

SAGARPA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN

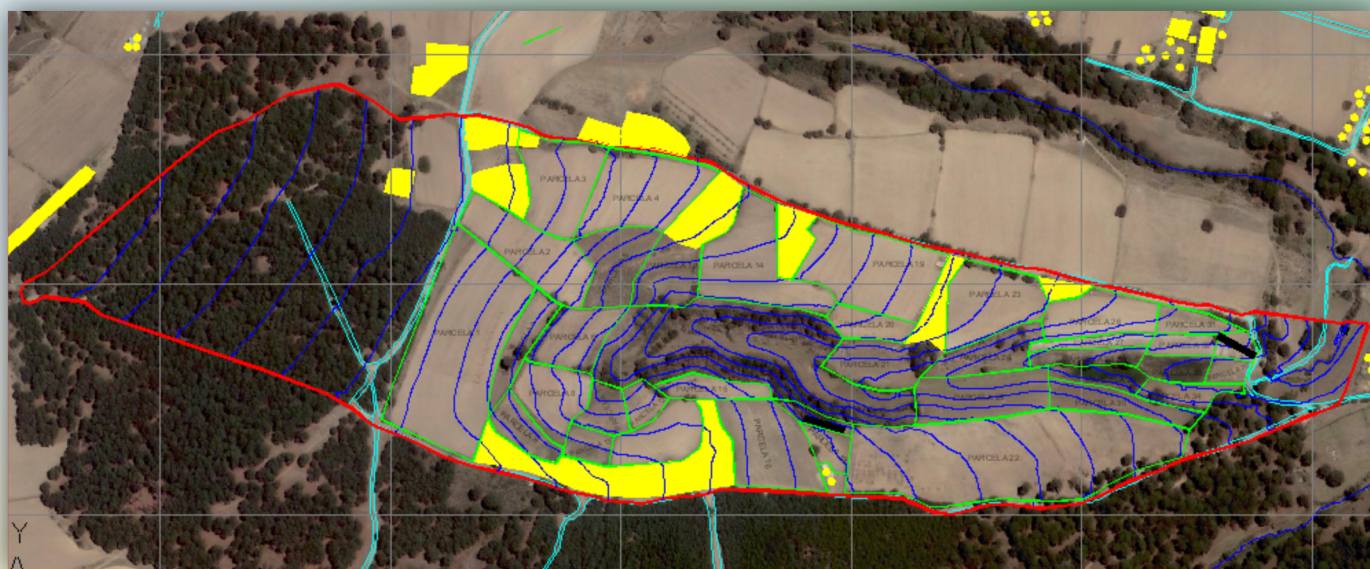
**“SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA,
DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN”**

Subsecretaría de Desarrollo Rural
Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural”



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

TOPOGRAFÍA APLICADA A OBRAS COUSSA.



CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	2
ÍNDICE DE CUADROS	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. CONCEPTOS BÁSICOS.....	4
3. TIPOS DE LEVANTAMIENTO	6
4. EQUIPO TOPOGRÁFICO.....	6
4.1 Nivel	6
4.2 GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)	12
4.3 Estación total	16
5. LEVANTAMIENTO Y PROCESAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	18
5.1 Levantamiento de obras de captación	19
5.1.1 Configuración de vasos y terrenos	19
5.1.2 Sección transversal y perpendicular	26
5.1.3 Gráfica de elevaciones-áreas-capacidades.....	29
5.2 Levantamiento de perfiles en obras lineales.....	31
5.2.1 Perfiles longitudinales.....	31
5.2.2 Secciones transversales	34
6. REPLANTEO	36
6.1 Trazo de curvas en campo	36
6.2 Trazo de obra con Estación Total.....	36
7. BIBLIOGRAFÍA.....	38
8. ANEXO 1. PROCEDIMIENTO DE USO Y DESCARGA DE DATOS DEL GPS DIFERENCIAL.....	40
9. ANEXO 2. PROCEDIMIENTO DE USO Y DESCARGA DE DATOS DE LA ESTACIÓN TOTAL	47

10. ANEXO 3. GRÁFICA DE ELEVACIONES-ÁREAS - CAPACIDADES	56
---	----

11. ANEXO 4. EJEMPLO DE PLANO TOPOGRÁFICO DE OBRA DE CAPTACIÓN..	57
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano común de referencia.....	7
Figura 2. Nivel topográfico.....	8
Figura 3. Desnivel entre dos puntos (A y B).....	9
Figura 4. Registro de datos de nivelación diferencial compuesta.....	10
Figura 5. Ubicación de área de estudio.	13
Figura 6. Obtención de coordenadas con GPS..	13
Figura 7. Descarga de datos de GPS.	13
Figura 8. Ubicación de obras.	13
Figura 9. Ubicación de obras.	14
Figura 10. Bancos de nivel a base de concreto.	14
Figura 11. Instalación de GPS diferencial.....	15
Figura 12. Lecturas de GPS diferencial.	15
Figura 13. Descarga de datos de GPS Diferencial.	15
Figura 14. Obtención de coordenadas con GPS diferencial y delimitación de una Microcuenca.	15
Figura 15. Estación Total Sokkia.	16
Figura 16. Nivelación de Estación Total.....	16
Figura 17. Orientación con coordenadas conocidas.....	17
Figura 18. Puntos a medir con Estación Total y prismas.	17
Figura 19. Cambio de estación.....	17
Figura 20. Descarga de datos de Estación Total Sokkia.	17
Figura 21. Elaboración de planos.....	18
Figura 22. Poligonal abierta por el cauce.	20

Figura 23. Poligonal cerrada por la curva de cota máxima.....	20	Figura 46. Secuencia para marcar estaciones... 32	
Figura 24. Poligonal cerrada dentro del vaso. ..	21	Figura 47. Procedimiento para marcar estaciones.....	33
Figura 25. Secuencia para establecer estilo de texto.	21	Figura 48. Estaciones.	33
Figura 26. Secuencia para definir altura de texto.	22	Figura 49. Secuencia para cuadro de construcción del eje.	34
Figura 27. Proceso para importar puntos.....	23	Figura 50. Coordenadas iniciales del eje para cuadro de construcción.....	34
Figura 28. Secuencia para obtener la triangulación.	23	Figura 51. Cuadro de construcción del eje.	34
Figura 29. Triangulación.....	24	Figura 52. Secuencia para generar secciones... 35	
Figura 30. Secuencia para curvas de nivel.	25	Figura 53. Selección de eje y estaciones.....	35
Figura 31. Caja de diálogo para generar curvas de nivel.....	25	Figura 54. Cuadro de diálogo para generar secciones.	35
Figura 32. Tipos de vasos.	26	Figura 55. Secciones generadas.	36
Figura 33. Levantamiento de una sección transversal.....	27	Figura 56. Caballete tipo rectangular.	36
Figura 34. Trazo del eje para la boquilla.....	27	Figura 57. Caballete tipo trapezoidal y triangular	36
Figura 35. Secuencia para perfil del eje.....	27	Figura 58. Componentes de un nivel de mano tipo Abney.	36
Figura 36. Perfil de la boquilla.	28	Figura 59. Nivel de mano tipo Torpedo Level... 36	
Figura 37. Secuencia para la retícula del eje. ...	28	Figura 60. Nivel de mano tipo Multi-digit Pro. . 36	
Figura 38. Caja de diálogo para dibujar retícula en perfiles.....	28	Figura 61. Coordenadas registradas.	37
Figura 39. Retícula en el perfil de la boquilla. ..	29	Figura 62. Elementos físicos del replanteamiento con estación total.....	37
Figura 40. Perfil perpendicular del cauce.	29	Figura 63. Introducción de coordenadas para replanteo.....	38
Figura 41. Cierre de las curvas de nivel con respecto al eje de la boquilla.	29	Figura 64. Datos mostrados en la pantalla de la estación total al estar replanteando un punto. 38	
Figura 42. Unión de curvas con respecto a su trayectoria.....	30		
Figura 43. Definición de los polígonos con respecto a la curva de nivel y eje de la boquilla.	30		
Figura 44. Área del polígono de la curva de nivel con respecto al eje de la boquilla.	30		
Figura 45. Liga de puntos correspondientes al eje.....	32		

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diferencias de datum.	6
Cuadro 2. Diferencias entre levantamientos geodésicos y topográficos.	6



TOPOGRAFÍA APLICADA A OBRAS COUSSA



como artificiales. Una vez realizados los levantamientos topográficos correspondientes, es fundamental procesar la información obtenida en campo de tal manera que exista una correcta representación del terreno y su manejo sea rápido y preciso.

El presente instructivo tiene como objetivo proporcionar los elementos necesarios para llevar a cabo el levantamiento topográfico con equipo electrónico y su procesamiento en AutoCAD y CivilCAD. Para cumplir este objetivo se analizarán los procedimientos para el levantamiento de vasos de almacenamiento, de terrenos y perfiles, útiles en el diseño de prácticas vegetativas, y obras lineales como canales, caminos y líneas de conducción.

1. INTRODUCCIÓN

Previo al diseño y construcción de infraestructura para el aprovechamiento y conducción hidráulica, así como en obras de conservación de suelo y humedad, es fundamental la realización de estudios topográficos que proporcionen la información de campo para el diseño geométrico de tales estructuras. Estos estudios, además de permitir la cuantificación de volúmenes de obra, permiten el establecimiento de puntos de control y niveles útiles en la etapa de construcción.

Los estudios topográficos tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales

2. CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación se presentan los conceptos topográficos básicos que son necesarios conocer, tales como:

Planimetría

Es la representación bidimensional de los datos de un terreno con el objeto de determinar sus dimensiones. La planimetría estudia los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones.

Altimetría

Tiene como objeto principal determinar la diferencia de alturas entre puntos situados en el terreno.

Geodesia

La Geodesia tiene como objetivo el estudio y determinación de la forma de la Tierra, de su campo de gravedad; y sus variaciones temporales. Se trata de una disciplina fundamentada en la física y en las matemáticas, cuyos resultados constituyen la base geométrica para otras ramas del conocimiento geográfico, como son la **Topografía**, la Cartografía, la Fotogrametría y la navegación.

Georreferenciación

Es un proceso que permite determinar la posición de una entidad geográfica sobre la superficie terrestre. Se sirve de un sistema de proyección y sistema de coordenadas que representan el geoide terrestre, para transformarlo en un mapa o en un plano.

Para la realización de trabajos topográficos se recomienda utilizar cartografía referida a un sistema de representación, ya sea en coordenadas geográficas o planas como el Sistema UTM (Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator). Para el elipsoide de referencia, base del sistema de proyección seleccionado, las elevaciones se expresan generalmente en metros sobre el nivel del mar.

Datum

El Datum es un conjunto de puntos de referencia, en la superficie del elipsoide de referencia, de los que las coordenadas geográficas son tomadas. El sistema de datums horizontales son utilizados para describir un punto sobre la superficie terrestre, y los datums verticales, para elevaciones o profundidades.

Un Datum de referencia (modelo matemático) es una superficie constante y conocida utilizada para describir la localización de puntos sobre la Tierra. Dado que diferentes datums tienen diferentes radios y puntos centrales, un punto medido con diferentes datums puede tener coordenadas diferentes. Existen cientos de datums de referencia desarrollados para señalar convenientemente puntos en determinadas partes del planeta.

Cada Datum está compuesto por:

- a) un elipsoide, y
- b) por un punto llamado "Fundamental" en el que el elipsoide y la Tierra son tangentes. De este punto se han de especificar longitud, latitud y el azimut de una dirección desde él establecida.

Algunos de los datum más utilizados son:

NAD27 (North American Datum of 1927): Es un Datum basado en el elipsoide Clarke de 1866. La referencia o estación base se encuentra localizada en Maedes Ranch en Kansas. El uso de este Datum va siendo gradualmente reemplazado por Datums como NAD83 o ITRF92



(ambos considerados como idénticos), ya que las tecnologías GPS proporcionan precisiones mayores que hacen necesario ocupar un datum acorde a tales mediciones. Así, en México, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) ha adoptado para sus datos vectoriales el ITRF92 (International Terrestrial Reference Frame 1992).

En el Cuadro 1, se muestran las diferencias que existen en las coordenadas de acuerdo al datum.

Cuadro 1. Diferencias de datum.

Datum	Longitud	Latitud
NAD 1927	-122.46690368652	48.7440490722656
NAD 1983	-122.46818353793	48.7438798543649
WGS 1984	-122.46818353793	48.7438798534299

El amplio uso del WGS84 ésta dado por el manejo de la tecnología GPS ya que es el datum en el cual se calculan las posiciones GPS normalmente.

3. TIPOS DE LEVANTAMIENTO

El levantamiento es un conjunto de operaciones y medios puestos en práctica para determinar las posiciones de puntos terrestres y su representación cartográfica.

Topográficos. Los levantamientos topográficos son una serie de mediciones y recopilaciones de datos terrestres que se desean representar, en el que los resultados se plasman en planos que muestran su distribución espacial (planimetría y altimetría).

Geodésicos. Los levantamientos geodésicos se distinguen por la técnica y el uso que se les da. En los levantamientos geodésicos, de grandes áreas, se debe tomar en cuenta la curvatura de la superficie terrestre. La red de mediciones, entre puntos de este mismo sistema, es necesaria para controlar el levantamiento y así determinar el lugar de grandes áreas; debiendo tomar estas medidas con la más alta calidad posible.

Cuadro 2. Diferencias entre levantamientos geodésicos y topográficos.

Geodésicos	Topográficos
1. Considera la verdadera configuración de la superficie de la Tierra.	1. Considera la superficie de la Tierra como plana.
2. Se realizan en grandes extensiones de la superficie de la Tierra.	2. Se realiza en pequeñas extensiones de superficie.
3. Se realizan con técnicas e instrumentos especiales.	3. Se realiza con instrumentos y técnicas sencillas.
4. Tienen mayor precisión	4. Tienen menor precisión.
5. Están a cargo de instituciones especializadas.	5. Puede ser realizado por personal no especificado.

4. EQUIPO TOPOGRÁFICO

En la actualidad existen diversos equipos para efectuar un levantamiento topográfico; en este apartado se explica la metodología para realizar levantamientos topográficos usando Nivel, GPS y Estación Total, así como otro tipo equipo que se puede utilizar durante el proceso.

4.1 NIVEL

Recibe el nombre de nivelación o altimetría el conjunto de los trabajos que suministran los elementos para conocer las alturas y forma del terreno en sentido vertical.

La nivelación directa o topográfica es la que se realiza por medio de los aparatos llamados niveles y se llama directa porque al mismo tiempo que se va ejecutando, se van conociendo los desniveles del terreno.

Todas las alturas de un trabajo de topografía, están referidas a un plano común de referencia. Este plano llamado de comparación es una superficie plana imaginaria, cuyos puntos se asumen con una elevación o altura cero (Figura 1).

Comúnmente se usa como plano de comparación el nivel medio del mar; sin embargo, en los trabajos topográficos, para conocer la altura se puede utilizar como punto de referencia un punto ubicado con el GPS.

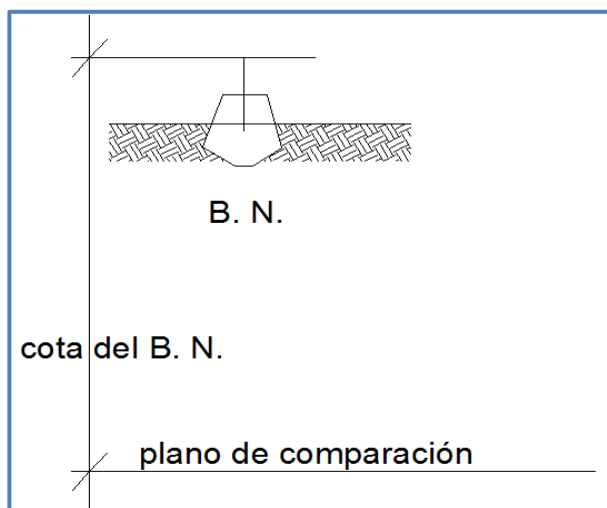


Figura 1. Plano común de referencia.

Se denomina *cota*, *elevación* o *altura* de un punto determinado de la superficie terrestre, a la distancia vertical que existe desde el plano de comparación a dicho punto.

Se llama *Banco de Nivel (BN)* a un punto fijo, de carácter permanente, cuya elevación con respecto a algún otro punto de referencia, es conocida. Se usa como punto de partida para un trabajo de nivelación o como punto de comparación de cierre. Los BN se emplean como puntos de referencia y de control para obtener las cotas de los puntos del terreno. Se establecen sobre roca fija, troncos de árboles u otros sitios notables e invariables y también por medio de monumentos de concreto, con una varilla que defina el punto.

Existen algunas prácticas y obras de conservación de suelos que no requieren aparatos de alta precisión. En estos casos, los que se utilizan comúnmente, por su fácil construcción, bajo costo y buen funcionamiento son:

- Niveles de caballete, en específico el triangular, comúnmente llamado aparato "A".
- Niveles de manguera.
- Niveles de mano.
- Niveles digitales (ópticos).

El objetivo primordial de la nivelación es referir una serie de puntos, a un mismo plano de comparación, para poder deducir los desniveles entre los puntos observados. Se dice que dos puntos o más están a nivel cuando se encuentran a la misma cota o elevación respecto al mismo plano de referencia, en caso contrario, se dice que existe un desnivel entre éstos.

El nivel topográfico (Figura 2), también llamado nivel óptico, es un instrumento que tiene como finalidad la medición de desniveles entre puntos que se hallan a distintas alturas o el traslado de cotas de un punto conocido a otro desconocido.



Figura 2. Nivel topográfico.

El nivel óptico consta de un anteojo, similar al del teodolito, con un retículo estadimétrico para apuntar, y un nivel de burbuja muy sensible (o un compensador de gravedad o magnético en el caso de los niveles automáticos), que permite mantener la horizontalidad del eje óptico del anteojo. Anteojo y nivel están unidos solidariamente de manera que cuando el nivel está desnivelado, el eje del anteojo no mantiene una perfecta horizontalidad.

Este tipo de niveles se considera de alta precisión y son empleados en trabajos que exigen detalle, como el diseño de obras hidráulicas, caminos, etc.

La nivelación diferencial es simple cuando el desnivel entre dos puntos puede obtenerse haciendo solamente una estación con el instrumento. Este caso se presenta cuando los puntos cuyo desnivel se desea conocer no están

separados por una distancia mayor a 200 m, y el desnivel entre los mismos no es mayor que la longitud del estadal. El estadal es parte indispensable del equipo de nivelación y consiste de una regla graduada con precisión milimétrica sobre la cual se hacen las lecturas con el nivel. En la actualidad se pueden conseguir estadales de aluminio en longitudes de 4 y 5 m, los cuales, por su ligereza, resultan muy prácticos para su traslado y uso en campo (Figura 2).

Para determinar con el nivel óptico el desnivel entre dos puntos *A* y *B* (Figura 3), se estaciona el instrumento a igual distancia de ambos puntos, para eliminar los errores por curvatura de la Tierra y refracción atmosférica, y se toman las lecturas de estadal en *A* y *B*.

El desnivel se obtiene por la diferencia de las lecturas de estadal hechas en *A* y *B*.

L_A = lectura de estadal en el punto *A*.

L_B = lectura del estadal en el punto *B*.

h = desnivel entre *A* y *B*.

∇ = altura del instrumento.

El desnivel entre *A* y *B* es:

$$h = L_A - L_B$$

Altura del instrumento (*A. I.* o *figura* ∇) es la elevación de la línea de colimación respecto al plano de comparación y no a la altura del anteojo con respecto al suelo del lugar donde esté instalado el instrumento.

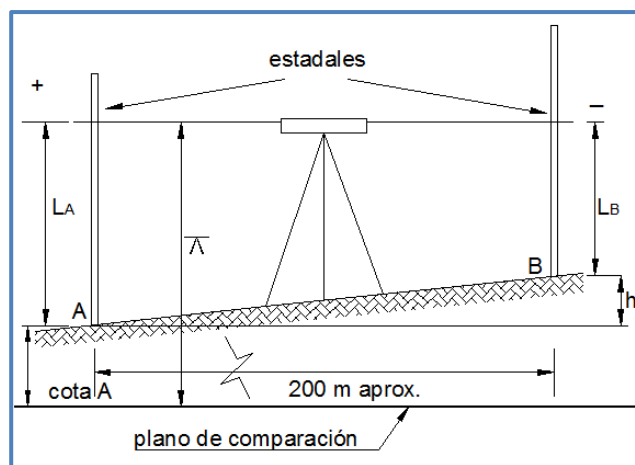


Figura 3. Desnivel entre dos puntos (A y B).

Lectura atrás es la que se hace en el estadal colocado sobre un punto de elevación conocida y se indica con el signo positivo (+).

Lectura adelante es la que se toma en el estadal sobre un punto de elevación desconocida y se indica con signo negativo (-).

$$h = \text{lectura atrás} - \text{lectura adelante}$$

Si la diferencia resulta positiva, indicará que el punto de adelante será más alto que el punto de atrás y viceversa.

