

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

**CONOCIMIENTO Y MANEJO DE UNA ESTACION
TOTAL ELECTRONICA**

TESIS

Presentada a la Junta Directiva
de la
Facultad de Ingeniería
de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

POR

MARCO ANTONIO CORNEJO del VALLE

al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

Guatemala, abril de 1,996.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

04
T(3719)
C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con los preceptos establecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala respecto al Examen Público de Tesis, presento a su consideración mi trabajo titulado:

**CONOCIMIENTO Y MANEJO DE UNA ESTACION
TOTAL ELECTRONICA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil.



MARCO ANTONIO CORNEJO DEL VALLE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL PRIMERO:	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO:	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO:	Br. Fernando Waldemar De León Contreras
VOCAL QUINTO:	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN TECNICO PROFESIONAL

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR:	Ing. Edgar Daniel De León Maldonado
EXAMINADOR:	Ing. Mario René De León García
EXAMINADOR:	Ing. Orlando Antonio Herrarte Carranza
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 7 de febrero de 1.996.

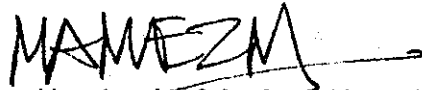
Ingeniero
Enrique René González C.
Coordinador del Area de Topografía
Guatemala

Estimado Ingeniero

Por medio de la presente me permito informarle, que he revisado el trabajo de tesis "CONOCIMIENTO Y MANEJO DE UNA ESTACION TOTAL ELECTRONICA", del estudiante universitario MARCO ANTONIO CORNEJO DEL VALLE, para el cual fui nombrado asesor.

La tesis mencionada viene a aportar nuevos y valiosos conocimientos al campo de la topografía, además de que servirá como una fuente bibliográfica de gran relevancia en cuanto al conocimiento de instrumentos modernos de medición, tanto a estudiantes como a profesionales de Ingeniería Civil; por lo que me permito recomendar su aprobación.

Atentamente,



Ing. Mario Meléndez Moreira
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 12 de febrero de 1,996.

Ingeniero
Jack Douglas Ibarra
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos
Guatemala


Señor Director:

Por medio de la presente informo a Usted que he revisado el trabajo de tesis titulado: "CONOCIMIENTO Y MANEJO DE UNA ESTACION TOTAL ELECTRONICA", elaborado por el estudiante universitario MARCO ANTONIO CORNEJO DEL VALLE, y asesorado por el Ingeniero Mario Meléndez.

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con los requisitos establecidos y que será de gran utilidad para los estudiantes de Ingeniería Civil, el suscrito le da su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de Usted.

Atentamente,


Ing. Enrique René González Carrera
Coordinador del Area de Topografía

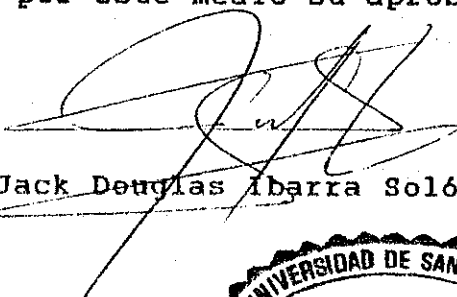


FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Mario Meléndez Moreira y del Coordinador del Area de Topografía, Ing. Enrique René González Carrera, sobre el trabajo de tesis del estudiante Marco Antonio Cornejo del Valle, titulado CONOCIMIENTO Y MANEJO DE UNA ESTACION TOTAL ELECTRONICA, da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, abril de 1, 1996.

JDIS/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA

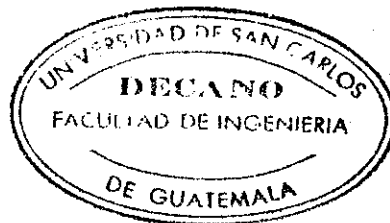
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis CONOCIMIENTO Y MANEJO DE UNA ESTACION TOTAL ELECTRONICA, del estudiante Marco Antonio Cornejo del Valle, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, abril de 1, 996

/bbdeb.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS MI DIVINO CREADOR:

Mi agradecimiento infinito, por haberme concedido sabiduría y conocimiento.

MIS PADRES:

Marco Antonio, por su apoyo y Blanca Ilda, por su amor y dedicación.

REVERENDO:

Salvador Rojas Palacios, por su ayuda y consejos.

MI ESPOSA:

Angélica, por su amor y solidaridad.

MIS ABUELITOS:

Jaime Vela y Carmen Marroquín, por su comprensión.

MI HERMANA:

Silvia Verónica, por su apoyo.

SEÑOR:

Cristian López, por su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas y empresas que intervinieron en la elaboración de la presente tesis, especialmente a:

Ing. Mario Meléndez por su asesoría.

Agencias CIRC de Guatemala, por su valioso apoyo logístico.

I.P.M. por la colaboración prestada en el levantamiento de campo con la Estación Total.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	3
GENERALIDADES	7
CAPITULO I	
CARACTERISTICAS Y ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL INSTRUMENTO	
1.1 Características	18
1.1.1 De funcionamiento	18
1.1.2 Técnicas	21
1.2 Partes físicas del instrumento	25
1.3 Accesorios del instrumento	27
1.4 Accesorios del equipo de reflexión	31
1.5 Función operacional en pantalla	32
1.5.1 Diagrama de Modalidad (Menú)	32
1.5.1.1 Programas de la estación total	35
a) Software integrado	
b) Software de oficina	
1.5.1.2 Simbología	39
1.5.1.3 Funciones de las teclas	40
CAPITULO II	
INSTALACION Y PREPARACION DEL INSTRUMENTO	
2.1 Estacionamiento	43
2.1.1 Centrado	44
2.1.2 Nivelado	44
2.2 Preparación para medir	48
2.2.1 Inicialización de los círculos verticales y horizontales	49
2.2.2 Enfoque y observación de la señal de puntería	50

CAPITULO III

MANEJO DEL INSTRUMENTO

3.1 Advertencias y requerimientos previos	51
3.2 Medidas	57
Angulos, distancias, coordenadas y desniveles	

CAPITULO IV

APLICACIONES DE MEDIDAS AVANZADAS

4.1 Aplicaciones	82
4.1.1 Replanteo	82
4.1.2 Replanteo rápido (tracking)	90
4.1.3 Medidas de bisección	91
4.1.4 Medidas de elevación remota	96

CAPITULO V

LEVANTAMIENTO DE POLIGONAL CERRADA Y NIVELACION

5.1 Con instrumentos tradicionales	99
a) Teodolito Sokkisha Tokio 140285	
5.2 Con estación total electrónica	111
a) Teodolito Sokkia Set 5A	
5.3 Análisis y comparación de resultados obtenidos	131

CONCLUSIONES	135
---------------------	------------

RECOMENDACIONES	137
------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA	138
---------------------	------------

INTRODUCCION

El objeto de la presente tesis es, introducir al profesional de la Ingeniería en la utilización de los instrumentos electrónicos modernos de medición, por lo que se presentan de una manera práctica y consistente las ventajas en la elaboración de medidas, en cuanto a ahorro de tiempo, precisión, confiabilidad y sobre todo la minimización de errores en los datos que se obtienen con estos instrumentos, a diferencia de los obtenidos con aparatos convencionales anteriormente utilizados.

Esperando de esta forma aportar a los profesionales y futuros profesionales de la Ingeniería un apoyo en cuanto a la caracterización y función de la Estación Total, tomando como ejemplo el SOKKIA SET5A.

La presente tesis está integrada por cinco capítulos que incluyen: el primero las características y elementos del instrumento a fin de conocer todas las partes que lo integran, los accesorios opcionales con que se puede operar y los programas existentes y alternativos del software; el segundo, que trata sobre la instalación y preparación del instrumento, previo a realizar cualquier medida; el tercer capítulo incluye el manejo del instrumento y las precauciones que se deben tomar al realizar las medidas; el cuarto capítulo describe las aplicaciones de medidas avanzadas que se pueden operar con el instrumento, para luego en el capítulo quinto presentar una medición de poligonal cerrada y

nivelación con instrumentos convencionales y con la estación total, para demostrar a través del análisis de la información obtenida las grandes ventajas que representa la utilización de la Estación Total, en comparación a los instrumentos tradicionales.

Lo más importante de todo este trabajo, es comprobar de forma clara que la adquisición y el aprendizaje de la utilización de un instrumento de medición moderno, se pueden reducir tanto el tiempo como los costos, logrando mayor efectividad en el trabajo de la topografía al cometer menos errores.

II. OBJETIVOS

- a) Que tanto el estudiante como el profesional de Ingeniería conozcan las unidades modernas de medición.
- b) Tener un documento consistente y confiable para el manejo de dicha unidad.
- c) Conocer las ventajas y desventajas que presenta la estación total electrónica respecto a los aparatos de medición convencionales.

GENERALIDADES

La inserción del profesional de la ingeniería o ejecutor en el campo de la topografía al conocimiento y manejo de los instrumentos modernos de medición envuelve el conocimiento y manejo del instrumento más evolucionado para medir ángulos, llamado Teodolito.

El teodolito, es un instrumento que permite realizar desde las más simples mediciones, hasta levantamientos y replanteos muy precisos, a pesar de que continúa utilizando los parámetros iniciales o principios básicos de la Topografía.¹

Las mayores ventajas en la utilización del Teodolito, es el ahorro del tiempo en la ejecución del trabajo, la precisión de sus resultados y la minimización de errores de medición.

Por la gran variedad de aplicaciones que de su uso se pueden obtener es el aparato universal de la Topografía, cuyas partes esenciales son: a) brújula; b) telescopio central; c) círculo graduado en posición horizontal; d) círculo graduado en posición vertical; e) la base; y, f) trípode.

¹ Alcantara García, Dante. Topografía. Imprenta Carbayón, México 1,990. Pág. 52

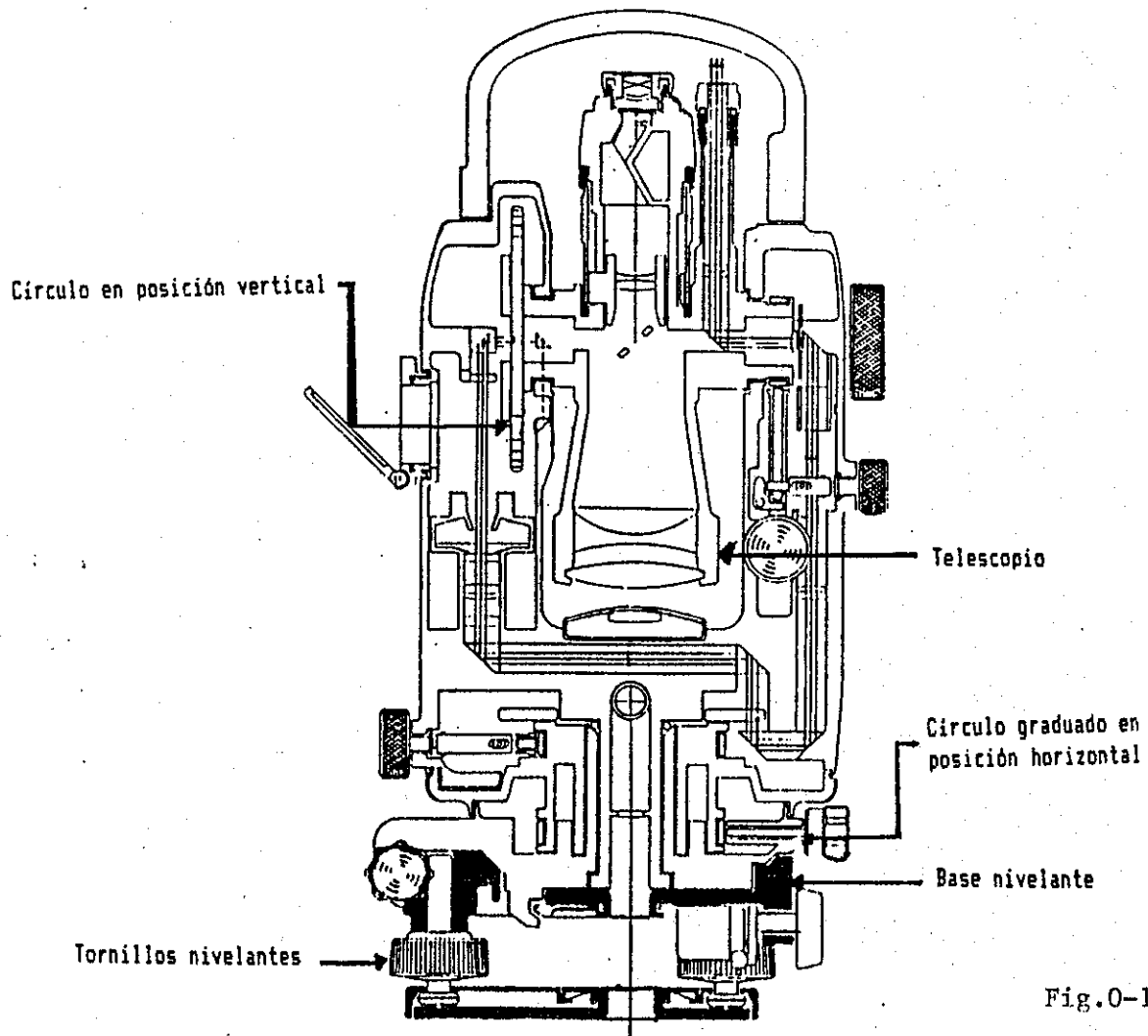


Fig.0-1

Con los elementos anteriores y la estructura mecánica se pueden obtener ángulos horizontales y ángulos verticales; determinándose mediante el cálculo y apoyo de elementos auxiliares, distancias horizontales, verticales, inclinadas y niveles.

En la actualidad, el teodolito más frecuentemente usado es el de micrómetro óptico; llamado de esta manera porque los datos o lecturas angulares se realizan en círculos he-

chos sobre cristal y se aproximan mediante un micrómetro tipo óptico y un microscopio.

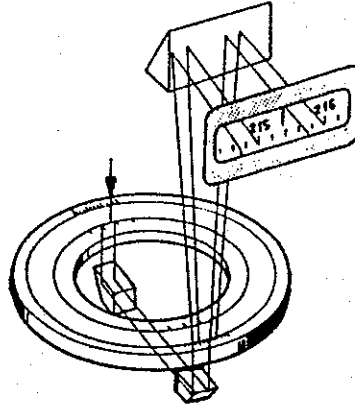


Fig.0-2

Teodolito electrónico, puede decirse que opera de igual manera que el teodolito de micrómetro óptico. Los métodos para colocar y operar el instrumento son idénticos, la diferencia fundamental consiste en el dispositivo electrónico que permite leer a elección del operador ángulos horizontales o verticales en una pantalla (display) en forma digital.

Teodolito
Electrónico

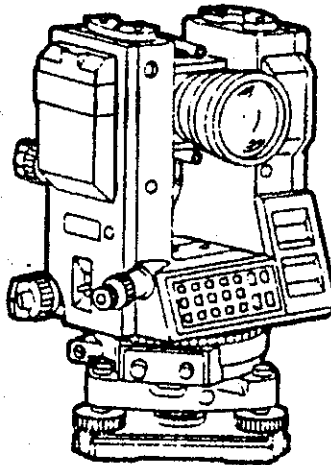


Fig.0-3

Medida de Distancia:

Desde tiempos antiguos, los métodos de medida de distancia han ido evolucionando de muchas formas, prevaleciendo hasta nuestros días los siguientes:

- a) Métodos Directos
- b) Métodos Indirectos

Métodos Directos:

Básicamente consisten en extender el carrete o cinta a la distancia deseada y la medida se obtiene en el instante de la lectura.

Debido a que es una medida directa frecuentemente se cometen errores en el campo, los cuales deben cuantificarse y corregirse, dentro de dichos errores se pueden mencionar:

- Errores sistemáticos:

- Longitud falsa de la cinta
- Error por temperatura
- Error por tensión: - alargamiento - catenaria
- Inclinación de la cinta

- Errores accidentales:

- Falta de horizontalidad
- Longitudes falsas por salvar obstáculos

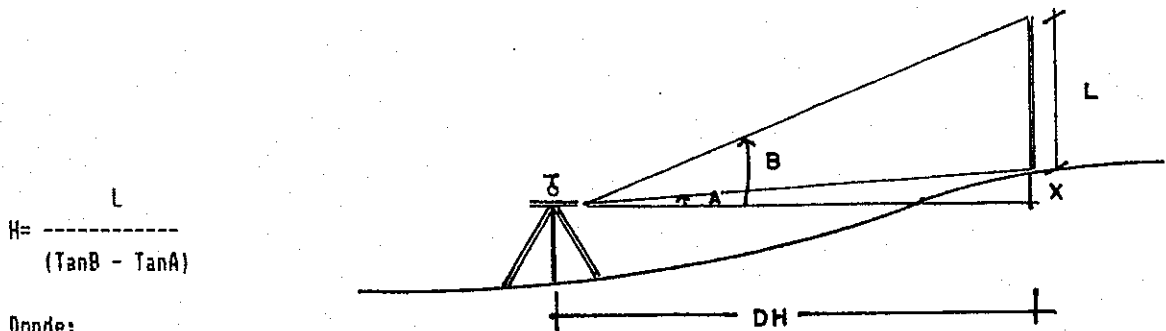
Métodos Indirectos:

Fundamentalmente se auxilian del cálculo matemático y de elementos de medida para poder obtener la información requerida, según el trabajo que se efectúe.

En la actualidad los de carácter convencional más utilizados en la Topografía son:

- Trigonométrico:

Construye sistemas geométricos auxiliándose del teodolito y el estadal, determinando por medio de triángulos rectángulos las proyecciones deseadas.



Donde:
 Tan = función trigonométrica
 H = distancia horizontal
 L = longitud del estadal (4 mts.)
 A y B = ángulos de inclinación

Fig.0-4

- Taquimétrico:

Este método obtiene las distancias por medio de la lectura de los hilos estadimétricos y el ángulo de inclinación y parámetros propios del teodolito (k,c), para que con ellos y mediante una ecuación se pueda encontrar la medida correspondiente.

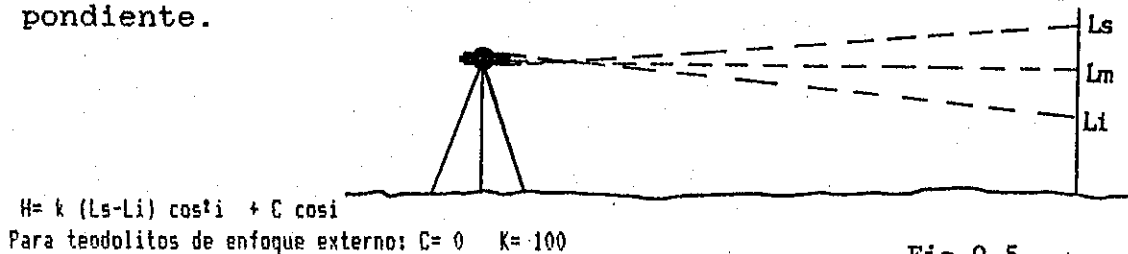


Fig.0-5

Donde:

H= Dist. horizontal

K= const. de multiplicación

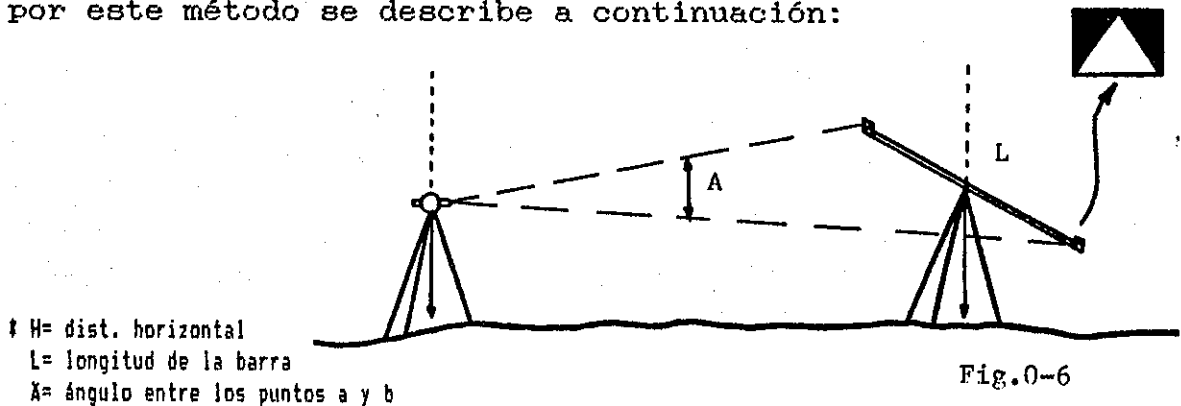
C= const. del retículo

i= ángulo de inclinación

- Barra subtensa o barra urrutia:

Es una barra de 2 metros de longitud, sostenida por un trípode; permite hacer medidas de aproximadamente 500 mts. como máximo.

El análisis trigonométrico para encontrar distancias por este método se describe a continuación:



Este método es también llamado de la Mira Urrutia, ya que fue el Ingeniero Claudio Urrutia, el que relacionando ángulos y distancias conocidas, determinó la ecuación que hasta nuestros días lleva su nombre y permite encontrar distancias relativamente grandes.

Ecuación del Ing. Claudio Urrutia.

H = Dist. horizontal buscada

A = ángulo entre a y b

L = Longitud de la barra

$$H = \frac{360^\circ (60)(L)}{2 \pi A}$$

Distanciómetro electrónico:

El principio fundamental de estos instrumentos radica en encontrar el tiempo de ida y vuelta de ondas entre el aparato emisor y el prisma reflectante.

Las ondas utilizadas por los distanciómetros pueden ser de fuente electromagnética o de fuente luminosa, que se desplazan en el ambiente a una velocidad relativamente constante, lo que permite al aparato determinar distancias basándose en expresiones como ésta: ²

$$D = TL \left[\frac{VL}{2} \right]$$

D = Distancia
TL= Tiempo empleado de la onda luminosa de ida y vuelta
VL= Velocidad de la onda luminosa en el vacío

Los distanciómetros actuales emplean la técnica de medición de diferencia de fase y utilizan como onda portadora la radiación infraroja (onda luminosa), que se logra por medio de un emisor de arseniuro de galio o por medio de rayo láser; ya sea de rubí o de gas helio-neón; así el rayo emitido choca con el prisma reflectante y en función del tiempo se puede encontrar la distancia.

Las ondas de fuente luminosa o de rayo infrarojo tienen

² Alcántara García, Dante. Ob. Cit. Pág. 28

menor alcance que las coherentes con rayo láser. Puede decirse que mientras que con el rayo infrarojo se miden distancias de 700 a 800 mts., con el rayo láser es factible medir entre 12 y 60 kms.

Las medidas obtenidas por cualquiera de ambas ondas, están sujetas a correcciones, debido a condiciones atmosféricas, tales como: refracción, absorción y dispersión de ondas, partículas de polvo, humo, lluvia, vapor de agua, etc., que impiden que la propagación de la onda se de en forma ideal.

Hoy en día los distanciómetros son capaces de reducir al máximo los posibles errores provocados por dichos factores, introduciendo a su sistema las constantes por temperatura y presión atmosférica. Además proporcionan en una forma automática y en cuestión de segundos las distancias inclinada y la reducida al horizonte.

Un factor de amplia relevancia en medir con el Distanciómetro Electrónico lo constituyen los prismas reflectantes, que tienen como función, reflejar los rayos en la misma dirección en que llegan. Su precisión depende de su perfecta construcción, ya que las caras del cristal deben ser perfectamente paralelas y sus lados perpendiculares, el tamaño y el número de ellos, dependerá de la distancia a medir o bien de la potencia de emisión de la fuente de onda. (Ejemplo, ver página siguiente).

