



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“Estudio Topográfico de la zona Sur de Almoloya
Del Río, Estado de México”**

T E S I S

Que para obtener el título de:
Ingeniero Topógrafo y Geodesta

P r e s e n t a:

Miguel Cortés Corona



México D. F.

Director de tesis: Ing. Adolfo Reyes Pizano

Junio, 2014.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/094/07

Señor
MIGUEL CORTÉS CORONA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. ADOLFO REYES PIZANO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO TOPÓGRAFO Y GEODESTA.

"ESTUDIO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA SUR DE ALMOLOYA DEL RÍO ESTADO DE MÉXICO"

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES
- II. EQUIPO
- III. APOYO VERTICAL
- IV. APOYO HORIZONTAL
- V. EDICIÓN Y DIBUJO
- VI. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 21 de Agosto del 2007.
EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA
GGZ/RSU/gar.

Dedicatoria.

A mis padres, Miguel Cortés y Beatriz Corona, por apoyarme durante mi formación académica, por darme la oportunidad de terminar mis estudios, y porque permanecemos unidos a pesar de la distancia.

A mis hermanos, que me impulsaron a seguir adelante.

A todas aquellas personas que con su ejemplo me motivaron a no rendirme.

Miguel Cortés Corona.

Agradecimientos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y La Facultad de Ingeniería por brindarme el lugar y la oportunidad de obtener los conocimientos para ser mejor profesionalmente.

A mis maestros, amigos y compañeros de la Facultad de Ingeniería por las enseñanzas y conocimientos adquiridos durante mi formación académica.

A todas las personas que han contribuido a mejorar como persona en todos los aspectos de mi vida, Y sobre todo a ti.

Miguel Cortés Corona.

“ESTUDIO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA SUR DE ALMOLOYA DEL RÍO, ESTADO DE MEXICO”

INTRODUCCIÓN.

I. ANTECEDENTES.

- I.1 Bosquejo histórico.
- I.2 Ubicación.
- I.3 Estadísticas generales.
- I.4 Población.

II. EQUIPO.

- II.1 Nivel automático.
- II.2 Estación total.
- II.3 Estadales.
- II.4 Niveletas.

III. APOYO VERTICAL.

- III.1. Definición de nivel.
- III.2. Precisión.
- III.3. Tolerancias.
- III.4. Errores.
- III.5. Métodos de nivelación.
- III.6. Comprobación en la nivelación.
- III.7. Errores y tolerancias en una nivelación.
- III.8. Compensación en una nivelación.
- III.9. Configuración.
- III.10. Representación del relieve del terreno por curvas de nivel.

IV. APOYO HORIZONTAL.

- IV.1 Definición de apoyo horizontal (Planimetría).
- IV.2 Levantamiento topográfico.
- IV.3 Compensación de poligonales.
- IV.4 Regla de la brújula.
- IV.5 Compensación de una poligonal abierta.
- IV.6 Especificaciones y tolerancias para levantamientos de polígonos.
- IV.7 Precisión
- IV.8 Configuración con Estación Total y prisma.
- IV.9 Fotogrametría.
- IV.10 Trabajo topográfico.
- IV.11 Procesamiento de la información.
- IV.12 Dibujo.

V. EDICION Y DIBUJO.

VI. CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la topografía es de suma importancia para los trabajos de ingeniería civil, minería, geología, etc.; ya que se define como la tecnología en hacer mediciones de las posiciones relativas de accidentes naturales y obras hechas por los hombres sobre la superficie de la tierra; esto quiere decir que podemos hablar de una representación gráfica o numérica. El método más común de una representación gráfica es mediante un plano a una escala exacta; ahora bien el conjunto de operaciones necesarias para determinar posiciones de puntos y su representación en un plano se le llama comúnmente "*Levantamiento*".

Existen levantamientos topográficos y levantamientos geodésicos la distinción principal reside que en los levantamientos geodésicos se toma en cuenta la superficie curva de la tierra, realizando los cálculos en un elipsoide (superficie curva aproximada al tamaño y forma de la tierra).

En la actualidad la tecnología ha tenido un gran avance y esto aplicado a los instrumentos de medición topográfica nos ha ahorrado una gran cantidad de tiempo y trabajo para realizar dichos levantamientos, actualmente se cuenta con equipos altamente sofisticados que hacen que el trabajo sea más eficaz en la obtención de resultados.

Lo realizado en este proyecto puede contribuir a la comunidad para realizar o planear obras como de alcantarillado; así como la edificación de escuelas, edificios, áreas verdes, etc. La topografía es de gran importancia en la planeación y diseño de todo tipo de proyectos de obra civil.

CAPITULO I. ANTECEDENTES

ANTECEDENTES.

I.I Bosquejo histórico.

Los cazadores especializados, los habitantes de las riberas de la zona lacustre cazaban mamuts y otras enormes especies. Almoloya estuvo ubicado a la orilla de las ciénagas y lagunas del Chicnahuan. Las primeras comunidades sedentarias que datan de 5000 a 1000 a.C. descubrieron la agricultura y predominó el teozintle; de esta forma los grupos nómadas de Almoloya se establecieron y construyeron viviendas. En el período preclásico inferior se incrementó el cultivo, recolección, caza y pesca; se iniciaron las agrupaciones familiares rudimentarias. En el período preclásico superior se comenzaron a integrar las primeras aldeas en núcleos ceremoniales, cultivaron: maíz, frijol, calabaza y chile en chinampas e irrigando la tierra de las playas. El valle de Toluca lo habitó este pueblo tan viejo, tan misterioso, cuyos orígenes todavía no conocemos bien, como lo fue el otomí. Entre los años 650 y 850 de nuestra era, un grupo de matlatzincas y otomíes funda Almoloya del Río. Rendían culto a la divinidad de la noche: el jaguar olmeca, en el teocalli del Xiutépetl de Xaxalpa.

Época prehispánica

Mixcóatl llegó al valle de Toluca a conquistarlo, fundó Toloacan o Toluca, y Almoloya del Río, Tenango, Malinalco y Zoquitzinco, en su ruta hacia la tierra caliente. En 1428, el Códice García Granados, muestra la extensión del imperio tepaneca en el que quedan incluidos muchos pueblos del Valle de Toluca, a saber: Tenantzinco, Tajimaroa, Almoloya del Río. El Valle del matlatzinco, el grupo otomí-matlatzinca, heredero de los teotihuacanos dejaron su arte en: Ojo de Agua, Teotenango, Los Cerritos, Almoloya del Río, Techuchulco, Calimaya, Ocoyoacac y otros lugares. Conquista azteca del valle del matlatzinco, en 1476, año en el que Axayácatl, consolida el imperio azteca, Almoloya quedó bajo la jurisdicción de Tlacupan o Tacuba y dentro de la división tributaria quedó incorporada a la provincia de Cuauhuacán o Culhuacán. En 1521, el alguacil de Cortés, Gonzalo de Sandoval apoyado por otomíes del Valle de Toluca, conquista los pueblos del Matlatzinco, entre ellos Almoloya del Río. A mediados del siglo XVIII la provincia de Metepec fue una de las mayores en territorio, población y jurisdicción en la Nueva España, y a ella pertenecía San Miguel Almoloya del Río. Nicolás Tolentino, gobernador de Almoloya y Techuchulco se reeligió por seis años, los habitantes protestaron ante las autoridades de Metepec, pero no les permitieron celebrar nuevas elecciones y gobernó por dos años más. Durante la época colonial, Almoloya por Encomienda dependía de la hacienda de Ateneo.

El 19 de noviembre de 1528, Cortés, Marqués del Valle, nombró como primer gobernador y corregidor del Estado y Marquesado de Toluca, con cabecera en Calimaya, a Juan Gutiérrez Altamirano; Almoloya quedó incluido.

Dentro de la Encomienda se hallaba el entorno de Almoloya, Tenango del Valle y Malinalco.

Almoloya del Río fue desde la época prehispánica un pueblo sujeto a Xatlaco, de donde llegaron sus primeros pobladores.

A mediados del siglo XVI, en 1594, Almoloya del Río seguía sujeto a ese pueblo.

Hasta 1808, los pueblos subordinados a Almoloya del Río fueron: San Mateo Texcalyacac, Santa Cruz Atizapán y San Pedro Techuchulco.

El sur y el sureste del Valle de Toluca, hacia donde se localiza Almoloya del Río, estuvieron en Encomienda desde 1528 al licenciado Juan Gutiérrez Altamirano.

Las propiedades del primo de Cortés, entre las que destaca la hacienda de Ateneo, se extendieron hasta el pueblo de Almoloya; se tiene conocimiento de que hasta 1532 Gutiérrez Altamirano fundó la primera ganadería de reses bravas en Ateneo.

La hacienda de Almoloya, que era parte del Mayorazgo de Gutiérrez Altamirano, se localiza aproximadamente a dos kilómetros del centro de la población.

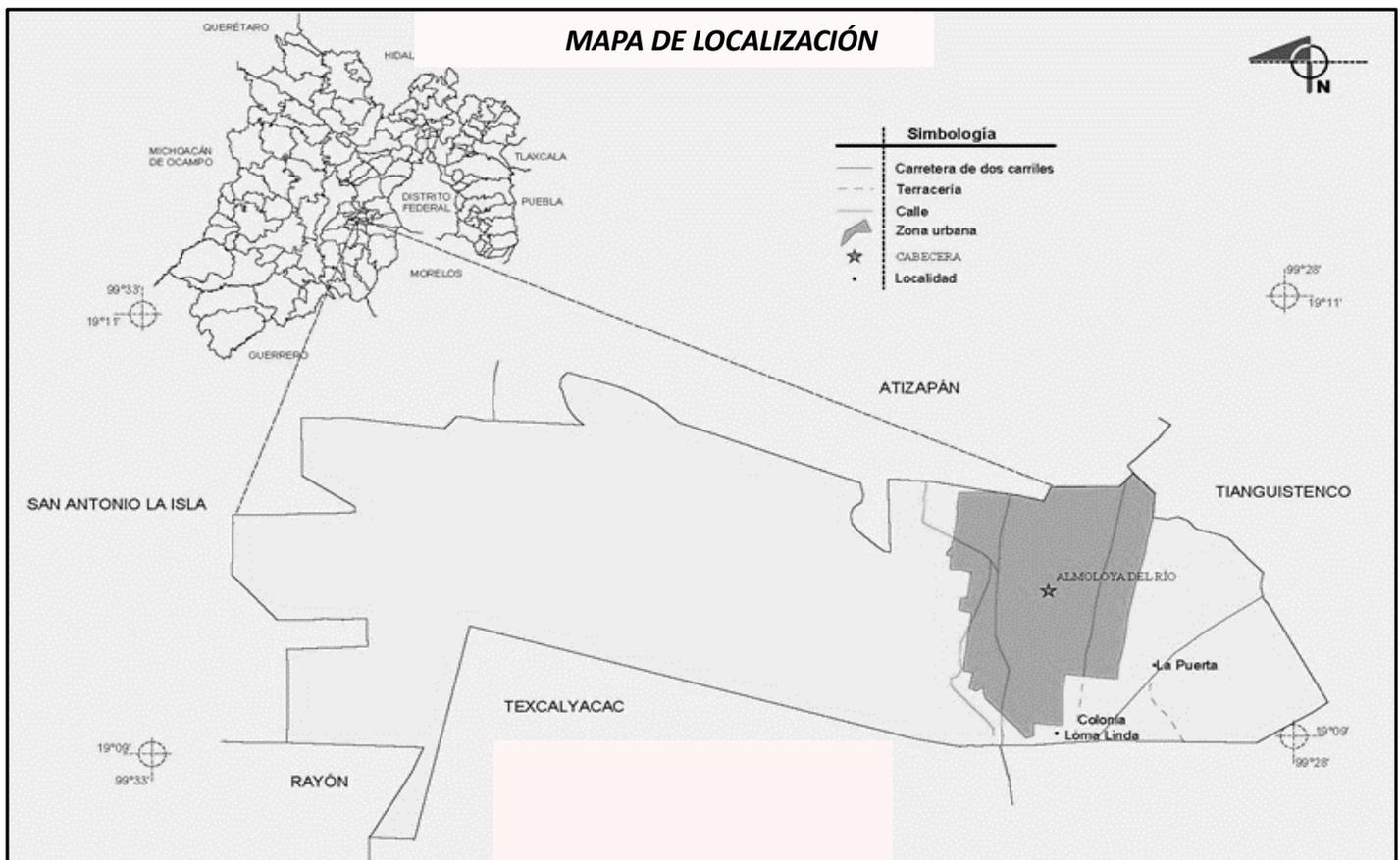
Santa María Nativitas fue una pequeña población sujeta a Almoloya del Río, que probablemente existió desde la época prehispánica.

Hacia el último cuarto del siglo XVI las autoridades virreinales ordenaron la congregación de grupos indígenas, dispersos hasta entonces en numerosos pueblos. Esta medida se aplicó en Almoloya del Río.

Entre los siglos XVI y XVII, se erige para honrar a San Miguel Arcángel la iglesia de Almoloya del Río.

1.2 LOCALIZACIÓN.

Las coordenadas extremas del municipio son: 19° 10' de latitud norte, 99° 29' de longitud oeste y la cabecera municipal se encuentra a 2,600 m.s.n.m. Con relación a su localización regional dentro del ámbito estatal pertenece a la región económica 1 Toluca, subregión I. Perteneció al distrito judicial y rentístico de Tenango del Valle; la cabecera municipal, denominada también Almoloya del Río, se encuentra ubicada a 26 km de la capital del Estado de México, sus límites geográficos son: al norte con los municipios de Santa Cruz Atizapán y Santiago Tianguistenco; al sur con los de Texcalyacac y Tianguistenco; al este con Tianguistenco y Xalatlaco, y al oeste, con el municipio de San Antonio la isla.



I.3 ESTADÍSTICAS GENERALES.

-Características y Uso del Suelo

Se aprovechan las tierras para la agricultura; la estructura del suelo, corresponde a las siguientes formaciones: andosol con dos variantes húmico y mólico; andosol húmico, andosol mólico, litosol, hálico, histosol étrico, y feozem.

-Fauna

La fauna acuática y los anátidos se ven muy poco, pero predominan los domésticos, tales como: el caballo, perro, vaca, pollo, paloma, guajolote, pato, ganso, burro, borrego, cerdo, gato, mula, conejo y chivo, y los silvestres: rata, tuza, hurón, cacomixtle, lagartija y camaleón.

-Flora

Tiene una zona arbustiva, árboles: sauce llorón, mimbre, cedro, ocote, eucalipto, pino, chopo, álamo, pingüica; frutales: nogal, membrillo, higo, pera, capulín, tejocote, manzana, ciruelo, mora, y otros, plantas medicinales: hierbabuena, manzanilla, ruda, gordolobo, istafiate, malva, cedrón, ajelijo, árnica, morcilla, borraja, hierba blanca, alfilerillo, hinojo, cardosanto, zacatillo, carricillo, ortiga, chicalota y toloache, plantas cultivables: maíz, haba, avena, cebada, zanahoria, chícharo, calabaza, papa, frijol, lechuga, cilantro, rábano, cebolla, ajo, chivatitos, quelites, epazote, nabos, brócoli, acelgas, espinacas y col; flores: dalia, rosa, clavel, cempasúchil, begonia, hortensia, margarita, gladiola, pensamiento, buganvilla, nube, azucena, malvón, mastuerzo, alcatraz, coronilla, violeta vara de san José y lirio; cactáceas: maguey y nopal.

-Recursos Naturales

Este municipio cuenta con una gran cantidad de manantiales y ojos de agua que alimentan al río Lerma, además de las fértiles tierras para la producción agrícola.