La *lectura atrás se suma* a la elevación del punto donde se hace la lectura para obtener la *altura del instrumento*, y la *lectura adelante se resta* de la altura del instrumento para determinar la *elevación* del punto donde se hace la lectura.

Cuando se conoce la *elevación o cota* del punto A y se desea obtener la correspondiente al punto B, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Cota B} = \text{Cota A} \pm \text{Desnivel entre A y B}$$

a) Nivelación de un eje longitudinal

Cuando no se cumplen las condiciones antes señaladas para una nivelación simple, ya sea porque los puntos extremos de la línea cuyo desnivel se desea conocer estén muy lejanos uno de otro; o porque existen obstáculos intermedios, entonces el desnivel se obtiene por medio de una nivelación compuesta, que consiste en repetir la operación indicada para la nivelación simple, tantas veces como sea necesario, estableciendo puntos intermedios denominados puntos de liga (PL) donde se hacen dos lecturas en el estadal, una adelante y otra atrás; este procedimiento se lleva a cabo en la nivelación de una sección.

Los PL deben ser puntos definidos y se establecerán empleando objetos naturales o artificiales como rocas, troncos de árboles, estacas con clavos o grapas o marcas pintadas.

La nivelación de un eje longitudinal requiere de una serie de cambios de instrumento a lo largo de la ruta general y realizar, para cada cambio, una lectura atrás en el estadal; colocando sobre un punto de elevación conocida, y otra lectura adelante al punto de elevación desconocida.

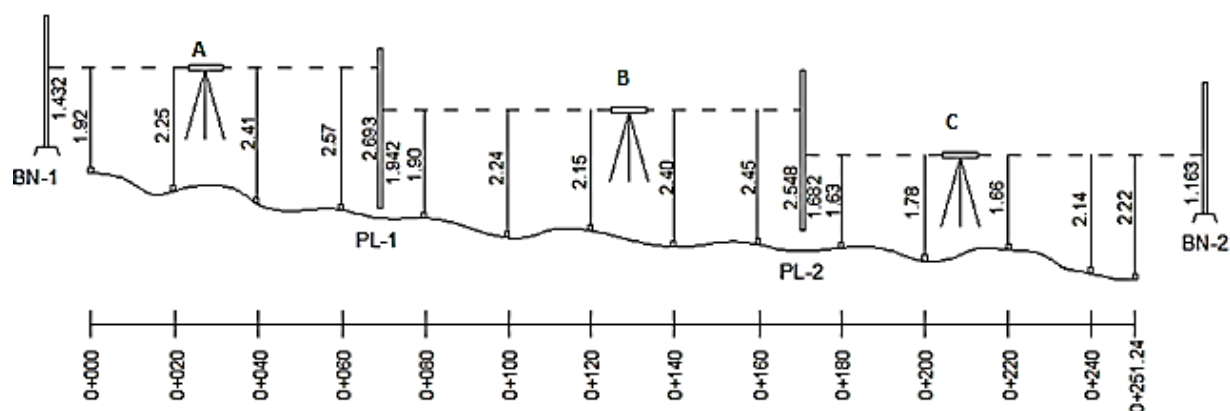
El procedimiento que se explica a continuación corresponde a una nivelación sobre el eje de una línea de conducción o camino.

El trabajo y el registro se llevan como se indica en la Figura 4.

Un estadal se coloca sobre el BN-1; el instrumento se instala en un lugar conveniente,

como A, a lo largo de la ruta general, pero no necesariamente en la línea directa que une BN-1 a BN-2. El nivelador hace la lectura atrás en el

estadad colocado en el BN-1, anotándola en la libreta de campo.



Est.	+		-	Cotas
BN-A	1.432	21.432		20.000
0+000			1.92	19.512
0+020			2.25	19.182
0+040			2.41	19.022
0+060			2.57	18.862
PL-1	1.942	20.681	2.693	18.739
0+080			1.90	18.781
0+100			2.24	18.441
0+120			2.15	18.531
0+140			2.40	18.281
0+160			2.45	18.231
PL-2	1.682	19.815	2.548	18.133
0+180			1.63	18.185
0+200			1.78	18.035
0+220			1.66	18.155
0+240			2.14	17.675
0+251.24			2.22	17.595
BN-2			1.163	18.652

Figura 4. Registro de datos de nivelación diferencial compuesta.

A continuación se realizan las lecturas adelante sobre el estadal colocado en los cadenamientos previamente establecidos (marcados regularmente con trompos de madera); en este caso se inicia en el cadenamiento 0+000 y se continúa cada 20 m, hasta donde el alcance óptico del nivel y la topografía del terreno lo

permitan y sin perder precisión en el levantamiento.

Cuando sea necesario realizar un cambio de aparato, el estadalero se dirige hacia adelante y, según las indicaciones del nivelador, marca un punto de liga, sobre el cual coloca el estadal para

que el nivelador haga ahora la lectura adelante y la registre.





El nivelador instala el instrumento en otro punto, como *B*, y toma una lectura atrás con el estadal colocado sobre el *PL-1* y continúa el levantamiento. Cada punto de liga debe ser temporalmente inamovible por lo cual se recomienda usar estacas de madera perfectamente clavadas sobre el terreno. Este procedimiento se repite para registrar lecturas de los cadenamientos intermedios y establecer un segundo punto de liga (*PL-2*), hasta llegar al *BN-2*.

En la Figura 4 que se toma como ejemplo, se suman la lectura atrás y la elevación *BN-1*, para obtener la altura o elevación del instrumento. Para conocer la cota o elevación de cada uno de los cadenamientos, a la altura del instrumento se le resta cada lectura adelante.

Debido a que, la diferencia entre la lectura atrás (tomada en un punto de elevación conocida) y la lectura adelante (tomada sobre algún cadenamiento), es igual al desnivel entre los dos puntos., se infiere que la diferencia entre la suma de todas las lecturas atrás y la suma de todas las lecturas adelante, da el desnivel entre los bancos de nivel *BN-1* y *BN-2*.

En el registro de campo de la Figura 4, se deben anotar los datos numéricos y las descripciones de los bancos de nivel y estaciones de puesta de aparato, a fin de que se puedan ubicar en el campo sin dificultad para su verificación o durante la ejecución de las obras, en su caso.

El cálculo de las alturas de instrumento y las elevaciones, tomando en cuenta los datos que se presentan en la Figura 4, se pueden calcular de la siguiente manera:

Elev. <i>BN-1</i> =	20.000	
	+ 1.432	
	=	21.432 ← Altura de instrumento A
	- 1.92	
0+000 =	19.512	
Dif. alturas (1.92-2.25)=	- 0.33	
0+020 =	19.182	
Dif. alturas (2.25-2.41)=	- 0.16	
0+040 =	19.022	
Dif. alturas (2.41-2.57)=	- 0.16	
0+060 =	18.862	
PL-1 =	+ 1.942	
Dif. alturas (2.57-2.693)=	- 0.123	
	=	20.681 ← Altura de instrumento B
	- 1.942	
Elev. <i>PL-1</i> =	18.739	
	=	20.681 ← Altura de instrumento B
	- 1.90	
0+080 =	18.781	
Dif. alturas (1.90-2.24)=	- 0.34	
0+100 =	18.441	
Dif. alturas (2.24-2.15)=	+ 0.90	
0+120 =	18.531	
Dif. alturas (2.15-2.40)=	- 0.25	
0+140 =	18.281	
Dif. alturas (2.40-2.45)=	- 0.05	
0+160 =	18.231	
PL-2 =	+ 1.682	
Dif. alturas (2.45-2.548)=	- 0.098	
	=	19.815 ← Altura de instrumento C
	- 1.682	
Elev. <i>PL-2</i> =	18.133	

∇	=	19.815	← Altura de instrumento C
		- 1.63	
0+180 =		18.185	
Dif. alturas (1.63-1.78)=		- 0.150	
0+200 =		18.035	
Dif. alturas (1.78-1.66)=		+ 0.12	
0+220 =		18.155	
Dif. alturas (1.66-2.14)=		- 0.48	
0+240 =		17.675	
Dif. alturas (2.14-2.22)=		- 0.08	
0+251.24 =		17.595	
Dif. alturas (2.22-1.163)=		+ 1.057	
Elev. BN-2 =		18.652	

La comprobación del cálculo de las alturas de instrumento y las elevaciones, se conoce generalmente como “comprobación aritmética” y se realiza como sigue:

Se suman todas las lecturas (+); se suman todas las lecturas (-); la diferencia entre estas dos sumas debe ser igual a la diferencia entre las elevaciones de la última y primera estación:

Σ Lecturas (+) =	5.056
$-\Sigma$ Lecturas (-) =	6.404
h =	-1.348 m
Elev. BN-2 (llegada) =	18.652
-Elev. BN-1 (salida) =	20.000
h =	-1.348 m

4.2 GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)

Las siglas GPS se corresponden con "Global Positioning System" que significa Sistema de Posicionamiento Global. Este sistema permite fijar, a escala mundial, la posición de un objeto sobre la superficie terrestre. El sistema GPS está formado por una constelación de 24 satélites con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la

superficie del globo terráqueo. Distribuidos en seis planos orbitales de cuatro satélites cada uno.

Para fijar una posición, el navegador GPS requiere al menos tres satélites, de los cuales recibe su posición y el reloj de cada uno de ellos. Para definir la posición geográfica donde se halla el navegador, éste sincroniza su reloj y calcula el retraso de las señales; que vienen dadas por las distancias a cada satélite.

Tipos de GPS

Existen diferentes tipos de GPS, de acuerdo al uso que se les dé, se pueden clasificar en:

- GPS de mano:* son receptores que permiten guardar los recorridos realizados, seguir rutas precargadas en el receptor, y se pueden conectar a un ordenador para descargar o programar rutas. Este tipo de GPS se puede encontrar con y sin cartografía, y resultan ideales para campismo. Algunos modelos incluyen una brújula y/o un barómetro electrónico. Su sistema operativo y software son totalmente cerrados y no se pueden modificar.

Para realizar un levantamiento con GPS, es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

- Ubicación del área de estudio para colocar puntos con GPS (Figura 5).

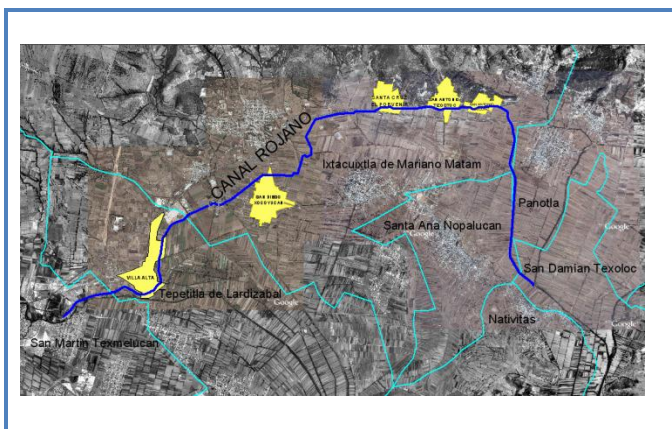


Figura 5. Ubicación de área de estudio.

2. Georreferenciación de las obras (Figura 6).



Figura 6. Obtención de coordenadas con GPS.

3. Descarga de datos con software para GPS (MapSource) para GPS (Figura 7).

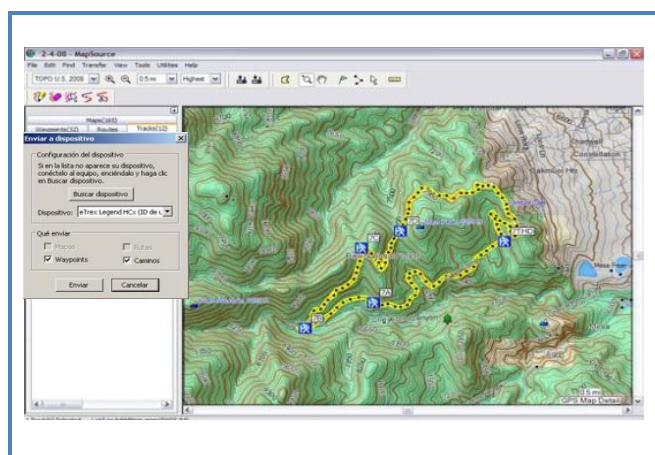


Figura 7. Descarga de datos de GPS.

4. Ubicación de las obras en un sistema de información geográfica con sus características técnicas (Figura 8).

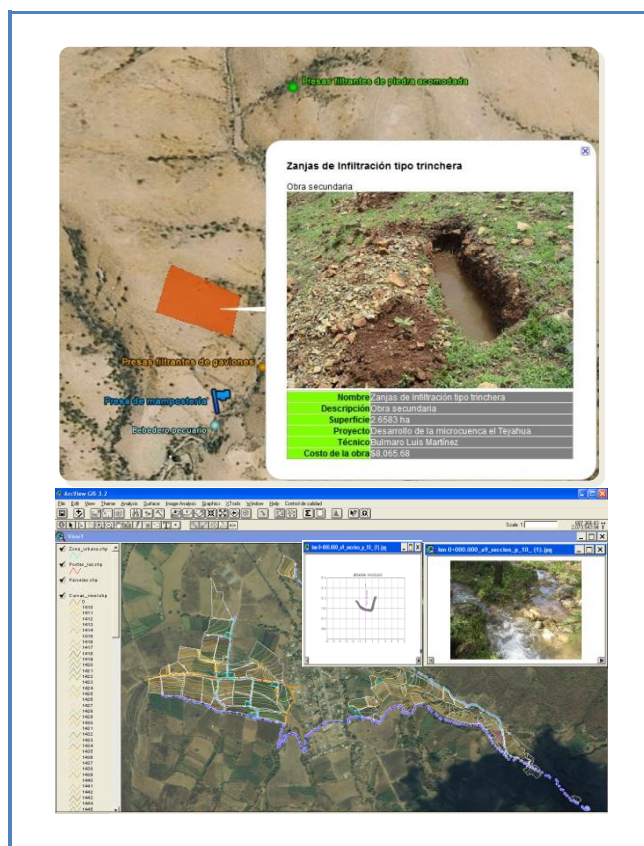


Figura 8. Ubicación de obras.

b) *GPS Navegadores*: Estos tipos de GPS son similares a los de mano, pero orientados a su uso en ciudad y carretera. Estos permiten introducir un destino sobre la marcha y el Navegador calcula la ruta, basándose en su cartografía. Estos GPS generalmente no graban el recorrido ni se conectan a una computadora. En teoría son sistemas cerrados, aunque en la práctica a algunos modelos se les puede modificar su sistema operativo.

c) *GPS integrados*: Corresponden a dispositivos móviles que llevan un GPS integrado, como son Pocket PC o teléfonos móviles.

d) *GPS de alta precisión*: el GPS de alta precisión típico incluye dos receptores (GPS) y antenas GPS. Este tipo de GPS permite: levantar datos topográficos con rapidez y alta precisión, además dispone de interface con SIG y navegación.

El procedimiento para realizar el levantamiento con el GPS diferencial, es el siguiente:

1. Recorrido de campo preliminar para ubicar los puntos en lugares específicos que sirvan como base para iniciar un levantamiento con precisión (Figura 9).



Figura 9. Ubicación de obras.

2. Colocación de Bancos de Nivel a base de concreto.

Se establecen bancos de nivel, contruidos a base de un cilindro de concreto, con una resistencia a la compresión de 100kg/cm^2 ; y una sección circular, con un diámetro de 6". En la parte central del cilindro se coloca verticalmente una varilla de $3/8"$ de diámetro y 30 cm de longitud, sobresaliendo 1 cm de la

superficie del remate. En una placa de aluminio se anotan los datos de identificación del banco, tales como: número, kilometraje y coordenadas (Figura 10).

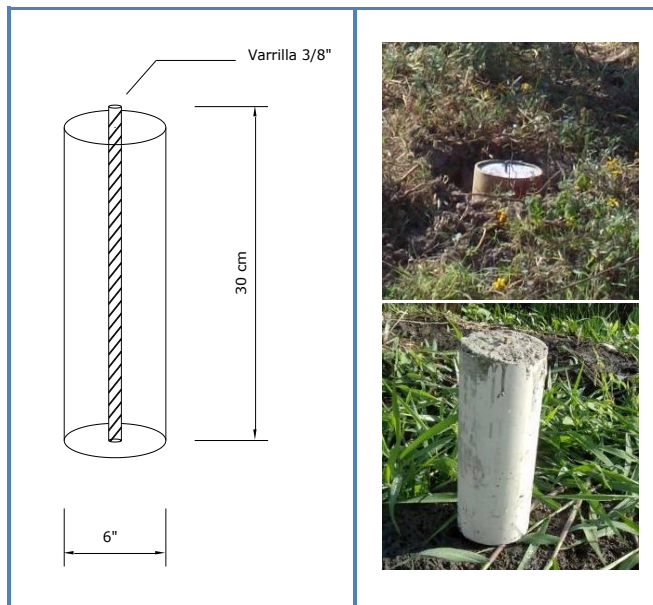


Figura 10. Bancos de nivel a base de concreto.

3. Instalación del equipo correspondiente con sus aditamentos para tomar los puntos de precisión (Figura 11).





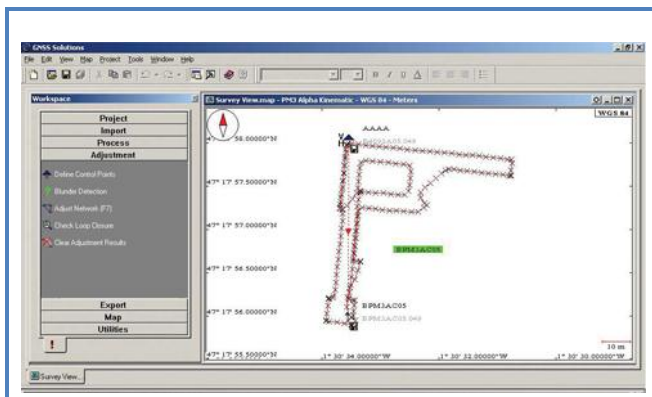
Figura 11. Instalación de GPS diferencial.

4. Lectura de los puntos de precisión (Figura 12).



Figura 12. Lecturas de GPS diferencial.

5. Procesamiento de datos y obtención de coordenadas con el software (GNSS Solution) para GPS de alta precisión (Figura 13).



Classeur.tbl - DEMO_GSF - WGS 84 ~ 2 - Mètres

	Nom	Description	Long	Lat	Hauteur ortho
1	0002		71° 18' 34.10105°W	46° 48' 22.19397°N	15.843
2	0003		71° 18' 31.88339°W	46° 48' 22.37046°N	15.783
3	0004		71° 18' 32.86750°W	46° 48' 21.42625°N	15.729
4	0005		71° 18' 33.14277°W	46° 48' 21.62342°N	15.746
5	0006		71° 18' 33.48345°W	46° 48' 21.86715°N	15.757
6	0007		71° 18' 33.79455°W	46° 48' 22.09071°N	15.766
7	0008		71° 18' 34.70889°W	46° 48' 22.35902°N	15.490
8	0009		71° 18' 35.17388°W	46° 48' 22.35190°N	15.445
9	0010		71° 18' 36.17771°W	46° 48' 22.32337°N	15.444
10	0011		71° 18' 38.12869°W	46° 48' 22.8794°N	15.453
11	BASE		71° 18' 34.09887°W	46° 48' 22.18766°N	15.848
12	B2990A06		71° 18' 34.12545°W	46° 48' 22.06483°N	15.452

Fichiers > Points > Positions de contrôle > Vecteurs > Vecteurs rdn

Figura 13. Descarga de datos de GPS Diferencial.

6. Ubicación de las coordenadas en sistema de información geográfica (Figura 14).

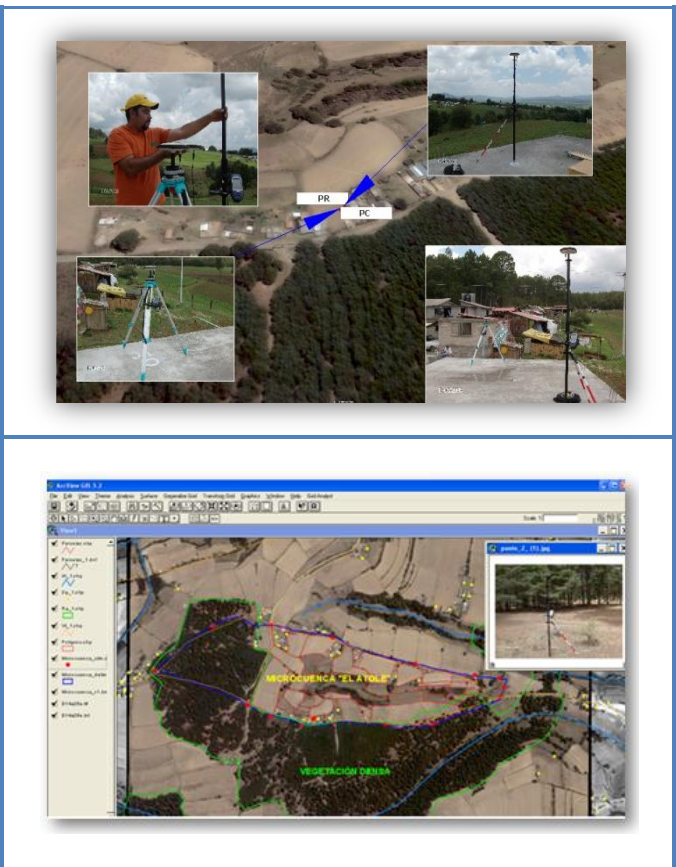


Figura 14. Obtención de coordenadas con GPS diferencial y delimitación de una Microcuenca.

