

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISION DE INGENIERIA

La Estación Total y Libreta Electrónica en la topografía

Por:

CARLOS ALEJANDRO DE LA TORRE ONOFRE

**TRABAJO DE OBSERVACIÓN, ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN
SOBRE LA APLICACIÓN DE LOS EQUIPOS TOPOGRÁFICOS
ELECTRÓNICOS EN LA TOPOGRAFIA. INCISO II DEL ARTICULO 2° DEL
REGLAMENTO PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL EN LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO".**

**Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:**

Ingeniero Agrónomo en Irrigación

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 1998

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE INGENIERIA**

ESTACION TOTAL Y LIBRETA ELECTRONICA EN LA TOPOGRAFIA

**TRABAJO DE OBSERVACIÓN, ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE
LA APLICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS ELECTRÓNICOS EN
LA TOPOGRAFÍA. INCISO II DEL ARTICULO 2° DEL REGLAMENTO PARA
OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

POR

CARLOS ALEJANDRO DE LA TORRE ONOFRE

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADO

MC. MANUEL GONZALEZ MOLINA

PRESIDENTE DEL JURADO

DR. FELIPE DE J. ORTEGA RIVERA

SINODAL

ING. HERIBERTO RIVERA MORENO

SINODAL

ING. FRANCISCO MARTINEZ AVALOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA.

MAYO DE 1998.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo

A DIOS

A mis Señores Padres por ser mi Guía

Don Alberto de la Torre de León

Doña Ofelia Onofre Lugo

A mis hermanos por ser mi ejemplo

Alberto y Lorena

Miguel y Patricia

Reyna

Rosa María

A mis sobrinas Ale y Carol

A mi amigo Carlos Sifuentes y su entrañable Familia....

A mis familiares y amigos

A la mujer que Amo, mi futura esposa Lic. Georgina Ugalde Sánchez...

.... A mi Alma Mater

AGRADECIMIENTOS

A La Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" por contribuir a mi formación profesional.

Al Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática por las facilidades otorgadas para la elaboración del presente trabajo.

Al Ing. Manuel González Molina por la Labor realizada en el desarrollo del presente trabajo.

Al jefe del Departamento de Riego y Drenaje Ing. Luis Edmundo Ramírez Ramos por su amistad y apoyo.

A mis compañeros de INEGI por sus consejos prácticos.

A mis Amigos de PROFAUNA, AC., por el apoyo y facilidades brindadas para la elaboración del presente trabajo.

A la Profesora Cecilia Ochoa Blackaller por su desmedido y desinteresado apoyo

A la Lic. Larissa Rodriguez Villarreal por el apoyarme con sus conocimientos administrativos.

A mis amigos por el apoyo brindado.

Al Ing. Miguel de la Torre Onofre e Ing. Alberto de la Torre Onofre por brindarme paciencia y su experiencia profesional.

INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
1. PRESENTACION	1
2. CARACTERISTICAS DE LA ESTACION TOTAL	8
2.1. ASPECTOS GENERALES	8
2.2. EL DISTANCIOMETRO ELECTRONICO	14
2.2.1. Orígenes	14
2.2.2. La teoría del distanciómetro	17
2.2.3. Efecto de las condiciones atmosféricas en la determinación de distancias con el Distanciometro Electrónico	21
Ejemplo del calculo de correcciones por condiciones Ambientales	23
2.3. COMPENSADOR O SENSOR DE INCLINACIÓN	27
Ejemplo de corrección de ángulos por inclinación de ejes	29
3. REFLECTORES O PRISMAS	30
4. RAZONES PARA IMPLEMENTAR LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION TOPOGRAFICA ELECTRONICOS	34
4.1. EQUIPO DE CAMPO	35

5. PLANEACION Y ESTIMACION DE UN TRABAJO CON EQUIPO	
ELECTRONICO DE MEDICION	40
Promedio diario de medición	40
Numero de integrantes de la Brigada	40
Producción por trazos	41
5.1. ESTIMACIONES DE LA PRODUCTIVIDAD DIARIA	41
5.1.1. Promedios de medición diaria por condiciones topográficas y de vegetación	42
5.1.2. Factores que intervienen en la estimación de un trabajo con Estación Total	43
Definir el método de levantamiento	44
Tiempo estimado de Medición	44
Elaboración de un programa de cobertura	45
Estimación de los recursos materiales y financieros	45
6. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS CON EQUIPO	
ELECTRONICO DE MEDICION	48
6.1. CODIFICACION DE LOS TRABAJOS DE CAMPO	48
7. CONFIGURACION DE UNA ESTACION TOTAL	49
7.1. UNIDADES DE MEDIDA Y SISTEMAS DE REFERENCIA DEL ANGULO HORIZONTAL	49
7.2. SISTEMA DE REFERENCIACION VERTICAL	49

Angulo cenital	50
Angulo vertical de referencia en el horizonte	50
Angulo de altura	51
Determinación de pendientes	51
7.3. UNIDADES DE MEDIDA EN DISTANCIAS	52
7.4. SENTIDO DE GRADUACION DEL ANGULO HORIZONTAL	52
7.5. SELECCIÓN DE UNIDAD DE MEDIDA DE PRESION ATMOSFERICA	52
7.6. SELECCIÓN DE UNIDAD DE MEDIDA DE LA TEMPERATURA	52
7.7. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS	53
7.8. CONEXIÓN E INTENSIDAD DE LA SEÑAL ACUSTICA	53
7.9. SELECCIÓN DEL TIEMPO DE AUTOAPAGADO	53
7.10. CONTROL DE ILUMINACION DE PANTALLAS Y RETICULO	54
7.11. SELECCIÓN DE LA RESOLUCION ANGULAR	54
8. FUENTES DE ERROR EN LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS CON EQUIPO ELECTRONICO	55
Error de visualización	56
Insolación del instrumento	56
Vibraciones	56
Errores de colimación	56
Correcciones atmosféricas	57

Errores de plomada óptica	57
Ajuste de nivel de las balizas	57
Errores de escritura	58
Angulos	58
8.1. CONTROL DE LOS ERRORES	58
8.1.1. Puesta en estación del instrumento	59
8.1.2. Inicialización de trabajo con Colector Electrónico de Datos	62
9. RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL USO Y MANEJO DE LA ESTACION TOTAL	63
9.1. ELEMENTOS DE VERIFICACION EN LA ESTACIÓN TOTAL	65
9.2. ELEMENTOS DE VERIFICACION EN LA LIBRETA ELECTRONICA	66
10. LIBRETA ELECTRONICA O COLECTOR ELECTRONICO DE DATOS	67
10.1. CARACTERISTICAS GENERALES	67
10.2. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES PARA LOS COLECTORES ELECTRONICOS DE DATOS	68
11. MANTENIMIENTO BASICO DEL EQUIPO	70
11.1. MANTENIMIENTO DE LAS BATERIAS	71
Tipo de trabajo	71
Edad de las baterías	71

Tiempo necesario de carga de energía	72
Energía requerida por el equipo	72
12. EQUIPO DE COMUNICACIÓN	74
13. METODO PARA FIJAR UN SISTEMA DE REFERENCIACION	75
13.1. FORMULA PARA DETERMINAR EL ANGULO HORIZONTAL POR DOBLE VISADO	78
13.2. FORMULA PARA DETERMINAR EL ANGULO VERTICAL POR DOBLE VISADO	78
13.3. FORMULA PARA DETERMINAR LA DISTANCIA POR DOBLE VISADO	79
Ejemplo de determinación del ángulo interno	79
14. FORMA DE VISUALIZACION DEL PRISMA	81
Procedimiento de visualización del prisma al ver la baliza Completa	82
Procedimiento de visualización del prisma al ver solo parte de la baliza	83
Localización en los prismas del índice de alturas y toma de Lecturas	84
15. VENTAJAS DEL USO DEL EQUIPO TOPOGRAFICO	85

16. ANALISIS DE COSTO HORARIO DE UN EQUIPO DE MEDICION	
TOPOGRAFICA ELECTRONICA	86
16.1. CALCULO DEL PRECIO DE LEVANTAMIENTO	
TOPOGRAFICO POR HECTAREA	86
16.2. CALCULO DE PRECIO DE LEVANTAMIENTO	
TOPOGRAFICO POR JORNAL	87
Análisis de Costo horario	88
Análisis de indirectos	89
17. CONCLUSIONES	91
18. BIBLIOGRAFIA	92

INDICE DE FIGURAS

	Página
Estación Total SET 2C de Sokkia con tarjeta de memoria.....	11
Estación Total GTS 300 de Topcon.....	12
Estación Total GTS 500 a prueba de agua.....	12
Estación Total Elta 3 de Carl Zeiss montada en campo.....	13
Imagen ilustrativa de la teoría del distanciómetro.....	19
Esquema de un Prima Reflector o Retroprisma.....	32
Diferentes modelos de prismas.....	33
Estaciones Totales GTS 500/700 de Topcon montadas en base nivelante y tripie.....	36
Diferentes modelos de prismas con Tapas adaptador rotativo y funda.....	37

Diferentes modelos de bases nivelantes.....	37
Baliza extendible con prisma triple montada en bipode.....	38
Tripie de madera con base nivelante y prisma triple.....	38
Estación Total Elta 3 de Carl Zeiss con colector electrónico de datos y batería .externa.....	39
Esquema de configuración para ángulo Cenital.....	50
Esquema de configuración de ángulo vertical referenciado al horizonte.....	50
Esquema de configuración de ángulo de altura.....	51
Esquema de configuración para la obtención de pendientes.....	51
Colector Electrónico de Datos PSION HC 110 con Estación Total.....	68
Esquema de fijación de Referencias y toma de lecturas.....	77
Localización de visual al centro del Prisma.....	81
Modo de visualizar el prisma cuando se ve el regatón de la baliza.....	83

Modo de visualizar el prisma cuando no se ve el regatón de la baliza..... 84

Indice de alturas y lecturas e diferentes modelos de prismas..... 84

LA ESTACIÓN TOTAL Y LIBRETA ELECTRONICA EN LA TOPOGRÁFIA

1. PRESENTACION

Dentro de la actual Legislación Agraria campo vive una nueva concepción en la tenencia de la tierra otorgando al ejido el carácter constitucional, todo ello encaminado a que el campesino tenga la posibilidad de imprimir un sello de progreso y productividad a sus tierras y parcelas. De todo lo anterior se deriva un conjunto de normatividades tendientes a regularizar la tenencia de la tierra, otorgando seguridad y certeza al núcleo ejidal. Por lo cual se implemento el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (PROCEDE) cuyo objetivo es la entrega de certificados parcelarios y de derechos de tierras de uso común, así como de los títulos de solares urbanos a los integrantes de los ejidos de todo el país que así lo soliciten.