-Principales Ecosistemas

Hasta hace cuatro décadas gozaba de un envidiable ecosistema lacustre con gigantescos manantiales, pero desde junio de 1950 todo esto se perdió con la desecación de la laguna, sólo queda un pequeño charco.

-Extensión.

En la Memoria municipal del Gobierno del Estado de México Trienio 1982-1984, editada en 1985, se consigna al municipio de Almoloya del Río con una extensión territorial de 6.44 kilómetros cuadrados.

-Topografía

La configuración superficial del terreno que integra el territorio de la municipalidad varía debido a su ubicación, ya que sólo cuenta con un pequeño cerro de formación volcánica y algunas alteraciones de la horizontal, consistentes en pequeñas elevaciones que oscilan entre cuarenta y cincuenta metros. Este entorno se encuentra en las riberas de lo que antaño fue la gran laguna de Chiconahuapan, donde se inicia el Valle de Toluca y el gran río (hoy conocido como Lerma).

-Orografía

El municipio se asienta sobre un cerro de formación volcánica en cuyo lecho alberga una gruesa capa de rocas de formación volcánica.

-Hidrografía

El único río del municipio es el Lerma. La base rocosa del cerro forma zonas de mal país y dan origen a los abundantes manantiales de la cuenca hidrológica de este río, pero las aguas de los manantiales fueron entubadas y canalizadas hacia la ciudad de México.

-Actividad económica.

La principal actividad económica de Almoloya es la fabricación de ropa para vestir. En orden de importancia le sigue la agricultura que se realiza en las parcelas particulares y en las 3 tierras comunales y ejidales que produjeron en 1991, 98,800 toneladas: 4,559 de avena forrajera, 882,304 de maíz y 0.002 de durazno.

-Ganadería

Para 1991, la actividad ganadera produjo: 413 cabezas de ganado bovino, 718 de porcino, 282 de ovino, 111 de caprino, 649 de equino, 114 de conejos, 2,528 aves de corral y 40 cajones de abejas. El municipio cuenta con 38.67 hectáreas en 2 cuerpos de agua superficial.

-Industria

En 1993, contaba con 165 establecimientos económicos: 44 de la industria manufacturera.

-Servicios

Para 1991, contaba con 97 establecimientos comerciales y 24 que prestaban servicios.

I.4 POBLACIÓN.

En el municipio de Almoloya del Río, los datos del Censo General de Población y Vivienda 2010, registraron 10,886 habitantes; en los cuales se registraron que 5,199 son hombres y 5,687 son mujeres. A continuación se muestra una tabla con características de la población.

Población, Hogares y Vivienda	
Población	Almoloya del Río
Población total, 2010	10,886
Población total hombres, 2010	5,199
Población total mujeres, 2010	5,687
Porcentaje de población de 15 a 29 años, 2010	28
Porcentaje de población de 15 a 29 años hombres, 2010	28
Porcentaje de población de 15 a 29 años mujeres, 2010	28
Porcentaje de población de 60 y más años, 2010	9
Porcentaje de población de 60 y más años hombres, 2010	8
Porcentaje de población de 60 y más años mujeres, 2010	9
Relación hombres-mujeres, 2010	91
Hogares	Almoloya del Río
Hogares, 2010	2,425
Tamaño promedio de los hogares, 2010	5
Hogares con jefatura masculina, 2010	1,901
Hogares con jefatura femenina, 2010	524
Vivienda y Urbanización	Almoloya del Río
Total de viviendas particulares habitadas, 2010	2429
Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas, 2010	4.5
Viviendas particulares habitadas con piso diferente de tierra, 2010	2228
Viviendas particulares habitadas que disponen de agua de la red pública en el ámbito de la vivienda, 2010	2407
Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje, 2010	2379
Viviendas particulares habitadas que disponen de excusado o sanitario, 2010	2390
Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica, 2010	2403
Viviendas particulares habitadas que disponen de refrigerador, 2010	1555
Viviendas particulares habitadas que disponen de televisión, 2010	2334
Viviendas particulares habitadas que disponen de lavadora, 2010	1468
Viviendas particulares habitadas que disponen de computadora, 2010	595

Sociedad y Gobierno	
Educación	Almoloya del Río
Población de 6 y más años, 2010	9528
Población de 5 y más años con primaria, 2010	3564
Población de 18 años y más con nivel profesional, 2010	1224
Población de 18 años y más con posgrado, 2010	32
Grado promedio de escolaridad de la población de 15 y más años, 2010	8.9
Tasa de alfabetización de las personas de 15 a 24 años, 2010	99
Tasa de alfabetización de los hombres de 15 a 24 años, 2010	99.1
Tasa de alfabetización de las mujeres de 15 a 24 años, 2010	99
Salud	Almoloya del Río
Población derechohabiente a servicios de salud, 2010	6069
Población derechohabiente a servicios de salud del IMSS, 2010	938
Población derechohabiente a servicios de salud del ISSSTE, 2010	1417
Geografía	Almoloya del Río
Cabecera municipal	Almoloya del Río
Latitud	19° 10' N
Longitud	99° 29' O
Altitud	2,600 msnm

CAPITULO II. EQUIPO

II. EQUIPO

II.1 Nivel Automático.

Este instrumento es llamado equialtímetro o nivel. Consta de un nivel de burbuja, generalmente directa o indirectamente a un telescopio en la cual el hilo horizontal de la retícula define un plano que contiene la línea de la visual o la línea de colimación. Cuando la superficie de nivelación es otro plano, las miras verticales o estadales serán paralelas entre sí, pero si la superficie de nivel se considera no plana, habrá que hacer las consideraciones pertinentes, o bien las correcciones posteriores mediante el cálculo.

Un gran adelanto se logró cuando se introdujo el compensador automático, dando lugar al *nivel automático*, su funcionamiento está basado en un péndulo que por gravedad, en estado estable este siempre estará en forma vertical, y con la ayuda de un prisma, este nos dará la referencia horizontal que estamos buscando. Este nivel tiene una burbuja circular (ojo de buey) que puede no estar completamente centrada, pero el compensador automático hace justamente eso, compensar, este adelanto resultó tan provechoso, que se incorporó en los teodolitos más precisos y en las estaciones totales, aun cuando su funcionamiento puede variar, el principio sigue siendo el mismo.

El nivel automático (NA2) fue diseñado por ingenieros geodestas que conocen los requisitos para un instrumento adaptable en cualquier posición en el campo. Este tipo de niveles consta de un péndulo colgante con prisma unido a la carcasa con cintas cruzadas pretensadas. El prisma se encuentra entre la lente de enfoque y la placa de la retícula. Las cintas son de una aleación especial que garantiza un funcionamiento invariable incluso con temperaturas extremas. Su adquisición se amortiza rápidamente, pues puede emplearse en sustitución de cualquier otro nivel: en obras, para mediciones altimétricas sencillas, en obras de ingeniería, o en geodesia, para mediciones en todas las clases de precisión.

Empleo:

- Nivelaciones en todas las clases de precisión en el Servicio de Topografía Nacional.
- Nivelaciones de precisión y mediciones de hundimientos de edificios.
- Determinación altimétrica en la construcción de carreteras, oleoductos, túneles, vías férreas, etc.
- Trabajos de replanteo y control en obras.
- Nivelación taquimétrica con el modelo K en terreno llano mediante combinación de mediciones de dirección, distancia y altura.
- Mediciones de deformaciones y de control periódico en puentes.

-Ejes principales.

- La línea de colimación está definida por la intersección de los hilos de la retícula y el centro óptico del objetivo. El centro de óptico de objetivo es el punto interior de las lentes por el que pasa cualquier rayo de luz sin cambiar de dirección.
- El eje alrededor del cual giran la espiga y el mango verticales se llama eje azimutal del instrumento.

-Condiciones Geométricas.

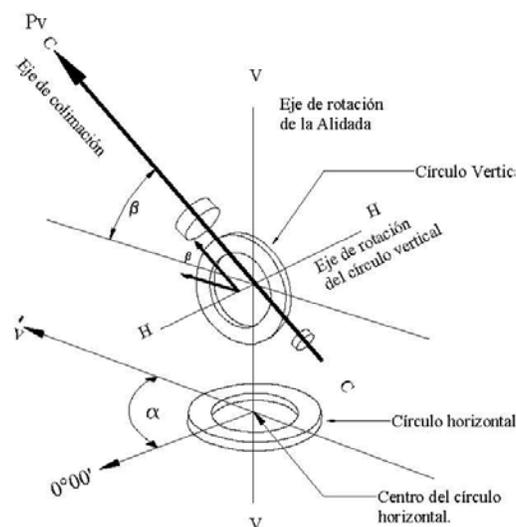
- Los hilos de la retícula deben ser perpendiculares entre si; el hilo horizontal deberá ser verdaderamente horizontal.
- La directriz del nivel debe ser perpendicular al eje azimutal.
- La línea de colimación debe ser paralela a la directriz del nivel y perpendicular al eje azimutal.

//.2 Estación Total

Hablar de Estaciones Totales nos remonta a hablar del principio de Teodolitos. Que es un instrumento utilizado en la mayoría de los trabajos topográficos, directa o indirectamente con el teodolito se pueden medir ángulos horizontales, ángulos verticales, distancias y desniveles. Existen teodolitos con sistema de lectura sobre vernier y nonius (pieza auxiliar que se superpone a una escala graduada y permite aumentar la precisión de su medida en una cifra decimal) de visual directa, microscopios lectores de escala, micrómetros ópticos, sistemas de lectura de conciencia.

En cuanto a los métodos de lectura, los teodolitos se clasifican en repetidores y reiteradores, según podamos o no prefijar la lectura sobre el círculo horizontal en cero y sumar ángulos repetidamente con el mismo aparato, o medir independientemente "n" veces un ángulo sobre diferentes sectores del círculo, tomando como valor final el promedio de las medidas.

EJES DE UN TEODOLITO.



Eje Vertical "V-V" o eje de rotación de la alidada.
Eje Horizontal "H-H" o eje de rotación del círculo vertical.
Eje de Colimación "C-C".

El desarrollo de la electrónica y la aparición de los microchips han hecho posible la construcción de teodolitos electrónicos con sistemas digitales de lectura de ángulos sobre pantalla de cristal líquido, facilitando la lectura y la toma de datos mediante el uso en libretas electrónicas de campo o de tarjetas magnéticas; eliminando los errores de lectura y anotación y agilizando el trabajo de campo.

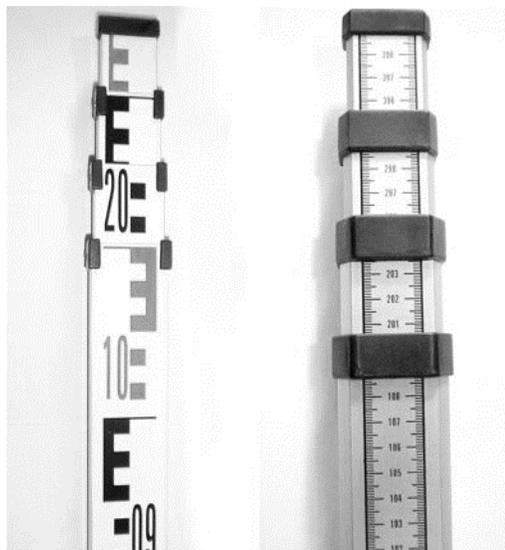
La incorporación de microprocesadores y distanciómetros electrónicos en los teodolitos electrónicos, ha dado paso a la construcción de las Estaciones Totales.

Con una estación total electrónica se pueden medir distancias verticales y horizontales, ángulos verticales y horizontales; e internamente, con el micro procesador programado, calcular las coordenadas topográficas (norte, este, elevación) de los puntos visados. Estos instrumentos poseen también tarjetas magnéticas para almacenar datos, los cuales pueden ser cargados en el computador y utilizados con el programa de aplicación seleccionado.

II.3 Estadales o Miras Verticales.

Son reglas graduadas en metros y decímetros, generalmente fabricadas de madera, metal o fibra de vidrio. Usualmente, para trabajos normales, vienen graduadas con precisión de 1 cm y apreciación de 1 mm. Comúnmente, se fabrican con longitud de 4 m divididas en 4 tramos plegables para facilidad de transporte y almacenamiento.

Existen también miras telescópicas de aluminio que facilitan el almacenamiento de las mismas. A fin de evitar los errores instrumentales que se generan en los puntos de unión de las miras plegables y los errores por dilatación del material, se fabrican miras continuas de una sola pieza, con graduaciones sobre una cinta de material constituido por una aleación de acero y níquel, denominado INVAR por su bajo coeficiente de variación longitudinal, sujeta la cinta a un resorte de tensión que compensa las deformaciones por variación de la temperatura. Estas miras continuas se apoyan sobre un soporte metálico para evitar el deterioro por corrosión producido por el contacto con el terreno y evitar, también, el asentamiento de la mira en las operaciones de nivelación.



II.4 NIVELETAS.

Es un nivel de mano que se utiliza para nivelar el estadal y así poder llevar una nivelación muy precisa, ya que con esto podemos asegurar que el estadal está totalmente vertical y con ello se toma una lectura confiable. La nivelación del estadal se lleva a cabo colocando la burbuja de nivel en el centro.



CAPITULO III. APOYO VERTICAL

III. APOYO VERTICAL.

III.1 DEFINICIÓN DE NIVEL (VERTICALIDAD)

El apoyo vertical nos proporciona las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la superficie terrestre proyectados sobre el plano vertical, es decir, elevaciones o cotas, este es el control Z o de altitud del modelo, se efectúa generalmente por medio de nivelaciones topográficas, éste servirá para determinar diferencias de elevaciones entre puntos de la tierra y con lo que será posible generar las curvas de nivel, a través de las cuales se representara la superficie o el relieve del terreno.

Es posible considerar como superficie de nivel o superficie de referencia a un plano de cota conocida o fija arbitrariamente, sin que se presenten errores importantes en ciertos trabajos topográficos. Como es natural, en trabajos de precisión será necesario hacer las consideraciones y correcciones necesarias.

Para llevar a cabo el trabajo de apoyo vertical se utiliza el instrumento llamado equialtimetro o nivel (este término es el más usual), y las miras de nivelación o estadal, junto con sus niveletas, para tomar datos de nivelación.

III.2 PRECISIÓN.

Definición: Describe el grado de cuidado y refinamiento empleados al hacer mediciones.

Se determina la precisión repitiendo las medidas o ligándolas a puntos de control. La elevación de un banco de nivel (BN) puede obtenerse llevando hasta dicho punto nivelaciones por rutas diferentes, o bien, haciendo una nivelación en trayectoria cerrada y regresando al punto de partida. Si cerca del final del cadenamamiento de nivelación que se realice existe un banco de nivel establecido con precisión, puede tomarse hacia él una lectura de verificación.

Los errores de cierre se comparan con los valores permisibles sobre la base ya sea del número de estaciones de instrumento o de la distancia cubierta o recorrida. La fórmula que generalmente se emplea para calcular el error de cierre admisible es:

$$C=m (k)^{1/2}$$

En la cual C es el error de cierre permitido, en milímetros; m es un factor o constante, y K es la longitud del recorrido de nivelación en kilómetros.

El *NATIONAL GEODETIC SURVEY* especifica constantes de 3, 4, 6, 8 y 12 [mm] para las cinco clases de nivelación que en la actualidad se designan 1) de primer orden-clase I, 2) de primer orden-clase II, 3) de segundo orden-clase I, 4) de segundo orden clase II, y 5) de tercer orden (ver tabla de normas de precisión para levantamientos de control vertical). Como ejemplo si se recorre una nivelación diferencial desde un BN A establecido hasta un BN B nuevo situado a una distancia de $\frac{3}{4}$ de kilómetro, y se cierra en el punto de partida, con diferencias de elevación de 3.0556 [m] y 3.0620 [m] respectivamente, el error de cierre es de 0.0064 [m]. Entonces $m=C/(k)^{1/2}=5.2$ [mm], y la nivelación cae dentro de la precisión de orden-clase II.