El uso de un GPS en un levantamiento topográfico depende del equipo disponible; el levantamiento puede realizarse ya sea con GPS de alta precisión o de mano, dependiendo de la superficie y la precisión requerida.

El procedimiento para utilizar un GPS diferencial (ProMark 3), se presenta en el Anexo 1.

4.3 ESTACIÓN TOTAL

La estación total es un instrumento topográfico de medición que funciona de forma electrónica (Figura 15).



Figura 15. Estación Total Sokkia.

La estación total, comparada con un teodolito, se compone básicamente de las mismas partes y funciones. Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son la pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, distanciómetro, seguidor de trayectoria y la posibilidad de guardar la información en formato electrónico para su procesamiento computarizado.

Las lecturas que se obtienen con este instrumento son ángulos verticales, horizontales y distancias.

Para la obtención de coordenadas, el instrumento realiza una serie de cálculos con las lecturas y los datos suministrados por el operador. Para realizar un levantamiento topográfico, con estación total, se procede de la siguiente manera:

1. Recorrido preliminar para reconocer las características del sitio y las condiciones en que se encuentra el lugar, para determinar la estrategia a seguir, el personal necesario y los materiales a utilizar.
2. Ubicación del lugar estratégico para la obtención de coordenadas.
3. Colocación de bancos de nivel, para inicio de levantamiento topográfico.
4. Instalación y nivelación del equipo (Figura 16).



Figura 16. Nivelación de Estación Total.

5. Orientación de la estación a través de la brújula o con coordenadas conocidas de un Banco de Nivel de referencia (Figura 17).



Figura 17. Orientación con coordenadas conocidas.

6. Después de haber georreferenciado el aparato, se procede a tomar medidas altimétricas y planimétricas, lo cual consiste en situar el prisma en los puntos a medir (Figura 18).

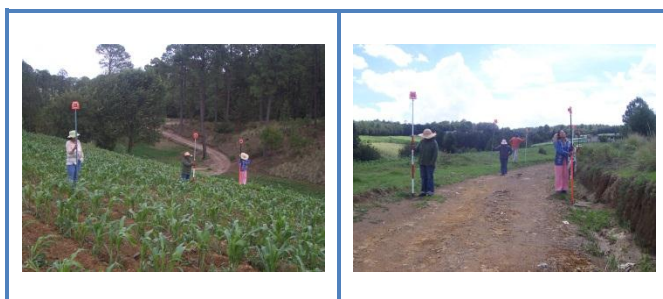


Figura 18. Puntos a medir con Estación Total y prismas.

7. Realizar los cambios de aparato necesarios para levantar aquellos puntos de interés donde no es posible abarcar, desde la ubicación en curso de la estación total (Figura 19).

Al hacer un cambio de estación, es necesario ubicar un lugar estratégico para dominar el mayor número posible de puntos de interés. Antes del cambio de estación, se situarán dos puntos de control, cercanos entre ellos, para orientar la nueva posición con coordenadas conocidas.

Para evitar que haya un desfase en las coordenadas, es importante verificar el ángulo de orientación, con respecto al primer punto de apoyo, de modo que ambos ángulos sean complementarios.



Figura 19. Cambio de estación.

8. Descarga de los datos para conocer las coordenadas con software para estación total (Figura 20).

ID	COORD_X	COORD_Y	COORD_Z	DESCRIPCIÓN
1	793826.9584	2013365.5230	54.9370	CAMINO
2	793825.4241	2013362.6327	54.6910	CAMINO
3	793828.2468	2013367.9390	54.8780	CAMINO
4	793853.6597	2013354.5848	54.7650	CAMINO
5	793855.5181	2013359.7207	54.8320	CAMINO
14	793958.4147	2013332.0049	57.8720	CERCA ARBOLCERCA
15	793957.7693	2013330.7784	57.8580	CUNETAS
21	793954.0961	2013323.2603	58.1540	B N
45	794250.5599	2013239.8465	55.7780	ALCANTARILLA
46	794252.3635	2013245.5974	55.8880	ALCANTARILLA
47	794295.7330	2013228.5590	55.5320	CUNETAS
54	794326.8592	2013230.5472	57.7490	B N
75	794390.8869	2013212.5092	59.2340	TN
76	794400.2557	2013159.7036	60.4040	EST
77	794400.0210	2013165.8713	60.2790	REF

Figura 20. Descarga de datos de Estación Total Sokkia.

9. Procesamiento de datos y elaboración de planos (Figura 21).

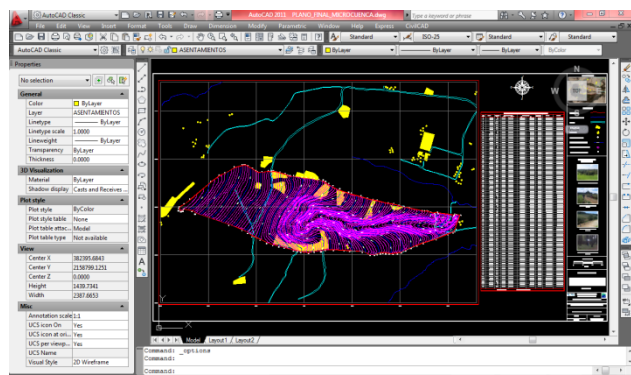


Figura 21. Elaboración de planos.

La forma básica para utilizar la estación total (Marca Sokkia Set 630RK), así como la descarga de datos se presentan en el Anexo 2.

Material para levantamiento topográfico

Para realizar un levantamiento topográfico con estación total, es necesario contar con los siguientes materiales:

- Prismas con bastones o estadales según sea el caso (se recomiendan 3 prismas para tomar los puntos y 1 para cambios de estación).
- 1 trípode metálico que soporte el equipo de medición.
- 1 GPS
- Flexómetro
- Machete para remover ramas que no permitan visualizar el prisma.
- Cinta o cuerda para marcar cadenamiento.
- Latas de pintura para marcar cadenamiento y cambios de estación.
- Bancos de nivel a base de concreto.

- Martillo
- Pala
- Radios (se recomienda 1 para el operador de la estación y 4 para cada primero).
- Equipo de seguridad
- Vehículo
- Cámara digital
- Equipo de cómputo
- Libreta de campo
- Software para descargar los datos de la estación y GPS.
- Software para procesar datos y elaborar los planos correspondientes.

5. LEVANTAMIENTO Y PROCESAMIENTO TOPOGRÁFICO

Los instrumentos empleados en un levantamiento topográfico y su uso, se presentaron en el apartado de equipo topográfico. Para el procesamiento de los datos obtenidos en campo, en el presente instructivo se aborda, el uso de AutoCAD y CivilCAD por ser, hoy en día, la forma más eficiente de representar y analizar los datos de campo.

El AutoCAD es un programa de diseño asistido por computadora para dibujar, en dos y tres dimensiones diferentes, entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) y vincularlas con una base de datos que las describa. Estas entidades se pueden operar a través de una pantalla gráfica, llamada editor de dibujo, en el que se despliegan sus formas.

CivilCAD es un módulo de AutoCAD cuyo objetivo es facilitar el uso de éste, acelerando y

facilitando las fases del diseño y dibujo de planos y sirviendo como un elemento de interacción entre AutoCAD y el usuario a través de la programación de funciones adicionales al sistema que automatizan y hacen más fácil la ejecución de tareas específicas; cuenta con extensas cajas de diálogo que facilitan la entrada de datos, con variables de entorno propias para establecer parámetros de funcionamiento, como número de decimales de precisión para distancias, coordenadas, superficies y ángulos, color y capa para texto, lotificación y colindancias, etc. CivilCAD puede ser utilizado en conjunto con otras aplicaciones sin interferir en su uso para cubrir las diversas necesidades del estudio de Ingeniería y Topografía.

5.1 LEVANTAMIENTO DE OBRAS DE CAPTACIÓN

Se denomina obra de captación, a aquella obra de almacenamiento que se utiliza para reunir aguas superficiales para su uso posterior uso. En su diseño es importante contar con la configuración detallada del terreno, con la que se conocerá el área de embalse y su capacidad de almacenamiento a diferentes elevaciones; datos que son necesarios para el diseño de obras de toma y vertedores de excedencias.

5.1.1 Configuración de vasos y terrenos

Se llama vaso de almacenamiento a un valle que al cerrarse en forma artificial, generalmente en su parte más estrecha, provoca un embalse.

El levantamiento de un vaso de almacenamiento tiene las siguientes finalidades: deslindar

afectaciones, determinar las áreas y capacidades de almacenamiento a distintas elevaciones, definir la altura del bordo de la obra de almacenamiento en conjunto con los estudios hidrológicos y apoyar a los estudios geológicos dentro del vaso de almacenamiento.

El levantamiento del vaso se efectúa en las siguientes fases principales: establecimiento de controles de apoyo, levantamiento de detalle, dibujo y cubicación, y elaboración de la gráfica elevaciones – áreas – capacidades.

Los planos, para obras de captación, deben contener como mínimo: configuración del vaso de almacenamiento, delimitación de la cuenca de captación, el detalle del perfil del eje de la boquilla y la gráfica de elevaciones-áreas-capacidades (Anexo 4).

Fase de campo

Los levantamientos topográficos de una obra de almacenamiento deben estar referenciados a un banco de nivel, el cual se recomienda establecerse al extremo de la margen izquierda del cauce principal. La cota del banco de nivel puede ser arbitraria, fijándose una elevación en metros cerrados, pero se recomienda que la cota del banco corresponda a su elevación; con respecto al nivel del mar, pudiéndose obtener esta cota con un receptor de GPS.

El levantamiento topográfico de un vaso puede estar apoyado en una poligonal, la cual estará ligada al levantamiento de la boquilla. Teniendo en cuenta la forma y magnitud del vaso, la



poligonal de apoyo puede ser de los siguientes tipos:

- a) *Poligonal abierta por el cauce:* se usa en vasos encañonados sin afluentes; los puntos de esta poligonal abierta siguen aproximadamente el cauce, partiendo de la boquilla y terminando en una elevación cercana a la cota máxima del levantamiento del vaso (Figura 22).
- b) *Poligonal cerrada por la curva de cota máxima:* en vasos de forma regular, se puede levantar una poligonal cerrada siguiendo aproximadamente la curva de cota máxima. La poligonal se inicia y cierra en alguno de los cadenamientos de la boquilla (Figura 23).

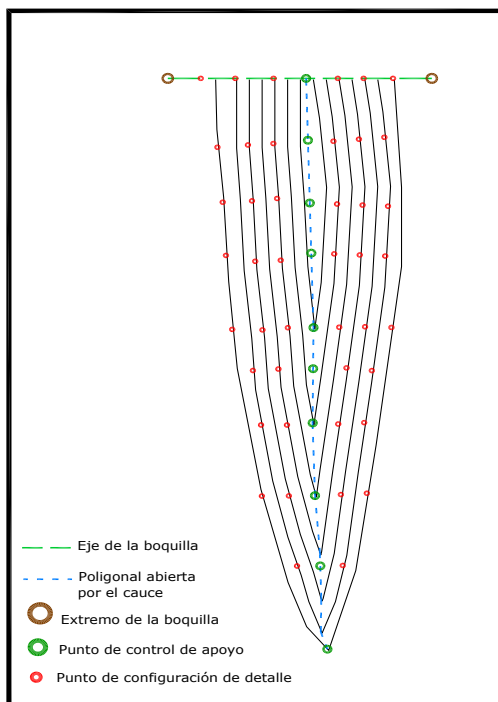


Figura 22. Poligonal abierta por el cauce.

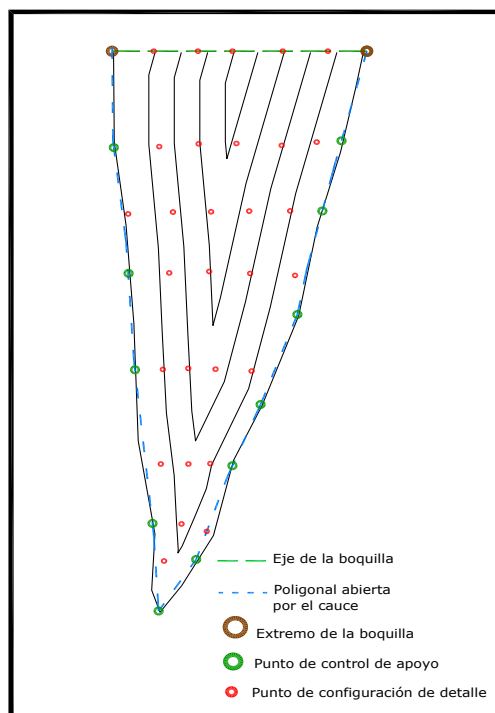


Figura 23. Poligonal cerrada por la curva de cota máxima.

- c) *Poligonal cerrada dentro del vaso:* en vasos de forma extendida, se puede levantar una poligonal cerrada que tiene una altura aproximada intermedia entre el cauce y la curva de cota máxima. La poligonal se inicia y cierra en el eje de la boquilla. La estación total se va fijando en estos puntos de control de apoyo y se tomarán puntos de configuración de detalle en forma aleatoria tratando de abarcar la mayor área posible dentro del vaso (Figura 24).

Puede ser necesario, en algunos casos, levantar puntos de control de apoyo auxiliares que se ligan a los puntos de la poligonal, para abarcar áreas que no sean visibles desde la estación.

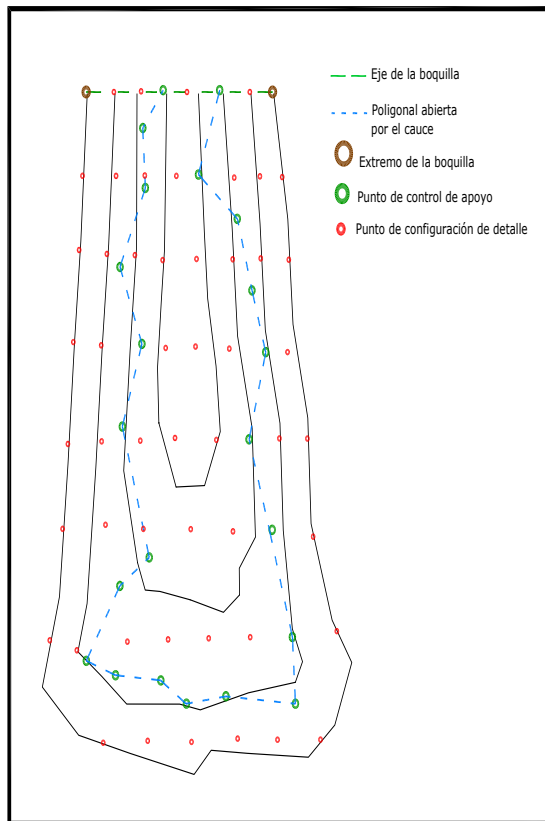


Figura 24. Poligonal cerrada dentro del vaso.

Procesamiento de datos

Una vez obtenidos los datos en campo, apoyándose de la estación total, se procede a procesar los datos y obtener el plano en AutoCAD.

Con la ayuda de AutoCAD y su módulo de CivilCAD se pueden generar las curvas de nivel; que son las líneas que unen todos los puntos con la misma altura, y sirven para identificar los desniveles que se presentan en el área de estudio.

Para dibujar las curvas de nivel en AutoCAD, se procede como se indica a continuación:

Establecer estilo de texto

Se establece estilo de texto y altura a criterio.

CivilCAD, Texto, Estilo de texto, seleccionar el tipo de texto (Figura 25).

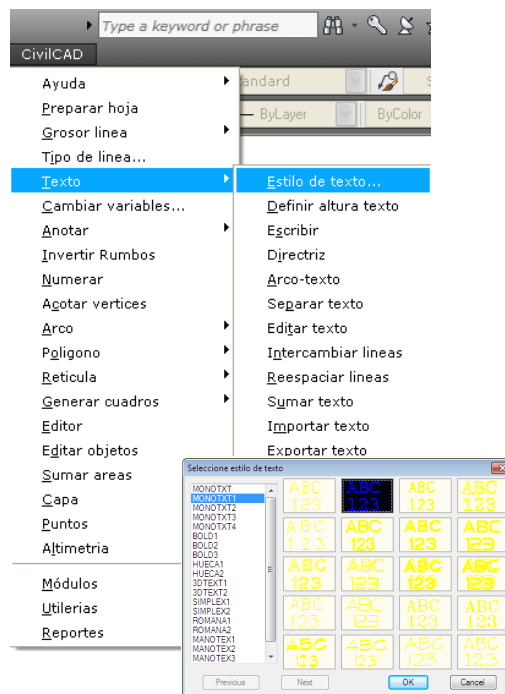


Figura 25. Secuencia para establecer estilo de texto.

Definir altura de texto

CivilCAD, Texto, Definir altura de texto, Escala de impresión (escala a la que se va a generar el plano), *Altura en milímetros* (calcular altura de texto de acuerdo a la escala preestablecida). El procedimiento se muestra en la Figura 26.

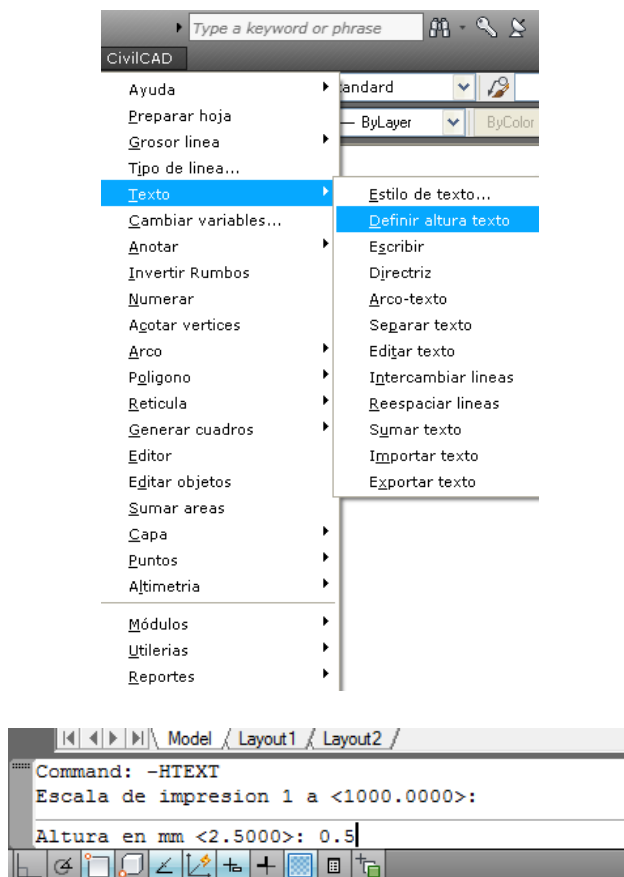


Figura 26. Secuencia para definir altura de texto.

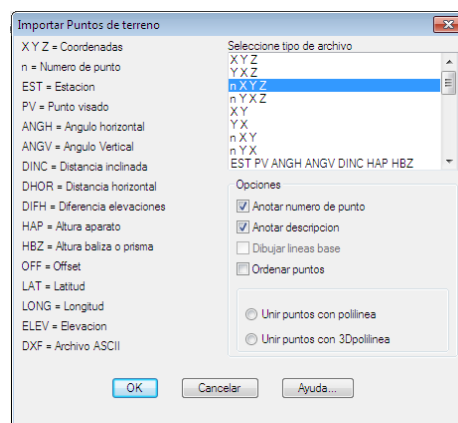
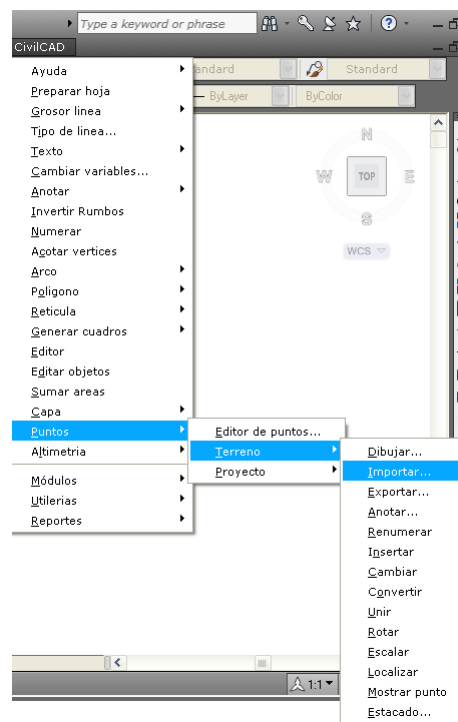
Importar puntos

Para importar un archivo de puntos debe conocerse lo que representa cada columna y el orden en que aparecen en la base de datos.

