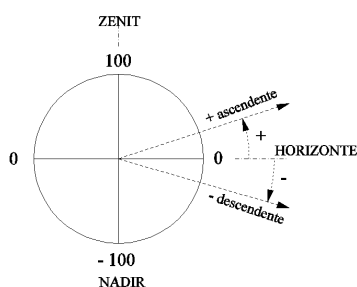
$$\text{Ángulo horizontal } ACB = 400 + L_{\theta(C-B)} - L_{\theta(C-A)}$$

1.1.3 Ángulos verticales

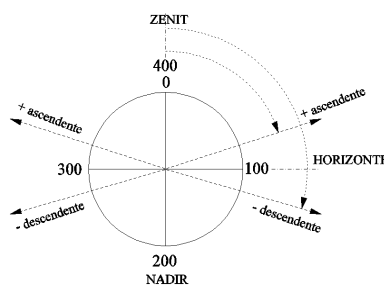
Los ángulos verticales de inclinación del anteojo se miden sobre discos colocados verticalmente en la alidada y existen distintos tipos en función de la posición del 0°. Los limbos cenitales (o eclímetros) pueden estar graduados:

- ✓ 0° en el horizonte, miden la *altura de horizonte* (+ visual ascendente, - visual descendente)
- ✓ 0° en el cenit, miden la *distancia cenital* (<100° visual ascendente, >100° visual descendente)
- ✓ 0° en el nadir, *distancia nadiral* (>100° visual ascendente, <100° visual descendente)

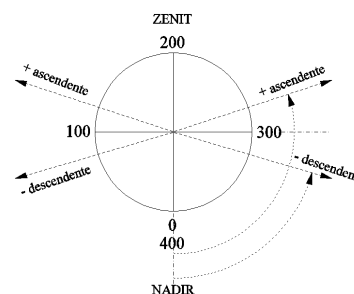
Luego la altura de horizonte es el complemento de la distancia cenital, ambas magnitudes deben sumar siempre 100°.



Altura de horizonte



Distancia cenital



Distancia nadiral

1.2 Medida de distancias

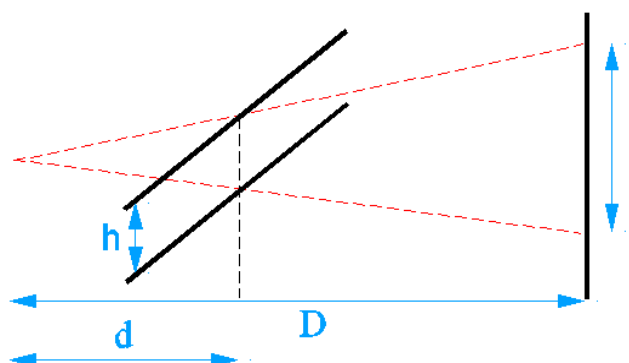
La medida de distancias puede ser *directa* (con cinta métrica), *indirecta* por medios estadimétricos o electromagnética (con distanciómetros electrónicos).

1.2.1 Medida indirecta de distancias

Supongamos que miramos una mira vertical a través del espacio que queda entre dos listones de una persiana (representados por dos hilos horizontales en los anteojos estadimétricos), los bordes limitarán la visualidad y sólo veremos una parte de la mira; siendo

- D la distancia del ojo a la mira,
- d la distancia entre el ojo y los listones,
- l el trozo de mira que se ve
- h la separación de los listones.

$$\frac{l}{h} = \frac{D}{d} \quad D = \frac{d \cdot l}{h}$$



Tenemos que la Distancia podrá ser función de la separación de los listones, del trozo de mira que se vea o de la separación de los listones respecto de nuestro ojo. Por tanto, se podrían construir artilugios para medir distancias que dejaran fijos dos de estos elementos y variasen el tercero. De modo que tendríamos tres tipos de estadía:

Estadía de 1ª categoría

$$D = \frac{d}{h} * l = k * l \quad d, h \text{ constantes} \quad \text{Estadía vertical colimada con antejo}$$

Estadía de 2ª categoría

$$D = d * l * \frac{1}{h} = \frac{k}{h} \quad d, l \text{ constantes} \quad \text{Estadía horizontal de longitud fija colimada con antejo}$$

Estadía de 3ª categoría

$$D = \frac{l}{h} * d = k * d \quad l, h \text{ constantes} \quad \text{Estadímetro o distanciómetro, no utilizan antejo}$$

k = 100 constante diastimométrica

1.2.2 Visuales inclinadas

Cuando se lanza una visual inclinada a una mira colocada verticalmente, lo que realmente interesa es deducir la distancia horizontal entre el aparato y la mira. Para ello, es preciso realizar los siguientes cálculos:

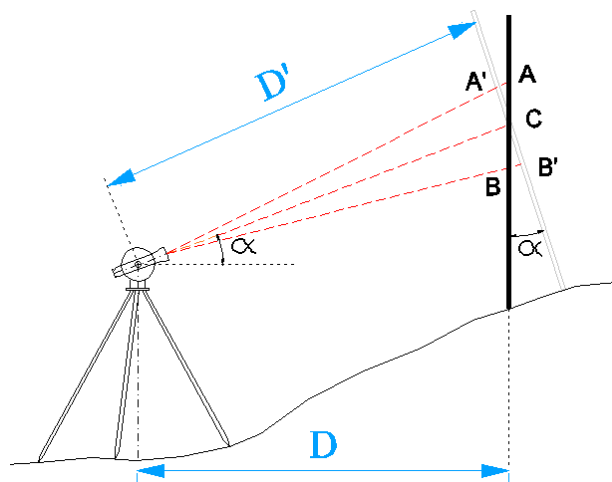
$$D = k * A'B' * \cos \alpha + k * h * \cos \alpha$$

$$A'B' \cong AB * \cos \alpha = l * \cos \alpha$$

$$D = k * l * \cos^2 \alpha$$

$$D = g * \cos^2 \alpha$$

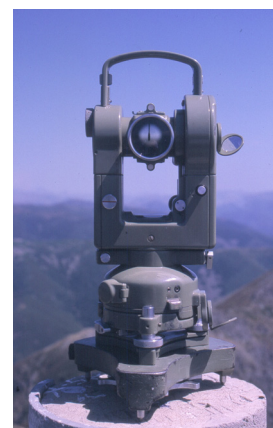
g = número generador (distancia leída en la mira)



1.3 TEODOLITO, TAQUÍMETRO Y ESTACIÓN TOTAL

Teodolito es el aparato topográfico que reúne en un mismo montaje un sistema óptico–mecánico capaz de medir ángulos horizontales y verticales. Al estar contruidos para medir básicamente ángulos, éstos los miden con mucha precisión.

Si el retículo del anteojo dispone de hilos estadimétricos para medir distancias, se le denomina taquímetro o **teodolito-taquímetro**. A la vez estos pueden ser ópticos o electrónicos, en función básicamente de la forma en que miden y presentan los ángulos.



Teodolito T-2 Wild

Si a los Teodolitos o Taquímetros electrónicos se les incorpora un sistema para medir las distancias por algún sistema electromagnético, se empieza a hablar ya de **Estación Total**. Además, esta Estaciones suelen incorporar programas internos para almacenamiento de datos, replanteos, superficies, etc., y tienen sistemas para transferir de forma semiautomática los datos almacenados a un ordenador.



Estación Total Topcon



Conexión para transferencia de datos

Conexión a fuente de alimentación



Estación Total Topcon. Detalle de la pantalla

1.3.1 Plataformas nivelantes

Los instrumentos topográficos llevan como base, plataformas nivelantes, constituidas por tres brazos horizontales atravesados, cada uno en su extremo, por un tornillo vertical. Son los llamados **tornillos nivelantes** y vienen a ser como tres patas del aparato que apoyan sobre la plataforma del trípode.



Girando los tornillos conseguimos inclinar más o menos su eje, ocupando cualquier posición con movimientos suaves y precisos.



Detalle sobre la plataforma nivelante

1.3.2 Tornillos de presión y coincidencia

Los goniómetros tienen elementos móviles, que giran alrededor de un eje, y elementos fijos. El movimiento de los primeros está controlado por una serie de tornillos, unos llamados de presión, para inmovilizar, y otros llamados de coincidencia, para aplicar pequeños movimientos. Los tornillos de presión tienen por misión inmovilizar los elementos móviles respecto a los fijos.

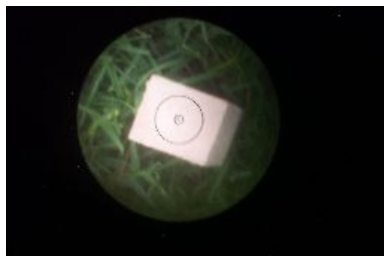
Soltando el **tornillo de presión**, el elemento móvil correspondiente puede girar libremente y, una vez apretado, aún es preciso darle movimientos suaves y lentos hasta hacerle ocupar la posición deseada; esto se consigue con los **tornillos de coincidencia** o movimiento lento.

Suele haber dos parejas de tornillos, una para controlar el movimiento de la alidada sobre el limbo horizontal y otra pareja para controlar el movimiento del anteojo durante la basculación.

1.3.3 Plomada óptica

Sirve para conseguir la exacta coincidencia entre el eje vertical del aparato en estación y el centro de la señal sobre la que se estaciona.

Pueden ser: **de gravedad** (*un peso suspendido de una cuerda*) y **ópticas** (*integradas en los teodolitos*)



Plomada óptica y vista a través de ella.

1.3.4 Niveles, como elementos integrantes de los aparatos topográficos

Son necesarios para nivelar y poner en estación los aparatos topográficos. Hay de varios tipos:

Nivel **esférico**, situado en la base nivelante y que se utiliza para una horizontalización previa de aproximación.



Nivel **tórico**, colocado sobre la alidada y que sirve para hacer una nivelación precisa del instrumento. Es un nivel de mucha precisión y suele llevar unas marcas separadas 2 mm. La burbuja debe quedar entre las marcas centrales, admitiéndose que durante un trabajo la burbuja pueda desplazarse hasta una división a derecha o izquierda.



Burbuja calada



Burbuja desplazada

1.3.5 Puntería

Sirven para apuntar rápidamente al objeto. Antes de mirar a través del anteojo, es necesario hacer puntería para localizar el punto y dirigir la visual de forma aproximada al punto visado. Esto ahorra mucho tiempo en el proceso de colimación de puntos,



Puntería en una Estación Total



Puntería sobre antena



1.4 NIVELES, como aparatos topográficos

Son instrumentos dedicados a la medida directa de diferencias de altura entre puntos o desniveles. Su misión es lanzar visuales horizontales con la mayor precisión posible.

Clasificación:

Niveles de plano. Estacionado el aparato, su eje de colimación describe un plano horizontal en su giro alrededor del eje principal.

Niveles de línea. En cada nivelada hay que nivelar el aparato.

Niveles automáticos Niveles de línea de horizontalización automática.

Otra clasificación, según la precisión:

Niveles de construcción y pequeña precisión, utilizados en obras públicas, hidráulicas y agrícolas.

Niveles de mediana precisión, utilizados en ingeniería civil incluso de precisión y en itinerarios de nivelación topográfica.

Niveles de alta precisión, utilizados en nivelaciones topográficas e itinerarios geodésicos, en nivelaciones de alta precisión.



Nivel automático estacionado

Elementos de un nivel topográfico:



Enfoque y tornillo de aproximación



Nivel esférico

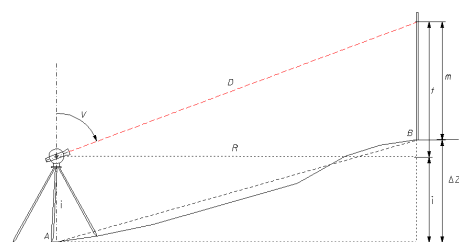


Puntería sobre un Nivel

1.4.1 TIPOS DE NIVELACIÓN

Nivelación por pendientes o trigonométrica

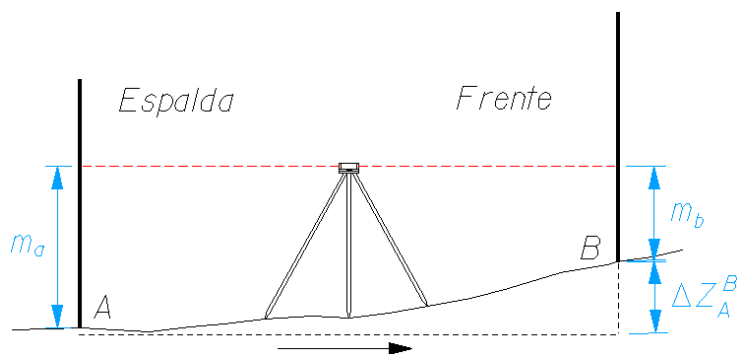
En la nivelación trigonométrica, las visuales pueden tener cualquier pendiente y se pueden utilizar los aparatos capaces de medir ángulos de inclinación en esas visuales. Tales como teodolitos, taquímetros, Estaciones Totales, ...



$$\Delta Z_A^B = t + i - m$$

Nivelación por alturas o geométrica

La nivelación geométrica se caracteriza porque las visuales son siempre horizontales. Es el método más exacto para calcular las diferencias de alturas o cotas.



$$\Delta Z_A^B = m_A - m_B$$

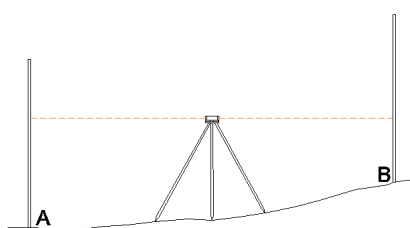
Nivelación barométrica

Para la nivelación barométrica se emplean barómetros, deduciéndose los desniveles por la relación que existe entre las variaciones de altitud y las de la presión atmosférica.

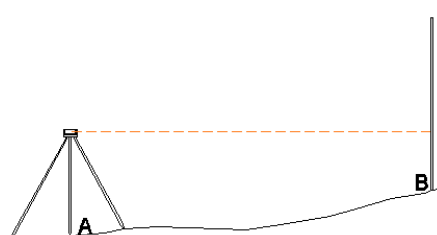
Las nivelaciones se pueden dividir también en simples y compuestas. La nivelación simple es cuando el desnivel a medir se obtiene mediante una sola determinación. La nivelación compuesta es cuando se obtiene el desnivel con más de una medida.

Nivelación simple

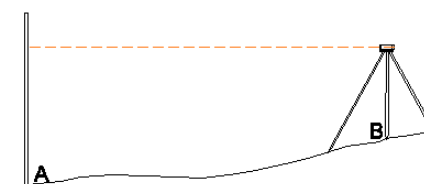
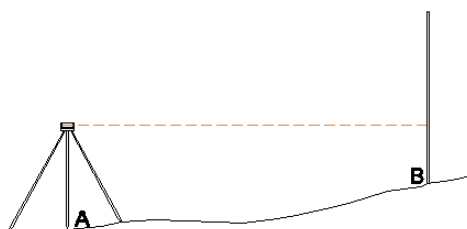
Atendiendo al modo operatorio podemos tener varios métodos:



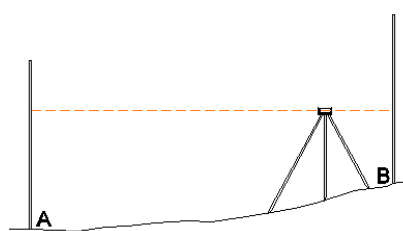
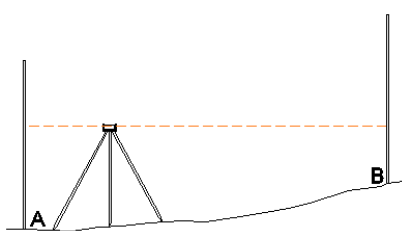
El punto medio



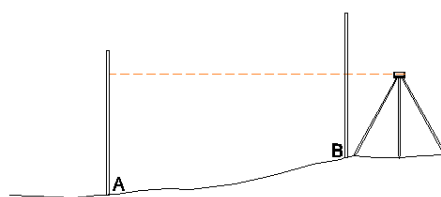
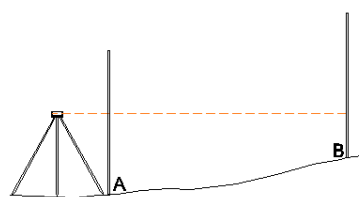
El punto extremo



Estaciones recíprocas



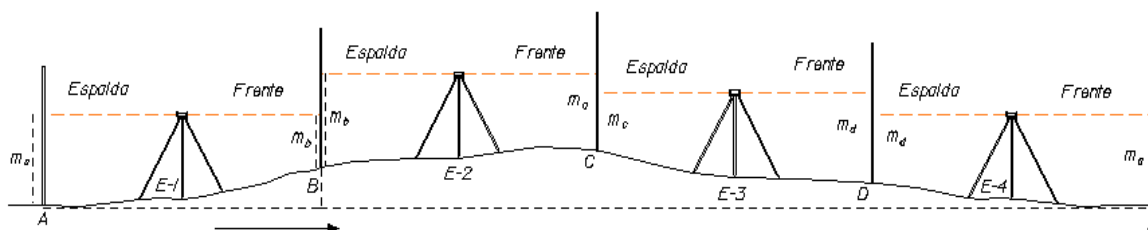
Estaciones equidistantes



Estaciones exteriores

Nivelación compuesta

Si los puntos cuyo desnivel se quiere determinar están muy separados entre sí, o la diferencia de nivel es mayor que la que se puede medir de una vez, se hace necesario calcularlo realizando varias estaciones sucesivas, es decir, efectuando una nivelación compuesta.



Partiendo del punto A de cota conocida, se quiere dar cota a los puntos B, C y D. Se coloca la mira en el punto A y B, y estacionamos en el punto medio E-1, se hacen las medidas necesarias.

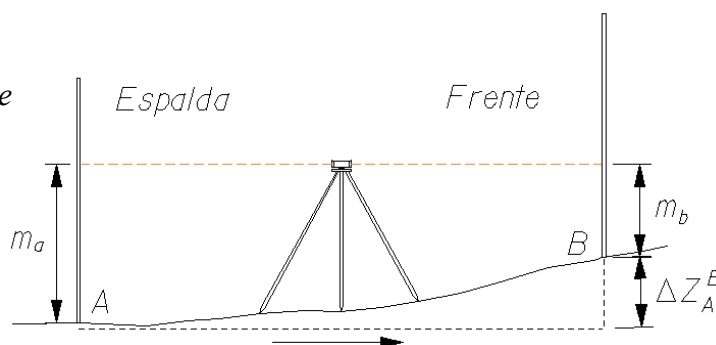
A continuación, la mira B, sin moverla de su sitio, gira sobre la vertical y se queda mirando a C, donde se instala la mira que estaba en A. El aparato (nivel) se sitúa equidistante de B y C en el punto de estación E-2. Se hacen las medidas correspondientes.

Después estacionaremos en E-3 y E-4 para terminar el itinerario altimétrico.

Cada desnivel entre puntos donde ponemos la mira (entre A y B, B-C, C-D, D-A) es la diferencia entre la lectura de mira de espalda y la de frente realizadas desde cada estación.

$$\Delta Z_A^B = \text{Lect. espalda} - \text{Lect. Frente}$$

$$\Delta Z_A^B = m_A - m_B$$



El desnivel total es el resultado de restar de la suma de todas las miras de espalda la de todas las miras de frente.

$$\Delta Z_A^Z = \sum m_{\text{Espalda}} - \sum m_{\text{Frente}}$$

En este caso como el punto de salida y de llegada es el mismo el desnivel debería ser igual a cero. La diferencia resultante será el error de cierre altimétrico que se compensará.

Las lecturas sobre la mira pueden hacerse anotando la correspondiente al hilo central horizontal del retículo, pero si además tiene otros dos hilos equidistantes del central, es muy conveniente tomar las tres lecturas y tomar como altura de mira el promedio de las extremas, ya que la media es de más precisión que una lectura simple. Además se obtiene comprobación, pues si designamos por c la altura leída con el central y por a y b las de los extremos, habrá de verificarse:

$$\frac{a + b}{2} = c$$

Se admite una discrepancia máxima de un milímetro en el cumplimiento de la fórmula anterior.

Los puntos donde se sitúen las miras deben ser fijos y estables.

Otro tipo de niveles:



Nivel láser



Mira receptora señal láser

1.5 ACCESORIOS

1.5.1 TRÍPODES

Para manejar cómodamente los instrumentos durante un trabajo, han de situarse a la altura del operador y además han de quedar fijamente unidos al terreno. Esto normalmente se consigue con los trípodes.

Los trípodes pueden ser de madera o metálicos, de patas telescópicas, terminadas en regatones de hierro para su fijación en el terreno, consiguiendo mayor estabilidad.



La cabeza del trípode es una plataforma circular o triangular, sobre la que se coloca el instrumento. Esta plataforma tiene un gran orificio en el centro por la que pasa el elemento de unión (tornillo), que se puede desplazar, permitiendo ocupar al instrumento varias posiciones.



1.5.2 ELEMENTOS DE UNIÓN

Los trípodes llevan una guía metálica sujeta a la parte inferior de la plataforma por uno de sus extremos, alrededor del cual puede girar, de modo que pase a través del orificio circular de la plataforma, un tornillo de unión que puede deslizarse en la guía a modo de carril; los dos movimientos, el giratorio del carril y el deslizamiento del tornillo de unión, permiten a éste ocupar cualquier posición en la abertura circular, facilitando pequeños desplazamientos del aparato.



Para la unión, el tornillo enrosca en una placa de acero que hace muelle y va unida a las patas del instrumento, consiguiéndose la sujeción al comprimirlas contra la meseta por la presión del tornillo.



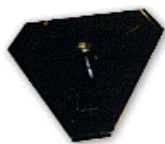
Todos los trípodes llevan colgada del elemento de unión una plomada que ha de coincidir con la señal marcada en el terreno.

(No es necesaria utilizando la plomada óptica del aparato.)

1.5.3 MIRA TAQUIMÉTRICA

Pueden utilizarse para estadía en los taquímetros o para nivelación en los niveles. Las miras deben garantizar la homogeneidad en su graduación y ser inalterables a las variaciones de temperatura.

La graduación puede estar en centímetros, dobles milímetros o milímetros. Para nivelación industrial se utilizan miras milimétricas.



Algunas llevan un nivel esférico para garantizar la verticalidad. Es muy importante colocar lo más vertical posible la mira.

Suelen colocarse sobre una base especial o **zócalo** (no directamente sobre el terreno) para evitar pequeños hundimientos.



El desnivel entre dos puntos se puede obtener utilizando el taquímetro o la Estación Total, pero si se quiere mayor precisión se utilizará siempre un Nivel.

1.5.4 JALONES

Son bastones metálicos, pintados cada diez centímetros de colores rojo y blanco. Sirven para visualizar puntos en el terreno y hacer bien las punterías. También sirven de soporte a los prismas en la medición electromagnética de distancias. Suelen llevar adosado un pequeño nivel esférico, para controlar su verticalidad.



1.5.5 PRISMAS

Son espejos formando un triedro que reflejan la señal emitida por el distanciómetro. Se montan sobre los jalones y pueden llevar asociada una señal de puntería.



1.5.6 SEÑALES

Materializan en el suelo un punto geométrico del levantamiento. Normalmente definen el punto sobre el cual es necesario estacionar. Pueden ser:

Accidentales



Estacas, clavos, marcas grabadas

Semipermanetes

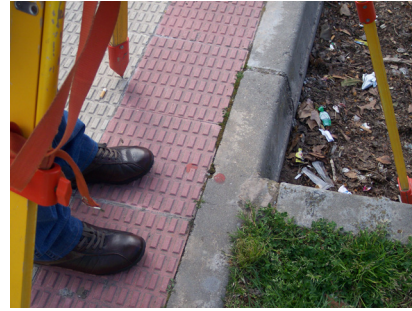


Hitos feno

Permanentes



Vértices geodésicos



Señales en el terreno

1.5.7 CINTAS MÉTRICAS

Se utilizan para la **medida directa de distancias**. Son útiles para distancias cortas y en terrenos llanos. Es conveniente recordar que en Topografía, lo que interesa es la distancia horizontal o reducida entre los puntos, que es precisamente la que viene reflejada en el plano. Con el uso simple de una cinta métrica no se garantiza que la distancia entre puntos sea la distancia horizontal.



1.6 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Se van a dar seguidamente una serie de nociones sobre el sistema de posicionamiento global GPS (Global Positioning System), ya que a nivel topográfico tiene importantes aplicaciones.

Este sistema basado en el uso de satélites artificiales y receptores específicos, se puso en funcionamiento en el año 1973 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, lanzándose el primer satélite en febrero de 1978. Se halla totalmente operativo desde 1994.

Se habla de tres sectores fundamentales del sistema GPS:

- Sector Espacial: formado por la constelación de satélites NAVSTAR (NAVigation System with Time And Ranking), organizado por 24 satélites distribuidos en seis órbitas casi circulares con cuatro satélites cada una. La altitud de los satélites es de unos 20.200 Km. Toda esta constelación está pensada para que exista cobertura a cualquier hora del día y en cualquier lugar del mundo. Los satélites transmiten señal de

tiempos sincronizados, los parámetros de posición y la información de su estado.

La señal emitida por los satélites la emiten a través de antenas emisoras que funcionan en la banda L del espectro y éstas son las que recibimos en nuestros receptores.

Una cuestión importante en este sistema es la medida precisa del tiempo. Los satélites llevan varios osciladores de alta precisión, que dan medidas del tiempo del orden de 10^{-14} .

- Sector Usuario: compuesto por un conjunto de aparatos que sirven para recibir y almacenar la señal emitida por los satélites y calcular en base a estos datos la posición en la que nos encontramos. Se compone de varios elementos, entre los que destacan la antena, el receptor y el terminal o unidad de control. A través de la antena se reciben y amplifican las señales de los satélites. El receptor recibe la señal y la decodifica, transformándola en información legible. La unidad de control manejada por el usuario muestra la información calculada y almacena todos los datos para posteriores aplicaciones.



- Sector de Control: formado por cinco estaciones de seguimiento en Colorado Springs, Ascensión, Diego García, Kwajalein y Hawái. La principal misión de estas estaciones es la sincronización del tiempo de los satélites. Además realizan el seguimiento continuo de los satélites, calculan su posición precisa, corrigen las órbitas si es necesario, ...

Para localizar la posición de un receptor, el sistema debe calcular al menos tres distancias a tres satélites. Estas distancias pueden medirse por pseudodistancias o por medidas de fase.

El primer método utiliza la diferencia de tiempos entre la emisión de la señal por el satélite y la recepción de la misma en el receptor. Esta diferencia de tiempo multiplicada por la velocidad de propagación de la señal nos permite calcular la distancia. Aquí la sincronización de los relojes es fundamental.