Si se dirigen visuales de unos 90 [m] de longitud, espaciando por tanto las estaciones de instrumento a distancias de 180 [m], se tendrían aproximadamente 5 estaciones por kilómetro. En un trabajo de tercer orden, el error de cierre permitido sería entonces:

$$E_c = 28(N)^{1/2}$$

En dónde E_c es el error de cierre permisible en milímetros, y N es el número de veces que se sitúa el instrumento. Pueden especificarse otros valores para lograr la precisión requerida y la longitud media de la visual. En una nivelación de primer orden se varía la longitud de visual durante el día de acuerdo con las condiciones atmosféricas, con un máximo de 50 [m].

NORMAS DE PRECISIÓN PARA LEVANTAMIENTOS DE CONTROL VERTICAL	
ORDEN Y CLASE	PRECISIÓN RELATIVA NECESARIA ENTRE BANCOS DE NIVEL CONECTADOS DIRECTAMENTE
PRIMER ORDEN	
CLASE I	5 [mm]* (k) ^{1/2}
CLASE II	7 [mm]* (k) ^{1/2}
SEGUNDO ORDEN	
CLASE I	10 [mm]* (k) ^{1/2}
CLASE II	13 [mm]* (k) ^{1/2}
TERCER ORDEN	20 [mm]* (k) ^{1/2}

Dónde k es la distancia en Kilómetros entre bancos de nivel

Tabla de normas de precisión para levantamientos de control vertical

III.3 TOLERANCIAS.

Las fórmulas de tolerancia para los trabajos de nivelación se dan en función de la raíz cuadrada de la distancia en kilómetros y en función directa de un coeficiente que se establece de acuerdo a la categoría de la nivelación. Las instituciones públicas o privadas establecen esos coeficientes.

La fórmula de la tolerancia generalmente aceptada para los trabajos de precisión media es la siguiente:

$$T = 0.01 (k)^{1/2}$$

Dónde:

T = tolerancia.

K = longitud del recorrido en kilómetros.

El resultado se obtiene en centímetros o fracción.

III.4 ERRORES.

-Errores constantes.

- 1) Línea de la visual. El ajuste más importante de un nivel es el que hace que la línea de visual o de colimación sea paralela al eje o directriz del nivel de burbuja.
- 2) La retícula de hilos no está exactamente en posición horizontal. Si se lee el estadal cerca del centro del hilo horizontal, se eliminara o minimizara este error potencial.
- 3) Longitud incorrecta del estadal. Las divisiones inexactas en un estadal causan errores en la medición de las diferencias de elevación, similares a los derivados en el marcaje incorrecto de una cinta.
- 4) Las patas del trípode están flojas. Cuando las patas o tornillos del trípode están flojos, hay movimientos o deformación que afectan a la base nivelante del instrumento.

-Errores sistemáticos.

- 1) Curvatura de la tierra. Si se igualan las longitudes de las visuales positivas y negativas en la nivelación, se cancela el error debido a esta causa.
- 2) Refracción, los rayos de luz que llegan desde un objeto hasta el anteojo sufren una desviación que hacen la línea visual una curva cóncava hacia la superficie terrestre, lo que tiene como efecto disminuir la lectura del estadal. Al equilibrar las longitudes de las visuales positivas y negativas se elimina el error.
- 3) Variación en la temperatura. El calor ocasiona que se dilaten los estadales, pero el efecto de eso es mínimo.
- 4) Viento. Un viento fuerte hace que vibre el aparato y que el estadal sea inestable. No debe intentarse hacer nivelaciones en días airosos.
- 5) Asentamiento del nivel. Se debe tener cuidado al situar el aparato sobre terreno esponjoso, sobre tierra suelta o sobre hielo, las lecturas deben tomarse con rapidez y ordenadamente.
- 6) Asentamiento del estadal. Se pueden escoger puntos de liga que queden en terreno sólido y firme.

-Equivocaciones.

- 1) Centrado de la burbuja.
- 2) Paralaje. Se debe a la falta de enfoque correcto del ocular y del objetivo, por tanto, se debe de cuidar de que la retícula y la mira se observen con nitidez.
- 3) Manejo del estadal. Que este a desplome, esto se elimina utilizando un nivel de estadal. Si se golpea el estadal en un punto de cambio para la segunda lectura (positiva) puede cambiar la elevación del punto.

III.5 MÉTODOS DE NIVELACIÓN.

-Altimetría.

También llamada hipsometría es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o "cota" de cada punto respecto de un plano de referencia. Tiene en cuenta las diferencias de nivel existentes entre distintos puntos de un terreno.

Para la elaboración de un plano topográfico propiamente dicho, es necesario conocer estas dos partes de la topografía y así poder determinar la posición y elevación de cada punto.

Las distancias verticales, que se miden a partir de la superficie de nivel o plano de referencia arbitrario que debe de ser normal a la dirección de la plomada, se denominan cotas. Cuando el plano de referencia coincide con el nivel del mar, las distancias verticales medidas a partir de dicho plano se denominan *altitudes o alturas*.

-Nivelación.

Procedimiento que tiene por objetivo determinar la diferencia de nivel entre dos o más puntos de terreno, es decir, se obtiene el desnivel entre estos puntos, generalmente llamados bancos de nivel (BN) o puntos de control.

Las nivelaciones se clasifican de la siguiente manera:

-Nivelación directa.

Es la que se toma utilizando algún procedimiento directo en campo como un equialtimetro.

-Nivelación indirecta.

Procedimiento mediante el cual se determina el desnivel usando otros instrumentos, como el teodolito, el tránsito, alfiler, aneroide o barómetro.

-Nivelación diferencial.

Determina la diferencia de nivel entre dos o más puntos del terreno sin tomar en cuenta distancias.

-Nivelación simple.

Determina la diferencia de nivel entre dos estaciones o puntos y el instrumento se sitúa aproximadamente a la mitad de la distancia entre dichos puntos.

-Nivelación compuesta.

Determina el desnivel entre dos puntos, pero estos se encuentran muy distintos uno del otro y con obstáculos intermedios, que no se pueden nivelar con una sola puesta de aparato. El desnivel entre dos puntos se determina repitiéndose el procedimiento explicado en la nivelación simple tantas veces como se requiera, utilizando puntos intermedios, llamados puntos de liga (PL). La nivelación se va llevando por la mejor ruta posible hasta llegar al punto final.

-Nivelación semiprecisa.

Es una nivelación diferencial pero más exacta. En esta nivelación se toman las lecturas que se observan con los hilos superior, medio e inferior en el estadal. Después que se toman las lecturas se obtiene el promedio y así obtenemos una nivelación semiprecisa.

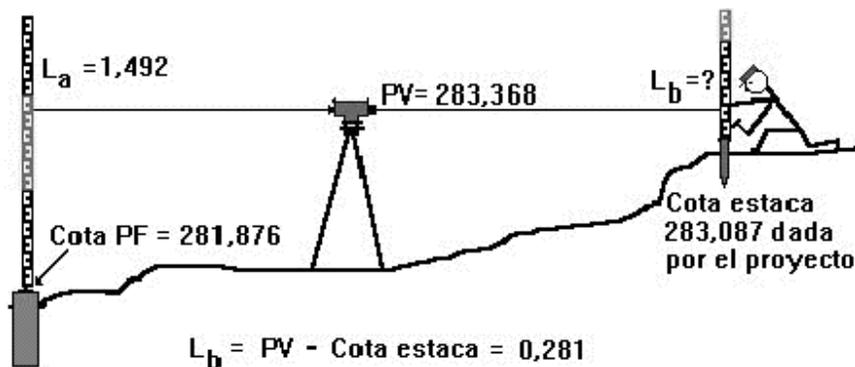
-Banco de nivel.

Objeto natural o artificial relativamente permanente, que tiene un punto fijo marcado, cuya nivelación arriba o debajo de un plano de referencia adoptado se conoce o se conjetura.

La distancia en la nivelación dependerá de la calidad tanto de los estadales como del instrumento. En realidad, la nivelación diferencial es la medición de las distancias verticales, como el estadal empleado como cinta. En parte, el objeto del instrumento es definir una línea de referencia, la visual, desde la cual puedan realizarse las mediciones a los puntos de liga o bancos de nivel. Con demasiada frecuencia, inclusive ingenieros experimentados, prestaran poca atención a la exactitud y condiciones del estadal, pero insistirán en trabajar con un excelente instrumento.

-Distancias cortas.

Cuando hay algún lugar dónde se puede poner el aparato de modo que puedan verse desde él los estadales, colocados en sus respectivos puntos, y si la distancia del aparato a ello no excede de la calculada para obtener la aproximación deseada, el desnivel se obtiene simplemente por la diferencia de lecturas del punto L_a y L_b .

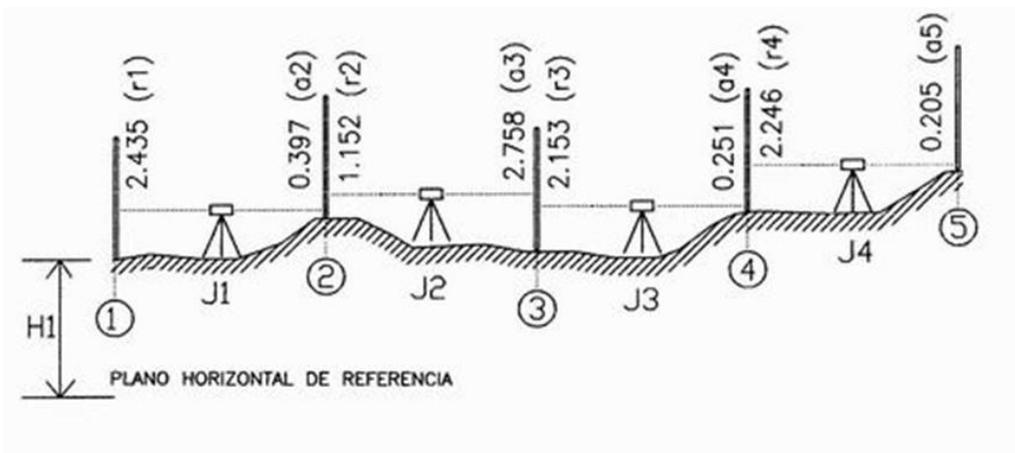


-Distancias largas.

Como no se pueden cumplir las condiciones del caso anterior, o sea que los puntos están muy distantes uno del otro y con obstáculos intermedios, el desnivel se obtiene repitiendo la operación cuántas veces sea necesario, utilizando puntos intermedios, llamados puntos de liga (PL). La nivelación se va llevando por la ruta más óptima que lleve al punto final.

Es importante procurar que en cada posición del aparato (golpe de nivel) la distancia que se lea atrás sea igual a la de adelante, para eliminar cualquier error por desviación inapreciable de la línea de colimación. La longitud máxima permisible de la visual depende de las condiciones atmosféricas, de la sensibilidad del nivel de la burbuja y la calidad del telescopio. Esas veces se limita esa longitud a 100 [m], aunque se hallara que lo mejor es reducir la distancia hasta unos 45 [m]. Es muy importante tratar de igualar las distancias que se estiman con facilidad por métodos de estadía, como parte del programa de observación de tres hilos.

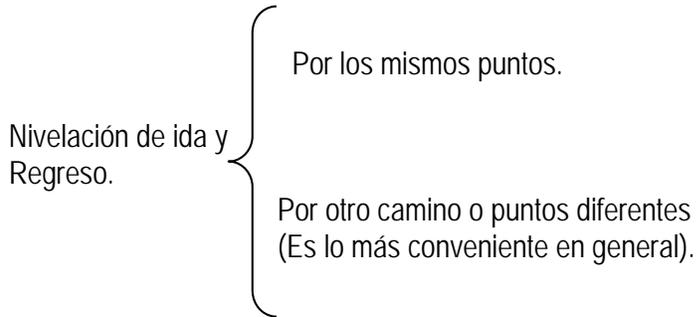
Como los puntos (PL) ligan una posición del aparato con la siguiente, estos deben ser puntos fijos, invariables, cuando menos mientras se cambia el aparato a la siguiente posición para leer atrás al mismo punto (PL); también debe escogerse, si son puntos que existen sobre el terreno, que tengan como los bancos un punto sobresaliente.



En el registro de campo para una línea de nivelación de precisión, se calculan y se registran los intervalos entre el hilo medio y los hilos superior e inferior de estadía para cada lectura del estadal. Estos intervalos deben coincidir dentro de 0.001 [m], para todas las visuales, excepto las de mayor longitud. La suma acumulada de los intervalos de las lecturas hacia atrás y hacia adelante permite determinar rápidamente, en cualquier momento, que tan bien están equilibradas las distancias.

III.6 COMPROBACIÓN EN LA NIVELACIÓN.

Las nivelaciones, deben comprobarse. La comprobación de una nivelación es otra nivelación y puede hacerse por alguno de estos sistemas.



-Nivelar por doble punto de liga. De este modo se hace lo mismo que en caso anterior, pero las dos nivelaciones se llevan al mismo tiempo o también tres si se desean.

Para evitar equivocaciones, al anotar conviene llevar registros separados y en hojas aparte, para cada nivelación.

-Nivelar por doble altura de aparato. Por este procedimiento las nivelaciones que se llevan quedan totalmente independientes, pues se van comprobando las diferencias de las lecturas entre puntos de liga consecutivos, y no tienen en común la primera y la última lectura, como en el caso anterior. También puede trabajarse con triple lectura de aparato.

Sea cual sea el método que se siga, como se obtienen dos o más valores para el desnivel total, el valor más probable será la media aritmética de ellos, y el error de cada nivelación, la diferencia que tenga dicho valor más probable.

Como las distancias niveladas por las diferentes rutas son muy importantes para establecer el grado de confianza que se le tiene a cada nivelación, deben conocerse aunque sea aproximadamente. Esto puede hacerse anotando la distancia aparato-estadal que se utilice, si es constante como en el caso del terreno plano, o todas o cada una de las distancias en cada puesta de aparato son variables por lo accidentado del terreno. Estas distancias se pueden medir a pasos o directamente con los hilos de estadia de la retícula.

III.7 ERRORES Y TOLERANCIAS EN UNA NIVELACIÓN.

Independientemente de las tolerancias, es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Errores.

Las principales fuentes de errores son frecuentemente incorrecciones de los instrumentos cuando éstos no son revisados y ajustados antes de iniciar los trabajos, o por descuido al momento de hacer un operador las nivelaciones. Salvo algún defecto de fabricación, lo anterior puede reducirse a cero, si se revisa el aparato y se tiene cuidado al hacer las observaciones, de vigilar constantemente la burbuja de nivel tubular, no recargarse o golpear el trípode, verificar que la graduación de la mira vertical o el estadal este correcta y asegurarse de que cada visual en el estadal este perfectamente vertical.

Si en todos los tramos entre puntos de liga es posible colocar el aparato en el centro, prácticamente no hay problemas con la curvatura y refracción, pero si por necesidades ante la forma del relieve del terreno las visuales son irregulares o muy largas, habrá que hacer respectivas correcciones.

Deberá procurar siempre enfocar perfectamente bien tanto los hilos de la retícula como el del objetivo. La naturaleza también desempeña un papel importante, ya que el sol y el viento nos produce dilatación diferencial en las partes del equialtimetro o nivel, así como en el estadal.

La refracción es irregular debido al calentamiento del sol y se produce una reverberación que dificulta las lecturas. En casos extremos es necesario utilizar una sombrilla especial para el instrumento y acortar las distancias entre el aparato y los estadales.