Para ingresar a AutoCAD las coordenadas de datos generados en el levantamiento topográfico, se selecciona: *CivilCAD, Puntos, Terreno, Importar*.

Para graficar datos obtenidos de la Estación Total, se debe elegir el formato *nXYZ*, que implica que la primera columna en el archivo contiene el número de punto y las siguientes, las coordenadas en ese orden. Se marca: *Anotar*

número de punto y Anotar su descripción, OK. Ubicar el archivo donde están almacenados los datos y *abrir* (Figura 27).



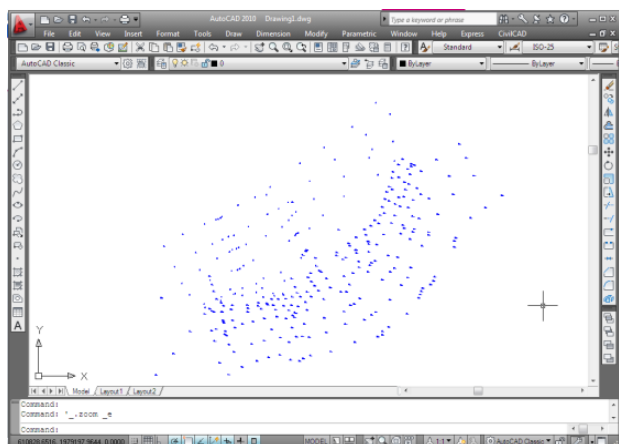
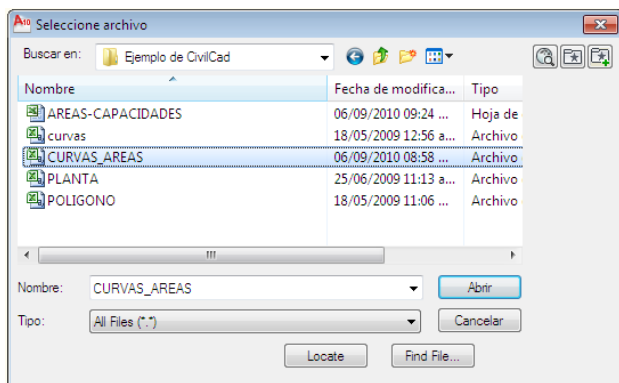


Figura 27. Proceso para importar puntos.

Triangulación

Antes de generar curvas de nivel, debe producirse una triangulación entre los puntos X, Y, Z, para poder trazar, por interpolación, las curvas de nivel a intervalos especificados, de tal manera que sea posible unir los puntos de igual elevación. Usar los comandos: *CivilCAD*, *Altimetría*, *Triangulación*, *Terreno* (Figura 28).

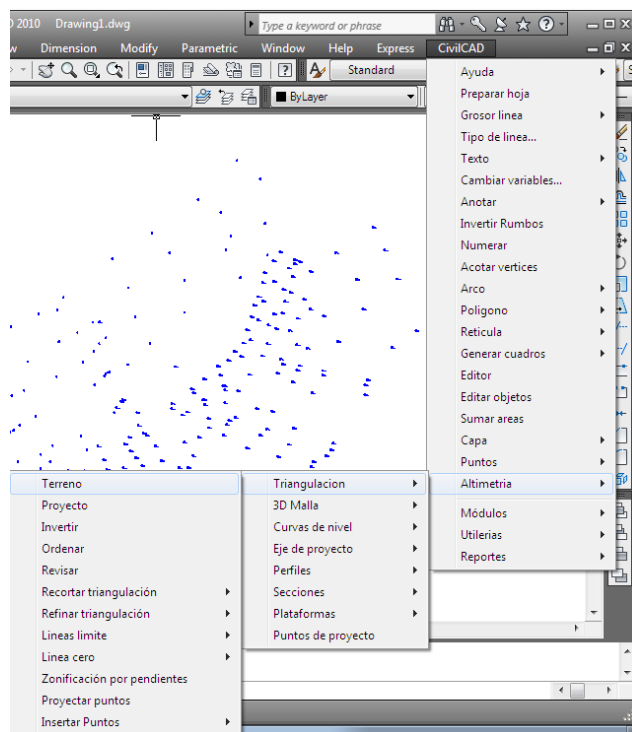
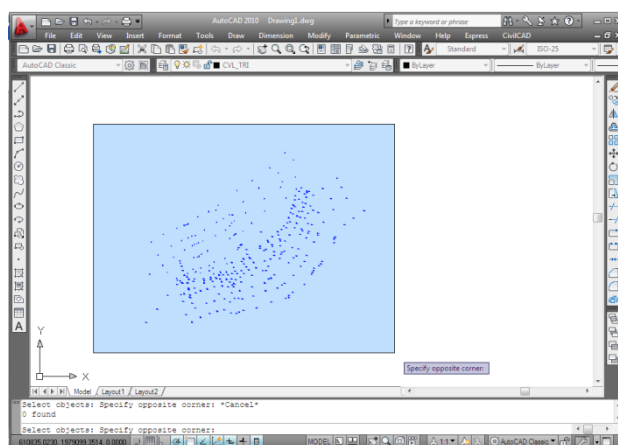
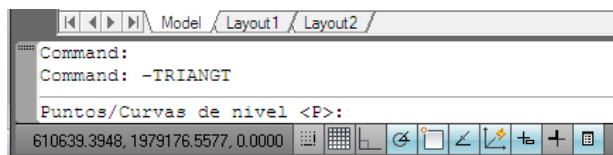


Figura 28. Secuencia para obtener la triangulación.

Elegir y seleccionar Puntos, indicar la distancia máxima y ángulo mínimo de 0, para que genere la triangulación (Figura 29).



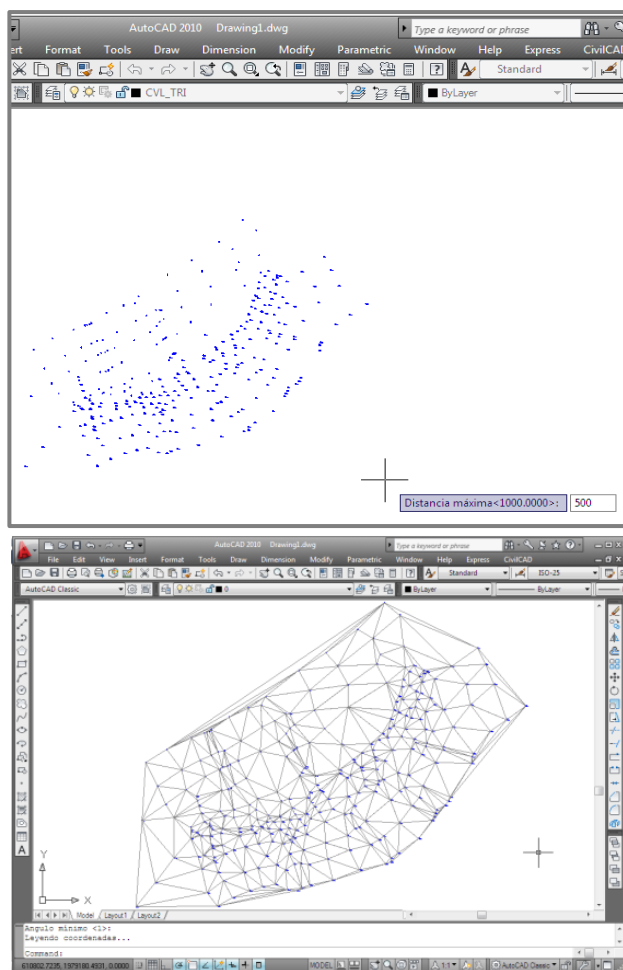


Figura 29. Triangulación.

Curvas de nivel

Otra forma de definir una curva de nivel es una línea curva que se dibuja sobre un plano topográfico o que se traza en el terreno, uniendo puntos que tienen la misma cota.

Las curvas de nivel se dibujan a una misma separación vertical entre curvas consecutivas; a esta distancia se le llama equidistancia vertical o intervalo entre curvas de nivel, y varía de acuerdo a la finalidad del trabajo y al relieve del terreno. Para facilitar la localización y el trazo de

las curvas, es necesario recordar sus propiedades; las más importantes se enumeran enseguida:

1. Deben cerrar sobre sí mismas, aun cuando por la magnitud del plano, esto no se aprecie.
2. Son perpendiculares a la dirección de máxima pendiente.
3. El espaciamiento entre curvas de nivel consecutivas indica la magnitud de la pendiente. Un amplio espaciamiento corresponde a pendientes suaves y un espaciamiento pequeño implica una pendiente fuerte; cuando resulten espaciadas uniformemente en planta, indican pendiente uniforme.
4. Las curvas de nivel concéntricas y cerradas, cuya cota aumenta hacia el centro, representan prominencias en el terreno; lo contrario representa depresiones.
5. Las curvas muy irregulares indican terreno muy accidentado.
6. Las curvas de nivel de diferente elevación nunca se tocan ni se cruzan; de observarse lo primero en el plano, significará que existe una superficie vertical; y si se observara que se cruzan, implicará la existencia de un acantilado o una caverna.
7. Una curva de nivel nunca se ramifica en otras de igual ni de diferente elevación.

8. Curvas de nivel sucesivas en forma de U, en el sentido decreciente de sus cotas indican un parteaguas; en contraste, curvas en forma de V invertida en el sentido decreciente de sus cotas representan cauces.

En general existen diversos programas de cómputo en el mercado, que basándose en diferentes procedimientos de cálculo, generan y despliegan automáticamente las curvas de nivel en su interfase, con el usuario. En todos los casos se deben depurar los puntos levantados y obtener las curvas únicamente de los puntos de configuración del terreno, de lo contrario dicha configuración resultará alterada.

Para el trazo de las curvas se usa: *CivilCAD*, *Altimetría*, *Curvas de nivel*, *Terreno* (Figura 30).

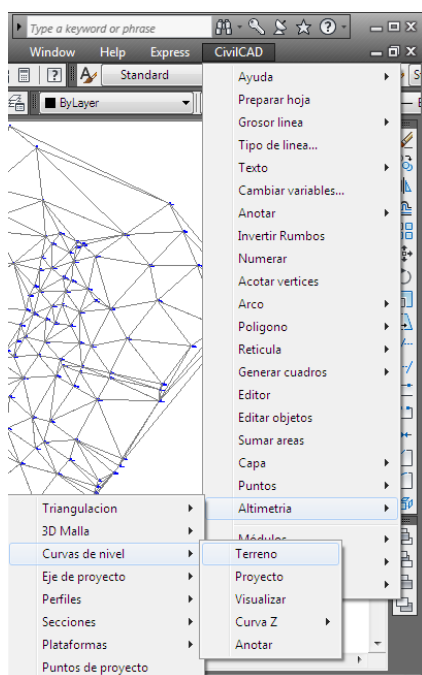


Figura 30. Secuencia para curvas de nivel.

El proceso para entrar a generar las curvas de nivel, envía a una caja de diálogo donde debe indicarse la *separación*, *capa* y *color* de *curvas delgadas* y *gruesas* (Figura 31).

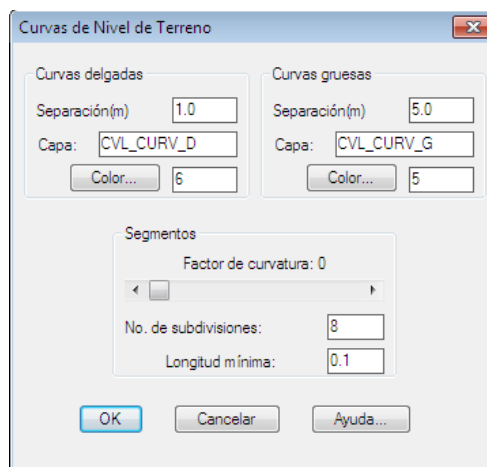


Figura 31. Caja de diálogo para generar curvas de nivel

Al definir las separaciones entre curvas de nivel hay que tomar en cuenta que las curvas gruesas, en términos de topografía, serán las “Curvas índice” que arbitrariamente se separan a intervalos exactos (cada 5 m, 10 m, 100m, etc.) y sobre las cuales se indica su valor. Las curvas delgadas corresponden a las “Curvas intermedias” que se trazan entre cada dos Curvas Índice a intervalos constantes. Por ejemplo, si en un dibujo se establecen intervalos de curvas cada 2m e índices a 10m, quiere decir que las curvas múltiplo de diez serán índice y las cuatro restantes serán intermedias.

El *factor de curvatura* puede ser desde cero (segmentos rectos) hasta 10. El *número de subdivisiones* es la cantidad de segmentos en que se dividirá cada línea resultante de la intersección con la triangulación. Si la longitud

del segmento subdividido es menor a la *longitud mínima* del segmento especificada, éste se fusionará con el segmento siguiente hasta tener la longitud mínima requerida.

Seleccionar los puntos, y automáticamente el programa genera las curvas de nivel.

5.1.2 Sección transversal y perpendicular

a) Sección transversal (*Boquilla*)

Fase de campo

El levantamiento topográfico de la sección transversal, que representará a la boquilla, debe realizarse una vez que se hayan inspeccionado varios sitios y habiéndose seleccionado el mejor. Sin embargo, a veces la elección también está basada en el levantamiento de varias secciones transversales probables de la boquilla.

El levantamiento topográfico de esta sección transversal tiene las siguientes finalidades: servir de apoyo a los estudios topográficos, geológicos y de mecánica de suelos de la propia boquilla, del vaso de almacenamiento y de los bancos de préstamo.

Una vez que se ha seleccionado la mejor alternativa para la localización de la boquilla y sus estructuras complementarias, desde los puntos de vista topográfico, geológico y de materiales superficiales, se procede a establecer sus extremos. Ambos extremos se colocan aproximadamente a la misma elevación (Figura 32) y con objeto de que queden fuera de la zona de construcción se le adicionan: el nivel máximo

de almacenamiento, es decir, la altura correspondiente a la carga sobre el vertedor y el libre bordo.

Para realizar el levantamiento de la sección transversal, o eje, se procede a fijar la estación total en uno de los extremos de la boquilla (comúnmente la margen izquierda), a configurar el aparato, a nivelarlo y a establecer las coordenadas arbitrarias o las obtenidas con el receptor GPS de tal punto.

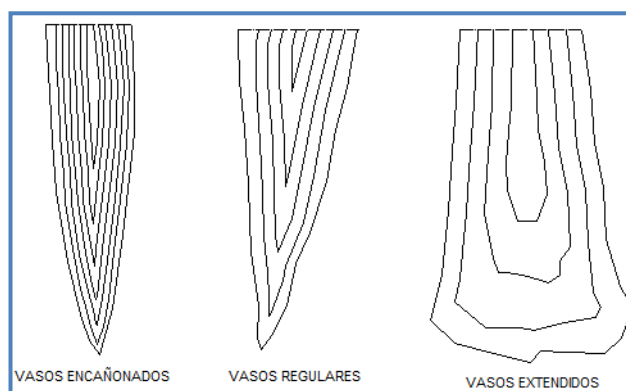


Figura 32. Tipos de vasos.

Una vez realizado el procedimiento anterior, a partir del punto extremo de la margen izquierda y con la estación total en dirección al punto de la margen derecha correspondiente, se van tomando puntos a cada cierta equidistancia o en cada cambio de pendiente visible del terreno (Figura 33).

Así mismo, se pueden ir colocando estacas o cadenamientos en dichos puntos de inflexión. En caso de que no sean visibles todos los puntos de la boquilla, desde el extremo de la margen izquierda, se utiliza uno de los puntos tomados como estación de trabajo.

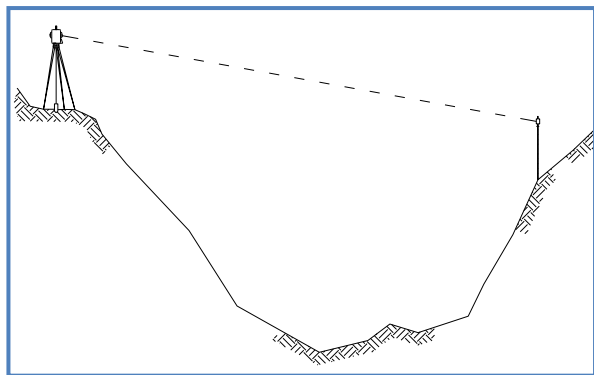


Figura 33. Levantamiento de una sección transversal.

En el siguiente ejemplo, a partir del levantamiento del área de captación, se verá el procesamiento del perfil de la boquilla.

Procesamiento de datos

El eje de la boquilla, cuya localización fue definida previamente de acuerdo con el reconocimiento topográfico y geológico, se traza con una línea delimitada por los extremos derecho e izquierdo identificados (Figura 34).

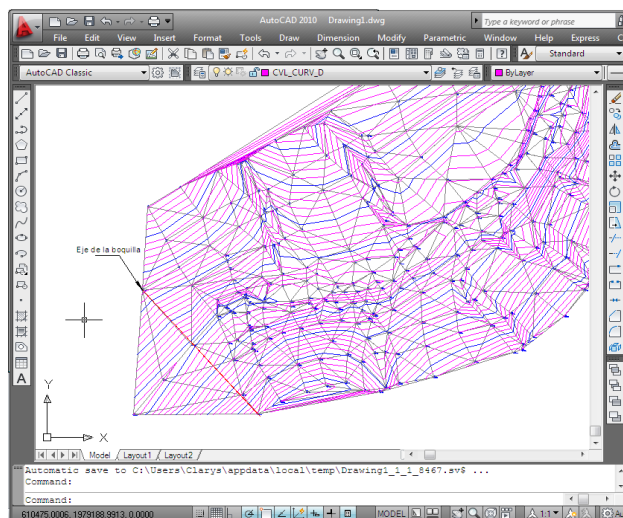


Figura 34. Trazo del eje para la boquilla.

Una vez definido el eje, se establecen los puntos de intersección entre éste y las curvas de nivel; procurando que cada punto tenga la altura correspondiente a la curva de nivel que intercepta. En seguida, se unen estos puntos con una polilínea iniciando y finalizando en los extremos correspondientes a la boquilla.

Perfil del eje

Para generar el perfil del eje de la boquilla es necesario especificar la escala vertical y horizontal del mismo; se recomiendan:

- Escala vertical 1:500
- Escala horizontal 1:1000

CivilCAD, Altimetría, Perfiles, Terreno, Dibujar (Figura 35).

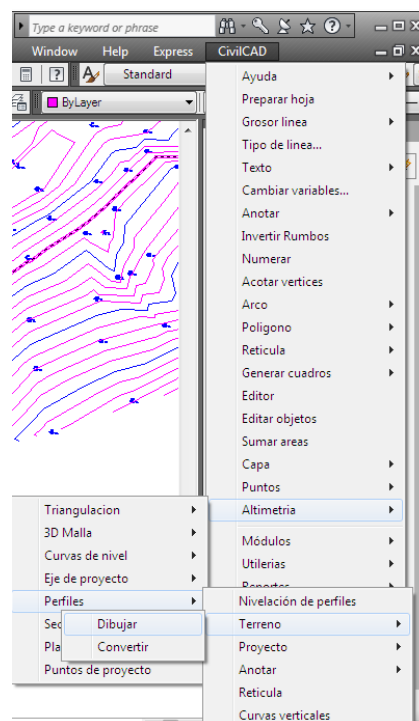


Figura 35. Secuencia para perfil del eje.

CivilCAD pide seleccionar el eje del proyecto y especificar las escalas, en seguida genera el perfil de la boquilla (Figura 36).

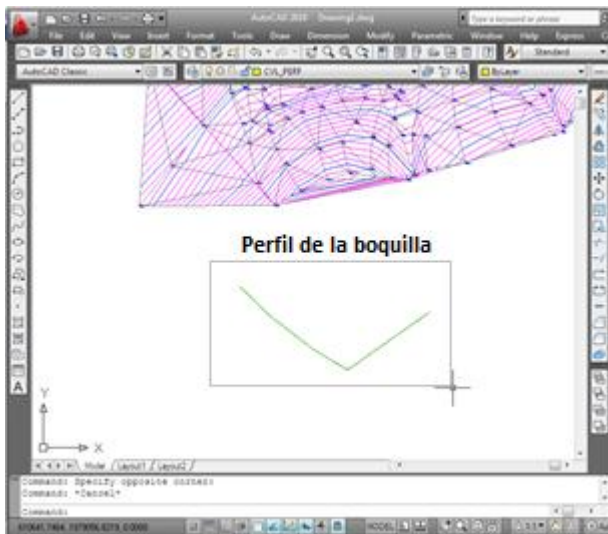


Figura 36. Perfil de la boquilla.

Retícula para el perfil

La definición de una retícula permite observar de manera gráfica la distribución de cotas y elevaciones del perfil del eje, para ello se sigue el siguiente procedimiento: *CivilCAD*, *Altimetría*, *Perfiles*, *Retícula* (Figura 37).