Distanciómetro

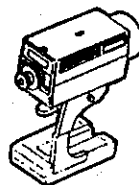
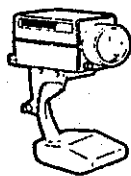


Fig.0-7

Prismas

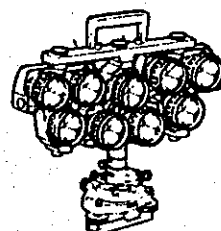
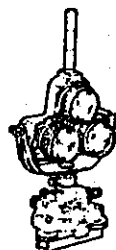
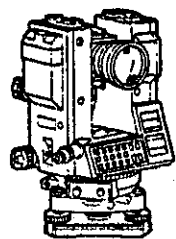


Fig.0-8

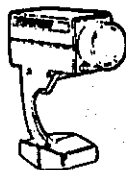
Estación Total:

La Estación Total Electrónica puede representarse gráficamente de la siguiente manera:



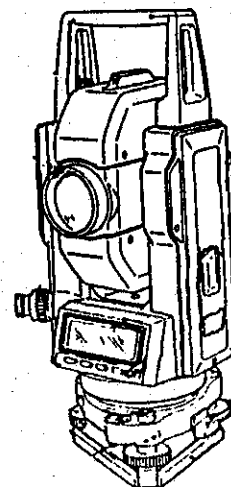
Teodolito electrónico

+



distanciómetro

=



Estación Total
Electrónica

Fig.0-9

La Estación Total, es un instrumento que permite definir en una forma completa un punto topográfico, en cuanto a su distancia, ángulo y coordenadas (X,Y) y Nivel (Z).

Reúne en un sólo instrumento, un teodolito electrónico, un distanciómetro y una unidad inteligente (software), que permite obtener ángulos y distancias en término de segundos y en una forma precisa.

La nueva tecnología ha reducido el grado de dificultad en la obtención de los datos de campo de ángulos y distancias, por ejemplo: para obtener la magnitud y sentido de una línea topográfica, basta colocar el prisma reflectante en los puntos deseados, visualizarlos con el telescopio, introducir las constantes pertinentes y oprimir una tecla para que en la pantalla aparezca toda la información. Cabe decir, que las dificultades que representaba leer un ángulo o tomar una distancia con los aparatos y medidas convencionales, han desaparecido con la creación de la Estación Total.

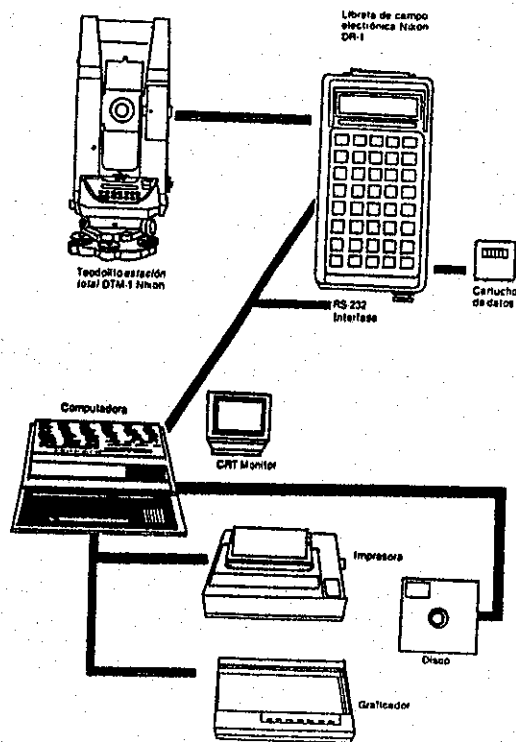
La unidad inteligente (software), integrada a la Estación Total, cuenta con programas para su aplicación en el campo, entre los cuales se pueden mencionar:

- Medida de coordenadas.
- Medida de bisección entre dos puntos.
- Medida de desnivel entre dos puntos.
- Medida de elevación remota (REM).
- Medida de replanteo (Tracking).

Los que con su correcta utilización pueden resolver con mayor facilidad los problemas que con frecuencia se pre-

sentan.

El fin primordial de la estación total es la reducción de tiempo en los trabajos topográficos y el error humano, por lo que la unidad cuenta con un dispositivo externo para grabar o archivar información de campo, llamado Libreta Electrónica, la que mediante un interface transfiere la información obtenida a una computadora, que al procesar la información, a través de los programas creados para esta función, los transfiere a un graficador que elabora los planos requeridos.



F6g.0-10

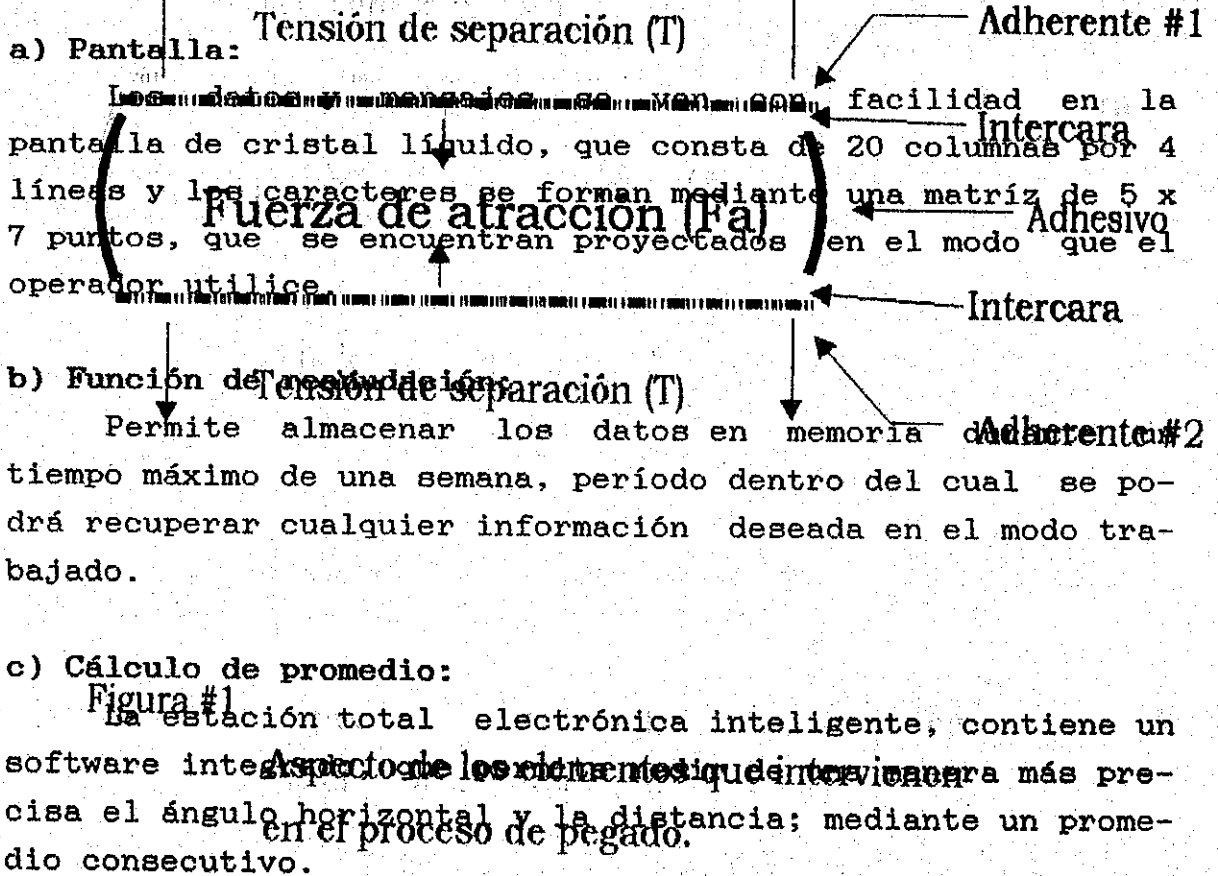
Conjunto de dibujos para la construcción del equipo.

CAPITULO I

CARACTERISTICAS Y ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL INSTRUMENTO

1.1 CARACTERISTICAS

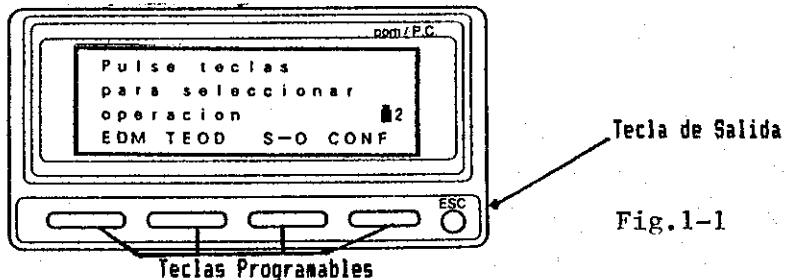
1.1.1 DE FUNCIONAMIENTO:



La unidad inteligente (software) cuenta para estos dos casos particulares de medida, con un menú acorde a las necesidades del operador, los que se verán con más detenimiento en el desarrollo de la presente tesis.

d) Teclado programable:

Se entiende como tecla programable aquella que tiene dos o más funciones y pueda cambiar su función a otros modos de medida.



Esta unidad ha sido programada de manera que es posible hacer un arreglo de las posiciones de las funciones de las teclas según las necesidades del usuario, con excepción de la tecla para salir.

e) Medida avanzada:

El ahorro de tiempo y de trabajo en la actualidad es uno de los principales factores que todo buen profesional de la ingeniería debe procurar al máximo, motivo por el cual la estación total cuenta con programas incorporados de medida, para solucionar en una forma más precisa y veraz los problemas que con frecuencia se encuentra en el trabajo de campo, como por ejemplo:

- * Medida de bisección
- * Medida de coordenadas
- * Medida de elevación remota
- * Medida de replanteo
- * Medida de desnivel entre dos puntos

† Se encuentran desarrolladas en el Capítulo IV bajo el tema de Aplicaciones.

f) Compensador de ángulos:

Los errores cometidos al momento de centrar y nivelar el instrumento, pueden ser percibidos al activar los ángulos verticales y horizontales, y ser compensados mediante los sensores de inclinación de doble eje, reduciendo con ello el error humano. ³

g) Salida de datos:

La información puede ser recopilada y procesada mediante un dispositivo auxiliar externo, llamado **Libreta Eléctronica**, que puede conectarse a la estación total y permite facilitar el proceso de ejecución de datos de oficina y de campo, diseñando sus propias librerías de códigos de características, creando tantas como se necesiten.

Dentro de algunas características de aplicabilidad se tienen:

1) Diseño de carreteras:

- Secciones típicas asimétricas.
- Diseño y replanteo de trazos en planta.
- Toma de perfiles de carreteras utilizando distancias al origen y distancias al eje de la misma.

2) Poligonales cerradas:

- Calcula el error angular y de distancias.
- Calcula el área de cualquier polígono.
- Subdivide especificando el área requerida y si se

³ Ver Capítulo III. Manejo del Instrumento.

desea, la línea de corte puede ser fijada a uno de sus extremos o a un punto del perímetro o paralelo a alguna línea.

Además es compatible con más de 50 paquetes de software de oficina.

1.1.2 TECNICAS

a) Anteojo:

- Giro completo, distanciómetro coaxial con óptica para transmisión y recepción integradas en el anteojo del teodolito.
- Longitud 165 mm (6.5 pulg.).
- Apertura del objetivo 45 mm (1.8 pulg.).
- Aumentos de 26 x imagen.
- Resolución 3.5".
- Campo de visión: 1- 30' (26m/1.000m).
- Enfoque mínimo: 1.3m (4.3 pies).

b) Círculos verticales y horizontales:

- Exploración por codificador rotatorio por incremento fotoeléctrico.
- Ambos círculos adoptan una detección diamétrica y poseen puntos índices de "0" absoluto.
- Resolución de despliegue en pantalla (display) angular seleccionable:
 - 1 mgon (10cc), 5", 0.02 mil.
 - 2 mgon (20cc), 10", 0.05 mil.

- **Precisión:**

1.5 mgon (15cc), 5".

- Tiempo de medición menos de 0.5 segundos.

c) Compensador de doble eje:

- Tipo: Sensor de inclinación líquido de doble eje.

- Rango o campo de compensación: $\pm 3'$ (+ 55 Mgon).

- Resolución del display depende de la selección de resolución angular.

d) Lecturas en pantalla:

- Angulo Horizontal:

- Horario.

- Antihorario.

- Acumulación de ángulos a la derecha.

- Puesta a "0".

- Retención de ángulo.

- Angulo Vertical:

- Angulo del cenit (cenit "0").

- Angulo vertical (horizontal "0").

- Angulo de altura (horizontal $0 \pm \%$ pendiente seleccionable).

e) Características de medición de distancias:

- Distanciamiento electrónico incorporado con luz de infrarojos modulada electro-óptica:

- Rango máximo (distancia geométrica).

1) Condiciones favorables:

- Ligera bruma

- Período soleado 20 km (12 millas)

- Poca centella

2) Condiciones buenas:

- Sin bruma
- Nublado
- Sin centella

40 Km (25 millas)

Prismas	Condiciones favorables	Condiciones buenas
Prisma compacto	500 m (1,600`)	- - - - -
Un prisma	800 m (2,600`)	1,000 m (3,300`)
Tres prismas	1,000 m (3,300`)	1,200 m (3,900`)

f) Resolución del display:

- Medida fina y rápida 0.001m (0.01 pies).
- Medida rápida (tracking) 0.01m (0.1 pies).

g) Precisión (desviación estandar):

- Fino: \pm (5mm + 3ppm.D).
- Tiempo de medición:

Fino:

Inicial = 4.1 segundos.
Subsiguientes = cada 3 segundos.

Rápido:

Inicial = 1.4 segundos.
Subsiguientes = cada 0.4 segundos.

h) Corrección automática:

- Atmosférica:
De -499ppm a 499ppm en pasos de 1ppm.
- Constante del prisma:
De -90mm a 0mm en pasos de 10mm.

i) Sensibilidad de niveles:

- Nivel de placa: 40"/2mm.
- Nivel circular: 10"/2mm.

j) Plomada óptica:

- Imagen directa (.3x).
- Enfoque mínimo 0.1m (0.33 pies).

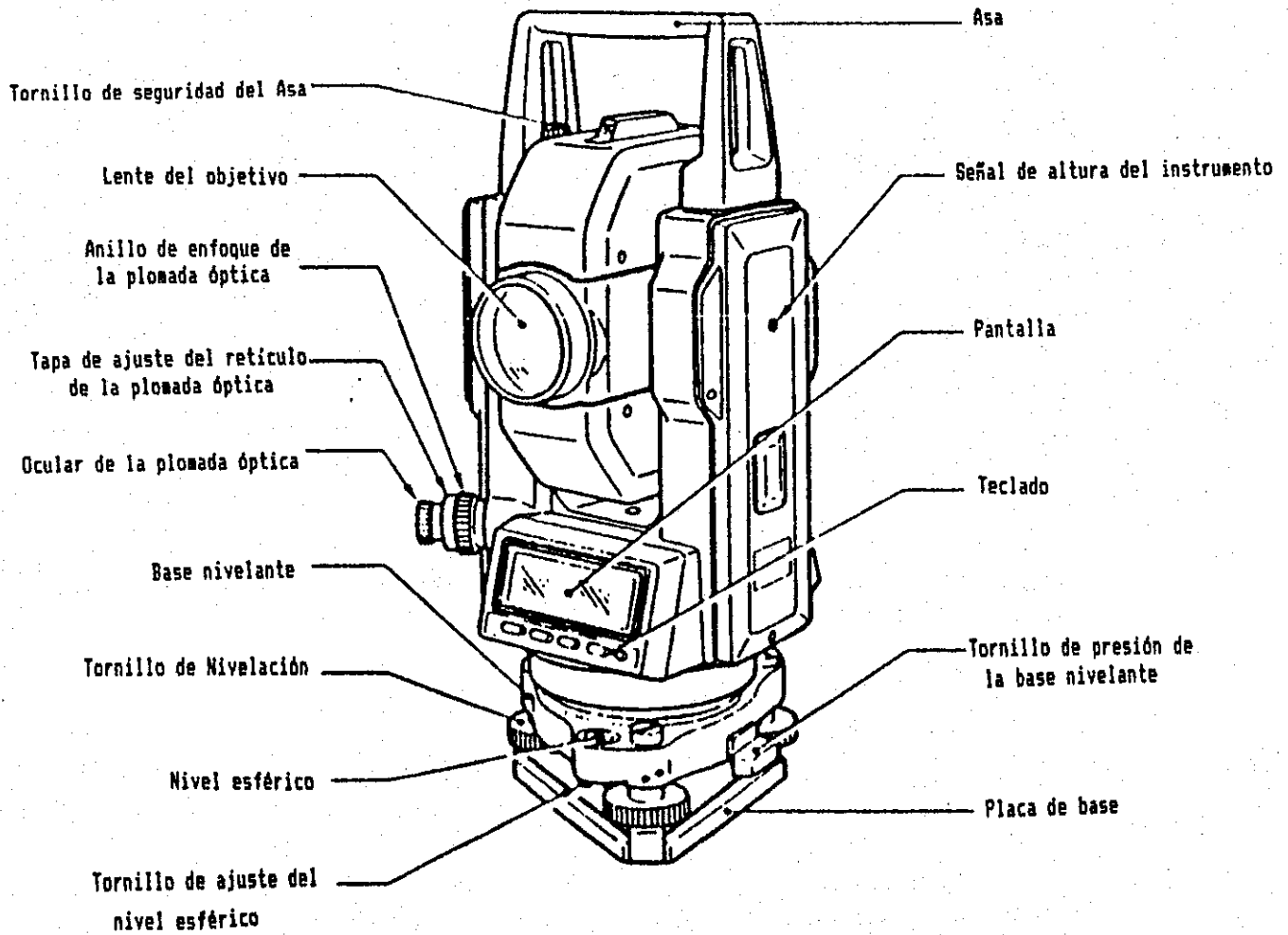
Características físicas:

- Dimensiones sin asa:
 - Ancho: 150 mm.
 - Fondo: 165 mm.
 - Alto: 320 mm.
- Dimensiones con asa y batería:
 - Ancho: 150 mm.
 - Fondo: 165 mm.
 - Alto: 365 mm.
- Peso sin asa y batería:
 - De instrumento: 5.8 kg (12.8 lb).
 - De batería: 0.235 kg (8.3 oz).
 - De asa: 0.200 kg (7.0 oz).
- Temperatura de funcionamiento:
 - 20° C - 50° C.
 - 4° F - 122° F.

1.2 PARTES FISICAS DEL INSTRUMENTO

A N V E R S O

Fig.1-2



REVERSO

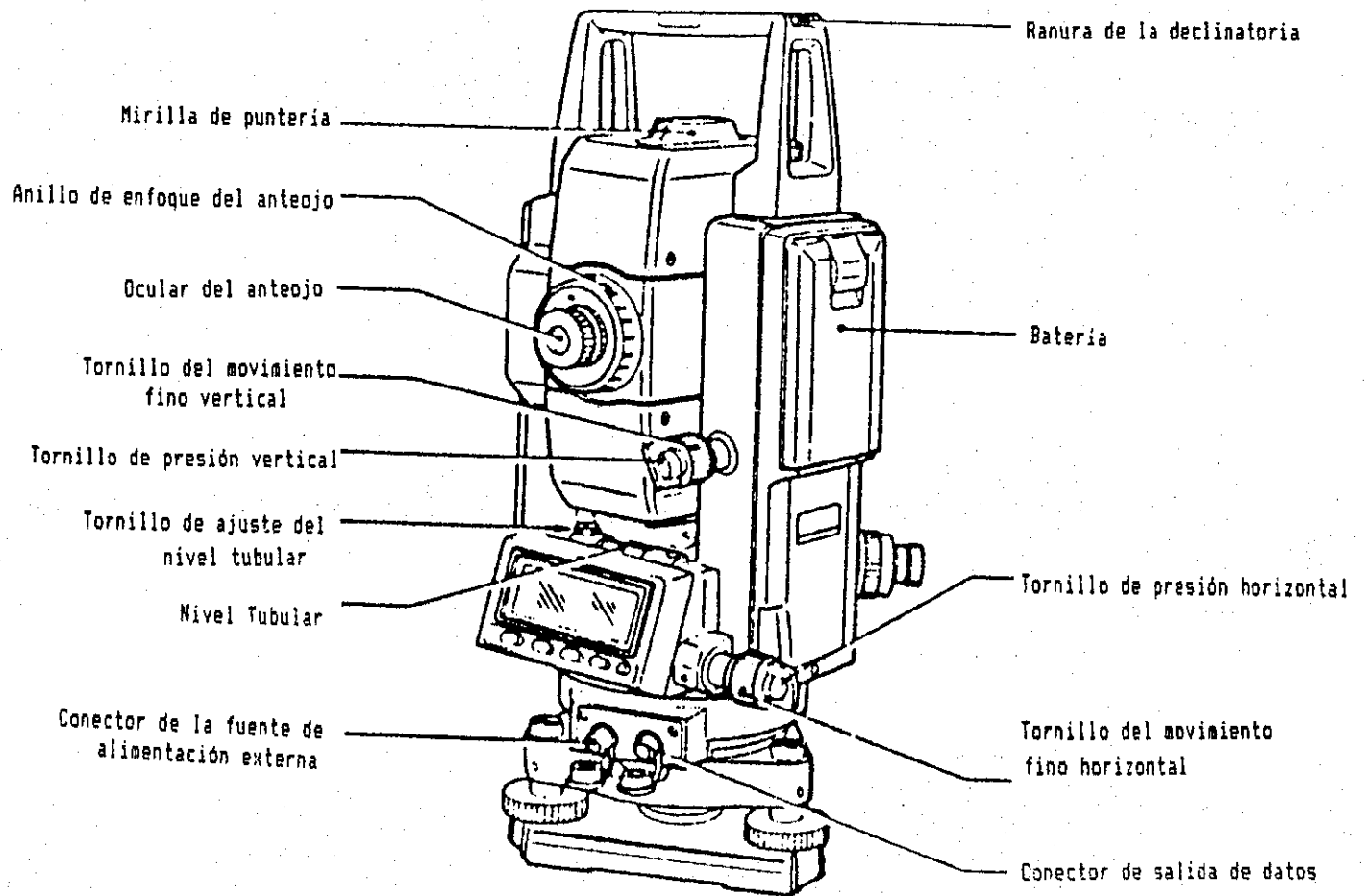
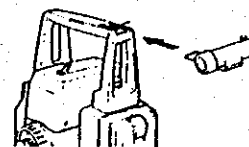


Fig. 1-3

1.3 ACCESORIOS DEL INSTRUMENTO

a) Accesorios Estandar:

BRUJULA TUBULAR CP7
(Precisión $\pm 1 \text{ } \circ$)



ASA



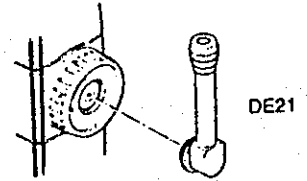
PLOMADA MECANICA



Fig. 1-4

b) Accesorios Opcionales:

OCULAR DIAGONAL DE21-----



FILTRO SOLAR OF1-----



OF1A-----



LIBRETA ELECTRONICA-----

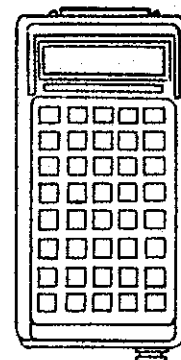
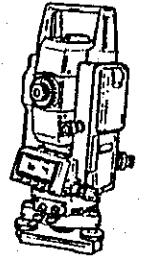







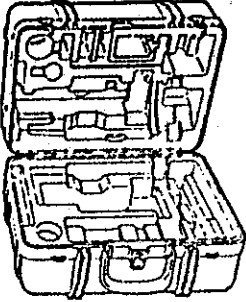


Fig.1-5

c) Accesorios Estandar:

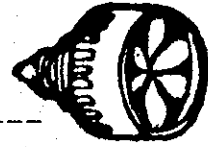
- 1) Unidad principal SET5A/SET5AS:-----
- 2) Bateria interna BDC25:-----
- 3) Cargador de batería CDC27/CDC31:-----
- 4) Adaptador del cargador de batería EDC19:-----
- 5) Brújula tubular CP7:-----
- 6) Tapa de la lente:-----
- 7) Caperuza de la lente:-----
- 8) Cubierta de vinilo:-----



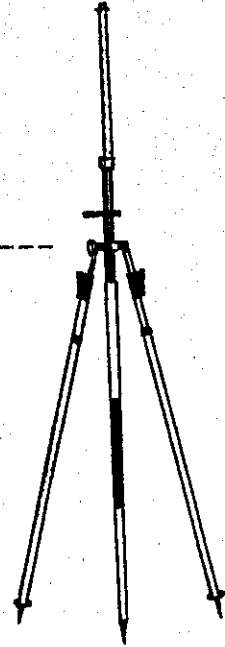
- 9) Plomada mecánica:-----
- 10) Bolsa de herramientas:-----
- 11) Destornillador:-----
- 12) Cepillo de la lente:-----
- 13) Clavija de ajuste:-----
- 14) Paño para limpieza:-----
- 15) Manual del operador:-----
- 16) Estuche:-----

1.4 ACCESORIOS DEL EQUIPO DE REFLEXION

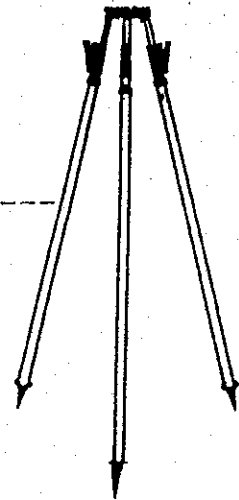
PRISMA-----



BARRA-----



TRIPODE-----



1.5 FUNCION OPERACIONAL EN PANTALLA:

Básicamente se entiende como función operacional en pantalla al Diagrama de Modalidad u operación gráfica del instrumento, que se describe a continuación.