Los cambios en la longitud del estadal por efecto de la temperatura no suelen ser muy grandes pero pueden reducirse si se requiere mayor precisión usando estadales graduados sobre una cinta de invar. (65% acero y 35% níquel).

Cuando hay viento o al estar trabajando en un lugar dónde hay obras y la maquinaria nos produce vibraciones que altere el nivel, el estadal o ambas cosas, será necesario interrumpir los trabajos de nivelación hasta que el viento disminuya o las maquinas se alejen.

Las equivocaciones personales pueden evitarse utilizando métodos y registros adecuados para hacer autocomprobaciones.

- Tolerancias.

El grado de precisión requerido esta en relación directa con los objetivos que se persigan, la extensión, condiciones del terreno, los instrumentos y equipo auxiliar que se emplean. Es claro que los esfuerzos para lograr precisiones grandes con equipo ordinario y en condiciones adversas es una pérdida de tiempo que se reflejara necesariamente en un mayor costo. Así pues como la medicina habrá que dar el medicamento indicado y definir siempre "que queremos" y "como" lo vamos hacer y con "qué" lo haremos.

Como se vio anteriormente, los pequeños errores se presentan más frecuentemente que los grandes errores y que los de carácter accidental suelen compensarse.

El principio establecido en la teoría de los errores es que el error total en una nivelación puede suponerse proporcionalmente a la raíz cuadrada a la distancia en el circuito recorrido por la nivelación, pues se consideran distancias constantes.

$$\text{Así, } Et = +e_1 + -e_2 + -e_3 + \dots + -e_n$$

Siendo Et el error total y $e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$ los errores parciales.

Con objeto de eliminar el doble signo, elevaremos al cuadrado y nos queda:

$$Et^2 = +e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2$$

Considerando que n tiende al infinito, los dobles productos se eliminan.

Haciendo también:

$$e_1 = e_2 = e_3 = \dots = e_n \text{ tenemos que:}$$

$$Et^2 = n(e^2); \text{ por lo tanto}$$

$$Et = e(n)^{1/2}$$

Dónde:

Et : es el error medio en una nivelación.

e : es el error medio de una sola observación.

n : es el número de observaciones total.

Si consideramos que la distancia de la visual es constante y la llamamos d y que a la distancia total nivelada la llamamos D , entonces:

$$n = (D/d)$$

Por lo que sustituyendo en la ecuación nos queda:

$$Et = e (D/d)^{1/2}$$

Dado que D y d son constantes y considerando sus respectivas dimensiones se asume que $(D/d) = D$, y que el desarrollo en kilómetros de la línea nivelada (D km) por ello, si hacemos $Et = T$, nos quedara la expresión:

$$T = e (D\text{km})^{1/2}$$

En dónde T es la tolerancia o error permisible de cierre, e es el error que es considerado constante y cuyo valor depende de los objetivos y carácter del trabajo, el cual designaremos por la letra c por ser constante:

$$T = c (Dkm)^{1/2}$$

Suele darse a c los siguientes valores en milímetros:

ESPECIFICACIONES PARA LA TOLERANCIA EN LA DIFERENCIA DE LAS CORRIDAS IDA Y VUELTA DE SECCIONES Dkm ES LA DISTANCIA DE SECCIONES EN km	
Orden de la Nivelación	Tolerancia para cierre de secciones corridas en ambos sentidos
Primero Clase I	3mm \sqrt{Dkm}
Primero Clase II	4mm \sqrt{Dkm}
Segundo Clase I	6mm \sqrt{Dkm}
Segundo Clase II	8mm \sqrt{Dkm}
Tercero	12mm \sqrt{Dkm}

III.8 COMPENSACIÓN DE UNA NIVELACIÓN.

Una vez determinada la magnitud del error y comparándola con la tolerancia establecida, sabremos si es posible compensarlo o si es necesario repetir el trabajo. Teniendo una nivelación con doble puesta de aparato entre dos puntos extremos establecidos, comparando las cotas y encontrándose en su diferencia un error total y si este cae dentro de la tolerancia permitida se procederá a repartir el error, estableciendo proporciones entre la distancia recorrida y el error total.

Se llamará:

dt : a la distancia total recorrida entre los puntos de nivel A y B.

$d1, d2, d3, \dots, dn$: distancia entre los puntos de nivel.

et : error total.

$c1, c2, c3$: correcciones a las cotas de los puntos 1, 2, 3, que son puntos auxiliares entre los puntos de nivel A y B.

De lo explicado anteriormente se desprende que:

$$\left(\frac{c1}{c2} = \frac{d1}{d2} \right)$$

y la corrección será proporcional a la distancia entre cada punto y el punto de partida. Si establecemos la proporción:

$$\left(\frac{dt}{et} \right) = \left(\frac{d1}{e1} \right)$$

Encontramos que:

$$c1 = \frac{[et \cdot (d1)]}{dt}$$

Esta es la corrección total a la cota del punto 1.

Como el error se va acarreado, en el segundo punto debemos considerar las distancias $d1$ y $d2$ (distancias acumuladas) de manera que:

$$\left(\frac{dt}{et} \right) = \frac{(d1+d2)}{c2} \quad \text{por lo tanto}$$

$$c2 = \frac{et[(d1+d2)]}{dt} ; \text{ siendo la corrección del punto 2}$$

De igual manera:

$$\frac{dt}{et} = \frac{[d1+d2+d3]}{c3}$$

$$c3 = \frac{(et[d1+d2+d3])}{dt} ; \text{ siendo la corrección del punto 3.}$$

Estas correcciones se siguen realizando sucesivamente según el número de puntos que se tengan, teniendo en cuenta que para cada caso se aplica el signo correspondiente a la corrección en función del signo que resulta el error. Con lo cual se eliminaran los errores y la nivelación quedara cerrada y compensada.

III.9 CONFIGURACIÓN.

- *Clasificación y nomenclatura de los accidentes del terreno.*

Atendiendo a su configuración o relieve, el terreno se clasifica en cuatro agrupaciones principales: llano, sinuoso, quebrado y escarpado.

- *Terreno llano.* Es el que no presenta accidentes ni cambios notables de pendiente.
- *Terreno sinuoso.* Es el formado por elevaciones y depresiones de poca consideración, cuyas pendientes son suaves y fácilmente accesibles.
- *Terreno quebrado.* Es el constituido por alturas cuyas elevaciones y pendientes hacen que sea de difícil acceso.
- *Terreno escarpado o muy quebrado.* Es el montañoso cuando los cambios de pendiente son más bruscos, las cortaduras más frecuentes e inmediatas y las alturas casi inaccesibles.

Los accidentes topográficos naturales que dan lugar a esta clasificación son variados, siendo principalmente los siguientes:

1) *Elevaciones.*

- *Montaña.* Elevación considerable de terreno, con dos o más cúspides y de relieve muy quebrado. Son bajas cuando su altura sobre el terreno circundante no excede de 700 [m] y altas cuando pasan de 2000 [m].
- *Monte.* Masa de roca y tierra de gran elevación y cubierta de árboles o poblado de arbustos, matas, hierbas, según se trate de monte alto o monte bajo, respectivamente.
- *Cerro.* Elevación aislada de regular altura, peñascosa y áspera, que se destaca en una llanura.
- *Loma o colina.* Elevación pequeña y prolongada, desprovista de árboles y cuya altura varía de 150 a 300 [m].
- *Otero.* Pequeña elevación aislada que domina un llano.
- *Callado o risco.* Altura aislada de terreno áspero y peñascoso que no excede de 100 [m].
- *Perlón.* Roca que forma por si sola una elevación pequeña.

Al reunirse varias elevaciones forman conjuntos que según su importancia, se denominan:

- *Macizo montañoso.* Agrupación de montañas que no tienen divisiones bien definidas.
- *Cordillera.* Cadena de montañas que generalmente siguen una dirección. Es ésta una de las formas más frecuentes de la disposición del relieve de la corteza terrestre.
- *Sierra.* Cadena de montañas escarpadas y peñascosas de aspecto dentado.
- *Nudo.* Es el encuentro de varias cordilleras.
- *Eslabón.* Elevación que se desprende de una cordillera y continúa en dirección aproximadamente paralela a ésta.
- *Estribo o contrafuerte.* Cadena montañosa secundaria que se desprende de una cordillera siguiendo una dirección más o menos normal a ésta.

En toda elevación debe considerarse los elementos siguientes:

- *Cúspide*. Parte más alta de la elevación. Se llama cima si se trata de una montaña y recibe el nombre de cumbre cuando se trata de alturas menores.
- *Pico*. Cúspide aguda que se destaca en una cadena de elevaciones; "pilón", la de forma cónica o redonda; "aguja", la cúspide puntiaguda; "cúpula", si es convexa; "dientes", la constituida por una serie de agujas; y "pirámide", cuando representa semejanza a la de ese cuerpo geométrico.
- *Ladera*. Son los flancos de las montañas y de las elevaciones en general. También llamadas vertientes.
- *Divisora de las agujas*. Es la línea del terreno que marca la separación de las agujas que se dirigen hacia diferente vertiente o ladera.
- *Puerto*. Es la parte más baja de la cresta comprendida entre dos cimas de una montaña.

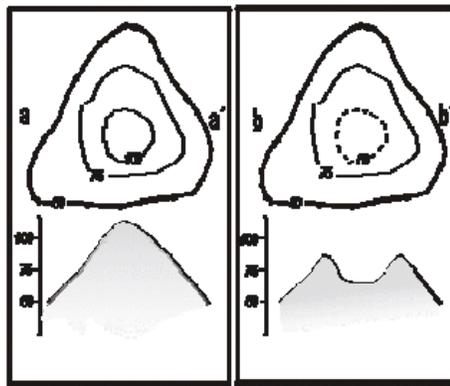
2) *Depresiones*. A esta clasificación corresponden los accidentes topográficos siguientes:

- *Cuenca*. Terreno por dónde corre un río, depresión de la superficie terrestre rodeada de montañas y ocupada muchas veces por mares o lagos.
- *Valle*. Depresión formada por las vertientes opuestas de dos elevaciones y hacia el cual vierten las aguas de las partes altas que le rodean. Por la posición los valles se dividen en dos categorías: altos o de montañas, a más de 600 [m] sobre el nivel del mar generalmente; y bajos o de llanuras, situados en alturas inferiores a los precedentes. Se llama boca de valle a la comunicación que une dos valles; y cabeza de valle, el origen o nacimiento del valle que es el sitio dónde empieza la recogida de las aguas.
- *Cañada*. Depresión formada por las vertientes opuestas de elevaciones de poca altura y por dónde puede correr el agua de lluvia.
- *Cañón*. Es una cañada muy estrecha.
- *Hoya o embudo*. Depresión rodeada de alturas en cuyo fondo se reúnen las aguas formando en ocasiones lagunas o lagos.
- *Barrancas*. Son las hondonadas que hacen en la tierra las corrientes de agua.
- *Talwed o vaguada*. Línea que señala el fondo de un valle y a lo largo del cual corre el agua.
- *Rambla o torrentera*. Lecho seco de una corriente intermitente; terreno que las corrientes de agua dejan cubierto de arena después de las avenidas.
- *Meandro*. Recorrido sinuoso de un río o de un camino.
- *Caudal*. De un río o un arroyo es la cantidad de agua que corre por su cauce, descontadas las pérdidas de evaporación y el agua absorbida por el suelo y la vegetación.
- *Desembocadura*. Es el sitio por dónde un río desemboca en otro, en un lago o en el mar.
- *Vado*. Paraje de un río con fondo firme, llano y un poco profundo, por dónde se puede pasar andando o cabalgando.
- *Ribera*. Margen y orilla del mar o río.
- *Confluencia*. Concurrencia o junta de dos ríos.
- *Costa*. Orilla del mar y toda la tierra que este cerca de ella.

- *Arroyo, afluente o tributario.* Curso de agua que afluye a otro para formar más tarde un río.

III.10 REPRESENTACIÓN DEL RELIEVE DEL TERRENO POR CURVAS DE NIVEL.

Los planos topográficos no solo muestran los detalles naturales y artificiales del terreno sino también su relieve o configuración y por ello constituyen un auxiliar necesario para el proyecto de las obras de ingeniería, en las que se requiere tomar en consideración la forma del terreno. Si se supone un terreno cualquiera cortado por una serie de planos paralelos al de comparación y equidistantes entre sí, estos planos determinan por sus intersecciones con el terreno una serie de curvas que reciben el nombre de curvas de nivel. Así, el terreno que determina la elevación de la figura queda representado en el plano horizontal por la serie de curvas de nivel.



- *Curva de nivel.* Es una línea imaginaria cerrada que une puntos de igual cota.

Las curvas de nivel representadas en los planos son las trazas de superficie de nivel de diferentes cotas con el relieve del terreno.

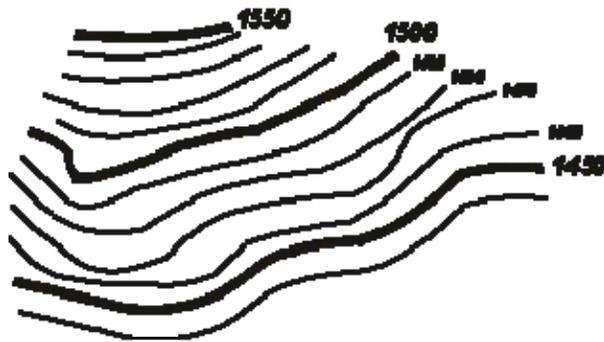
- *Equidistancias.* Es la separación vertical que existe entre dos curvas de nivel consecutivas.

La equidistancia depende del objeto y escala del plano y de la clase del terreno representado. En los planos a escala pequeña o en terreno quebrado, la equidistancia puede ser de 10, 20 ó 50 [m]; para los planos a escalas grandes de terrenos sensiblemente planos la equidistancia puede ser de 50 [cm] ó 1 [m]; y para los planos de escalas intermedias como los que se utilizan en muchos estudios de ingeniería, la equidistancia es de 1, 2 o 5 [m].

Características principales de las curvas de nivel.

- Toda curva debe cerrar sobre sí misma. Esto puede ocurrir dentro del área que se levanta o fuera de ella y, por tanto, no aparece en el plano.
- Una curva no puede ramificarse en otras de la misma cota.

- c) Las curvas no se pueden juntar o cruzar porque representan contornos de diferente cota en el terreno.
- d) Las curvas solo se cruzan entre sí en el caso de una caverna o de un peñasco en voladizo.
- e) Una sola curva no puede quedar entre otras dos de mayor o menor cota.
- f) La distancia horizontal entre dos curvas de nivel consecutivas es inversamente proporcional a la pendiente.
- g) Las curvas igualmente espaciadas indican pendiente uniforme.
- h) Si el espaciamiento entre las curvas es amplio la pendiente es suave, si es muy estrecho la pendiente es fuerte y si las curvas llegan a quedar sobrepuestas indicará un acantilado.
- i) Las curvas concéntricas y cerradas representan una elevación o una depresión según las cotas vayan creciendo o decreciendo hacia el centro, respectivamente.
- j) Las curvas son perpendiculares a las líneas de máxima pendiente y tienden a ser paralelas a las corrientes.
- k) Las curvas en las divisoras de las aguas son cóncavas hacia la parte más alta mientras que en los talwegs o vaguadas son convexas.



CAPITULO IV. APOYO HORIZONTAL

IV. APOYO HORIZONTAL.

IV.1. DEFINICIÓN DE APOYO HORIZONTAL (PLANIMETRÍA).

El apoyo horizontal es una base esencial en todo proceso de levantamiento, y es la estructura geométrica rígida en la cual quedarán firmemente apoyados todos los trabajos topográficos. Deben ser suficientes para que en el proceso de compensación obtengamos los ajustes para conocer las características del terreno. Dentro del apoyo horizontal conocemos las distancias entre dos puntos, las cuales se determinarán por medio de instrumentos y procedimientos.