En el segundo método se utiliza el desfase de la onda portadora respecto de una señal de referencia generada por el receptor. Este método obtiene una mayor precisión que el de la medida de la pseudodistancia.

Pero, además es importante tener en cuenta que todas las observaciones con GPS están sometidas a diversas fuentes de error, unos provenientes de los satélites (variaciones orbitales, errores del oscilador de los relojes), otros cuyo origen es el propio receptor (errores del oscilador, errores en coordenadas) y errores derivados de la observación (retrasos ionosféricos y troposféricos, ondas reflejadas...). Estos errores se intentan minimizar utilizando equipos de altas prestaciones y métodos de observación adecuados.

En cuanto al tipo de posicionamiento en el sistema GPS, se habla de dos grandes modalidades: el posicionamiento absoluto y el posicionamiento diferencial. En el primero se calcula la posición de un punto usando las medidas de pseudodistancia, llegando a precisiones que en topográfica pueden considerarse mediocres (de 3 a 5 metros). En el segundo, intervienen dos o más instrumentos GPS, existiendo un equipo de referencia fijo y uno o varios equipos móviles.

Con el método diferencial se eliminan muchos de los errores propios de la observación GPS (retardo ionosférico, retardo troposférico, error en efemérides, error del reloj del satélite). Además, dentro de este tipo de posicionamiento existen diversos métodos de trabajo: estático, estático rápido, cinemática, stop and go.... Para determinar el uso apropiado de cada uno de ellos, se remite a la bibliografía especializada.



Además de contar con un buen equipo GPS, es recomendable tener un buen sistema de planificación de las observaciones y disponer del software necesario para el tratamiento de los datos, tanto en tiempo real o en postproceso.

Es conveniente también tener en cuenta que la constelación de satélites NAVSTAR no es la única que existe. El Gobierno ruso implantó en 1993 el programa GLONASS, también formado por 24 satélites, pero en tres planos orbitales. El sistema GLONASS ha presentado y presenta muchas deficiencias, y nadie confía en que a medio plazo pueda mejorar significativamente. Pero actualmente hay receptores GPS que se alimentan de señales de ambos sistemas, lo que da, en principio, mayor solidez a las observaciones.

Actualmente, por iniciativa europea, se está desarrollando el sistema GALILEO, que pretende satisfacer las necesidades de la comunidad civil mundial. Desde 1999 el sistema está liderado por la Unión Europea y por la Agencia Espacial Europea y se pretende que esté totalmente operativo en el año 2008. Se presenta como un sistema independiente del sistema GPS y GLONASS, pero a la vez complementario, ya que los futuros receptores y aplicaciones con toda probabilidad se beneficiarán de la posibilidad de utilizar todos los sistemas de navegación disponibles.



2. PROCESOS INICIALES

2.1 Hacer estación

A continuación, se van a dar una serie de recomendaciones para realizar el estacionamiento de un aparato topográfico (Taquímetro, Teodolito, Estación Total). Debe tenerse en cuenta que un buen estacionamiento es la base primordial para un buen trabajo topográfico.

Lo primero que se debe hacer es extender el trípode de forma que la vertical imaginaria pase lo más cerca posible del punto a estacionar. Las patas deben abrirse lo suficiente para conseguir una buena estabilidad: si están muy cerradas, el trípode es inestable y tenderá a caerse; si están muy abiertas, tendremos dificultado el movimiento en torno al trípode.



Trípode excesivamente cerrado



Trípode excesivamente abierto



Trípode bien posicionado

El siguiente paso será colocar la Estación Total sobre la plataforma del trípode, sujetándola fuertemente con el tornillo de fijación del trípode. Debe asegurarse de que la Estación está siempre unida al trípode, ya que una caída del instrumento a esta altura afectará con seguridad seriamente a sus elementos mecánicos, ópticos y/o electrónicos.



Plataforma del trípode



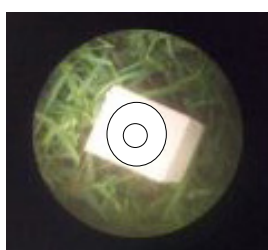
Base de la plataforma nivelante



Estación posicionada

Una vez que el aparato está sujeto al trípode, vemos a través de la plomada óptica dónde está el punto de estación. Sin dejar de mirar a través de la plomada óptica, sujetando una pata con cada mano, levantamos el trípode girando y hacemos coincidir el

punto de estación con la señal de la plomada. Una vez hecha esa coincidencia, posamos suavemente las patas del trípode y pisamos fijando firmemente el trípode.



Observaremos el **nivel esférico** y la situación de la burbuja; ahora nivelaremos el nivel esférico subiendo o bajando las patas del trípode. Cuando esté la burbuja centrada en el nivel esférico, empezaremos a nivelar el nivel de la alidada o principal del instrumento.



Colocamos el **nivel de la alidada** en dirección a dos tornillos, y girándolos en sentidos contrarios, centramos la burbuja, después giramos el aparato 100° y tocando el tercer tornillo, centramos la burbuja del nivel.



Comprobamos el centrado del instrumento con la plomada óptica, y si es necesario se afloja el tornillo de sujeción del aparato al trípode, desplazando suavemente el instrumento, o con los tornillos nivelantes centramos la señal con la marca y subiendo o bajando las patas del trípode se centra la burbuja del nivel esférico.

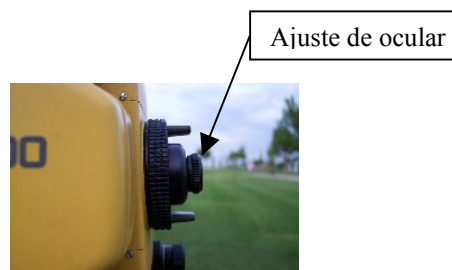
Repetimos la operación, hasta que esté perfectamente nivelado el aparato.

Una vez que está el instrumento estacionado, podemos encender la estación total. Giramos la alidada horizontalmente y basculamos el anteojo para tener las lecturas angulares visibles.

2.2 PRECAUCIONES AL REALIZAR LAS VISUALES

Antes de iniciar el proceso de colimación de un punto, es necesario ajustar el ocular de nuestro aparato de acuerdo con las dioptrías de nuestro ojo, y de forma que se vean con nitidez los hilos del retículo y no se produzca el fenómeno de paralaje. Para ello, es conveniente seguir el siguiente proceso:

Apuntar el telescopio hacia un lugar alejado y claro. Enfocar al infinito con el tornillo de enfoque. Girar el anillo dióptrico (ocular) y ajustar las dioptrías hasta que se vea el retículo claramente (la cruz filar).



Si se crea paralaje entre el retículo y el objeto a visualizar horizontal o verticalmente mientras se mira por el telescopio, el enfoque es incorrecto o el ajuste dióptrico inadecuado. Esto afecta de forma negativa a la precisión en la medición y a los ojos del operario. Eliminar la paralaje mediante un cuidadoso enfoque y ajuste dióptrico.

Se comprueba fácilmente si hay paralaje, mirando por el telescopio y desplazándose horizontal o verticalmente. Si en función de la posición de nuestra cabeza, la cruz filar adopta distintas posiciones, entonces existe paralaje.

Una vez estacionado el instrumento y dispuestos a lanzar una visual y tomar los datos necesarios, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Primero aflojar todos los tornillos de presión del aparato, el horizontal y el vertical.
- Tomando el anteojo por un lugar próximo al ocular y utilizando el sistema de puntería del aparato, se dirige la visual al punto deseado, de forma aproximada.
- Ahora se aprietan bien los tornillos de presión, tanto el horizontal como el vertical.
- Mirando por el ocular, se enfoca bien la imagen, de forma que se vean con nitidez tanto la cruz filar como la imagen del punto al que miramos.
- Usando los tornillos de movimiento lento, se lleva suavemente la cruz filar sobre el punto a colimar.
- Podrá ocurrir que al accionar el tornillo de coincidencia encontremos un tope. No debe



forzarse nunca. El motivo es que no se trata de un tomillo sinfin, sino de recorrido limitado. Girarlo en sentido contrario para que tenga margen tanto a la derecha como a la izquierda y, repitiendo desde aquí la operación, continuar el proceso.

- Ahora se pueden ya tomar los datos necesarios para calcular las distancias y los ángulos horizontal y vertical.

A todo este proceso, se le denomina generalmente “colimación” de un punto.

Cuando se dirigen visuales a miras taquimétricas, el proceso tiene ciertas particularidades, como pueden ser:

- Al afinar la puntería, con los tornillos de coincidencia del movimiento horizontal se debe colocar el hilo vertical del retículo en el centro de la mira, dividiendo a está por la mitad.
- Utilizando el tornillo de coincidencia del movimiento vertical, se llevan los hilos horizontales de la cruz filar al lugar deseado, bajando o subiendo la visual. En Topografía, en la práctica se utilizan dos procedimientos para situar los hilos horizontales sobre la mira:

a).- CABEZA DE MIRA: El hilo central del retículo se lleva hasta que se proyecta en la mira A LA MISMA ALTURA i que tiene el instrumento en la Estación. De esta forma en la formula del desnivel $\Delta Z = t + i - m$, al hacer m igual a i , y ser de signo contrario, se eliminan, quedando $\Delta Z = t$.

b).- HILO SUPERIOR DEL RETÍCULO SITUADO EN UNA LECTURA ENTERA (de decímetro): Con ello se consigue que la diferencia $a-c$ para hallar el número generador sea mas sencilla e induzca a menos errores, además de ser más rápida.

- Se procede a la lectura de los hilos, normalmente central, superior e inferior, y se indica al portamiras que se traslade a un nuevo punto, leyendo posteriormente los ángulos horizontal y vertical. De esta forma se ahorra mucho tiempo.
- En los cambios de Estación y Replanteos se deberá dirigir la visual al pie de la mira y centrar el hilo vertical con el clavo. Deberá indicarse al portamiras que coloque lo más verticalmente posible la mira hasta conseguir que el hilo vertical del retículo biseque la mira. La falta de verticalidad de la mira en sentido transversal a la visual es fácil de corregir por el observador. Sin embargo, la falta de verticalidad en el sentido longitudinal de la visual no la aprecia el observador y puede falsear los resultados. Por ello se debe recomendar al portamiras que "no se relaje" y la mantenga vertical en ambos sentidos.

2.3 MANEJO Y CUIDADO DE LOS INSTRUMENTOS

A continuación se dan una serie de recomendaciones de tipo general, pero que deberán ser tenidos siempre muy en cuenta.

- Tratar el instrumento con sumo cuidado, en especial cuando lo sacamos o introducimos en la caja, que deberá estar situada sobre el suelo o sitio seguro. Al

introducirlo, comprobar que los tornillos de presión estén sueltos.



- Al montar el instrumento sobre el trípode comprobar que queda bien asegurado el tornillo de sujeción, sin exagerar, que queda bien centrado y que los tornillos nivelantes están a la mitad de su recorrido, para lo cual, la mayor parte llevan una muesca.
- Transportar el conjunto aparato-trípode, tomando todas las precauciones necesarias. En general, si se lleva con las patas cerradas, siempre en posición vertical. Si se lleva con las patas abiertas, será de forma que quede sobre el hombro el tornillo de sujeción al trípode, de forma que quede el aparato a la altura de la cabeza.
- Los tornillos de presión se apretarán cuando sea necesario, aunque no muy a fondo para no pasarlos y para poder liberarlos con facilidad.
- No abandonar el instrumento estacionado donde exista la posibilidad de accidente o robo.
- Realizar el estacionamiento del instrumento de forma que no deban situarse las patas del trípode demasiado juntas, asegurándose, además que queden firmemente apoyadas en el suelo.
- Al mirar por el anteojo, previamente enfocado, puede observarse falta de nitidez. Nunca debe limpiarse el ocular ni el objetivo ni con las manos ni con un paño basto. A falta de material más apropiado, usar preferentemente un pañuelo de papel.
- Al visar la mira o punto a colimar, debe verse perfectamente el retículo, exento de error de paralaje
- No apoyar las manos sobre el trípode. Sólo accionar los tornillos.
- Al moverse alrededor del trípode, procurar no tropezar con las patas del mismo.
- Antes de comenzar las observaciones hay que comprobar:
 - ❖ Origen de los ángulos verticales (posición del 0^º).
 - ❖ Sentido de los horizontales (normal o anormal).
 - ❖ Graduación de los limbos.
 - ❖ Inexistencia de paralaje. Visibilidad del retículo.
 - ❖ Perfecto calado de los niveles.

2.4 ERRORES

2.4.1 GENERALIDADES

Las mediciones topográficas se reducen básicamente a la medida de distancias y de ángulos. El ojo humano tiene un límite de percepción, más allá del cual no se aprecian las magnitudes lineales o angulares. Por tanto, cualquier medida que se obtenga auxiliándonos de la vista, será aproximada.

Para hacer las medidas se utilizarán instrumentos que ampliarán la percepción visual, disminuyendo nuestros errores, pero nunca conseguiremos eliminarlos completamente. Además los instrumentos nunca serán perfectos en su construcción y generarán otros errores que se superpondrán a los generados por la percepción visual.

También habrá otras circunstancias externas como son las condiciones atmosféricas, que falsean las medidas, como es la temperatura, la humedad, la presión, etc. y como consecuencia de todas ellas la refracción de la luz, que provocarán otros errores.

Con todos estos errores, las medidas realizadas serán aproximadas y para evitar que los errores se acumulen y con esto llegar a valores inaceptables, será necesario establecer los métodos para que los errores probables o posibles no rebasen un límite establecido de antemano que en topografía se llama **tolerancia**.

Se denomina error a la diferencia entre el valor obtenido y el real.

2.4.2 ERRORES Y EQUIVOCACIONES

Las **equivocaciones** son errores groseros que se pueden evitar nada más que operando con cuidado y atención. Suelen ser grandes en relación a la medida realizada. Por ejemplo al hacer la lectura en una distancia de 25,335 m nos equivocamos y ponemos 23,535 m. Esto es un error grosero que hay que intentar evitar poniendo más cuidado a la hora de anotar los valores.

Los **errores** propiamente dichos son inevitables. Son en general muy pequeños. Por ejemplo, al medir varias veces una distancia obtendremos 25,235 25,233 25,236. Ninguna medida de estas podemos asegurar que sea exacta y lo más seguro es que todas se parezcan mucho a la media real.

Las equivocaciones las desecharemos y repetiremos la medida.

Llamamos errores a los que sean inevitables y no a las equivocaciones.

2.4.3 ERRORES SISTEMÁTICOS Y ACCIDENTALES

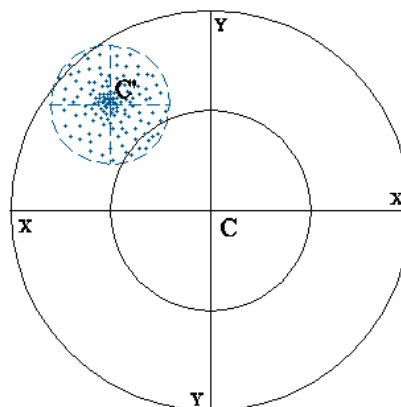
Un error es **sistemático** cuando procede de una causa permanente que obliga a cometerlo siempre según una ley determinada.

Los errores sistemáticos pueden ser **constantes** o **variables**

Un error es **accidental** cuando procede de una causa fortuita que ocasiona el error en un sentido o en otro.

Ejemplo 1. Una operación repetida muchas veces.

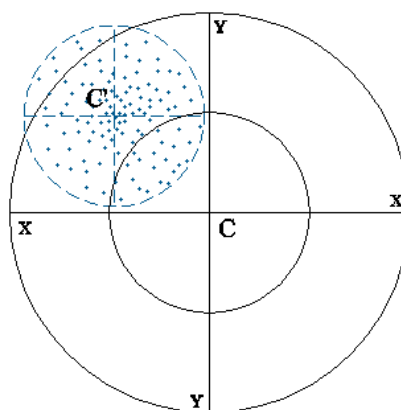
En un tiro al blanco, (realizados por un mismo tirador con el mismo arma y sin variar la distancia de tiro), donde se ven los impactos alrededor del punto C' , cuando la puntería se dirige al punto C .



En la figura se observa que en todos los disparos hay una causa de error constante, que es un **error sistemático** y al no superponerse todos los impactos, sino aparecer diseminados en un área, indican **errores accidentales** en cada impacto.

Se admite que son más numerosos los errores accidentales pequeños que los grandes, y que cuando son muy numerosos, a todo error en un sentido corresponde otro igual y en sentido contrario.

La distancia CC' es el **error sistemático** y la separación de los distintos impactos del punto C' es debida a **errores accidentales**.



El error sistemático puede ser causa de una mala colocación del punto de mira y sería un **error sistemático constante**.

Si la desviación fuese motivada por la velocidad del viento, sería el **error sistemático variable**.

Ejemplo 2. Operaciones encadenadas unas en otras.

Si tenemos que medir una distancia con una regla corta y otra larga, al colocar las reglas en posiciones consecutivas una a continuación de la otra, se cometerá un error sistemático por exceso o por defecto, respectivamente y el error final será igual a dicho error sistemático multiplicado por el número de veces que se haya utilizado la regla.

Pero la falta de coincidencia en cada tramo, del extremo anterior de la regla con la posición que antes ocupaba el posterior, da un **error accidental**, positivo o negativo, unas veces más grande y otras más pequeño, y mientras el **error sistemático** será proporcional a la longitud medida, no será lo mismo con los errores accidentales, en los que se pierde la proporcionalidad.

En operaciones escalonadas los **errores sistemáticos** se acumulan, mientras que los **errores accidentales** se compensan parcialmente.

Un error sistemático no tenido en cuenta puede ser desastroso. Pueden eliminarse en la mayoría de los casos, utilizando métodos apropiados o teniendo en cuenta el error al final de la medida.

Los errores accidentales son inevitables, pero pueden adoptarse medios materiales o formas de trabajar para minimizarlos.

2.4.4 ERRORES VERDADEROS Y APARENTES

Si conociéramos la longitud real y la midiéramos varias veces, al comparar los distintos valores obtenidos con la medida exacta, tendríamos los errores verdaderos cometidos en cada caso.

La longitud real es imposible de saber y adoptaremos como real una más o menos aproximada que al compararla con las diferentes medidas realizadas nos dará una serie de errores aparentes, que son los únicos que podemos conocer.

El valor más probable

Si hiciéramos un número infinito de medidas de una magnitud, a todo error accidental positivo $+\varepsilon$ cometido en la medida, se opone otro negativo $-\varepsilon$, por tanto, la media aritmética de todas las medidas anulará los errores accidentales, obteniendo la medida exacta.

El número de mediciones no podrá ser infinito, pero admitiremos como valor más probable la media aritmética de las medidas efectuadas, siempre que hayan sido realizadas en las mismas condiciones y tengan las mismas garantías.

El *valor más probable* se aproximará al verdadero cuanto mayor sea el número de medidas realizadas. Veámoslo en el siguiente ejemplo:

Medida	Valor
m 1	25,337
m 2	25,332
m 3	25,330
m 4	25,336
m 5	25,332
m 6	25,339
m 7	25,334
m 8	25,329
m 9	25,338
m10	25,332

El valor más probable será:

$$M = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n^\circ \text{medidas}} \quad M = \frac{253,339}{10} = 25,3339$$

Los errores accidentales aparentes

$$\begin{array}{ll}
 \varepsilon'_1 = M - m_1 & \varepsilon'_1 = 25,3339 - 25,337 = -0,0031 \\
 \varepsilon'_2 = M - m_2 & \varepsilon'_2 = 25,3339 - 25,332 = +0,0019 \\
 \varepsilon'_3 = M - m_3 & \varepsilon'_3 = 25,3339 - 25,330 = +0,0039 \\
 \varepsilon'_4 = M - m_4 & \varepsilon'_4 = 25,3339 - 25,336 = -0,0021 \\
 \varepsilon'_5 = M - m_5 & \varepsilon'_5 = 25,3339 - 25,332 = +0,0019 \\
 \varepsilon'_6 = M - m_6 & \varepsilon'_6 = 25,3339 - 25,339 = -0,0051 \\
 \varepsilon'_7 = M - m_7 & \varepsilon'_7 = 25,3339 - 25,334 = -0,0001 \\
 \varepsilon'_8 = M - m_8 & \varepsilon'_8 = 25,3339 - 25,329 = +0,0049 \\
 \varepsilon'_9 = M - m_9 & \varepsilon'_9 = 25,3339 - 25,338 = -0,0041 \\
 \varepsilon'_{10} = M - m_{10} & \varepsilon'_{10} = 25,3339 - 25,332 = +0,0019
 \end{array}$$

ε'_n Son los residuos o desviaciones

ε_n Son los errores verdaderos (desconocidos)

Al hallar el promedio de infinitas operaciones, si fuera posible, se anularían los errores verdaderos cometidos. Al tomar como valor más probable de n medidas la media aritmética se anulan los residuos (la suma algebraica de los residuos, procedentes de tomar como valor más probable de una magnitud la media aritmética de las medidas efectuadas, es igual a cero)

$$\varepsilon'_1 + \varepsilon'_2 + \dots + \varepsilon'_n = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n} - m_1 + \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n} - m_2 + \dots + \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n} - m_n$$

la suma de los residuos será $\varepsilon' = 0$

Si se toma como valor probable aquel que anula la suma de los residuos, este valor es la media aritmética de los valores hallados.

$$\Sigma \varepsilon' = 0 = n * M - (m_1 + m_2 + \dots + m_n) \qquad M = \frac{(m_1 + m_2 + \dots + m_n)}{n}$$

La propiedad $\Sigma \varepsilon' = 0$ se cumplirá según la teoría de máximos y mínimos siempre que se cumpla $(M - m_1)^2 + (M - m_2)^2 + \dots + (M - m_n)^2 = \text{mínimo}$

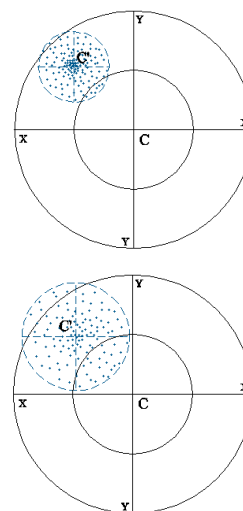
El valor más probable es aquel para el cual se cumple que la suma de los cuadrados de los residuos es mínima.

2.4.5 ERRORES MEDIOS

Supongamos dos tiradores, si determinamos el punto C' que corrige el error sistemático, suponiendo que los dos actúan en condiciones iguales, el primero tiene mejor puntería, por estar más concentrados los impactos.

Siempre que se obtenga el valor más probable de una medida interesa conocer su precisión estableciendo un error medio que lo indique.

Los errores medios que se utilizan son: el *error probable*, *error medio aritmético* y *error medio cuadrático*.



Error probable e_p

Si $\varepsilon_1 \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n$ son los errores verdaderos cometidos en una medida efectuada n veces y los colocamos por orden de magnitud, prescindiendo del signo, el error probable e_p es el situado en el centro de la serie (el que tiene tantos errores mayores que él como más pequeños).

Error medio aritmético e_a

El error medio aritmético es la media aritmética de todos los errores verdaderos conocidos, prescindiendo del signo.

Error medio cuadrático e_c

Si consideramos una serie de errores reales respecto del valor real o exacto de la magnitud que medimos (y que nunca conoceremos) se define como error medio cuadrático a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los residuos dividido por el número de éstos.

$$e_c = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i^2}{n}} \quad \text{error medio cuadrático de una observación aislada}$$

En esta expresión no podemos conocer los valores ε_i puesto que no conocemos el valor real de la magnitud. Por ello, empleamos la siguiente en función de los errores aparentes obtenidos respecto de la media

$$e_c = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i'^2}{n-1}} \quad \text{error medio cuadrático de una observación aislada}$$

Se define como error de la media al error medio cuadrático de una observación aislada dividido por \sqrt{n} , que es:

$$e_c = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i'^2}{n(n-1)}}$$

Error máximo o tolerancia e_m

Lo utilizamos para desechar los valores superiores al mismo $e_m = 2,5e_c$

Ejemplo de varias lecturas leídas con un teodolito centesimal

Medida	Lecturas Acimutes	Residuos ε_i'	Residuos $\varepsilon_i'^2$
1	31,4337	-3	9
2	31,4332	+2	4
3	31,4326	+8	64
4	31,4346	-12	144
5	31,4332	+2	4
6	31,4339	-5	25
7	31,4333	+1	1
8	31,4329	+5	25
9	31,4343	-9	81
10	31,4338	-4	16
11	31,4322	+12	144
<i>media</i>	<i>31,4334</i>		$\sum \varepsilon_i'^2 = 517$

Con estos valores calculamos el **valor más probable**, que es la **media**

Media = valor más probable $M=31^g 43^m 34^s$

Con el valor más probable calculamos los residuos ε_i'

El **error medio cuadrático** de una observación aislada es: $e_c = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i'^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{517}{10}} = 7^s 20$

El **error máximo** es $e_m = 2,5 \times e_c = 2,5 \times 7,20 = 18^s$

Como ningún $\varepsilon_i' > 18^s$ no se elimina ninguna observación

El **error medio cuadrático de la media** se obtiene del error medio cuadrático de una observación aislada dividido por \sqrt{n}

$$e_c^m = \frac{7,20}{\sqrt{11}} = 2^s$$

Valor del acimut calculado y precisión

Tomando la media calculada y el error en ella tenemos: $\text{Acimut} = 31^g 43^m 34^s \pm 2^s$

2.4.6 MEDIA PONDERADA Y PESO

La media es el valor más probable de una serie de medidas, siempre que hayan sido realizadas con la misma precisión.

En el caso de que las medidas se tomen con distintas precisiones, (realizadas con distintos aparatos o en condiciones diferentes), habrá que aplicar la media ponderada.

Si al realizar una medida M se han obtenido una serie de valores M_1, M_2, M_3 , con distintas precisiones;

el valor más probable no será la media simple $M = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{3}$, sino la media ponderada, que es un valor más real: $M = \frac{p_1 M_1 + p_2 M_2 + p_3 M_3}{p_1 + p_2 + p_3}$

Los coeficientes P son los pesos de los valores M

Los pesos son inversamente proporcionales a los cuadrados de los errores específicos de las cantidades referidas.