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) participa de manera sustantiva en este programa, correspondiéndole ejecutar los trabajos técnico operativos conducentes a la identificación, ubicación y medición precisa de los linderos y superficie de las tierras ejidales con estricto apego a las normas técnicas emitidas por el Registro Agrario Nacional y publicadas en Diario Oficial de la Federación el 25 de septiembre de 1992.

En el contexto del PROCEDE, la delimitación de las diversas áreas del Territorio Nacional exige partir del conocimiento global de las dimensiones del país, para así concretar en el conocimiento específico de la ubicación precisa y del tamaño de los ejidos, ahora bien debe de considerarse que el número de ejidos y comunidades agrarias del país asciende a 29,951 en los cuales existen más de 405 millones de parcelas, 4.6 millones de solares urbanos más las tierras de uso común, comprendiendo una superficie de aproximadamente 102.9 millones de hectáreas que equivalen al 52% del Territorio Nacional (1). Y para lograr apoyar a las actividades de medición del PROCEDE se creó la Red Geodésica Nacional Activa que brindara un marco referencial uniforme y homogéneo que proporcione el conocimiento global de posicionamiento de todo nuestro país.

El INEGI para responder de manera eficiente y confiable a las crecientes necesidades de información Estadística y Geográfica que demanda el México actual, a realizado en los últimos años un importante esfuerzo de modernización para con ello cumplir la principal finalidad del PROCEDE.

Aunado a los trabajos de regulación y certificación ejidal, el INEGI persigue otros objetivo, descritos a continuación: (2)

- Establecer un sistema automatizado para el manejo de información geográfica y estadística que genere el PROCEDE.
- Obtener los productos cartográficos requeridos.

- Obtener por métodos automatizados la localización geográfica y superficie total de cada uno de los ejidos, tierras de uso común y solares entre otras informaciones.
- Generar en forma automatizada la cartografía y los reportes específicos que permitan caracterizar los ejidos y sus tipos de tierras a nivel Nacional.
- Facilitar el manejo y asociación de grandes archivos de información gráfica y tabular.
- Implementar las bases de un acervo histórico en medios magnéticos, con la información geográfica y estadística de los levantamientos ejidales.
- Integrar el expediente final ejidal el cual será entregado al Registro Agrario Nacional.

Para la obtención de los productos cartográficos los métodos de levantamiento a utilizar son:

1. - Método Directo. Consiste en el levantamiento geodesico-topográfico que comprende una serie de medidas efectuadas en el campo cuyo propósito final es determinar las coordenadas geográficas y geodésicas de puntos situados sobre la superficie terrestre.
2. - Método Indirecto. Es el levantamiento realizado a partir de imágenes de satélite y materiales fotogrametricos que permiten la identificación en campo de los vértices de las parcelas, áreas de uso común, asentamiento humano, etc.

El método de medición a utilizar en cada uno de los ejidos, se aplica en función de la extensión territorial, condiciones geográficas y disponibilidad de los insumos cartográficos.

Para ello se dispone de cuatro tipos diferentes de brigadas:

- brigada de medición GPS (Global Position System, por sus siglas en ingles).
- brigada de medición con Estación Total.
- brigada de control geodésico.
- brigada de fotoidentificación.

Todas las anteriores brigadas cuentan con tecnología de vanguardia para la medición, además de equipos de transporte y de comunicación, todo lo cual permite cumplir de manera eficiente y oportuna de las actividades de medición, además de obtener los altos índices de precisión requeridos.

Para tener un criterio de estandarización de los procedimientos, los métodos y las precisiones con las cuales se deben llevar a cabo estas labores se crearon las normas técnicas, las cuales no solo constituyen lineamientos, sino que de igual manera marcan los procedimientos que indican como cumplir la reglamentación; de tal forma se logra una uniformidad en los levantamientos y se permite que aun cuando participan diversas instancias en estos trabajos, se rijan todas bajo una misma norma técnica, y de esta forma siguiendo procedimientos perfectamente establecidos obtener una calidad uniforme en la determinación de los vértices.

REFERENCIAS

1. - Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Modernización del INEGI en el PROCEDE. (Testimonios del Instituto) 1989-1984, 1994.
2. - Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Vértices revista trimestral, No. 1, enero-marzo, 1993.

ANALISIS DE LA PROBLEMATICA

Dentro de la novedad y actualidad de la materia de topografía existe un vacío documental, normativo y documental en lo que se refiere al trabajo con los instrumentos de medición topográfica electrónica debido a lo cual el estudiante y profesional involucrados en el tema no cuentan con las herramientas suficientes para poder instrumentar, planear y operar bajo el anterior sistema, por lo anteriormente mencionado el presente trabajo tiene la finalidad de empezar a llenar ese vacío existente.

JUSTIFICACION DEL TRABAJO

El presente trabajo se origina por la inquietud de dar el primer paso para crear una base de datos o acervo literario que brinde a la comunidad una guía sobre el uso, manejo, costeabilidad y el establecimiento de una guía operativa para laborar con el equipo topográfico digitalizado y los sistemas topográficos electrónicos para con ello lograr la

implementación paulatina del equipo en el desempeño profesional cualesquiera que sea su naturaleza, académica, docente o como iniciativa privada.

Por otra parte surge la necesidad de contar con elementos de juicio para estructurar estrategias operativas y el presente trabajo plantea rendimientos promedio diarios según el tipo de levantamiento topográfico y las condiciones bajo las cuales se realiza este como lo son: topografía, vegetación, condiciones climáticas, vías de acceso, etc. Y para finalizar brinda el análisis del costo de un levantamiento por día-jornada ó por hectárea.

OBJETIVOS

- Dar a conocer los equipos de medición electrónica y sus principales aditamentos y accesorios.
- Exponer los principios básicos de funcionamiento de los equipos electrónicos de medición topográfica.
- Proporcionar elementos de juicio para fundamentar estrategias y acciones tendientes a la implementación del trabajo de topografía auxiliado por los equipos digitalizados de medición.

- Brindar información para incrementar la participación de la comunidad profesional que por el desconocimiento de la actualidad en la materia se mantienen al margen.
- Ofrecer información para contribuir a posteriores investigaciones particulares sobre los procesos topográficos.

2. CARACTERISTICAS DE LA ESTACION TOTAL

2.1. ASPECTOS GENERALES

La Estación Total es un instrumento electrónico inteligente el cual mide distancias mediante un distanciómetro (EDM) de corto o mediano alcance, es decir de 800 a 4500 metros; y también mide ángulos electrónicamente por medio de un teodolito electrónico, calcula además coordenadas tridimensionales X, Y y Z, alturas remotas y de objetivo así como avisos y mensajes, todo lo anterior se visualiza en pantallas de presentación de cristal líquido. Una de las características más relevante de la Estación Total es la capacidad de transferir los datos topográficos obtenidos directamente a una computadora eliminando con ello los errores humanos de transcripción. La Estación Total a incrementado la cantidad de información topográfica que puede ser recolectada durante la jornada de trabajo.

Los sistemas topográficos electrónicos digitalizados integrados, Taquímetros Electrónicos o Estaciones Totales constan de los siguientes componentes:

1. - Un teodolito electrónico digital.
2. - Un distanciómetro electrónico o EDM.
3. - Un microprocesador o software de cálculos topográficos.
4. - Un teclado o panel de control.
5. - Una o dos pantallas de registro de cristal líquido (LCD Liquid Cristal Display).
6. - Una interfase o puerto de entrada y salida de datos en donde se puede conectar una unidad de registro y procesamiento de datos. Cabe hacer la aclaración que las ultimas

generaciones de estaciones totales tienen integrada una unidad procesadora de datos o un disco de registro el cual será leído y transferido a una computadora mediante un lector de tarjeta.

El microprocesador de la Estación Total incluye una completa gama de cálculos y programas de control de errores de importancia en la topografía como lo son por ejemplo:

- Cálculo automático y colocación del ángulo acimut partiendo de las coordenadas de estación y referencia.
- Cálculo de coordenadas tridimensionales.
- Replanteo de coordenadas.
- Medida de elevación remota por medio del ángulo vertical.
- Medida de distancia horizontal y desnivel.
- Las lecturas de medida de distancia en modo largo, fina, normal, rápidas o de modo continuo (tracking).
- Cálculo de mediciones excéntricas.
- Trisección inversa o estacionamiento libre entre otras.
- Compensador de inclinación.
- Colimación del círculo horizontal y vertical.

Las opciones de los parámetros de configuración del instrumento se almacenan en una memoria interna permanente que además retiene las constantes de cálculo y los valores introducidos o calculados una vez desconectado el instrumento. Para ello se ayuda de una batería de Litio que tiene una duración aproximada de 10 años dependiendo del uso de la estación total. El instrumento calcula los valores en ppm de corrección atmosférica una vez

introducidos (ó calculados por el mismo) los datos de temperatura o presión atmosférica.