El ángulo es un elemento geométrico muy importante en la realización de los levantamientos topográficos. La proyección de dos lados consecutivos sobre el plano nos define un sector de un círculo, si hacemos coincidir el centro del círculo con el vértice, dicho sector puede ser medido, así que el terreno queda proyectado sobre un sistema de referencia que nos da el plano horizontal, al tener un sistema de referencia es posible conocer las coordenadas de puntos para poder leerlas directamente del plano, siendo posible ubicar la posición de cualquier punto dentro de este plano.

Se procura que no sea tan densa la información en el apoyo horizontal, porque de ser así elevaría notablemente el costo global del proceso.

Para llevar a cabo el trabajo de apoyo horizontal, es necesario hacer uso de la estación total (TC600) para el levantamiento en campo de puntos (coordenadas x, y, z) de manera electrónica (datos de medición).

IV.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

- *Planimetría.*

Solo toma en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario que se supone es la superficie de la tierra.

- *Poligonal.*

Una *poligonal* o un *polígono* es una línea quebrada de n lados, o una sucesión de líneas consecutivas que se conectan a una serie de puntos fijos, las longitudes y las direcciones se determinan a partir de mediciones en campo.

Existen dos tipos de poligonales:

- *Poligonal cerrada.*

- a) Las líneas regresan al punto de partida, formándose así un polígono geométrico y analíticamente cerrado (Fig. a).
- b) Las líneas terminan en otra estación que tiene una exactitud de posición igual o mayor que la del punto de partida. Las poligonales de segunda clase (geoméricamente abiertas, pero analíticamente cerradas) deben tener una dirección de referencia para el cierre (Fig. b).

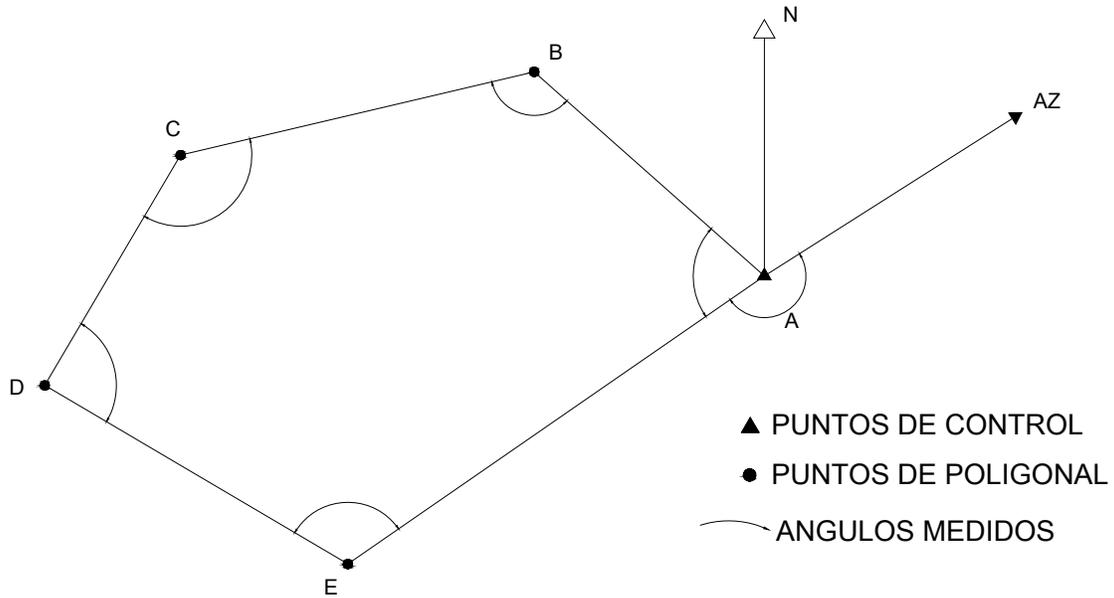


Figura a.

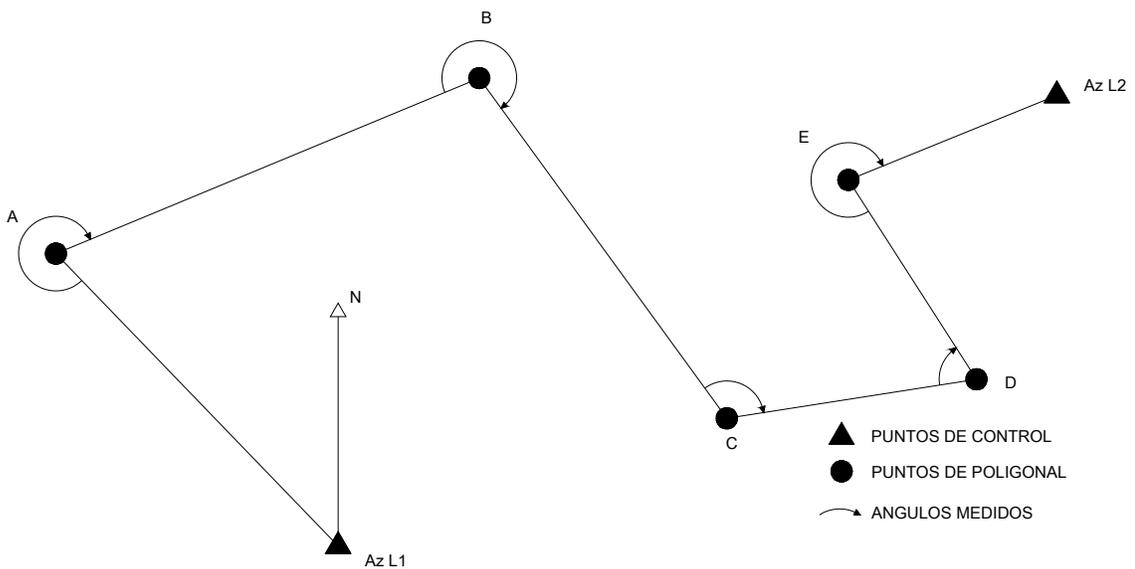


Figura b.

- Poligonal abierta.

Serie de líneas unidas, pero estas no regresan al punto de partida ni cierran en un punto con igual o mayor orden de exactitud. Existen casos en donde las poligonales abiertas pueden ser cerradas conociendo coordenadas con puntos fijos, los cuales se obtienen de una poligonal cerrada después de que ésta ha sido cerrada y compensada.

IV. 3. COMPENSACIÓN DE POLIGONALES.

- *Comprobación de cierre de polígonos.*

El objetivo final que persigue es que el polígono quede como una figura geométrica perfecta.

En un polígono cerrado debe comprobarse el *cierre angular* y el *cierre lineal*.

Ya sea para el cierre angular o lineal {

- Si el error \leq a la tolerancia, el trabajo se ejecutó correctamente y se compensa el error de cierre.
- Si el error $>$ a la tolerancia, el trabajo no se ejecutó correctamente. Se rectifica o se repite el trabajo.

- *Cierre angular.*

En un polígono cerrado Σ ángulos internos = $180 (n-2)$ que es la condición de cierre angular.

$$Em = \pm (a/2); \text{ para un ángulo.}$$

Para (n) ángulos.

$$Et = Em\sqrt{n} = \pm (a/2)\sqrt{n}; \text{ y}$$

Tolerancia = $2[\pm(a/2)\sqrt{n}]$; por lo general se toma:

$$\boxed{\text{Tolerancia} = \pm a\sqrt{n}}$$

Dónde:

a = aproximación del aparato.

n = número de ángulos medidos del polígono.

Si el error es tolerable, se compensa repartiéndolo entre los ángulos del polígono por igual, siempre que todos ellos hayan sido medidos en igualdad de condiciones, o se reparten arbitrariamente aplicando el criterio que convenga según las condiciones de las medidas y longitud de los lados que

conforman los ángulos procurándose variar lo menos posible los ángulos formados por los polígonos, para afectar la figura lo menos posible.

- *Cierre lineal.*

La condición para que un polígono cierre linealmente es que la suma algebraica de las proyecciones de sus lados sobre dos de sus ejes rectangulares sea nula, independientemente en cada caso.

La orientación que más conviene para los ejes es la de los puntos cardinales, es decir tomar como ejes Norte-Sur y Este-Oeste dónde tenemos los ángulos que forma cada lado con ellos.

$$\text{Condición de cierre lineal.} \begin{cases} \Sigma \text{ proyecciones N} - \Sigma \text{ proyecciones S} = 0 \\ \Sigma \text{ proyecciones E} - \Sigma \text{ proyecciones W} = 0 \end{cases}$$

$$\text{Para cada lado} \begin{cases} \text{Proyección sobre el eje Y (N-S)} = \text{longitud} \times \cos \theta \\ \text{Proyección sobre el eje X (E-W)} = \text{longitud} \times \text{sen } \theta \end{cases}$$

Los rumbos deben ser calculados con los ángulos interiores compensados.

Las proyecciones hacia el N y hacia el E serán positivas, y negativas hacia el S y el W.

Recorriendo el polígono en un mismo sentido, las iniciales de sus rumbos dan el sentido de las proyecciones. Así por ejemplo, un lado del rumbo SW, se proyectara al sur y al oeste.

Obsérvese que como se trata de proyecciones, estas son, pudiera decirse, las componentes de cada lado, como si fueran fuerzas, y la posición de los ejes no interesa por ahora, solo su orientación.

El error en cada eje es la diferencia entre las sumas de las proyecciones, y el error total (Et) es la hipotenusa (A'- A) del triángulo formado por ambos errores.

$$\text{Error por unidad de longitud de polígono} = \left(\frac{Et}{L} \right) \text{ longitud total del polígono.}$$

Esta expresión se acostumbra ponerla con la unidad en el numerador, para hacerla más objetiva y también para compararla con las especificaciones que se fijan para las diversas clases de trabajos, tales como:

$$\frac{1}{100}, \frac{1}{500}, \text{ etc.}$$

De lo cual se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Error en el eje Y (Ey)} \\ E_y = \sum N - \sum S \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error en el eje X (Ex)} \\ E_x = \sum E - \sum W \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error total lineal.} \\ E_t = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \end{aligned}$$

Precisión:

$$P = \frac{1}{\left(\frac{\text{Perímetro}}{\text{Error total}} \right)}$$

De lo anterior se tiene que:

$$\frac{\text{Corrección a la proyección Xy de un lado}}{\text{Error Xy}} = \frac{\text{longitud del lado}}{\text{longitud total del polígono}}$$

Entonces;

$$\frac{\text{Corrección Xy de un lado}}{E_{Xy}} = \frac{\text{lado}}{L}$$

De lo que;

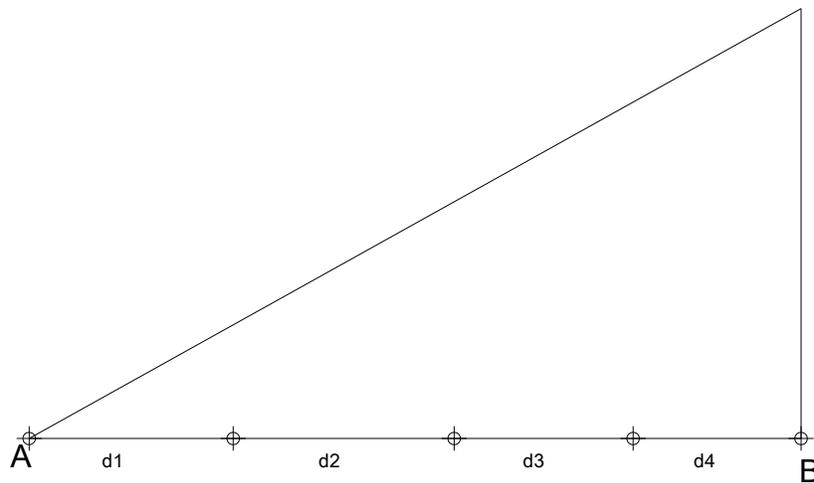
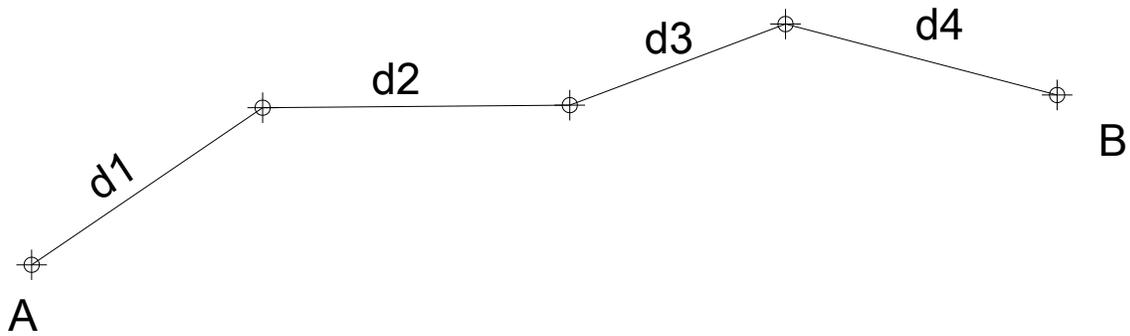
$$\text{Corrección Xy} = \frac{E_{Xy}}{L} (\text{lado})$$

$\left(\frac{E_{Xy}}{L} \right)$; representa una constante, que define el error X o Y por unidad de longitud de polígono.

IV. 5. COMPENSACIÓN DE UNA POLIGONAL ABIERTA.

Este método de compensación está basado en triángulo del error.

Ajuste de poligonal abierta.
Método basado en el triángulo de error.



$$E_t = \sum E_x + \sum E_y.$$

Los errores y las distancias se acumulan para obtener el error total. Este error total se distribuye proporcionalmente entre todos los lados de la poligonal.

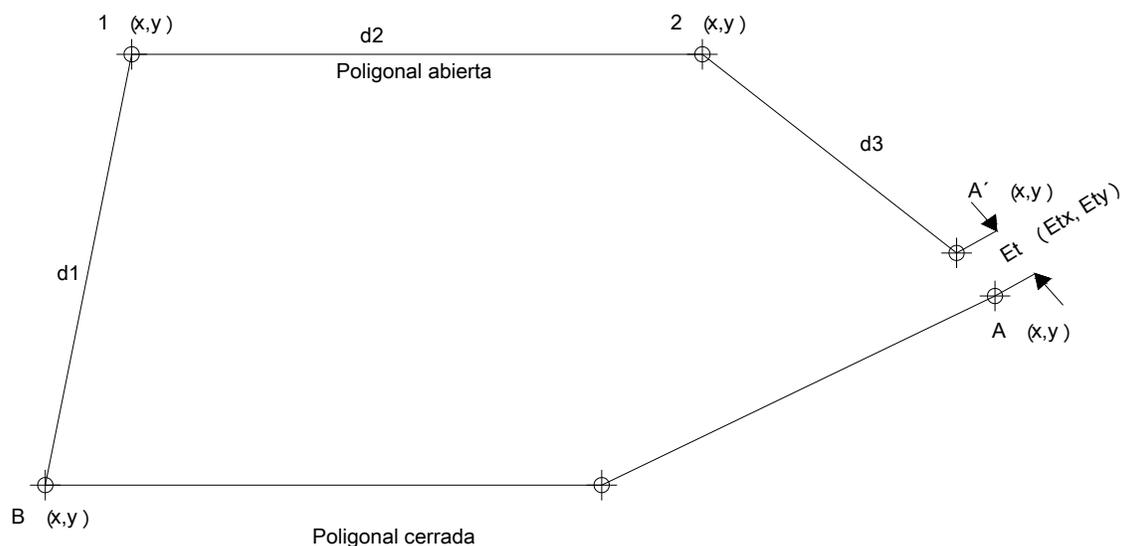
Para compensar la poligonal abierta tenemos que tener una poligonal cerrada y compensada.