1.5.1 DIAGRAMA DE MODALIDAD (Menú)

El diagrama de modalidad es la representación gráfica de las opciones de operación del instrumento y consta de cinco modos a saber:

a) El modo básico o menú principal:

Aparece al encender el Teodolito y muestra en pantalla los cuatro Modos de operar del instrumento.

b) El modo EDM:

Por medio del cual se pueden operar la:

- Medida de distancia.
- Medida REM.
- Medida de desnivel entre puntos.
- Corrección atmosférica.
- Comprobación del rayo de retorno.
- Examen de datos medidos.

c) El Modo de configuración:

Por medio del cual se logra:

- La colocación de parámetro.
- La asignación de función de tecla.
- La ajuste del sensor de inclinación.

d) El modo de teodolito:

En este Modo se obtiene:

- Visualización de ángulo de inclinación.
- Medida repetida.
- Posición 0 del ángulo horizontal.
- Fijación del ángulo horizontal.
- Angulo horizontal a la derecha o a la izquierda.
- Pendiente en %.

e) El modo de S-O:

Por medio del cual se obtiene la:

- Medida de coordenadas.
- Medida de replanteo.
- Medida de bisección inversa.

* Ver Diagrama de Modalidad en la página siguiente.

DIAGRAMA DE MODALIDAD

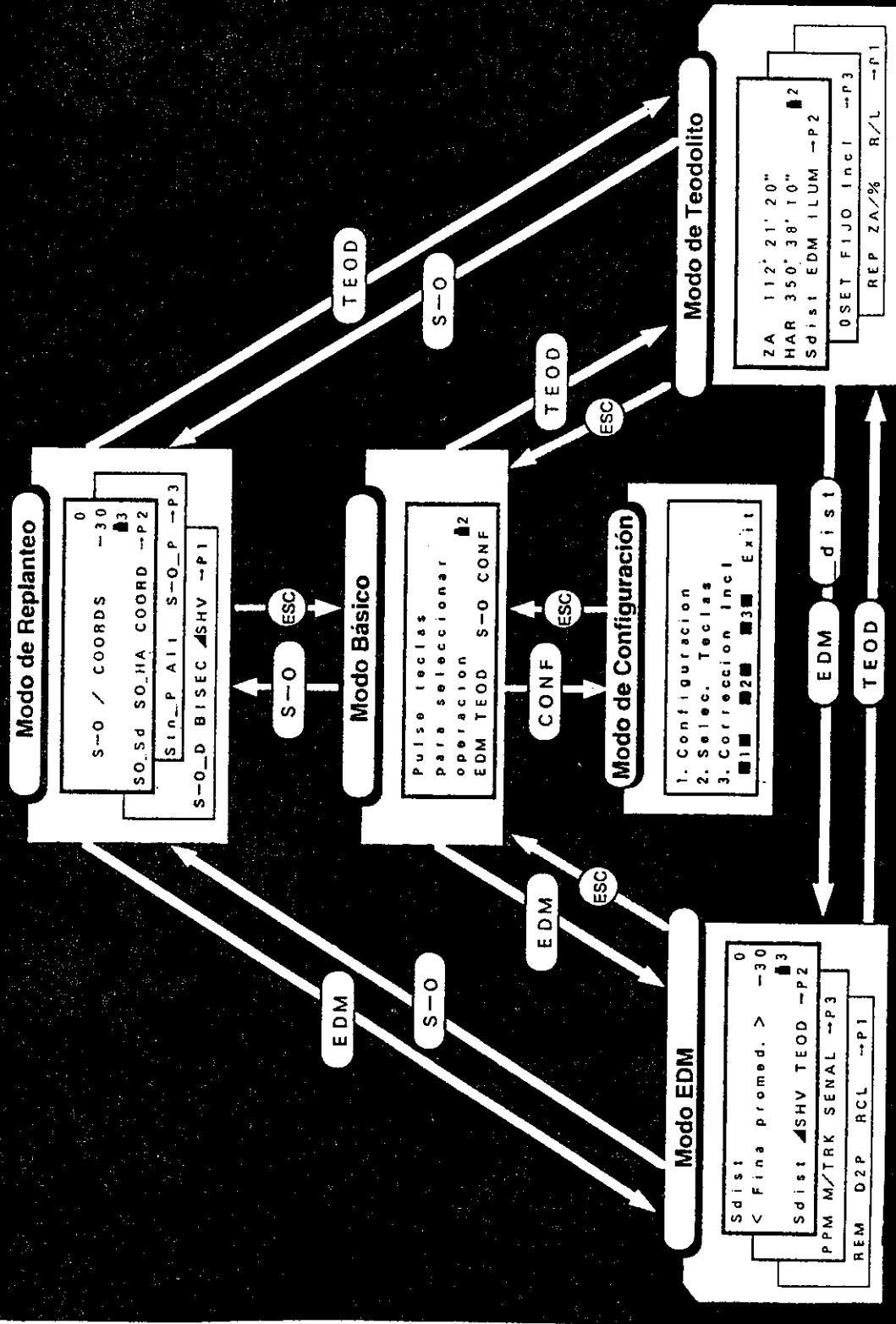


Fig.1-8

1.5.1.1 PROGRAMAS DE LA ESTACION TOTAL

a) Dentro de los programas integrados en el software de la Estación Total se encuentran los siguientes:

- 1) Medida de coordenadas.
- 2) Medida de avanzada.
- 3) Medida de ángulos.
- 4) Medida de bisección entre dos puntos.
- 5) Medida de desnivel entre dos puntos.
- 6) Medida de elevación remota (REM).
- 7) Medida de replanteo (Tracking).

Con los programas anteriores se pueden elaborar medidas de ángulo horizontal entre dos puntos, pendiente en %, medidas de coordenadas tridimensionales, medidas de distancia y ángulo, determinar coordenadas de la estación, medir distancia geométrica o distancia horizontal, medir altura de objetos, replantear medidas y otras más; de forma precisa y con un mínimo de error, tomando en cuenta siempre la preparación adecuada del instrumento y su correcta utilización, sin olvidar las correcciones atmosféricas y de temperatura, y las comprobaciones de la información que se obtiene.

b) Dentro del software de oficina o programas alternativos la estación total cuenta con los siguientes:

1) SOKKIA:

Es la solución a las necesidades del manejo de datos para mapas. Es un programa avanzado que permite de manera

sencilla su utilización y la realización de los trabajos.

Cuenta con una diversidad de módulos que se operan a través de una base de datos común llamada MAP, que se identifican con los nombres de: LAN, VOLUMES, PROFILES, ROADING, GPSmap, MOSSlink, COMMSplus, LINK, CALC, CONTOUR, DIGITIZE.

Con ellos se pueden realizar reducciones de datos de campo y generación automática de mapas, cálculo de geometría coordinada y observación solar, modelos digitales de terrenos, de curvas de nivel y perspectivas en tres dimensiones, cálculo de volúmenes y perfiles, cuadros de secciones, planos, diseños, gráficas y reportes de carreteras, apoyo a la aplicación de cinemática GPS, información digital para mapas, comunicación con sistemas MOSS, pendientes, reducción de costos y otros.

2) CARTOMAP:

Con Cartomap se pueden introducir datos por teclado utilizando cualquier combinación de ángulos y distancias, coordenadas o lectura de hilos, a través de colectores de datos de cualquier fabricante conectados a Estaciones Totales, permite la lectura de ficheros ASCII, DXF, de restitución PLANCAR, DGRAF, ASCII-DIGI, BC-3 y de otros programas.

Este programa consta de tres módulos: Topografía y Curvado; Dibujo y Perfiles y el de Versión Integra.

En el Módulo de Topografía y Curvado se pueden realizar

autocroquis, cálculos topográficos, modelos digitales del terreno, curvas de nivel, indicación de estaciones y puntos, replanteos y comunicaciones, etc.

En el Módulo de Dibujo y Perfiles se pueden realizar perfiles, cubicación, cálculo de volúmenes, etc.

En el Módulo de Versión Integra de Cartomap, además de realizar los dos módulos anteriores, permite elaborar edición de rasantes, de secciones tipo, tratamiento de ramales, ensanche y mejora o refuerzo de firmes ya existentes.

3) AUTOCAD:

Se basa en las capacidades, la funcionalidad y flexibilidad del sistema de arquitectura abierta, que permite adaptarse a un sin fin de necesidades, contando con 4,500 aplicaciones desarrolladas de manera independiente. Sus avanzadas características le dan un nuevo sentido a las palabras valor, productividad, calidad y relación costo-efectividad.

Automatiza el diseño asistido por computadora en todos los niveles del proceso de creación, desde la elaboración de dibujos básicos hasta el modelaje y visualización de sólidos.

Entre sus principales características se encuentran las siguientes: Geometría avanzada, tipos de línea especiales con formas y texto, modelaje integrado de sólidos en tres dimensiones, organización de dibujos y soportes para grupos de

1.5.1.2 SIMBOLOGIA

ZA	-	Angulo del Zenit ($z=0$).
VA	-	Angulo vertical ($H=0$)/ Angulo vertical ($H=0+90$) Pendiente en %.
HAR	-	Angulo horizontal a la derecha.
HAL	-	Angulo horizontal a la izquierda.
HAF	-	Fijación del ángulo horizontal.
HAR_p	-	Repetición del ángulo horizontal.
dHA	-	Angulo horizontal desde datos de replanteo.
X	-	Angulo de inclinación en dirección de la observación.
Y	-	Angulo de inclinación en dirección del eje horizontal.
L	-	Compensador del ángulo de inclinación activada.
S	-	Distancia geométrica -Pendiente en % en medida de distancia y desnivel entre puntos.
H	-	Distancia horizontal.
V	-	Diferencia de altura.
Ht.	-	Valor REM.
_tk	-	Datos de medida Tracking.
__A	-	Promedio de datos de medida.
Stn	-	Coordenadas de la estación del instrumento.
P	-	Datos de replanteo de coordenadas.
N	-	Datos de coordenada N.
E	-	Datos de coordenada E.
Z	-	Datos de coordenada Z.

1.5.1.3 FUNCIONES DE LAS TECLAS

EN TODOS LOS MODOS

Esc	Transfiere al modo básico.
Esc+ILUM	Encendido/Apagado de iluminación del retículo y de la pantalla.
Esc+OFF	Apaga el instrumento.
Esc+CE	Regresa a la pantalla anterior.
- pX	Va a la página siguiente.
Enter	Memoriza los datos seleccionados.
Salir	Sale de cada modo.
EDIT	Edita los datos.
EDM	Transfiere al modo EDM (Modo de medida de distancia).
TEOD	Transfiere al modo de Teodolito.
S-O	Transfiere al modo S-O (Modo de medida de replanteo).
CONF	Transfiere al modo de colocación.
↑	Traslada a la opción anterior/Cómputo ascendente.
↓	Traslada a la opción siguiente/Cómputo descendente.
→	Traslada a la opción derecha/Va a la columna siguiente.
1	Selecciona número 1.
2	Selecciona número 2.
3	Selecciona número 3.

EN EL MODO DE TEODOLITO

OSHT	Pone el ángulo horizontal en 0/ - Inicializa el círculo V.
FIJO	Fija/libera el ángulo horizontal.
Incl	Visualiza el ángulo de inclinación.
REP	Transfiere al modo de repetición.

PS	Termina la observación del punto no. 2.
PA	Termina la observación del punto no. 1.
ZA/%	Angulo cenital/Pendiente en %.
VA/%	Angulo vertical/Pendiente en %.
R/L	Selecciona ángulo horizontal derecho/izquierdo.

EN EL MODO EDM

<u>dist</u>	Mide la distancia.
SHV	Selecciona modo de distancia (S=Geométrica/H=Horizontal/V=Dif. Altura).
PPM	Va al modo de colocación del ppm.
M/TRK	Medida repetida o sencilla/Medida Tracking.
SEÑAL	Comprobación de la señal de retorno (parada: salir).
REM	Comienza medida de elevación remota.
D2P	Comienza medida de desnivel entre puntos.
S/%	Pendiente en % entre 2 puntos.
Move	Cambia la posición de comienzo.
RCL	Revisión de datos medidos en memoria.
f/m	Cambia metros/pies durante 5 segundos.
STOP	Para la medida.

EN EL MODO S-O (modo de replanteo)

SO_Xd	Comienza la medida de replanteo de distancia.
SO_HA	Comienza la medida de replanteo de ángulo H.

COORD	Mide coordenadas tridimensionales.
Stn_p	Introduce coordenadas de la estación del instrumento.
Alt	Introduce altura del instrumento y del prisma.
S-O_P	Introduce coordenadas del punto a replantear.
S-O_D	Introduce datos de la distancia a replantear.
BISEC	Va al modo de medida de bisección.
Conoc	Introduce coordenadas del punto conocido.
StnHt	Introduce altura del instrumento.
Obs	Comienza la observación de la estación conocida.
SHV	Selecciona modo de distancia de medida de replanteo.
Entra	Cambia los datos visualizados.
Si	Si.
No	No.
Borra	Cambia los datos a 0.
f/m	Cambia metros/pies durante 5 segundos.
STOP	Para la medida.

CAPITULO II

INSTALACION Y PREPARACION DEL INSTRUMENTO

2.1 ESTACIONAMIENTO

Es la operación que consiste en centrar y nivelar el instrumento en un punto topográfico.

El procedimiento para estacionar esta Unidad Electrónica es similar al de cualquier teodolito, tomando en cuenta siempre que para evitar errores en la nivelación, es necesario que las operaciones de carga y montaje de la batería y montaje de la brújula tubular -que a continuación se describen-, deben realizarse previo al montaje de la unidad.

a) Cargar Batería:

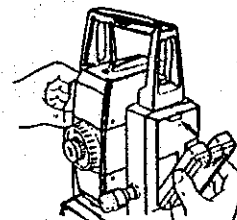
Los niveles de carga de la batería son cuatro:

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| a) Nivel 3 = 90 - 100 % | b) Nivel 2 = 50 - 90 % |
| c) Nivel 1 = 10 - 50 % | d) Nivel 0 = 0 - 10 % |

Estos se visualizan en pantalla en cualquier Modo de medida. Para cargar o recargar la batería hay que utilizar los dispositivos de alimentación que se mencionaron en los Accesorios Estandar y llevarla hasta el nivel tres.

b) Montaje de la Batería:

Cerrar la tapa del botón de liberación de la batería, para hacer coincidir la guía de la batería con el orificio de alojamiento en el el instrumento y presionarla.



c) Montaje de la Brújula Tubular:

Deslizar la brújula en la ranura que se encuentra en el asa del instrumento, aflojar el tornillo de precisión para dejar libre la aguja de la brújula.

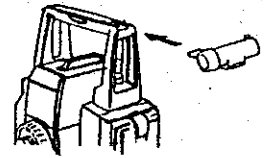


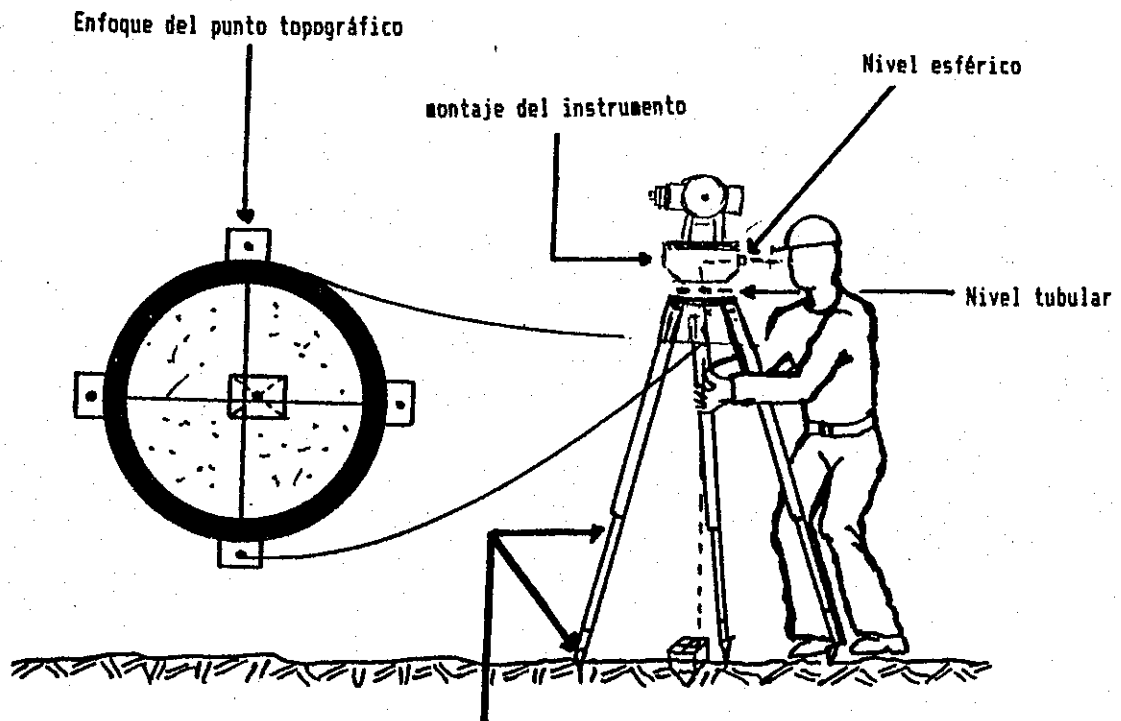
Fig.2-2

2.1.1 CENTRADO

Para centrar el instrumento hay que colocar el trípode de manera que la separación de las patas sea similar; la cabeza de éste debe quedar situada sobre el punto de la estación y los extremos firmemente anclados en el suelo; luego hay que montar el instrumento a la cabeza del trípode, tomándolo con una mano y con la otra apretando el tornillo de centrar hasta que quede bien asegurado; enfocar el retículo mirando a través del ocular de la plomada óptica y fijarla, posteriormente girar el anillo de enfoque y visualizar el punto topográfico; si éste no se encuentra centrado, ajustar el tornillo de la plataforma de nivelación y centrar el punto topográfico en el retículo de la plomada óptica.

2.1.2 NIVELADO

Para efectuar la nivelación, hay que centrar la burbuja del nivel esférico, observar la dirección de la desviación y acortar la pata del trípode más próxima o alargar la más alejada, recordando que es necesario ajustar una pata más para centrar la burbuja.



colocación del trípode y
anclaje de las patas en el suelo

Fig.2-3

a) Nivel Tubular:

Hay que iniciar aflojando el tornillo de precisión horizontal y girando la parte superior del instrumento hasta que el nivel tubular esté paralelo a una línea entre los dos tornillos de la plataforma nivelante, que les llamaremos A y B. Centrar la burbuja con los tornillos girándolos como se muestra en la figura 2-2; la burbuja se desplaza hacia el

tornillo que está rotando a la derecha.

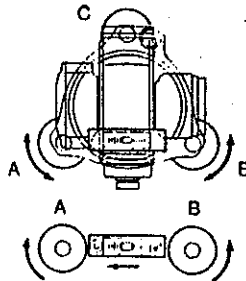


Fig. 2-4

Efectuada la operación anterior, girar la parte superior del instrumento 90° , el nivel tubular se encontrará perpendicular a la línea entre los tornillos A y B, centrar la burbuja usando el tercer tornillo que le llamaremos C en la forma que se muestra a continuación.

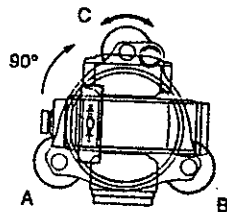


Fig. 2-5

Para verificar el nivel tubular se pueden emplear las dos opciones siguientes:

OPCION 1:

Girar otros 90° la parte superior del instrumento y observar si la burbuja se encuentra al centro del nivel tubular como se muestra aquí:

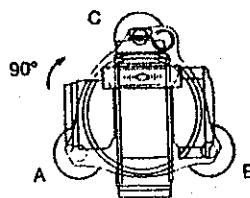


Fig. 2-6

Si al observar, la burbuja se encuentra descentrada ajustar los tornillos A y B por igual, y girarlos en direcciones opuestas para eliminar la mitad del desplazamiento de la burbuja; luego girar otros 90° la parte superior del instrumento y ajustar el tornillo C para eliminar la otra mitad del desplazamiento.

OPCION 2:

Girar la parte superior del instrumento 180° y comprobar la posición de la burbuja, si ésta aún se encuentra descentrada corregir la mitad del desplazamiento usando el tornillo C y corregir la otra mitad ajustando el tornillo con la palanquilla.

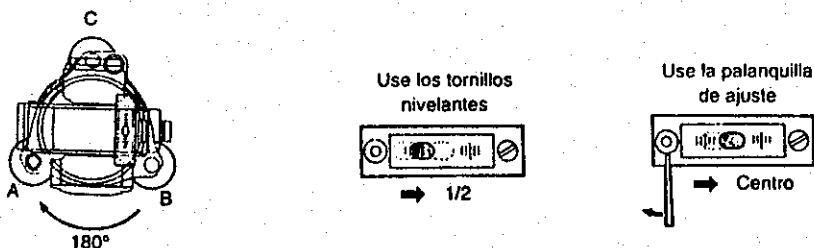


Fig.2-7

Después de realizada cualquiera de las dos opciones anteriores, comprobar si la burbuja del nivel esférico se encuentra centrada, si no fuera así se debe observar la dirección de la burbuja, aflojar el tornillo de ajuste más lejano de la dirección y centrar cuidadosamente la burbuja, posteriormente ajustar los tres tornillos hasta que la precisión de cada uno sea igual.