Un microprocesador monitorea constantemente la operación del instrumento visualizándose un código o mensaje al detectar cualquier error.

Los círculos horizontal y vertical están provistos de puntos de iniciación 0, la inicialización del círculo horizontal se puede fijar en cualquier dirección y el valor se almacena en una memoria de corto plazo de manera que incluso al apagar el instrumento (sin moverlo de la base) la posición de orientación anterior se recuperara al activar el instrumento conservando así su orientación.

Un sensor electrónico de liquido de doble eje mide los ángulos de inclinación del eje vertical. Estos ángulos de inclinación se pueden visualizar para nivelar el instrumento con la máxima precisión y también compensa automáticamente la desviación de los ángulos tanto vertical como horizontal.

El puerto de comunicación tipo RS 232 C es compatible con diferentes marcas de instrumentos permite la comunicación bidireccional para grabar datos en un dispositivo externo (colector ó libreta electrónica) o recibir información calculada para replantearla en terreno.

Los siguientes imágenes nos ilustran diferentes marcas de Estaciones Totales en los cuales se aprecia diferentes modelos de instrumentos los cuales tienen y realizan las mismas funciones. (figura 1,2,3 y 4)

El puerto de comunicación tipo RS 232 C es compatible con diferentes marcas de instrumentos permite la comunicación bidireccional para grabar datos en un dispositivo externo (colector ó libreta electrónica) o recibir información calculada para replantearla en terreno.

Los siguientes imágenes nos ilustran diferentes marcas de Estaciones Totales en los cuales se aprecia diferentes modelos de instrumentos los cuales tienen y realizan las mismas funciones. (figura 1,2,3 y 4)

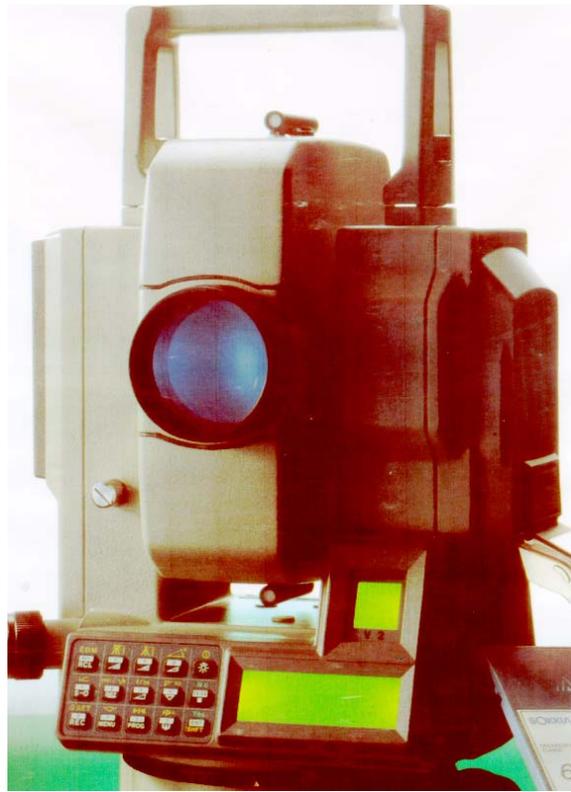


Figura 1.- Estación Total SET 2 C de Sokkia, con tarjeta de memoria



Figura 2.- Estación Total GTS-300 de Topcon



Figura 3.- Estación Total GTS-500 de Topcon a prueba de agua.

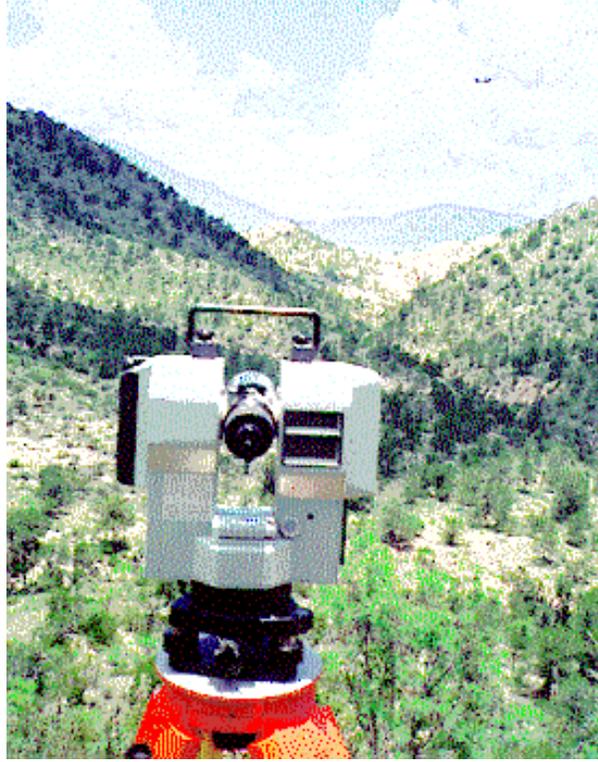


Figura 4.-Estacion Total Elta 3 de Carl Zeiss montada en campo

2.2. EL DISTANCIOMETRO ELECTRONICO

2.2.1. Origenes.

Este tipo de instrumentos se ha desarrollado mucho principalmente desde la Segunda Guerra Mundial por las aplicaciones del RADAR (Radio Detection and Ranging), cuyo fundamento biológico es el chillido que emiten los murciélagos, los cuales según la intensidad del eco determinan intuitivamente la dirección y la distancia del objeto que refleja el sonido.

Bajo este principio de ondas emitidas y reflejadas por un reflector a gran velocidad, se desarrollaron instrumentos de medición de distancias que facilitan enormemente la obtención de medidas de distancia largas, lo que antes era muy laborioso realizado por otros métodos.

Los antecedentes de los actuales distanciómetros electrónicos (EDM, Electronic Distance Measurement, por sus siglas en inglés) que funcionan en base a ondas luminosas o electromagnéticas, nos remiten a los primeros experimentos cuya finalidad era determinar la naturaleza de la luz, entre dichos experimentos destacan los realizados por el físico Inglés Isaac Newton (1642-1727) en el año de 1666 donde consiguió establecer la descomposición de la luz en sus colores primarios y enunció los postulados de su naturaleza corpuscular.

En 1676 el astrónomo danés Olaf Roemer (1644-1710) determinó la velocidad de la luz mediante sus estudios realizados al observar los eclipses ocurridos en Júpiter producidos por sus cuatro grandes satélites, donde encontró un valor de 299,000.0 Km/seg.

El físico escocés Robert Alexander Watson-Watt nacido en 1892, logró realizar en 1935 las primeras mediciones de distancias con microondas; después logro seguir un avión aprovechando las reflexiones de las microondas que esté le enviaba en lo que posteriormente se convirtió en el RADAR.

En 1948 se creó un distanciómetro electrónico de fuente luminosa denominado GEODIMETRO (Geodetic Distance Measurement) lo diseñó el geodesta Sueco Erick Bergstrand donde tomó como base expresiones como:

$$D = ((T_r - T_e)/2 - \text{Velocidad de la luz})$$

$$D = TL(VL/2) \text{ en donde:}$$

D = distancia.

TL = tiempo empleado por las ondas luminosas en su recorrido de ida y regreso.

VL = velocidad de las ondas luminosas en el vacío = 299,792.4 ± 0.4 Km/seg.

Los instrumentos EDM electromagnéticos se desarrollaron en Sudáfrica en 1957 por el Dr. T. L. Wadley y lo llamo telurómetro (tellurometer) y transmitía microondas de

alta frecuencia, estos aparatos consisten en dos instrumentos intercambiables que se instalan uno en cada extremo de la línea que va a medirse.

En la actualidad la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG) estableció un patrón en el vacío para la luz visible y las microondas de radio, una velocidad estimada de 299792.4 ± 0.4 Km/seg.

2.2.2. La teoría de Distanciómetro.

Se genera en el transmisor un rayo de luz que acarrea en forma continua las ondas y que es transmitido al otro extremo de la línea en donde se coloca un reflector. Los instrumentos actuales utilizan la luz infrarroja o láser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) como conducto de los rayos y un modulador ultrasónico para dar la intensidad de la modulación en el rayo de onda continua, esto es un proceso análogo al que se lleva a cabo al encender o apagar la luz utilizando un interruptor. En el distanciómetro el modulador corta el rayo en longitudes de onda que son proporcionales a la frecuencia de modulación, obteniéndose la longitud de onda con:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

ecuación 1

Donde : λ = Longitud de onda, micrómetros μm

v = velocidad de la luz en la atmósfera, m/s

f = frecuencia de modulación, Hz (hertz ciclos/segundo)

La velocidad de la luz en la atmósfera varia en función de la temperatura, de la presión atmosférica y de la presión parcial de vapor de agua. La medición de la distancia se lleva a cabo colocando el transmisor electro-óptico en un extremo y un reflector en el otro extremo de la línea por medirse. El distanciómetro transmite un rayo de luz de intensidad modulada al reflector, el cual refleja el rayo de luz de regreso al transmisor, en donde la luz reflejada se transforma en una señal eléctrica, permitiendo así una comparación de fase entre la señal transmitida y la recibida, la cantidad en que se desfasan las longitudes de onda transmitidas y recibidas puede medirse electrónicamente y se registra en un medidor con una aproximación de unos cuantos milímetros.

En la figura 5 se muestra una sección a lo largo de $A C$ con el transmisor colocado en A y el reflector colocado en C . El rayo modulado que se transmite en A viaja la distancia doble desde A hasta C y de regreso a A , en donde la distancia que se capta está fuera de fase o desfasada con respecto a la señal transmitida en una cantidad d . La diferencia d se mide electrónicamente ajustando un tipo de medidor de fase o fasómetro en el instrumento y la distancia que existe.

$$D = \frac{(n\lambda + d)}{2}$$

ecuación 2

Donde λ = Longitud de onda del rayo modulado.

n = numero entero de longitudes de onda en el doble recorrido de la luz.