La poligonal cerrada contiene coordenadas fijas, ya que fue compensada y se eliminaron los errores que pudiera tener. De la poligonal cerrada establecemos dos puntos, los cuales servirán como coordenadas de partida y las coordenadas de llegada de la poligonal abierta, cabe mencionar que estos puntos de la poligonal abierta se han establecido de manera que se puedan ligar las dos poligonales, teniendo en común estos puntos para ambas poligonales, pero considerando como fijos las coordenadas de la poligonal cerrada y como coordenadas a compensar las coordenadas de la poligonal abierta.

Las coordenadas de inicio para ambas poligonales son las mismas, pero las coordenadas de llegada serán diferentes, ya que las coordenadas de la poligonal cerrada son fijas, y estas han sido compensadas, mientras que la poligonal abierta contiene errores en sus coordenadas y esta poligonal no está cerrada, por lo que es necesario compensarla.

Comparando las coordenadas de llegada de las poligonales cerrada y abierta encontraremos su diferencia que es el error total. Si éste cae dentro de la tolerancia permitida se procederá a repartir el error para compensar la poligonal, estableciendo proporciones entre la distancia recorrida y el error total.

Compensación de poligonal abierta.



De lo que:

$Dt = \sum d1 \dots dn$; la distancia total recorrida entre los puntos A y B.

B; coordenadas de partida.

A; coordenadas de llegada.

$d1, d2, d3, d4 \dots dn$; distancia entre los puntos intermedio de la poligonal abierta, que se encuentra entre los puntos A y B en los cuales se va acumulando.

Et ; error total de la comparación de coordenadas.

$C1, C2, C3$; correcciones a las coordenadas de los puntos Intermedios 1, 2, 3.

- Para el eje X.

Se desprende que;

Y la corrección será $\left(\frac{C1x}{C2x} \right) = \left(\frac{d1}{d2} \right)$ proporcional a la distancia entre cada punto y el punto de partida.

Si establecemos la proporción:

$$\left(\frac{Dt}{Et_x} \right) = \left(\frac{d1}{C1x} \right) \text{ encontramos que:}$$

$$C1x = \frac{[Et_x (d1)]}{Dt} \text{ ésta es la corrección del punto 1.}$$

Como el error se va acarreado, en el segundo punto debemos considerar las distancias $d1$ y $d2$ (que son las distancias acumuladas) de manera que:

$$\left(\frac{Dt}{Et_x} \right) = \left(\frac{[d1+d2]}{C2x} \right)$$

$$C2x = \frac{[Et_x (d1+d2)]}{Dt}$$

Siendo ésta la corrección del punto 2, en igual forma:

$$\left(\frac{Dt}{Et_x} \right) = \left(\frac{[d1+d2+d3]}{C3_x} \right) \quad ; \text{ quedando}$$

$$C3_x = \frac{[Et_x (d1+d2+d3)]}{Dt} \quad \text{que es la corrección del punto 3.}$$

Y así sucesivamente según el número de puntos que se tengan, aplicando el signo correspondiente a la corrección, en función del signo que resulta en el error.

- Para el eje Y.

Se desprende que:

$$\left(\frac{C1_y}{C2_y} \right) = \left(\frac{d1}{d2} \right)$$

Y la corrección será proporcional a la distancia entre cada punto y el punto de partida.

Si establecemos la proporción.

$$\left(\frac{Dt}{Et_y} \right) = \left(\frac{d1}{C1_y} \right) \quad ; \text{ encontramos que}$$

$$C1_y = \frac{[Et_y (d1)]}{Dt} \quad \text{ésta es la corrección del punto 1.}$$

Como el error se va acarreado, en el segundo punto debemos considerar las distancias $d1$ y $d2$ (que son las distancias acumuladas) de manera que:

$$\left(\frac{Dt}{Et_y} \right) = \left(\frac{[d1+d2]}{C2_y} \right) \quad \text{por lo tanto,}$$

$$C2_y = \frac{[Et_y (d1+d2)]}{Dt}$$

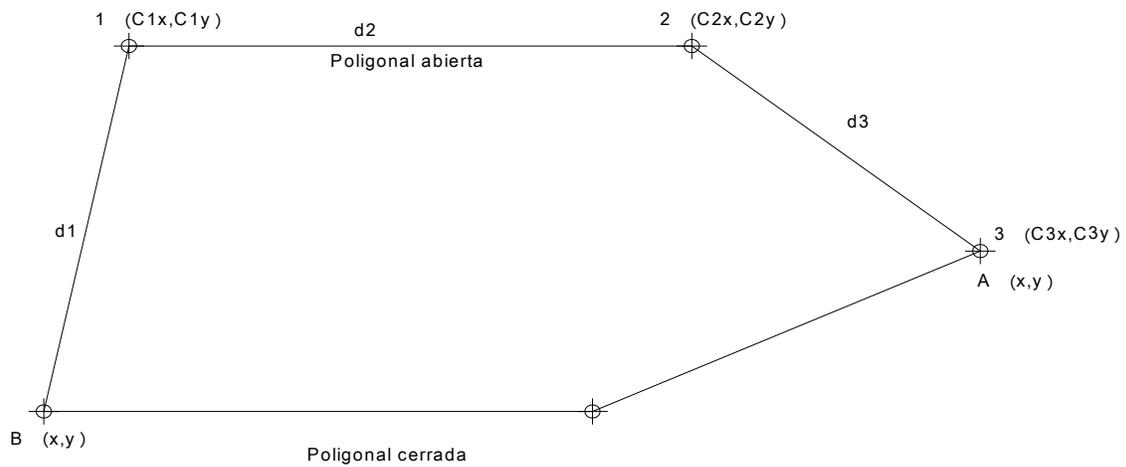
Siendo ésta la corrección del punto 2, en igual forma:

$$\begin{pmatrix} \frac{Dt}{Ety} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{[d1+d2+d3]}{C3y} \end{pmatrix} \text{ con lo que;}$$

$$C3y = \frac{[Ety (d1+d2+d3)]}{Dt} \text{ que es la corrección del punto 3.}$$

Las correcciones se van realizando sucesivamente según el número de puntos que se tengan, se aplica la corrección con su correspondiente signo para eliminar el error. Al final se eliminan los errores y la poligonal quedara cerrada y compensada como se muestra en la siguiente figura.

Poligonal abierta compensada.



IV. 6. ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIAS PARA LEVANTAMIENTOS DE POLIGONOS.

Debe considerarse que estas tolerancias son los errores máximos admisibles en condiciones comunes de trabajo, que con cuidado, personal adiestrado e instrumentos ajustados, puedan reducirse aún más considerablemente.

1. Levantamientos preliminares como guía para levantamientos posteriores, para dibujar a escala mediana, valor del terreno bajo, ángulos medidos al minuto, pendientes menores del 3% o si son mayores.

$$\text{Tolerancias} \left\{ \begin{array}{l} \text{Angular: } 1 \frac{1}{2}' \sqrt{n} \\ \text{Lineal: } \frac{1}{1000} \end{array} \right.$$

n: número de ángulos del polígono.

' : minutos.

2. Levantamientos con precisión suficiente para trabajos en poblaciones o en linderos importantes, o para control de otros levantamientos extensos. Valor del terreno alto.

Ángulos repetidos tres veces como mínimo; visuales tomadas al hilo de la plomada o a señales cuidadosamente plomeadas; pendientes calculadas con 2% de aproximación para corregir las medidas.

$$\text{Tolerancias.} \left\{ \begin{array}{l} \text{Angular: } 30'' \sqrt{n} \\ \text{Lineal: } \frac{1}{5000} \end{array} \right.$$

n: número de ángulos en el polígono.

'' : segundos.

IV. 7. PRECISIÓN.

En el caso de poligonales o cadenas cerradas, se llama precisión a la relación entre el error total y el perímetro medido (*Et/perímetro*). Generalmente la precisión se expresa en forma de una fracción con la unidad como numerador, por ejemplo:

$$\frac{1}{350}, \frac{1}{5000}, \frac{1}{1000}, 1:2\ 500, 1:10\ 000, \text{ etc.}$$

Se acostumbra a escribir como denominador cifras enteras y generalmente redondeadas.

Más claramente si llamamos P a la precisión que es igual a:

$$\frac{1}{x} \quad \text{Tendremos;}$$

$$P = \frac{1}{x} = \frac{\text{Error total}}{\text{Perímetro}} ;$$

$$x = \frac{\text{Perímetro}}{\text{Error total}} ; \text{ y así}$$

$$P = \left(\frac{1}{\frac{\text{Perímetro}}{\text{Error total}}} \right)$$

Con este dato podremos conocer la calidad de nuestro trabajo, comparándola con la tolerancia fijada para cada caso.

IV. 8. CONFIGURACIÓN CON ESTACIÓN TOTAL Y PRISMA.

En estos trabajos solo se toman puntos aislados notables de terreno, como los que corresponden a cambios de pendientes o cambios de dirección de los accidentes topográficos. Es muy importante fijar puntos que definan las divisorias de las aguas y de los talwegs (línea que une los puntos de más bajo nivel en un valle), para lograr la representación del relieve del terreno, sus elevaciones y depresiones, como cerros, colinas, lomas, cañadas, barrancas, etc. Además de los detalles propios del terreno, se deben tomar los linderos de propiedades de construcciones, vías de comunicación y todos los que se consideren necesarios.

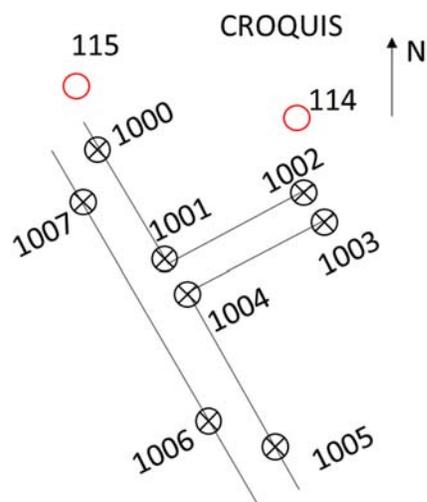
La brigada para configuración con *estación total y prisma* consta de un operador del instrumento, un anotador (en caso de ser necesario) y dos prismas. En las zonas de vegetación abundante puede convenir para acelerar el trabajo, disponer de cuatro prismeros y de la gente necesaria para quitar la maleza.

El procedimiento de la localización de los detalles topográficos por radiaciones, es rápido y lo suficiente preciso para trabajos de configuración.

La *estación total* se coloca en un vértice de la poligonal cuya posición y cota se conozcan. Se mide la altura de la estación total con una cinta. Centrada y nivelada, se dirige el anteojo a visar al vértice de atrás, fijando dicho movimiento. En seguida se suelta el movimiento particular y se van tomando visuales a los puntos deseados. Al visar cada punto, se miden los ángulos vertical y horizontal. En estos trabajos se debe de dibujar un croquis cuidadoso de la localización de los puntos y detalles más notables del terreno que se toman desde cada vértice para después reproducirlos en el plano.

El registro de campo para levantamiento topográfico con estación total y prisma, se lleva como se muestra en el ejemplo siguiente (no necesariamente debe ser este formato hay miles de maneras de realizar y este no es la excepción).

ESTACIÓN	P.V.	OBSERVACIONES
115	114	
	1000	BANQUETA
	1001	BANQUETA
	1002	BANQUETA
	1003	BANQUETA
	1004	BANQUETA
	1005	BANQUETA
	1006	BANQUETA
	1007	BANQUETA
	1008	BANQUETA



IV. 9. FOTOGRAMETRÍA.

En 1839 se hizo público el invento de la fotografía, en cuanto se logró hacer fotografías de un modo práctico, se pensó en aplicaciones a los procesos fotográficos. En 1851 el capitán francés A. Laussedat invento el primer método de restitución basado en dos fotografías del mismo objeto, para reconstruir en un momento dado, la forma y dimensión de lo fotografiado.

La fotografía es la ciencia y arte de tomar medidas por métodos indirectos, de los accidentes naturales de la tierra y los elementos físicos que se encuentran en ella, utilizando imágenes y fotografías aéreas, con lo cual se obtiene la forma y dimensiones de los objetos, para definir objetos estrictamente geométricos, que son representados en planos, mapas o cartas topográficas, para poder establecer mediciones escalares, lineales, angulares y relaciones geométricas, que serán aplicados para diferentes proyectos.

En la actualidad se utiliza la fotografía aérea en planimetría y altimetría simultáneas con diversas aplicaciones y en proyectos de ingeniería. Este sistema es muy ventajoso en trabajos de reconocimiento, pues cubre una gran extensión de terreno, ya que las fotografías se toman en forma sistemática a lo largo de una línea de vuelo que cubre una franja de terreno y pueden ser tantas líneas necesarias para cubrir por completo la zona deseada.

Entre algunas aplicaciones de la fotogrametría se encuentran:

- a) Topografía experimental.
- b) Topografía de regiones lacustre.
- c) Estudios de linderos extensos.
- d) Topografía de regiones acantiladas.
- e) Localización de vías terrestres y de comunicación.
- f) Estudios geológicos y forestales.
- g) Estudios arqueológicos.
- h) Levantamientos de extensiones de terreno que exceda de 20 has.

La secuencia de trabajo en fotogrametría se puede resumir en las siguientes etapas:

1. Realización del vuelo fotogramétrico.

Se hace el plan de vuelo en el que se calculan las líneas de vuelo y de acuerdo a estas es el total de fotografías que se tomaran para cubrir el aérea de levantamiento. La fotografía aérea se toma desde una aeronave con el eje de la cámara en posición vertical, se hace con el eje óptico de la cámara perpendicular a la superficie de la tierra y al plano de la película tan cerca de la horizontal como sea posible. Se toman estas fotografías cubriendo el territorio con fotogramas que se traslapan 60% en el eje longitudinal y 30% en el eje transversal.

2. Mosaicos fotogramétricos.

Un mosaico fotogramétrico es un conjunto de fotografías dispuestas ordenadamente en forma consecutiva en el sentido del vuelo fotográfico. Estos mosaicos son de gran ayuda para ciertos estudios y trabajos, pues permiten hacerse una visión de conjunto de todas las áreas fotografiadas y lo que en ellas se encuentra, lo que permite realizar estudios expeditos y hacer análisis superficiales en lo cualitativo y cuantitativo. Así, en los mosaicos es posible deducir, con gran acierto, lo contenido a ellos respecto a la orografía, hidrografía y su concentración geológica, geomorfológica, como los bosques, cultivos, suelos disponibles, vías terrestres, aspectos catastrales, etc., que es la información necesaria para llevar a cabo los proyectos de ingeniería y otros.

3. Aéreo triangulación y apoyo topográfico de vuelo.

Aéreo triangulación. Triangulación fotogramétrica en el espacio (Aéreo triangulación), es una técnica moderna que permite propagar el apoyo terrestre por medio de métodos e instrumentos fotogramétricos en forma rápida, eficaz y económica, para dar el control de grandes extensiones de terreno, que por métodos directos sería impráctico y en ocasiones imposible de realizar. En la aérea triangulación se hacen correcciones a las coordenadas, debido a errores de diversa índole, que pueden medirse o no, según su naturaleza, como errores se pueden mencionar, errores de fotografías, errores instrumentales, errores de observación.

Con la aérea triangulación se establece el control planimétrico y altimétrico suplementario, usando las relaciones geométricas entre fotografías aéreas sucesivas, formando una parte muy importante dentro del proceso general fotogramétrico para la elaboración de planos, mapas y cartas topográficas. Para todo trabajo en fotogrametría es necesario contar con puntos de control terrestre para orientar cada fotografía individual, o un estero modelo. Estos puntos de control pueden ser ligados mediante puntos de liga o de base (control suplementario), teniendo como ventaja de utilizar menos puntos de control terrestre, determinando así el principal propósito de la aérea triangulación.