Nuevamente cerciorarse si la burbuja tubular y la del nivel esférico conservan su posición en cualquiera que sea la dirección en la que se ubique la parte superior del instrumento, en caso contrario repetir el procedimiento de nivelación.

Luego de realizada la operación de nivelado, es necesario rectificar el centrado, para lo que hay que aflojar ligeramente el tornillo de centrar y mirando por el ocular de la plomada óptica, deslizar el instrumento sobre la cabeza del trípode hasta que el punto topográfico esté exactamente centrado en el retículo, girar la parte superior 180° y comprobar nuevamente la posición del punto de la estación.

Para finalizar y contar con la Estación Total preparada para su activación, hay que verificar que los niveles y la plomada óptica se encuentren en la posición correcta.

2.2 PREPARACION PARA MEDIR

Activación: Encendido/Apagado

Para encender el instrumento hay que pulsar cualquiera de las 5 teclas del tablero, aparece una autocomprobación como confirmación que está operando con normalidad y la pantalla indica que el instrumento está preparado para la inicialización del círculo horizontal y vertical, luego de escuchar un tono auditivo.

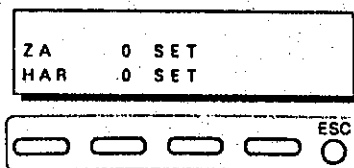


Fig.2-8

Para apagar el instrumento, mantenga presionada la tecla "Esc" y simultáneamente oprima la tecla "Off" y se desactivará.

2.2.1 INICIALIZACION DE LOS CIRCULOS VERTICALES Y HORIZON- TALES.

La Estación Total Sokkia Set5A, por ser un instrumento electrónico, necesita activar sus circuitos eléctricos y se vale de la inicialización de ambos círculos para lograrlo.

a) Inicialización de los círculos verticales:

Esta se realiza, aflojando el tornillo de precisión vertical y rotando el anteojo completamente; cuando la lente del objetivo cruza el plano horizontal en la posición I, suena un tono auditivo y se visualiza el ángulo vertical, se da la inicialización.

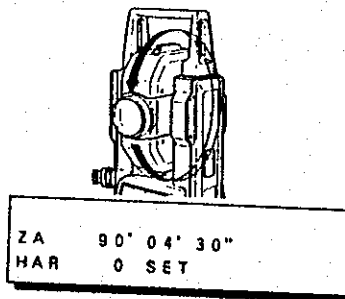


Fig. 2-9

b) Inicialización de los círculos horizontales:

La operación de éste es similar a la de los círculos verticales, hay que aflojar el tornillo de precisión horizontal y rotar completamente la parte superior del instrumento, suena un tono auditivo y se visualiza el ángulo horizontal.

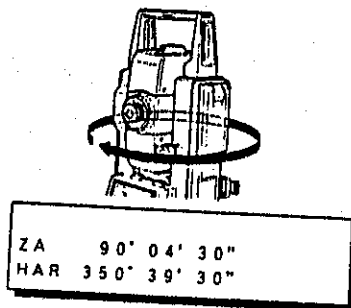


Fig.2-10

2.2.2 ENFOQUE Y OBSERVACION DE LA SENAL DE PUNTERIA

El fin primordial de estas operaciones es la correcta observación del objeto.

Regularmente los errores que se presentan en el campo son por causa del enfoque y paralelaje; entendiéndose éste último como el desplazamiento relativo de la imagen de la señal de puntería con respecto al retículo, cuando el operador mueve ligeramente la cabeza.

Para evitar estos errores y tener una imagen precisa del objeto es necesario realizar el siguiente procedimiento:

- A través del ocular del anteojo, visualizar un fondo claro y sin características, girar el ocular a la derecha y luego a la izquierda, deteniéndolo antes de que la imagen del retículo se desenfoque. Aflojar los tornillos de posición vertical y horizontal y llevar la señal de puntería hacia el objeto, utilizando la mirilla. Apretar los tornillos de precisión y fijar el tornillo de enfoque para verificar la señal de puntería.
- Con los tornillos de movimiento fino horizontal y vertical, alinear el elemento de puntería con el retículo y por último ajustar el foco con el anillo hasta que no haya paralelaje entre la imagen y el retículo.

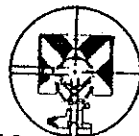


Fig.2-11

CAPITULO III MANEJO DEL INSTRUMENTO

3.1 ADVERTENCIAS Y REQUERIMIENTOS PREVIOS

La Estación Total marca Sokkia, modelo SET5A, cuenta con sensores de impulsos eléctricos capaces de detectar posibles errores, cometidos previos y durante la realización de medidas (ángulos, distancias, desniveles, etc.); y los que se provocan al no tomar en consideración los parámetros iniciales necesarios, para que luego de ser activados los circuitos del instrumento opere de manera óptima.

Previo al desarrollo del aprendizaje de medidas, se enumeran y describen los mensajes de error que pueden desplegarse en pantalla y los parámetros de información inicial que utiliza la unidad inteligente (software) para el procesamiento de datos.

MENSAJES DE ERROR:

- 1.- Mensaje: **Malas condiciones.**
 Significado: Mala observación del prisma.
 Solución: Observar el prisma correctamente y confirmar el rayo de retorno (modo EDM, tecla señal).

- 2.- Mensaje: **Batería baja.**
 Significado: El voltaje de la batería no es apto para

realizar medidas.

Solución: Cargarla o cambiarla por otra cargada.

3.- Mensaje: <datos H inicial> <datosPPM> .⁴

Significado: Transcurrida una semana los datos almacenados en la memoria han sido borrados.

Solución: Introduzca nuevamente parámetros iniciales.

4.- Mensaje: Sin datos.

Significado: Error al medir la distancia geométrica durante la medida de elevación remota (REM).⁵

Solución: Observe el prisma reflectante y vuelva a medir la distancia geométrica.

5.- Mensaje: Fuera de rango.

Significado: Durante la medida de distancia, el ángulo de inclinación de la plataforma nivelante excede de $\pm 3^\circ$.

Solución: Si la plataforma nivelante del instrumento sobrepasa el rango de inclinación, los pequeños errores de los ángulos horizontales y verticales, se compensan automáticamente usando el sensor de inclinación

⁴ H= Altura de instrumento y altura de prisma.
PPM= Corrección por presión atmosférica.

⁵ Se encuentra desarrollada en el Capítulo IV, Aplicaciones de Medidas Avanzadas, bajo el título: Medidas de Elevación Remota.

de doble eje.

La fórmula empleada para calcular el valor de compensación aplicada al ángulo horizontal utiliza los ángulos de: inclinación y vertical como se muestra a continuación:

Ángulo compensado = Ángulo medido + Inclinación en ángulo Y/\tan (ángulo vertical).

Es importante mencionar que el compensador de doble eje, actúa para pequeños errores de inclinación, por lo que no procederá a realizar ninguna operación cuando el instrumento se encuentre mal nivelado. Se recomienda volver a efectuar la nivelación con mayor detenimiento.

- 6.- Mensaje: **Valor alto .**
Significado: Durante la medida REM, el ángulo excede $\pm 89^\circ$ o la distancia medida supera los 1,999.999 mts.
Solución: Pulse **Stop** para interrumpir la medida.
- 7.- Mensaje: **Señal fuera .**
Significado: Ausencia total del rayo o perturbación en la devolución al comienzo de la medida o durante la misma.

Solución: Observe el prisma correctamente y confirme el rayo de retorno. (modo EDM, tecla señal).

8.- Mensaje: E 100.

Significado: Error al medir un ángulo horizontal.

Solución: Vuelva a inicializar el círculo horizontal y no gire la parte superior del instrumento a más de 4 revoluciones por minuto.

9.- Mensaje: E 101.

Significado: Error al medir un ángulo vertical.

Solución: Inicialice nuevamente el círculo vertical y no gire el anteojo a más de 4 revoluciones por minuto.

PARAMETROS DEL INSTRUMENTO:

NO.	PARAMETROS	OPCIONES
1	Modo de medida de distancia	1. Fina y Promediada (Repetida*/Media de 2 a 9 medidas) 2. Fina y simple 3. Rápida y simple
2	Valor de corrección de la constante del prisma	-30mm (-90 0mm, en pasos de 10mm)
3	Unidad de distancia	1.* metros 2. pies
4	Corrección E + R	1.* No 2. Si (K=0,142)
5	Señal audio	1.* Si 2. No
6	Modo de distancia por defecto	1.* Distancia geométrica 2. Distancia horizontal 3. Diferencia de altura
7	Unidad de ángulo	1.* Sexage 2. gon 3. mil
8	Formato de ángulo V	1.* Angulo Zenith (Zenith 0°-) 2. Angulo vertical (Horizontal 0°-) 3. Angulo vertical (Horizontal 0°-190°)
9	Inicialización círculo V	1.* Auto 2. Manual
10	Inicialización círculo H	1.* Auto 2. Manual

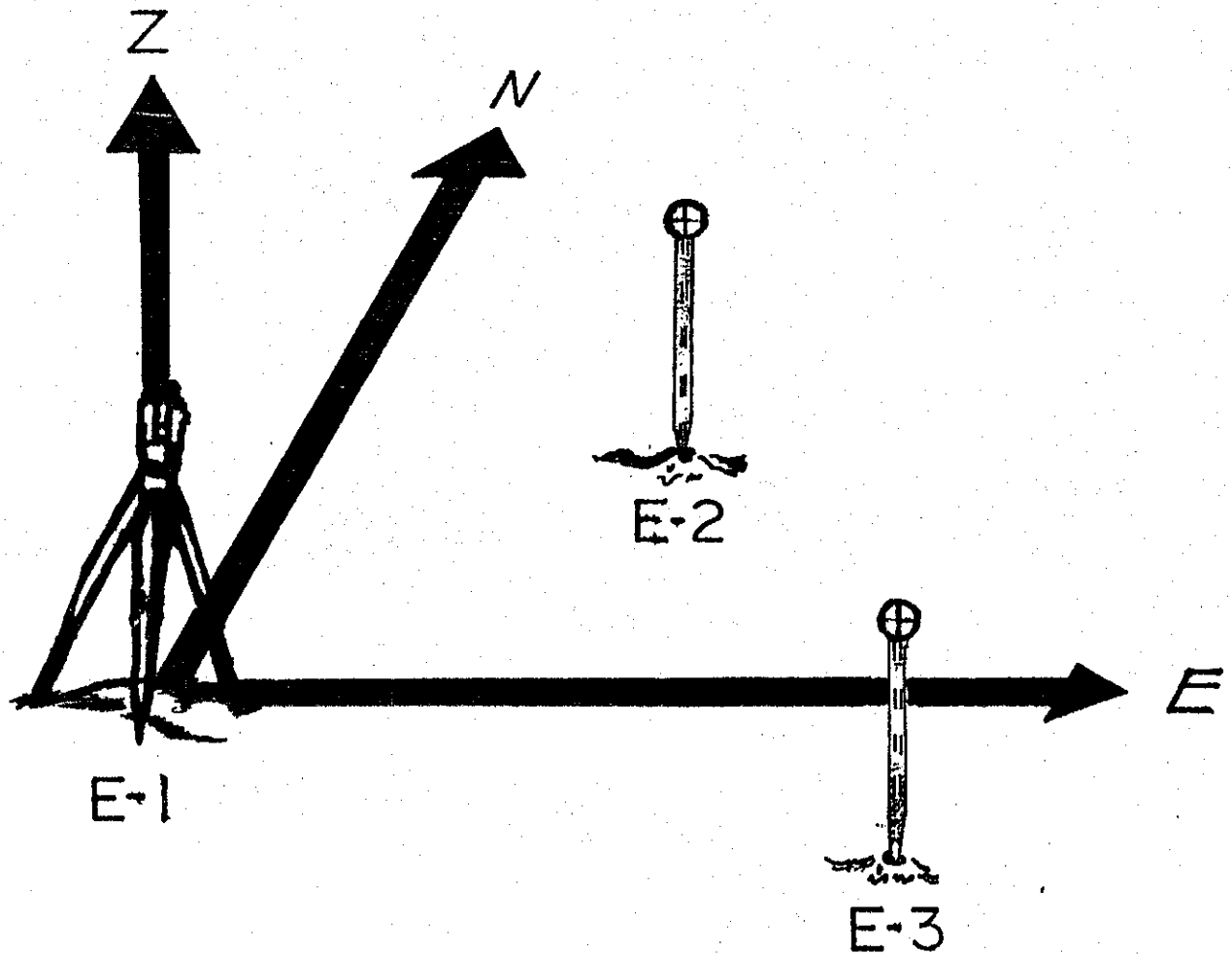
NO.	PARAMETROS	OPCIONES
11	Corrección de Inclinación	1.* Si (H, V) 2. Si (V) 3. No
12	Iluminación del retículo	1.* Intensa 2. Normal
13	Control contraste	1.* Tecla S/N 2. 30 sec autoapagado
14	Autoapagado	1.* 30 min autoapagado 2. Continuo
15	Rango baud	1.* 1200 baud 2. 9600 baud
16	Función de reanudación	1.* Si 2. No
17	Formato de coordenadas	1.* N, E, Z 2. E, N, Z
18	Resolución angular	1.* 5" (1mgon/0,02mil) 2. 10" (2mgon/0,05mil)
19	Posición de funciones de las teclas	1.* Situación del usuario 1 2. Situación del usuario 2 3. Configuración por defecto

Estos parámetros se describirán con detenimiento al momento de desarrollar las medidas contempladas en este capítulo.

3.2 MEDIDAS

Angulos, Distancias, Coordenadas y Desniveles.

Para estas medidas se tomarán como ejemplo tres puntos topográficos, que se encuentran bajo las siguientes condiciones de terreno, temperatura y presión:



E-1= punto topográfico inicial y donde se ubica el instrumento
E-2= Punto topográfico
E-3= Punto topográfico
Temperatura en grados centigrados = 25, presión atmosférica= 1,000 hPa

Fig.3-1

Problema No. 1:

Determinar, de la línea formada entre los puntos 1 y 2:

- a) Orientación.
- b) Distancia.
- c) Coordenadas.

Problema No. 2:

Ubicado el instrumento en estación 1, determinar de los puntos 2 y 3:

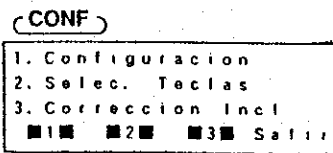
- a) - Diferencia de nivel.
- Distancia geométrica.
- Distancia horizontal.

Previo a realizar cualquier medida, es necesario efectuar las comprobaciones siguientes:

- 1.- Que la carga de la batería sea la adecuada.
- 2.- Que la Estación Total esté correctamente estacionada.
- 3.- Que los círculos horizontales y verticales hayan sido inicializados.
- 4.- Introducir al instrumento los parámetros iniciales que se expondrán y describirán a continuación:

a) Parámetros de configuración:

Con relación al Diagrama de Modalidad, ubicar el Modo Básico pulsando la tecla Esc, luego oprimir la tecla de Conf, cuya función contiene todos los parámetros de medida que se enumeraron en el punto 3.1 "Advertencias y requerimientos previos", de este capítulo.



Oprimir la tecla **1** :

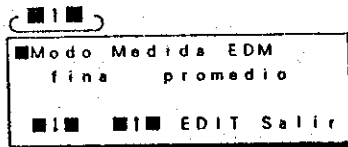


Fig.3-3

En este momento ya ha sido desplegado en pantalla el primer parámetro "Medida de Distancia". Pulsar la tecla **Edit** y se visualizará:

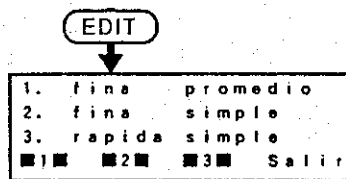


Fig.3-4

Seleccionar una opción según las necesidades de la medida, orientándose con el cuadro siguiente:

Opciones			Tiempo de medida (distancia geométrica)
1	Fina y Promedio	Repetida	0: Primero 4,1 segs. y cada 3 segs.
		Sencilla	1: 4,1 segs.
		Media	2 o más: Primero 4,1 segs. y cada 3 segs. mide veces seleccionadas, y visualiza su media.
2	Fina y simple		4,1 segs.
3	Rápida y simple		1,4 segs.

Fig.3-5

Para el caso del ejemplo se debe seleccionar una "medida fina y simple". La cual el distanciómetro la obtendrá en 4.1 segundos, para ellos hay que oprimir la tecla **2** y se observará:

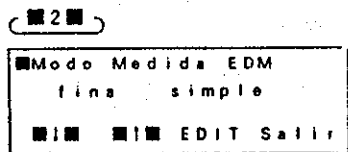


Fig.3-6

Para continuar con los parámetros de configuración pulsar **1** se desplegará el valor de corrección del prisma:

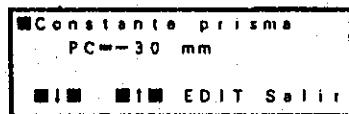


Fig.3-7

Cada prisma reflectante tiene un valor de constante diferente, a continuación se mencionarán los valores más comunes de prismas fabricados por Sokkia:

AP01S + AP01	AP01	CP01
Valor de corrección = -30 (Constante del prisma = 30mm)	Valor de corrección = -40 (Constante del prisma = 40mm)	Valor de corrección = 0 (Constante del prisma = 0mm)

Fig.3-8

Oprimir la tecla **Edit** para ingresar el valor, que en este caso se tomará una corrección de -30mm:

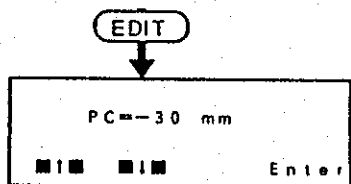


Fig.3-9

Ajustándola con las teclas **1** **↓** **1** y grabando a memoria con **Enter**.

Instantaneamente se observará la pantalla inicial "Valor de corrección del prisma", pulsar **1** **↓** aparecerá en pantalla "Unidad de Distancia":

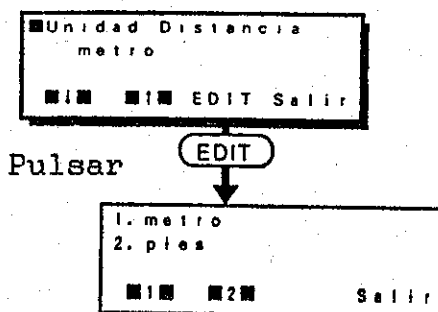


Fig.3-10

El Sokkia Set5A, permite al utilizar el distanciómetro realizar medidas en el sistema inglés e internacional.

Para este ejemplo la Unidad de Medida será el metro, por lo que se debe pulsar **1**. Automáticamente se desplegará la pantalla inicial "Unidad de Distancia".

Oprimir **↓** hasta observar "Unidad de Angulo".

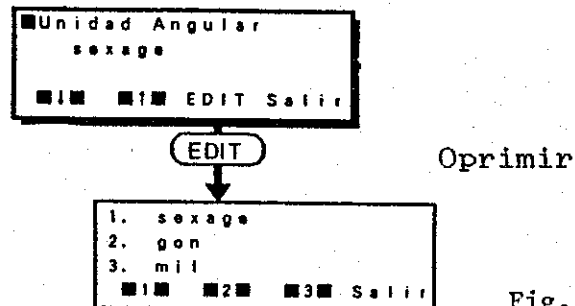


Fig.3-11

Es posible realizar lecturas angulares, en 3 unidades de medida:

- 1.- Sexagecimal (base 60)
- 2.- Centesimal (base 100)
- 3.- Mil (base 1000)

La relación entre ellas es la siguiente:

90° sexagecimales, 100° centecimales y 1,600° mil.

El sistema más comunmente usado en nuestro medio es el sexagecimal, por lo tanto oprimir **1**, se visualizará la pantalla inicial de "Unidad de Angulo". Pulsar **↓** hasta que se despliegue "Formato de ángulo vertical":

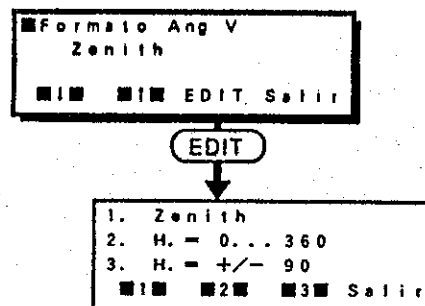
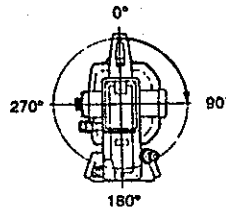


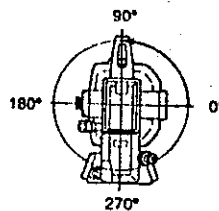
Fig.3-12

El ángulo vertical puede ser medido de las siguientes formas:

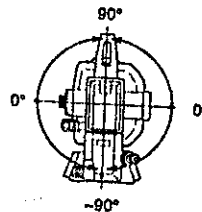
1.- Zenit = 0°



2.- Horizontal = 0°



3.- Horizontal $\pm 90^\circ$



Figs.3-13

Se usará Zenit = 0° , oprimir \blacksquare 1 \blacksquare . Regresará a la pantalla inicial "Formato de ángulo vert." Oprimir Esc y regresará al Modo Básico:

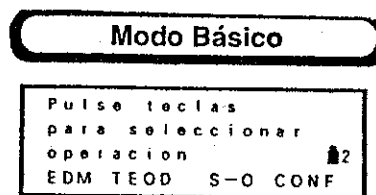


Fig.3-14

b) Parámetros de distancia:

Oprimir la tecla EDM, para transferir al Modo de Medida de Distancia:

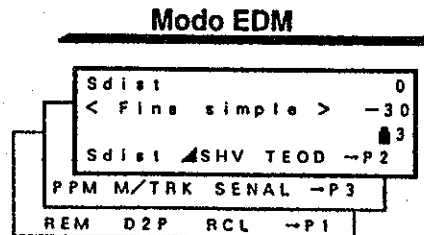


Fig.3-15

Se enunció en las generalidades de esta tesis, que las ondas inducidas por el distanciómetro, están sujetas a correcciones debido a condiciones atmosféricas, es por ello que para obtener precisión en las medidas de distancia, se necesita hacer esta corrección ya que la temperatura y la presión afectan la velocidad de la luz en el aire.

El distanciómetro con que cuenta la estación total está diseñado con una fuente luminosa de luz de infrarrojos modulada electro-óptica. Esta onda se ve afectada por el índice refractivo medio del aire, el que es posible contrarrestar con el valor de corrección que está dado por la siguiente expresión matemática:

$$\text{Valor de corrección (x)} = \frac{218.96 - 0.2904 \times \text{presión (hPa)}}{1 + 0.003661 \times \text{temperatura (°C)}} \text{ (ppm)}$$

Donde:

hPa = Unidad de presión en pascales

°C = temperatura en grados centígrados.

Este valor está dado en unidades de ppm; que significa la diferencia de un milímetro por cada kilómetro de distancia medida.

La relación de la variación de un ppm con la presión y temperatura es la siguiente:

La distancia varía en 1ppm por:

- 1 cambio (ascendente o descendente) en la temperatura.
- 3.6 hPa cambios (ascendentes o descendentes) en la presión.