De esta forma si el reflector se moviese $\lambda/2$ o cualquier numero par de veces $\lambda/2$, la fracción d no cambiaría. Nótese que si se conoce la distancia doble en una aproximación de $\lambda/2$ o la distancia con una aproximación de $\lambda/4$, puede calcularse la distancia total.

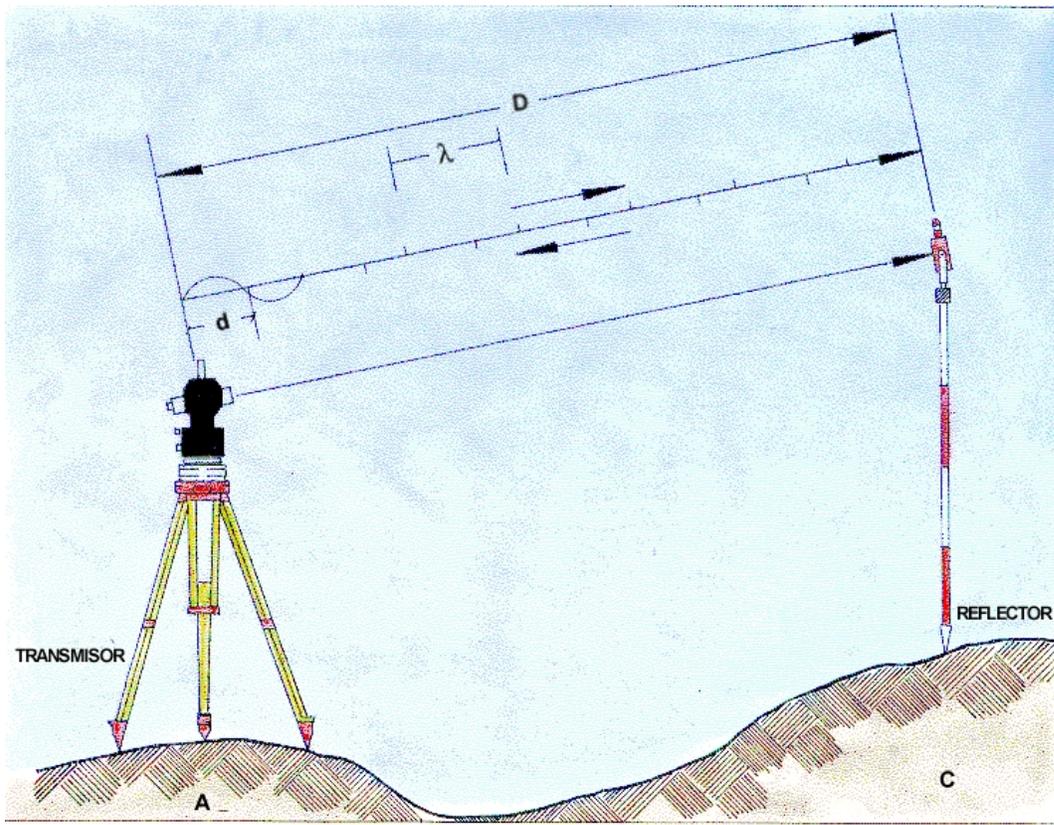


Figura 5 . Imagen ilustrativa de la teoría del distanciómetro.

Para medir n se utiliza una técnica de frecuencia múltiple, se transmite primero la luz en una frecuencia y se observa d_1 , después se cambia ligeramente la frecuencia, observándose una frecuencia d_2 y se aplican a la anterior fórmula para obtener un valor de n . Esta técnica de frecuencia múltiple es la característica de los distanciómetros permitiéndose así la determinación electrónica de n y una lectura directa de la distancia.

El distanciómetro integrado a la Estación Total está calibrado con precisión y los errores instrumentales deben de ser deberán de ser extremadamente pequeños. Los fabricantes de instrumentos especifican los errores arrojados por sus productos en dos partes: un valor constante y un valor proporcional a la constante medida y estos varían según el fabricante pero la porción constante es generalmente de ± 0.002 a ± 0.004 mm. Mientras que la parte proporcional varía de 2 a 10 ppm. El error constante será más significativo en el caso de distancias cortas (de 1 a 100 m) y en el caso de distancias largas (1500 a 2500 m) el error constante se vuelve despreciable pero adquiere importancia la parte proporcional por ejemplo en una distancia de 2500 m. El error proporcional con una constante de 10 ppm será de 2.5 cm.

2.2.3. Efecto de las condiciones atmosféricas en la determinación de Distancias con el Distanciómetro Electrónico.

Las condiciones atmosféricas afectan principalmente a la velocidad de la onda portadora, pues esta viaja a mayor velocidad en el vacío que en la atmósfera de tal manera que tendremos que la velocidad de las ondas electromagnéticas en el aire esta en función de las ondas en el vacío, y del índice de refracción del aire ambiental (que será por donde la luz pase) por lo tanto:

$$v = \frac{v_o}{n_a}$$

ecuación 3

Donde :

v_o es la velocidad de la luz en el vacío 299,795.5 Km/s.

n_a es el índice de refracción.

Los índices de refracción de las ondas de la luz y de las microondas en el aire están en función de la temperatura del aire, de la presión atmosférica y de la presión parcial de vapor de agua, esta última tiene un efecto muy pequeño en las ondas de luz y generalmente se puede ignorar. En mediciones de alta precisión, puede considerarse un valor promedio de 0.5 ppm como corrección por humedad. Es decir 0.5 mm por cada mil metros.

En el caso de ondas de luz, se requiere primero calcular el índice de refracción del aire tipo ó estándar, n_g para una atmósfera a 0° y 760 mmHg de presión. El valor para n_g será:

$$n_g = 1 + \left(287.604 + \frac{4.8864}{\lambda^2} + \frac{0.068}{\lambda^4} \right) 10^{-6}$$

ecuación.4

En donde λ es la longitud de onda en micrómetros (μm) de la fuente de luz del distanciómetro. Los valores para λ de la fuente de luz la especifica el fabricante. Debido a los cambios existentes en la temperatura, presión y humedad, el índice de refracción del aire se transforma en n_a , la cual se obtiene de la expresión:

$$n_a = 1 + \frac{0.35947(n_g - 1)p}{273.2 + t} + \frac{1.5026e(10^{-5})}{273.2 + t}$$

ecuación.5

Donde p = presión atmosférica, mmHg.

t = temperatura del aire, °C.

e = presión de vapor, mmHg.

A medida que las condiciones atmosféricas varían, se altera la velocidad de la onda modulada provocando un cambio correspondiente en la longitud de la misma y, por lo tanto, en la unidad básica de medición del distanciómetro. Por lo que al registrar los datos meteorológicos, se debe de tener cuidado al obtener la temperatura del aire, y la presión

atmosférica. La estimación de la temperatura con una aproximación de $\pm 6^\circ\text{C}$ y la presión atmosférica de $\pm 25\text{ mmHg}$ introducirá un error relativo de 10ppm lo que equivale a 1 cm por cada 1000 metros.

EJEMPLO

Se realizó la medición de una distancia con una Estación Total, la cual posee un distanciómetro electroóptico que utiliza luz infrarroja con una longitud de onda portadora de 860 nm ó 0.860 μm y se tiene una modulación de frecuencia de 30 Mhz.

Se deberá de calcular la longitud de onda modulada de la luz a 30°C y a una presión atmosférica de 752.9 mmHg.

Compárese la longitud de onda λ obtenida con la longitud de onda de la frecuencia de modulación en la atmósfera tipo estándar de 0°C y 760 mmHg.

SOLUCION Primero se deberá calcular el índice de refracción del aire tipo estándar obtenido a partir de la ecuación 4

$$n_g = 1 + \left[287.604 + \left(\frac{4.8864}{(\lambda)^2} \right) + \left(\frac{0.068}{(\lambda)^4} \right) \right] 10^{-6}$$

sustituyendo en 4

$$n_g = 1 + \left(287.604 + \left(\frac{4.8864}{(0.860)^2} \right) + \left(\frac{0.068}{(0.860)^4} \right) \right) 10^{-6}$$

$$n_g = 1.000294335$$

Ahora la velocidad de la onda luminosa en la atmósfera se ve afectada por la temperatura y la presión y la onda modulada será según la ecuación 5

$$n_a = 1 + \frac{0.359474(n_g - 1)p}{273.2 + t} - \frac{1.506e(10^{-5})}{273.2 + t}$$

$$n_a = 1 + \frac{0.359474(1.000294335 - 1)752.9}{273.2 + 30.0} - \frac{1.5026e(10^{-5})}{273.2 + 30.0}$$

Despreciando el segundo término de la ecuación, pues la presión de vapor de agua tiene un efecto muy pequeño en las ondas de luz y generalmente se puede ignorar (en este caso el valor del término es 0.5 ppm)

$$n_a = 1.000262735$$

La velocidad de la luz infrarroja obtenida de la ecuación 3 en la que $n = n_a$ es

$$v = \frac{v_o}{n}$$

$$v = \frac{2997925}{1.000262735}$$

$$v = 2997137547 \text{ km/seg.}$$

Entonces para determinar la longitud de onda de la onda modulada en las condiciones atmosféricas anteriores aplicaremos la formula 1

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

sustituyendo tenemos

$$\lambda = \frac{299713.7547}{30(10^6)}$$

$$\lambda = 0.009990458 \text{ km}$$

$$\lambda = 9.990458 \text{ mm}$$

El ejemplo indica que a medida que las condiciones atmosféricas varían, se altera la velocidad de la onda modulada, provocando un cambio correspondiente en la longitud de la misma y, por lo tanto, en la unidad básica de medición del instrumento.