Ejemplo.- Hallar la media ponderada de un ángulo medido con distintos aparatos, con estos resultados:

Número de medidas	Media de los valores	Error medio cuadrático
5	144° 22' 57"9	± 2"
4	144° 22' 58"8	± 4"
15	144° 22' 59"4	± 3"

El error medio cuadrático de cada medida sería, junto con los pesos:

Error medio cuadrático de la media	Pesos	Igualamos a 1 uno de los pesos
$M_1 = \frac{2''}{\sqrt{5}} = 0''894$	$p_1 = \frac{1''}{M_1^2} = \frac{5}{4}$	$p_1 = 4 \times \frac{5}{4} = 5$
$M_2 = \frac{4''}{\sqrt{4}} = 2''$	$p_2 = \frac{1''}{M_2^2} = \frac{1}{4}$	$p_2 = 4 \times \frac{1}{4} = 1$
$M_3 = \frac{3''}{\sqrt{15}} = 0''774$	$p_3 = \frac{1''}{M_3^2} = \frac{15}{9}$	$p_3 = 4 \times \frac{15}{9} = 6,7$

Y se deduce que: p_1 es 5 veces más preciso que p_2
 p_3 es 6,7 veces más preciso que p_2

La media ponderada sería (tratando sólo los segundos de arco)

$$M_p = \frac{57,9 \times 5 + 58,8 \times 1 + 59,4 \times 6,7}{5 + 1 + 6,7} = 58''8$$

El error medio cuadrático de la media ponderada viene dado por $\sqrt{\frac{\varepsilon_p \times e^2}{e_p(n-1)}}$ que aplicamos

e	e²	P	Pe²	
57,9-58,8=- 0,9	0,81	5,0	4,05	$e_{mp} = \sqrt{\frac{6,5}{12,7(3-1)}} = 0,5$
58,8-58,8= 0,0	0,00	1,0	0,00	
59,4-58,8= 0,6	0,36	6,7	2,40	
		12,7	6,50	

Segunda Parte

En las siguientes páginas, se describen una a una las prácticas programadas, siguiendo por lo general un mismo esquema, describiendo en primer lugar los objetivos y fases de desarrollo de los trabajos de campo, para terminar con las distintas tareas a realizar en el aula de CAD, relativas a tratamiento de los datos de campo y generación cartográfica asociada.

Toda práctica seguirá un esquema general, que pretende una asimilación racional por parte del alumno de los contenidos que en ella se ponen de manifiesto. En el esquema siguiente se puede apreciar esta distribución temporal:

ESQUEMA GENERAL DE UNA PRÁCTICA

<i>1º Explicación en Aula de los objetivos y metodología a seguir.</i>
<i>2º Realización de la práctica en el campo.</i>
<i>3º Revisión de datos y comprobación en campo.</i>
<i>4º Resolución de libretas y generación cartográfica en aula C.A.D.</i>

La idea general es que en cada práctica se necesiten algunos de los datos resueltos en las prácticas anteriores. De este modo se obliga al alumno a un seguimiento continuo de las prácticas a lo largo del curso, sin dejar todo para el final. Por ejemplo, cuando se haga la práctica de Replanteos, se usarán como bases de replanteo las estaciones definidas en la práctica del taquimétrico, por tanto éste deberá estar perfectamente resuelto.

En la página siguiente se representan todas las prácticas consideradas, incluyendo la distribución horaria estimada más conveniente, de acuerdo con la idea inicial de que todas ellas impliquen una presencia del alumno de 45 horas globales.

Las prácticas programadas son:

- Práctica 1.- Conocimiento de los aparatos topográficos
- Práctica 2.- Radiación simple
- Práctica 3.- Doble radiación enlazada
- Práctica 4.- Poligonal cerrada
- Práctica 5.- Taquimétrico completo
- Práctica 6.- Intersección directa e inversa
- Práctica 7.- Nivelación
- Práctica 8.- Replanteo
- Práctica 9.- Modelos Digitales del Terreno
- Práctica 10.- Sistemas de Información Geográfica
- Práctica 11.- Sistemas de posicionamiento Global
- Práctica 12.- Fotogrametría y Fotointerpretación

<u>ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA</u>			
			horas
P 1	Campo	Aparatos, Estacionamiento, medida de Distancias y Ángulos	2
	Aula C.A.D.	Cálculos topográficos con Microsoft Excel	1
P 2	Campo	Radiación simple	2
	Aula C.A.D.	Software topográfico Resolución de Radiación. Plano	2
P3	Campo	Doble radiación enlazada	2
	Aula C.A.D.	Software topográfico Esquemas y Plano	2
P4	Campo	Poligonal.	2
	Aula C.A.D.	Software topográfico Esquemas y Planos	1
P5	Campo	Taquimétrico	3
	Aula de CAD	Software topográfico Esquemas y Planos	2
P 6	Campo	Intersección directa e inversa	2
	Aula C.A.D.	Resolución de intersecciones. Planos	1
P 7	Campo	Nivelación	2
	Aula C.A.D.	Resolución de una nivelación. Planos	2
P 8	Campo	Replanteos	3
	Aula C.A.D.	Obtención de datos de replanteo Planos	2
P 9	Aula C.A.D.	Modelos digitales del Terreno (MDTs)	4
P 10	Aula C.A.D.	Sistemas de Información Geográfica	4
P 11	Aula C.A.D.//campo	G.P.S. (Sistemas de Posicionamiento Global)	3
P 12	Aula C.A.D.	Fotogrametría/Fotointerpretación	3
			45

PRÁCTICA N° 1

I. PRÁCTICAS DE CAMPO:

Aparatos, Estacionamiento y Medida de ángulos y distancias

OBJETIVOS

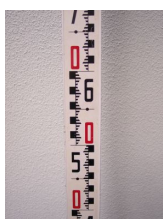
En esta práctica se pretende tomar contacto con los distintos aparatos topográficos, que luego se van a utilizar en las sucesivas prácticas y reconocer sus elementos constituyentes y aprender sus funciones. Asimismo, en esta práctica se aprenderá el modo de realizar una estación con los distintos aparatos y se procederá a la medida de ángulos y distancias (por métodos estadimétricos y/o electrónicos).

Del mismo modo, los alumnos tomarán contacto con los diferentes estadillos de campo, siendo conscientes de los datos necesarios para definir completamente una visual, y ello, para cada aparato topográfico en particular.

FASES

APARATOS

- ❖ Elementos auxiliares de uso común: Trípode, miras, jalones, prismas...



- ❖ **Teodolito, Taquímetro y Estación Total:**

- Anteojo, distanciómetro, hilos del retículo, la cruz filar y los hilos estadimétricos
- Puntería, enfoque y colimación de un punto
- Lecturas sobre la mira
- Lectura azimutal y cenital
- Tornillos de movimiento horizontal y vertical
- Nivel de coincidencia



- Almacenamiento de datos en captador. Transmisión de datos
- ❖ El Nivel Automático:
 - Sistema de compensación de horizontalidad de la visual. Tornillo de movimiento lento horizontal
 - Puntería, enfoque
 - Lectura de hilos sobre la mira



ESTACIONAMIENTO

Proceso para el estacionamiento con el Teodolito, Taquímetro y Estación Total:

- ❑ Situar el Trípode sobre el punto a estacionar.
- ❑ Colocar y fijar el Teodolito sobre la meseta del trípode.
- ❑ Colgar la plomada de gravedad o mirar por la plomada óptica, para situar el aparato sobre el punto de estación.
- ❑ Agarrando el trípode por dos patas y apoyándonos en una, se mira a través de la plomada óptica hasta hacer coincidir la señal con el punto de estación.
- ❑ Actuando sobre los tornillos de fijación de las patas del trípode, calamos la burbuja del nivel esférico de la plataforma nivelante.
- ❑ Fijar bien las patas al terreno, mediante los estribos.
- ❑ Actuando sobre los tornillos de la plataforma nivelante, calar la burbuja del nivel de la alidada en dos direcciones perpendiculares (las de los tornillos). Volver al paso anterior si es necesario.
- ❑ Comprobar el estado de dicha nivelación en cualquier dirección.
- ❑ Corregimos ligeramente los posibles desvíos de la señal de la plomada óptica sobre el punto de estación, aflojando el tornillo de fijación del aparato al trípode y moviéndolo hasta hacer perfecta coincidencia.
- ❑ Ajustar el ocular mirando al infinito.
- ❑ Medir la altura desde el punto de estación al centro del anteojo.



Proceso para el estacionamiento con el Nivel automático:

- ❑ Situar el Trípode sobre un punto a la altura adecuada y fijar el aparato sobre la meseta en forma de rótula.
- ❑ Observando el nivel esférico del aparato, mover éste en torno a la rótula hasta que la burbuja esté calada. Entonces apretar fuerte el tornillo de fijación del trípode.
- ❑ Ajustar el ocular, hasta ver con toda nitidez los hilos del retículo.

MEDIDA DE ÁNGULOS Y DISTANCIAS

Con la Estación Total:

- Medida de ángulos verticales
 - ❑ Colimar un punto.
 - ❑ Con la pantalla en modo de medición de ángulos, leer el ángulo cenital con el nivel de apreciación seleccionado (10, 5 ó 2 cc). También se puede leer dicho ángulo en porcentaje.
- Medida de ángulos horizontales
 - ❑ Colimar un punto.
 - ❑ Con la pantalla en modo de medición de ángulos, leer el ángulo horizontal con el nivel de apreciación seleccionado (10, 5 ó 2 cc).
- Medida de distancias
 - ❑ A través del distanciómetro y utilizando un prisma reflector.
 - ❑ Colimar bien el centro del prisma.
 - ❑ Seleccionar el tipo de medida que queremos (fina, tracking o gruesa).
 - ❑ Activar distanciómetro y anotar la distancia.

Con el nivel:

- Medida de ángulos verticales
 - ❑ Trabajando con nivel, las visuales son todas horizontales, por lo tanto la distancia cenital es siempre 100 grados centesimales.
- Medida de ángulos horizontales
 - ❑ Un nivel puede no tener limbo azimutal. Si lo tiene, suele ser de una apreciación muy baja, del orden de medio grado como mucho.
- Medida de distancias
 - ❑ Leer los tres hilos estadimétricos sobre la mira, apreciando como mínimo el milímetro.
 - ❑ El hilo central del retículo nos permitirá calcular los desniveles entre puntos y los hilos extremos, las distancias horizontales.

II. PRÁCTICAS EN AULA C.A.D. **Cálculos topográficos con Microsoft Excel**

OBJETIVOS

Una vez que se conocen los aparatos topográficos, se sabe estacionar y se es consciente los datos es necesario anotar en cada una de las visuales, se plantea en esta práctica la resolución por parte del alumno de pequeñas hojas de calculo con los datos obtenidos anteriormente.

FASES

Se proponen los siguientes ejercicios:

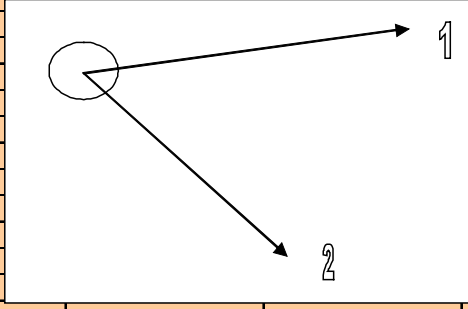
- Cálculo del ángulo de barrido horizontal entre dos visuales.
- Cálculo de distancia y acimut entre dos puntos.

- Cálculo del desnivel entre dos puntos, por nivelación geométrica.
- Cálculo de desniveles entre puntos por nivelación trigonométrica.
- Cálculo de la distancia entre dos puntos, conociendo los ángulos horizontales y las distancias reducidas.
- Cálculo de la distancia horizontal conocida la geométrica y viceversa

Lo que se pretende es que el alumno aprenda a resolver problemas básicos topográficos con ayuda de una herramienta que se halla a su alcance, como es la hoja de cálculo de Microsoft Excel. Con ello, se potencia el conocimiento de la necesidad de tomar los datos necesarios en todas las visuales y se practica activamente la programación de fórmulas que resuelvan cada caso concreto.

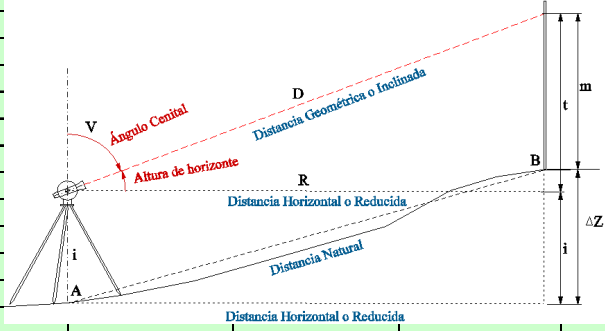
A modo de ejemplo se propone:

Estación	Lectura acimutal 1	Lectura acimutal 2	ÁNGULO
1000	256,458	385,246	128,788



Ángulo de barrido horizontal entre dos visuales

Estación	Punto visado	Lectura acimutal	Distancia cenital	Distancia Geométrica	Distancia Horizontal	t
1000	104	56,249	99,456	184,365	184,3583	1,575



$=C5*SENO(E5*(PI()/200))$

$=C5*COS(E5*(PI()/200))$

Cálculo de la distancia horizontal y de la elevación

PRÁCTICA N° 2

**I. PRÁCTICAS DE CAMPO:
Radiación simple**

OBJETIVOS

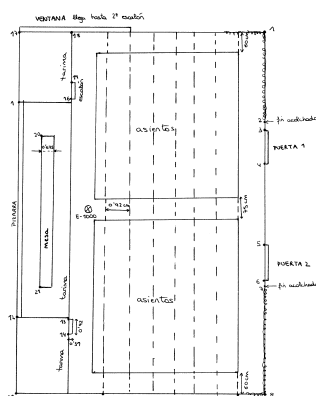
Una vez que ya se conocen los aparatos topográficos, se sabe medir ángulos y distancias y se conocen los datos necesarios para definir completamente una visual, se va a realizar un levantamiento topográfico por medio de una simple radiación, de forma que se tengan los elementos necesarios para calcularla por medio de software topográfico adecuado.

FASES

- Delimitación y reconocimiento del terreno y detalles a levantar.
- Toma de decisión sobre la localización y materialización del punto a estacionar.
- Elaboración de un croquis de campo.
- Preparación de libretas de campo.
- Hacer estación.
- Ajustar ocular.
- Elegir una referencia.
- Comenzar la captura de datos de las visuales, mediante radiación.

Taquimétrico		Desorientación $\Sigma =$		Acimut $\theta =$		Lectura_Horizontal				
Alt. inst.	Estación	Punto	Distancia Geométrica	Ángulo		Alt. Prisma	Distancia Reducida	t	ΔZ	Notas
				Horizontal	Vertical					

Modelo de cabecera de estadillo de campo



En todo trabajo de campo suele ser necesario realizar un croquis a mano alzada definiendo los detalles más importantes que van a ser levantados, de modo que en gabinete dicho croquis pueda servir de orientación para la unión de los puntos y dibujo del plano. En bastantes ocasiones, el croquis puede ayudar a aclarar ciertas discrepancias entre la realidad y lo anotado o capturado en las libretas

Modelo de croquis de campo

A modo de ejemplo, se presenta la siguiente radiación simple, realizada sobre un salón de actos de un edificio politécnico, desde una estación. Se pretende que por el método

de radiación queden perfectamente definidos los detalles más importantes que configuran dicho salón.

Los datos tomados son los siguientes:

LIBRETA DE CAMPO

Nº PTO	NºEST.	-----H----	-----V---	----DR--	---M--	---I--
1	1000	399.9490	96.5450	14.867	1.650	1.484
2	1000	388.5980	95.6090	11.795	1.650	1.484
3	1000	388.1140	95.6450	11.845	1.650	1.484
4	1000	352.3880	93.7750	8.233	1.650	1.484
6	1000	320.2820	93.5130	7.856	1.650	1.484
7	1000	276.6380	96.7250	2.220	1.650	1.484
8	1000	318.8200	92.8970	7.093	1.650	1.484
9	1000	208.5340	96.2720	1.968	1.650	1.484
10	1000	169.9570	91.1250	3.477	1.650	1.484
11	1000	102.1660	90.8930	3.416	1.650	1.484
12	1000	63.7390	95.6830	1.940	1.650	1.484
13	1000	54.8830	96.5860	9.526	1.650	1.484
14	1000	41.1740	99.0320	9.039	1.650	1.484
15	1000	49.4020	97.5460	13.001	1.650	1.484
16	1000	39.1230	99.2930	12.702	1.650	1.484
17	1000	28.5830	99.3120	12.762	1.650	1.484
18	1000	3.2600	96.3100	14.463	1.650	1.484
19	1000	379.6910	94.2460	9.056	1.650	1.484
20	1000	26.0080	98.3460	5.788	1.650	1.484

El 0 acimutal del aparato está posicionado en una dirección arbitraria y no tenemos posibilidad de conocer la desorientación, por lo que obtendremos las coordenadas X, Y Z en un sistema cartesiano que considere como eje Y la dirección del cero del aparato y, consiguientemente, como eje X la perpendicular.

Las fórmulas que se deberán utilizar son las siguientes:

$$\Delta X = D_r \times \text{sen } L\theta$$

$$\Delta Y = D_r \times \text{cos } L\theta$$

$$\Delta Z = t + i - m$$

$$t = D_r / \text{tg } \Delta$$

D_r = distancia reducida

t = elevación

i = altura del instrumento

m = altura del prisma

Δ = distancia cenital

Coordenadas:

$$X = X_E + \Delta X$$

$$Y = Y_E + \Delta Y$$

$$Z = Z_E + \Delta Z$$

II. PRÁCTICAS EN AULA C.A.D.

Software topográfico para la resolución de libretas de campo. Transformación de datos y exportación a fichero CAD.

OBJETIVOS

Una vez obtenidos los datos de campo que definen el terreno a levantar parece aconsejable aprender el manejo de un programa de resolución de libretas topográficas de campo para llegar a la obtención de las coordenadas X, Y, Z de los puntos levantados.

En las clases teóricas se recibirá los suficientes conocimientos para la resolución analítica de dichas libretas.

En esta segunda práctica, se describirán Programas de aplicación topográfica sencillos, tipo TOPCAL, TOPOCAL..., que se caracteriza por ser de fácil manejo y aprendizaje. Además el usuario realiza la resolución de las libretas “paso a paso”, controlando y decidiendo en todo momento los distintos procesos a ejecutar.

El objetivo final de esta práctica es llegar a la obtención de un fichero .DXF de todos los puntos levantados del terreno, que pueda ser importado posteriormente por Microstation® o Autocad®. Además, se enseñará a sacar listados de observaciones, listados de puntos con coordenadas, etc.

DESARROLLO

- ❖ Definición de los ficheros de trabajo: fichero de observaciones y puntos.
- ❖ Generación de un fichero de observaciones.
 - ❑ Introducción de datos de campo.
 - ❑ Modificación de registros.
 - ❑ Listados: a través de la pantalla, por impresora o a fichero de texto.
- ❖ Generación de un fichero de puntos
 - ❑ Introducción de datos de campo.
 - ❑ Modificación de registros.
 - ❑ Listados: a través de la pantalla, por impresora o a fichero de texto.
- ❖ Herramientas primarias útiles:
 - ❑ Distancia entre puntos.
 - ❑ Intersección de líneas rectas.
 - ❑ Angulo entre visuales.
 - ❑ Etc.

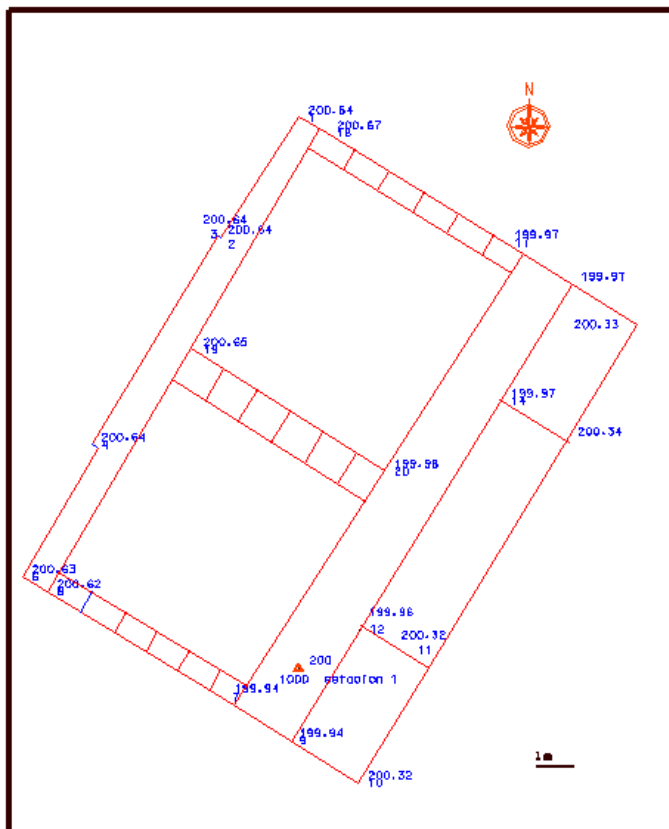
Como aplicación directa, se presenta la resolución topográfica de la libreta de campo correspondiente a la simple radiación presentada en el apartado anterior, deduciendo finalmente el listado de puntos con coordenadas X,Y,Z de todos los puntos del levantamiento.

Aplicando las fórmulas descritas a cada una de las visuales y dando como coordenadas de origen a la estación X,Y.Z (6000, 5000, 200) se obtienen las siguientes coordenadas para los puntos radiados:

LISTADO DE COORDENADAS

Nº PTO	----X----	----Y----	---Z---
1	5999.988	5014.867	200.642
2	5997.899	5011.606	200.649
3	5997.801	5011.639	200.646
4	5994.401	5006.036	200.642
6	5992.539	5002.461	200.637
7	5997.928	4999.203	199.948
8	5993.215	5002.066	200.629
9	5999.737	4998.050	199.949
10	6001.581	4996.903	200.322
11	6003.414	4999.884	200.326
12	6001.634	5001.046	199.966
13	6007.232	5006.200	200.345
14	6005.447	5007.213	199.971
15	6009.106	5009.279	200.335
16	6007.324	5010.378	199.975
17	6005.539	5011.497	199.972
18	6000.740	5014.444	200.673
19	5997.160	5008.599	200.655
20	6002.299	5005.312	199.984

PLANO:



PRÁCTICA N° 3

I. PRÁCTICAS DE CAMPO:

Doble radiación enlazada

Todo lo visto hasta ahora, en general, es bastante fácil de entender y asimilar. Pero los problemas de interpretación suelen comenzar cuando se pretende enlazar dos o más estaciones con sus ceros acimutales orientados en distinta dirección. De ahí que se haya considerado imprescindible realizar una práctica independiente levantando un terreno mediante el estacionamiento en dos puntos. Con ello se pretende también consolidar el concepto de desorientación.

OBJETIVOS

En esta práctica vamos a realizar una doble radiación enlazada, mediante visual de espalda y visual de frente. Se pretende no sólo que el alumno adquiera agilidad en el proceso de “hacer estación”, sino que sea consciente de la importancia de realizar un correcto enlace de estaciones.

Se hará especial hincapié en el concepto de desorientación y en la importancia de aplicar dicha desorientación a las lecturas azimutales para transformarlas a otro sistema de coordenadas.

Se adquirirá igualmente agilidad en la toma de datos tanto angulares como lineales, así como en el proceso de la puntería y colimación de los puntos.

DESARROLLO

La práctica consistirá en realizar una doble radiación (con enlace de estaciones) de una zona perfectamente definida del campus universitario. Se facilitará a cada grupo un croquis de la zona a levantar, en el que vendrán reflejados los puntos en dónde se realizarán las estaciones. Estos puntos quedarán definidos en el terreno mediante un clavo perfectamente visible y estacionable. Asimismo, se proporcionarán las correspondientes libretas de campo, para la correcta anotación de los datos de campo.

Cada grupo decidirá qué puntos levantar de la zona representada en el croquis. De este modo, el alumno tomará conciencia de la mayor o menor significación de los infinitos puntos que definen un terreno y de la importancia de saber elegir los mejores.

FASES

- Definir en el terreno las dos estaciones a plantear.
- Estacionar el aparato sobre el primer Punto-Estación.
- Localizar una buena referencia, para la comprobación de la calidad de las medidas angulares posteriores.
- Comenzar a lanzar visuales a puntos característicos del terreno, anotando todos los datos necesarios en la libreta de campo (acordarse de enlazar la segunda estación).

- ❑ Mirar a la referencia frecuentemente y anotar las lecturas angulares.
- ❑ Recoger el aparato.
- ❑ Estacionar en la segunda estación. (Repetir el proceso)

II. PRÁCTICAS EN AULA C.A.D.

**Software topográfico para la resolución de libretas de campo.
Transformación de datos y exportación a fichero CAD.**

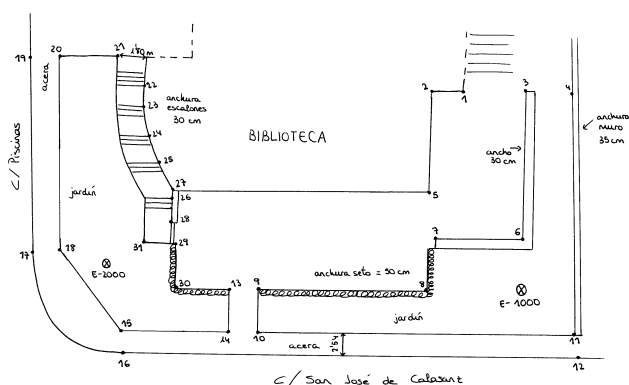
OBJETIVOS

En esta práctica se consolidarán los conocimientos adquiridos en relación con la resolución de libretas topográficas mediante el uso de software específico, haciendo especial hincapié en el cálculo de desorientaciones de una estación frente a otra. Una vez obtenida la desorientación de la segunda estación y arrastrado dicho valor a las visuales correspondientes, se calcularán las coordenadas absolutas en un mismo sistema de coordenadas, obteniendo el Plano global del levantamiento.

DESARROLLO

- Definir los ficheros de trabajo
- Introducción de datos de campo.
- Cálculo de desorientaciones.
- Cálculo de acimutes, aplicando la desorientación.
- Radiación de las dos estaciones.
- Obtención de un fichero *.dxf
- Importación de dicho fichero, con un programa de CAD.
- Comprobar el resultado obtenido con el croquis de campo.
- Iniciar con un programa de CAD la representación de todos los detalles del terreno, en base a los puntos levantados y visualizados, apoyándonos siempre en el croquis y en las observaciones de la libreta de campo.
- Salida gráfica en formato y escala normalizada.

Como ejemplo práctico para esta tercera práctica, se propone el siguiente levantamiento:



Croquis correspondiente a una zona del campus universitario, en el que se han planteado dos estaciones enlazadas, con radiación desde cada una de ellas a puntos característicos.