Para mayor facilidad en la obtención de los valores de corrección atmosférica se presenta el siguiente gráfico:

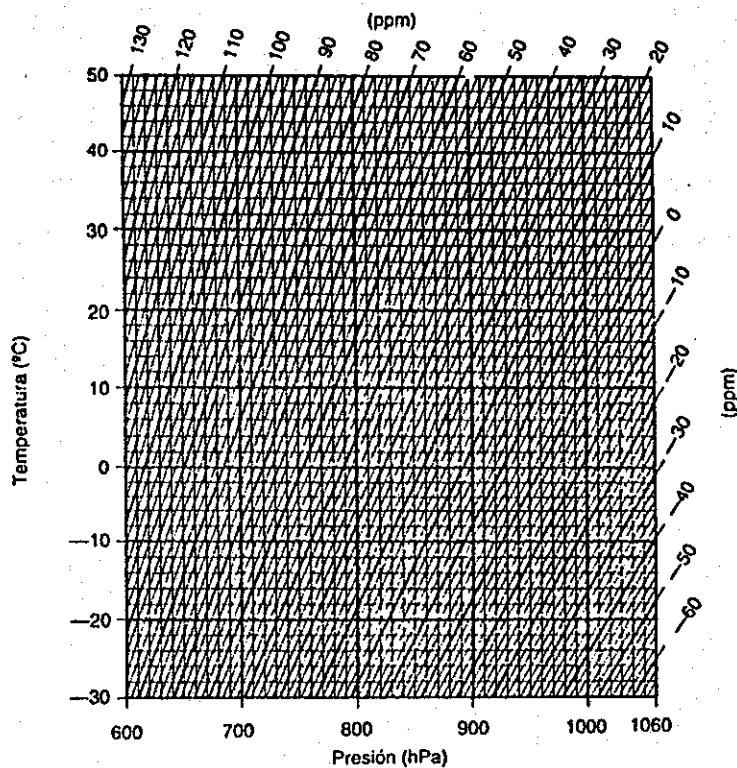


Fig.3-16

La corrección debe calcularse previo a ingresar el valor al software, de la forma siguiente:

1) Utilizar un termómetro y obtener la temperatura media ambiente:

Para el ejemplo $T = 25^{\circ}\text{C}$.

2) Mediante un barómetro obtener la presión atmosférica:

Para el ejemplo $P = 1,000 \text{ hPa}$.

Tomar en cuenta las siguientes relaciones:

1 hPa = 0.75 mm Hg.

1 hPa = 0.0295275 pulg Hg.

Donde: mm Hg = Milímetros de mercurio.

Pulg Hg = Pulgadas de mercurio.

Concluidos los puntos 1 y 2, intersectar la lectura de temperatura con la de presión atmosférica en el gráfico y prolongar la línea de intersección hasta encontrar la corrección:

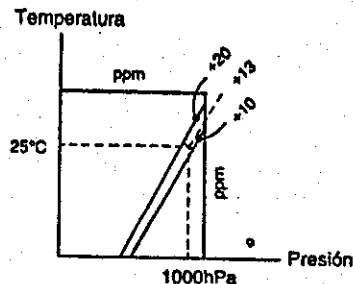


Fig.3-17

Si se quiere hacer de una forma analítica utilizar la expresión matemática:

$$V(x) = \frac{279,96 - 0,2904 \times 1000}{1 + 0,003661 \times (25)} = 12,91 \approx 13$$

Colocar el prisma reflectante en el punto a observar, en este caso la estación No. 2, asegurarse de visualizar el centro de la señal de puntería.

Oprimir Señal

```

(SENAL)
Hdist
< Fina simple >
Señal retorno
Hdist Salir 2
    
```

Fig.3-21

Con la tecla **H dist**, comprobar la señal de retorno, con la siguiente codificación:

```

_____: Sin señal de retorno
■_____: Adecuado para medir
■■_____: Adecuado para medir
■■■_____: Adecuado para medir
■■■■_____: Adecuado para medir
*■: Señal de retorno demasiado fuerte
    
```

‡(Esta última se da cuando se miden distancias cortas).

Fig.3-22

Comprobada la señal de puntería, con la tecla **Esc** regresar al Modo Básico.

```

Pulse teclas
para seleccionar
operacion
EDM TEOD S-O CONF 2
    
```

Fig.3-23

c) Parámetros de Coordenadas:

Pulsar **S-O**, para transferir al Modo de Replanteo e in-

Altura del prisma:

El bastón telescópico que sostiene la base del prisma está diseñado con una escala seccionada en metros y en pies, con un máximo de 2.6 mts. (8.5 pies) y un mínimo de 1.50 mts (4.9 pies). En este caso se tomará una altura de 2.00 mts.

Altura del instrumento:

Realizada la operación anterior, introducir la altura del instrumento:

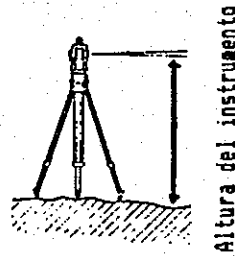


Fig.3-26

La medida está comprendida desde el nivel de la estación donde se establece el aparato, hasta la señal de altura del instrumento (auxiliarse de una cinta métrica).

En éste caso la altura del instrumento será 1.60 mts., la que debe introducirse de la misma forma que la altura de prisma. Se observará en pantalla:

Alt. Pr.	+0002.000
Alt. Inst.	+0001.600

Fig.3-27

Ingresadas ambas alturas automáticamente se visualizará

P2.

S-O / COORDS	13
	-30
	2
SO_Sd SO_HA COORD	-P2

Fig.3-28

Coordenadas del punto topográfico inicial:

Ubicar P3, en el mismo modo de medida, con la tecla correspondiente y luego oprimir **Stn_p**

(Stn_P)

```
Sin N      0.000
  E      0.000
  Z      0.000
Entra --- Borra Salir
```

↓
(Entra)

```
Sin N +000000.000
  E +000000.000
  Z +000000.000
■|■ ■|■ ■-■ Enter
```

Fig.3-29

Margen de entrada:

Máxima: De - 999999.999 hasta 999999.999

Mímina: 0.001

Por estar el instrumento en una estación inicial, se asignarán las coordenadas siguientes:

Y (N) = 000000.000

X (E) = 000000.000

Nivel de terreno = 0 + 100

Mediante las teclas de computo, destinar el valor correspondiente e ingresarlo a la memoria con la tecla **Enter**, ahora oprimir **Esc** y regresará al **Modo de Medida**.

Con las operaciones anteriores efectuadas, se concluirá el ingreso de los parámetros del instrumento. En este momen-

to la Estación Total se encuentra preparada para realizar cualquier medida topográfica.

Solución Problema No. 1.

a) Orientación:

```
Pulse teclas
para seleccionar
operacion
EDM TEOD S-O CONF
```

Pulse ↓

```
ZA Variable   |||
HAR Variable
Hdist EDM ILUM -P2
```

↓

Ubicar Pág. 3 = P3

```
ZA   82° 20' 30"
HAR 329° 32' 11"
OSET FIJO Incl -P3
```

Fig.3-30

Utilizando la burbuja tubular y liberando el movimiento horizontal y vertical, orientar el instrumento al norte magnético, como se muestra en la figura siguiente:

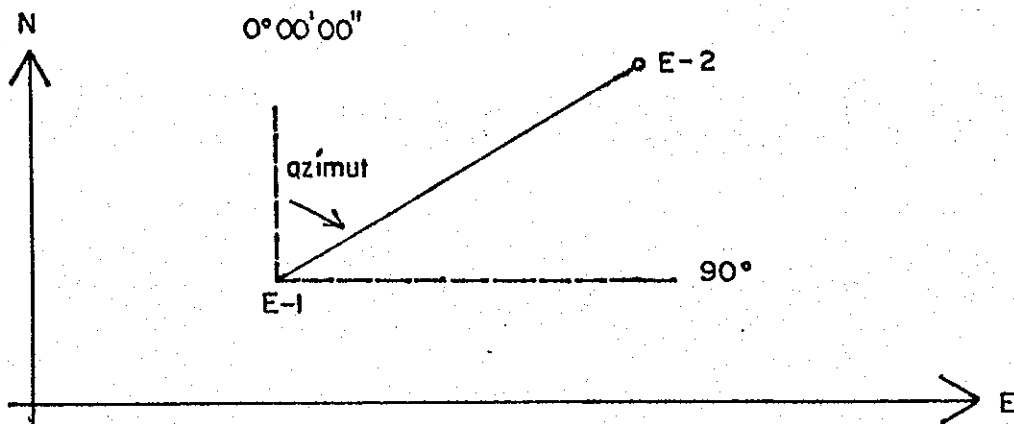


Fig.3-31

Este valor angular puede ser un número cualquiera ya que al momento de inicializar los círculos se hace sin determinación alguna.

Orientado el instrumento al norte, ajustar los tornillos de precisión y pulsar la tecla **O SET** como se muestra aquí:

```

ZA 85° 12' 30"
HAR 350° 11' 22"
OSET FIJO Inc! -P3
  
```

Pulse



```

ZA 85° 12' 30"
HAR 0° 00' 00"
  
```

Retornará a:

```

ZA 85° 12' 30"
HAR 0° 00' 0"
Hdist EDM ILUM -P2
  
```

Fig.3-32

Liberar el tornillo de precisión horizontal y vertical, luego observar la señal de puntería en la estación 2, volver a ajustar los tornillos de precisión y observar:

```

ZA 87° 25' 32"
HAR 60° 30' 30" #2
Hdist EDM ILUM -P2
  
```

Fig.3-33

Si se requiere una medida angular con mayor precisión, la Estación Total Sokkia SET5A calcula y visualiza el prome-

dio del ángulo horizontal, para ello es necesario utilizar la función (REP), P1, Modo de Teodolito:

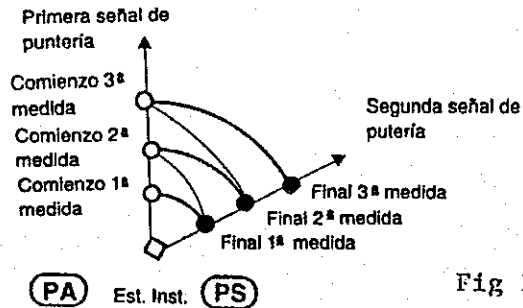


Fig 3-34

Proyectados los valores angulares: horizontal (Azimut) y vertical (Cenital); la línea entre los puntos 1 y 2 ha sido orientada.

b) Distancia entre puntos 1 y 2.

Con la pantalla

ZA	87° 25' 32"	
HAR	60° 30' 30"	2
Hdist	EDM I LUM	-P2



Hdist	13	-30	2
STOP			



H-A	100 . 566 m	13
ZA	87° 25' 32"	-30
HAR	60° 30' 30"	2

Se desplegará en pantalla en ± 4.1 segs.

Figs.3-35

La distancia reducida al horizonte es de 110.566 mts. Ahora pulsar Esc para regresar al Modo Básico, oprimir S-0 y calcular:

c) Coordenadas del punto "2".

S-0 / COORDS	0
	-30
	2
SO_Sd SO_HA COORD	-P2

Fig.3-36

Verificar: posición del prisma y señal de puntería en estación 2, luego oprimir Coord, se proyecta:

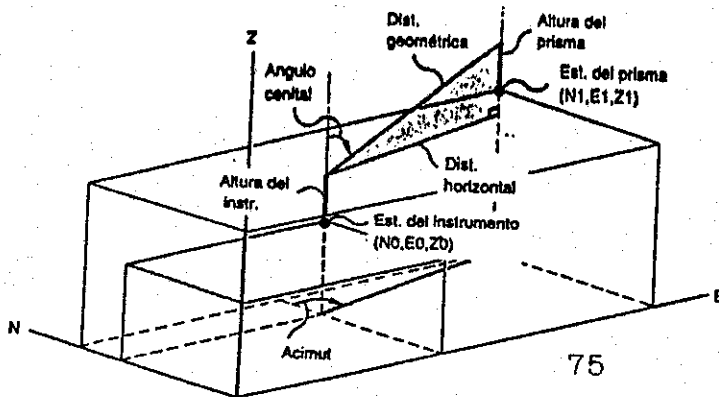
COORD	
Coordenadas	13
	-30
	2
STOP	

Durante ± 4,1 segs.

N	54,432	13
E	58,240	-30
Z	104,371	2

Figs.3-37

La unidad inteligente calcula las coordenadas tridimensionales mediante la siguiente interpretación y expresiones matemáticas:



$$N_1 = N_0 + S \times \text{sen } \alpha Z \times \text{cos } \theta h$$

$$E_1 = E_0 + S \times \text{sen } \alpha Z \times \text{sen } \theta h$$

$$Z_1 = Z_0 + M_h + S \times \text{cos } \alpha Z - P_h$$

Fig.3-38

Donde:

N1 = Coordenada de la estación desconocida en el Eje Y

E1 = Coordenada de la estación desconocida en el Eje X.

Z1 = Nivel desconocido.

No = Coordenadas de la estación conocida en el Eje (Y).

EO = Coordenadas de la estación conocida en el Eje (X).

Zo = Nivel conocido de la estación del instrumento.

S = Distancia geométrica.

AZ = Angulo central.

Bh = Angulo azimutal.

Mn = Altura del instrumento.

Cos = Funciones trigonométricas.

Sen = Funciones trigonométricas.

$$N1 = 0 + 110.6791589 \times \text{Sen } 87^\circ 25' 32'' \times \text{Cos } 60^\circ 30' 30''.$$

$$N1 = 54.432.$$

$$E1 = 0 + 110.6791589 \times \text{Sen } 87^\circ 25' 32'' \times \text{Sen } 60^\circ 30' 30''.$$

$$E1 = 96.241.$$

$$Z1 = 100 + 1.60 + 110.6791589 \times \text{Cos } 87^\circ 25' 32'' - 2.00.$$

$$Z1 = 104.571.$$

Resumen Problema No. 1:

Orientación: - Angulo azimutal = $60^\circ 30' 30''$.

- Angulo vertical = $87^\circ 25' 32''$.

Distancia: - Horizontal = 110.566 mts.

- Geométrica = 110.679 mts.

Coordenadas: - N2 = 54.432

- E2 = 96.241

- Z2 = 104.571

Solución Problema No. 2

La Estación Total permite realizar medidas geométricas horizontales y diferencia de niveles entre puntos distantes, sin mover el instrumento de un punto inicial.

En esta medida hay que situar el software en el Modo de Distancia EDM.

dist	0
< Fina simple >	-30
dist	SHV TEOD -P2
PPM M/TRK SENAL	-P3
REM D2P RCL	-P1

Fig.3-39

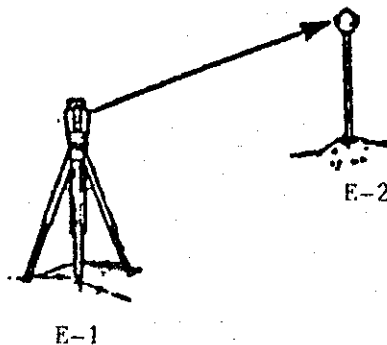
a) Diferencia de nivel y distancias:

Ubicar el instrumento con vista a estación 2, oprimir S_dist en P2.

Se observa:

S	110.678 m	13
ZA	87° 25' 32"	-30
HAR	60' 30' 30"	2

Fig.3-40



Ubicar Pl.

Sdist		0
ZA	87° 25' 32"	-30
HAR	60° 30' 30"	2
REM	D2P	RCL -P1

Fig.3-41

Liberar el tornillo de ajuste horizontal y vertical y visualizar estación 3.

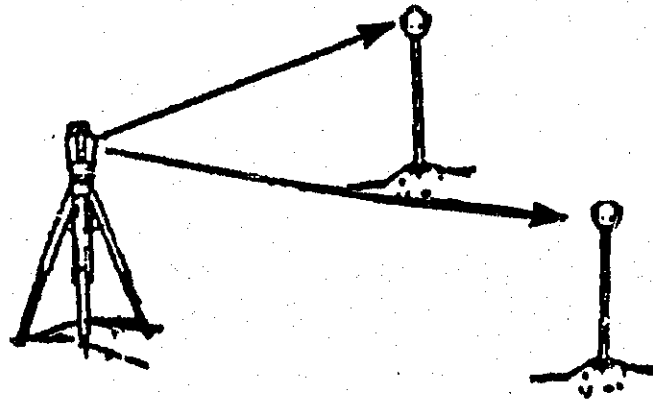


Fig.3-42

Pulsar tecla D2P.

		13
Dist	2 puntos	-30
	S/% Salir	2
STOP		

Se visualizará en aproximadamente 4.1 segs.

S	73.366 %	13
H	73.342 m	-30
V	3.199 m	2
D2P	Move S/%	Salir

Fig.3-43

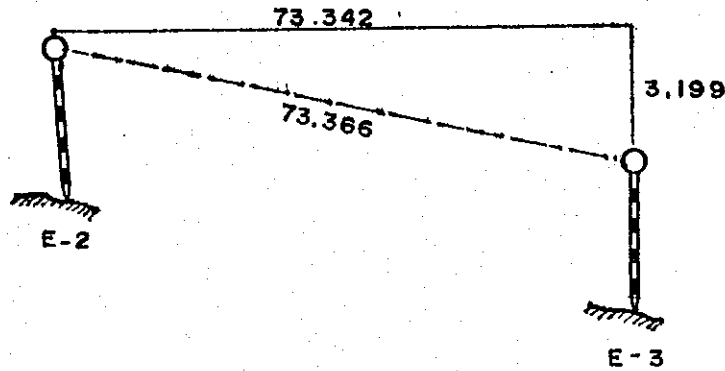


Fig.3-44

La unidad inteligente calcula los anteriores resultados mediante la siguiente interpretación matemática:

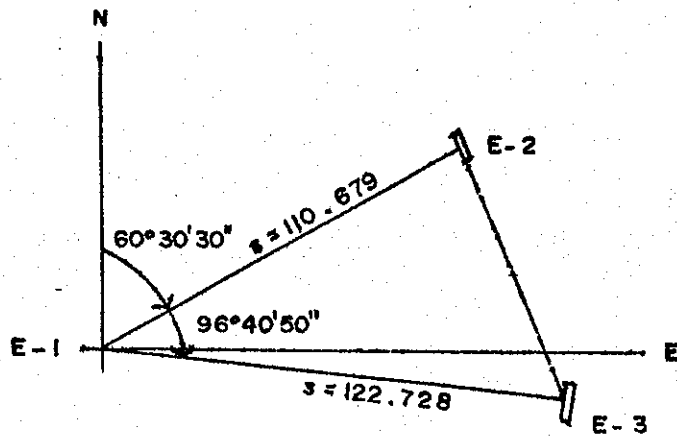


Fig.3-45

DATOS:

Estación No. 1:		Estación No. 2:	
Ds 1-2 =	110.679 m.	Ds 1-3 =	122.741 mts.
Dh 1-2 =	110.566 m.	Dh 1-3 =	122.728 mts.
Angulo azimut =	60° 30' 30"	Angulo azimut =	96° 40' 50"
Angulo cenit =	84° 25' 32"	Angulo cenit =	89° 10' 20"
N2 =	54.432	N3 =	-14.276
E2 =	96.241	E3 =	121.885
l2 =	104.571	l3 =	101.372

Distancia horizontal 2-3:

El software se auxilia de la ley de cosenos:

$$Ds^2 = (Ds_{1-2})^2 + (Ds_{1-3})^2 - 2 (Ds_{1-2}) (Ds_{1-3}) \cos \Delta$$

Donde:

Ds_2 = Distancia geométrica al cuadrado entre los puntos 2 y 3.

Ds_{1-2} = Distancia geométrica entre los puntos 1 y 2.

Ds_{1-3} = Distancia geométrica entre los puntos 1 y 3.

\cos = Función trigonométrica.

Δ = Diferencia de ángulos azimutales de las líneas (1-2) y (1-3).

$$Ds^2 = (110.677)^2 + (122.741)^2 - 2 (110.677) (122.741) \cos (36^\circ 10' 20'')$$

$$Ds = 73,366 \text{ mts.}$$

En el momento de visualizar estación 2 y estación 3, la memoria inteligente ha determinado las coordenadas tridimensionales con las expresiones matemáticas anteriormente mencionadas, y despliega el valor de la diferencia de niveles después de hacer el siguiente análisis:

Nivel "Z", Est. No. 2 Z = 104.571

Nivel "Z" = Est. No. 3 Z = 101.342

Interpretación:

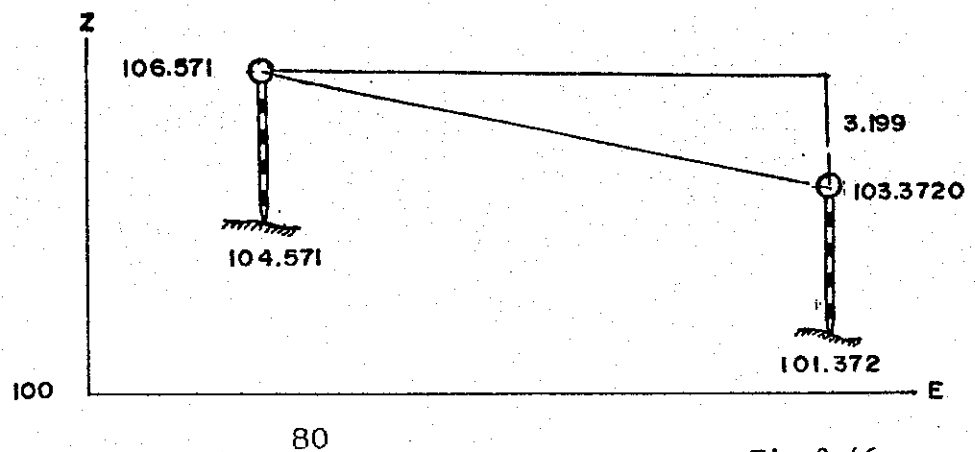


Fig.3-46

Con la diferencia de niveles ("Z") y la distancia geométrica (S) se determina, por el teorema de Pitágoras, la distancia horizontal:

$$DH = 73.342 \text{ mts.}$$

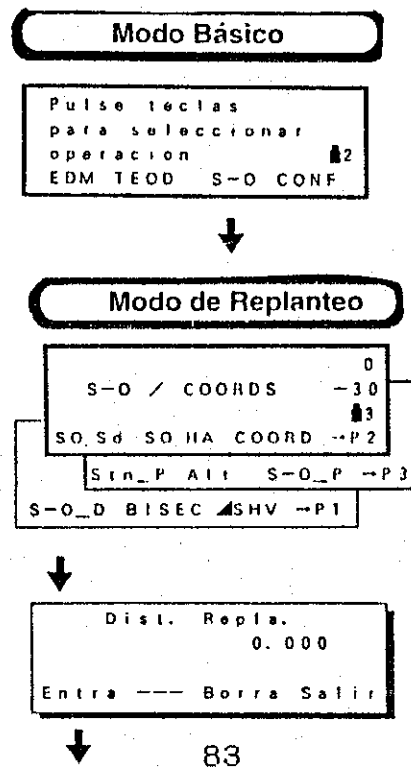
Resumen:

D horizontal: 73.342
D vertical: 3.199
D geométrica: 73.366

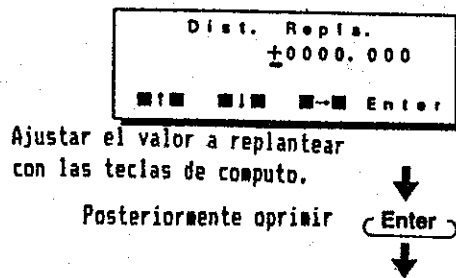
La Estación Total visualiza o despliega en pantalla, la diferencia entre el valor medido (prisma móvil) y los datos de replanteo, es decir, que al orientar el instrumento en la posición deseada, proporcionará el valor parcial de la medida en la posición del prisma hasta encontrar o determinar el valor total de la medida replanteada.

Algoritmo:

- Estacionar correctamente el instrumento sobre el punto topográfico.
- Carga de la batería adecuada.
- Inicialización de los círculos verticales y horizontales.
- Introducir los parámetros del instrumento.
- En el Modo Básico de medida:



Figs.4-2



Regresará al Modo S-O

S-O / COORDS	13
	-30
	2

Figs.4-3

- Observar la dirección de referencia desde la estación del instrumento.