2.3. COMPENSADOR O SENSOR DE INCLINACION

Los compensadores tienen la función de referir las lecturas del círculo vertical a la dirección de la gravedad y las del círculo horizontal a la perpendicularidad del eje vertical, esto sin importar las pequeñas inclinaciones del eje del instrumento.

La mayoría de las Estaciones Totales están provistas de un compensador electrónico de doble eje, el cual automáticamente corrige los ángulos horizontal y vertical y permite observarlos sin error, la fuente de estos errores es principalmente una nivelación deficiente del instrumento, o el desajuste de este durante la operación; los sensores electrónicos de inclinación ilustran lecturas en minutos y segundos del estado actual de la nivelación del instrumento, proporcionando así una manera fácil de revisar y realizar la nivelación precisa del instrumento, pues al acceder al menú de nivelación electrónica aparece simultáneamente los errores de los ejes X y Y y se lograra eliminarlos al nivelar sin necesidad de girar el instrumento.

Cuando el compensador se encuentra activado capta automáticamente los valores de la falta de perpendicularidad del eje vertical en el sentido longitudinal y transversal, a base de estos datos un microprocesador calcula los valores correctores de las lecturas de los círculos horizontal y vertical permitiendo así visualizar los valores corregidos, además que los aplica a las mediciones que se realizan en ese momento. La compensación automática de ángulos incrementa las precisiones obtenidas en campo y reduce la tensión del operador.

En la pantalla de la Estación Total aparecerá un mensaje o símbolo que indicara si el compensador esta encendido o apagado, a la vez que estando activado un mensaje de

"fuera de rango" aparecerá siempre que la inclinación exceda el rango efectivo de compensación del sensor, generalmente el rango operativo del sensor es de 0°02'30" a 0°03'30".

Se utiliza la siguiente formula para calcular el valor de compensación de inclinación aplicado al ángulo horizontal y utiliza el ángulo de inclinación de la manera siguiente:

$$H i = H z + \frac{A i}{\tan \alpha}$$

.....ecuación 6

- Donde
- Hi = Ángulo horizontal compensado
 - Hz = Ángulo horizontal medido sin corregir
 - Ai = Ángulo de inclinación
 - α = Ángulo vertical referenciado al cenit

EJEMPLO

Se tiene la lectura del círculo horizontal de una Estación Total la cual por razones de alta vibración del terreno presenta el compensador desconectado dicha lectura es $157^{\circ}36'08''$ este valor se deberá de corregir para realizar posteriores operaciones, por lo que remplazando en la ecuación 6

$$Hi = 157^{\circ}36'08'' + \frac{0^{\circ}01'56''}{86^{\circ}35'20''}$$

$$Hi = 157^{\circ} 36' 09.34''$$

Por lo tanto cuando el instrumento esta perfectamente nivelado al cambiar el ángulo vertical (es decir rotando el anteojo) cambiara el ángulo horizontal visualizado y compensado, en otras palabras el ángulo horizontal visualizado no sufrirá correcciones durante la rotación del anteojo cuando el instrumento este perfectamente nivelado.

3. REFLECTORES O PRISMAS

Los reflectores usados para distanciametría electrónica se basan en el principio de esquina reflectora, el cual consiste en tres espejos montados en el interior de la esquina de un cubo y donde cada uno de los espejos está montado en un ángulo recto con respecto a los otros dos, o sea que son perpendiculares entre sí con una gran exactitud. El prisma tiene la característica de la luz que incide se refleja en el primer espejo hacia el segundo y de aquí al tercer espejo para regresar a través de una ruta exactamente paralela a la original de incidencia, por ello se llama prisma retrodirectivo o retroreflector; las características de precisión en un prisma están dadas por los lados de cristal cuyas caras deben de ser perfectamente pulimentadas, así como la perpendicularidad precisa de las caras .

La localización precisa de la superficie de reflexión en un prisma no importa, pues esta superficie de reflexión siempre será perpendicular a la trayectoria del rayo emitido, por eso no importa que parte del prisma sea tocada por él la trayectoria del rayo de la luz, así siempre será reflejada paralela a la ruta de entrada, hacia el emisor.

En una sección transversal de un cubo de aristas retrodirectivo, la distancia de la cara frontal del prisma a la esquina trasera es t . el curso del rayo en el interior es de

$$a + b + c = 2 t.$$

Debido a las propiedades de reflexión del vidrio en el cubo, el equivalente del viaje en el aire del rayo dentro del cubo es de $1.517 \times 2 t$. El punto D representa el centro

efectivo del cubo de aristas y se encuentra literalmente al extremo de la línea que se va a medir. Si fuera posible colocar el punto *D* de manera que coincidiera con la línea del hilo de plomada, el desplazamiento del reflector sería cero. Sin embargo este punto está tan lejos de la cara frontal del prisma, que un arreglo tal estaría fuera de balance y sería difícil de manejar en campo, los prismas se montan de manera que este desplazamiento al que denominaremos *C* (*constante del prisma*) mida de 28 a 40 mm., algunos fabricantes eliminan la constante del prisma haciendo un ajuste al transmisor para obtener el desplazamiento, además la mayoría de los instrumentos dentro de sus menús de configuración incluyen la introducción del valor de constante de prisma según sea el tipo de prisma y la constante recomendada por el fabricante.

Cuando se miden distancias en pendientes los rayos de luz que inciden en el reflector no son perpendiculares a la cara frontal del mismo, y por lo tanto se altera la trayectoria de los rayos dentro del reflector y se cambia la posición del centro efectivo. El valor de este cambio está en función al valor de la pendiente y varía desde unas cuantas décimas de milímetro para pendientes de 4° a 6°, hasta 7 a 14 mm en pendientes de 30° a 40° para eliminar esto los prismas reflectores deben de estar diseñados de manera tal que se puede inclinar a que quede perpendicular a los rayos incidentes de la luz. También existen en el mercado prismas compensados que permiten que la trayectoria de los rayos dentro del prisma no pierdan su

perpendicularidad hacia el emisor, esto se logra moviendo la posición del centro efectivo del prisma.

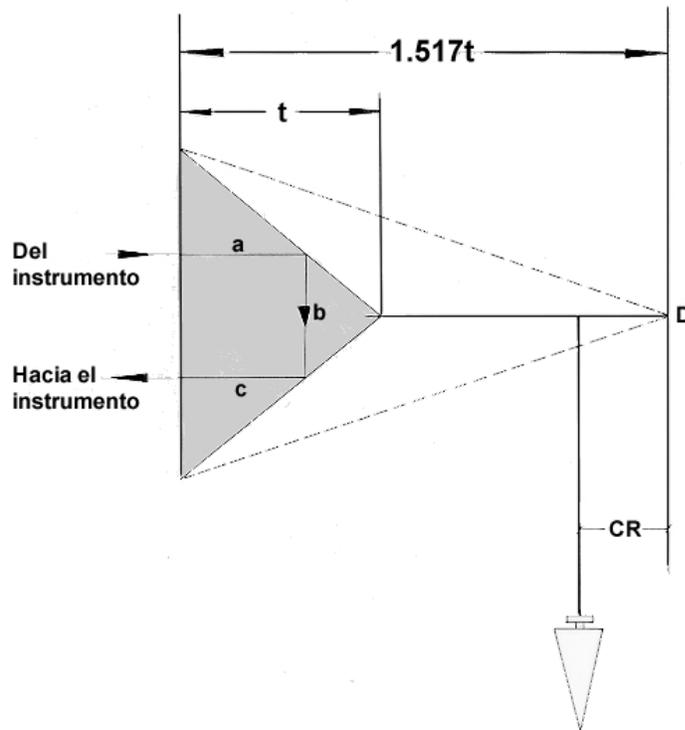


Figura 6.- Esquema de un prisma reflector ó retroprisma.

A continuación se muestran diferentes diseños de prismas reflectores; los prismas sencillos son adecuados para realizar mediciones de 700 a 800 m como máximo en condiciones atmosféricas regulares, con brumosis despreciable, visibilidad cercana a los 20 Km soleado y con poca reverberación; para realizar mediciones a mayor distancia se requieren 3 o más reflectores, la distancia máxima

10. LIBRETA ELECTRONICA O COLECTOR ELECTRONICO DE DATOS.

10.1. CARACTERISTICAS GENERALES.

Las libretas electrónicas son computadoras de mano (Hand Held Computer) para uso en campo las cuales tienen amplias aplicaciones topográficas configuradas de fábrica o bien pueden ser cargadas con un software específico a la tarea o método específico que se va a utilizar. Las libretas electrónicas tienen una pantalla de cristal líquido en la cual se presentan los menús y programas disponibles para trabajar. Un microprocesador de 176 a 640 KB con memoria en RAM, es utilizado para realizar toda la gama de cálculos y rutinas topográficas para la que sea programada, la caja de las libretas electrónicas está construida para su uso en campo en condiciones de exposición a los rayos directos del sol, polvo, temperaturas de -20 a 50 °C y algunas veces a prueba de agua por inmersión. Cuentan con conectores externos o puertos en serie y paralelos para permitir la comunicación bidireccional hacia Estaciones Totales, computadoras e impresoras. Las fuentes de poder de las libretas electrónicas son por lo general baterías de Litio para protección de la memoria RAM y generalmente utilizan una batería recargable de Niquel-Cadmio (Ni-Cd) para realizar las demás funciones, algunos fabricantes incluyen la función de trabajo con baterías alcalinas para trabajar en zonas donde no hay tomas de electricidad, por lo general las duraciones de las baterías es de 50 horas para las alcalinas y 35 horas para las recargables. Para trabajar con las libretas electrónicas cuentan con un teclado alfanumérico y los teclados análogos a todas las demás computadoras y con éste se puede ingresar a trabajar a todos los menús y rutinas del Software disponible.



Figura 14.- Colector Electronico PSION HC-110 en interfase con Estación Total

Elta 3 Carl Zeiss.