Los datos tomados en campo han sido:

ESTACION 1000 E-1000

PUNTO	H	V	D	M	I
1	187.9594	99.8614	23.48	1.75	1.54
3	196.0492	99.8722	23.12	1.75	1.54
4	202.8720	100.2074	23.46	1.75	1.54
5	172.9390	99.9102	13.48	1.75	1.54
6	188.4405	99.6540	10.14	1.75	1.54
7	162.8222	99.8592	12.18	1.75	1.54
8	102.9498	100.1110	7.04	1.75	1.54
9	102.3184	99.9582	39.73	1.75	1.54
10	93.6528	99.1496	40.12	1.75	1.54
11	353.4680	100.2904	7.39	1.75	1.54
12	367.9194	101.6434	9.20	1.75	1.54
2000	104.1814	98.2150	68.52	1.75	1.54

ESTACION 2000

PUNTO	H	V	D	M	I
1000	301.6572	101.5022	68.52	1.75	1.53
13	304.8080	104.2538	25.80	1.75	1.53
14	317.6906	102.6890	26.81	1.75	1.53
15	355.7312	103.7034	9.75	1.75	1.53
16	364.3898	104.3438	11.90	1.75	1.53
17	102.0192	100.1400	5.64	1.75	1.53
18	105.5658	94.3296	2.62	1.75	1.53
20	193.9402	97.8756	29.03	1.75	1.53
21	219.3508	97.0702	31.75	1.75	1.53
22	225.1004	98.2340	28.52	1.75	1.53
23	231.5158	98.1762	24.48	1.75	1.53
24	241.0948	99.6364	20.30	1.75	1.53
25	255.9800	101.5102	17.11	1.75	1.53
26	273.7780	104.1546	151.33	1.75	1.53
27	259.1988	103.3904	16.72	1.75	1.53
28	276.8526	106.1928	15.22	1.75	1.53
29	287.9580	106.2312	15.16	1.75	1.53
30	307.9536	106.9142	16.05	1.75	1.53
31	286.4666	107.0346	13.26	1.75	1.53

Las estaciones han sido posicionadas en dos puntos con buena intervisibilidad y de coordenadas desconocidas. Las estaciones no fueron orientadas y la dirección de sus ceros acimutales es totalmente arbitraria. Se tiene, como dato de partida, que el acimut de la primera estación a la segunda es 306° . Por tanto, habrá que calcular en primer lugar las desorientaciones de las estaciones y después calcular ambas radiaciones. Los resultados de dicho cálculo son:

$$W_{1000} = 306 - 104.1814 = 201.8186$$

$$W_{2000} = 106 - 301.6572 = -195.6572$$

Dando unas coordenadas de salida para la estación 1000 de X.Y.Z (5000, 5000, 100), se obtienen las siguientes coordenadas de los puntos radiados:

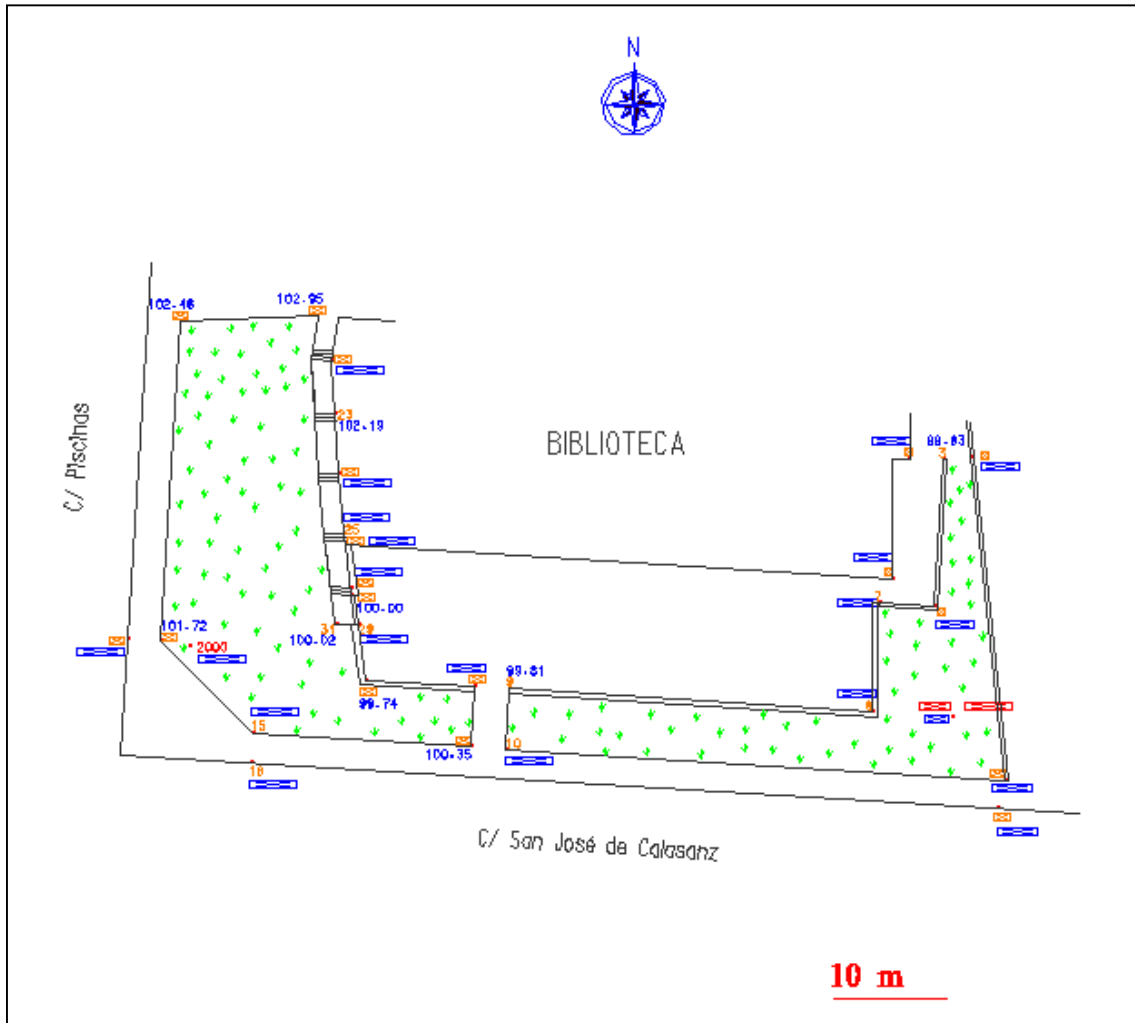
ESTACION 1000			
X	Y	Z	w
-----	-----	-----	-----
5000.00	5000.00	100.00	201.8186

PUNTO	X	Y	Z
-----	-----	-----	-----
1	4996.25	5023.17	99.84
3	4999.23	5023.11	99.84
4	5001.73	5023.40	99.71
5	4994.79	5012.43	99.81
6	4998.45	5010.02	99.85
7	4993.58	5010.35	99.82
8	4992.98	5000.53	99.78
9	4960.35	5002.58	99.82
10	4959.98	4997.15	100.33
11	5004.77	4994.36	99.76
12	5004.21	4991.82	99.55

ESTACION 2000			
X	Y	Z	w
-----	-----	-----	-----
4931.76	5006.45	101.71	-195.6572

PUNTO	X	Y	Z
-----	-----	-----	-----
13	4957.29	5002.75	99.77
14	4956.98	4997.36	100.36
15	4937.48	4998.55	100.92
16	4937.37	4995.96	100.68
17	4926.15	5007.01	101.48
18	4929.17	5006.86	101.73
20	4930.97	5035.47	102.46
21	4943.30	5036.03	102.96
22	4944.48	5031.97	102.28
23	4944.83	5027.15	102.19
24	4945.04	5021.79	101.61
25	4945.65	5016.44	101.09
26	5074.23	5057.44	91.60
27	4945.80	5015.51	100.60
28	4946.31	5010.88	100.01
29	4946.80	5008.28	100.00
30	4947.51	5003.37	99.74
31	4944.87	5008.36	100.02

PLANO:



PRÁCTICA N° 4

**I. PRÁCTICAS DE CAMPO:
Poligonal cerrada**

Antes de realizar un taquimétrico completo, se considera conveniente desarrollar esta práctica de cálculo de una poligonal cerrada, de forma que se profundice suficientemente en el problema de la compensación angular y lineal cuando se plantean más de dos estaciones enlazadas.

OBJETIVOS

El objetivo fundamental en esta práctica es concienciar al alumno de lo importante que es realizar las observaciones angulares y lineales con la máxima precisión. Se verá que aunque dichos errores angulares y lineales son inevitables, estos se pueden minimizar de forma que no se alcancen errores de cierre intolerables.

Se propone una poligonal cerrada, ya que es una de las geometrías más fáciles de imaginar y comprender, y los pasos que se llevan a cabo durante su cálculo topográfico son fáciles de interpretar. Es conveniente realizar los cálculos por diversos métodos (ángulos interiores, arrastre de desorientaciones, ...) hasta llegar al error angular de cierre calculado. También interesa describir los distintos sistemas de compensación de dichos errores y destacar los casos en que es más conveniente aplicar uno u otro. Igualmente es importante evidenciar los errores lineales y errores en cota y saber compensarlos adecuadamente.

DESARROLLO

En esta práctica se darán al alumno una serie de estaciones definidas en el terreno mediante clavos semipermanentes, para que estacionando en ellos sucesivamente defina los ejes mediante visual de espaldas y visual de frente, haciendo todas las anotaciones necesarias.

- Definición de la poligonal, señalando los puntos de estación.
- Estacionar el aparato en la primera estación.
- Lanzar visual de espalda y visual de frente, anotando los datos necesarios.
- Pasar a la siguiente estación y repetir la misma sistemática.
- Cuidar especialmente las punterías, mirando a la base del jalón antes de anotar los ángulos horizontales
- Es aconsejable realizar lecturas en círculo directo y círculo inverso, para minimizar los errores.
- Cerrar la poligonal, comprobando al final que no queda ningún dato sin anotar.

II. PRÁCTICAS EN AULA C.A.D.
Software topográfico, para la resolución de Poligonales.
Esquemas y Planos.

OBJETIVOS

En esta práctica se aprenderá a resolver la libreta topográfica correspondiente a la Poligonal cerrada planteada en el campo. Se afianzará el concepto de arrastre de desorientaciones, así como la conveniencia de minimizar los errores angulares y lineales.

Igualmente se procederá a la compensación angular y lineal por distintos métodos, utilizando software topográfico específico.

DESARROLLO

- Volcado de datos de campo y generación de ficheros de puntos y observaciones.
- Compensación angular.
- Compensación lineal en X e Y
- Compensación en Z
- Obtención de coordenadas X,Y,Z de las estaciones.
- Exportación de fichero de puntos a formato de intercambio gráfico.
- Dibujo de la Poligonal con aplicación CAD.

Como ejemplo, se aportan los datos de campo tomados en el levantamiento de la poligonal cerrada siguiente, compuesta por cuatro ejes. Las coordenadas que tomamos para la primera estación son X,Y,Z (5000, 5000, 300) y su desorientación es 376.2582^g.

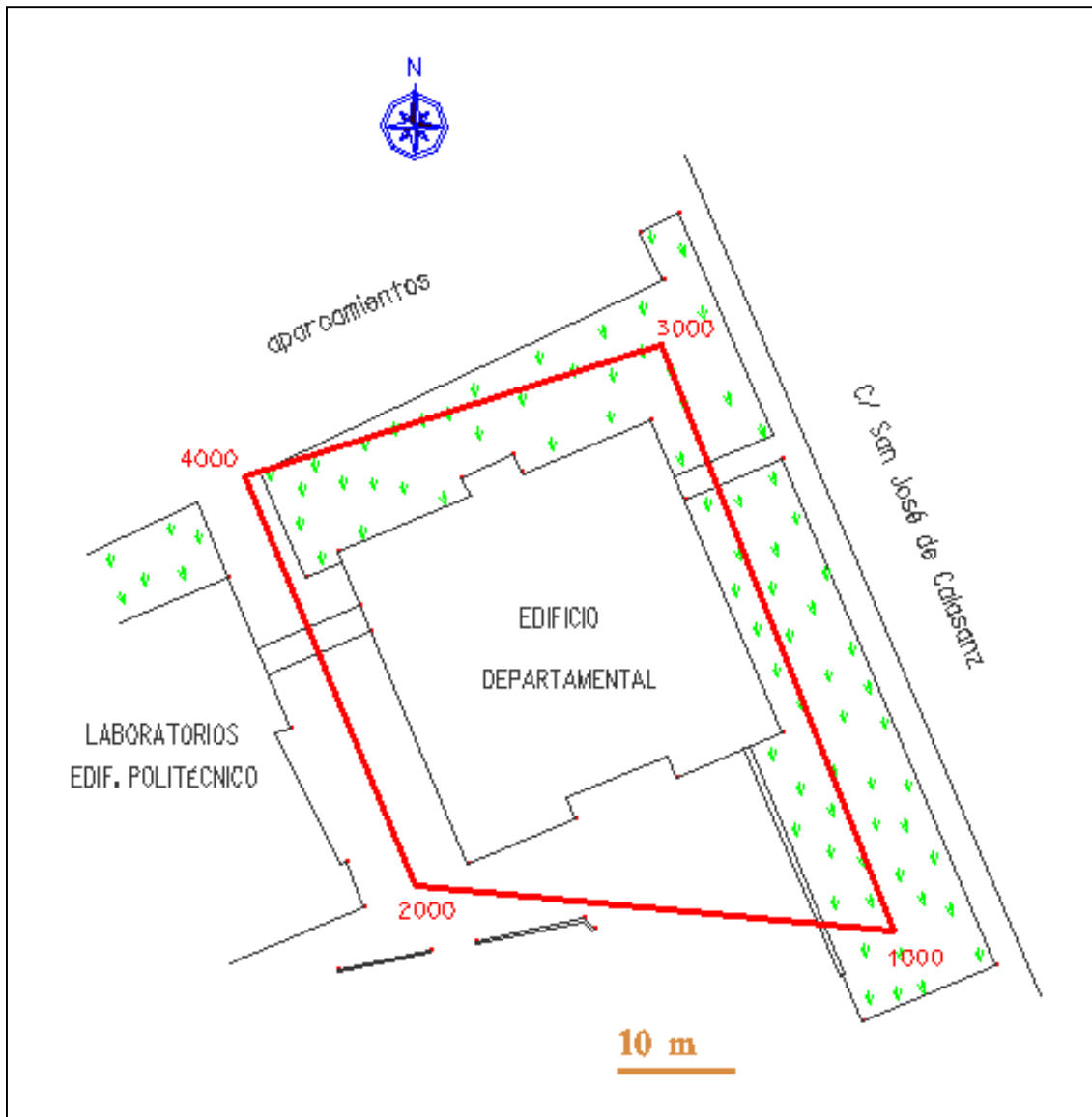
P O L I G O N A L

-NE-	-NV-	----H---	---V---	----DG--	-M-	-I-	---AZ---	--DR--	-DES-
1000	2000	329.7418	99.8618	41.031	1.40	1.50	305.9982	41.031	0.189
2000	1000	127.9964	100.3820	41.036	1.40	1.44	105.9982	41.035	-0.206
2000	4000	396.8356	100.8782	37.885	1.40	1.44	374.8355	37.881	-0.483
4000	2000	140.1528	99.2894	37.906	1.40	1.46	174.8355	37.904	0.483
4000	3000	45.6560	99.4686	37.386	1.40	1.46	80.3368	37.385	0.372
3000	4000	6.1808	100.7598	37.359	1.40	1.47	280.3369	37.356	-0.376
3000	1000	301.8768	100.1896	53.960	1.40	1.47	176.0310	53.960	-0.091
1000	3000	399.7728	100.0040	53.968	1.40	1.50	376.0310	53.968	0.097

Longitud de la poligonal 170.3
 Error de cierre angular = **-0.0074**
 Error de cierre en --X-- **-0.001**
 Error de cierre en --Y-- **-0.007**
 Error de cierre en --Z-- **0.005**

-NE-	-----X-----	----Y----	-----Z---	--w--
1000	5000.000	5000.000	300.000	-23.7418
2000	4959.149	5003.859	300.199	378.0018
4000	4944.557	5038.828	299.717	34.6827
3000	4980.159	5050.186	300.092	274.1561
1000	5000.000	5000.000	300.000	376.2582

PLANO:



PRÁCTICA N° 5

**I. PRÁCTICAS DE CAMPO:
Taquimétrico**

OBJETIVOS

Esta práctica es especialmente importante, pues en ella quedarán asentados conceptos importantes como el de la desorientación en una estación y el enlace entre estaciones. La práctica se realizará con Estación Total, por ser el aparato mayormente utilizado en la actualidad para este propósito.

Las posibilidades de uso de itinerarios planimétricos y taquimétricos en trabajos de ingeniería son muchas y por tanto es necesario darle la importancia que se merece.

DESARROLLO

Al grupo de prácticas se le encomendará la realización de un taquimétrico de una zona del Campus Universitario, reflejada en un croquis. Las estaciones serán elegidas y definidas por el propio grupo. De esta forma se empezarán ya a tomar decisiones y a soportar las consecuencias positivas o negativas de tales decisiones.

Se pondrá especial hincapié en la realización precisa del enlace entre estaciones, tomando las máximas precauciones para obtener un mínimo error angular y lineal de cierre para el itinerario. Los puntos radiados desde cada estación, serán los más significativos de la zona a levantar. Se suministrarán las correspondientes libretas de campo para la correcta toma de datos y observaciones, y se exigirá la realización de uno o varios croquis a mano alzada del terreno a representar.

FASES

- ❑ Reconocer el terreno, identificando los posibles puntos a levantar y las zonas óptimas para fijar las estaciones.
- ❑ Fijar las estaciones por medio de clavos en el terreno, eligiendo lugares fácilmente estacionables e intentando definir un adecuado itinerario planimétrico cerrado.
- ❑ Estacionar en la primera estación e iniciar el levantamiento. No olvidar mirar a una referencia desde cada estación y enlazar convenientemente con la estación anterior y la siguiente.
- ❑ Tomar las lecturas necesarias desde cada estación y anotarlas en la libreta de campo correspondiente, reflejando en ella las observaciones necesarias para definir claramente los puntos levantados.
- ❑ Antes de terminar la última estación, comprobar que se han realizado todas las lecturas necesarias, especialmente las correspondientes al cierre del itinerario entre estaciones.

II. PRÁCTICAS EN AULA C.A.D.

Software topográfico, para la resolución de Taquimétricos. Esquemas y Planos.

OBJETIVOS

Con las visuales que componen la poligonal, se procederá a su resolución, obteniendo las desorientaciones y las coordenadas de las estaciones. Seguidamente se realizará la radiación simple de los puntos visados desde cada estación y obtención de sus coordenadas. Y finalmente, con todos estos puntos se generará un fichero gráfico CAD sobre el cual se representará la zona levantada.

Se terminará la práctica haciendo una salida gráfica en formato y escala normalizados.

DESARROLLO

- ❑ Definir los ficheros de trabajo: fichero de observaciones y fichero de puntos.
- ❑ Generar el fichero de observaciones de campo, con todas las visuales realizadas.
- ❑ Dar coordenadas de partida a la primera estación del itinerario. Si no se conoce, asignar una desorientación a la misma.
- ❑ Resolver la poligonal con el software topográfico disponible, de forma que se obtengan las coordenadas planimétricas y altimétricas del resto de estaciones del itinerario.
- ❑ Resolver la radiación de puntos desde cada estación, de forma que se complete totalmente el fichero de puntos del trabajo.
- ❑ Exportar a un formato gráfico los puntos con sus coordenadas X,Y,Z.
- ❑ Abrir con aplicación CAD este fichero.
- ❑ Traer como fichero de referencia un formato normalizado con su correspondiente cajetín.
- ❑ Incorporar células y Patrones de relleno.
- ❑ Preparar todo el conjunto para su impresión a una escala adecuada.

Como ejercicio práctico resuelto para esta práctica, se propone el levantamiento topográfico de una amplia zona del campus universitario, que requerirá la generación de diversos croquis, tal vez uno por cada estación. Los datos de campo tomados han sido los siguientes:

<i>Est.</i>	<i>PTO</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>Z</i>	<i>M</i>	<i>I</i>
1001	1	228.1810	100.8480	46.255	1.700	1.590
1001	2	275.1060	100.7195	20.333	1.700	1.590
1001	3	276.7625	100.7595	19.069	1.700	1.590
1001	4	291.4260	100.6500	17.825	1.700	1.590
1001	5	291.8250	100.7060	18.772	1.700	1.590
1001	6	368.0805	99.6800	36.724	1.700	1.590
1001	7	369.5885	99.7215	36.279	1.700	1.590
1001	8	372.9085	99.0865	40.102	1.700	1.590
1001	9	373.2460	99.0860	43.738	1.700	1.590
1001	10	380.2525	99.1710	41.780	1.700	1.590

1001	11	388.0410	98.8980	40.387	1.700	1.590
1001	12	391.5415	99.1760	53.398	1.700	1.590
1001	13	391.1765	99.2180	56.387	1.700	1.590
1001	14	386.2840	99.2370	57.315	1.700	1.590
1001	1002	3.0115	98.0680	69.855	1.700	1.590
1001	15	12.3880	97.9410	61.480	1.700	1.590
1001	16	7.4830	98.1240	60.675	1.700	1.590
1001	17	6.4060	98.1405	60.691	1.700	1.590
1001	18	4.3415	98.1830	60.545	1.700	1.590
1001	19	3.2255	98.1830	60.695	1.700	1.590
1001	20	9.7130	100.1800	52.936	0.000	1.590
1001	21	10.8560	97.8465	53.100	1.700	1.590
1001	22	18.3120	97.2150	41.267	1.700	1.590
1001	23	13.4720	97.2940	40.441	1.700	1.590
1001	24	10.2060	99.3690	39.924	1.700	1.590
1001	25	6.7970	99.6015	39.786	1.700	1.590
1001	26	5.0330	99.5650	39.760	1.700	1.590
1001	27	1.8650	99.5650	39.547	1.700	1.590
1001	28	0.1815	99.5895	39.603	1.700	1.590
1001	29	399.9950	99.6190	36.067	1.700	1.590
1001	30	1.8715	99.5870	36.051	1.700	1.590
1001	31	5.2925	99.6030	36.177	1.700	1.590
1001	32	7.1615	99.6030	36.317	1.700	1.590
1001	33	19.0305	96.4680	31.209	1.700	1.590
1001	34	17.8940	96.5785	31.013	1.700	1.590
1001	35	26.2820	95.3505	22.744	1.700	1.590
1001	36	24.2765	95.4520	22.447	1.700	1.590
1001	37	32.5450	95.3255	23.742	1.700	1.590
1001	38	18.4305	99.1190	21.710	1.700	1.590
1001	39	11.0065	99.5125	21.130	1.700	1.590
1001	40	7.8050	99.4660	21.004	1.700	1.590
1001	41	190.7820	99.6105	11.348	1.700	1.590
1001	42	184.9940	99.6405	11.608	1.700	1.590
1001	43	173.4185	99.6415	12.340	1.700	1.590
1001	44	160.5165	102.5230	13.941	1.700	1.590
1001	45	158.9060	102.6025	13.510	1.700	1.590
1001	46	164.5100	102.7645	12.531	1.700	1.590
1001	47	93.4950	104.0115	8.491	1.700	1.590
1001	48	89.3360	98.3735	5.580	1.700	1.590
1001	49	93.5210	91.8035	8.562	1.700	1.590
1001	50	73.8115	88.4900	9.165	1.700	1.590
1001	51	80.3325	87.7740	9.464	1.700	1.590
1001	52	80.5070	91.8690	9.111	1.700	1.590
1001	53	84.6180	89.9505	11.793	1.700	1.590
1001	54	60.0970	91.8105	14.119	1.700	1.590
1001	55	86.3865	94.7200	23.537	1.700	1.590
1001	56	88.2850	96.6420	23.641	1.700	1.590
1001	57	93.4340	96.7385	23.323	1.700	1.590
1001	58	86.7005	96.4220	30.604	1.700	1.590
1001	59	181.9320	101.3030	27.473	1.700	1.590
1001	60	190.3270	99.7425	47.002	1.700	1.590
1001	61	197.7205	100.0475	46.324	1.700	1.590
1001	62	199.1625	100.0570	46.281	1.700	1.590
1001	63	201.8970	100.0565	48.653	1.700	1.590
1001	64	203.2545	100.0565	48.641	1.700	1.590
1001	65	183.2170	102.1090	24.016	1.700	1.590
1001	1004	87.7095	97.2040	47.190	1.700	1.590
1004	1001	67.4390	102.5165	47.179	1.700	1.596
1004	66	60.5025	102.5180	16.558	1.700	1.596
1004	67	75.1270	95.6865	3.492	1.700	1.596
1004	68	393.5535	100.6820	19.593	1.700	1.596

1004	69	378.3510	101.1675	19.289	1.700	1.596
1004	70	365.2630	100.7025	19.841	1.950	1.596
1004	71	13.2515	101.2215	32.730	1.700	1.596
1004	72	399.9805	100.9390	54.931	1.700	1.596
1004	73	398.8105	100.8795	58.736	1.700	1.596
1004	74	170.8495	97.6410	20.347	1.700	1.596
1004	75	185.6785	98.2035	20.752	1.700	1.596
1004	76	196.0770	98.6490	23.532	1.700	1.596
1004	77	176.5155	98.4480	42.584	1.700	1.596
1004	1003	182.2755	98.8560	48.366	1.700	1.596
1004	78	93.8905	99.4570	14.445	1.700	1.596
1004	79	138.9340	96.1200	5.583	1.700	1.596
1004	80	223.8445	98.9960	29.226	1.700	1.596
1004	81	233.9310	98.7380	33.628	1.700	1.596
1004	82	312.0015	100.7945	22.630	1.700	1.596
1004	83	310.2280	100.6840	24.015	1.700	1.596
1004	84	307.2325	100.3840	26.927	1.700	1.596
1004	85	333.7605	101.5850	25.986	1.700	1.596
1004	1005	267.2045	99.8770	20.824	1.700	1.596
1003	1004	266.6375	100.8365	48.357	1.700	1.568
1003	86	303.7935	97.2575	7.123	1.700	1.568
1003	87	369.6145	98.1465	3.960	1.700	1.568
1003	88	202.4475	97.7615	5.908	1.700	1.568
1003	89	157.4290	97.9470	3.706	1.700	1.568
1003	90	95.5670	98.6215	2.284	1.700	1.568
1003	91	70.7765	99.9680	12.481	1.700	1.568
1003	92	53.2820	98.9975	19.198	1.700	1.568
1003	93	57.9755	99.1725	30.395	1.700	1.568
1003	94	40.3320	99.7395	18.741	1.700	1.568
1003	95	340.8800	97.5820	15.493	1.700	1.568
1003	96	370.7690	100.6470	25.796	1.700	1.568
1003	97	359.7420	100.3815	22.121	1.700	1.568
1003	98	8.7395	100.3800	5.010	1.700	1.568
1003	1002	381.2310	100.8015	46.569	1.700	1.568
1002	1003	304.1395	98.8925	46.568	1.700	1.607
1002	99	316.7425	98.7980	21.431	1.700	1.607
1002	100	323.1905	97.6200	5.640	1.700	1.607
1002	101	328.1015	98.2285	7.971	1.700	1.607
1002	102	327.9405	97.3070	4.664	1.700	1.607
1002	103	343.9480	96.5160	2.973	1.700	1.607
1002	104	362.7020	95.9270	2.246	1.700	1.607
1002	105	205.3460	99.6945	11.104	1.700	1.607
1002	106	204.3310	99.6190	14.061	1.700	1.607
1002	107	105.5760	100.7235	21.438	1.700	1.607
1002	108	97.0785	100.5345	21.313	1.700	1.607
1002	109	66.0025	104.2960	27.262	1.700	1.607
1002	110	69.9445	103.5895	32.642	1.700	1.607
1002	111	56.6630	102.9530	29.170	1.700	1.607
1002	1001	390.0240	101.7560	69.849	1.700	1.607