Fig. 4-4

- En el Modo de Teodolito pulsar OSET

OSET:

ZA	Variable	13
HAR	0° 00' 00"	-30
		2

Fig. 4-5

- Liberar el movimiento horizontal y con el tornillo de afinación, ajustar el ángulo de orientación hacia la medida de replanteo.

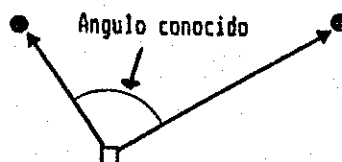
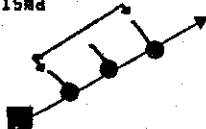


Fig. 4-6

- Con la operación anterior efectuada, regresar al Modo de Medida S-0 y ubicar → P1.
- Colocar el prisma reflectante en la línea de mira y movilarlo según el siguiente procedimiento:

Posición móvil del prisma



Variable	
ZA	Angulo conocido 2
HAR	BISEC
S-O_D	SHV -P1



Pulse (SHV)

Fig.4-7

Es posible replantear la distancia en: forma geométrica SO_Sd, horizontal SO_Hd y de diferencia de altura SO_Vd.



SHV dist	13
	-30
STOP	2



Fig.4-8

Se visualizará la diferencia entre los datos de replanteo y la distancia medida al prisma móvil.

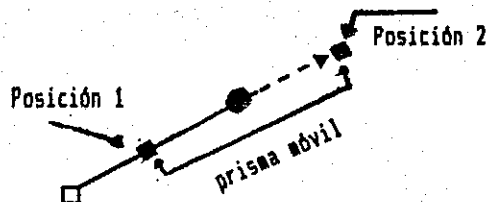


Fig.4-9

Posición 1:

Hik	- X.XX m.	13
ZA	Variable	-30
HAR	Angulo conocido	2
STOP		

Posición 2:

Hik	+ X.XX m.	13
ZA	Variable	-30
HAR	Angulo conocido	2
STOP		

Fig.4-10

- datos: mover el prisma alejándolo del instrumento.
- + datos: mover el prisma acercándolo al instrumento.



Movilizar el prisma reflectante hasta que la distancia (S, H, V) sea 0.00 mts.

SHV	0.00 m	13
ZA	Variable	-30
HAR	Angulo conocido	2
STOP		

Fig.4-11

Pulsar Stop para interrumpir la medida.
La medida de replanteo ha sido completada.

b) Replanteo de coordenadas:

La capacidad para el replanteo no queda unicamente con una distancia y un ángulo. La Estación Total permite replantear coordenadas de un punto o varios puntos, lejos de la ubicación del instrumento.

Para la realización de la medida, se necesita únicamente introducir las coordenadas del punto topográfico a replantear y los parámetros que se exponen en el siguiente algoritmo:

- En el Modo Básico de medida:

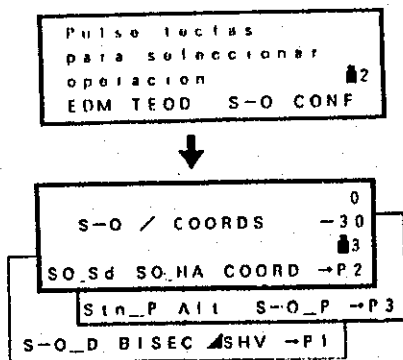


Fig.4-12

Introducir mediante la tecla **Stn_p** las coordenadas de la estación del instrumento.

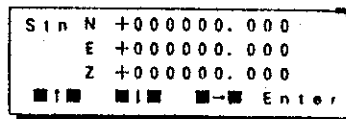


Fig.4-13

Posteriormente en el Modo de Replanteo y con la tecla **S-O_P**, ingresar las coordenadas a replantear:

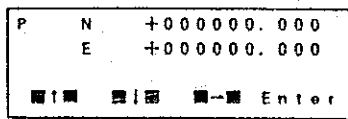


Fig.4-14

Ingresado el valor correspondiente, pulsar **Enter**, se visualizará:

S-O / COORDS	0
	-30
	3
SO_Sd SO_HA COORD	-P2

Fig.4-15

Con las coordenadas de la estación de referencia y las del punto a replantear, la unidad inteligente convierte las coordenadas rectangulares en coordenadas polares, para orientar mediante un ángulo y una distancia el punto en cuestión. Para ello pulsar la tecla **SO_HA**.

dHA	13
HAR	-30
	2

Fig.4-16

dHA: Se observará el ángulo al que en ese instante está orientado el instrumento. Esta función corresponde a la diferencia entre el ángulo de orientación del instrumento y el ángulo de orientación al punto de replanteo.

HAR: Angulo horizontal del punto a replantear y que corresponde al complemento del ángulo **dHA**.

Usar el tornillo de precisión horizontal y el tornillo de movimiento fino para Girar el Teodolito hasta que el valor "**dHA**" sea $0^{\circ} 00' 00''$.

dHA	$0^{\circ} 00' 00''$	13
HAR	* A D O P	-30
		2

Fig.4-17

* Angulo de Orientación Polar.

Ubicar el prisma reflectante en la dirección de replanteo y observar correctamente.

Oprimir Salir para regresar al Modo de Replanteo y ubicar P1.

dHA	0° 00' 00"	13
HAR	A D O P	-30
S-O_D	BISEC	SHV →P1

Fig.4-18

Pulsar SHV y seleccionar el Modo de Medida Horizontal, la pantalla regresará al Modo de Replanteo.

dHA	0° 00' 00"	0
HAR	A D O P	-30
SO_Sd	SO_HA	COORD

Pulsar para dar inicio al replanteo de la distancia.



H dist	13
STOP	-30
	2

Fig.4-19

Se visualizará la diferencia entre los datos de replanteo y la distancia medida.

Hik	± X.XXX	13
ZA	Variable	-30
HAR	A D O P	2
STOP		

Fig.4-20

Desplazar el prisma hasta que la distancia horizontal sea 0.00, recordando que los signos \pm corresponden al acercamiento y alejamiento del prisma con la estación del instrumento. Pulsar Stop para interrumpir la medida. La medida de replanteo de coordenadas ha sido completada.

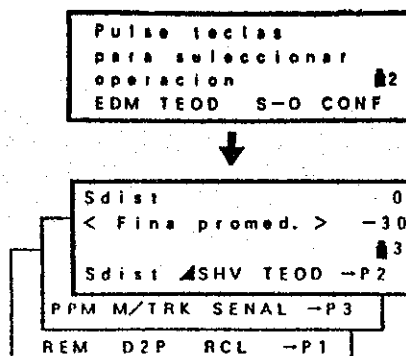
4.1.2 MEDIDA DE REPLANTEO RAPIDO o TRACKING:

Posteriormente al paso de una retroexcavadora, de un tractor o en la construcción de una carretera, se necesita replantear los puntos de una rasante para ubicar niveles de red-top.

La medida de replanteo rápido o tracking, permite hacer este tipo de replanteo y no requiere de gran precisión, pues a pesar que el prisma reflectante puede estar en movimiento constante, las distancias (S, H, V), se proyectarán en pantalla según sean los requerimientos.

Algoritmo:

- En el Modo Básico de medida, pulsar EDM:



Figs.4-21

Observar el prisma en el ángulo azimutal de orientación o en la dirección que la medida lo requiera y pulsar la tecla M/TRK:

M/TRK:

< Tracking >	13
	-30
	■2



Se visualizará en aproximadamente 1,4 segundos.

S HV	x.xx B.	13
ZA		-30
HAR	Variable.	■2
STOP		

Fig.4-22

Colocar el prisma reflectante cuantas veces sea necesario o hasta que la observación del mismo sea nula. Pulsar Stop para interrumpir la medida.

4.1.3 MEDIDA DE BISECCION:

En medidas de replanteo o enlaces, para incializar trabajos topográficos que se encuentran colindantes a nuevas medidas, la bisección entre dos puntos conocidos, constituye una herramienta de bastante utilidad, ya que permite determinar las coordenadas (X, Y, Z) del instrumento y la orientación hacia una de ellas.

Previo a la descripción del algoritmo para la operacionalización, es conveniente citar las condiciones en las que

se puede utilizar esta medida y en aquellas en las que se debe evitar:

Condición conveniente:

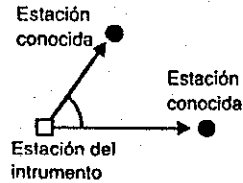


Fig.4-23

La separación de las estaciones es considerable.

Condición a evitar:

1)

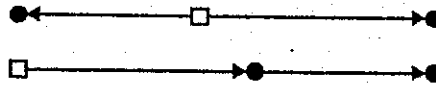


Fig.4-24

El instrumento se encuentra alineado con las estaciones conocidas.

2)

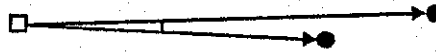


Fig.4-25

El ángulo entre las dos estaciones es demasiado cerrado.

Algoritmo:

En el Modo Básico de medida:

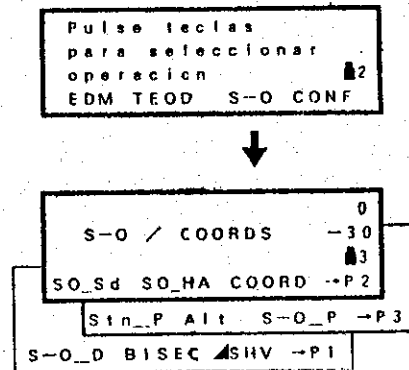


Fig.4-26

BISEC

Mediante la pulsación de la tecla Bisecc se proyectará la Medida de Bisección:

```
13
Bisecc Inversa -30
2
Conoc StnHt Obs Salir
```

Fig.4-27

En este momento oprimir Conoc para ingresar las coordenadas de las dos estaciones conocidas y las alturas requeridas del prisma reflectante; utilizando para ello las teclas de computo. Se proyectarán las siguientes pantallas:

Estación 1

Conoc:

```
P1 N +000000.000
E +000000.000
Z +000000.000
[ ] [ ] [ ] Enter
```

Altura 1

```
P1 Alt. Pris
+0000.000
[ ] [ ] [ ] Enter
```

Estación 2

```
P2 N +000000.000
E +000000.000
Z +000000.000
[ ] [ ] [ ] Enter
```

Figs.4-28

Altura 2

```
P2 Alt. Pris.
+0000.000
[1] [1] [2] Enter
```

Fig.4-29

Se desplegará en pantalla el Modo de Medida de Biseción:

```
13
Bisec. Inversa -30
[2]
Conoc SinHl Obs Salir
```

Fig.4-30

Pulsar la tecla Obs, para iniciar la observación de las estaciones conocidas.

```
13
Pt conoc. 1 -30
[2]
Si Salir
```

Fig.4-31

En este momento, es necesario visualizar el prisma reflectante de la primera estación, posteriormente oprimir Si.

```
13
Hdist -30
[2]
STOP
```

Fig.4-32

Se observa en pantalla la distancia horizontal, el ángulo vertical y una orientación de 0° 00' 00" a la primera estación.

```
H 13
ZA Variable -30
HAR 0° 00' 00" [2]
Si No Salir
```

Fig.4-33

Ahora se presenta un llamado para aceptar los datos des-
plegados.

Al oprimir Si, se almacenan los datos en memoria y au-
tomáticamente se solicita en pantalla la observación del
prisma reflectante en la segunda estación.

Pt Conoc. 2	13
	-30
	2
Si	Salir



H dist	13
	-30
	2
STOP	

Fig.4-34

Se observa en pantalla la distancia horizontal, el án-
gulo vertical y el ángulo comprendido entre la primera y la
segunda estación.

H	Variable	13
ZA		-30
HAR		2
Si	No	Salir

Fig.4-35

Al oprimir (Si), memorizará los datos y calculará las
coordenadas de la estación del instrumento. En caso de oprim-
ir No volverá a solicitar la observación del prisma reflec-
tante.

Stn N	Variable
E	
Z	
Si	No
	Salir

Fig.4-36

Pulsar Si, se almacenará en memoria como coordenadas reales de la estación del instrumento y se visualizará con posterioridad el ángulo azimutal hacia la segunda estación.



Fig.4-37

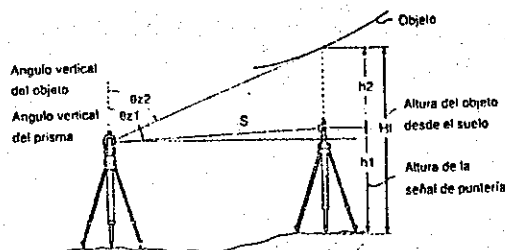
La medida de bisección ha sido completada.

4.1.4 MEDIDA DE ELEVACION REMOTA (REM).

Esta aplicación de la Estación Total, sirve para medir la altura de objetos donde generalmente no puede ser ubicado el prisma reflectante, como por ejemplo:

- Tanque elevado.
- Torre de energía eléctrica.
- Cables eléctricos aéreos.
- Altura y fachada de edificios.
- Altura de puentes.

La función de medida de elevación remota calcula la altura del objeto sobre el nivel de terreno, utilizando un punto directamente por debajo del objeto. El software utiliza la siguiente interpretación y expresiones matemáticas:



$$H_t = h_1 + h_2.$$

$$h_2 = S \text{ Sen } \theta_1 \times \theta_2 \times \text{Cot } \theta_2 - S \text{ Cos } \theta_1.$$

Fig.4-38

Donde:

Ht= Altura total del nivel de terreno al objeto.

h1= Altura inicial del prisma.

h2= Altura comprendida entre el prisma reflectante y el objeto.

Z1= Angulo comprendido del cenit al prisma reflectante.

Z2= Angulo comprendido del cenit a la linea geométrica del instrumento y el objeto.

Algoritmo:

En el Modo Básico:

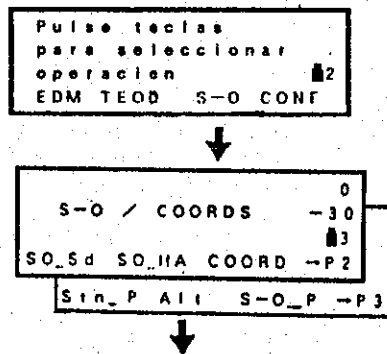


Fig.4-39

Introducir mediante la tecla Alt la altura del prisma y altura del instrumento.

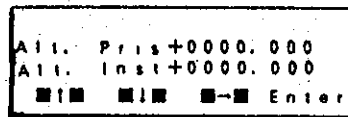


Fig.4-40

Seguidamente ubicar el Modo de Medida de Distancia (EDM), para determinar la distancia geométrica entre la Estación Total y el prisma reflectante, el cual debe encontrar se justamente por debajo del objeto en análisis.



Oprimir tecla **SHV**

Fig.4-41

Ubicar P1 en EDM:

Sdist	0
< Fina plomad. >	-30
	3
REM D2P RCL	-PI

Fig.4-42

En este momento visualizar el objeto y pulsar la tecla **REM**.

Se proyectará en pantalla la altura del objeto, el ángulo vertical y el ángulo azimutal entre ambas estaciones.

(REM) :		
HI.		13
ZA	Variable	-30
HAR		2
STOP		

Fig.4-43

Con la operación anterior se da por terminada la medida de elevación remota.

OBSERVACIONES:

Es de vital importancia mencionar que las aplicaciones de la Estación Total descritas en este capítulo, dan una idea de la solución que se le puede dar a algunos problemas que se presentan en los trabajos topográficos.

Dependerá del criterio o de las condiciones de campo en las que se encuentre el profesional de la Ingeniería, para emplearlas en una forma correcta o bien utilizar combinaciones de las mismas.

CAPITULO V

LEVANTAMIENTO DE POLIGONAL CERRADA Y NIVELACION

Para demostrar de forma real las grandes ventajas que presentan los nuevos instrumentos de medición, se realizaron dos aplicaciones de la topografía en el campo: Levantamiento y Nivelación, con instrumentos tradicionales (teodolito y nivel) y con Estación Total.

Esta medida se llevó a cabo en la finca El Morlón, ubicada en el municipio de Amatitlán del departamento de Guatemala.

Reconocimiento preliminar:

Ubicados en el campo de trabajo se realizó: el reconocimiento del lugar; se verificaron monjones y linderos existentes; y, se estableció en base a la observación que el método conveniente a utilizar era el de conservación de azimut

5.1 CON INSTRUMENTOS TRADICIONALES

a) Teodolito Sokkisha Tokio 140285.

Equipo: - Estadal de 4 mts. de altura,
- 2 jalones,
- Cinta métrica,
- Trompos,
- Clavos,
- Pintura,
- Brújula tubular,

- Plomadas, etc.

Personal: Cuadrilla de topografía, compuesta por:

- 1 Topógrafo
- 2 Cadeneros
- 1 Ayudante

Método:

Para el levantamiento del polígono fue utilizado el método de conservación de azimut. Las medidas de distancias se obtuvieron para cada necesidad en particular por los métodos: taquimétrico y de cinta (mencionadas en las generalidades de la presente tesis).

Descripción:

Establecida la dirección a seguir de las líneas del polígono auxiliar y los mojones, se inició el levantamiento, tomando todos los siguientes parámetros de importancia:

- Centrado y nivelado del aparato (precauciones al medir distancias).
- Orientación del norte magnético.
- Conservación del azimut.
- Ubicación de las estaciones mediante una estaca.

Con el objeto de que el polígono auxiliar tuviera la mayor similitud posible con el polígono real, se elaboraron en cada estación -a la menor distancia posible las radiacio-

nes correspondientes a los mojones verdaderos.

En la página ciento dos y ciento tres, se presentan la libreta de campo de azimut y distancias del polígono auxiliar y la libreta de radiaciones.

**TEODOLITO CONVENCIONAL
POLIGONO AUXILIAR**

EST.	P.O.	AZIMUT	DISTANCIA
0a	1a	225° 10' 40"	28.30
1a	2a	233° 02' 20"	52.25
2a	3a	110° 15' 40"	38.87
3a	4a	106° 13' 20"	58.92
4a	5a	99° 49' 00"	79.93
5a	6a	97° 14' 00"	42.90
6a	7a	18° 18' 40"	83.10
7a	8a	13° 08' 40"	91.82
8a	9a	13° 08' 40"	64.22
9a	10a	306° 16' 20"	90.97
10a	11a	300° 32' 20"	79.65
11a	12a	207° 01' 00"	19.81
12a	13a	211° 27' 20"	20.56
13a	14a	189° 00' 20"	25.11
14a	15a	151° 04' 00"	47.27
15a	16a	199° 40' 40"	38.28
16a	17a	210° 58' 40"	36.43
17a	18a	209° 10' 40"	40.84
18a	0a	223° 58' 40"	29.79

**TEODOLITO CONVENCIONAL
LIBRETA DE RADIACIONES**

E.	P.O.	AZIMUT	DISTANCIA
0a	6	28°29'00"	6.54
0a	5	305°45'20"	0.92
0a	4	230°24'40"	13.85
2a	1	253°26'00"	17.95
2a	2	329°54'40"	4.95
2a	3	36°07'20"	13.15
6a	0	129°49'40"	37.96
9a	22	73°34'40"	17.19
11a	21	312°57'20"	6.54
11a	20	310°18'00"	14.50
12a	19	321°46'40"	9.05
12a	18	256°21'40"	12.30
13a	17	267°12'40"	5.96
14a	16	219°06'40"	22.19
14a	15	180°47'00"	24.19
15a	14	313°32'20"	11.92
15a	13	245°51'00"	8.60
15a	12	231°22'00"	14.29
16a	11	340°22'00"	11.31
16a	10	227°38'40"	19.61
17a	9	222°48'20"	13.29
17a	8	08°25'40"	11.67
17a	7	287°08'40"	5.63

Errores, tolerancias y correcciones:

Angulares:

El método de conservación de azimut comprueba el cierre angular mediante las siguientes expresiones:

$$\text{Azimut de entrada} - \text{Azimut de salida} = 0$$

Según datos de campo se tienen los siguientes valores:

$$225^{\circ}10'50'' - 225^{\circ}12'00'' = 0^{\circ}01'10''$$

La tolerancia en el error angular, según la ley de agricultura de Guatemala, está dada por:

$$\text{Error tolerable} = a * \sqrt{N}$$

Donde: a= aproximación angular del teodolito.

N= Número de estaciones realizadas en el polígono.

$$\text{Para este caso: } 20'' * \sqrt{19} = 0^{\circ}01'27''$$

Al hacer una comparación entre ambas expresiones se observa que el error que surge al realizar el levantamiento se encuentra bajo el límite legal, por lo tanto es correcto.

Distancia:

Para comprobar si las distancias medidas durante el trabajo se encuentran dentro de los límites que la ley establece, se hace necesario realizar el método de Pensilvania, para que con las proyecciones de cada una de las líneas del

polígono, las latitudes y longitudes, se pueda determinar el error unitario.

La ley de agrimensura guatemalteca dice: que se tiene un margen de error de tres metros por cada mil metros medidos, es decir un error unitario igual a 0.003.

Para poder establecer un valor comparativo al legal, se obtuvo en primer termino el error total, que está dado de la siguiente manera:

$$ET = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Donde:

ET = Error total.

ΔX = La diferencia en las proyecciones longitudinales.

ΔY = La diferencia en las proyecciones latitudinales.

En éste caso:

$$\Delta X = 0.82$$

$$\Delta Y = 0.85$$

$$ET = \sqrt{(0.82)^2 + (0.85)^2}$$

$$ET = 1.181 \text{ mts.}$$

Con el error total obtenido, se determina el error unitario, el cual está dado por

$$EU = \frac{ET}{DT}$$

Donde:

EU = Error Unitario

ET = Error Total

DT = Distancia total medida

En este caso:

ET = 1.181 mts.

DT = 969.10 mts.

$$EU = \frac{1.181}{9.69.10} = 0.0012 < 0.003$$

Lo que indica que las distancias se encuentra dentro de los límites.

Concluida la operación anterior se continúa con el pensilvania, realizando las correcciones necesarias, que fueron calculadas proporcionalmente a las distancias, mediante las siguientes expresiones:

$$e_x = \frac{\Delta X}{DT} * D_p$$

$$e_y = \frac{\Delta Y}{DT} * D_p$$

Donde:

e_x , e_y = Correcciones longitudinales y latitudinales.

ΔY , ΔX = Diferencias

DT = Distancia total

D_p = Distancia parcial de cada línea

Se determinaron coordenadas parciales y como consecuencia, coordenadas totales (ver página siguiente "Libreta de Pensilvania").

Con las coordenadas totales del polígono auxiliar se determinaron: utilizando el ángulo azimutal y la distancia de cada uno de los monjones, las coordenadas totales del polígono real y con ello, rumbos y distancias. (ver página siguiente a Libreta de Pensilvania, "Libreta Polígono Final Convencional".)