Al ejecutar la secuencia, se selecciona el perfil de terreno, con lo que se despliega una nueva ventana en la que se debe de indicar *distancia entre estaciones*, *estación inicial*, *número de decimales* y activar la opción de *dibujar recuadro* (Figura 38).

Una vez indicadas las opciones en la caja de diálogo, se selecciona aceptar y automáticamente dibuja la retícula del perfil de la boquilla (Figura 39).

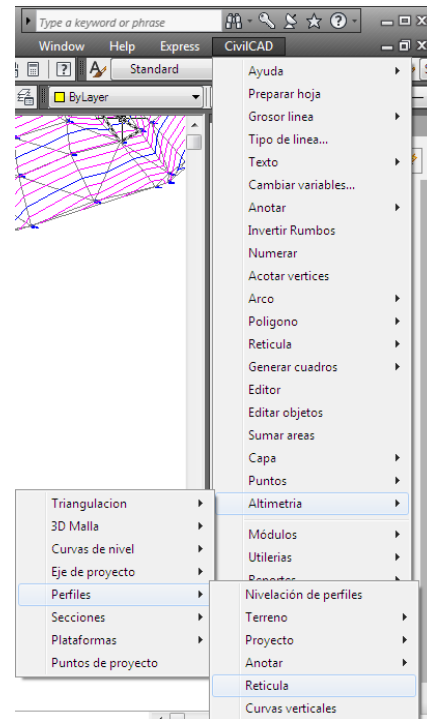


Figura 37. Secuencia para la retícula del eje.

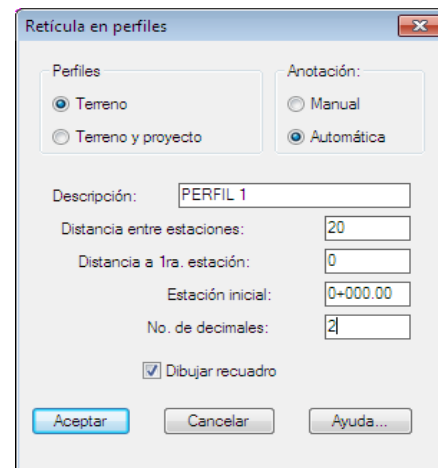


Figura 38. Caja de diálogo para dibujar retícula en perfiles.

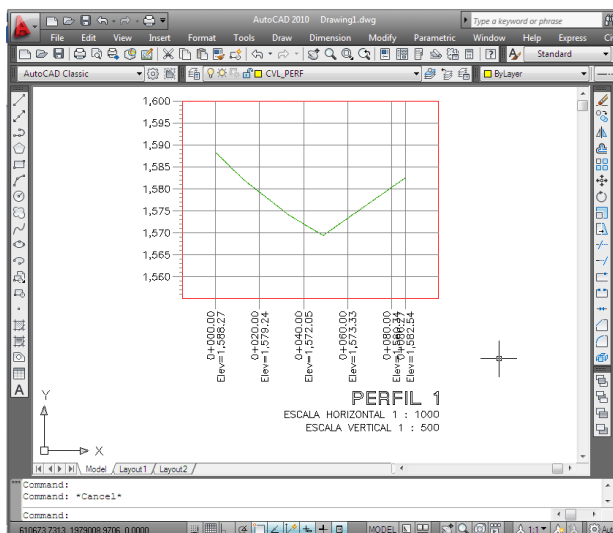


Figura 39. Retícula en el perfil de la boquilla.

b) Sección perpendicular

La importancia de obtener la sección perpendicular de un vaso de almacenamiento radica en conocer el comportamiento de la pendiente del terreno, y por lo tanto, la distribución del agua en el embalse.

Procesamiento de datos

Con la información generada en el levantamiento topográfico de las secciones en el vaso, se identifica el punto más bajo de cada una de éstas secciones, puntos que al unirse generan el denominado perfil perpendicular que corresponde al cauce; obteniendo así la sección perpendicular con el mismo procedimiento descrito para el caso de perfil de la boquilla (Figura 40).

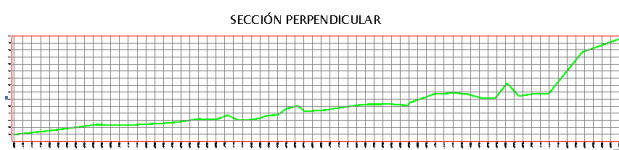


Figura 40. Perfil perpendicular del cauce.

5.1.3 Gráfica de elevaciones-áreas-capacidades

La gráfica de elevaciones áreas-capacidades, como su nombre lo indica, es aquella gráfica que indica el área del embalse y el volumen de almacenamiento a una cierta elevación acotada por la curva de nivel. Para elaborar la gráfica se tienen que cerrar las curvas de nivel con el eje de la boquilla; esto se realiza para definir el área correspondiente a cada curva de nivel. El procedimiento, para el cierre de curvas de nivel, es como sigue:

Una vez obtenidas las curvas de nivel, se identifica la curva más elevada que cubra el vaso, como se observa en la Figura 41:

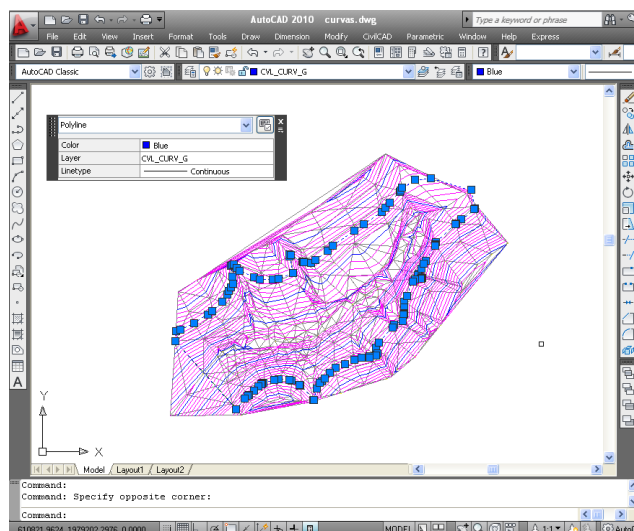


Figura 41. Cierre de las curvas de nivel con respecto al eje de la boquilla.

Es posible que algunas de las curvas no estén completas debido a los límites del levantamiento, entonces se procederá a unir las tratando de seguir su trayectoria (Figura 42).

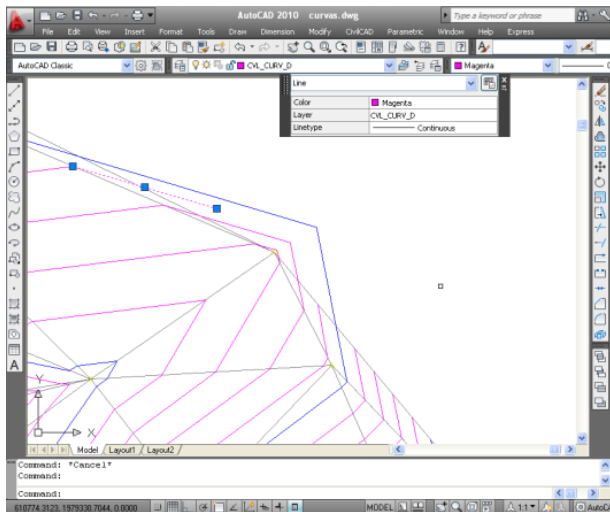


Figura 42. Unión de curvas con respecto a su trayectoria.

Posteriormente se procederá a unir las en una línea continua. Para ello se escribe en la ventana COMMAND: *Pedit* y se da Enter, se selecciona la polilínea a unir y se escribe en COMMAND: *Join*. Entonces se seleccionan las polilíneas a unir y se da Enter.

Después se unen ambos extremos de las curvas ayudándose de una polilínea o línea, según sea el caso, que siga el eje de la boquilla. En seguida se cortan las curvas, con respecto a la línea de apoyo, y se unen (*Join*) para obtener un solo objeto. Esto se realiza para cada una de las curvas dentro del vaso (Figura 43).

Una vez cerradas las curvas, se procede a calcular el área que abarca una curva a través del cuadro de propiedades de AutoCAD (Figura 44).

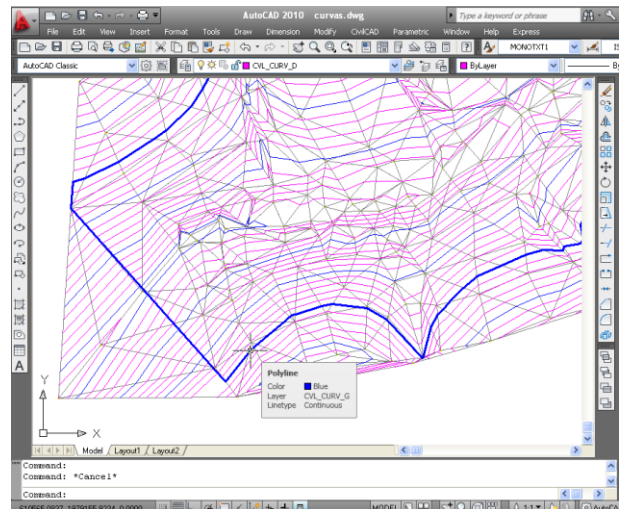


Figura 43. Definición de los polígonos con respecto a la curva de nivel y eje de la boquilla.

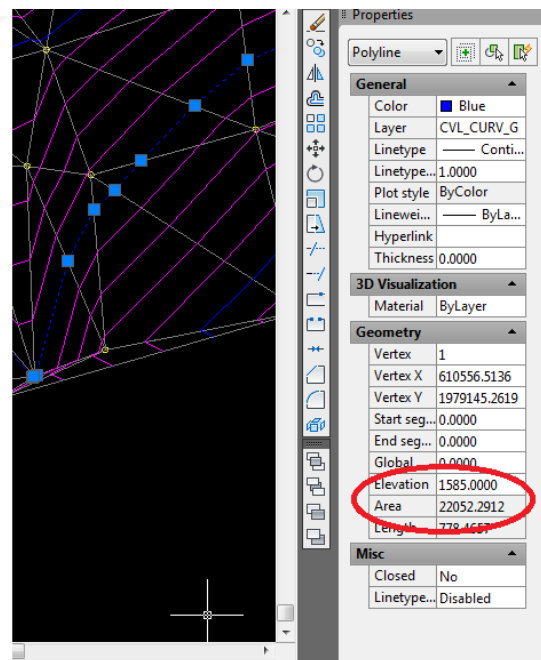


Figura 44. Área del polígono de la curva de nivel con respecto al eje de la boquilla.

El volumen entre curvas se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_i = \left(\frac{A_{i-1} + A_i}{2} \right) (E_i - E_{i-1})$$

Donde:

V_i = Volumen correspondiente a la elevación entre las curvas de nivel i e $i-1$

A_i = Área correspondiente a la curva de nivel i

A_{i-1} = Área correspondiente a la curva de nivel $i-1$

E_i = Elevación correspondiente a la curva de nivel i

E_{i-1} = Elevación correspondiente a la curva de nivel $i-1$

En el Anexo 3 se muestra la gráfica de áreas capacidades acumuladas, obtenida a partir de los datos de las curvas en AutoCAD y haciendo uso de la fórmula anterior.

5.2 LEVANTAMIENTO DE PERFILES EN OBRAS LINEALES

Cuando se trata de representar una parte del terreno, con el fin de proyectar, replantear y construir un camino, canal, línea de conducción, o cualquier otra obra lineal, se utiliza un sistema de representación específico, por medios gráficos y analíticos, perfiles longitudinales y transversales.

5.2.1 Perfiles longitudinales

El perfil del terreno es la sección en la que se produce un plano o cualquier superficie de generatrices verticales. Si se considera una determinada alineación, o sucesión de alineaciones, como es el caso de una obra de recorrido lineal, se llama perfil longitudinal al determinado por un plano o superficie que contenga la alineación.

Los perfiles del terreno se pueden obtener en gabinete mediante varios métodos, como son: a partir de un modelo digital del terreno, a través de un plano de curvas de nivel, o mediante un levantamiento con equipo topográfico.

Los datos necesarios para construir el perfil longitudinal, de un determinado trazo, son las cotas de los puntos del perfil y las distancias reducidas entre cada cadenamiento. El levantamiento de esos puntos se efectúa en campo mediante nivel topográfico y cinta métrica o mediante estación total.

La obtención de datos mediante estación total, puede ser considerada como un levantamiento taquimétrico¹ de precisión. Los puntos destacados del perfil se dibujan en un plano donde es necesario elegir la escala vertical y horizontal, siendo la vertical menor que la horizontal.

Fase de campo

El procedimiento en campo, para obtener el perfil longitudinal, consiste básicamente en: 1) recorrer el sitio para la ubicación de la obra, 2) obtener la coordenada inicial del levantamiento topográfico con ayuda del GPS, y 3) trazar con estacas el eje del levantamiento. La distancia entre estacas es de acuerdo a los cambios de dirección y pendiente, pero procurando lecturas en cadenamientos cada 20 m. Así mismo es

¹ Medición indirecta, en levantamientos donde es difícil el manejo de la cinta, utilizando los hilos estadimétricos en la mira de un teodolito.

necesario colocar bancos de nivel para llevar a cabo el trazo definitivo.

Procesamiento de datos

Posterior al levantamiento topográfico, el siguiente paso consiste en el procesamiento de los datos para obtener el perfil; para ello se realiza lo siguiente:

Unir los puntos del eje

Una vez importados los datos en CivilCAD, como se explicó anteriormente, se procede a unir los puntos correspondientes al eje mediante una polilínea (Figura 45).

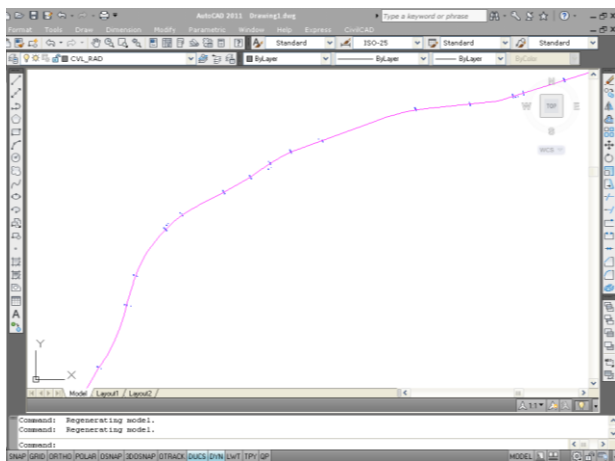


Figura 45. Liga de puntos correspondientes al eje.

Marcar estaciones

Para marcar las estaciones, sobre el eje del proyectos, usamos: *CivilCAD, Altimetría, Eje de proyecto, Marcar estaciones* (Figura 46).

Mediante éste procedimiento obtenemos la posición que guardan los puntos levantados respecto al eje de trazo.

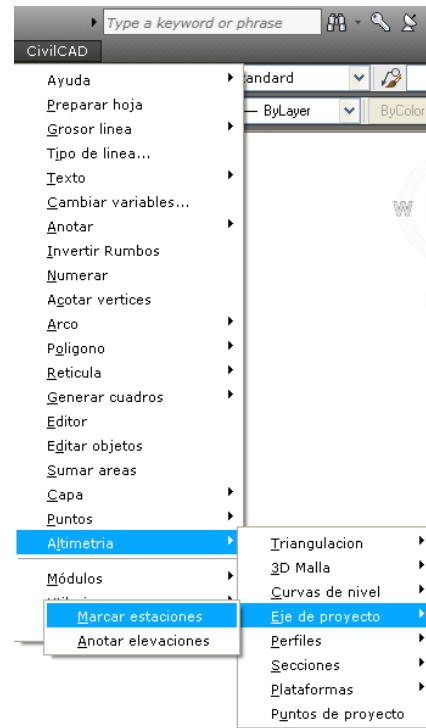


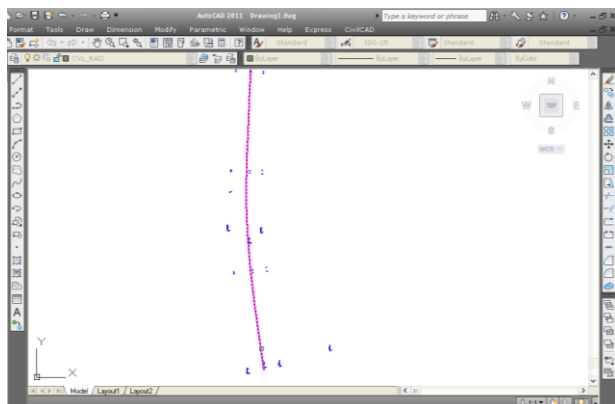
Figura 46. Secuencia para marcar estaciones.

Seleccionar el eje, indicar la nomenclatura de la estación inicial ($0+000$) e indicar longitud derecha e izquierda, a partir del eje, por cubrir.

Indicar *intervalo* (I), en seguida la *separación entre estaciones* o distancias a las que se prefiera el cadenamiento. Es conveniente que el cadenamiento sea cada 20 m, esto para verificar que el levantamiento coincida o se aproxime a la longitud trazada en campo.

El programa corrobora la estación inicial, pidiendo nuevamente este dato; en seguida marca la estación final que calcula el CivilCAD automáticamente y debe aproximarse a la obtenida en campo.

El procedimiento explicado, se muestra en la Figura 47.



```

Seleccione eje de proyecto:
Verificando estaciones...

Nomenclatura estacion inicial <0+000>:
Longitud derechas<10.0000>: 5
Longitud izquierdas<5.0000>: 5

Intervalo/Distancia/Estacion/Punto/Terminar <I>:
Separación entre estaciones<20.0000>:

Indicar intervalo por Estaciones/Puntos <E>:
Estacion inicial <0+000.00>:

Estacion final <4+543.15>:

```

GRID ORTHO POLAR OSNAP 3DOSNAP OTRACK DUCS DYN LWT TPY QP

Figura 47. Procedimiento para marcar estaciones.

Después de realizar el procedimiento antes mencionado, se obtienen las estaciones, mismas que son marcadas en el eje (Figura 48).

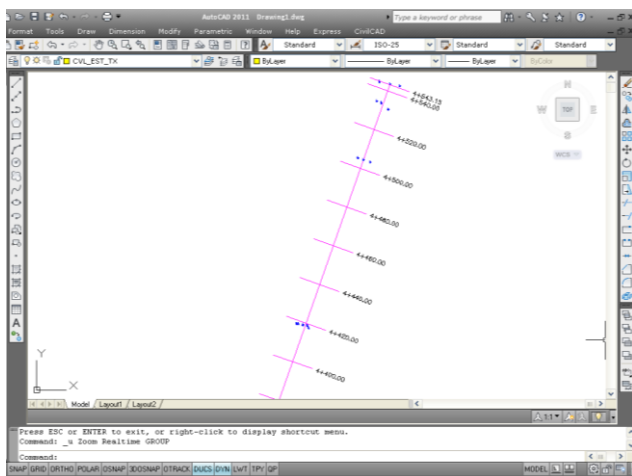


Figura 48. Estaciones.

Perfil y retícula del eje

La obtención del perfil longitudinal se explicó en el tema de obras de captación, en los apartados de perfil del eje y retícula del perfil.

Cuadro de construcción del eje

El cuadro de construcción permite conocer, a lo largo del perfil longitudinal, datos de los puntos de inflexión (coordenadas, rumbos, distancias) de cada punto del objeto.

Para su conformación, se hace uso del módulo Carreteras SCT, el cual ha sido creado para facilitar el diseño de alineamientos horizontales y verticales atendiendo los lineamientos especificados en el reglamento de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), es decir, la proyección del eje en un plano horizontal y vertical.

CivilCAD, Módulos, Carreteras SCT, Eje de trazo, Cuadro de construcción (Figura 49).

Seleccionar el eje de proyecto y automáticamente se indican las coordenadas iniciales reales del primer punto de la polilínea del eje de trazo (Figura 50).

Se indica el punto de inserción para que aparezca el cuadro de construcción del eje (Figura 51).

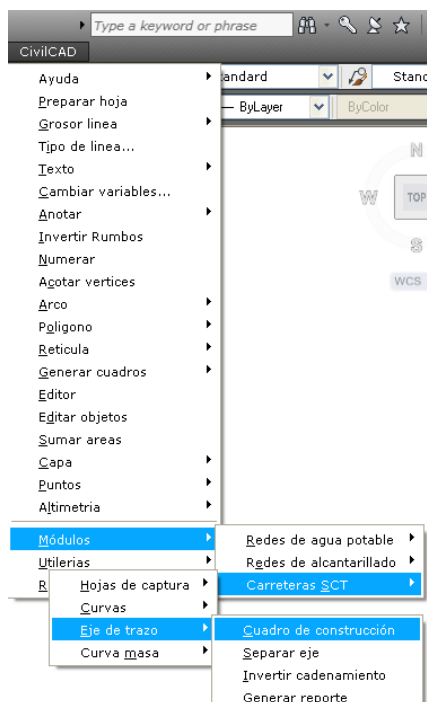
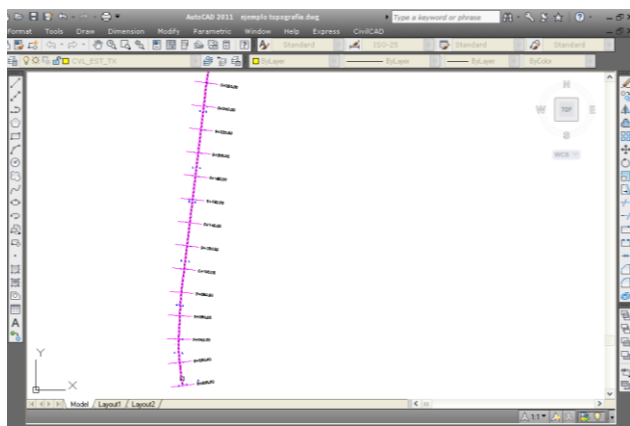


Figura 49. Secuencia para cuadro de construcción del eje.