Puntos de apoyo de control terrestre. Puntos cuyas posiciones o elevaciones se obtienen en un campo (sobre el terreno utilizando métodos e instrumentos topográficos, ubicándolos por medio de coordenadas X, Y y Z), encontrándose también identificados en fotografías aéreas por el piquete de un alfiler, con un croquis al reverso que muestra la localización exacta del mismo. Es importante que estos puntos se señalen en las fotografías preparadas, con el fin de localizarlos durante el proceso de triangulación aérea. El número de puntos de apoyo pueden variar en función del tipo y precisión del trabajo, así como del uso de técnicas de asistencia al apoyo con la aérea triangulación.

4. Estereoscopia.

Es la facultad que poseen todos los seres dotados de visión binocular, o sea, la facultad de ver los objetos tridimensionales, pues se tienen dos puntos de vista de un mismo objeto, lo que permite apreciar el largo, ancho y profundidad de dicho objeto. Las fotografías aéreas se toman en forma sistemática con un traslape de 60%. Así pues desde dos puntos de vista diferentes se hacen dos exposiciones del mismo objeto y es posible tener una franja o zona estereoscópica similar, obteniendo una vista tridimensional de los objetos a partir de dos planos que son las fotografías aéreas.

5. Restitución.

Última etapa en la secuencia de trabajo en fotogrametría. En ella se junta el trabajo anterior, para trazar los mapas propiamente dichos. La información consiste en la formación muy precisa de los pares estereoscópicos en un proceso que se denomina orientación de imágenes, y en la extracción posterior de los elementos contenidos en ellas mediante unos aparatos llamados estéreo-restituidores. La tecnología de la restitución ha evolucionado de los primeros restituidores analógicos a los analíticos y por fin a los de la última generación que son los digitales, que en realidad son de una computadora con el software adecuado. Mientras los analógicos y los analíticos se basan en los negativos de las fotos para realizar el proceso de restitución, los digitales realizan una copia digital de las fotos (escaneado) que divide en millones de puntos (píxeles) la foto. Al igual que el caso de los últimos restituidores analíticos, los digitales obtienen la geometría de la restitución directamente en formato digital, con lo cual la incorporación a los sistemas de información geográfica no precisa de ningún paso de digitalización adicional.

La fotogrametría está ligada a la fotointerpretación, que es la identificación de objetos a través de sus imágenes fotográficas, incluso sobre los estados en que se encuentran y los fenómenos que los afectan, esa es en teoría la función del foto intérprete, pero en la práctica el fotogrametrista necesariamente tiene que identificar objetos a través de sus imágenes como parte esencial de su trabajo.

La fotografía aérea ofrece la ventaja de que al cubrir una zona extensa registra toda la información superficial y permite una observación más completa del terreno y verlo en tercera dimensión, utilizando la propiedad de estereoscopia y distinguir el relieve, la forma de la superficie, pendientes, elevaciones relativas, de ahí que su apreciación en el terreno se convierta en una tarea fácil, sin graves riesgos, sin grandes esfuerzos de realización rápida y con detalle.

IV. 10. TRABAJO TOPOGRÁFICO.

El primer paso para el trabajo topográfico o levantamiento topográfico, es el recorrido para el reconocimiento previo del terreno. Consiste en un recorrido a través de la zona a levantar y la línea a nivelar, además de tomar nota de puentes, alcantarillas, registros, etc., así como aquellos lugares clave para establecer puntos de poligonal para estaciones y bancos de nivel.

Cabe destacar que los puntos de poligonal y los bancos de nivel pueden ser los mismos, y el hecho de tener las mismas coordenadas de elevación o cotas (eje z) en estos puntos permite ir controlando el trabajo en cuanto a elevaciones.

Tomar fotografías de referencias explícitas, haciendo especial mención de las distancias a las marcas kilométricas de la zona, también se hará un croquis de su situación en relación con algún detalle importante como postes de energía eléctrica, esquinas de edificios o casas, límites de terreno, etc., anotando características especiales de cada uno de los detalles que se requiera.

Un primer objetivo de recabar de esta información es para que al obtener los puntos del levantamiento después del procesamiento de datos y al realizar el dibujo de planos y detalles, se tenga una referencia visual de las características de los objetos que se desean. Un segundo objetivo es que después de haber pasado mucho tiempo sirva para la localización de puntos.

El levantamiento para su ejecución se puede dividir en apoyo vertical Z y apoyo horizontal o de posición X o Y, que esto es lo más recomendado por los expertos.

IV. 11 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Ya que el trabajo se lleva a cabo utilizando equipo actual, como lo fue en ese momento la estación total (TC 600), entonces es necesario obtener todos los datos electrónicos que fueron guardados dentro de la memoria de la estación total al ser recolectados en campo.

Una de las ventajas que tenemos con este tipo de equipo es que no es necesario anotar los ángulos y distancias para después proyectarlos y obtener las coordenadas de los puntos como se hacía anteriormente con transitos y teodolitos de micrómetro óptico.

La estación total nos permite guardar los datos de los puntos en coordenadas (X, Y, Z) haciendo la proyección por medio de programas de cómputo internos que incluye este tipo de equipo. Aunque lo deseamos también es posible obtener la información en un formato de ángulos y distancias, ya esto dependerá de las necesidades que tengamos.

El procesamiento de la información consiste en transferir los datos de la tarjeta electrónica o memoria (TC 600), a formato ASCII. La transferencia incluye el envío de datos de la estación total a la computadora, en un archivo, haciendo el cambio de formato para poder hacer compatible la información de los puntos y así trabajar en programas de cómputo de uso comercial.

Transferencia de datos de la ESTACIÓN TOTAL (TC 600) a la computadora.



Para el trabajo de procesamiento de datos es necesario del uso del programa TC TOOLS ya que este sirve como interfaz para la transferencia de datos recabados en la estación total (TC 600) de los puntos de interés hacia la computadora persona (PC).

El programa TCTOOLS gestiona datos de la estación total (TC 600).

Las distintas funciones soportan la transferencia bidireccional de datos, la conversión del formato Leica GSI (formato de datos que reconoce la estación total) al formato ASCII (formato de datos que reconoce la PC) y viceversa, y pueden ser editadas para la creación o edición de listas de códigos para la unidad TC 600.

El programa TC TOOLS ofrece tres funciones principales:

1. Codelist. Esta función crea y edita listas de códigos y transmite las listas de códigos entre PC y la unidad TC 600. Hasta 50 bloques de códigos pueden ser creados y utilizados en la unidad TC 600.
2. Convert. Esta función convierte el formato Leica GSI a un formato ASCII. El formato de texto ASCII puede ser definido por el usuario y emite mediciones o coordenadas en columnas o líneas. Las

columnas pueden ser separadas mediante espacios o tabuladores, y en caso de emisión en líneas, los distintos elementos pueden separarse mediante, “tab”.

Existe también la posibilidad de convertir coordenadas del formato ASCII al formato Leica GSI. En este caso los datos ASCII están en líneas, los distintos elementos deben estar separados por caracteres no numéricos.

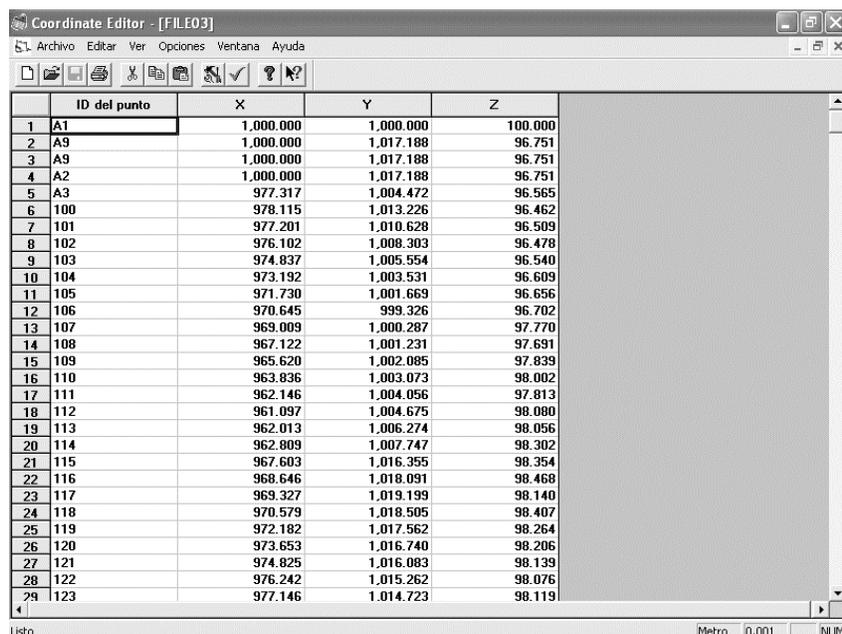
3. Up-and dowland. Esta función transmite ficheros en formato Leica GSI entre la unidad TC 600 y la computadora personal.

Upload. Los datos se transmiten de la PC a la unidad TC 600. Los ficheros (coordenadas o listas de códigos) deben estar en formato Leica GSI.

Dowland. Mediciones, coordenadas o listas de códigos se transmiten de la unidad TC 600 a la PC. Los ficheros transmitidos se archivan en la PC en formato ASCII.

Al procesar los datos, tenemos un archivo con formato ASCII (como el que se muestra en la siguiente figura), el cual puede ser leído por algunos programas comerciales e incluido en las PC.

ARCHIVOS FORMATO ASCII.



	ID del punto	X	Y	Z
1	A1	1.000.000	1.000.000	100.000
2	A9	1.000.000	1.017.188	96.751
3	A9	1.000.000	1.017.188	96.751
4	A2	1.000.000	1.017.188	96.751
5	A3	977.317	1.004.472	96.565
6	100	978.115	1.013.226	96.462
7	101	977.201	1.010.628	96.509
8	102	976.102	1.008.303	96.478
9	103	974.837	1.005.554	96.540
10	104	973.192	1.003.531	96.609
11	105	971.730	1.001.669	96.656
12	106	970.645	999.326	96.702
13	107	969.009	1.000.287	97.770
14	108	967.122	1.001.231	97.691
15	109	965.620	1.002.085	97.839
16	110	963.836	1.003.073	98.002
17	111	962.146	1.004.056	97.813
18	112	961.097	1.004.675	98.080
19	113	962.013	1.006.274	98.056
20	114	962.809	1.007.747	98.302
21	115	967.603	1.016.355	98.354
22	116	968.646	1.018.091	98.468
23	117	969.327	1.019.199	98.140
24	118	970.579	1.018.505	98.407
25	119	972.182	1.017.562	98.264
26	120	973.653	1.016.740	98.206
27	121	974.825	1.016.083	98.139
28	122	976.242	1.015.262	98.076
29	123	977.146	1.014.723	98.119

Con todos los datos obtenidos de la memoria de la estación total, y convertidos en archivos de formato ASCII en la PC, es posible leerlos y manipularlos mediante el software comercial como es Excel, para corregir y ajustar los posibles errores generados en la obtención de la información en campo, y llevar a cabo el producto final que es el plano topográfico.

IV. 12. DIBUJO.

El avance tecnológico ha incursionado en muchos campos de trabajo no dejando fuera el diseño asistido por computadora, el cual para nuestro caso es una herramienta fundamental para el dibujo de planos y detalles, por ello nos apoyamos en el programa llamado civilcad, ya que son paqueterías de uso común y uso comercial en este momento, lo que nos brinda además de facilidad y rapidez, la compatibilidad con sistemas para leer, consultar o imprimir los planos.

Con los datos planimétricos, en formato ASCII, es posible importarlos a AutoCAD apoyados con Civilcad que dentro de sus opciones esta realizar este trabajo.

Automáticamente aparecen dibujados los puntos importados dando su descripción a cada uno de ellos. Comenzamos a trazar las poligonales apoyándonos del croquis hecho en campo al recolectar la información.

Los puntos y las poligonales trazadas tienen que ser compensadas y corregidas para tener figuras rígidas e inamovibles en nuestro plano. La compensación se puede hacer manualmente siguiendo el método de la brújula, pero también es posible realizar la corrección y compensación de manera automática, es decir, con el uso del programa Civilcad. Éste nos proporciona opciones para realizar correcciones a los puntos, basándose en la metodología y procesos que se realizan de manera manual (método de la brújula) por lo cual lo utilizamos. Es muy importante que para el uso de estas herramientas se deben tener los conceptos muy claros de topografía, ya que los resultados que obtenemos al usar estas herramientas en la mayoría de los casos no siempre son definitivos y algunos casos hay que saber interpretar algunos errores que se obtienen, para poder corregirlos.

Los datos corregidos y ajustados de las poligonales, se comparan con los datos corregidos de la nivelación red de la nivelación, en los que se seleccionaron los puntos de las poligonales para ir comprobando y controlando las nivelaciones de los demás puntos (puntos radiados), que fueron tomados con la estación total, y con los que se realizan los detalles de dibujo y la configuración del terreno por medio de curvas de nivel conjuntamente.

Se dibujan los detalles necesarios para la planimetría, tales como; tuberías de drenaje existentes, cárcamos, registros de alcantarillado, postes de teléfono, de luz, construcciones, caminos, calles, avenidas, etc. Y en cuanto a la altimetría se realizan las curvas de nivel, dejando las curvas secundarias a cada 50 [cm] y las curvas maestras a cada 5 [m] o bien como sea el caso de cada proyecto.

Esto se realiza tomando en cuenta los conceptos mencionados en los capítulos anteriores, logrando con ello la configuración del terreno.

Obtenemos finalmente un plano general donde se tiene la altimetría y planimetría de la zona, llamado plano topográfico.