METODO TRADICIONAL "PENSILVANIA"

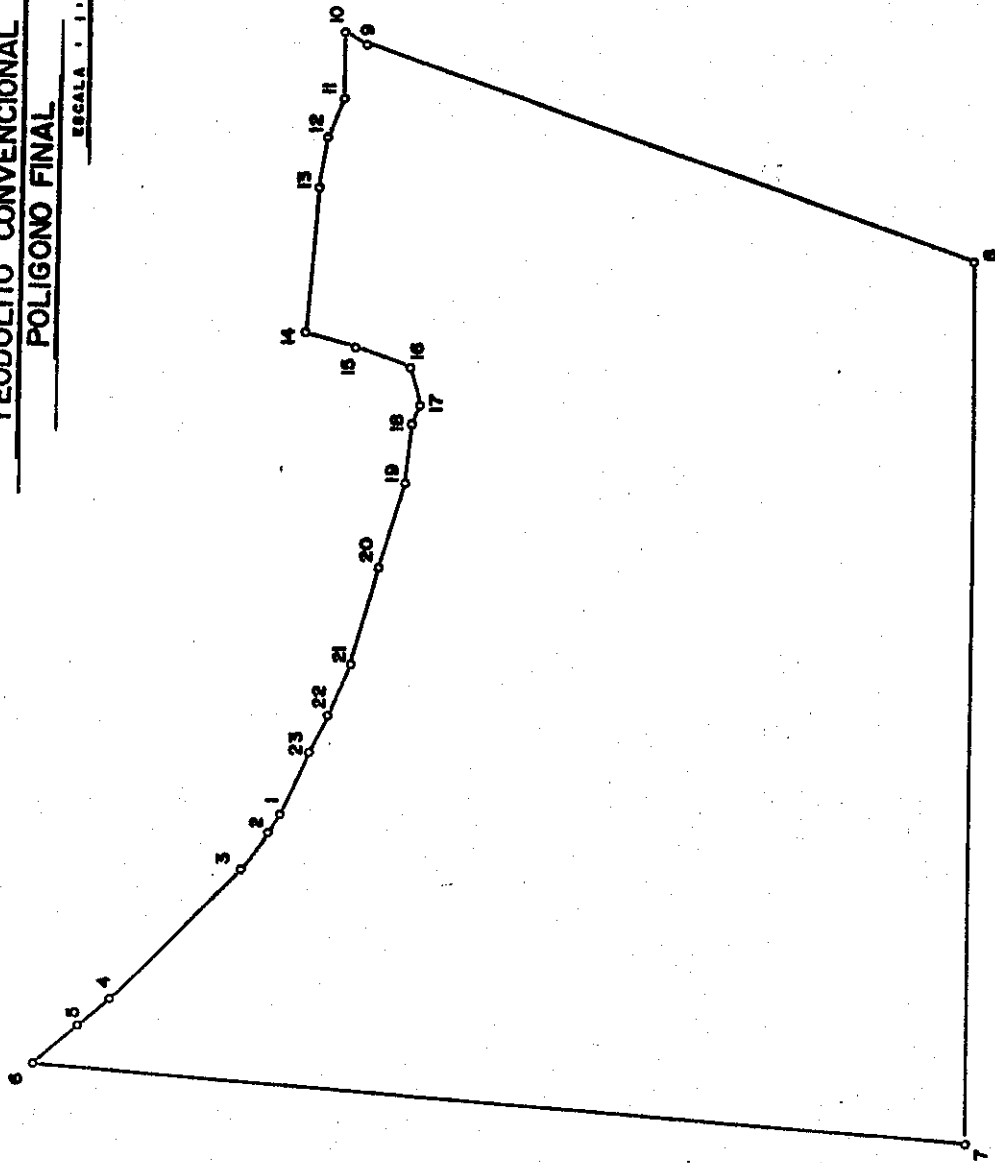
E.	P.O.	RUMBO	DISTAN.	N	S	E	W	ey	ex	Yp	Xp	Yt	Xt
0a	1a	S 45°10'50" W	25.30		19.95		20.07	0.02	0.02	- 19.93	- 20.05	- 19.96	- 20.05
1a	2a	S 53°02'10" W	52.25		31.42		41.75	0.05	0.04	- 31.37	- 41.71	- 51.30	- 61.76
2a	3a	S 69°44'30" E	38.87		13.46	36.47		0.03	0.03	- 13.43	+ 36.50	- 64.73	- 25.26
3a	4a	S 73°46'40" E	58.92		16.46	56.57		0.05	0.05	- 16.41	+ 56.62	- 81.14	+ 31.36
4a	5a	S 80°10'55" E	79.93		13.63	78.76		0.07	0.08	- 13.56	+ 78.84	- 94.70	+110.20
5a	6a	S 82°46'00" E	42.90		5.41	42.56		0.04	0.04	- 5.37	+ 42.60	-100.07	+152.80
6a	7a	N 18°18'30" E	83.18	78.97		26.13		0.07	0.07	+ 79.04	+ 26.20	- 21.03	+179.00
7a	8a	N 13°08'30" E	91.82	89.41		20.88		0.08	0.08	+ 89.49	+ 20.96	+ 68.46	+199.96
8a	9a	N 13°08'30" E	64.22	62.54		14.60		0.06	0.05	+ 62.60	+ 14.65	+131.06	+214.61
9a	10a	N 53°43'45" W	90.97	53.82			73.34	0.08	0.08	+ 53.90	- 73.26	+184.96	+141.35
10a	11a	N 59°27'40" W	79.65	40.47			68.60	0.07	0.07	+ 40.54	- 68.53	+225.50	+ 72.82
11a	12a	S 27°01'00" W	19.81		17.65		9.00	0.02	0.02	- 17.63	- 8.98	+207.87	+ 63.84
12a	13a	S 31°27'20" W	20.56		17.54		10.73	0.02	0.02	- 17.52	- 10.71	+190.35	+ 53.13
13a	14a	S 09°00'20" W	25.11		24.80		3.93	0.02	0.02	- 24.78	- 3.91	+165.57	+ 49.22
14a	15a	S 28°56'05" E	47.27		41.37	22.87		0.04	0.04	- 41.33	+ 22.91	+124.24	+ 72.13
15a	16a	S 19°40'50" W	38.28		36.04		12.89	0.03	0.03	- 36.01	- 12.86	+ 88.23	+ 59.27
16a	17a	S 30°58'50" W	36.43		31.23		18.75	0.03	0.03	- 31.20	- 18.72	+ 57.03	+ 40.55
17a	18a	S 29°10'35" W	40.84		35.66		18.91	0.04	0.03	- 35.62	- 19.88	+ 21.41	+ 20.67
18a	0a	S 43°58'50" W	29.79		21.44		20.69	0.03	0.02	- 21.41	- 20.67	0.00	0.00

**TEODOLITO CONVENCIONAL
POLIGONO FINAL**

E.	P.O.	AZIMUT.	DIST.	Yt	Xt
0	1	75°24'05"	269.62	- 56.42	- 78.97
1	2	57°27'20"	17.47	- 47.02	- 64.24
2	3	58°12'40"	12.03	- 40.68	- 54.01
3	4	53°41'05"	53.76	- 8.84	- 10.62
4	5	46°39'40"	13.68	+ 0.54	- 0.75
5	6	36°36'20"	6.49	+ 5.75	+ 3.12
6	7	35°05'40"	21.17	+ 23.07	+ 15.29
7	8	35°39'50"	12.16	+ 32.95	+ 22.38
8	9	32°31'50"	17.00	+ 47.28	+ 31.52
9	10	25°32'55"	30.75	+ 75.02	+ 44.78
10	11	24°08'00"	26.14	+ 98.88	+ 55.47
11	12	18°29'50"	17.33	+115.32	+ 60.97
12	13	31°30'25"	6.33	+120.72	+ 64.28
13	14	358°08'50"	11.76	+132.45	+ 63.49
14	15	301°27'05"	17.11	+141.38	+ 48.89
15	16	297°00'55"	15.43	+148.35	+ 35.22
16	17	16°00'00"	43.39	+190.06	+ 47.18
17	18	17°31'50"	15.63	+204.97	+ 51.89
18	19	32°23'20"	11.85	+214.98	+ 58.24
19	20	10°01'50"	20.21	+234.88	+ 61.76
20	21	128°07'15"	7.97	+229.96	+ 68.03
21	22	119°58'15"	188.24	+135.92	+231.10
22	0	190°41'35"	264.90	-124.38	+181.95

TEODOLITO CONVENCIONAL
POLIGONO FINAL

ESCALA 1:1000



5.2 CON ESTACION TOTAL ELECTRONICA:

a) Teodolito Sokkia Set 5A:

Equipo:

- Estación Total Sokkia Set 5-A.
- Brújula tubular.
- Bastón telescópico.
- Prisma reflectante.
- 2 baterías a nivel 3.

Personal:

- 1 Operador (persona capacitada para operar el instrumento).
- 1 Cadenero.
- 1 Ayudante.

Parámetros iniciales:

- Barómetro: 639.6 mmHg.
- Temperatura: 25.3 °C.

$$639.6 \text{ mm Hg} * \frac{1 \text{ hPa}}{0.75 \text{ mmHg}} = 852.8 \text{ hPa}$$

- Según tabla de corrección atmosférica:
corrección por PPM = 52. ("Parámetros de distancia, Cap.III.)

- Analíticamente:

$$\text{valor (x)} = \frac{278.96 - 0.2904 * 852.8}{1 + 0.003661 * 25.3} = 52.30$$

- Corrección del prisma: (Ver capítulo III, página 58)

Prisma tipo, AP015 + AP01

Valor de corrección = - 30

Constante del prisma = 30mm.

- Modo de medida de distancia: Fina y simple.
- Unidad de distancia: Metros.
- Unidad angular: Sexagesimal.

- Formato de ángulo vertical:
Ángulo Zenith (cenit 00) 1.
- Corrección de inclinación:
corrección ángulo horizontal.
corrección ángulo vertical.
- Formato de coordenadas: N, E, Z.

Coordenadas:

- Altura del instrumento:
- Variable en cada estación.
- Altura de prisma 2.5 mts.

Coordenadas iniciales:

N = 0.000
E = 0.000
N = 100.000

Método:

Es importante mencionar que en trabajos de mayor magnitud, resultaría difícil cerrar un polígono y analizarlo por medio del método de Pensilvania.

La Estación Total proporciona las coordenadas totales de cada punto, por tal razón la verificación que se efectúa en el campo es por medio de puntos adelante, que consiste en ubicar puntos claves que se encuentran enlazados mediante coordenadas totales con el futuro levantamiento, de tal forma que al pasar el caminamiento en posiciones cercanas a estos puntos, se puedan realizar las verificaciones correspondientes de coordenadas y niveles.

Por razones de comparación, en este caso se realizó mediante la conservación de azimut, construyendo un polígono auxiliar similar al polígono real del terreno y elaborando las radiaciones correspondientes.

Para cada punto o estación, se tomaron los procedimientos descritos detalladamente en capítulos anteriores, dando como resultado lo datos que aparecen en las páginas siguientes.

**ESTACION TOTAL
LIBRETA DE CAMPO POLIGONO AUXILIAR**

E.	P.O.	AZIMUT	DISTANCIA
0a	1a	226°34'10"	42.475
1a	2a	114°03'05"	232.740
2a	3a	9°31'15"	258.331
3a	4a	301°06'45"	188.279
4a	5a	187°09'05"	53.996
5a	6a	158°27'40"	43.336
6a	7a	201°47'05"	76.551
7a	0a	214°54'55"	76.770

**ESTACION TOTAL
LIBRETA DE RADIACIONES**

E.	P.O.	AZIMUT	DISTANCIA
0a	3	230°24'05"	13.897
0a	2	305°39'35"	0.928
0a	1	28°26'25"	6.535
0a	23	34°23'35"	28.147
0a	22	34°25'15"	40.560
0a	21	33°23'40"	56.850
1a	6	240°43'00"	55.261
1a	5	241°29'30"	38.681
1a	4	242°56'50"	26.506
2a	7	112°12'30"	0.901
3a	8	49°35'35"	9.264
4a	9	72°53'22"	5.309
4a	10	343°51'55"	7.834
4a	11	198°42'50"	14.119
5a	12	351°32'25"	30.254
5a	13	324°26'40"	17.677
5a	14	218°46'15"	33.852
6a	15	286°04'55"	23.559
6a	16	257°23'20"	9.765
6a	17	205°18'45"	16.131
7a	18	18°44'25"	54.105
7a	19	17°00'50"	38.314
7a	20	07°27'00"	12.001

PENSILVANIA
ESTACION TOTAL

E. P.O.	RUMBO	DISTAN.	N	S	E	W	ey	ex	Yp	Xp	Yt	Xt
0a	1a S 46°34'10" W	42.475		29.201		30.846	0.004	0.003	- 29.205	- 30.849	- 29.205	- 30.849
1a	2a S 65°56'56" E	232.740		94.856	212.533		0.021	0.015	- 94.877	+215.518	-124.082	+181.669
2a	3a N 09°31'15" E	258.331	254.773		42.728		0.024	0.016	+254.749	+ 42.712	+130.667	+224.381
3a	4a N 58°53'15" W	188.279	97.296			161.191	0.017	0.011	+ 97.279	-161.202	+227.946	+ 63.179
4a	5a S 07°09'05" W	53.996		53.576		6.722	0.005	0.003	- 53.581	- 6.725	+174.365	+ 56.454
5a	6a S 21°32'20" E	43.336		40.311	15.911		0.004	0.003	- 40.315	+ 15.908	+134.050	+ 72.362
6a	7a S 21°47'05" W	76.551		71.084		28.411	0.007	0.005	- 71.091	- 28.416	+ 62.959	+ 43.946
7a	0a S 34°54'55" W	76.770		62.952		43.941	0.007	0.005	- 62.959	- 43.946	0.00	0.00

**ESTACION TOTAL
POLIGONO TOPOGRAFICO**

E.	P.O.	AZIMUT.	DIST.	Yt	Xt
1	2	216°36'05"	6.484	- 0.541	- 0.754
2	3	226°38'35"	13.690	- 8.858	- 10.708
3	4	233°28'25"	54.442	- 41.260	- 54.455
4	5	238°19'33"	12.200	- 47.667	- 64.840
5	6	238°54'30"	16.590	- 56.235	- 79.048
6	7	104°38'40"	270.261	-124.562	+182.431
7	8	10°37'28"	265.791	+136.672	+232.435
8	9	299°38'10"	187.742	+229.508	+ 68.253
9	10	309°27'40"	9.392	+235.471	+ 61.002
10	11	186°25'20"	21.040	+214.573	+ 58.649
11	12	214°11'20"	11.827	+204.790	+ 52.003
12	13	200°33'15"	16.600	+189.246	+ 46.175
13	14	194°59'30"	42.211	+148.472	+ 35.256
14	15	118°37'15"	16.483	+140.576	+ 49.725
15	16	123°26'40"	15.709	+131.918	+ 62.833
16	17	168°04'50"	12.722	+119.470	+ 65.461
17	18	218°04'20"	6.706	+114.196	+ 61.329
18	19	202°54'50"	15.851	+ 99.596	+ 55.157
19	20	201°19'15"	26.554	+ 74.859	+ 45.502
20	21	207°25'10"	30.862	+ 47.464	+ 31.290
21	22	210°50'35"	16.313	+ 33.458	+ 22.927
22	23	214°28'56"	12.420	+ 23.221	+ 15.896
23	1	216°11'20"	21.452	+ 5.746	+ 3.112

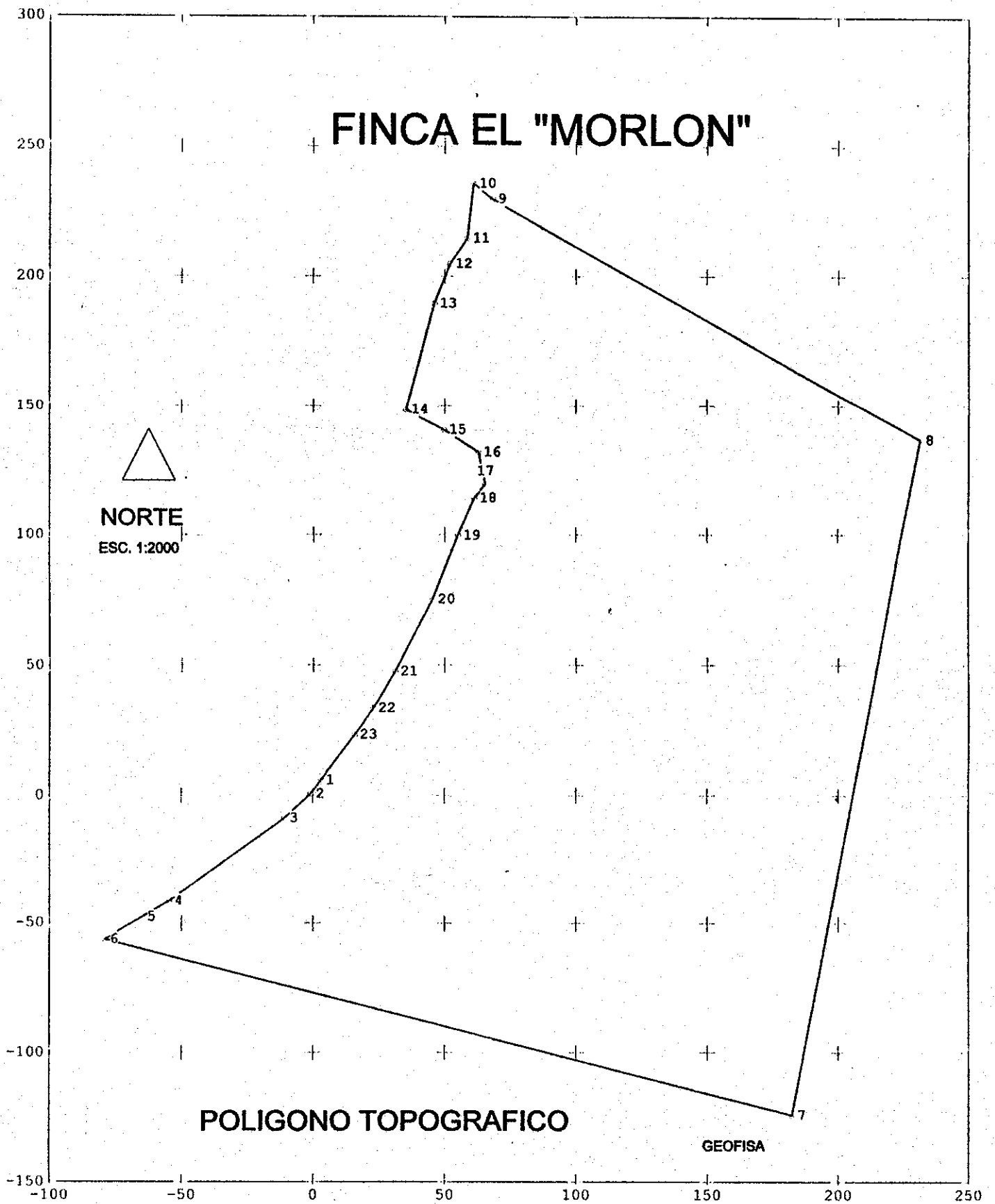


Fig.5-2

Errores, tolerancias y correcciones:

Angulares:

$$\text{Azimut salida} - \text{Azimut entrada} = 0$$

$$226^{\circ}34'10'' - 226^{\circ}34'00'' = 10''$$

$$\text{Error Total} = 5'' \times 8 = 14'' > 10' \rightarrow \text{Ok.}$$

Al realizar el pensilvania se puede comprobar que:

$$X = 0.0610$$

$$Y = 0.089$$

$$ET = (0.0610) + (0.089)$$

$$ET = 0.1079 \text{ mts.}$$

$$EU = \frac{0.1079}{972.478} = 0.00011 < 0.003 * \rightarrow \text{Ok.}$$

$$972.478$$

Nivelación:

Una de las grandes ventajas que presenta la Estación Total, es la nivelación conjunta al momento de determinar coordenadas de un punto en análisis (ver Cap.3 "Coordenadas de un punto"). Por tal razón es que la elaboración de la nivelación del terreno, se realizó con el método de Nube de Puntos, que consiste en observar una serie de puntos, donde a criterio del Ingeniero se presente un cambio fuerte o brusco de las curvas del terreno, de tal manera que tanto el número de puntos como la ubicación de los mismos, dependerá de la configuración de cada terreno y del criterio adecuado para realizar la nivelación.

Con los datos recabados en el campo, se transfieren al

programa de computadora -para este caso CARTO-MAP (Capitulo I, pág.36)-, para que el software analice y mediante la triangulación e interpolación lineal, realice las curvas de nivel en termino de segundos.

Los datos de campo así como la interpretación y presentación de los mismos se muestra en las páginas siguientes.

**ESTACION TOTAL
PUNTOS de NIVELACION**

P.O.	X	Y	Z
1	181.688	-124.075	64.697
2	187.536	- 94.492	63.967
3	192.955	- 69.703	63.751
4	204.733	- 22.550	63.092
5	209.321	16.117	62.591
6	214.481	42.776	62.446
7	220.776	71.663	62.059
8	225.660	97.146	61.747
9	229.421	115.777	61.594
10	223.959	133.957	61.326
11	231.428	136.668	61.072
12	111.821	-105.744	68.206
13	132.695	- 0.328	68.161
14	140.483	30.513	68.006
15	146.169	63.367	67.778
16	81.136	- 98.028	70.878
17	52.375	- 20.613	74.073
18	18.876	- 82.143	78.731
19	6.362	- 3.241	98.366
20	15.673	- 7.986	94.707
21	28.726	- 14.637	94.535
22	47.116	- 24.007	87.841
23	64.331	- 32.778	85.235
24	80.378	- 40.954	82.684
25	98.189	- 50.030	79.210
26	119.929	- 61.107	75.579

P.O.	X	Y	Z
27	17.212	16.182	96.592
28	51.273	4.952	87.538
29	83.334	- 13.878	77.223
30	37.832	50.003	94.322
31	52.017	72.324	93.283
32	110.033	- 25.001	73.258
33	- 30.845	- 29.200	102.162
34	123.792	- 5.161	69.967
35	- 1.986	- 76.009	84.009
36	- 38.077	- 37.259	95.726
37	- 55.172	- 62.835	100.844
38	- 79.048	- 56.235	104.131
39	- 64.840	- 47.667	103.326
40	- 54.455	- 41.260	104.072
41	- 25.254	- 32.024	100.462
42	- 14.733	- 38.458	96.149
43	- 0.629	- 45.789	90.215
44	14.331	- 53.477	84.964
45	33.677	- 59.928	78.966
46	- 10.118	- 15.059	100.523
47	4.263	- 24.119	94.383
48	24.787	- 33.125	88.113
49	38.572	- 43.172	85.628
50	72.335	- 58.221	78.257
51	- 46.227	- 47.589	101.773
52	- 15.072	- 46.993	94.912
53	0.013	- 66.088	85.737

P.O.	X	Y	Z
54	35.017	- 77.028	77.214
55	69.714	- 82.375	74.138
56	115.012	4.989	70.828
57	102.573	15.387	73.482
58	93.183	28.318	76.865
59	81.228	35.352	80.114
60	50.093	45.011	91.245
61	22.927	33.458	95.576
62	42.214	25.592	90.044
63	70.055	19.899	79.188
64	95.615	4.655	72.692
65	97.269	37.612	76.638
66	109.870	51.853	75.038
67	124.319	70.294	96.678
68	27.468	40.924	94.514
69	44.004	63.044	91.741
70	66.358	96.302	89.590
71	79.039	131.997	75.414
72	108.241	50.883	75.629
73	122.869	87.314	75.783
74	120.253	94.253	77.508
75	61.924	80.162	77.025
76	60.073	55.181	79.922
77	90.821	41.772	70.814
78	135.028	50.142	71.121
79	137.972	78.148	63.229
80	188.073	134.719	66.672

P.O.	X	Y	Z
81	160.248	100.212	64.213
82	185.003	60.231	63.192
83	202.114	94.701	72.118
84	88.927	118.972	78.884
85	118.289	122.121	83.129
86	102.118	125.372	89.138
87	78.931	131.148	87.019
88	87.716	132.71	87.019
89	105.122	147.972	81.974
90	123.870	115.129	76.121
91	136.789	161.347	72.132
92	166.229	173.772	64.258
93	120.404	199.839	67.717
94	72.413	134.128	89.475
95	85.779	110.128	91.721
96	45.933	150.008	90.127
97	70.107	155.116	87.332
98	85.525	170.288	91.201
99	110.124	190.321	71.227
100	56.933	180.062	86.148
101	69.622	205.003	76.981
102	68.355	224.003	70.119