Seleccione eje de proyecto:
 Coordenada inicial X <251369.8214>:
 Coordenada inicial Y <1999964.4076>:

Figura 50. Coordenadas iniciales del eje para cuadro de construcción.

CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE									
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		X	Y	
EST	PV								
PST=0+000.00	PC=0+015.46	N 07°50'41.82" W	15.467	PC=0+015.46	251,367.7103	1,999,994.4076			
PC=0+015.46	PT=0+040.26	N 03°04'15.30" W p = 932°52.04" der Rc = 148.803	24.771 Lc = 24.800 ST = 12.429	PT=0+040.26	251,366.3832	2,000,004.4656			
PT=0+040.26	PC=0+044.70	N 01°42'11.12" E	4.440	PC=0+044.70	251,366.5152	2,000,008.9035			
PC=0+044.70	PT=0+092.20	N 04°18'32.80" E p = 219°43.00" der Rc = 508.884	47.479 Lc = 47.485 ST = 23.763	PT=0+092.20	251,370.0551	2,000,056.2504			
PT=0+092.20	PC=0+097.88	N 22°30'35.69" E	408.676	PC=0+097.88	253,350.7790	2,003,080.5738			
PC=0+097.88	PT=0+393.13	N 23°32'52.53" E p = 175°43.33" der Rc = 1,027.768	35.248 Lc = 35.250 ST = 17.627	PT=0+393.13	253,364.8613	2,003,112.8870			
PT=0+393.13	PC=0+248.76	N 24°30'09.41" E	205.655	PC=0+248.76	253,470.8904	2,003,340.5183			
PC=0+248.76	PT=0+433.47	N 21°53'14.27" E p = 91°39.02" der Rc = 918.732	83.661 Lc = 83.660 ST = 41.874	PT=0+433.47	253,502.0777	2,003,423.1480			
PT=0+433.47	PST=0+543.15	N 19°18'19.14" E	210.678	PST=0+543.15	253,571.6127	2,003,822.0214			

LONGITUD = 4,543,156m

Figura 51. Cuadro de construcción del eje.

5.2.2 Secciones transversales

Las secciones transversales son aquellas que se obtienen perpendicularmente al perfil longitudinal, y habrá que establecer, a lo largo del trazo, tantos perfiles transversales como sea necesario.

Las secciones transversales proporcionan la información topográfica de la franja de terreno que será ocupada por el proyecto; la que puede variar según el tipo de obra y los movimientos de tierras esperados.

Las secciones transversales suelen situarse en los puntos seleccionados del perfil longitudinal, ya que éstos corresponden a puntos significativos del terreno. Aunque esta serie de secciones puede complementarse, si se considera necesario, con puntos adicionales.

Procesamiento de datos

Para la obtención de las secciones transversales, se toma como base el eje que se generó anteriormente con la unión de puntos a través

de la polilínea, así como el cadenamiento. Se procede a generar las secciones transversales, a partir de los puntos levantados, como sigue: *CivilCAD, Altimetría, Secciones, Terreno, Obtener* (Figura 52).

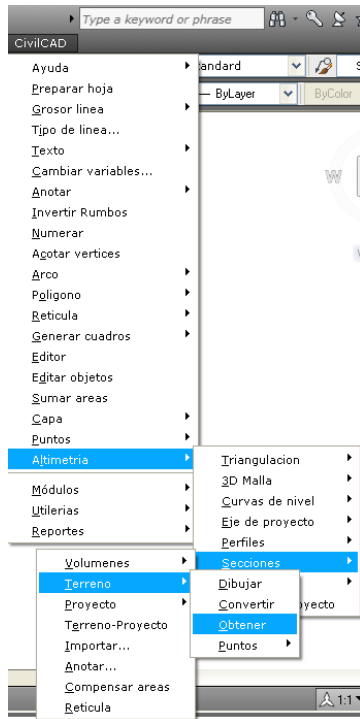


Figura 52. Secuencia para generar secciones.

Se procede a seleccionar el eje del proyecto para generar las secciones transversales. Al solicitar *Seleccionar estaciones*, indicar *Todas (T)*; en seguida muestra el cuadro de diálogo de las secciones de terreno (Figura 53).

En el cuadro de diálogo, para establecer el límite de la retícula y secciones dibujadas, el usuario indica el valor de izquierda y derecha. Estas secciones se dibujan en una sola escala, es decir, con la misma escala horizontal y vertical. La escala indicada, en cada sección dibujada, se puede definir individualmente (Figura 54).

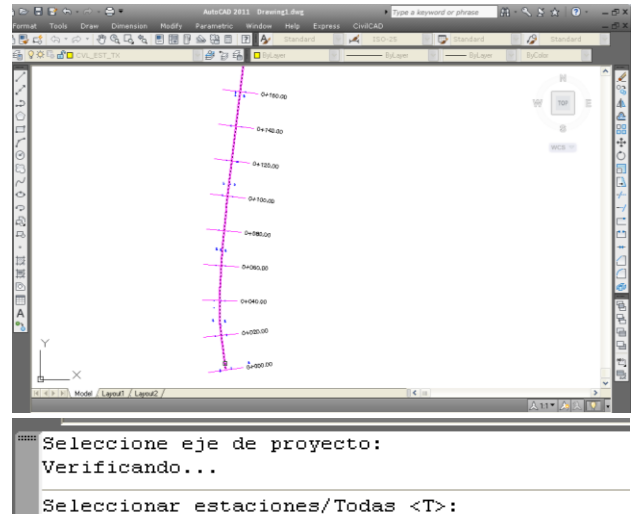


Figura 53. Selección de eje y estaciones.

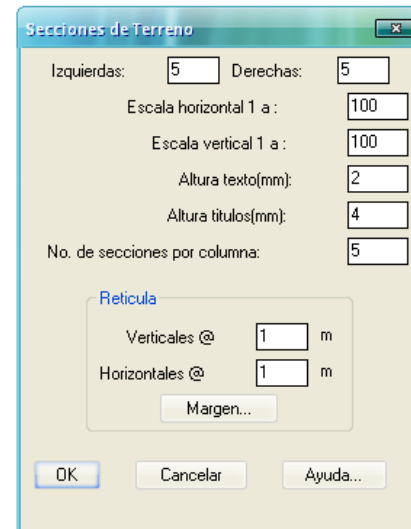


Figura 54. Cuadro de diálogo para generar secciones.

Para dibujar las secciones seleccionadas, se indica el punto de inserción donde aparecerán las secciones de terreno generadas (Figura 55).

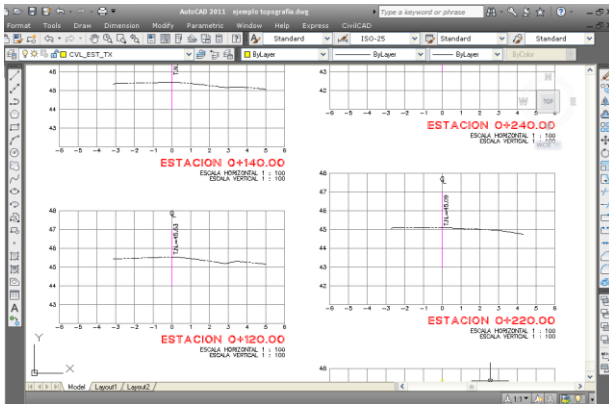


Figura 55. Secciones generadas.

6. REPLANTEO

El replanteo es la operación que tiene por objeto trasladar fielmente al terreno las dimensiones y formas indicadas en los planos que integran la documentación técnica del proyecto.

6.1 TRAZO DE CURVAS EN CAMPO

Una curva a nivel es una línea imaginaria que une puntos con elevaciones iguales sobre el terreno. El trazo de curvas a nivel puede realizarse de manera sencilla y eficiente con niveles de caballete, de manguera o de mano. Para mayor información sobre estos instrumentos y su operación, se recomienda revisar CONAFOR (2007).

En las siguientes figuras, se muestran algunos instrumentos empleados para el trazo de curvas.

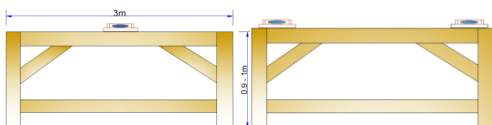


Figura 56. Caballete tipo rectangular.

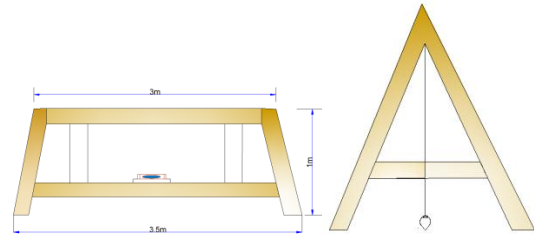


Figura 57. Caballete tipo trapezoidal y triangular

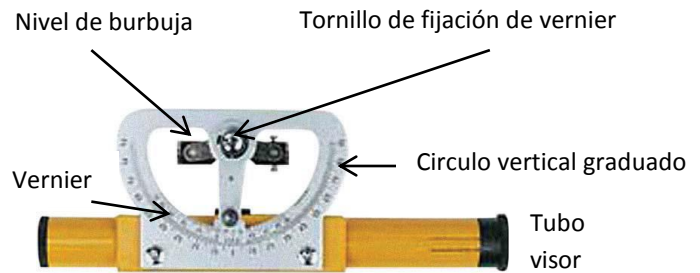


Figura 58. Componentes de un nivel de mano tipo Abney.



Figura 59. Nivel de mano tipo Torpedo Level.



Figura 60. Nivel de mano tipo Multi-digit Pro.

6.2 TRAZO DE OBRA CON ESTACIÓN TOTAL

La diferencia entre los datos introducidos previamente en el instrumento (los datos de

replanteo) y el valor medido puede verse en pantalla midiendo el ángulo horizontal, la distancia o las coordenadas del punto observado.

La introducción de los datos de replanteo puede realizarse en diferentes modos: coordenadas, distancia horizontal, distancia geométrica, desnivel y medición REM².

En la distancia geométrica, distancia horizontal, desnivel y modo de coordenadas, las coordenadas registradas pueden recuperarse y utilizarse como coordenadas de replanteo. En la distancia geométrica, distancia horizontal y desnivel, las distancias S/H/V se calculan a partir de la lectura de las coordenadas de replanteo, datos de la estación del instrumento, altura del instrumento y altura del prisma (Figura 61).



Figura 61. Coordenadas registradas.

Después de establecer las coordenadas del punto que se va a replantear, la estación calcula el ángulo y la distancia horizontales de replanteo. Para replantear la ubicación de la coordenada requerida, se selecciona la función de replanteo del ángulo horizontal y de la distancia horizontal.

Los elementos físicos del replanteo con estación total se muestran en la Figura 62.

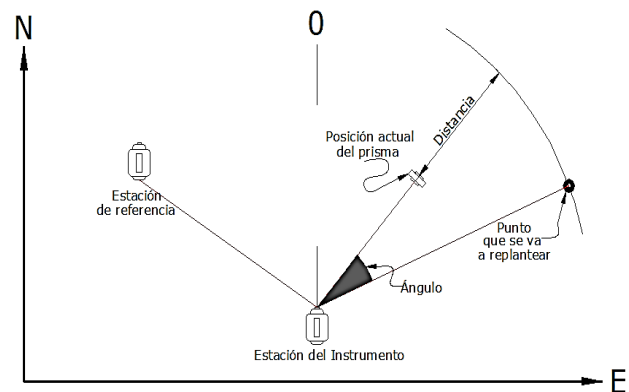


Figura 62. Elementos físicos del replanteamiento con estación total.

Procedimiento:

1. Se introducen los datos del punto de estación (coordenadas) al aparato.
2. Se configura el ángulo azimutal (ángulo con respecto al norte) del punto o estación de referencia.
3. Se introducen las coordenadas del punto a replantear en la estación, (estas coordenadas también pueden obtenerse mediante coordenadas registradas en el aparato). Al ser introducidas dichas coordenadas, la estación es capaz de calcular y mostrar la distancia y el ángulo del punto de replanteo (Figura 63).
4. Se gira la estación total a modo que el aparato indique la dirección correcta de replanteo (generalmente indicará un ángulo de 0°), y se coloca el prisma en la línea de observación.

² Se refiere a una función de la estación que sirve para medir la altura a un punto en el que no se puede instalar directamente un prisma

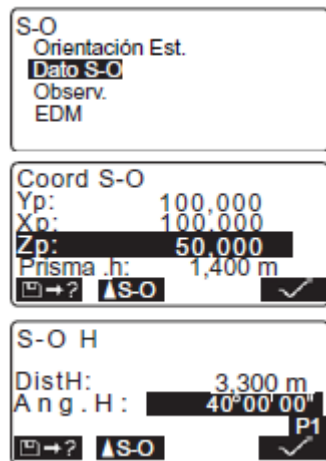


Figura 63. Introducción de coordenadas para replanteo.

- Enseguida se empieza a realizar la medición de replanteo, moviendo el prisma hacia adelante y hacia atrás hasta que la distancia de replanteo que se marque en la estación sea la correcta (generalmente, cuando se llega a esta distancia, el aparato marcará: 0 m). En la Figura 64 se muestra cómo la pantalla de la estación total va marcando los diferentes datos con respecto al seguimiento del prisma.

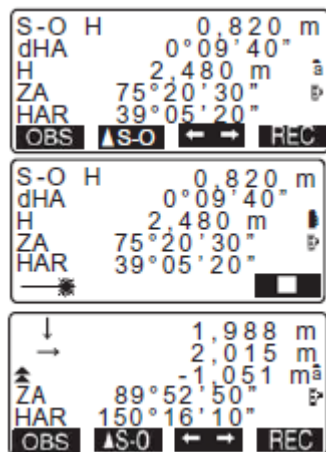


Figura 64. Datos mostrados en la pantalla de la estación total al estar replanteando un punto.

- Generalmente la estación total marcará hacia dónde se debe mover el prisma, hasta llegar al punto de replanteo.

7. BIBLIOGRAFÍA

CONAFOR (2007). Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. 3ª edición. SEMARNAT, Comisión Nacional Forestal. México.

Magellan Navigation Inc. (2205-2006), ProMark 3, Manual de Referencia.

Sokkia (2005). Manual del Operador, Serie 30RK, 2ª edición, Japón.

García Márquez Fernando, (2003). Curso Básico de Topografía (Planimetría, Agrimensura y Altimetría). Editorial Árbol, México.

Páginas electrónicas

<http://es.wikipedia.org/wiki/Topograf%C3%ADa>

http://es.wikipedia.org/wiki/Nivel_topogr%C3%A1fico

<http://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/modulo-i-introduccion-a-altimetria1.pdf>

ELABORARON:

Dr. Mario R. Martínez Menes
Dr. Demetrio S. Fernández Reynoso
Ing. Daisy Yessica Uribe Chávez

Para comentarios u observaciones al presente documento contactar a la

Unidad Técnica Especializada (UTE) COUSSA
www.coussa.mx

Dr. Mario R. Martínez Menes
mmario@colpos.mx

Dr. Demetrio S. Fernández Reynoso
demetrio@colpos.mx

Teléfono: (01) 595 95 5 49 92

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México.

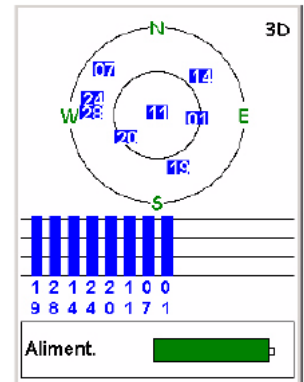
8. ANEXO 1. PROCEDIMIENTO DE USO Y DESCARGA DE DATOS DEL GPS DIFERENCIAL

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON EL GPS DIFERENCIAL

El ProMark3 es un GPS diferencial colector de datos que le permite realizar trabajos de levantamiento y Sistemas de Información Geográfica.

Para comenzar con el levantamiento en el GPS, encienda el receptor pulsando la tecla roja, se puntea dos veces el icono Surveying (Levantamiento) si desea realizar un levantamiento estático, cinemático o "Stop & Go".

Pulse NAV varias veces hasta que aparezca en la pantalla "Estado de satélites". Esta pantalla muestra qué satélites está detectando el receptor y dónde están ubicados en el firmamento. Si no detecta un mínimo de 7 satélites, tal vez debería trasladarse a una zona más despejada.



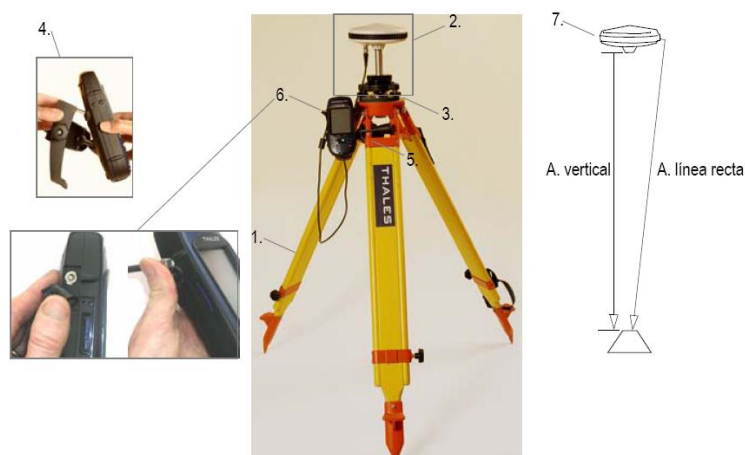
*Pantalla
Estado de satélites*

Ejecución de un levantamiento estático

Instalación del equipo

Las instrucciones de instalación del equipo son las mismas tanto para la base como para el receptor remoto. Instale y ejecute primero la base. La antena debe tener una visión despejada del firmamento en todas las direcciones. No debe haber ningún obstáculo, o los mínimos posibles, en las proximidades.

1. Instalar la combinación trípode/tribrach por encima del punto.
2. Acoplar la barra de extensión vertical y el adaptador tribrach a la antena GPS.
3. Colocar el conjunto de la antena GPS sobre el trípode.
4. Colocar el receptor ProMark3 en el soporte de campo.
5. Acoplar la combinación del soporte de campo / ProMark3 al trípode.
6. Conectar el cable de la antena GPS a la unidad.
7. Medir y grabar la altura de instrumento (HI) de la antena GPS.



Partes del GPS diferencial

Instalación del levantamiento estático

1. Encender el receptor pulsando la tecla roja.
2. Puntear dos veces el icono **Surveying (Levantamiento)**.

Cuando se hayan recibido suficientes satélites, tocar la tecla LOG. Se abrirá la pantalla **Opciones de levantamiento**. Introducir los siguientes parámetros:

ID Sitio	Cadena de 4 caracteres
Modo medición	Estático
Descripción sitio	Descripción explicativa opcional de 20 caracteres del punto
Altura antena	Altura desde el suelo
Unidades	Unidad de altura de la antena (metros, pies EE.UU, o pies internacionales)
Tipo altura	Pendiente o vertical
Interv de grab	Tiempo en segundos entre dos adquisiciones consecutivas de datos GPS. Asegurar que se emplee el mismo intervalo de grabación en la base y en el receptor remoto.
Punto de control	Si se marca esta casilla, más adelante, podrá utilizar el punto asociado con este ID de emplazamiento como punto de control.

Levantamiento estático	
ID Sitio	Nombre de archi
0125	R4469D05.294
Rango obs.	Transcur.
0.0 M	00:00:15
# Sats	PDOP
8	2.2
Aliment.	Memoria libre
	Tarjeta SD
Listo	

Colección de datos

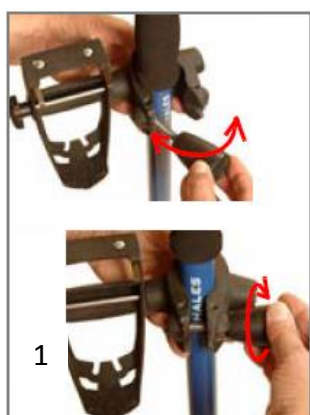
3. Puntear el botón Log en la parte inferior de la pantalla. Se visualizará en la pantalla "Levantamiento estático", que proporciona información sobre el estado del levantamiento durante el periodo de recogida de datos.