10.2.REQUERIMIENTOS FUNCIONALES PARA LOS COLECTORES ELECTRONICOS DE DATOS.

Un punto importante es ¿ Se debe de llevar bitácora de campo?. Algunas compañías requieren que las bitácoras de campo sean llenadas, pues este medio continua siendo el soporte tecnico-legal de los levantamientos, mientras que por otro lado algunos usuarios de colectores de datos la han sustituido, pero hay que hacer mención que si la bitácora no se hace en campo, los colectores de datos deberán usarse como libretas electrónicas, es decir se grabara la mayor cantidad de rasgos y detalles del levantamiento debidamente

codificados o clasificados para lo cual el Colector Electrónico deberá de contar con los suficientes campos de memoria para poder almacenar dichas descripciones.

La Estación Total calcula coordenadas in situ y las puede almacenar continuamente en la memoria o transferirlas al colector de datos. Si se requiere una bitácora de campo, solo se requerirán algunos puntos específicos los cuales se consideraran al transferir datos del colector a la computadora. La ventaja de este método es que se pueden corroborar ambas informaciones es decir la de la bitácora y la del colector.

Algunos de los datos que es conveniente llevar en bitácora son: lugar y fecha del levantamiento, tipo de medición a realizar, nombre del archivo en Colector Electrónico o Estación Total, numero o clave del punto de estación y de las referencias, altura de instrumento, además si el sistema de trabajo no cuenta con sensores y programas se deberá de anotar la temperatura, presión atmosférica y colimacion del instrumento. Cabe señalar que si no se tiene plena confianza en la capacidad o integridad de la memoria de almacenamiento es recomendable anotar aparte de los anteriores datos mencionados, el numero de punto, altura de prisma, distancia geométrica y los ángulos horizontal-vertical.

11. MANTENIMIENTO BASICO DEL EQUIPO

La brigada de trabajo deberá de tener noción de la importancia y necesidad de procurar dar el mantenimiento apropiado al equipo que se le tiene asignado. Al final de cada periodo de trabajo se deberán de realizar las siguientes acciones:

- Limpiar todos los prismas y estuches, con un pedazo de algodón mojado se limpiaran todas las superficies de cristal.
- Limpiar las bases nivelantes, todos los días deberán de ser desempolvados
- Remover el polvo de todos los instrumentos con una brocha suave; si algún instrumento ha sido expuesto a la humedad séquelo perfectamente y guárdelo en su estuche dejando este ultimo abierto.
- Transfiera los trabajos de campo a la computadora.
- Respalde los ficheros generados de la descarga y compruebe su integridad antes de formatear la libreta electrónica, además se debe de cotejar los trabajos respaldados con la bitácora de campo.
- Limpie las baterías y póngalas a cargar, algunas requieren de 14 a 20 horas de carga. Es conveniente tener un segundo juego de baterías para trabajar mientras el otro se carga.

11.1. MANTENIMIENTO DE LAS BATERIAS.

Uno de los más grandes problemas a los que se enfrentan los usuarios de Estación Total y Libreta Electrónica es el de mantener una adecuada carga de las baterías. Estos son algunos de los factores que se consideran para evaluar las necesidades de carga.

A) Tipo de trabajo.

Un estudio topográfico requiere muchos más datos y mediciones que un deslinde, por ejemplo. La producción diaria normal de un trabajo topográfico es de 200 a 275 mediciones. En un trabajo de agrimensura se tomarán 24 mediciones aproximadamente o se ocuparán de 10 a 15 puntos por día en un trabajo de poligonación. Por lo que se deberá de determinar el número de mediciones que se llevarán a cabo en un día y se consultarán las especificaciones del fabricante para conocer el número de mediciones que se pueden realizar con una batería cargada y en condiciones normales de esta.

B) Edad de las baterías.

Se debe de tener en mente que las baterías se van degradando conforme pasa el tiempo. Esto significa que una batería con suficiente poder para efectuar 500 mediciones cuando nueva, tal vez sea capaz de tener carga suficiente para 300 mediciones después de un año de uso.

C) Tiempo necesario de carga de energía.

Algunas baterías necesitan más de 14 horas para completar su carga; si el programa de trabajo no permite 14 horas para completar la carga se debe de tener una batería extra con carga suficiente para una jornada de trabajo.

D) Energía requerida por el equipo.

Las primeras estaciones totales requerían de hasta 3 baterías de 7 Ampares para trabajar una jornada. Los instrumentos actuales de los mismos fabricantes pueden llevarse hasta tres días trabajando con una sola batería, según las necesidades de trabajo. Desde que los nuevos instrumentos usan cada vez menos carga que los del mercado de hace 6 meses, esto debe ser considerado en las necesidades de carga.

Además de hacer una buena evaluación de las necesidades de carga se debe de hacer una bitácora con el historial de los niveles de carga de cada batería, cuando una batería empieza a debilitarse esta se deteriora rápidamente en su funcionamiento. Es más conveniente cambiar celdas a una batería que perder jornadas de trabajo debido a una falla en la carga de las baterías. Es recomendable portar un juego de cables y un eliminador para conectarse al automóvil pues las baterías se cargan rápidamente si se conectan a la cigarrera.

Las principales recomendaciones son:.

- Evalúe las necesidades de energía para cada trabajo en particular.
- Evalúe los requerimientos de energía del equipo.
- Elabore una bitácora del funcionamiento de cada batería.
- La edad y el uso y si se han cambiado celdas a las baterías.
- Dedique un día para cargar todas las baterías disponibles.

12. EQUIPO DE COMUNICACIÓN.

Al estar trabajando con el moderno equipo topográfico es muy frecuente que se midan distancias de mas de 150 metros con lo cual el sistema de señales queda obsoleto, pues se deben de comunicar al operador del instrumento la localización del punto, el código del vértice y la altura del prisma esto entre otros datos, en contra parte el operador del instrumento tendrá que comunicar al personal de la brigada la confirmación de los datos así como si esta tomando lectura o si esta ya se realizo y se debe de cambiar de punto. Por lo anterior se debe implementar el uso de radios transreceptores pues sin estos es prácticamente imposible realizar cualquier tipo de levantamiento topográfico. Debido a lo anteriormente expuesto a cada integrante de la brigada se le deberá de dotar de un radio para que de esta manera toda la brigada se pueda comunicar y así optimizar el uso del equipo. Al evaluar las necesidades de carga del equipo se tendrá que tomar en cuenta la energía requerida por los radios, los cuales se recomienda funcione con baterías recargables de Ni-Cd y de preferencia tengan adaptador para corriente alterna y directa. Por lo general las baterías de Ni-Cd soportan solo el trabajo de una jornada de trabajo de aproximadamente 8 horas, elemento que se deberá de tener muy en cuenta al estimar las necesidades de la brigada según el tipo de levantamiento. Otro factor a considerar es que el tipo de onda de transmisión de los radios no interfiera con el tipo de onda emitido por el Distanciometro, pues puede afectar la exactitud de la medición o causar corto circuito en los componentes de la Estación Total.

13. METODO PARA FIJAR UN SISTEMA DE REFERENCIACION

Debido a que la Estación Total no posee un sistema de orientación integrado como podría ser una simple declinatoria o una brújula no existe un Norte absoluto entonces se miden ángulos relativos que pueden ser internos o externos. Los ángulos se pueden medir con más precisión que las distancias. Para esto se requiere que siempre se mida el ángulo entre las dos referencias (baliza con prisma) pues si se mide una figura geométrica entonces se tendrá la posibilidad de determinar los errores en la medición. Se le llama referencia a los puntos visados "adelante y atrás" en los cuales se fija la orientación y forma de nuestro trabajo. Dichos puntos deberán de estar ubicados en lugares estratégicos de fácil localización y que además se asegure su permanencia aun después de terminado el trabajo en cuestión.

Cabe hacer la aclaración que existen diversos métodos para determinar los ángulos internos con precisión y todos requieren del doble visado al prisma lo que quiere decir que se realizan lecturas en cara directa y en cara inversa (F1/F2) para después combinarlas y obtener un valor único. Con el doble visado se podrá eliminar hasta el 90% de los errores personales e instrumentales. Es necesario mencionar que cuando se va a realizar planimetría utilizando el método taquimétrico de una sola estación no es necesario el doble visado pues la Estación Total proporciona la suficiente precisión para este tipo de trabajos.

La orientación del ángulo horizontal de la Estación Total es muy importante para colocar el instrumento en el punto de estación correctamente y listo para medir. Fijar la orientación de la referencia es esencial para tener el instrumento correctamente orientado

según el tipo de orientación que se esté llevando (magnético, astronómico, GPS, etc.). Las declinatorias o brújulas con las que se hace una orientación son muy imprecisas por lo que la referenciación será muy variable en cada puesta de estación, aunque es recomendable tener referenciados los trabajos al norte aunque sea de manera aproximada o magnética; de esta manera el operador y la brigada tendrán siempre en mente la orientación relativa de los trabajos, y de esta manera si hubiera una desorientación del círculo horizontal se pueden percatar fácilmente al estar anotando los acimuts de los puntos cuando se lleva una bitácora del levantamiento.

Medir y determinar el ángulo interno que existe entre dos líneas de referencia (atrás y adelante) es lo que se debe de realizar para tener un trabajo topográfico correctamente referenciado. Se puede tener la orientación absoluta de la red de puntos levantados al conocer dos puntos de referencia para lo que se puede usar por ejemplo bancos de nivel ya existentes o coordenadas GPS para controlar lineal y acimutalmente los dos puntos y de ellos propagar el sistema de referenciación. Para determinar el ángulo interno correctamente se puede seguir el siguiente procedimiento:

1.- Se deberán de tener tres puntos estacionables A, B y C. 2.- Hacer estación en A para después visar hacia B y C tomando lectura de ángulos horizontales y verticales en cara directa y cara inversa ($F1/F2$) no será necesario poner en cero el círculo horizontal pero es recomendable referencia al norte magnético.