FINCA EL "MORLON"

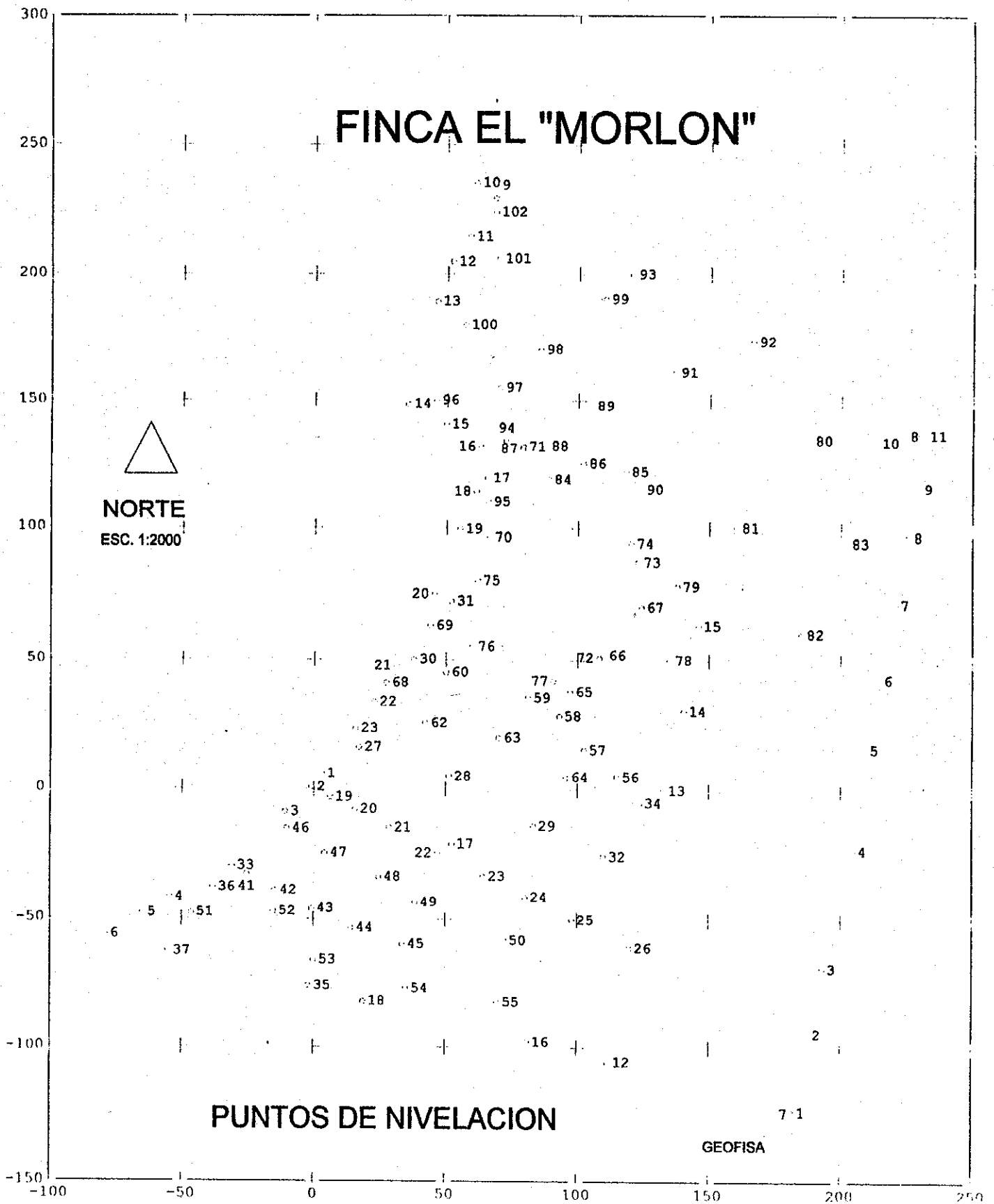


Fig.5-3

FINCA EL "MORLON"

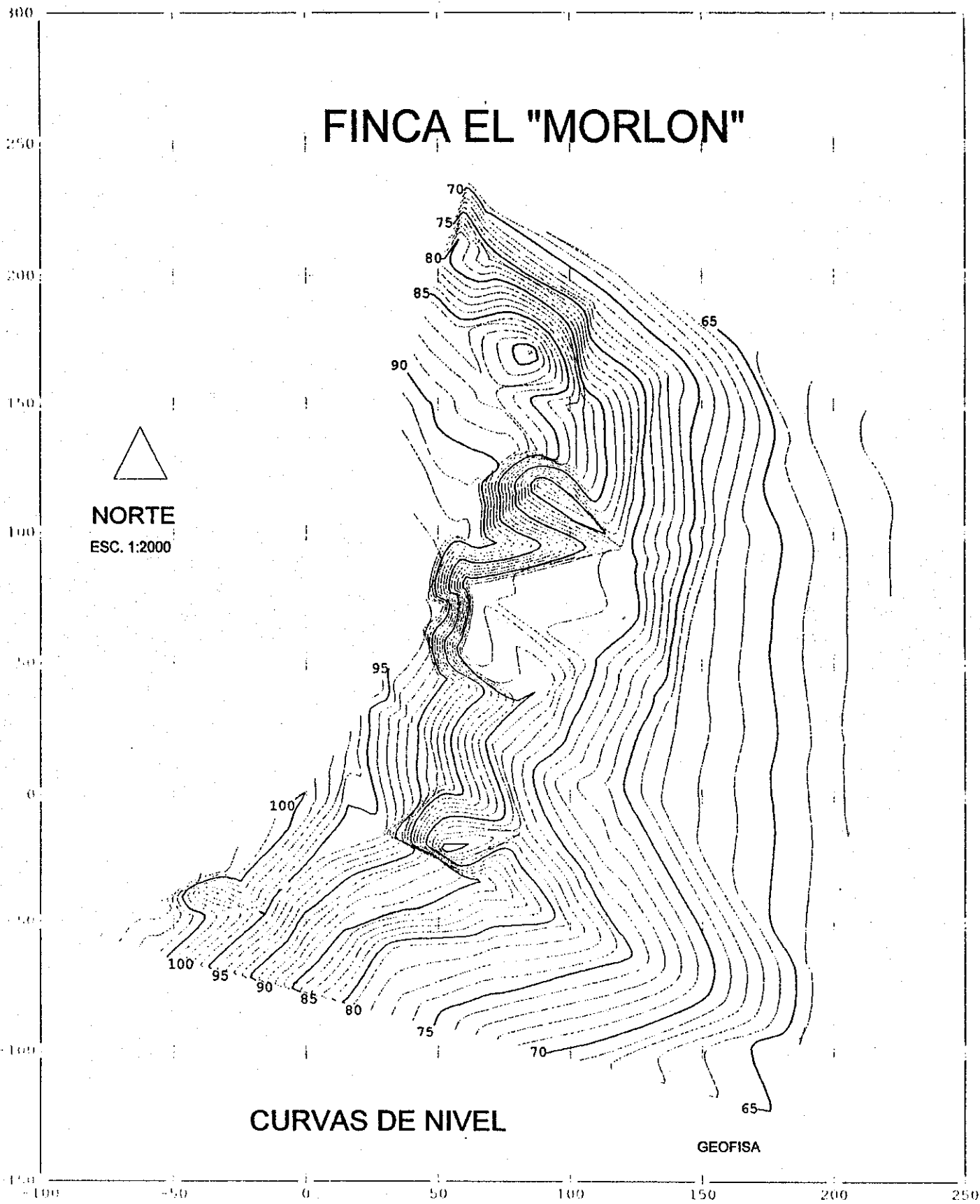


Fig.5-4

Nivelación Tradicional:

Uno de los objetivos primordiales de la presente tesis es de comparar los instrumentos tradicionales con la nueva tecnología.

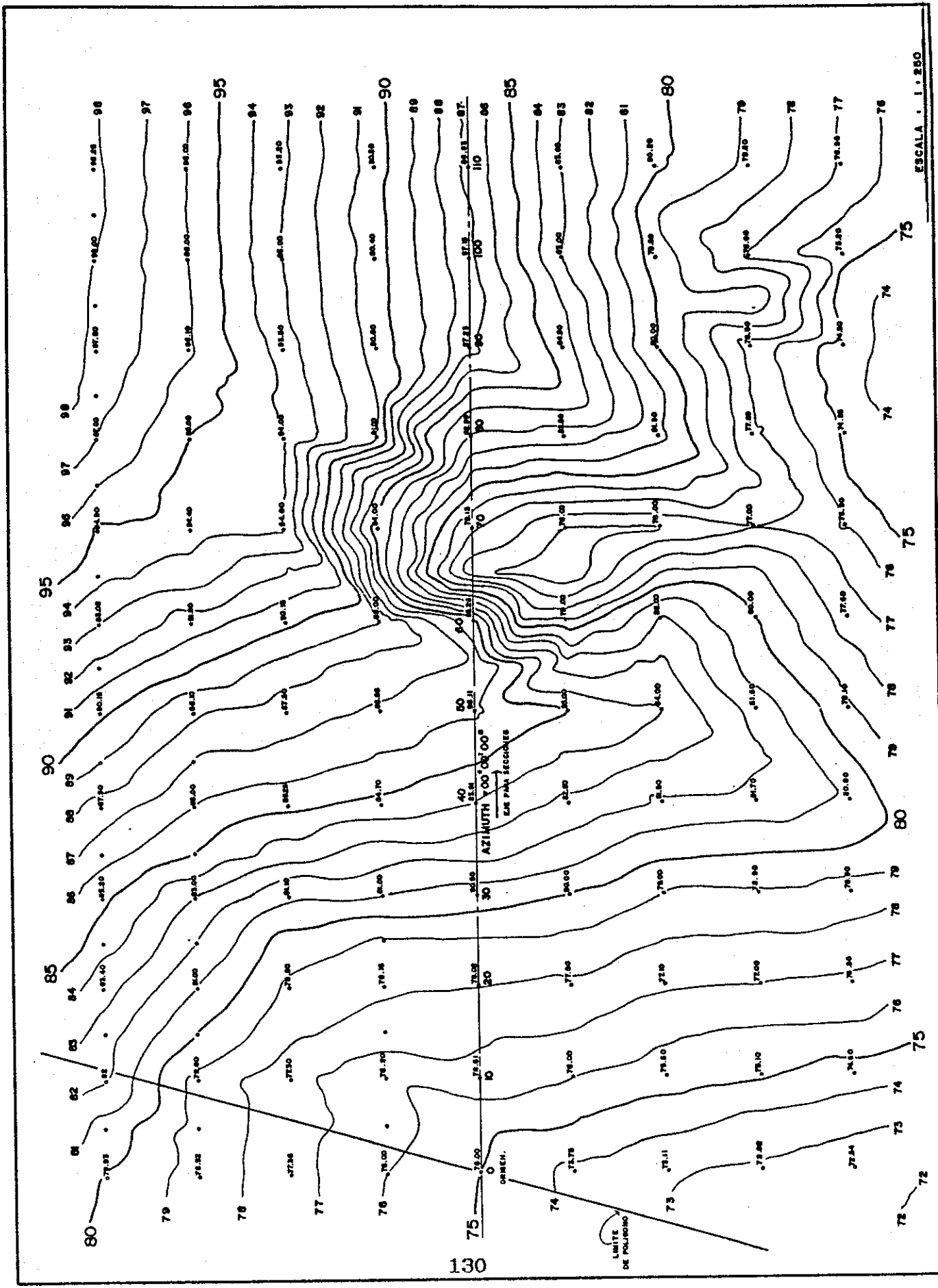
Para tener un buen parámetro de análisis se realizó una nivelación y seccionamiento de un segmento del terreno en cuestión, tomando como punto de partida, un banco de marca (BM) establecido con la Estación Total, así como la dirección del caminamiento.

La libreta de nivelación, las secciones transversales y la representación gráfica se presentan en la página siguiente.

LIBRETA DE NIVELACION Y SECCIONES TRANSVERSALES

99.50	98.26	96	93.20	90.50	86.827	83.00	80.20	78.80	76.90	74.80
50	40	30	20	10	110	10	20	30	40	50
99.60	98.20	96	93	90.36	87.08	83.10	79.05	77.80	76.10	74.60
50	40	30	20	10	105	10	20	30	40	50
99.50	98	96	93	90.40	87.151	83	79.50	76.90	75.20	74
50	40	30	20	10	100	10	20	30	40	50
99.60	97.90	96.10	93.10	90.40	87.634	83.95	80	79.90	74.50	73
50	40	30	20	10	95	10	20	30	40	50
100.30	97.80	96.10	93.50	90.60	87.2311	84.50	80	76.50	74.50	73.00
50	40	30	20	10	90	10	20	30	40	50
99.85	97.50	95.50	93.80	91	84.796	84.90	81.30	77.20	74.85	72.95
50	40	30	20	10	85	10	20	30	40	50
99.30	97	95	94	91	82.989	82.50	79.50	78.20	75.10	73.20
50	40	30	20	10	80	10	20	30	40	50
99	96	94.6	94	86	80.328	79.50	76.00	77	75.90	74.00
50	40	30	20	10	75	10	20	30	40	50
97.70	94.90	94.40	94	89	78.153	76	79.00	79.10	76.80	74.60
50	40	30	20	15	70	10	20	30	40	50
96.30	94.30	93.50	92.00	91.50	76.317	75.00	80.50	82	77.50	75.80
50	40	30	20	15	65	10	15	20	30	40
95.10	93.05	91.5	90.15	89	85.25	79	83.20	80.50	78.40	76.10
50	40	30	20	10	60	05	20	30	40	50
94.05	91.65	90.00	88.50	87.50	86.883	85	84	81.50	79.10	76.90
50	40	30	20	10	55	5	20	30	40	50

92.50	90.15	86.10	87.50	86.85	86.105	85	84	81.50	79.10	76.90
50	40	30	20	10	50	10	20	30	40	50
91.20	89.00	87.00	86.60	85.90	85.124	83.90	83.10	82.20	80	77.50
50	40	30	20	10	45	10	20	30	40	50
90	87.50	86.00	85.25	84.70	83.907	82.80	81.90	81.70	80.80	78.00
50	40	30	20	10	40	10	20	30	40	50
89	86.45	85	83.50	82.50	82.50	81.50	80.30	80.10	80	78.90
50	40	30	20	10	35	10	20	30	40	50
88	85.20	83.00	81.10	81.00	80.50	80.00	79.00	78.90	78.50	78.10
50	40	30	20	10	30	10	20	30	40	50
87	84.50	82.00	79.50	78.90	78.895	78.80	78.00	77.90	77.70	77.30
50	40	30	20	10	25	10	20	30	40	50
86.10	83.40	81.00	78.80	78.15	78.023	77.80	77.10	77.00	76.80	76.20
50	40	30	20	10	20	10	20	30	40	50
85	83	81	78.18	77.58	77.235	77	76.20	76	75.90	75
50	40	30	20	10	15	10	20	30	40	50
84	82	80	78	77.20	76.609	76	75.50	75.10	74.50	74
50	40	30	20	10	10.00	10	20	30	40	50
83.00	80.55	78.60	77.45	75.40	75.25	75	74.30	73.70	73.30	73
50	40	30	20	10	5.00	10	20	30	40	50
81.79	79.93	78.52	77.36	76	75.00	73.75	73.11	72.82	72.34	71.98
50	40	30	20	10	0.00	10	20	30	40	50



ESCALA : 1:250

130

Fig.5-5

5.3 ANALISIS Y COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS.

TABLA 1

Teodolito Tradicional	Estación Total
- Error Angular = $0^{\circ}1'10''$	- Error Angular = $10''$
- Error Unitario = 0.0012	- Error Unitario = 0.00011
- Area: $56,647.56385m^2 = 81,071.461v^2$	- Area: $56,893.109m^2 = 81,422.573v^2$
- Tiempo elaboración.	- Tiempo de elaboración.
- Polígono.	- Polígono.
- Tiempo de elaboración de curvas de nivel.	- Tiempo de elaboración de curvas de nivel.

a) Levantamiento de poligonal:

La diferencia en cuanto a exactitud y rapidez de la medida planimétrica entre estos instrumentos es bastante clara, se puede observar que la Estación Total proporciona mayor exactitud en los resultados, por ser un instrumento de alta precisión, prueba de ello es que el error angular se encuentra verificado alrededor de los segundos, mientras que en el método tradicional se encuentra entre los minutos.

Los errores en el cierre de distancias se observaron de la siguiente manera:

Método Tradicional:

$\frac{0.003}{0.0012} = 2.5$ veces más pequeño que lo exigido por la ley, es decir 1.2 mts. por cada mil medidos.

Estación Total:

$\frac{0.003}{0.00011} = 27.30$ veces más pequeño que lo exigido por la ley, es decir 0.11 mts. por cada mil medidos.

Por ser la Estación Total un instrumento electrónico, permite con gran facilidad tomar las medidas, pues los valores son desplegados en una pantalla y el usuario puede transcribirlos en su libreta desde un punto alejado y sin cometer errores en la lectura. También se pueden mencionar las múltiples ventajas que se tienen, si se elaboran con una libreta electrónica, una de ellas es que el número de personas laborantes se reduce.

Al tomar medidas de distancia con la Estación Total, basta colocar el prisma sobre el trompo, nivelar el bastón telescópico con el nivel tubular y oprimir una tecla, para que en aproximadamente 1.5 segundos, directamente en el campo, se obtenga la distancia (H,V,S,)* y las coordenadas totales de cada punto. Esto es difícil con los instrumentos tradicionales porque están limitados a parámetros de longitudes máximas de distancia, por ejemplo la cinta métrica se utiliza para distancias menores de 30 mts., el método taquimétrico para distancias no mayores de 100 mts., aparte de todos los errores que se dan por alineación, vista con plomada, vuelta de campana, errores de cinta, aproximación de lecturas de los hilos estadimétricos, etc., en consecuencia, el número de estaciones del polígono auxiliar de la Estación Total es 2.4 veces más pequeña que la del método tradicional.

La precisión y exactitud son de gran relevancia en cual

*(horizontal, vertical y geométrica).

quier trabajo, en cuanto a linderos, mojones y medidas superficiales que son puntos clave, y la diferencia que presentan las dos medidas superficiales es un claro ejemplo de esto.

Puede decirse entonces, que la disparidad en los resultados es debido a:

- Desigualdad en la longitud de linderos.
- Posición relativa de los mojones.
- Errores causados por las aproximaciones.

A pesar de que ambos instrumentos cumplen con los reglamentos impuestos por la Ley de Agrimensura, la alternativa más conveniente es aquella que presenta la mayor exactitud y rapidez.

b) Nivelación:

Para realizar una nivelación con instrumentos tradicionales en el campo, se requiere de excesivos cuidados para la observación y los innumerables puntos de vuelta provocados por la limitante de un nivel a 90° del zenit y para resolver las dificultades que se tienen en el momento de realizar seccionamientos en terrenos accidentados, para elaborar curvas de nivel, a diferencia de ello, la Estación Total permite nivelar un número considerable de puntos desde una sola estación, y puede realizar la nivelación completa de todo un terreno utilizando el método de la nube de puntos (cuyo principio se basa en lo expuesto en el cap. III bajo el título de Coordenadas de un punto).

En el presente caso, para dejar una idea clara al respecto, con ambos instrumentos se realizaron secciones transversales; con instrumentos tradicionales a cada 5 mts. en un segmento de la finca el Morlón, Amatitlán, conduciéndose el trabajo en aproximadamente 8 horas con una cuadrilla de topografía, y la Estación Total permitió nivelar toda la finca en aproximadamente 4 horas con 20 minutos, sólo con el operador de la Estación Total y un cadenero.

Las curvas de nivel reflejan una similitud en ambos métodos, pero se hizo necesario reducir el trabajo topográfico del método tradicional para obtenerlo.

c) Presentaciones:

La representación gráfica con la Estación Total, muestra mayor claridad y nitidez, además del ahorro de tiempo en su elaboración, los dibujos se pueden realizar en una escala menor sin perder las configuraciones de las líneas y en escalas mayores como en un formato tipo A-0.

Es evidente que el costo que representa tener un equipo electrónico completo para realizar trabajos topográficos es elevado, pero su compensación se da en cuanto a la reducción de tiempo y dinero en el proceso del levantamiento en campo, del procesamiento de datos y las múltiples y diversas formas de graficar los resultados.

CONCLUSIONES

- 1) Es evidente la necesidad que tanto el profesional, como el estudiante de Ingeniería estén actualizados en cuanto a los cambios tecnológicos que se suscitan en relación a los instrumentos modernos de medición, tal como el que ocupa el presente trabajo.
- 2) El manejo de la Estación Total requiere previamente de conocimientos de geometría y la estructura básica de un computador (software).
- 3) La nueva tecnología proporciona ahorro de tiempo, mayor exactitud, velocidad y nitidez en el campo topográfico.
- 4) La estructura compacta, ligera y aerodinámica de este instrumento moderno de medición, permite que se utilice con gran facilidad y por estar dotado de una diversidad de accesorios, el trabajo de campo se facilita y se obtiene mayor eficiencia.
- 5) La diversidad de operaciones y el alcance de la Estación Total permite la reducción de personal para operarse, y la obtención de resultados en el campo reduce el trabajo de gabinete.
- 6) El mantenimiento de equipos modernos de medición se reduce a manos de profesionales, por lo que su costo es más elevado en comparación con los instrumentos tradicionales.

RECOMENDACIONES

- 1) Mantener el interés por el aprendizaje y la utilización de los instrumentos modernos de medición.
- 2) Que el usuario de cualquier instrumento moderno de medición, cumpla con las recomendaciones y precauciones para su operación, establecidos por los fabricantes, para que se puedan obtener resultados exactos.
- 3) Que se cuente no sólo con el instrumento moderno de medición, sino también con todos sus accesorios, para poder operarlo de forma óptima.
- 4) Al no utilizar por un tiempo prudencial la Estación Total, activar sus circuitos vertical y horizontal, por lo menos una vez al mes.
- 5) Antes de operar un instrumento moderno de medición, analizar y comprender la interpretación matemática de las aplicaciones de una Estación Total, para saber los rangos de información en que se encuentran los datos que proporciona.
- 6) Para levantamientos topográficos pequeños, radiar los mojones correspondientes del polígono real y obtener la superficie mediante coordenadas totales, no es necesario hacer verificaciones angulares y de distancia porque los errores en estos instrumentos debido a su gran

precisión, son mínimos.

- 7) En los trabajos de nivelación, tomar un tiempo prudencial para realizar un reconocimiento detenido de las posibles elevaciones o depresiones del terreno, con el fin de tener un criterio definido en el método de la nube de puntos.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ALCANTARA GARCIA, Dante. TOPOGRAFIA. Imprenta Carbayón, México, 1,990.
- 2) ARCHILA CHAVARRIA, Gloria Albertina. MANUAL PARA EL MANEJO, USO Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO TOPOGRAFICO DEL ARSENAL DE LA FACULTAD DE INGENIERIA. Tesis de Graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, noviembre 1,987.
- 3) SALAZAR CHAVEZ, Marco Vinicio. ANALISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION UTILIZADOS EN TOPOGRAFIA. Tesis de Graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, noviembre de 1,987
- 4) Sokkia Co.,Ltd. INSTRUMENTOS TOPOGRAFICOS. MANUAL DEL OPERADOR de la Estación Total Electrónica SET5A-SET5AS. Japón, octubre de 1,994.
- 5) ZELADA JIMENEZ, Mynor Anibal. METODOS AUXILIARES EMPLEADOS EN TOPOGRAFIA. Tesis de Graduación de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, marzo 1,984.