Dando coordenadas X,Y,Z (2000, 4000, 380) a la estación 1001 y una desorientación igual a 100° , se obtienen los siguientes resultados en la resolución de la poligonal y las radiaciones respectivas:

P O L I G O N A L

-NE-	-NV-	--H--	--V--	--DG--	-M-	-I-	-AZ-	--DR--	-DES-
1001	1002	3.0115	98.0680	69.855	1.70	1.59	103.0146	69.823	2.010
1002	1001	390.0240	101.7560	69.849	1.70	1.61	303.0146	69.822	-2.019
1002	1003	304.1395	98.8925	46.568	1.70	1.61	217.1333	46.561	0.717
1003	1002	381.2310	100.8015	46.569	1.70	1.57	17.1333	46.565	-0.718
1003	1004	266.6375	100.8365	48.357	1.70	1.57	302.5429	48.353	-0.767
1004	1003	182.2755	98.8560	48.366	1.70	1.60	102.5429	48.358	0.765
1004	1001	67.4390	102.5165	47.179	1.70	1.60	387.7095	47.142	-1.968
1001	1004	87.7095	97.2040	47.190	1.70	1.59	187.7095	47.144	1.962

Longitud de la poligonal	211.9	-NE-	--X--	--Y--	--Z--	--w--
Error de cierre angular =	0.0125	1001	2000.000	4000.000	380.000	100.0000
Error de cierre en --X--	-0.002	1002	2069.744	3996.693	382.014	312.9906
Error de cierre en --Y--	-0.006	1003	2057.363	3951.804	382.732	35.9023
Error de cierre en --Z--	-0.001	1004	2009.045	3953.734	381.965	320.2674
		1001	2000.000	4000.000	380.000	100.0000

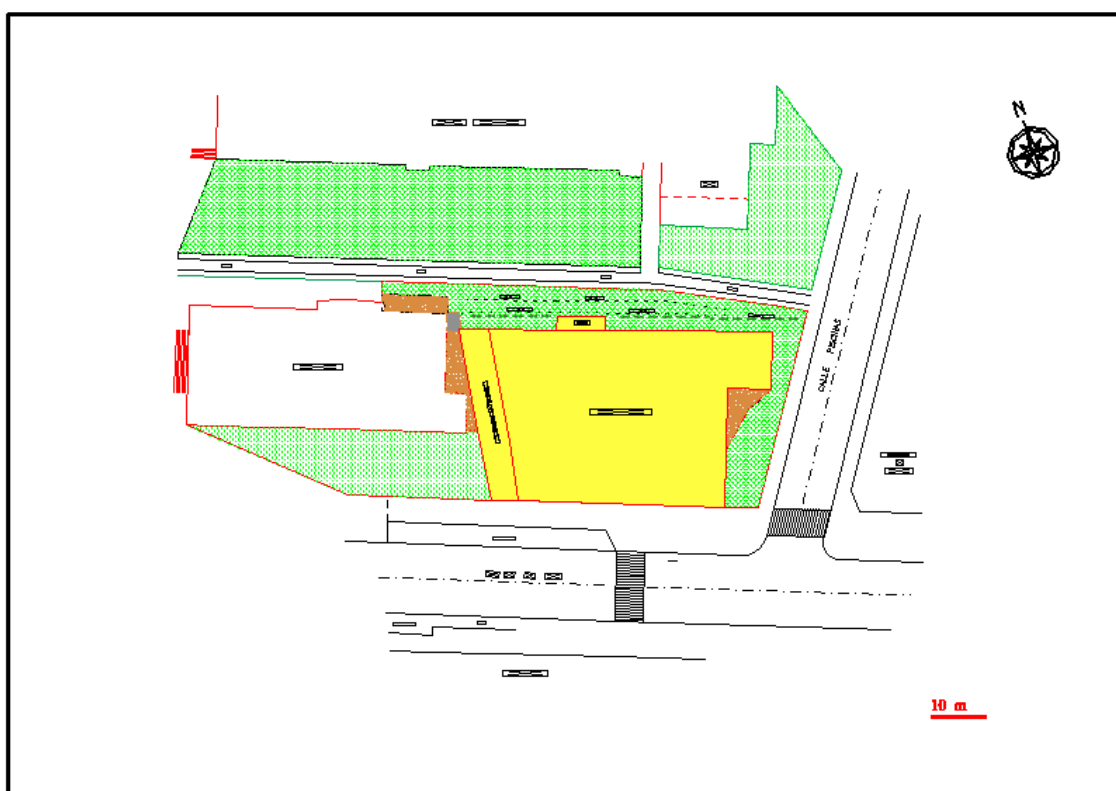
RADIACIÓN

Nº PTO	X	Y	Z
1	1958.203	4019.813	379.274
2	1992.250	4018.798	379.660
3	1993.193	4017.813	379.662
4	1997.607	4017.664	379.708
5	1997.596	4018.617	379.682
6	2032.204	4017.651	380.075
7	2032.218	4016.679	380.049
8	2036.525	4016.555	380.465
9	2039.932	4017.845	380.518
10	2039.786	4012.753	380.434
11	2039.677	4007.542	380.589
12	2052.927	4007.074	380.581
13	2055.846	4007.790	380.583
14	2055.990	4012.253	380.577
15	2060.320	3988.112	381.879
16	2060.256	3992.885	381.678
17	2060.384	3993.903	381.663
18	2060.404	3995.874	381.619
19	2060.617	3996.926	381.623
20	2052.321	3991.955	381.440
21	2052.330	3990.989	381.687
22	2039.572	3988.293	381.696
23	2039.539	3991.506	381.610
24	2039.412	3993.627	380.286
25	2039.559	3995.760	380.139
26	2039.636	3996.860	380.162
27	2039.530	3998.842	380.160
28	2039.603	3999.887	380.145
29	2036.067	4000.003	380.106
30	2036.035	3998.940	380.124
31	2036.052	3996.996	380.116
32	2036.087	3995.923	380.116
33	2029.825	3990.809	381.623
34	2029.796	3991.397	381.558
35	2020.833	3990.875	381.554
36	2020.835	3991.646	381.496

37	2020.707	3988.385	381.636
38	2020.807	3993.802	380.190
39	2020.815	3996.365	380.052
40	2020.846	3997.431	380.066
41	1988.771	3998.363	379.959
42	1988.713	3997.289	379.956
43	1988.720	3994.996	379.959
44	1988.655	3991.897	379.337
45	1989.208	3991.872	379.337
46	1989.366	3993.371	379.346
47	2000.866	3991.553	379.354
48	2000.930	3994.498	380.033
49	2000.870	3991.482	380.998
50	2003.665	3991.600	381.565
51	2002.877	3990.984	381.730
52	2002.746	3991.313	381.060
53	2002.822	3988.550	381.767
54	2008.282	3988.565	381.716
55	2004.995	3976.999	381.847
56	2004.326	3976.758	381.138
57	2002.401	3976.801	381.086
58	2006.347	3970.061	381.612
59	1973.626	3992.307	379.328
60	1953.540	3992.886	380.080
61	1953.706	3998.342	379.855
62	1953.723	3999.391	379.849
63	1951.369	4001.450	379.847
64	1951.423	4002.486	379.847
65	1976.814	3993.742	379.094
66	2004.119	3969.542	381.206
67	2008.793	3957.217	382.098
68	1989.912	3957.954	381.651
69	1989.761	3953.315	381.508
70	1989.715	3949.263	381.392
71	1980.748	3970.181	381.233
72	1956.869	3970.912	381.051
73	1952.927	3971.073	381.050
74	2029.195	3956.564	382.616
75	2029.707	3951.799	382.447
76	2031.806	3947.759	382.361
77	2051.575	3955.885	382.900
78	2012.231	3967.823	381.985
79	2013.521	3957.072	382.202
80	2031.532	3935.065	382.322
81	2031.205	3928.440	382.528
82	1998.060	3933.949	381.579
83	1997.977	3932.422	381.603
84	1997.772	3929.280	381.699
85	1989.545	3936.558	381.214
86	2051.580	3955.964	382.907
87	2057.705	3955.750	382.715
88	2054.015	3946.936	382.808
89	2057.750	3948.119	382.719
90	2059.373	3950.721	382.649
91	2069.775	3950.497	382.606
92	2076.284	3955.050	382.902
93	2087.617	3954.723	382.995
94	2074.813	3958.639	382.676
95	2051.837	3966.278	383.188
96	2060.061	3977.459	382.338
97	2055.850	3973.874	382.467

98	2060.595	3955.632	382.570	
99	2060.094	3977.557	382.326	
100	2066.708	3991.939	382.132	
101	2064.949	3990.325	382.143	
102	2066.947	3992.960	382.119	
103	2067.425	3994.832	382.084	
104	2067.660	3995.856	382.065	
105	2080.390	3993.539	381.974	
106	2083.288	3992.914	382.005	
107	2075.908	4017.226	381.678	
108	2073.101	4017.740	381.742	
109	2060.910	4022.484	380.079	
110	2061.098	4028.169	380.079	
111	2056.360	4022.611	380.567	
1001	2000.000	4000.000	380.000	100.0000
1002	2069.744	3996.693	382.014	312.9906
1003	2057.363	3951.804	382.732	35.9023
1004	2009.045	3953.734	381.965	320.2674
1005	2013.117	3933.312	381.902	

PLANO:



PRÁCTICA N° 6

I.- PRÁCTICAS DE CAMPO: **a.- Intersección Directa.**
 b.- Intersección Inversa.

OBJETIVOS

Se pretende con esta práctica descubrir la potencialidad del método planimétrico de intersección, tanto en su modalidad de intersección directa como inversa. Al ser un método en el que solamente se necesitan medir ángulos, con precisión, se utilizará la Estación Total como elemento de trabajo, por ser éstos los aparatos disponibles que mayor precisión angular ofrecen (10 cc.-15 cc.).

Es importante llegar a la conclusión y comprobar que con sólo medir ángulos horizontales se puede realizar la Planimetría de un terreno, partiendo tan solo de una base perfectamente medida. Y además, que se puede determinar la posición de cualquier punto en el espacio utilizando únicamente medidas angulares, lanzando visuales a otros puntos de coordenadas conocidas.

DESARROLLO

Se partirá del Taquimétrico realizado en la práctica anterior. Utilizando un eje del Itinerario entre Estaciones como Base, lanzando visuales a puntos característicos del terreno y anotando exclusivamente lecturas angulares. La resolución de las intersecciones directas efectuadas y obtención de las coordenadas de los puntos, hará que el alumno se conciente de la utilidad práctica del método.

En una segunda fase, se solicitará la determinación de las coordenadas de un punto fijado por una estaca, en el cual se pretende construir un pozo. Estacionando en ese punto y mirando a tres puntos o estaciones del taquimétrico (de coordenadas ya calculadas), se obtendrán las coordenadas del pozo.

Se requerirá a cada grupo que confeccione sus propias libretas de campo para la realización de esta práctica, de forma que sean capaces de reflexionar sobre los datos que es realmente necesario tomar y los que no.

FASES

a.- Intersección Directa

- Definir la Base desde la cual realizar la Intersección Directa.
- Determinar la zona a levantar, representando los puntos y alineaciones significativas en el correspondiente croquis de campo.
- Preparar una libreta de campo adecuada a los datos que vamos a tomar.
- Estacionar en la primera estación y orientar el aparato.
- Seleccionar una buena referencia y mirar frecuentemente a ella.
- Comenzar a tomar datos de los puntos del terreno.
- Hacer lo mismo desde la otra Estación, dirigiendo las visuales a los mismos puntos.

b.- Intersección Inversa

- Desde el punto fijado por una estaca en donde se construirá el pozo, lanzar al menos tres visuales a otros tantos puntos de coordenadas calculables, levantados en la anterior práctica del taquimétrico.

II. PRÁCTICAS EN AULA C.A.D./C.A.C.
Resolución de Intersecciones Directas e Inversas.
Salidas gráficas con programa de CAD.

OBJETIVOS

Con los datos tomados en campo se calcularán con el software topográfico disponible las Intersecciones Directas necesarias para la total representación planimétrica del terreno levantado. Una vez realizado esto, se calcularán las distintas Intersecciones Inversas planteadas, obteniendo como resultado unas coordenadas precisas para el punto de estacionamiento. Se realizarán salidas gráficas representando la zona levantada en formatos y escalas adecuadas. Igualmente se realizará esto con la Intersección Inversa planteada.

DESARROLLO

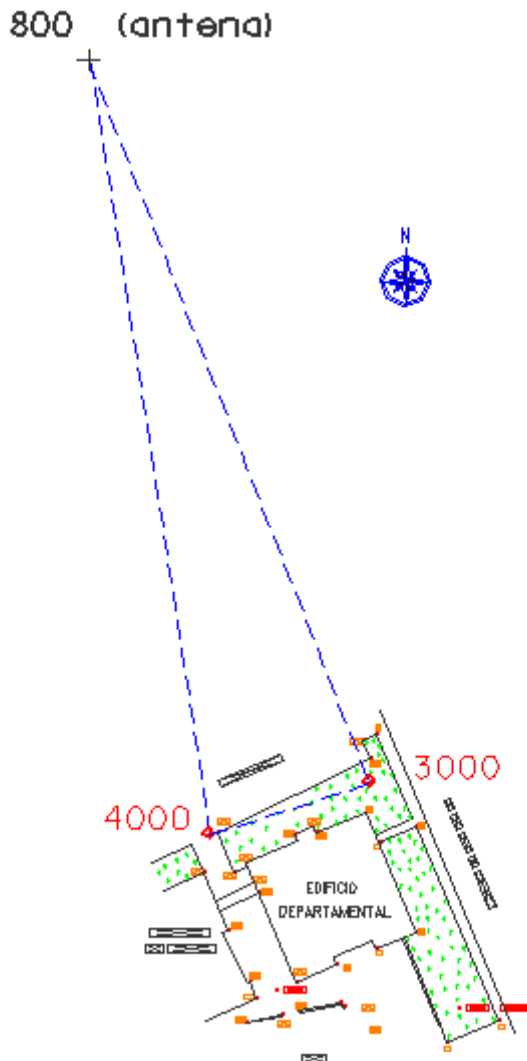
- Definir los ficheros de trabajo: fichero de observaciones y fichero de puntos.
- Hallar las Intersecciones directas entre puntos, completando el fichero de puntos con coordenadas de toda la zona levantada.
- Crear el fichero de intercambio gráfico.
- Completar el diseño con programa de CAD y generar una salida gráfica.
- Calcular las Intersecciones Inversas planteadas en la práctica. Obtener las coordenadas del pozo.
- Introducir mediante el programa de CAD el pozo en sus coordenadas.
- Realizar salidas gráficas de la Intersección Inversa resuelta.

Como ejercicios prácticos, se proponen los siguientes:

1.- Se pide determinar las coordenadas planimétricas de una antena de radio situada en una zona lejana a nosotros e inaccesible, pero con buena visibilidad. Dicha antena de radio se observa perfectamente desde las estaciones 3000 y 4000 de nuestro taquimétrico, por lo que se decide plantear una intersección directa desde ambas estaciones y medir los ángulos acimutales correspondientes. Las lecturas horizontales tomadas han sido:

<u>Estación</u>	<u>Punto visado</u>	<u>Lectura acimutal</u>
3000	4000 (estación)	6.1808
3000	800 (antena)	101.7586

4000	3000 (estación)	45.6560
4000	800 (antena)	355.0136



N.PUNTO	- X -	- Y -
3000	4980.159	5050.186
4000	4944.557	5038.828

Intersección directa

P. EST	P. VIS	OBSERV.
3000	4000	6.1808
4000	3000	45.6560
4000	800	355.0136
3000	800	101.7586

Solución:

PUNTO	800 (antena)
COOR. X =	4916.587
COOR. Y =	5210.142

2.- Se quiere determinar las coordenadas planimétricas de un punto en el terreno, en el cual se pretende construir un pozo. Se plantea realizar una intersección inversa, estacionando con una Estación Total en dicho punto y dirigiendo tres visuales a tres estaciones del taquimétrico y anotando exclusivamente el ángulo de dirección acimutal.

Los datos de campo tomados han sido los siguientes:

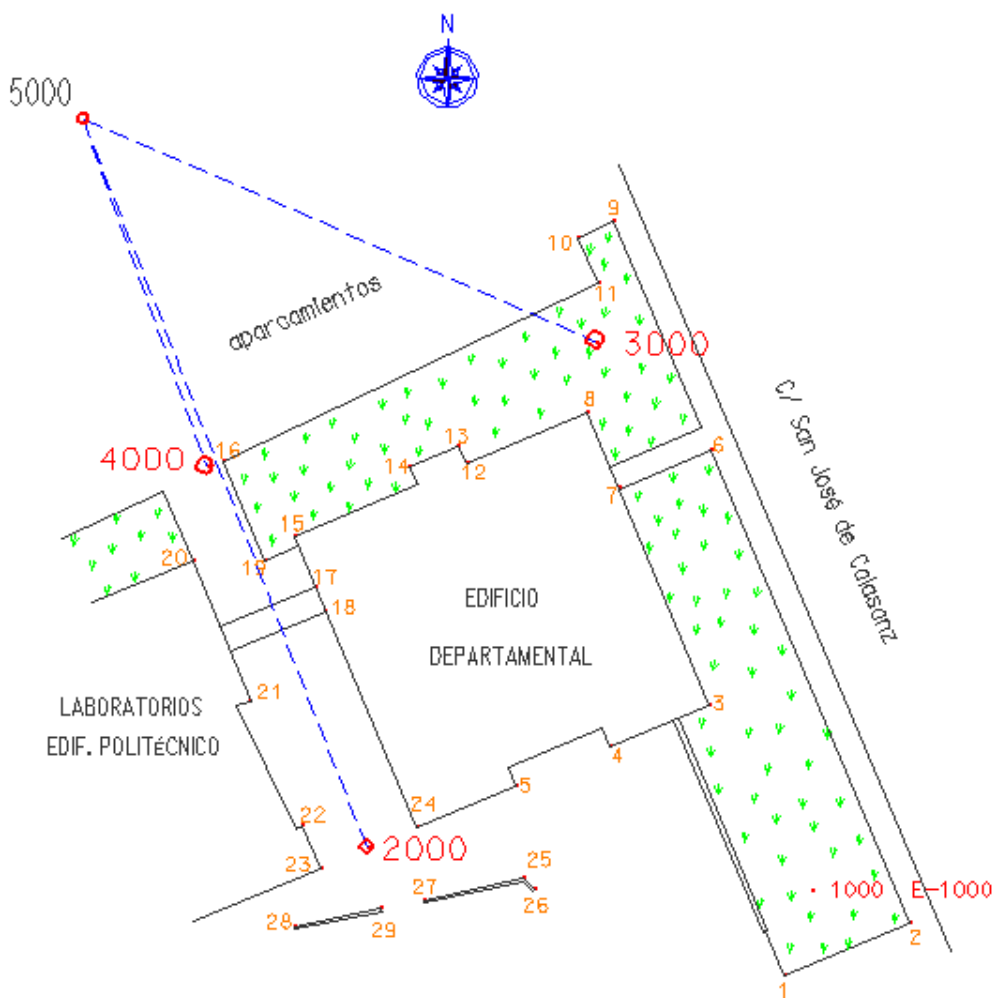
Punto de estación	Punto visado	Lectura acimutal
5000	2000	74.6030
5000	4000	76.3728
5000	3000	24.2812

N.PUNTO	- X -	- Y	Intersección inversa		
			P.EST	P.VIS	OBSERV.
2000	4959.149	5003.859			
4000	4944.557	5038.828			
3000	4980.159	5050.186			
			5000	2000	74.6030
			5000	4000	76.3728
			5000	3000	24.2812

Cálculo:

PUNTO 5000

COORD.X = 4933.230 COORD. Y = 5070.570



PRÁCTICA N° 7

I. PRÁCTICAS DE CAMPO:

Nivelación

OBJETIVOS

Con esta práctica se cierra el ciclo de métodos topográficos clásicos: planimétricos, altimétricos y taquimétricos. Es muy frecuente en la práctica topográfica en la ingeniería la necesidad de conocer el desnivel entre puntos o el requerimiento de dejar ciertos puntos a un nivel o cota determinado.

Se ha dividido esta práctica en dos, la nivelación geométrica y el itinerario altimétrico, de forma que quede abarcado al máximo el futuro campo de actuación del ingeniero en este sentido.

Muy frecuentemente se deberán realizar explanaciones de terrenos, que exigirán dejar a todos sus puntos a igual cota, o dejar una parcela con un determinado grado de pendiente, etc. Otras veces será necesario dar cota a una serie de puntos o bases de replanteo en un proyecto de ingeniería y se establecerán trabajos de nivelación uniendo mediante itinerarios altimétricos dichos puntos.

Se realizará la práctica con Niveles Automáticos de mediana precisión (2,5 mm/1 Km.), utilizando miras de doble milímetro, pero con la exigencia de apreciar siempre hasta el mm. Se realizará la nivelación de un terreno situado próximo al Campus y lo dejarán preparado para realizar una explanación, dejando definida claramente la cota de la rasante. Utilizando el mismo aparato, procederán a realizar un itinerario altimétrico cerrado de precisión entre las Estaciones utilizadas en la práctica del Taquimétrico, de forma que obtengan unas cotas de Estación con mayor precisión.

DESARROLLO

Durante la primera hora de prácticas, se procederá a realizar la Nivelación Geométrica de una parcela dejando definida mediante estacas o marcas, la cota definitiva de la rasante del terreno, igualándola a la de una referencia. Los alumnos comenzarán así a familiarizarse con diverso material auxiliar imprescindible en la práctica topográfica: estacas, fijos, clavos de referencia, señales... Se concienciarán de la sencillez de cálculos y de lo básico del método de nivelación geométrica y de la alta precisión que se alcanza si se trabaja con precaución.

Durante la segunda hora, y utilizando el método del punto medio, se realizará el itinerario altimétrico cerrado de las Estaciones del Taquimétrico. Con el error de cierre en cotas obtenido, se deducirá el error kilométrico y así se sabrá con qué precisión se ha realizado dicho itinerario altimétrico. Este error de cierre se compensará, si el error está dentro de la tolerancia, por los métodos adecuados y se obtendrán las cotas definitivas de las estaciones del itinerario.

En ambas prácticas se utilizarán libretas de campo apropiadas para cada uno de los trabajos, que deberán ser preparadas por cada uno, y así ser consciente de los datos necesarios a tomar en cada caso y de la óptima disposición de los mismos.

FASES

Nivelación geométrica

- ❑ Fijar una cota de referencia para la explanación de un terreno.
- ❑ Estacionar el Nivel en un lugar adecuado, de forma que se tenga buena visibilidad sobre los puntos a nivelar.
- ❑ Clavar las estacas o varillas en los puntos elegidos para nivelar.
- ❑ Iniciar la nivelación, teniendo la precaución de llevar siempre incorporado en la mira, un nivel esférico.
- ❑ Dar cota a cada punto, clavando la estaca o dejando una señal en las varillas, a la misma cota que la de la referencia.

Itinerario Altimétrico

- ❑ Definidas con claridad las estaciones a nivelar, estacionar en un punto intermedio del primer tramo del itinerario.
- ❑ Lanzar visual de espaldas a una mira puesta en la primera estación y hacer las lecturas correspondientes de los hilos sobre la mira.
- ❑ Lanzar visual de frente a una mira puesta en la segunda estación.
- ❑ Hacer lo mismo para el tramo siguiente, hasta llegar al último.
- ❑ Comprobar que se han tomado todos los datos necesarios para resolver el itinerario.

II. PRÁCTICAS EN AULA C.A.D./C.A.C.

Cálculo de la altimetría y compensación altimétrica.

OBJETIVOS

Con los datos tomados en campo se calcularán las cotas de los puntos señalados en la parcela a explanar (primera parte de la práctica). Cotas que se obtendrán respecto de la cota del punto tomado como referencia.

En cuanto al itinerario altimétrico, se calculará el error de cierre en cotas cometido, deduciéndose el error kilométrico, teniendo en cuenta la longitud del itinerario. Dicho error de cierre se compensará, obteniendo las cotas definitivas de las estaciones del itinerario.

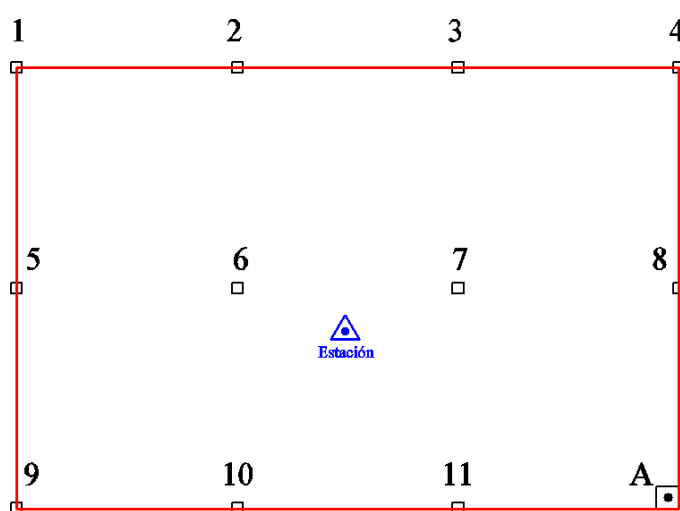
DESARROLLO

- ❑ Calcular los desniveles entre puntos y las cotas de los puntos de la nivelación geométrica.