3.- Tome 2 lecturas ($F1/F2$) hacia B y lo mismo haga al visar hacia C. Obtenga el promedio de cada serie hacia B y C respectivamente. El ángulo horizontal en cara directa e

inversa deberá de ser diferente por 180° . El ángulo vertical en cara directa e inversa deberán de ser la suma de 360° ; cualquier diferencia de estos significa un error, y es aquí donde se deberá de aplicar el criterio en el levantamiento y donde se deberá de aplicar una normatividad previamente establecida, la cual establecerá que acciones para tratar ese error.

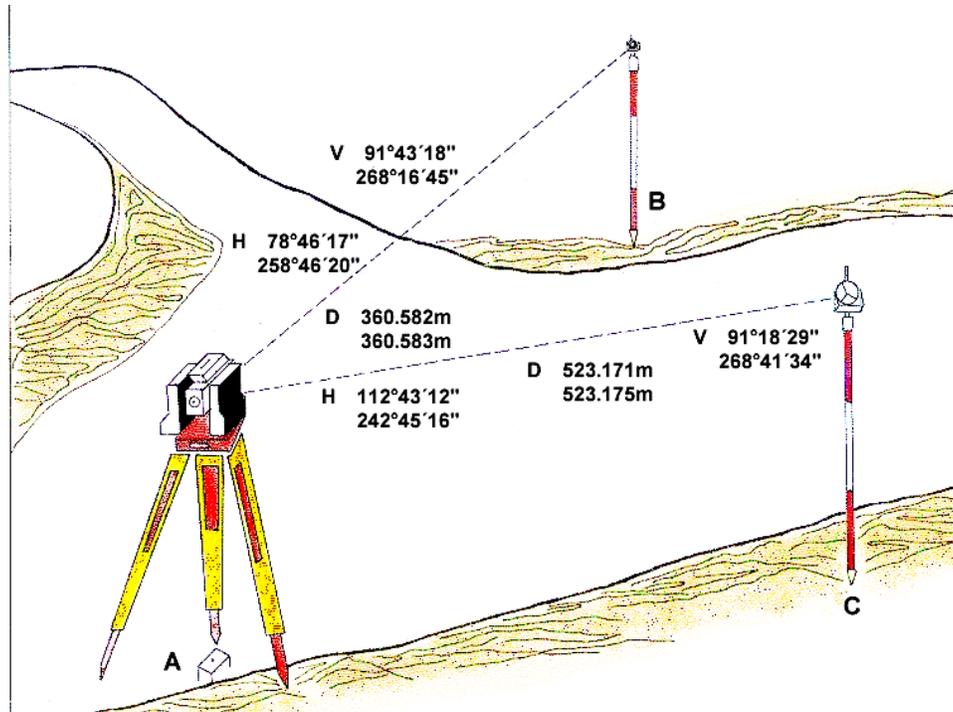


Figura 15.- Estación Total tomando referencias adelante y atrás para formar un ángulo interno.

13.1. FORMULA PARA DETERMINAR EL ANGULO HORIZONTAL POR DOBLE VISADO.

Para llevar a cabo lo anterior y trabajar con los datos obtenidos del levantamiento se seguirá el siguiente procedimiento:

Para el ángulo horizontal.

$$HAR = HAR1 - (180 - (\text{Max}(HAR1, HAR2) - \text{Min}(HAR1, HAR2)))/2. \text{ ecuación 7}$$

Donde HAR = Angulo horizontal corregido por el doble visado.

HAR1 = El primer ángulo visado o acimut rumbo directo.

Max (HAR1,2..n) = El valor angular más alto de la serie.

Min (Min1,2..n) = El valor angular más bajo de la serie.

13.2. FORMULA PARA DETERMINAR EL ANGULO VERTICAL POR DOBLE VISADO.

Para el ángulo vertical.

$$ZA = ZA1 + (360 - (ZA1+ZA2))/2... \text{ ecuación 8}$$

Donde ZA = Angulo vertical corregido por el doble visado

ZA1 = Angulo vertical tomado en cara directa.

ZA2 = Ángulo vertical tomado en cara inversa.

13.3.FORMULA PARA DETERMINAR LA DISTANCIA POR DOBLE VISADO.

Para las distancias.

$$SD = (SD1 + SD2)/2..... \text{ ecuación 9}$$

Donde SD = Distancia geométrica promedio.

SD1 = Distancia geométrica tomada en cara directa

SD2 = Distancia geométrica tomada en cara inversa.

EJEMPLO DE DETERMINACION DEL ANGULO INTERNO.

ST	PV	DG	Ang-HORIZONTAL	Ang-VERTICAL	A.P	A.I
A	B	360.582	78°46'17"	91°43'18"	1.530	1.562
		360.583	258°46'20"	268°16'45"		
	C	523.171	112°43'12"	91°18'29"	1.530	
		523.173	242°43'16"	168°41'34"		

Utilizando los datos obtenidos tendremos que sustituyendo en 4.1 para la línea AB

$$\text{HAR} = 78^{\circ}46'17'' - (180 - (258^{\circ}46'20'' - 78^{\circ}46'17''))/2$$

$$\text{HAR} = 78^{\circ}46'18.5''$$

Sustituyendo en 4.2 para la línea AB

$$\text{ZA} = 91^{\circ}43'18'' + (360 - (91^{\circ}43'18'' + 268^{\circ}16'45''))/2$$

$$\text{ZA} = 91^{\circ}43'16.5''$$

Sustituyendo en 4.3 para la línea AB

$$\text{SD} = (360.582\text{m} + 360.583\text{m})/2$$

$$SD = 360.5825\text{m}$$

Por lo tanto tenemos que para la línea AC tenemos:

$$HAR = 112^{\circ}43'14''$$

$$ZA = 91^{\circ}18'27.5''$$

$$SD = 523.1715\text{m}$$

Con los ángulos corregidos se determinará el ángulo interno formado por BC el cual será la diferencia entre los dos ángulos horizontales y que para este caso es de $37^{\circ}56'55.5''$ por lo que cada vez que se haga estación en A teniendo por referencia B y C se deberá tener este ángulo interno sin importar la orientación del círculo horizontal.

Ahora se puede asumir que se tiene una orientación al norte absoluto y se pueden calcular las coordenadas de B y C (norte, este y elevación), las distancias horizontales y los acimuts entre todos los puntos, si A es $X = 0$, $Y = 0$, y $Z = 0$.

14. FORMA DE VISUALIZACION DEL PRISMA.

Al trabajar con Estación Total la línea de visual esta en perfecta coincidencia con la trayectoria de la onda emitida por el distanciómetro a lo que se llama óptica coaxial, lo que significa que en una sola línea de mira se obtienen medidas angulares y de distancia. Por lo anterior él modulo antejo/EDM gira completamente para así dar lecturas en las dos posiciones del instrumento cara directa y cara inversa ($F1/F2$ ó $V1/V2$).

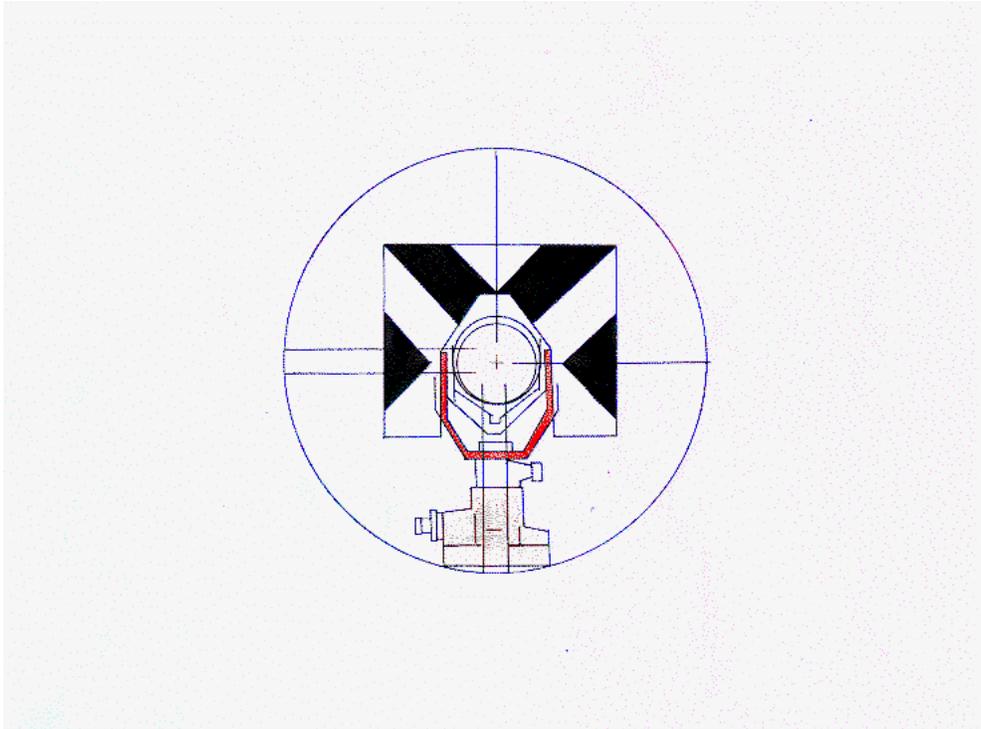


Figura 15.- Al centro del prisma se realizan las lecturas de distancia y ángulos así como de alturas.

Como una preparación previa al trabajo se deberán de revisar los niveles esféricos en las balizas y bases nivelantes, además los niveles de la Estación Total deben de estar ajustados.

PROCEDIMIENTO DE VISUALIZACION DEL PRISMA AL VER LA BALIZA COMPLETA.