Rango obs	Indica la longitud máxima de la línea de base que se podría determinar con precisión en el posprocesado, teniendo en cuenta la cantidad de datos recogidos en cada momento. Cuantos más datos recoja, más larga será la línea de base.
Transcur	Tiempo transcurrido desde que empezó la lectura de datos.
# Sats	Número de satélites recibidos.
PDOP	Valor actual de PDOP

De acuerdo con el parámetro Rango obs. del receptor remoto, se hayan recogido suficientes datos en esta sesión de observación, puntear el botón “Listo” en la parte inferior de la pantalla, o bien pulsar la tecla ENTER. Repetir el procedimiento anterior para cada sesión de observación necesaria para completar el levantamiento.

Ejecución de un levantamiento “Stop & Go”

Instalación y operación de la base



La base se instala y se opera del mismo modo que en los levantamientos estáticos. La única diferencia es el uso de la barra inicializadora en la estación base.

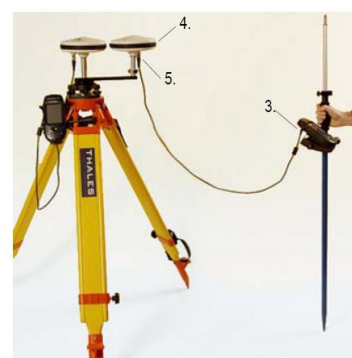
La antena de la base debe centrarse y nivelarse por encima del punto conocido. Para poder utilizar la barra inicializadora, asegúrese de incorporar la barra como parte de la instalación de la base, según se muestra en la figura.



Instalación del receptor remoto

Instalar la unidad en su poste extensible:

1. Acoplar el soporte de campo al poste.
2. Colocar el receptor ProMark3 en el soporte de campo.
3. Conectar el cable de la antena GPS a la unidad.
4. Montar la antena GPS al final de la barra inicializadora de la base.
5. Conectar el otro extremo del cable de la antena a la antena del receptor remoto.



Cuando se hayan recibido suficientes satélites, pulsar la tecla LOG. Se abrirá la pantalla **Opciones de levantamiento**. Introducir los mismos parámetros que se muestran en el levantamiento estático a excepción de los siguientes:

Modo medición	Stop-and-go
Altura Antena	Distancia desde la antena del receptor montada sobre la barra hasta el suelo
Inicializar	Barra
Tiempo en sitio (seg)	Tiempo de ocupación en la barra inicializadora para la antena del receptor remoto (predeterminado: 300 segundos).



Fase de inicialización

Puntear el botón **Log** en la parte inferior de la pantalla. Aparecerá una pantalla que muestra la cuenta atrás de la fase de inicialización.

El campo **Restante** empezará una cuenta atrás desde el valor del campo **Tiempo en Sitio** en la pantalla **Opciones de levantamiento**. Al final de la secuencia de cuenta atrás, el valor del campo **Restante** es "00:00:00".

Trasladar la antena del receptor remoto de la barra inicializadora al extremo del poste remoto. Al hacer esto, tener cuidado de no obstaculizar la antena del receptor remoto, ya que si no se tendría que reanudar la inicialización.

Colección de datos

Caminar hasta el primer punto que desee levantar. Tener cuidado de no obstaculizar la antena, ya que podría provocar la pérdida de señales satelitales.

Pulsar la tecla LOG (no el botón **Log** en la pantalla). Aparecerá la pantalla Opciones de levantamiento, que permiten cambiar los parámetros siguientes:

ID Sitio y Descripción Sitio	Modifique éstos dos campos si es preciso
Altura Antena	Nueva altura de la antena del receptor remoto ahora colocada sobre el poste
Inicializar	Compruebe que ahora está seleccionado <Ning.>.
Tpo en Sitio (seg)	Introduzca el tiempo de ocupación necesario en cada punto que vaya a levantar (normalmente 15 segundos).

Mantener el poste estático por encima del punto; puntear **Log** en la pantalla. El receptor mostrará entonces una pantalla. Esperar hasta que **Restante**=00:00:00.

Observar que el contenido del campo **ID Sitio** se incrementa en 1 al acabar la ocupación estática en un punto (incremento: 0 a 9, luego A a Z, luego otra vez 0..., etc.). No obstante, se puede cambiar el **ID Sitio** entre dos tiempos de ocupación cualesquiera pulsando la tecla LOG (no el botón **Log** de la pantalla) y modificando el campo **ID Sitio**.

Ir hasta el siguiente punto y repetir los dos pasos anteriores hasta haber visitado todos los puntos.

Puntear **Listo** después de levantar el último punto. Esto finaliza la fase de recogida de datos.

Ejecución de un levantamiento cinemático

Descripción de un levantamiento cinemático típico en el que la inicialización se realiza en un punto conocido.

Instalación y operación de la base

La base se instala y se opera del mismo modo que en los levantamientos estáticos.

Instalación del receptor remoto

Instalar la unidad en su poste extensible:

1. Montar la antena GPS sobre el poste.
2. Acoplar el soporte de campo al poste.
3. Colocar el receptor ProMark3 en el soporte de campo.
4. Conectar la antena GPS a la unidad mediante el cable suministrado.
5. Medir la altura de la antena.



2.



3.



Instalación del receptor remoto para levantamientos cinemáticos

Cuando se hayan recibido suficientes satélites, pulsar la tecla LOG. Se abrirá la pantalla **Opciones de levantamiento**.

Modo Medición	Cinemática
Altura Antena	Distancia desde la antena del receptor remoto montada sobre el poste hasta el suelo.
Interv de grab	El tiempo en segundos entre dos adquisiciones consecutivas cualesquiera de datos GPS. Asegúrese de que se emplea el mismo intervalo de grabación en la base y en el receptor remoto.
Inicializar	Conocido. Al seleccionar esta opción, la unidad le pedirá que indique el ID Sitio del punto de control donde tendrá lugar la inicialización.

Levantamiento cinemático

ID Sitio	Nombre de archi
0125	R4469G05.294
Rango obs.	Restante
	00:00:11
# Sats	PDOP
8	2.2
Aliment.	Memoria libre
	Tarjeta SD
Cancel.	

Cuenta atrás de la inicialización

Fase de inicialización

Puntee el botón **Log** en la parte inferior de la pantalla. Aparece una pantalla que muestra la cuenta atrás de la fase de inicialización. El campo **Restante** empezará una cuenta atrás desde el valor del campo **Tpo en Sitio** en la pantalla **Opciones de levantamiento**. Al final de la secuencia de cuenta atrás, el valor del campo **Restante** se sustituye por el del campo **Transcur.**, que es “00:00:00”.

Colección de datos

Levantamiento cinemático

ID Sitio	Nombre de archi
0125	R4469G05.294
Rango obs.	Transcur.
	00:00:07
# Sats	PDOP
8	2.2
Aliment.	Memoria libre
	Tarjeta SD
Pausa	Listo

Caminar hasta el punto inicial de la trayectoria que se desee levantar. Tener cuidado de no obstaculizar la antena, ya que podría provocar la pérdida de señales satelitales.

Puntar el botón **Log** en la pantalla y luego caminar a lo largo de la trayectoria. La pantalla tendrá entonces este aspecto:

A medida que se avanza por la trayectoria, el contenido del campo **ID Sitio** se incrementará en 1 al ritmo del intervalo de grabación (incremento: 0 a 9, luego A a Z, luego otra vez 0..., etc.).

Utilizar los botones de la parte inferior de la pantalla para hacer lo siguiente:

- **Pausa:** Puntar este botón cuando llegue al final de la trayectoria. El nombre del botón cambia entonces a “Log”. Puntar el botón **Log** cuando esté en el punto inicial de una nueva trayectoria que desee levantar.

Tenga cuidado de no obstaculizar la antena entre las dos trayectorias.

- **Listo:** Finalizará el levantamiento cinemático cerrando el archivo de datos y llevando de vuelta a la última pantalla de navegación visualizada.

(Después de seleccionar **Listo**, el receptor quedará inactivo, pero seguirá en la función Levantamiento.)

Pulse el botón MENU y puntee **Salir**. Esto le llevará de nuevo al espacio de trabajo del ProMark3.

Descargar datos de campo al PC

- Iniciar GNSS Solutions
- Hacer clic en **Crear un nuevo proyecto**, introducir el nombre de proyecto y luego clic en **Aceptar**.
- Hacer clic en **Importar datos brutos desde archivos**.
- Examinar el ordenador para pasar a la carpeta que contiene los archivos de datos que se acaban de descargar.
- Seleccionar los archivos que se desea importar y hacer clic en **Abrir**. El cuadro de diálogo **Importar datos GPS** muestra una lista de los archivos que desee importar. Cada fila describe uno de estos archivos (nombre de archivo, ID emplazamiento asociado, etc.)

Importar	Emplazamiento	Fecha	Hora	Dinámico	Altura de la antena	Tipo de altura	T
BR204A05.250	FLBU	7 septiembre 2005	09:37:15.0	<input type="checkbox"/>	0.270	Vertical	110
BR1234D05.249	FLBU	8 septiembre 2005	16:43:50.0	<input type="checkbox"/>	0.270	Vertical	110
BR7006A05.250	PM-A	7 septiembre 2005	10:10:25.0	<input type="checkbox"/>	1.618	En línea recta	110
BR7006B05.249	PM-A	6 septiembre 2005	13:39:05.0	<input type="checkbox"/>	1.556	En línea recta	110
BR7006C05.249	PM-A	6 septiembre 2005	17:15:45.0	<input type="checkbox"/>	1.692	En línea recta	110
BR203B05.250	BERT	7 septiembre 2005	10:08:00.0	<input type="checkbox"/>	1.790	En línea recta	110

Nombre	Long	95% err.	Lat	95% err.	Altura	95% err.	Control	Fijo
*								

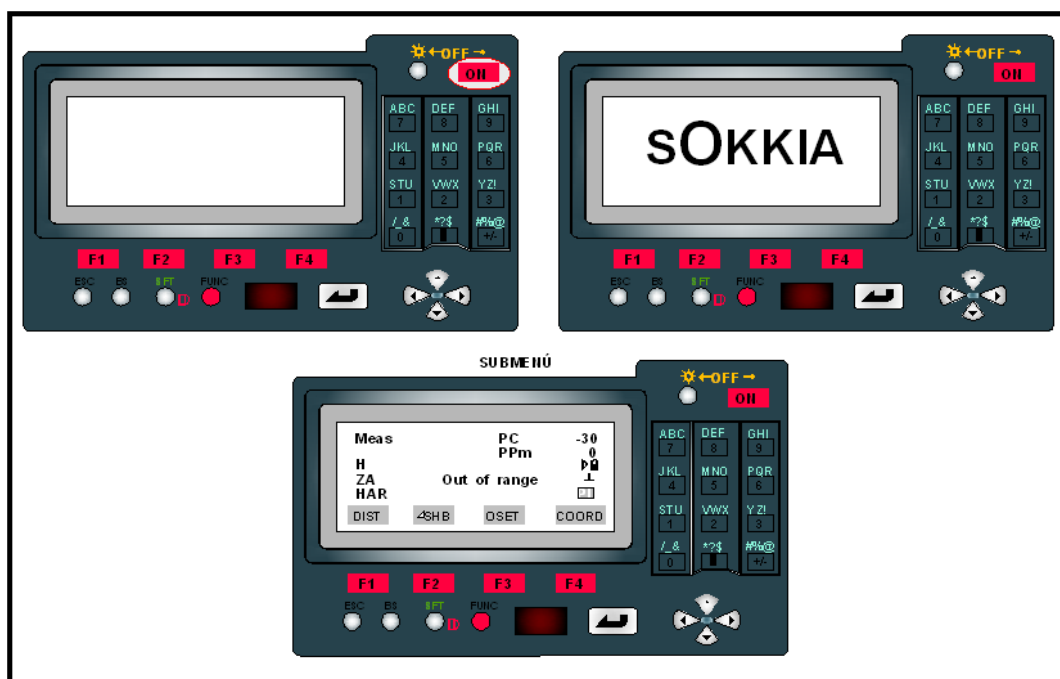
Agregar datos brutos Aceptar Cancelar

- En la parte inferior de la ventana, definir cuál de los emplazamientos es el punto de control (base) e introducir o marcar sus coordenadas conocidas. Así mismo, fijar el punto de control si es preciso, seleccionando una de las opciones disponibles en la columna **Fijo**. Si selecciona **<Vacío>**, el punto no se fijará.
- Hacer clic en **Aceptar>Para importar** los datos al proyecto. En función del tipo de levantamiento, puede ir incluso más rápido ejecutando, en una operación, las funciones Importar, Procesar y Ajustar.

9. ANEXO 2. PROCEDIMIENTO DE USO Y DESCARGA DE DATOS DE LA ESTACIÓN TOTAL

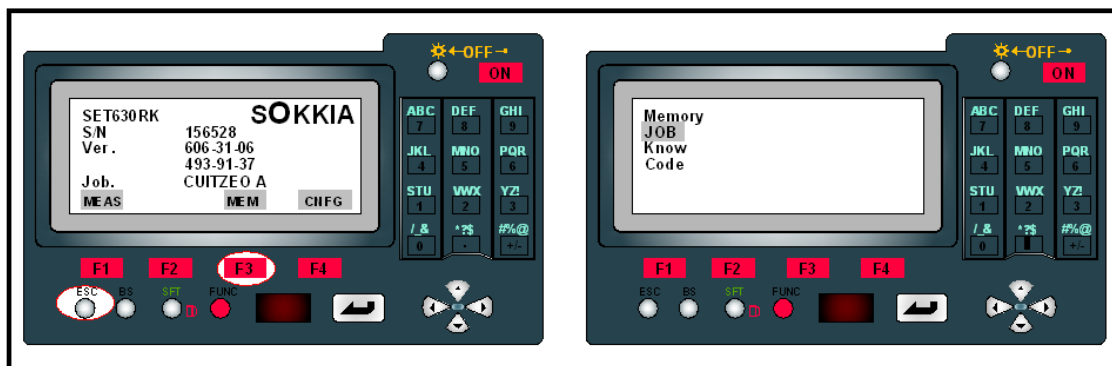
Encendido

Presionar la tecla ON de color rojo que se encuentra en la parte superior derecha del teclado. A continuación se muestra un submenú.



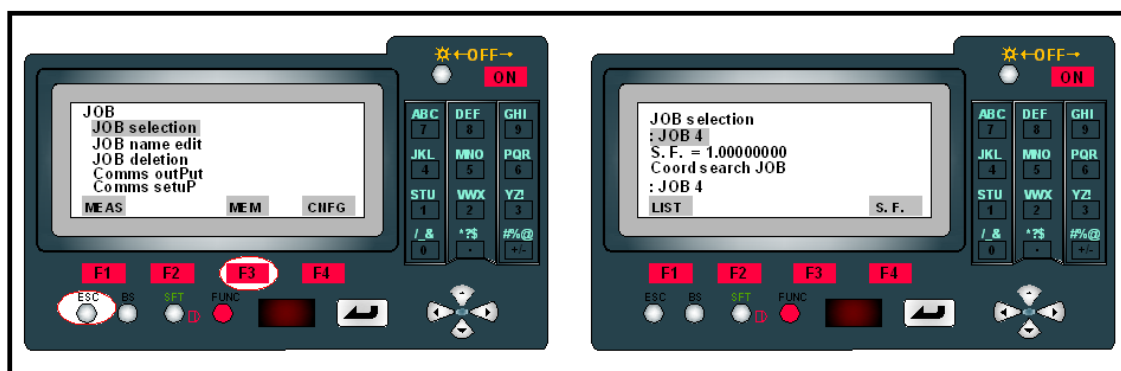
1. Edición de un trabajo nuevo

Presionar ESC para ir al menú principal en donde se muestran los ficheros MEAS, MEM y CNFG, seleccionar F3 (MEM) para ir a la memoria interna y en el menú JOB encontrar todo lo relacionado a la edición del trabajo.



CHFG	Pasa del modo Estado al modo de Configuración
MEAS	Pasa del modo Estado al modo de Medición
MEM	Pasa del modo Estado al modo Memoria
ESC	Pasa de cualquier modo al modo Estado

2. Selección del trabajo



Los trabajos se encuentran numerados del 1 al 10 como JOB1, JOB2.....JOB10. Con el uso del cursor que se encuentra en la parte inferior derecha, seleccionar el trabajo deseado, en la parte de arriba ubicar el trabajo que se desea iniciar, en la parte de abajo ubicar el trabajo de donde se desea extraer coordenadas de inicio. En caso de manejar un solo trabajo, indicar en ambas partes el mismo JOB (recomendado).

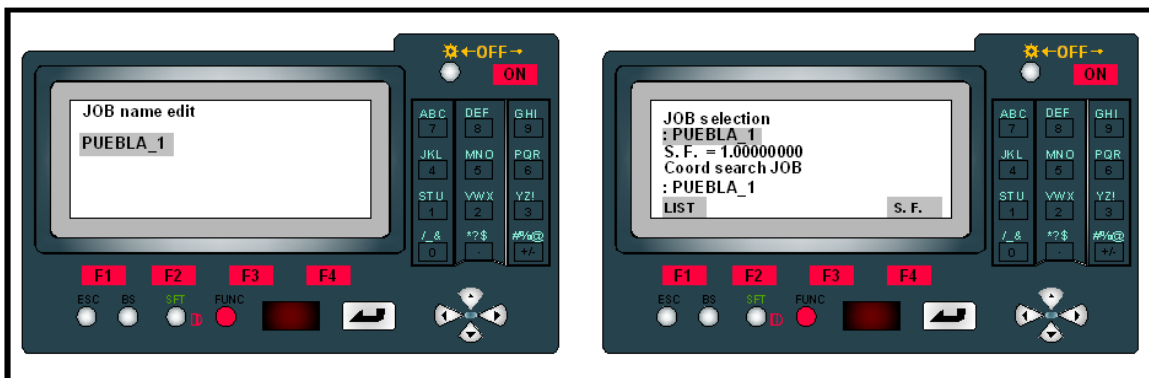
3. Nombrar el trabajo

Para regresar a la ventana anterior marcar ESC y seleccionar JOB name edit.

Con la tecla SFT cambiar la función del teclado alfanumérico.

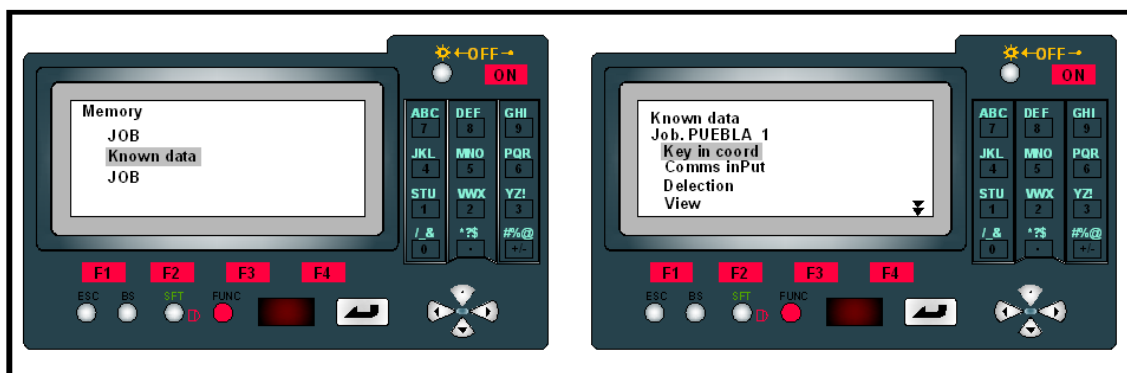
A=mayúsculas a=minúsculas (espacio) =números

Una vez editado el nombre del trabajo regresar al menú JOB selection y verificar que en ambas partes está el nombre del trabajo, tanto en el que se va a trabajar como en el que se va utilizar para extraer coordenadas.

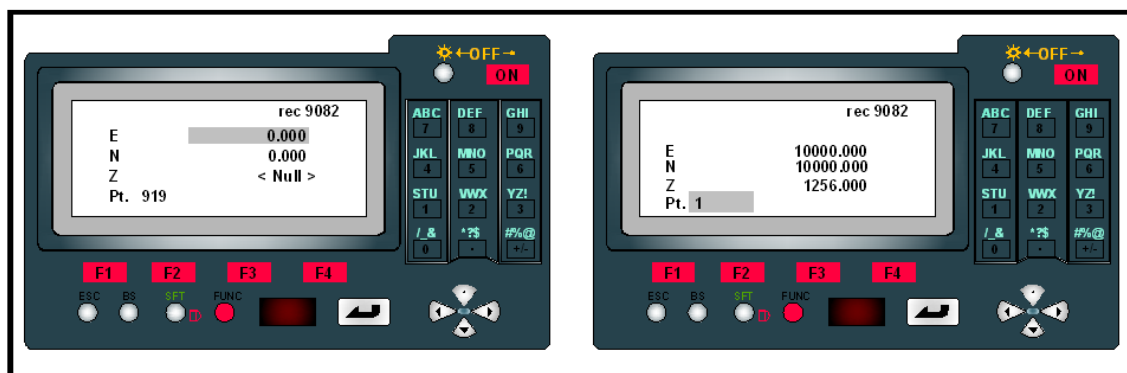


4. Dato conocido. Entrada de datos de estación

En el mismo menú MEM (memoria Interna) entrar en Known data y en el submenú elegir Key incoord.