- ❑ Calcular y realizar la compensación del itinerario altimétrico, grabando en el fichero de puntos las nuevas cotas obtenidas para las Estaciones.
- ❑ Modificar con programa de CAD las cotas de las estaciones y los puntos radiados, en base a los nuevos datos obtenidos.

Como ejemplos prácticos para el desarrollo de esta práctica, se proponen los siguientes:

1.- Se quiere realizar una explanación sobre una superficie de terreno irregular de unos 2.000 m² de extensión. La cota final a la que debe quedar toda la explanación coincide con la cota de una arqueta próxima situada en un extremo, denominada en el croquis Punto A. Se colocan estacas dentro de la superficie a explanar, de forma que se pueda marcar sobre ellas la cota definitiva de la rasante una vez terminada la explanación.



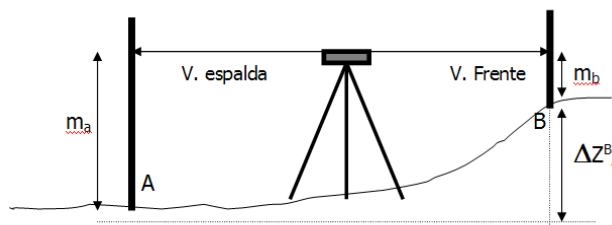
La nivelación se realiza con un nivel automático y mira de doble centímetro, apreciando en las lecturas con seguridad hasta el mm. La estación se realiza en una posición centrada dentro de la parcela. La mira se coloca en la cabeza de las estacas. Las lecturas del hilo central sobre la mira son:

ESTACA	LECTURA (mm.)	cálculo	Desnivel (mm.)
Arqueta	1352		
1	1405	1405 - 1352	53
2	1587	1587 - 1352	235
3	1434	1434 - 1352	82
4	1598	1598 - 1352	246
5	1407	1407 - 1352	55
6	1568	1568 - 1352	216
7	1560	1560 - 1352	208
8	1440	1440 - 1352	88
9	1414	1414 - 1352	62
10	1535	1535 - 1352	183
11	1415	1415 - 1352	63

Se observa que todas las cabezas de estaca están por debajo del nivel de referencia (arqueta), por lo que será necesario fijar con varillas de acero u otro elemento similar la altura que deberá alcanzar la tierra aportada, para conseguir una perfecta explanación.

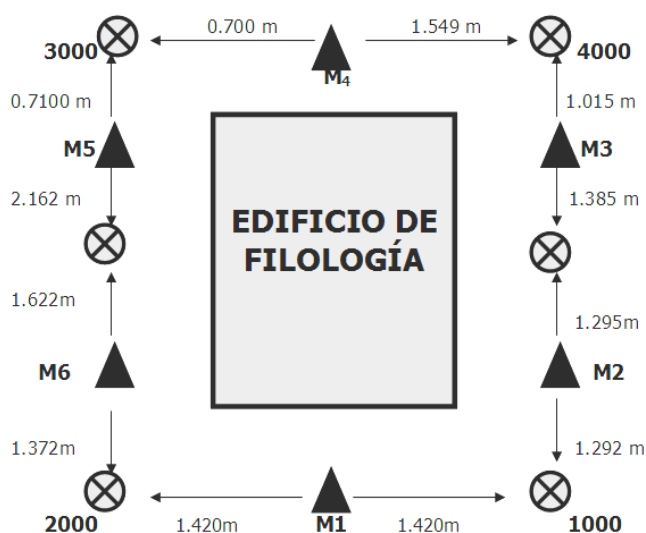
El desnivel calculado corresponde con la altura que debe alcanzar el terreno por encima de la cabeza de estaca correspondiente.

2.- Se pretende determinar con precisión las cotas de las estaciones utilizadas en la realización de la práctica del taquimétrico. En dicha práctica, se obtuvieron con la precisión que ofrece una estación total, las coordenadas X, Y y también la coordenada Z. Ahora se quiere calcular nuevamente esta coordenada Z, con la precisión de la nivelación geométrica, mediante el uso de un nivel automático. Se utilizará el método del punto medio.



$$\Delta z = \text{visual de espalda} - \text{visual de frente}$$

El esquema de la nivelación y los datos tomados se representan a continuación:



Se plantean un total de 6 tramos de nivelación, de forma que se asegure una buena visibilidad de las divisiones de la mira.

$$\epsilon_z = \sum \Delta_z$$

Cálculos:

$$\begin{aligned} M1 &= 1.420 - 1.420 = 0 \text{ mm.} \\ M2 &= 1.292 - 1.295 = - 3 \text{ mm.} \\ M3 &= 1.385 - 1.015 = + 370 \text{ mm.} \\ M4 &= 1.549 - 0.700 = + 849 \text{ mm.} \\ M5 &= 0.710 - 2.162 = - 1.452 \text{ mm.} \\ M6 &= 1.622 - 1.372 = + 250 \text{ mm.} \\ \sum Z &= + 14 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Para determinar el error kilométrico, se considerará la longitud de la poligonal definida por las cuatro estaciones del taquimétrico, que resultó ser de 240 metros. Así, dicho error kilométrico será:

$$\epsilon_k = \sum \Delta_z / \sqrt{K} = 14 / 0,49 = 28 \text{ mm. /km (baja precisión)}$$

Compensación de desniveles:

Estación	Δz (mm)	Compensación (mm)	$\Delta z_{\text{compensada}}$ (mm)
M1	0	0	0
M2	-3	$-14/2924 \times 3 \approx 0$	-3
M3	+370	$-14/2924 \times 370 \approx -2$	+368
M4	+849	$-14/2924 \times 849 \approx -4$	+845
M5	-1452	$-14/2924 \times 1452 \approx -7$	-1459
M6	+250	$-14/2924 \times 250 \approx -1$	+249
			$\Sigma = 0$

Las coordenadas absolutas de las estaciones 1000, 2000, 3000 y 4000, considerando la cota de la primera igual a 400 metros, serán:

$$Z_{1000} = 400 \text{ m.}$$

$$Z_{2000} = 400 - 0 = 400 \text{ m.}$$

$$Z_{3000} = 400 - 0,249 + 1,459 = 401,210 \text{ m.}$$

$$Z_{4000} = 401,21 - 0,845 = 400,365 \text{ m.}$$

$$Z_{1000} = 400,365 - 0,368 + 0,003 = 400,000 \text{ m.}$$

PRÁCTICA N° 8

**I. PRÁCTICAS DE CAMPO:
Replanteos**

OBJETIVOS

Con esta práctica se pretende cubrir un importante campo de actuación de los ingenieros, como es el de los Replanteos. El trazado de alineaciones rectas paralelas o perpendiculares, alineaciones curvas de enlace de otras alineaciones rectas, el trazado de rasantes, el posicionamiento de puntos de proyecto en el terreno, etc., son algunas de las actividades que deberá realizar el alumno en un futuro muy próximo y se le exigirá hacerlo con precisión, utilizando metodología y aparatos adecuados.

En esta práctica se invertirá el orden habitual de realización de las mismas. Primero se hará la práctica de aula y con los datos obtenidos se saldrá al campo a replantear los puntos en el terreno.

DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS DE AULA

Con los datos de la Práctica del Taquimétrico, y entrando en el fichero CAD correspondiente, se proyectará y representará una pequeña obra de ingeniería (un almacén de tamaño concreto, una canalización, etc). Se anotarán las coordenadas de los puntos que definen la planimetría de dicha obra.

Tomando como base de replanteo una de las estaciones del Taquimétrico, se calcularán mediante software topográfico, e CAD u Hoja de Cálculo, los datos de replanteo de la obra proyectada desde esa base, realizando los listados oportunos para con ellos, salir al campo y proceder al replanteo.

DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS DE CAMPO

Una vez definida la estación de replanteo e inspeccionado el terreno de la zona de ubicación de la obra, se estacionará en la Base con la Estación Total, se orientará el aparato tomando como referencia las estaciones anterior y posterior del Itinerario a que pertenece. Una vez orientado el aparato, se posicionarán los puntos de acuerdo con los datos de replanteo del listado. Se practicará al mismo tiempo los distintos modos de medir distancias y el replanteo directo por medio de la Estación Total.

Una vez terminado el replanteo de los cuatro puntos, se comprobará desde la propia Estación Total la distancia entre los puntos replanteados.

FASES

- Estacionar con la Estación Total en la Base de Replanteo.
- Orientar el aparato, de acuerdo con los acimutes conocidos anteriores y posteriores a la Base.
- Tomar una referencia lejana, para poder comprobar periódicamente la calidad de las lecturas angulares.

- ❑ Posicionar los puntos siguiendo los datos de replanteo
- ❑ Replantear con estacas la posición correcta de dichos puntos, tanto en coordenadas X,Y como en Z.

Otras operaciones que se pueden realizar con la Estación Total:

Cálculo de distancias entre puntos:

- ❑ Lanzar visual a un prisma en el primer punto y grabar los datos de distancia, ángulo horizontal y ángulo vertical.
- ❑ Lanzar visual al otro punto y grabar de nuevo los datos.
- ❑ En pantalla aparecerá directamente la distancia horizontal entre dichos puntos, así como la distancia inclinada y el desnivel.

Cálculo de alturas remotas:

- ❑ Lanzar visual a un prisma colocado en la base del elemento a medir su altura.
- ❑ Introducir en el aparato la altura del prisma.
- ❑ Realizar la medición de la distancia e introducirla en memoria, junto con el ángulo cenital correspondiente.
- ❑ Levantar la visual de forma que el hilo horizontal de la cruz filar engrase con la parte superior del elemento a medir su altura.
- ❑ En pantalla aparecerá exactamente dicha altura, desde el suelo.

Todas estas prácticas con la Estación Total deberán acompañarse de la debida justificación analítica, para comprender cómo el aparato es capaz de resolver estos problemas.

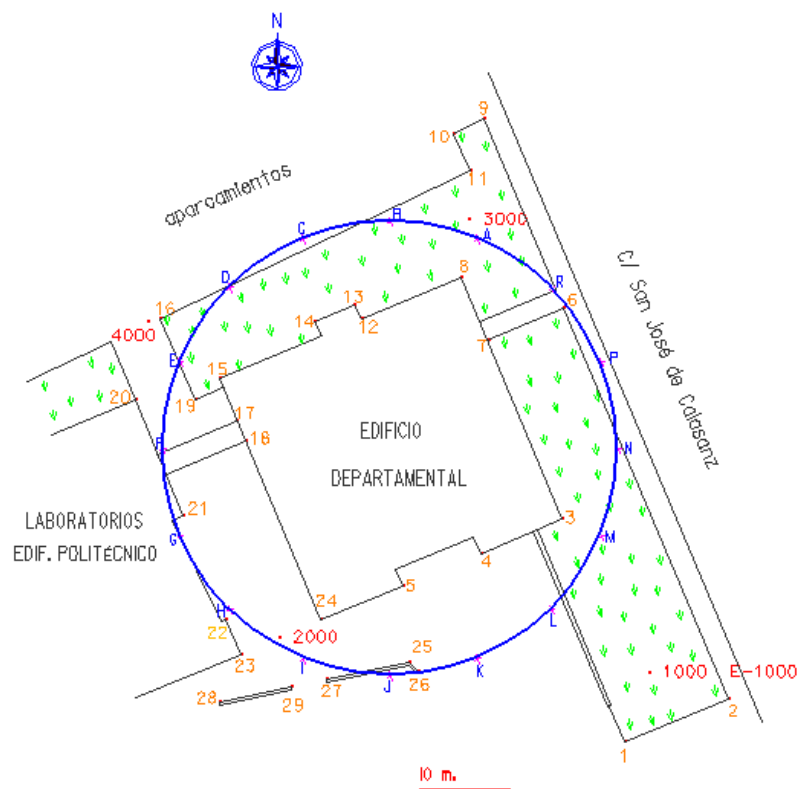
Como ejemplos prácticos de replanteo se proponen los siguientes:

1.- Se desea construir un anillo de fibra óptica alrededor del Edificio Departamental del campus universitario. Según el Proyecto, el radio debe ser de 25,18 metros, teniendo como centro de la circunferencia, el centro de dicho edificio. Se desea construir 16 arquetas sobre dicho anillo, uniformemente distanciadas.

Se tomarán como bases de replanteo las cuatro estaciones que sirvieron para realizar el Taquimétrico de la zona y de las cuales se conocen sus coordenadas X,Y, Z.

ESTACIÓN (Base de replanteo)	X	Y	Z
1000	5000,000	5000,000	300,000
2000	4959,149	5003,859	300,199
3000	4980,159	5050,186	300,092
4000	4944,557	5038,828	299,717

El Plano de la obra proyectada es el siguiente:



Las coordenadas de los puntos A, B, C, ..., N, P, R obtenidas directamente del programa de CAD, de acuerdo con el Proyecto planteado, son las siguientes:

COORDENADAS			
	X	Y	Z
A	4981,156	5048,816	300,230
B	4971,520	5050,733	300,230
C	4961,884	5048,816	300,230
D	4953,715	5043,358	300,230
E	4948,257	5035,189	300,230
F	4946,340	5025,553	300,230
G	4948,257	5015,917	300,230
H	4953,715	5007,748	300,230
I	4961,884	5002,290	300,230
J	4971,520	5000,373	300,230
K	4981,156	5002,290	300,230
L	4989,325	5007,748	300,230
M	4994,253	5015,917	300,230
N	4996,700	5025,553	300,230
P	4994,783	5035,189	300,230
R	4989,688	5043,358	300,230

Los datos de replanteo desde cada una de las bases son los siguientes:

Base de replanteo	Punto	Distancia reducida	Acimut
3000	A	1,694	159,9502
3000	B	8,656	304,0255
3000	C	18,326	295,2364
4000	D	10,217	70,7564
4000	E	5,190	149,4709
4000	F	13,394	191,5003
2000	G	16,249	353,2316
2000	H	6,682	339,5450
2000	I	3,153	133,1576
2000	J	12,853	117,4858
1000	K	18,983	307,6987
1000	L	13,190	339,9694
1000	M	16,923	377,9415
1000	N	25,765	391,8237
3000	P	20,947	150,8016
3000	R	11,723	139,5816

El método operativo para replantear dichos puntos, se puede resumir en las fases siguientes:

- Estacionar en la Base de Replanteo correspondiente.
- Orientar el aparato, utilizando los acimutes conocidos a otras estaciones del Taquimétrico.
- Definir la dirección correspondiente al acimut calculado para replanteo.
- Fijar la Estación en esa dirección.
- Mover el prisma en la dirección definida, tanteando las distancias.
- Clavar una estaca a la distancia calculada.

2.- Se desea definir en el terreno la posición que ocupará un futuro almacén de dimensiones 12 m. x 27 m. Dibujado el citado almacén en el Plano de la zona mediante los vértices 800, 8001, 8002 y 8003, sus coordenadas resultan ser:

PUNTO	X	Y
800	4965,089	4965,363
801	4972,533	4955,952
802	4951,356	4939,202
803	4943,912	4948,614

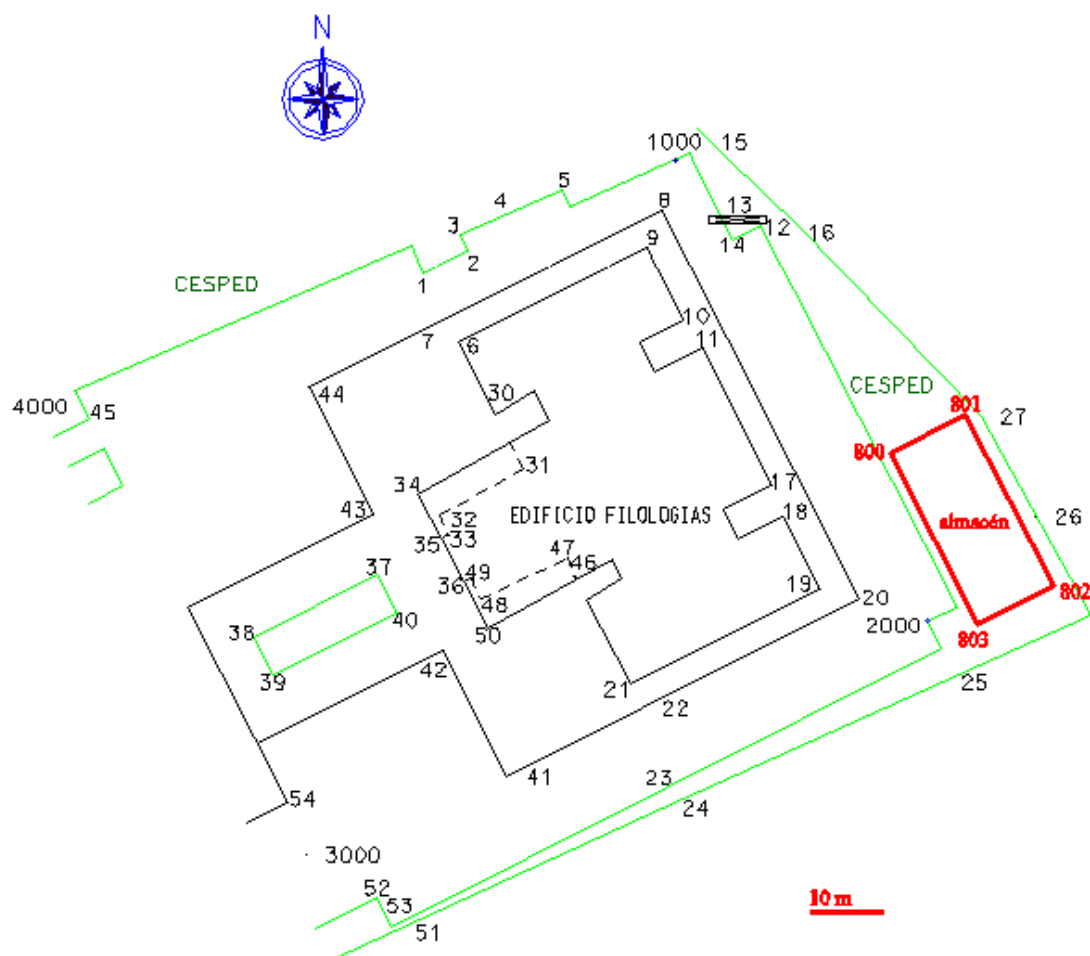
Las estaciones del Taquimétrico que pueden servir de Bases de Replanteo son la 1000 y la 2000. Sus coordenadas son:

ESTACION	X	Y
1000	5000,000	5000,000
2000	5035,705	4935,038

Los datos de replanteo, tomando como base la estación 1000 son:

ESTACIÓN	PUNTO	DISTANCIA	ACIMUT
1000	800	49,178	149,7492
	801	51,910	164,5040
	802	77,863	157,0411
	803	76,068	147,2166

Para el replanteo, se estacionará en la Base 1000 y se tomará como referencia la estación 2000, orientando el aparato.



PRÁCTICA N° 9

Modelos Digitales del Terreno

OBJETIVOS

En esta práctica el alumno será capaz de modelizar un terreno real, a partir de la nube de puntos con coordenadas X,Y,Z obtenidas de un levantamiento topográfico directo. Después de realizar el proceso de triangulación, se estará en condiciones de generar elementos significativos de dicho modelo como pueden ser las típicas curvas de nivel, a distinta equidistancia, mallados regulares con diferente paso de malla, codificación del terreno en función de las pendientes, en función de las altitudes, en función de las orientaciones, etc.

Como aplicación directa de los modelos digitales del terreno, se realizará una edición de distintos perfiles longitudinales y transversales a lo largo de diferentes ejes de obras lineales.

Igualmente sería posible profundizar en otras herramientas que permitan generar modelos de obra que se integren a el propio modelo digital del terreno, aplicables por ejemplo al diseño de pequeños embalses. O también se podrían realizar sobre el modelo estudios hidrológicos diversos: dirección del agua, vaguadas, etc.

FASES

- Como fase previa a la generación del modelo digital de un terreno, es preciso contar con una nube de puntos definidos en el espacio por sus coordenadas X,Y,Z.
- Creada la superficie, es preciso dotarla de los puntos correspondientes. Es decir, hay que decir al programa qué puntos van a integrar dicha superficie.
- El siguiente paso es siempre realizar la triangulación de la superficie, teniendo normalmente la posibilidad de fijar la longitud máxima de los lados de los triángulos.
- Efectuada la triangulación ya se puede analizar el modelo y pedirle que dibuje las curvas de nivel, que codifique por pendientes, etc.
- Definidas las trazas de obra correspondientes, se pueden calcular y dibujar los perfiles transversales y longitudinales necesarios.

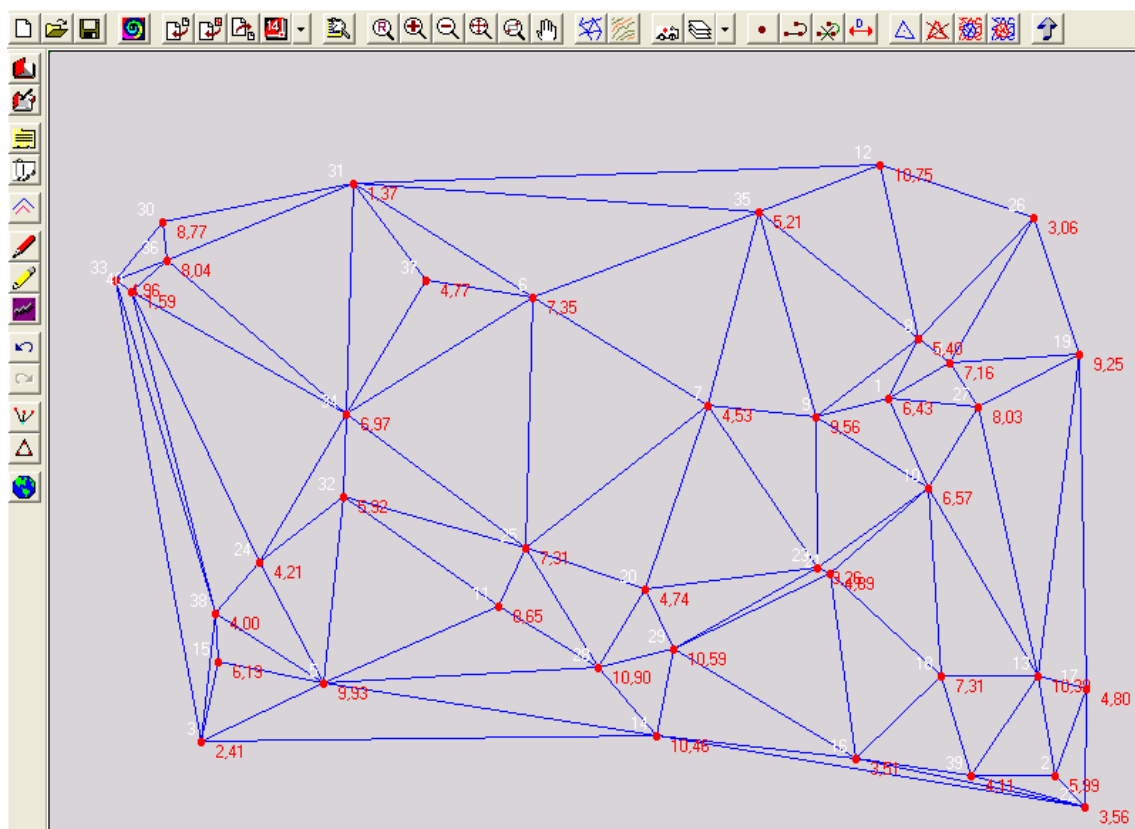
A modo de ejemplo, se proponen los siguientes ejercicios:

1.- Dada una relación de puntos de un levantamiento topográfico con sus coordenadas X,Y,Z, generar las curvas de nivel con equidistancia 1 metro, dibujando 4 curvas auxiliares entre dos curvas maestras. Realizar algún perfil longitudinal sobre dicho modelo.