- Colocar la Estación Total en el punto topográfico como se ilustra en el capítulo (x), montar el prisma en la baliza y posesionar el punto a medir.

Dirigir la visual apuntando primero la cruz del retículo hacia donde se une el regatón de la baliza con el punto a medir, una vez realizado esto se bloquean los tornillos del movimiento general horizontal y vertical, tal como se ilustra en la figura 10-1. Después con el movimiento fino vertical subir la visual hasta que el hilo horizontal haga coincidencia con el centro del prisma.

Nota. Si al subir los hilos estos no coinciden con el centro del prisma quiere decir que la baliza esta fuera de nivel; se podrá efectuar la medición siempre y cuando la cruz del retículo no salga del prisma pues de lo contrario se corre el riesgo de hacer una medición con error en distancia de hasta 1 cm.

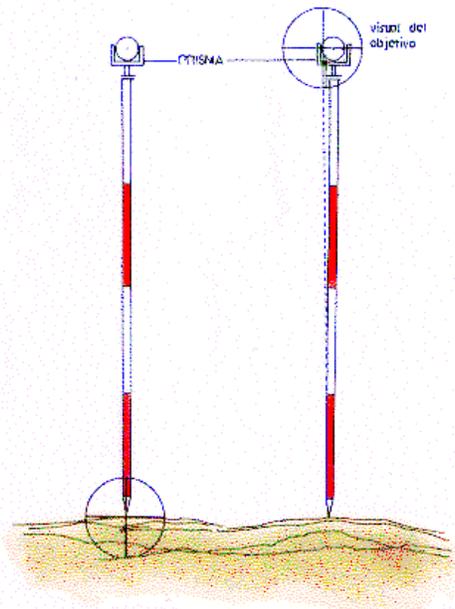
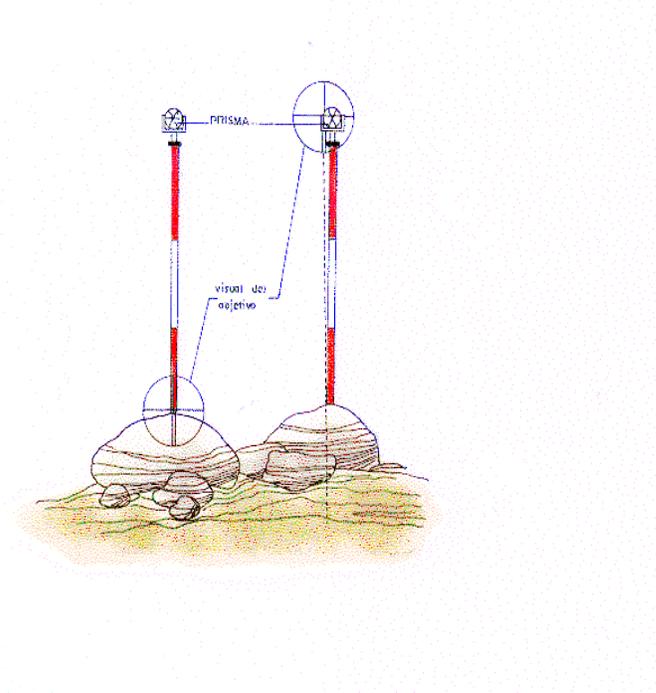


Figura 17.- Modo de visualizar el prisma cuando se ve el regatón de la baliza.

Si por alguna circunstancia no se puede ver el regatón se debe ver la parte mas baja de la baliza haciendo coincidir la cruz del retículo con el centro de la baliza Figura 10-2 en ese momento se bloquean los movimientos vertical y horizontal del instrumento para luego subir el retículo con el movimiento fino vertical hasta que el hilo horizontal este a la altura del centro del prisma. Para ayudarse a lograr lo anterior se puede ayudar de los dos hilos paralelos verticales que se ven en la parte inferior del retículo en cara directa, haciendo que la baliza quede enmarcada en los hilos mencionados.

Figura 18.- Modo de visualizar el prisma al no ver completa la baliza.



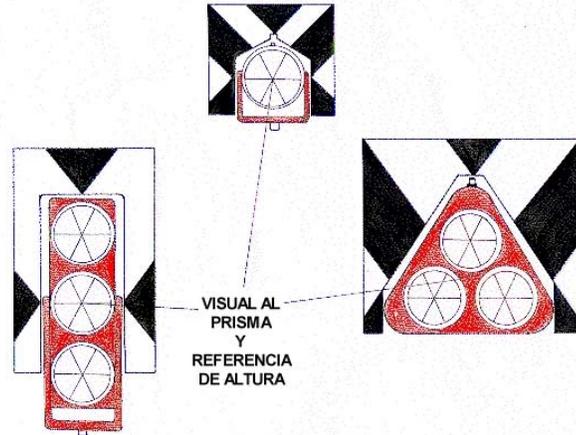


Figura 19.- Localización de sitio de toma de alturas y visualización para toma de lecturas tanto angulares como de distancia.

15. VENTAJAS DEL USO DEL EQUIPO TOPOGRÁFICO.

El equipo topográfico electrónico es de gran versatilidad en su uso pues este se adapta desde un levantamiento muy sencillo hasta los mas complejos levantamientos.

Las siguientes son algunas de las principales ventajas y razones para implementar el uso del equipo electrónico topográfico.

- Facilidad en la determinación de las coordenadas tridimensionales, distancias horizontales, además de tener acceso a métodos alternativos de medición como lo son entre otros los métodos de ángulos y distancias desplazadas.

- Rapidez en los levantamientos obteniendo altas precisiones en un mínimo de tiempo en relación a los sistemas topográficos tradicionales.

- Se minimizan hasta en un 90% los errores humanos.

- Con el empleo de los equipos electrónicos topográficos se reducen los costos de los levantamientos y de los productos resultantes de estos, además de que se reduce el personal asignado a estas tareas, teniendo como resultado un alargamiento en la vida útil del equipo y en general del sistema.

➤ **16. ANALISIS DE COSTO HORARIO DE UN EQUIPO DE MEDICION TOPOGRAFICA ELECTRONICO.**

17. CONCLUSIONES

El aumento en el valor de las tierras sea cualquiera su uso del suelo, tipo de explotación y la importancia de la exactitud de los linderos, aunados a la demanda de mejoras publicas en los servicios de caminos, canales y en general de vías de comunicación, han llevado a la topografía y en particular a la realizada con equipos electrónicos de alta precisión a una posición prominente; además del gran volumen en la construcción de infraestructura en general, las cada vez numerosas particiones de tierra sin importar su carácter, la necesidad de mejores registros catastrales y agrarios así como las demandas planteadas por los programas de exploración y estudios ecológicos han implicado un desarrollo creciente en los sistemas digitalizados de topografía electrónica, los cuales para su operación requieren de profesionales más comprometidos con su campo de acción y la actualidad de su materia de especialización.

18. BIBLIOGRAFIA

Alcántara, D. 1990. TOPOGRAFIA. McGraw Hill. México.

Anderson, J. y Mikhail. E. 1988. INTRODUCCION A LA TOPOGRAFIA. McGraw Hill.
1a Edición. México.

Archeology G399U. 1997. SURVEYING METHODS FOR ARCHEOLOGY.
Assignment No. 2. G393 Field Methods. USA.

Benton, A.y Taetz, P. 1991. ELEMENTS OF PLANE SURVEYING. McGraw Hill. Texas
A&M University. USA.

Brinker, R. y Wolf, P. 1982. TOPOGRAFIA MODERNA. Harla. 6a Edicion. México.

Departament of the Army. US Army corps of engineers. 1994. TOPOGRAPHIC
SURVEYING. Engineering and design. Manual No 1110-1-1005. USA.

Gerig, M. 1994. MODO DE EMPLEO DE LOS INSTRUMENTOS WILD.
Wild Corporation. Austria.

Lietz Company. 1993. CATALOG OF PRODUCTS 109. Sokkisha Company. USA.

Medina, M. 1978. INTRODUCCION A LA GEODESIA GEOMETRICA. Limusa. México.

National Resources Conservation Survey. 1997. ELECTRONIC SURVEYING, TEXAS STYLE. Texas Survey NRCS. USA.

Salinas, S. y Contreras, A. 1993. METODOS Y TECNICAS DE INVESTIGACION I .EDUVEM. SA. México.

Salinas, S. y Contreras, A. 1993. METODOS Y TECNICAS DE INVESTIGACION II . EDUVEM. SA. México.

Sokkia. 1992. MANUAL DE LA ESTACION TOTAL SET II B y SET II C. Sokkia Corporation, Ltd. Tokyo, Japan.

Sokkia. 1995. PROCEDURE FOR MEASURING ANGLES. Sockkisha Company. USA.

Sokkia.1995. SHORT INSTRUCTIONS FOR SOKKIA SET 4 A TOTAL STATION. Sockkisha Company. USA.

Sokkia. 1996. SOKKIA TRAINING PROGRAM. Sokkia Corporation, Ltd. USA.

Topcon. 1995. ELECTRONIC TOTAL STATIONS GTS-500/700 SERIES. Topcon Corporation. Japan.

Topcon. 1995. ELECTRONIC TOTAL STATION GTS-210 SERIES. Topcon Corporation.
Japan.

Topcon. 1995. ESTACION TOTAL ELECTRONICA SERIE GTS-300 DPG. Topcon
Corporation. Japan.

Zeiss. 1990. ELTA 3 ELTA 4, TAQUIMETROS ELECTRONICOS. Carl Zeiss. West
Germany.

Zeiss,.C. 1993. FOLLETO DEL Eldi 10 DISTANCIOMETRO ELECTROOPTICO. Carl
Zeiss. Alemania del Este.

Zeiss, C. 1993. INSTRUCCIONES DE MANEJO TAQUIMETRO ELECTRONICO
ELTA 3. Carl Zeiss. Alemania del Este.