Para introducir las coordenadas del punto estación, se puede utilizar coordenadas UTM o en caso de no contar con esa información se hace uso de coordenadas arbitrarias.



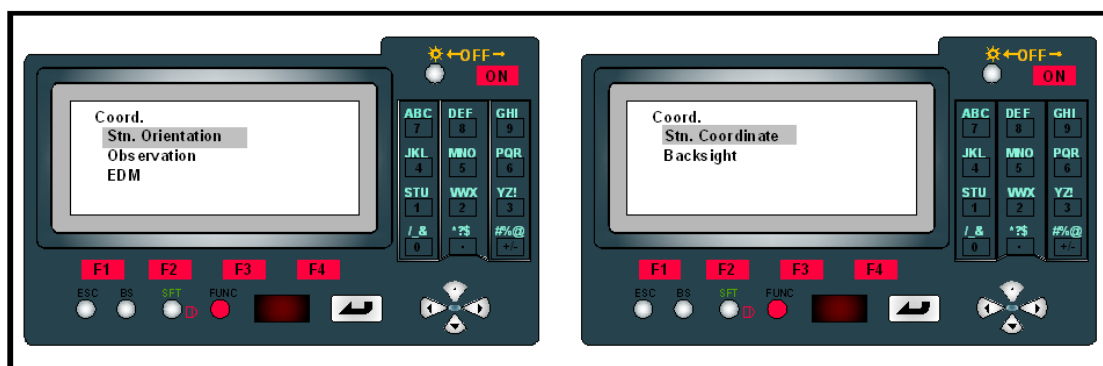
Una vez que se introducen las coordenadas del punto de inicio, se da ENTER y automáticamente quedan grabadas (tomar en cuenta que se puede utilizar número, o letra para indicar los cambios de estación que se realicen).

De igual manera introducir las coordenadas del punto de referencia.

5. Orientación

Una vez que se introducen las coordenadas, se procede a orientar el equipo, para esto, presionar la tecla ESC hasta llegar al menú principal, en seguida dar clic a F1 (MEAS) y F4 (COORD).

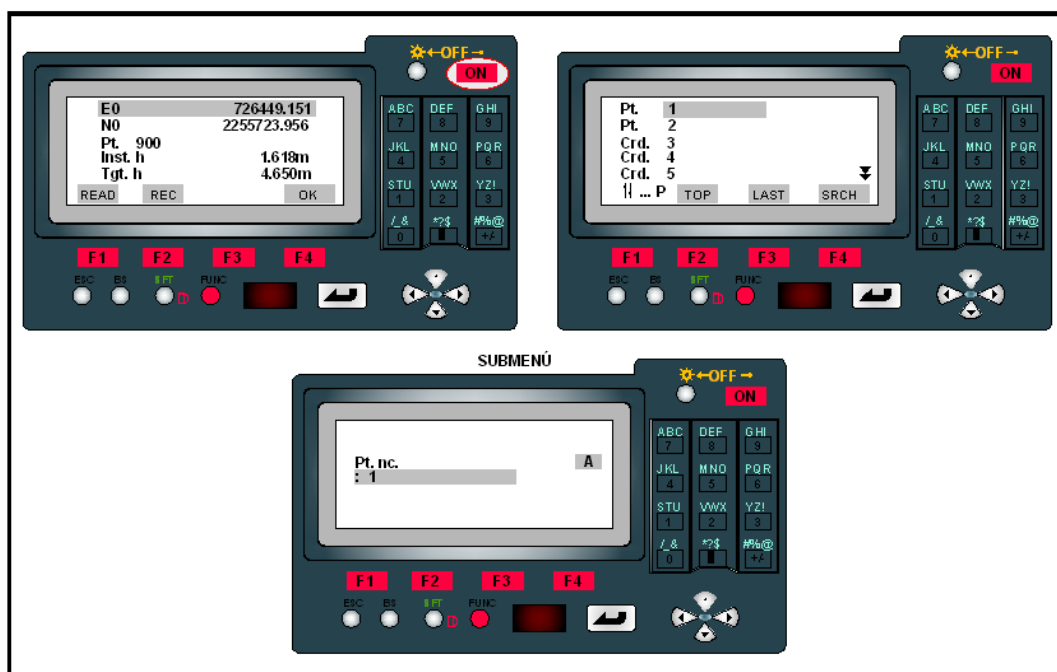
En este menú dar ENTER en Stn. Orientation., ingresar a Stn.Coordinate para introducir las coordenadas (que se grabaron anteriormente) del punto estación.



En este paso se tiene la opción de introducir las coordenadas con el teclado o mediante el uso de la memoria del equipo, presionar F1 (READ) para leer las coordenadas de la memoria.

Los números con el prefijo Pt. corresponden a los que en un principio se grabaron directamente en la memoria de la estación como dato conocido, y los que tienen Crd. son los que a lo largo del trabajo en campo se han recopilado.

Al seleccionar el número del punto que se utilizará como control, dar ENTER, o en caso de que no aparezca en la pantalla, presionar F4 SRCH (buscar).



En caso de que se busque el punto de control en la memoria, se debe anotar el número del punto o la letra y se da ENTER.

Al dar ENTER, automáticamente regresa al establecimiento del punto estación.

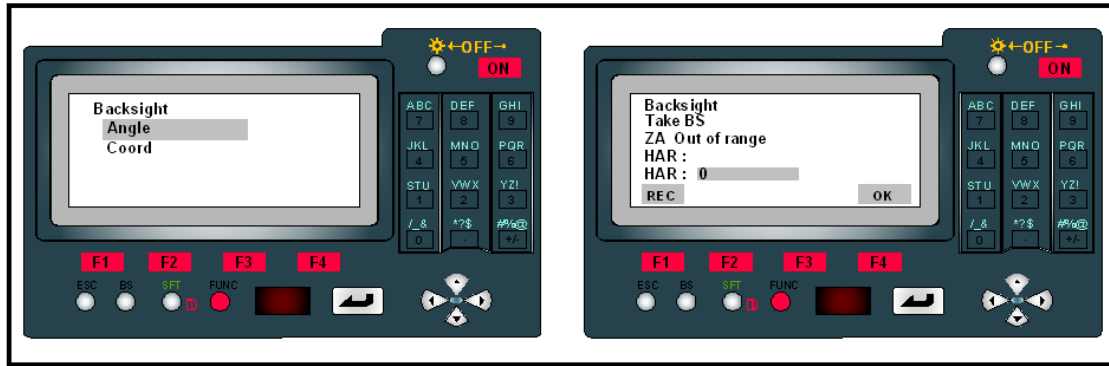
En este apartado en Inst.h, colocar la altura del instrumento, que comprende desde el final de la varilla o trompo que se hayan colocado como banco de nivel hasta el centro de la mira de la estación.

Posteriormente en Tgt.h introducir la altura del prisma.

Al meter dichos datos, presionar OK.

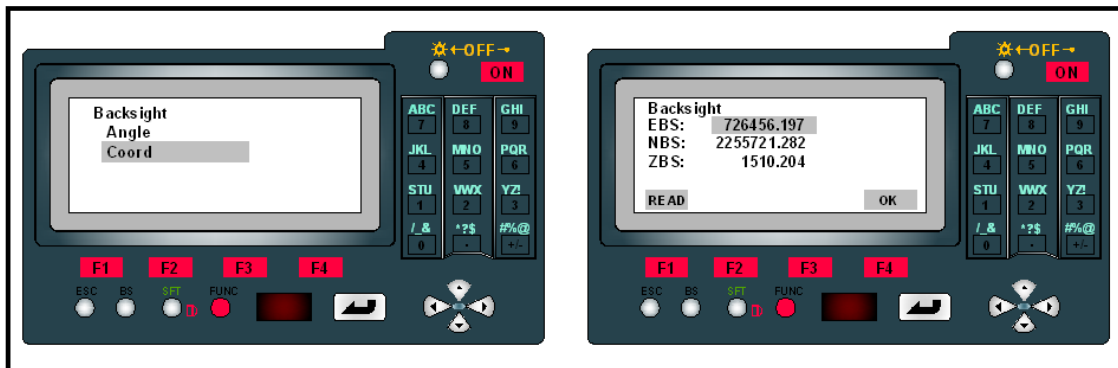
En el menú siguiente seleccionar Backsight y nuevamente se encuentra con dos opciones.

- A) Angle (orientación por medio de un ángulo). Si se está comenzando el trabajo y solo se sabe el punto de control y se desconoce el de referencia, en HAR se introduce el valor 0 que corresponde al norte magnético (utilizar una brújula para hacer una línea imaginaria hacia el norte).



Una vez hecho esto, dar OK y comenzar con la medición de puntos.

- B) Coord. Orientación con una coordenada conocida, es decir con un punto de referencia (recomendado).



Introducir con el teclado las coordenadas o se extraen de la memoria del equipo. Presionar READ y seleccionar el número del punto que corresponde a la referencia. Una vez elegido el punto, presionar OK. Enseguida aparece el Azimut calculado y si éste es correcto presionar YES y comenzar con la medición, y en caso de ser erróneo iniciar de nuevo con la orientación y verificar las coordenadas que se utilizaron.

Nota: En el caso de la orientación con coordenadas, antes de aceptar el valor del azimuth calculado, la mira de la estación debe estar ya visando el prisma (que debe estar a plomo) o se recomienda visar la punta de la varilla, clavo o trompo utilizado para marcar el punto de referencia.

6. Toma de datos

Después de valorar el azimuth automáticamente regresamos al menú Coordr., seleccionar Observation y dar ENTER, siempre y cuando se esté visando algún punto de alcantarilla, camino, estructuras, etc.

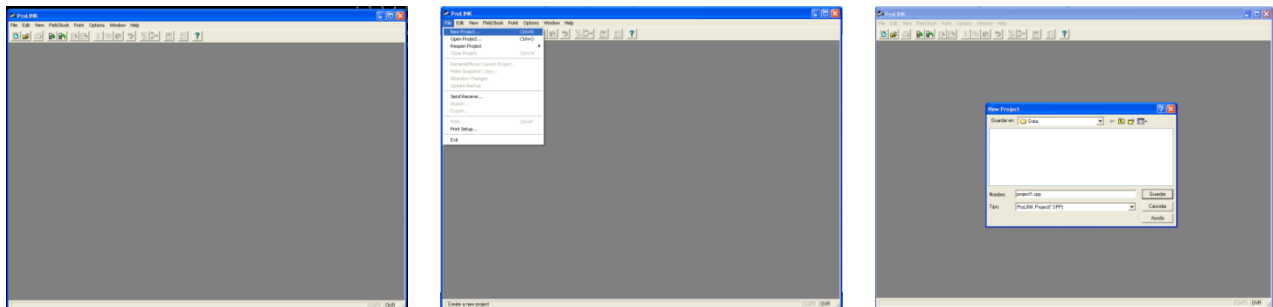
se comienza a trabajar, la tecla SFT modifica la constante de prisma para poder tomar puntos sin él (a no más de 150m), sobre concreto, lámina, madera, etc.

No se debe entrar a modificar las constantes de prisma -30 que normalmente el equipo maneja y ppm 0, quiere decir que no se están haciendo correcciones con la presión atmosférica. En equipos más modernos o modelos más recientes, se puede hacer corrección por temperatura y presión atmosférica o incluso velocidad del viento.

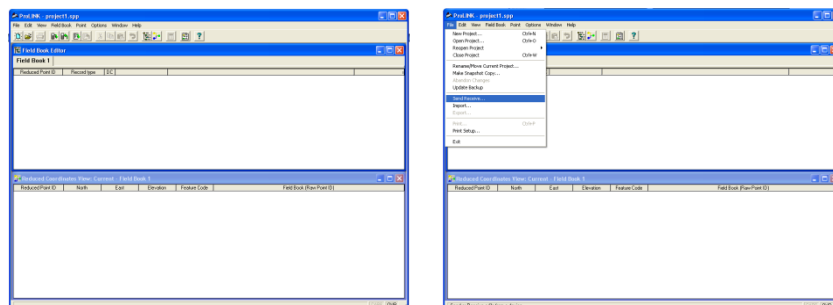
7. Descarga de datos

Una vez elaborado el trabajo de campo, al información debe ser procesada para obtener los planos necesarios que representen gráficamente la zona de estudio.

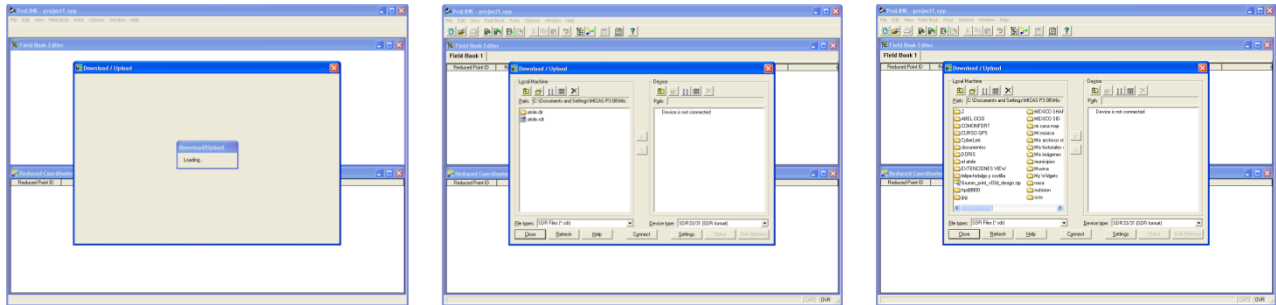
Primero, ejecutar el software que hace posible la interfaz ET-PC, crear un nuevo proyecto, ubicar en la dirección del ordenador deseada, asignar y guardar.



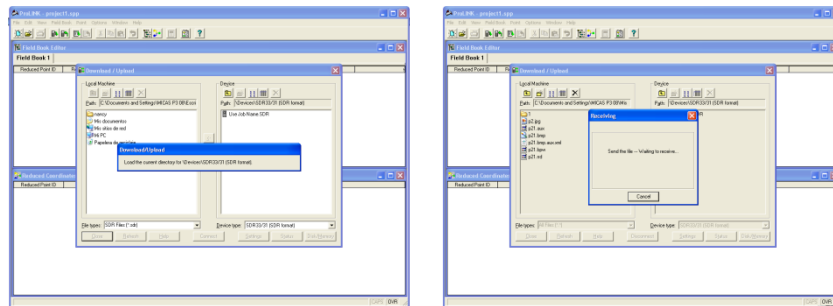
Al concluir con estas primeras indicaciones, generar un proyecto en el que se van a ver todos los datos que en campo se levantaron. Para acceder a la base de datos de la estación, utilizar la opción “send receive” del menú File.



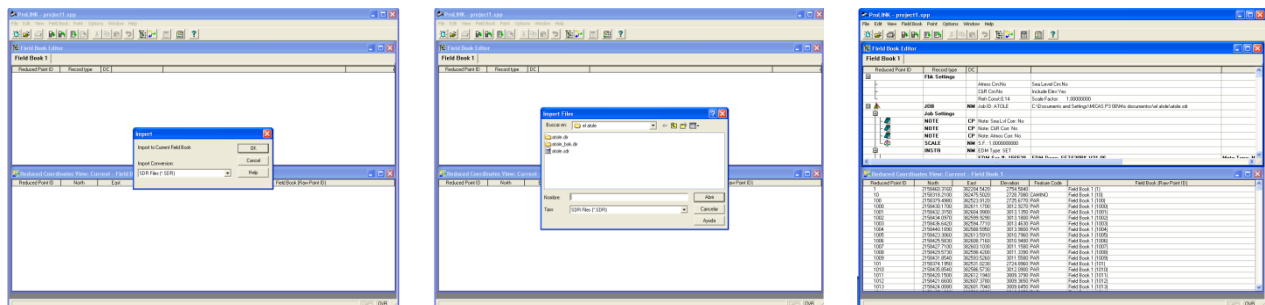
El cuadro de diálogo que se presenta, muestra los formatos en los que es posible descargar la información, en seguida, del lado derecho ubicar el directorio donde se almacenará el archivo.



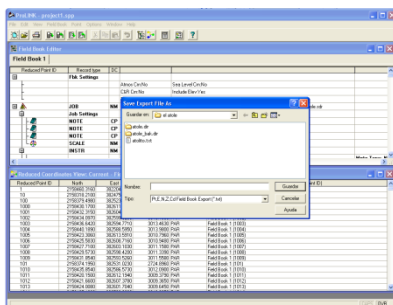
Posteriormente, hacer clic en la opción connect para iniciar la interfaz ET-PC. En la estación, buscar la ruta para iniciar la descarga de trabajos. (Comms output).



Al descargar los proyectos deseados, buscar en el menú File la opción importar (import), en el cuadro de diálogo se verán los formatos en los que es posible acceder a la información, situar la dirección en donde se encuentra almacenado el archivo.

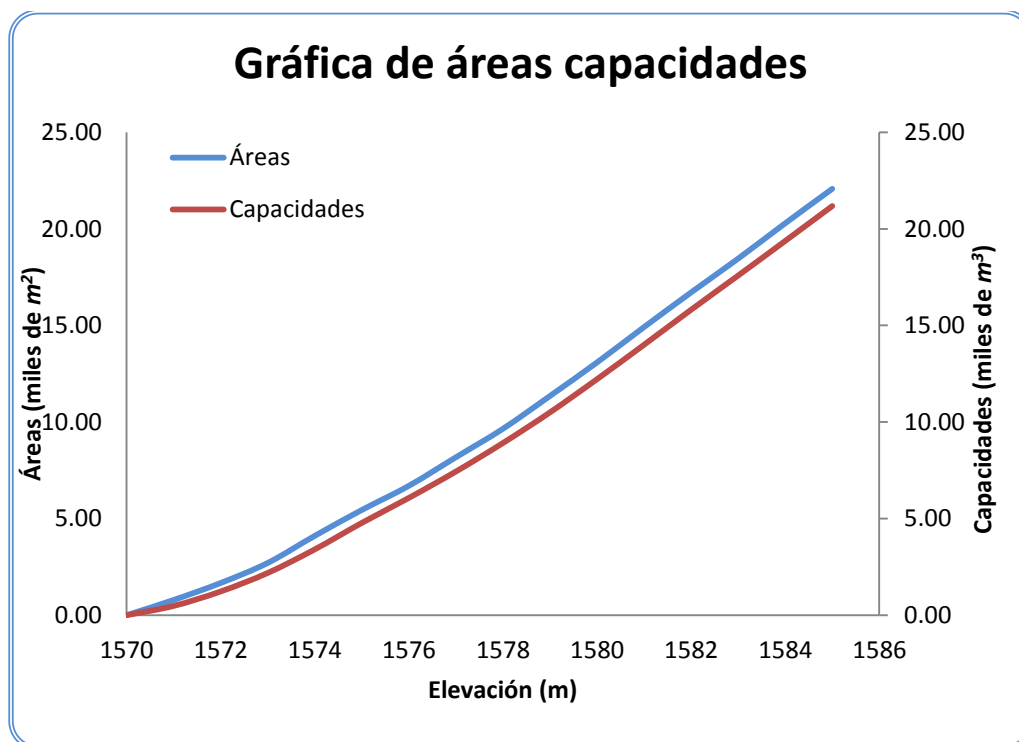


En el menú File seleccionar Exportar (Export), elegir el orden de los datos, buscar en el directorio la ruta en la cual se guardó el archivo con formato *.txt.



Después de seguir esta serie de indicaciones, la información está lista para ser procesada en una hoja de Excel.

10. ANEXO 3. GRÁFICA DE ELEVACIONES-ÁREAS - CAPACIDADES



No. Curva	Elevación (m)	Área (m ²)	Capacidad (m ³)	Área (miles de m ²)	Capacidad (miles de m ³)	Capacidad acumulada (miles de m ³)
1	1570	170.36	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1571	789.16	479.76	0.79	0.48	0.48
3	1572	1669.42	1229.29	1.67	1.23	1.71
4	1573	2707.30	2188.36	2.71	2.19	3.90
5	1574	4109.40	3408.35	4.11	3.41	7.31
6	1575	5447.98	4778.69	5.45	4.78	12.08
7	1576	6698.29	6073.14	6.70	6.07	18.16
8	1577	8177.41	7437.85	8.18	7.44	25.60
9	1578	9651.53	8914.47	9.65	8.91	34.51
10	1579	11351.08	10501.30	11.35	10.50	45.01
11	1580	13087.70	12219.39	13.09	12.22	57.23
12	1581	14917.36	14002.53	14.92	14.00	71.23
13	1582	16711.21	15814.29	16.71	15.81	87.05
14	1583	18460.34	17585.78	18.46	17.59	104.63
15	1584	20290.22	19375.28	20.29	19.38	124.01
16	1585	22052.29	21171.25	22.05	21.17	145.18

11. ANEXO 4. EJEMPLO DE PLANO TOPOGRÁFICO DE OBRA DE CAPTACIÓN