PUNTO	X	Y	Z
1	143,780	77,968	6,426
2	173,570	10,308	5,986
3	20,794	16,484	2,411
4	154,723	84,316	7,155
5	42,860	26,887	9,926
6	80,138	96,011	7,350
7	111,403	76,642	4,527
8	149,028	88,529	5,397
9	130,934	74,539	9,564
10	151,004	61,711	6,568
11	74,001	40,792	8,653
12	142,391	119,468	10,745
13	170,597	28,230	10,386
14	102,315	17,615	10,460
15	23,888	30,832	6,190
16	137,922	13,416	3,506
17	179,153	25,855	4,796
18	153,127	28,110	7,307
19	177,792	85,807	9,250
20	100,234	43,646	4,735

PUNTO	X	Y	Z
21	133,300	46,516	4,892
22	178,844	4,889	3,559
23	131,054	47,536	9,255
24	31,381	48,549	4,210
25	78,817	51,155	7,314
26	169,655	110,072	3,061
27	159,814	76,237	8,025
28	91,797	29,758	10,897
29	105,256	33,171	10,587
30	13,973	109,337	8,770
31	48,202	116,149	1,374
32	46,231	60,275	5,922
33	5,621	99,051	4,964
34	46,869	75,040	6,971
35	120,524	111,163	5,206
36	14,687	102,592	8,036
37	61,064	98,995	4,770
38	23,513	39,340	3,999
39	158,449	10,441	4,105
40	8,360	96,818	1,586

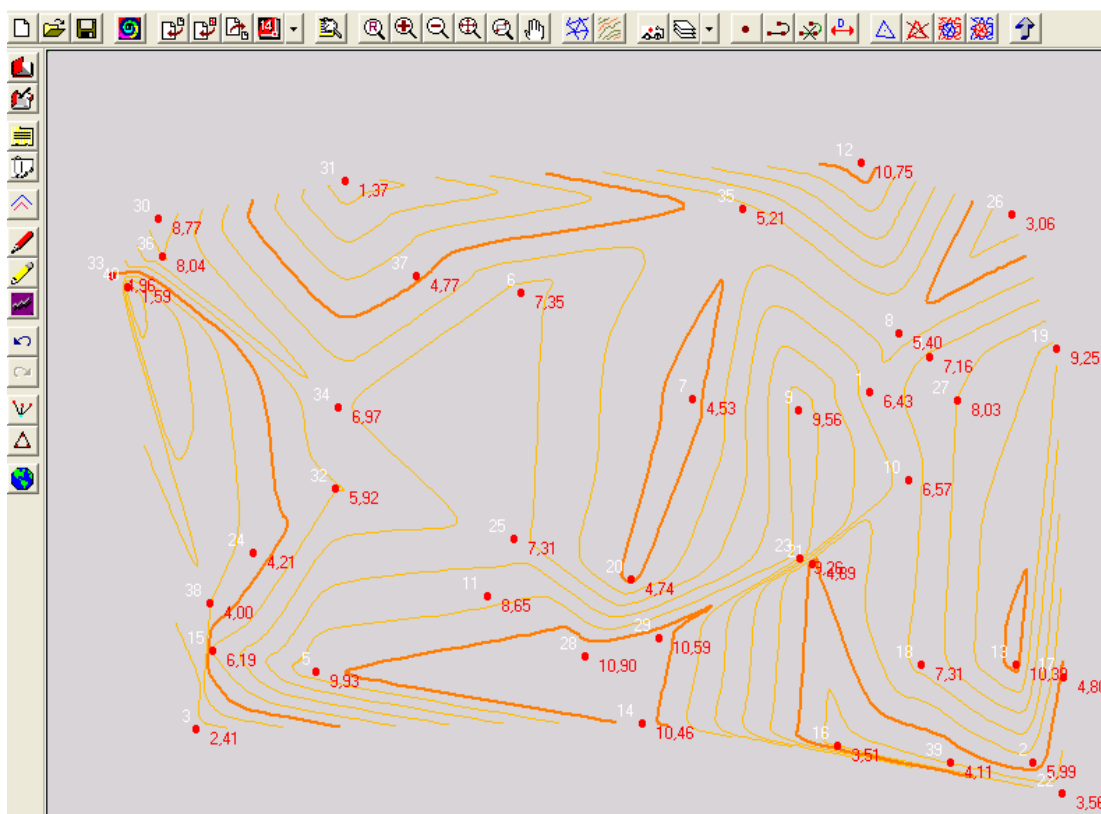
Definiendo una longitud máxima de los lados de los triángulos, se obtiene un modelo de triangulación representado en la imagen siguiente:



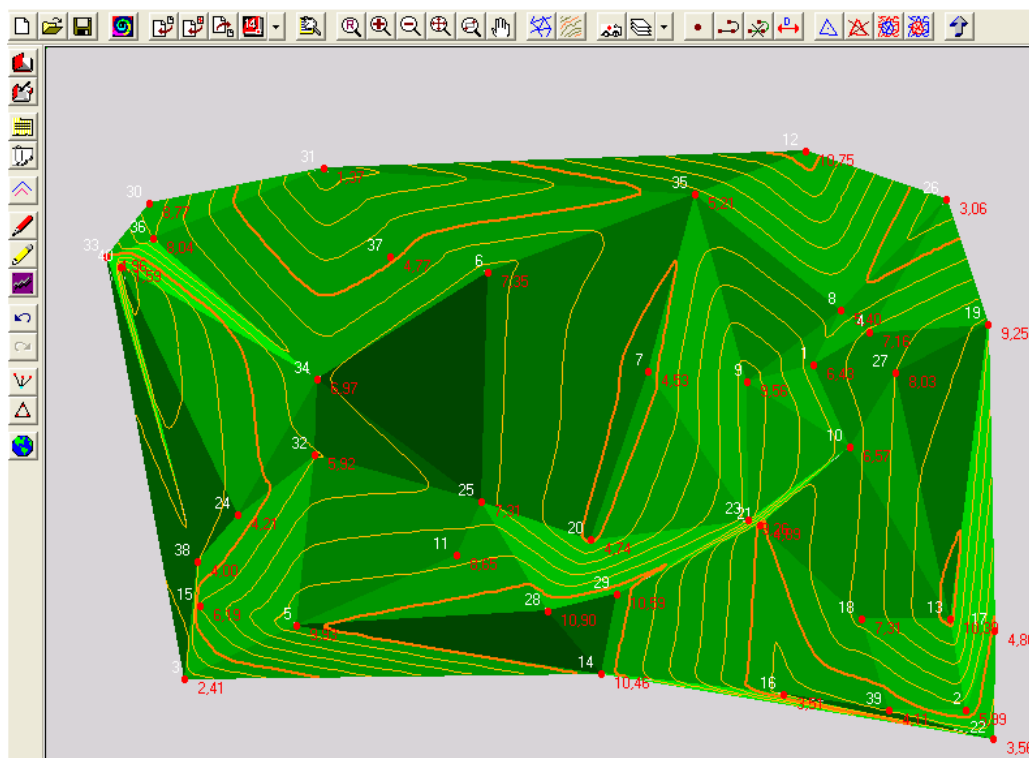
Los vértices de los triángulos coinciden con los puntos del levantamiento.

Los programas de modelos digitales del terreno suelen permitir editar estos triángulos (borrar, insertar...), y recalcular nuevamente la triangulación.

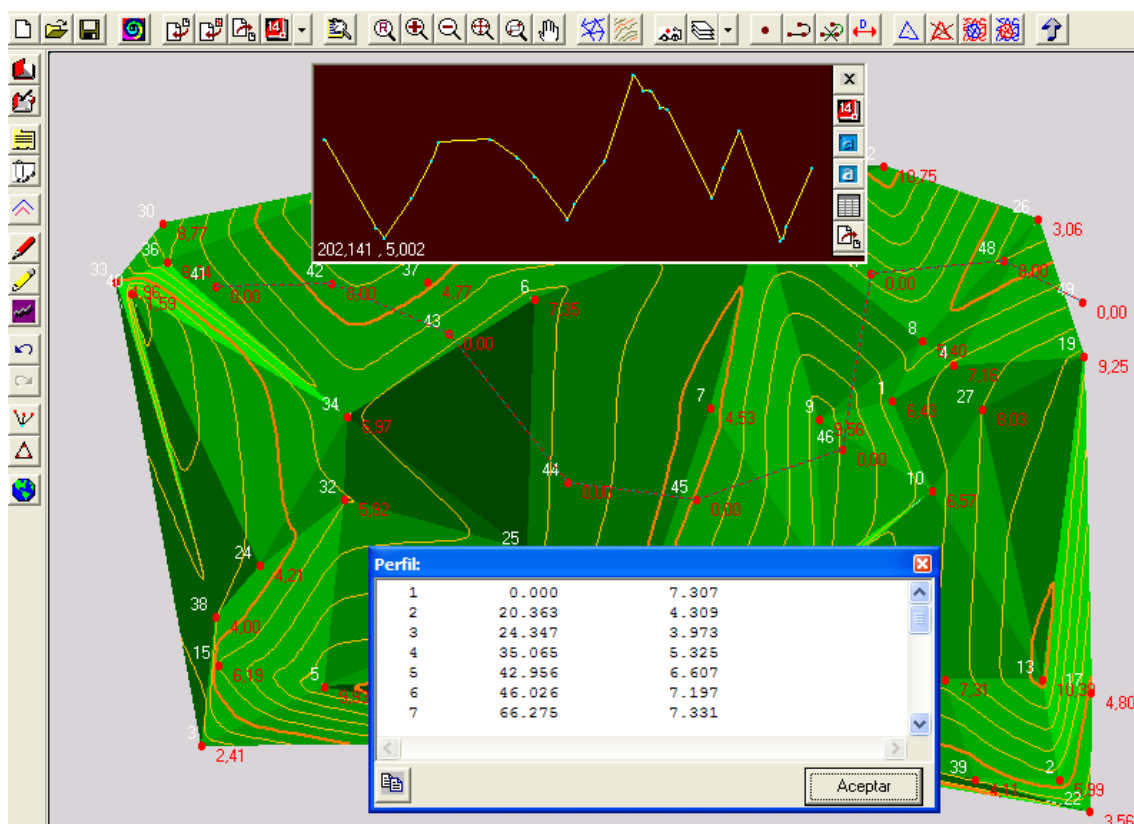
Para obtener las curvas de nivel con equidistancia 1 m. entre curvas auxiliares los programas tienen sus propias herramientas. Además es posible decidir el tipo de curva a visualizar (polilíneas, curvas suavizadas, B-splines, curvas compuestas...)



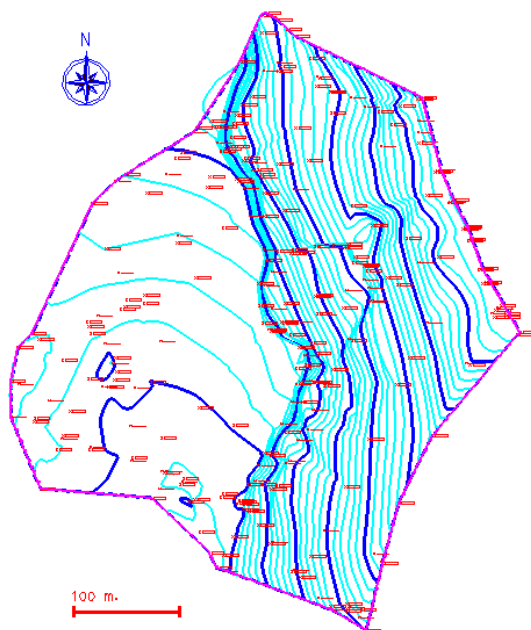
Es posible generar sombreados en base a la orientación de los triángulos del modelo digital, simulando el relieve del terreno.



También estos programas suelen disponer de herramientas para generar perfiles longitudinales y transversales a lo largo de trazas definidas en el plano, así como editar las cotas a lo largo de los pKs.



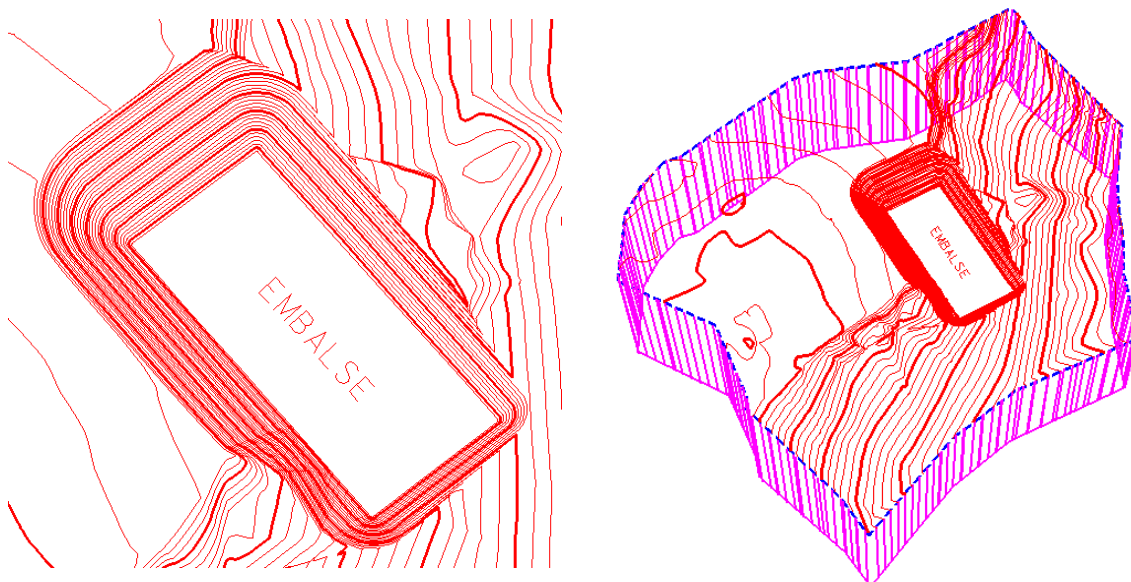
2.- Generado el modelo digital de una finca, a partir de los datos de un levantamiento topográfico, se quiere construir un pequeño embalse de riego y observar mediante simulación el efecto visual que produce. Interesa también plantear algunos perfiles en los que se visualice dicha construcción.



Las curvas de nivel generadas tienen una equidistancia de 1m entre auxiliares y se han definido cuatro de ellas cada dos curvas maestras.

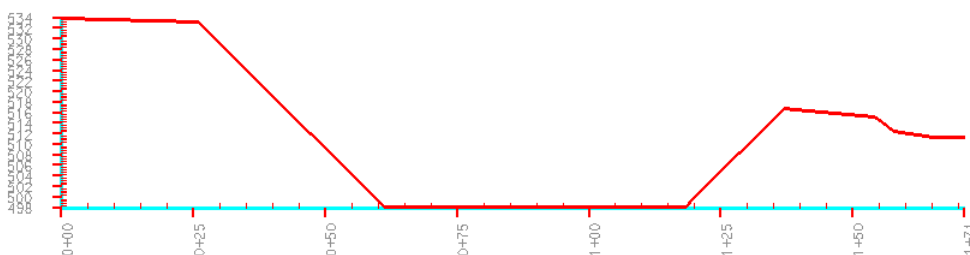
Los puntos del levantamiento vienen superpuestos sobre el curvado y acompañados por la cota de cada punto.

Mediante las herramientas de diseño del programa, se proyectará el embalse con las dimensiones deseadas, se creará una superficie específica para los taludes de dicho embalse y se hallará la intersección de dicha superficie con el terreno. Manipulando las superficies, pueden estas fundirse en una sola y generar un nuevo modelo único, que integre el terreno natural y el propio embalse.

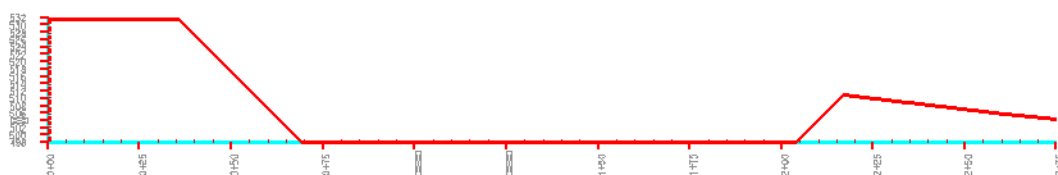


Una vez integrado el modelo digital del embalse en el modelo digital general del terreno, se pueden realizar operaciones como la definición de perfiles, la planimetría de la zona afectada, la cubicación del movimiento de tierras, etc. A modo de ejemplo se muestran diferentes perfiles:

PERFIL - 1



PERFIL - 2



PRÁCTICA N° 10

Sistemas de Información Geográfica

OBJETIVOS

El conocimiento y manejo de un sistema de información geográfica, en una disciplina donde la Cartografía es una parte fundamental, se considera imprescindible para el alumno, ya que con mucha probabilidad en la vida profesional el alumno deberá ser capaz de representar y gestionar multitud de información cartográfica georreferenciada. Se es consciente de la limitación de tiempo existente, pero mediante la realización de esta práctica se intentará fijar los fundamentos de los S.I.G. y que el alumno vea y compruebe sus principales herramientas y aplicaciones.

En primer lugar se analizará la estructura básica de datos, tanto gráficos como alfanuméricos, de coberturas ARC/INFO típicas, correspondientes a la Cartografía Catastral de un municipio.

Dichas coberturas serán visualizadas por Geomedia Professional y con esta herramienta se realizarán pequeños análisis y consultas a las bases de datos, generando varias salidas gráficas de los resultados obtenidos. El alumno será capaz de generar todo tipo de mapas temáticos utilizando la información gráfica y alfanumérica disponible. Asimismo, se profundizará en las herramientas de análisis espacial de la información, elemento claramente diferenciador de los SIG frente a los típicos programas de CAD.

DESARROLLO

- Fundamento de los SIG.
- Distintos tipos de SIG. Ráster, vectorial y mixtos.
- Estructura de almacenamiento de datos en un SIG vectorial (tipo ARC/INFO).
- Bases de datos relacionales.
- Potencialidad de Geomedia Professional. Utilidades.
- Elección del sistema de coordenadas.
- Conexión a almacenes de datos con Geomedia Professional. Distintos tipos.
- Generación de coberturas o clases de entidad.
- Consultas, análisis y visualización temática con Geomedia Professional.
- Análisis espacial, alfanumérico y combinado.
- Manipulación y modificación de entidades gráficas.
- Herramientas de digitalización.
- Integración de imágenes.
- Representación y salidas gráficas de entidades, consultas y temas.

Como ejemplo práctico para el desarrollo de esta práctica se propone la siguiente actividad:

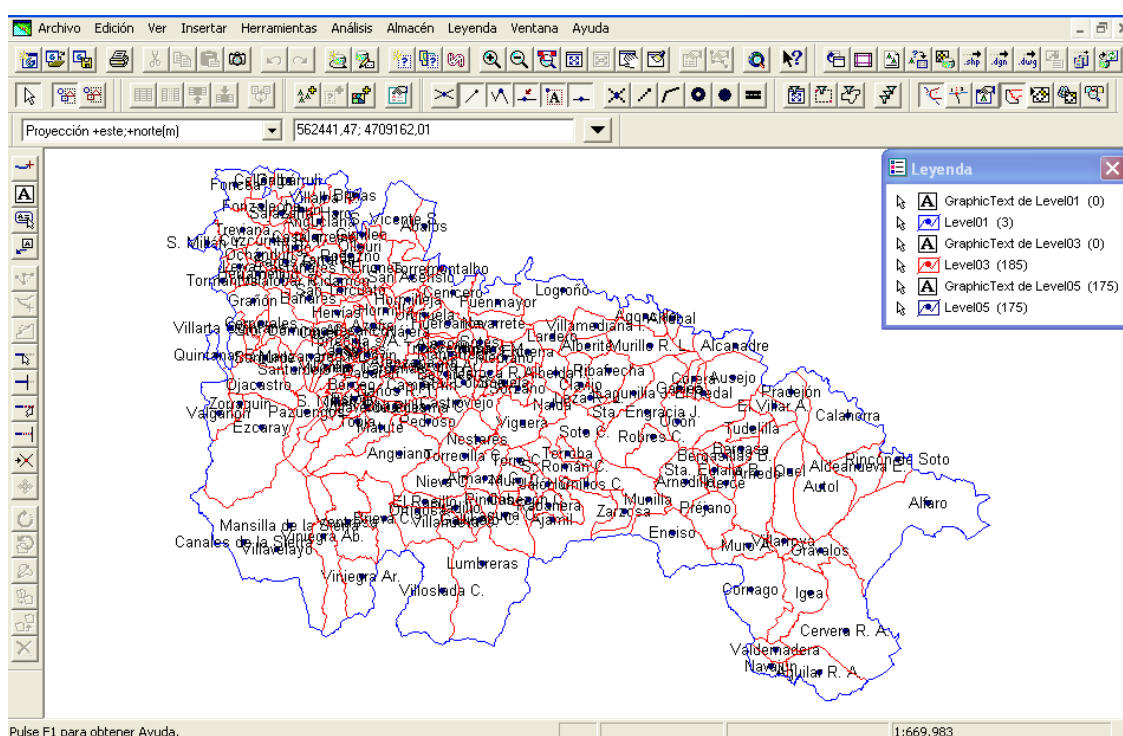
- Se dispone de un plano en formato Arcview que define los límites municipales de una determinada provincia, de la red de ríos y de los núcleos municipales. Disponemos de información gráfica en formato *.dwg y *.dgn de diferentes infraestructuras de la

provincia. Se tiene también información alfanumérica asociada a las diferentes entidades gráficas (municipios, ríos...). Se cuenta además con las imágenes georreferenciadas correspondientes a dicha provincia.

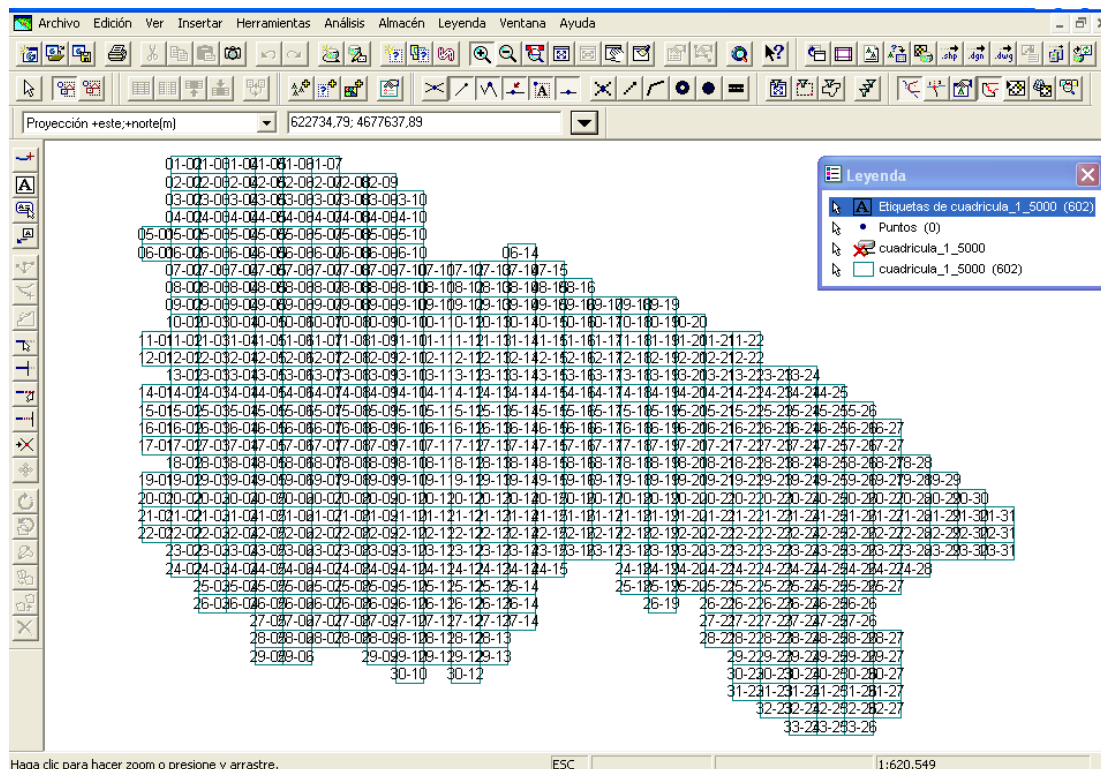
Se quiere realizar pequeños análisis espaciales y alfanuméricos con la información disponible, generando las salidas gráficas correspondientes.

Se crearán coberturas nuevas, digitalizando nuevas entidades y se asociará a las mismas una base de datos propia.

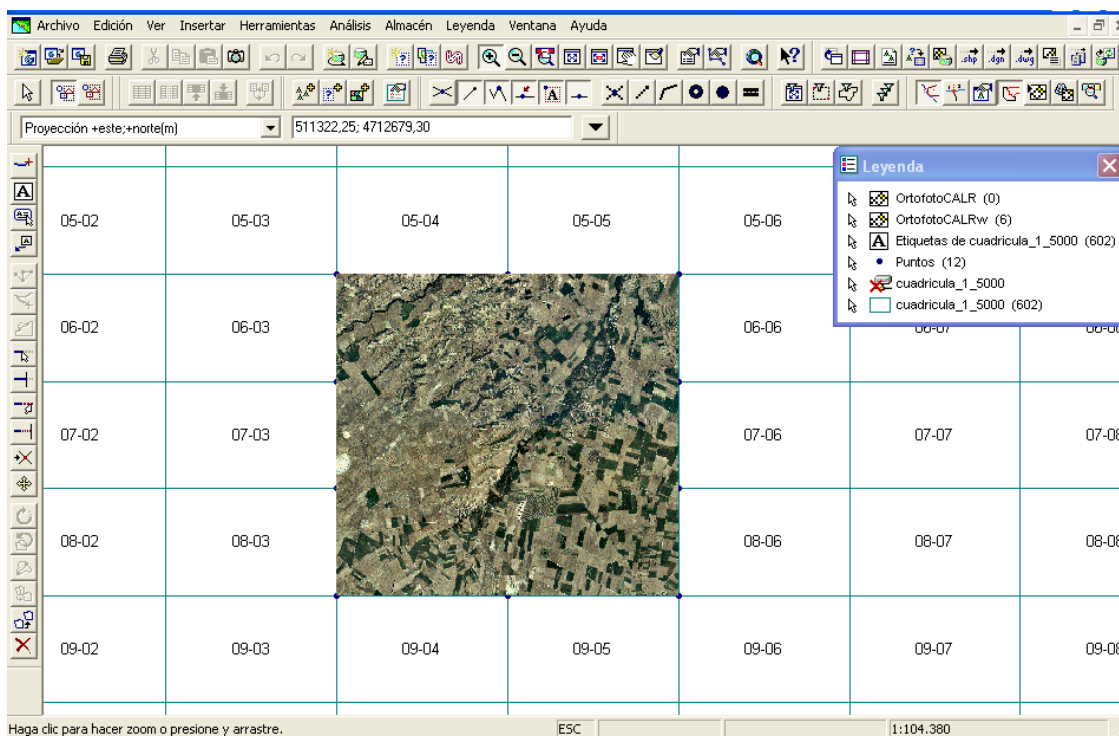
Se crearán finalmente sencillos mapas temáticos combinando toda la información gráfica y alfanumérica disponible.



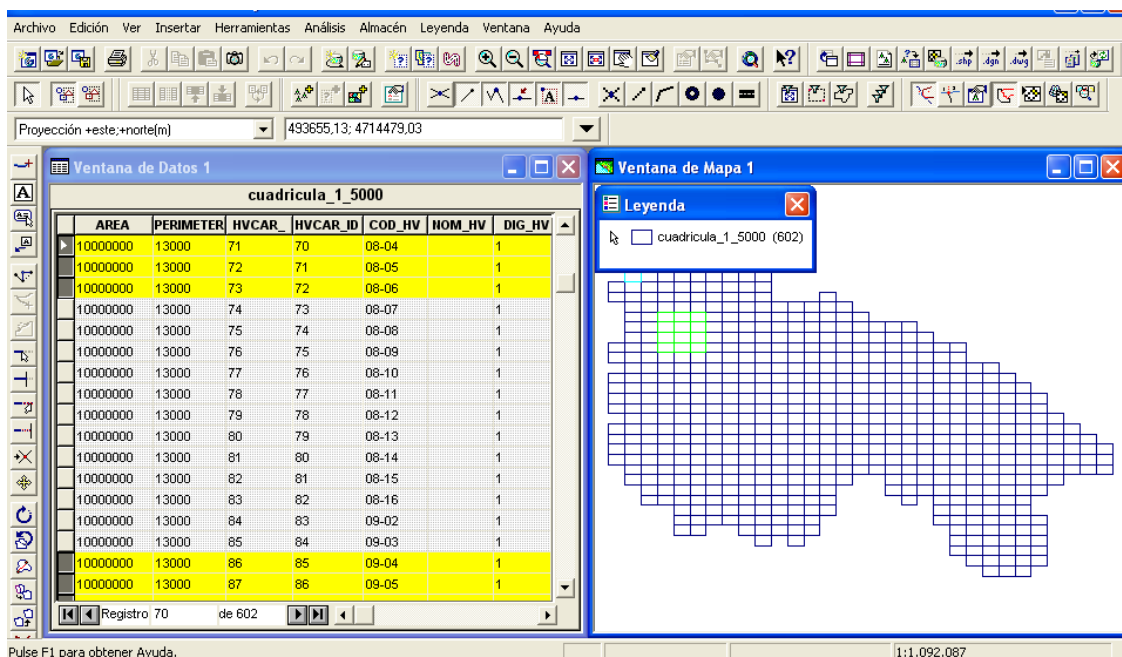
La anterior imagen se ha obtenido realizando una conexión Arcview al fichero municipios.shp y se han creado etiquetas para que aparezca el nombre del municipio encima de cada recinto, leyendo directamente de la base de datos en el fichero municipios.dbf.