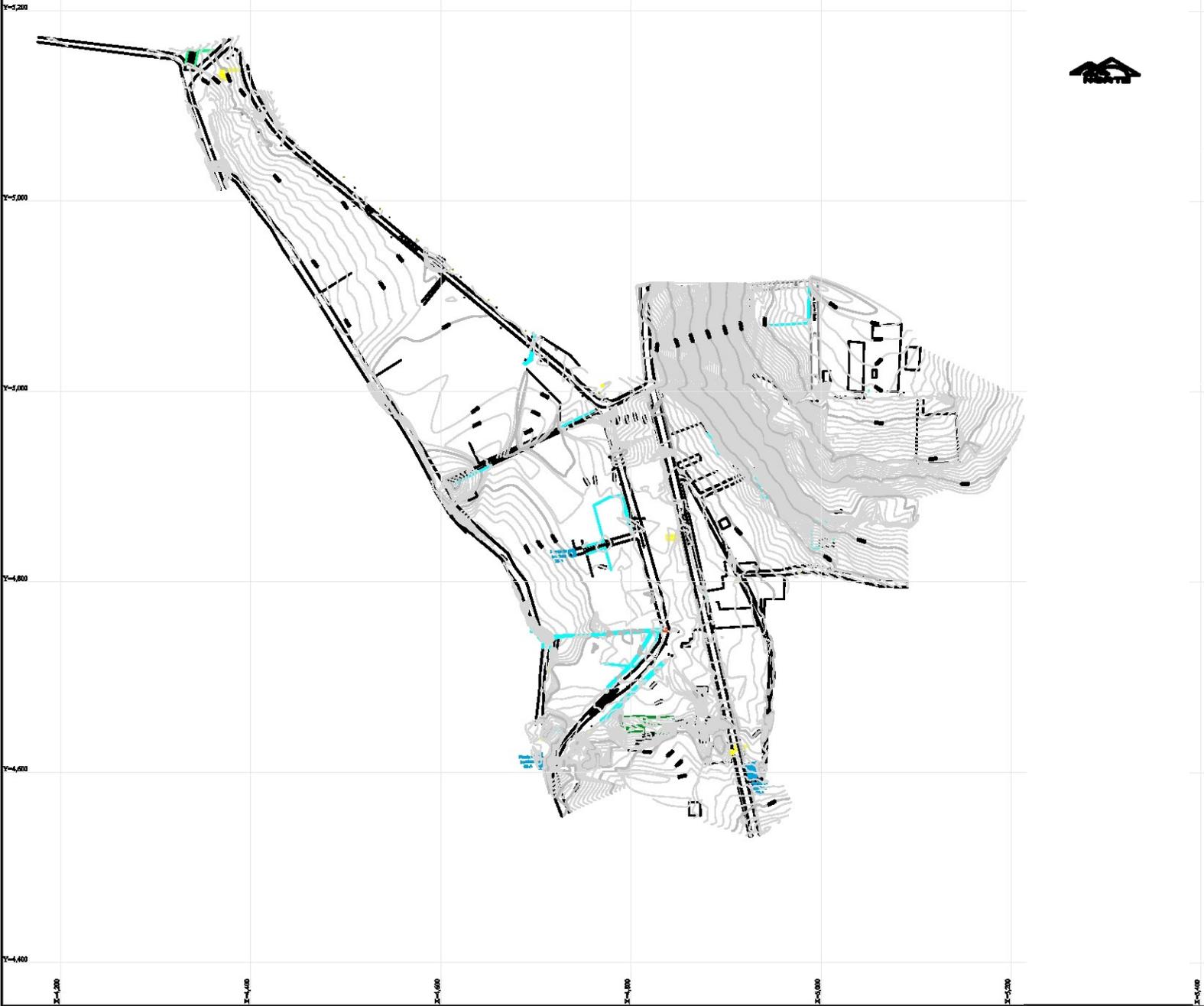
CAPITULO V. DIBUJO

V. EDICION Y DIBUJO

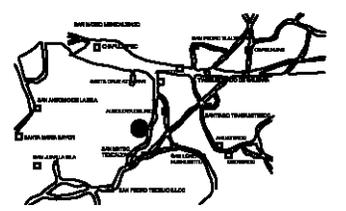
Una parte primordial en la etapa de la topografía es la edición y elaboración del dibujo de planos. Aquí mostramos los planos realizados:

- Plano topográfico del proyecto.
- Plano de poligonal envolvente.
- Plano de poligonales.
- Plano de puntos del área de estudio.
- Plano urbano del proyecto.

PLANO TOPOGRÁFICO



CROQUIS DE LOCALIZACION

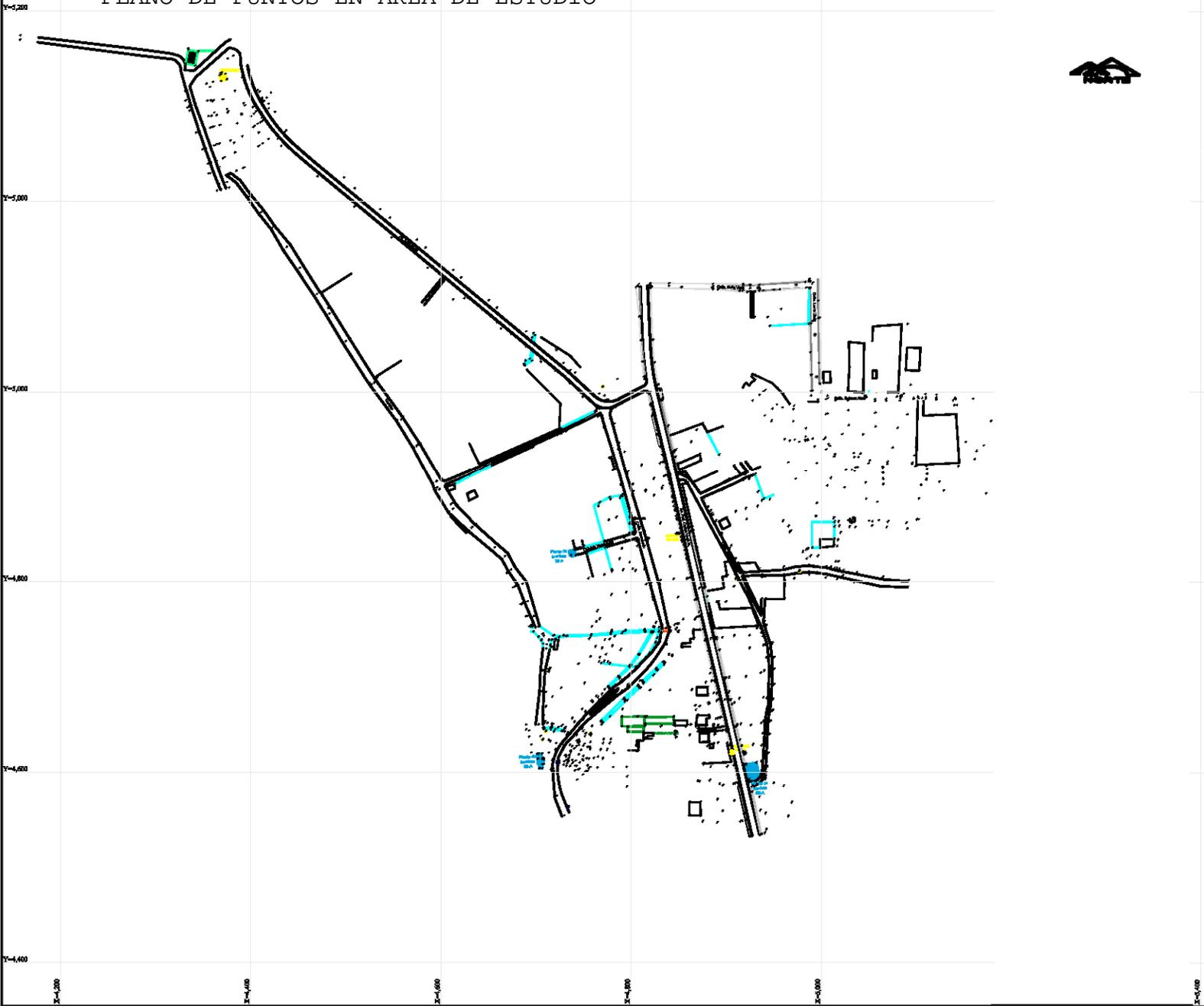


SIMBOLOGIA

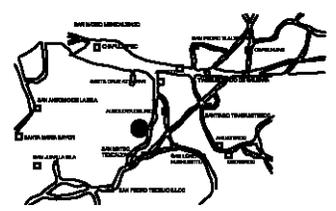
- | | |
|--|---|
| | CARGAMO |
| | REGISTRO DE ALCANTARILLADO |
| | POSTE TELEFONO |
| | WILWLAEEIIB.M.PDTALE |
| | |
| | POLIGONAL GENERAL |
| | CONSTRUCCIONES |
| | CAMINOS Y CALLES |
| | CANALES DE DRENAJE |
| | AVENIDAS |
| | PROPIETA DE LINEA DE DRENAJE |
| | CURVAS DE NIVEL
(DADO LA DISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL 0.6 m.) |

<p>UNAM</p>	<p>UNAM - E. AYUNTAMIENTO DE ALMOLOYA DEL IUD</p>	<p>UNAM - FACULTAD DE INGENIERIA</p>
	<p>LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO</p>	
<p>PROYECTO DE ALMOLOYA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE LOS RIOS</p>		
<p>PLANO TOPOGRAFICO</p>		
<p>PROYECTO Y DISEÑO: []</p>	<p>REVISADO Y APROBADO: []</p>	<p>FECHA: []</p>
<p>INSTITUCION: []</p>	<p>NO</p>	<p>S/B</p>

PLANO DE PUNTOS EN ÁREA DE ESTUDIO



CROQUIS DE LOCALIZACION

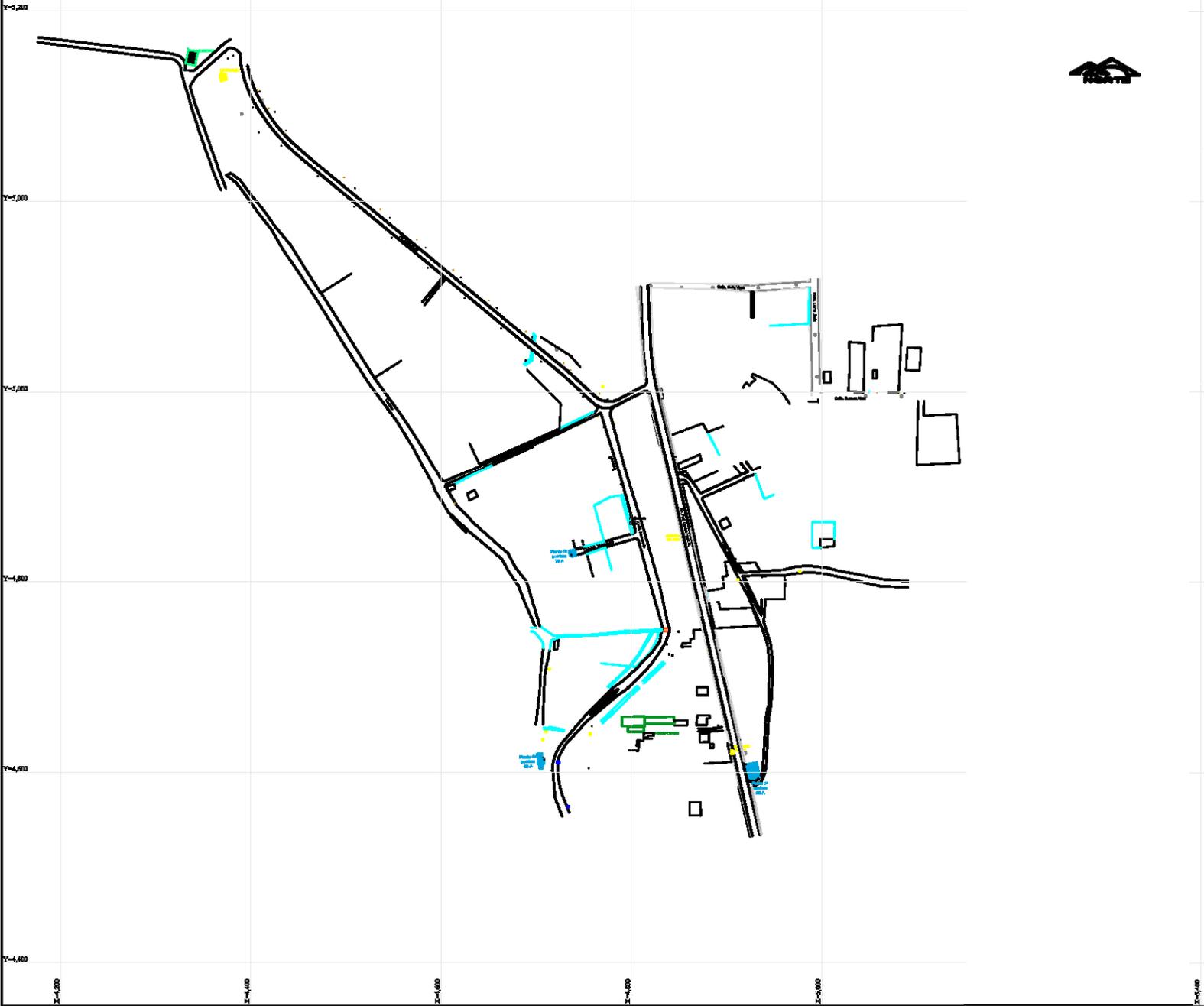


SIMBOLOGIA

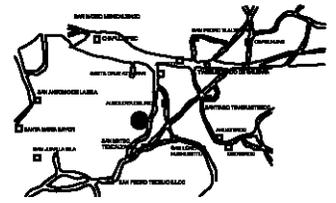
- 0 TEME
- ✦ PUNTOS
- CONSTRUCCIONES
- CAMINOS Y CALLES
- CANALES DE DRENAJE
- AVENIDAS

<p>UNAM</p> <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p>	<p>UNAM - E. AYUNTAMIENTO DE ALMOLOYA OBL. 200</p>	<p>ESTADO DE OAXACA</p> <p>SECRETARÍA DE ECONOMÍA</p>
	<p>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</p> <p>MUNICIPIO DE ALMOLOYA DEL MUNICIPIO DE ALMOLOYA</p>	
<p>PLANO DE PUNTOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO</p>		
<p>PROFESOR ENCARGADO DEL TÍTULO</p> <p>AMARCO DE FRANCISCO GONZALEZ</p>	<p>PROFESOR ENCARGADO DEL TÍTULO</p> <p>IS</p>	<p>FECHA</p> <p>S/B</p>

PLANO URBANO



CROQUIS DE LOCALIZACION



SIMBOLOGIA

- | | |
|--|--|
| | CARCAMO |
| | REGISTRO DE ALcantarillado |
| | POSTE TELEFONO |
| | WILLWAEERIB.M.PDTALE |
| | |
| | POLIGONAL GENERAL |
| | CONSTRUCCIONES |
| | CAMINOS Y CALLES |
| | CANALES DE DRENAJE |
| | AVENIDAS |
| | PROPIETA DE LINEA DE DRENAJE |
| | CURVAS DE NIVEL
(DADO DISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL 0.6 m.) |

<p>UNAM</p>	<p>UNAM - E. AYUNTAMIENTO DE ALMOLOYA DEL I.D.</p> <p>LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO</p>	<p>INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA</p>
	<p>AYUNTAMIENTO DE ALMOLOYA DEL I.D.</p> <p>PLANO URBANO</p>	
<p>PROYECTO: PLANIFICACION URBANA</p> <p>FECHA: 15</p>	<p>PROYECTO: PLANIFICACION URBANA</p> <p>FECHA: 15</p>	<p>PROYECTO: PLANIFICACION URBANA</p> <p>FECHA: S/B</p>

VI. CONCLUSIONES.

Los objetivos primordiales en esta tesis se cumplieron, cabe mencionar que los procedimientos en este levantamiento se utilizaron con el equipo que se contaba en esos momentos, ya que a través del tiempo la tecnología ha estado creciendo. En la actualidad se cuenta con equipos más sofisticados que hacen que la metodología sea más práctica, pero al final los resultados seguirán siendo los mismos.

Otra de las cuestiones en este tipo de trabajos (como lo fue el de Almoloya del Rio) es tomar en consideración la gran importancia que tiene la topografía hoy en día, porque a través de ella podemos plasmar por medio de planos como se encuentra el área conurbana y estos servirán para poder crear o modificar proyectos, como edificación de hogares, construcción o reconstrucción de carreteras, modificación de drenajes, áreas verdes, etc. La experiencia que adquiere uno como alumno en el campo laboral o como este tipo de trabajos es sumamente benéfica porque a través de ella podemos desarrollarnos como futuros profesionistas. Es importante que se sigan realizando este tipo de trabajos porque el alumno siempre saldrá beneficiado en todos los aspectos. Hoy en día es importante para el alumnado obtener mejores experiencias en estos proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

Montes De Oca
TOPOGRAFÍA
Cuarta Edición
Alfa Omega 2005 México.

Wolf/Brinker
TOPOGRAFÍA
Novena Edición
Alfa Omega 1997 México.

García Márquez Fernando
EL TOPÓGRAFO DESCALZO
Editorial Pax 2005 México.

Bannister-Raymond-Baker
TÉCNICAS MODERNAS EN TOPOGRAFÍA
Séptima Edición
Alfa Omega 2002 México.

<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/rgnp.aspx>