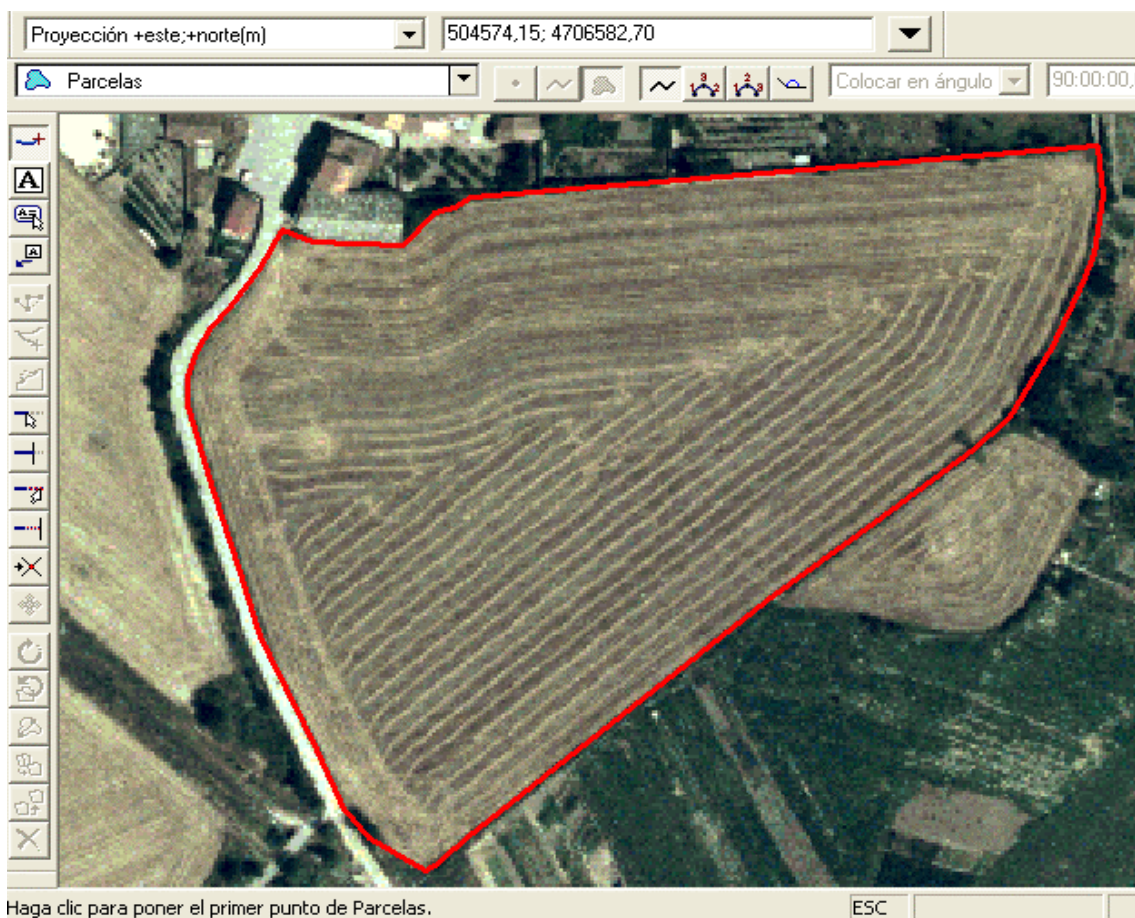
Esta imagen se ha conseguido realizando una conexión Arcview a la distribución de hojas de la cartografía 1:5.000 de la provincia y añadiendo etiquetas que reflejan en cada cuadrícula el número de la hoja correspondiente.



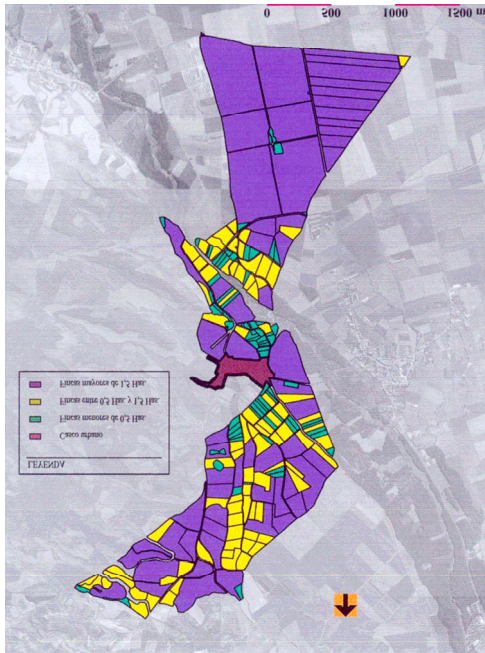
Para obtener esta imagen, se ha realizado una conexión a un almacén Arcview para cargar la cuadrícula de hojas de la provincia, se han creado etiquetas sobre cada entidad y se ha insertado seis Ortofotografía Georreferenciadas



Toda entidad gráfica perteneciente a una cobertura tiene asociado un registro en la base de datos alfanumérica. Al seleccionar un registro en la base de datos, se selecciona la entidad gráfica en la ventana correspondiente y viceversa.



Herramientas de digitalización sobre Ortofotografía. Es una forma de crear entidades dentro de una cobertura existente.



En esta imagen se aprecia una clasificación temática, correspondiente a una distribución de parcelas catastrales rústicas en función de su superficie:

- las parcelas de menos de 0,5 Has. se representan en color verde.
- las parcelas entre 0,5 Has. y 1,5 Has. se representan en amarillo.
- las parcelas con más de 1,5 Has. se representan de color morado.

Cada entidad gráfica tiene en la base de datos un campo con su superficie, y utilizando este dato el programa es capaz de las entidades que cumplen un criterio y representarlas con una simbología determinada.

PRÁCTICA Nº 11

Sistemas de posicionamiento Global

Descripción de los equipos: estación base y equipo móvil. Planificación. Ajustes de software

OBJETIVOS

En esta primera parte, el alumno tomará contacto con los distintos elementos de un equipo G.P.S., preparado para trabajo diferencial. Aprenderá a realizar los ajustes necesarios tanto en la Estación Base como en el Equipo Móvil para iniciar la toma de datos en campo. Asimismo, realizará la Planificación previa a la salida al campo, comprobando la bondad de la geometría de los satélites. Se le instruirá especialmente en el distinto modo de toma de datos: estático y dinámico, que luego pondrá en práctica en el campo.

DESARROLLO

- ❑ Composición de una Estación Base receptora: antena fija, receptor, software.
- ❑ Ajustes necesarios: introducción de coordenadas de antena, período de toma de datos, fichero de grabación de datos,...
- ❑ Composición de Estación Receptora móvil: antena, receptor, software.
- ❑ Ajustes necesarios: nombre de fichero de trabajo, definición de códigos, atributos y valores, especificación del modo de medición (estático/dinámico), tipo de coordenadas, datum de referencia, grabación de los datos...
- ❑ Planificación del trabajo: comprobar los satélites visibles y la salud de los mismos, su posición en el espacio, comprobar la bondad de los parámetros de D.O.P. Determinar la mejor hora para salir al campo un día cualquiera del mes en curso.

Toma de datos en campo (modo estático/modo dinámico)

OBJETIVOS

Una vez realizados todos los ajustes necesarios en la Estación Base y en el Equipo Móvil, los alumnos saldrán al campo para realizar el Levantamiento de varios viales del campus y definirán al mismo tiempo elementos concretos del mobiliario urbano e infraestructura del propio campus. Todos estos datos quedarán grabados en un fichero, que luego será tratado en la tercera parte de las prácticas.

DESARROLLO

- ❑ Programar el Receptor Base para que empiece a tomar datos, creando el fichero para corrección diferencial posterior.
- ❑ Preparar el receptor móvil para comenzar a tomar datos: esperar a que localice el suficiente número de satélites que den un buen DOP y nos proporcionen puntos en 3D.
- ❑ Poner el receptor en modo grabación para que comience a almacenar datos.

- ❑ Comenzar la alineación a levantar, con el receptor móvil en modo dinámico. Pasar de modo dinámico a estático cuando se quiera captar puntos concretos (árboles, registros, farolas, etc.).
- ❑ Al terminar el Levantamiento, pasar a modo de no grabación y apagar el receptor móvil. Parar igualmente la grabación de datos del receptor base.

Transmisión de los datos. Corrección diferencial. Creación de fichero gráfico. Incorporación de datos obtenidos a la Cartografía Municipal

OBJETIVOS

En esta tercera parte de la práctica, se realizará la corrección diferencial de los datos obtenidos por el receptor móvil, a través del fichero obtenido por el receptor base. Previamente se configurarán los puertos de salida del Móvil y de entrada del Base para la realizar la transmisión del fichero.

Una vez obtenido el fichero corregido diferencialmente, se exportará a formato .DXF, para ser abierto directamente por un programa de CAD. Este fichero, con coordenadas UTM, podrá ser importado como fichero de referencia e insertado el Levantamiento en la Cartografía Urbana de la ciudad.

DESARROLLO

- ❑ Ajustar los puertos de transmisión del receptor Móvil y de la Base.
- ❑ Transferir el fichero desde el receptor móvil al ordenador que controla la Base.
- ❑ Realizar la corrección diferencial del fichero, obteniendo el fichero del Levantamiento en formato original.
- ❑ Exportar dicho formato a formato gráfico .DXF e importarlo con programa de CAD.
- ❑ Insertar dicho fichero, como fichero de referencia, en un fichero que contenga la Cartografía Urbana de la ciudad en coordenadas UTM.
- ❑ Comprobar la precisión del Levantamiento realizado.

PRÁCTICA N° 12

Fotogrametría/Fotointerpretación. Uso de material fotogramétrico

ESQUEMA

Obtención de la fotografía aérea. El vuelo fotogramétrico
Análisis de los elementos principales de un fotograma.
Visión estereoscópica y Fotointerpretación.
Paralajes y desniveles
Análisis de los elementos principales de una ortofotografía.
Digitalización de terrenos a partir de ortofotos.

OBJETIVOS

Esta práctica constituye el complemento necesario a los conceptos teóricos vistos con anterioridad. En ella, se identificarán los elementos más importantes de un fotograma y se deducirán datos del vuelo. Se ensayará la visión estereoscópica de pares de fotogramas y se realizará la fotointerpretación básica, identificando los elementos de interés más determinantes.

Utilizando el micrómetro, se medirá la paralaje de distintos puntos y se deducirá a partir de ella, el desnivel entre puntos.

Como material básico de trabajo, se analizarán los elementos más importantes de una ortofotografía, destacando sus principales utilidades prácticas. Utilizando este material, se aprenderá a generar cartografía propia a partir de la digitalización de la ortofotografía, usando para ello herramientas propias de un programa de CAD.

DESARROLLO

- Identificación sobre fotograma de:
 - Marcas fiduciales.
 - Punto principal del fotograma.
 - Escala, altura de vuelo, velocidad, número de pasada, número de fotograma...
- Deducción de:
 - Base de vuelo.
 - Distancia focal de la cámara.
 - Intervalo entre disparos.
 - Recubrimiento longitudinal y recubrimiento transversal.
 - Superficie neta de cada fotograma. Número de fotogramas por Hectárea.
- Medición de paralajes y desniveles:
 - Definir en cada fotograma la posición de dos puntos y sus conjugados.
 - Determinar utilizando el micrómetro, la paralaje de cada punto.
 - Deducir el desnivel entre ambos puntos.
- Identificación de elementos de la Ortofotografía:
 - Cuadrícula UTM.
 - Escala, numeración de ortofotos...

- Puntos de apoyo, vértices...
- Gráfico de Nortes: magnético, de la cuadrícula, geográfico...
- Digitalización y generación cartográfica a partir de ortofotografía:
 - Seleccionar una zona de interés en una ortofotografía.
 - Realizar el escaneo de la misma a una buena resolución.
 - Con programa de CAD, insertar como fichero de referencia raster la imagen escaneada y poner a escala adecuada la imagen. Para ello, utilizaremos como referencia la cuadrícula UTM de la propia ortofoto.
 - Digitalizar las parcelas, caminos y demás elementos de interés, generando cartografía propia en coordenadas UTM.
- Digitalización sobre ortofotografía digital:
 - Insertar la imagen georreferenciada o no, pero a escala natural, sobre programa de CAD.
 - Digitalizar entidades y generar cartografía propia en coordenadas UTM.
 - Superponer información vectorial externa sobre Ortofotografía digital.



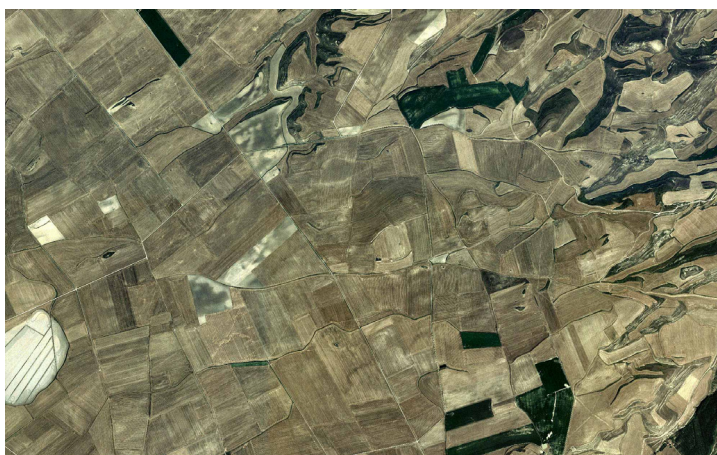
Fotograma 24 x 24 cm.



Este fragmento de fotografía aérea ampliada, corresponde a un vuelo fotogramétrico realizado en el año 1956 sobre gran parte del territorio nacional. Los límites de las parcelas rústicas se observan con mucha claridad.

Es un material fotogramétrico de gran utilidad para el estudio de la evolución de los linderos y es una buena herramienta para su uso en conflictos sobre invasión de la propiedad.

Sobre este material se podría realizar fotointerpretación, para la identificación de cultivos (viña, cereal...), caminos de servidumbre, antiguas construcciones, etc.

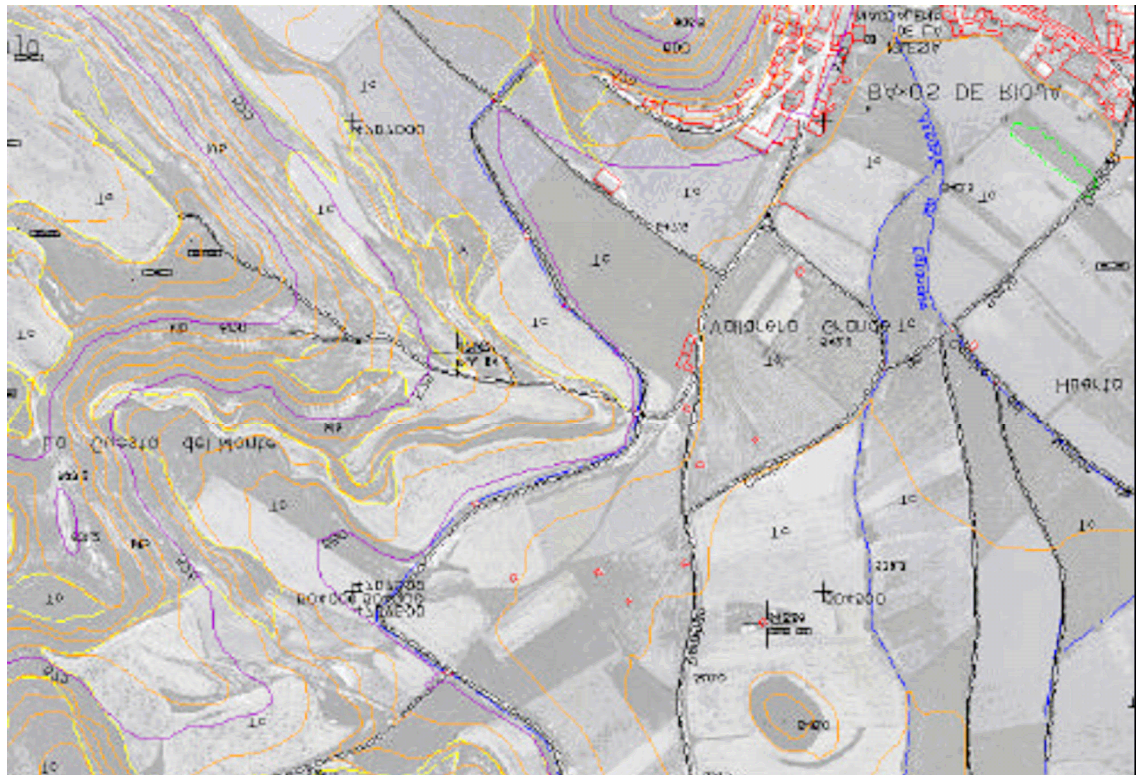


Esta imagen se corresponde con una moderna Ortofotografía digital en color, sobre la cual se aprecian perfectamente los contrastes generados por los diferentes usos del suelo. Hoy en día se está generalizando su uso para todo tipo de aplicaciones, siendo uno de los materiales derivados de la fotogrametría más demandados. La revisión catastral se realiza utilizando este material como base.



La imagen de la izquierda, representa un levantamiento topográfico realizado sobre una finca agrícola de 100 hectáreas, el cual ha sido superpuesto sobre dicha ortofoto. Se puede apreciar la perfecta correspondencia de los límites de las parcelas.

Constituye por tanto, un buen método para comprobar la bondad de los levantamientos topográficos o para determinar ciertos errores en la generación de la Ortografía.



En la anterior imagen se observa la cartografía vectorial con curvas de nivel superpuesta sobre la Ortografía digital en escala de grises. Es una información bastante completa y valiosa sobre un territorio y que suele ser el material de partida para iniciar estudios posteriores.

APÉNDICES

PERCEPCIÓN VISUAL Y SU RELACIÓN CON LA ESCALA

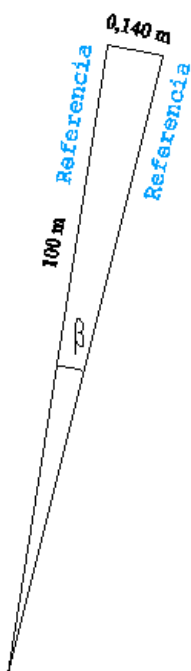
El ojo humano puede alcanzar a percibir en un papel dimensiones de hasta 1/4 de milímetro con un error en la percepción no superior a 1/5 de milímetro (0,2 mm).

De lo anterior llegamos a la conclusión de la importancia de saber a la escala que se trabaja, para tenerlo en cuenta en los trabajos a realizar en campo.

Para saber la distancia en el terreno que no tiene representación en el plano, multiplicamos el **denominador de la escala** por la **percepción visual**.

Por ejemplo, si trabajásemos con una escala de 1/500, la percepción de 0,2 mm en el plano, se corresponderían en el terreno a 100 mm (10 cm)

Si la escala es 1:1.000, en el terreno serían 20 cm.



Cuando estamos tomando datos con el teodolito y vamos comprobando si se ha movido al visar a la referencia, tendremos en cuenta el ángulo límite para no tener representación en el plano.

Si la escala final es 1:700, la distancia que no tiene representación en el plano será como máximo de 140 mm.

Si la distancia máxima de radiación es de 100 m

Cuando visamos a la referencia, deberíamos tener la misma lectura horizontal, la diferencia será el error β .

$$\text{sen}\beta \cong \text{tg}\beta = \frac{0,140}{100} = 0,0014 \quad \beta = \text{artg}0,0014 = 0,0891$$

El límite de la diferencia angular está en 8^m91^s a la escala de 1:700

Pero si la distancia máxima de radiación es de 1000 m:

$$\text{sen}\beta \cong \text{tg}\beta = \frac{0,140}{1000} = 0,00014 \quad \beta = \text{artg}0,00014 = 0,0089$$

Conclusión: el límite de la diferencia angular está en 89^s a la escala de 1:700

RESEÑAS

PA: 1

COORDENADAS UTM

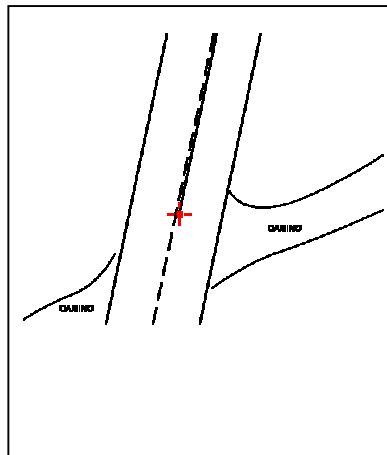
X: 493949,363
Y: 4685404,071
Z: 951,015

DEFINICIÓN:

Extremo línea eje.

Cota suelo.

FOTOGRAMA/PASADA: 3032/1



PA: 2

COORDENADAS UTM

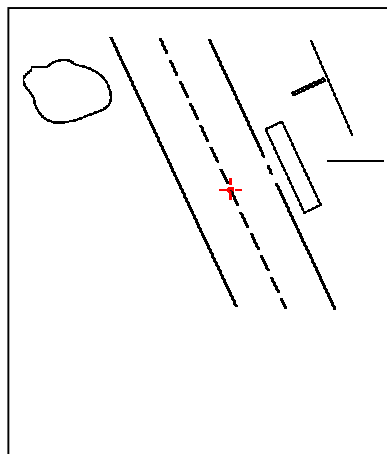
X: 494930,796
Y: 4685508,055
Z: 918,301

DEFINICIÓN:

Extremo línea eje.

Cota suelo.

FOTOGRAMA/PASADA: 3030/1



PA: 3

COORDENADAS UTM

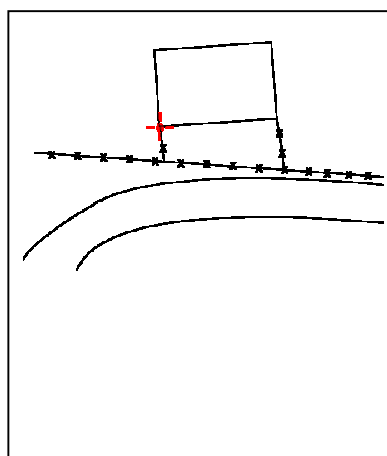
X: 494507,904
Y: 4685699,954
Z: 938,963

DEFINICIÓN:

Esquina alero caseta.

Cota arriba.

FOTOGRAMA/PASADA: 3031/1



ESCALAS DE IMPRESIÓN

	Marco m terreno					
	$E=1:1$	$E=1:100$	$E=1:200$	$E=1:300$	$E=1:400$	$E=1:500$
A 0	0.841 * 1.189	84.1 * 118.9	168.2 * 237.8	252.3 * 356.7	336.4 * 475.6	420.5 * 594.5
A 1	0.595 * 0.841	59.5 * 84.1	119 * 168	178.5 * 252.3	238 * 336.4	297.5 * 420.5
A 2	0.420 * 0.595	42 * 59.5	84 * 119	126 * 178.5	168 * 238	210 * 297.5
A 3	0.297 * 0.420	29.7 * 42	59.4 * 84	89.1 * 126	118.8 * 168	148.5 * 210
A 4	0.210 * 0.297	21 * 29.7	42 * 59.4	63 * 89.1	84 * 118.8	105 * 148.5
	$E=1:1000$	$E=1:2000$	$E=1:2500$	$E=1:3000$	$E=1:4000$	$E=1:5000$
A 0	841 * 1189	1682 * 2378	2102.5 * 2972.5	2523 * 3567	3364 * 4756	4205 * 5945
A 1	595 * 841	1189 * 1682	1487.5 * 2102.5	1785 * 2523	2380 * 3364	2975 * 4205
A 2	420 * 595	841 * 1189	1050 * 1487.5	1260 * 1785	1680 * 2380	2100 * 2975
A 3	297 * 420	595 * 841	742.5 * 1050	891 * 1260	1188 * 1680	1485 * 2100
A 4	210 * 297	410 * 595	525 * 742.5	630 * 891	840 * 1188	1050 * 1485
	Cajón m terreno					
	$E=1:1$	$E=1:100$	$E=1:200$	$E=1:300$	$E=1:400$	$E=1:500$
A 0	0.18 m * 0.06 m	18 * 6	36 * 12	54 * 18	72 * 24	90 * 30
A 1	0.18 m * 0.06 m	18 * 6	36 * 12	54 * 18	72 * 24	90 * 30
A 2						
A 3						
A 4						
	$E=1:1000$	$E=1:2000$	$E=1:2500$	$E=1:3000$	$E=1:4000$	$E=1:5000$
A 0	180 * 60	360 * 120	450 * 150	540 * 180	720 * 240	900 * 300
A 1	180 * 60	360 * 120	450 * 150	540 * 180	720 * 240	900 * 300
A 2						
A 3						
A 4						

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO, F. *Topografía general y aplicada*. 12ª ed. corr. y act. Madrid: Mundi-Prensa, 1993.

Consulta:

CHUECA PAZOS, M. *Topografía*. Madrid: Dossat, 1982.

LÓPEZ-CUERVO Y ESTÉVEZ, S. *Topografía*. 2ª ed. rev. y act. Madrid: Mundi-Prensa, 1996.

MARTÍN LÓPEZ, C. *Cartografía*. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, [1999].

MARTÍN ASÍN, F. *Geodesia y cartografía matemática*. 3ª ed. Madrid: Paraninfo, 1990.

RAISZ, E. *Cartografía*. [4a. ed.]. Barcelona: Omega, 1972.

RUIZ MORALES, M. *Manual de geodesia y topografía*. Armilla, Granada: Proyecto Sur, 1991.

SANTOS MORA, A. *Topografía y replanteo de obras de ingeniería*. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, 1993.

——— *Aplicaciones industriales de la topografía*. Madrid: Colegio de Ingenieros Técnicos de Topografía, 1998.

VALDES DOMÉNECH, F. *Prácticas de topografía, cartografía, fotogrametría*. Barcelona: Ceac, 1981.

——— *Aparatos topográficos*. Barcelona: Ceac, 1982.

——— *Topografía*. 3ª ed. Barcelona: Ceac, 1991.

VÁZQUEZ MAURE, F. y J. MARTÍN LÓPEZ. *Lectura de mapas*. 3ª ed. Madrid: Fundación General de la U. P. M, 1995.



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA