



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

FUNDAMENTACION Y DESARROLLO DE PRACTICAS GENERALES
DE LA CARRERA DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERA TOPOGRAFIA Y GEODESIA

P R E S E N T A

MARIA TERESA ROCHIA GOMEZ

DIRECTOR: ING. MARIO GUEVARA SALAZAR



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional

AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-148

Señorita MARIA TERESA ROCIA GOMEZ,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Mario Guevara Salazar, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA.

"FUNDAMENTACION Y DESARROLLO DE PRACTICAS GENERALES
DE LA CARRERA DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA"

- Introducción.
- I. Poligonación.
- II. Nivelación.
- III. Configuración.
- IV. Temas especiales.
- V. Astronomía.
- VI. Geodésia
- VII. Trabajos complementarios de Gabinete.
- Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 19 de junio de 1985
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHÁVEZ.

OARCII/RCCII/sho.

I N D I C E .

	Pag.
Introducción.....	1
Consideraciones Generales.....	2
Poligonación.....	4
Nivelación.....	42
Configuración.....	63
Temas Especiales.....	74
Astronomía.....	102
Geodesia.....	130
Trabajos Complementarios de Gabinete.....	146
Conclusiones.....	166
Bibliografía.....	167

I N T R O D U C C I O N .

Dentro del plan de estudios de la Carrera de Ingeniero Topógrafo y Geodesta está incluida la asignatura de "Prácticas Generales". El presente trabajo tiene por objeto, ayudar a la planeación y organización de dichas prácticas a fin de que con experiencias pasadas se mejoren e implementen para un buen desarrollo y aprovechamiento por parte del alumnado; así como servir de guía al Coordinador de estas prácticas.

Se debe tener en cuenta la importancia de las prácticas ya que es el medio idóneo por el cual, generalmente, el alumno empieza a adquirir experiencia; además de enfrentarse a diversos problemas que se presentan en el desarrollo de las mismas y en los que se verá obligado a decidir la manera más práctica de resolverlos.

Es importante resaltar que el objeto primordial de las "Prácticas Generales" es el de emplear, afirmar y relacionar los conocimientos adquiridos en las áreas de: Topografía, Astronomía y Geodesia, mediante la realización de trabajos semejantes a los que enfrentará en su futuro desempeño profesional. Así como propiciar la integración de grupo y el respeto a la comunidad visitada, ya que estas prácticas se realizan fuera de las instalaciones universitarias.

Dentro del área de Topografía, (la cuál tiene por objeto la descripción geométrica de porciones de la superficie terrestre), se desarrollan los siguientes capítulos:

-Poligonación, nivelación, configuración y temas especiales

Dentro del área de Astronomía, la cuál nos permite por medio de observaciones a los astros determinar: hora, latitud, longitud y acimut geográficos, se desarrolla el capítulo de Astronomía.

Por último dentro del área de Geodesia, la cuál comprende los procedimientos aplicables a la determinación de la figura y dimensiones de la tierra, se encuentra comprendido el capítulo de Geodesia.

Como parte final se ha complementado este trabajo con programas inherentes a casi todos los capítulos presentados anteriormente los cuales son fáciles de trabajar tanto en computadoras de bolsillo como microcomputadoras.

Consideraciones Generales.

Dentro de cada capítulo del presente trabajo se encuentra una parte dedicada a la organización y planeación, fuera de éstos se tienen puntos que no siendo exclusivos se deben tomar en cuenta dado que son generales para todo el trabajo; dichos puntos son los siguientes:

a) Preparación del equipo.

Consiste en elaborar una lista de los aparatos y equipo necesario, así como sus accesorios; esto con el fin de llevar un control sobre cada uno de los instrumentos de trabajo.

Se debe tener especial cuidado con el equipo fino y de precisión.

- b) De acuerdo con el número de alumnos a cursar Prácticas Generales, el coordinador designa el número de participantes por brigada.
- c) A cada brigada se le asigna el equipo y material a utilizar a lo largo de las prácticas, mediante un vale el cual se entrega en el gabinete de Topografía de la Facultad de Ingeniería; quedando entendido de antemano que los participantes de la brigada se hacen responsables del cuidado y buen uso del equipo.
- d) Se improvisa un local en el campamento, donde, se administra el equipo correspondiente por práctica a cada brigada.
- e) Se dispone de vales, con los cuales se puede solicitar el material y equipo necesario diariamente.
- f) Se presenta una relación a los alumnos de los artículos personales que les serán indispensables, de acuerdo al lugar donde se realicen las Prácticas Generales. Los cuales pueden ser entre otros:
- 1.- Botas de campo.
 - 2.- Cantimplora.
 - 3.- Cubiertos.
 - 4.- Libreta de tránsito.
 - 5.- Punzón para ajustes de tránsito y nivel.
 - 6.- Lápices 2H
 - 7.- Juego de escuadras y escalímetro.

- 8.- Libro de topografía para consulta.
 - 9.- Cobijas o cobertor.
 - 10.- Impermeable.
 - 11.- Colchoneta o Sleeping.
 - 12.- Jarro ó vaso de plástico.
 - 13.- Linterna de pilas (de mano).
 - 14.- Jeringa desechable y ampolleta de suero anticrotálico.
- g) Establecer día y hora de partida para el transporte de material y alumnos al lugar donde se realizarán las prácticas.
- h) El coordinador establece ciertas reglas según criterio para preservar el orden y buen comportamiento del grupo. Algunos puntos que se sugiere sean tomados en consideración son:
- 1.- Asignar horarios de trabajo (horas de inicio, término, desayuno, comida y cena).
 - 2.- Establecer las limitaciones en los permisos para viajar a otros lugares en días de descanso como pueden ser los domingos.
 - 3.- Aseo del campamento, (puede hacerse rotando a las brigadas)
 - 4.- Sanciones que habrá para los alumnos que no cumplan con las reglas establecidas.
- i) Establecer un programa de actividades ó de prácticas a realizar definiendo los días de intercambio de datos de cada una de las prácticas correspondientes, así como también establecer los días de cálculo y dibujo.
- j) Para los equipos que necesiten ser ajustados tales como el tránsito y el nivel, se asigna un sitio específico por el coordinador para ajustarlos antes de realizar la práctica correspondiente.
- k) Para cada una de las prácticas a realizar es necesario revisar anticipadamente que el equipo indispensable esté completo.

P O L I G O N A C I O N .

Capítulo I

- 1.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.
- 1.2 LEVANTAMIENTO DE POLIGONOS.
- 1.3 LEVANTAMIENTO DE DETALLES.
- 1.4 ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIAS.
- 1.5 CALCULO Y DIBUJO.

1.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

Dentro de esta práctica es importante planear y organizar con anticipación por parte de las brigadas el trabajo de campo. Por lo que es importante tomar las siguientes consideraciones:

- 1.- Llevar a cabo un reconocimiento previo de la zona de trabajo.
- 2.- Definir los vértices del polígono. Si se trata de que las brigadas lleven a cabo un trabajo ligado será necesario que estas se pongan de acuerdo en la localización de los vértices que serán comunes a ambas.
- 3.- Realizar el trabajo de acuerdo a alguno de los métodos que se emplean en levantamientos de esta índole. (Tránsito y cinta).
- 4.- Comprobar que el equipo necesario para la práctica esté completo y en buenas condiciones.
- 5.- Empezar la práctica trazando un polígono de apoyo del terreno por levantar.
- 6.- Todas las operaciones de campo deben anotarse en una libreta de tránsito. Lo interesante de esta libreta; es que en ella consten todos los datos tomados en el campo, que permitirán mas tarde construir el plano del terreno o del trabajo hecho. Esta libreta debe considerarse como la historia de las operaciones ejecutadas y nunca deben hacerse en esta abreviaturas ni mucho menos asentarse resultados de operaciones aritméticas que no estén anotadas en el mismo registro, pues transcurrido algun tiempo, sería imposible recordar el origen de estos resultados.
- 7.- Realizar un croquis en cada una de las estaciones. Si se trata del levantamiento topográfico de un pueblo se puede hacer el croquis de acuerdo a polígonos interiores envolviendo a las manzanas.
- 8.- Realizar una orientación astronómica de un lado de la poligonal de apoyo.
- 9.- Intercambio de datos entre brigadas, ajuste y compensación de cálculos.
- 10.- Llevar los registros en forma ordenada, de manera que el anotador de preferencia sea siempre la misma persona para evitar confusiones.
- 11.- Evitar la pérdida de equipo encargándose cada participante de cuidar y transportar una parte de éste.
- 12.- Disminuir los errores en la medida de ángulos de las poligonales, esmerándose en la colocación del instrumento en la estación, sobre todo cuando un mismo vértice sirve para otra poligonal, o cuando dos estaciones están proximas.

1.2 LEVANTAMIENTOS DE POLIGONOS.

1.2.1 Ajuste del tránsito.

Para realizar la práctica de acuerdo a las especificaciones de precisiones de poligonales es necesario que se lleven a cabo ciertos ajustes a nuestro tránsito. Y son los siguientes:

- 1.- Las directrices de los niveles del limbo horizontal deben ser perpendiculares al eje vertical o acimutal.
- 2.- Los hilos de la retícula deben ser perpendiculares a los ejes respectivos. Por construcción los hilos deben ser perpendiculares entre sí, pero conviene rectificarlo cuando la retícula es de hilos, (no es necesario esto cuando son líneas grabadas en cristal).
- 3.- No debe existir error de paralaje en el anteojo, lo cual se descubre observando si un objeto enfocado, cambia de posición con respecto a la retícula al moverse el observador en el campo del ocular.
- 4.- La línea de colimación debe ser perpendicular al eje horizontal o de alturas.
- 5.- El eje de alturas o eje horizontal debe ser perpendicular al eje acimutal o vertical.

1.2.2 Levantamiento de poligonos con tránsito y cinta.

Las poligonales pueden ser cerradas o abiertas. El cierre angular o lineal de las primeras se puede comprobar fácilmente, pues se regresa al punto de partida el cual debe coincidir con el que da el levantamiento. Las segundas se pueden comprobar de la siguiente manera: a) comenzándolas y terminándolas en vértices de una triangulación o de otra poligonal ya calculada, b) comenzándola y terminándola en puntos fijados por "tres vértices", c) cuando no es posible emplear alguno de los métodos anteriores, se puede comprobar la posición de los puntos, dirigiendo desde éstos visuales a un punto bien definido cualquiera, pues al hacer la construcción de todas las visuales deberán de concurrir aproximadamente a él.

Se debe de tener en cuenta que en todo polígono cerrado:

-La suma de ángulos internos= $180^\circ(n-2)$

-La suma de ángulos externos= $180^\circ(n+2)$

Después de que se ha definido si el polígono será abierto o cerrado, de acuerdo a las necesidades del terreno por levantar, se procede a elegir alguno de los métodos de levantamiento angular, los cuales pueden ser:

1.- ángulos interiores.-Consiste en medir todos los ángulos interiores del polígono. Es especialmente adecuado para poligonos cerrados.

Tiene la ventaja de permitir que los ángulos se midan por repeticiones o reiteraciones, lo cual no ocurre con los otros métodos.

Condición angular (Figura No. 1).

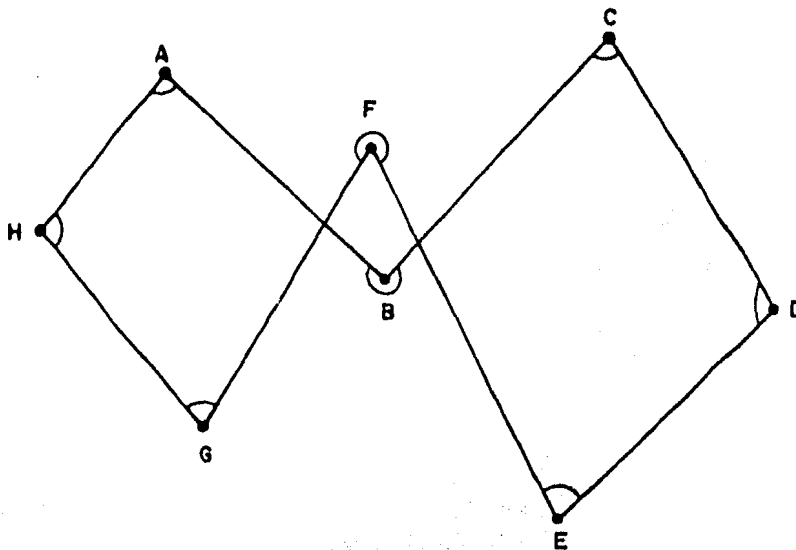


FIGURA NO. 1

SUMA DE ANGULOS INTERIORES = $180^\circ(N-2)$

2.- Deflexiones.-Consiste en medir el ángulo de deflexión en cada vértice.

Deflexión.- Es el ángulo que forma en un vértice la prolongación del lado anterior con el lado siguiente.

Estableciendo el sentido en que se va a recorrer el polígono, habrá deflexiones derechas e izquierdas.

Este sistema es especialmente adecuado para polígonos abiertos como los que se emplean en estudios de vías de comunicación.

El método consiste en que una vez centrado y nivelado el aparato sobre el vértice objeto de la medición, se efectue la coincidencia de ceros y se bisecte con el uso del movimiento general al punto anterior con el anteojo en posición "inversa". Enseguida se afloja el movimiento particular del vertical del anteojo, y girando a este verticalmente 180 grados, se bisecta en posición directa el punto siguiente, mediante los tornillos del movimiento particular para enseguida efectuar y anotar la lectura correspondiente.

Registro:

EST. P.O. Δ IZQ. Δ DER.

3.- Conservación de acimuts.- Este método se emplea para cualquier clase de polígonos.

Con el anteojo en posición directa, se orienta el aparato en el primer vértice (magnéticamente o astronómicamente), para medir con un vernier el acimut del primer lado. Después conservando en el vernier esta lectura, se traslada el aparato al punto siguiente, y al ver el de atrás en posición inversa, queda el anteojo sobre la línea cuyo acimut se tiene marcado.

Se vuelve el anteojo en posición directa, y así se logra que el aparato quede en posición paralela a la que tuvo en el punto de atrás, o sea que el cero queda otra vez orientado al Norte, y dejando ahí fija la graduación (movimiento general apretado), se afloja el tornillo del movimiento particular y puede medirse el acimut de la siguiente línea, con el vernier. Así se continua el procedimiento recorriendo ordenadamente los vértices.

Para este método pueden seguirse los sistemas de operación siguientes:

a) Con giro vertical de 180° para ver atrás en inversa y adelante en directa, y siempre leyendo un mismo vernier.

b) Sin giro vertical de 180°.

Si se sigue leyendo en un mismo vernier siempre, para leer el acimut correctamente deberán corregirse 180 grados las lecturas alternadas.

c) Sin giro vertical de 180 grados, alternando las lecturas en cada vértice a los verniers A y B, para obtener el acimut directamente.

Con la brújula del aparato, al leer en cada vértice el rumbo de la línea siguiente comprobamos que el vernier que se usa sea el que debe leerse en ese vértice, pues debe estar de acuerdo con el acimut que marca el vernier.

Registro de campo.

EST. P.O. ACIMUT R.M.O. OBSERVACIONES

1.2.3 Levantamiento de polígonos con teodolito y mira invar.

En ciertas circunstancias en que resultaría difícil medir las distancias por el método de cadeneo, se puede utilizar otro basado en el uso de un teodolito y una barra subtensa (mira invar). En las distancias que van de 30 a 75 metros, con este método se obtiene una precisión de 1:5 000 y hasta 1:12 000. Si las distancias son mayores se puede medir sucesivamente los segmentos parciales de menor longitud.

Las mediciones con mira invar se efectúan leyendo el ángulo horizontal formado por las visuales dirigidas a dos marcas de una barra horizontal colocada a la distancia que se trata de medir. Este ángulo horizontal es el ángulo "subtendido" por las marcas que por lo común, están a dos metros una de la otra, en la barra subtensa.

Desde luego este método requiere de un teodolito que de aproximaciones hasta de 1 segundo de arco, ya que un ángulo incorrecto o medido con poca precisión, da una medida incierta y, por lo tanto, de poca utilidad. La barra de dos metros está hecha de metal invar y su medida es exacta hasta la quinta cifra decimal (2.0000 m), de modo que el ángulo para ser consistente, deberá ser exacto también hasta cinco cifras. La distancia D se encuentra fácilmente por trigonometría como se indica en la figura No. 2.

$$D(\text{en metros}) = \frac{1.0000\text{m}}{\tan \frac{\beta}{2}} = 1.0000 \text{ m ctg } \frac{\beta}{2}$$

La utilidad de este método se entiende por sí misma: se puede aplicar en las medidas a través de una avenida con mucho movimiento; alrededor de líneas de alta tensión, a través de barrancas profundas, desfiladeros y, por último, cuerpos de agua o cualquier lugar donde las mediciones con cinta sean difíciles como en las pendientes grandes.

Con relación a esta última aplicación de la barra subtensa, es de hacerse notar la gran ventaja de que, la distancia D obtenida por medio de la barra subtensa es la distancia horizontal correcta no la medida inclinada. No se necesita hacer ninguna conversión a la horizontal. Esto se debe a que el ángulo leído entre las marcas de la barra es horizontal y este ángulo será el mismo en todos los puntos desde los cuales es leído, siempre y cuando esté colocado verticalmente el teodolito.

1.2.4 Levantamiento de polígonos con teodolito y distanciómetro.

Cada vez se realizan con mayor frecuencia levantamientos de poligonales con distanciómetro de rayo de luz ó de microondas. Aunque estos dispositivos no han remplazado el cadeneo, cada vez son más comunmente usados por Ingenieros topógrafos privados, así como también por organizaciones gubernamentales que realizan trabajos de mayor extensión y volúmen.

Los dispositivos electrónicos para medir distancias tienen varias ventajas importantes sobre los otros métodos de medidas. Son muy útiles para medir líneas de difícil acceso, por ejemplo, a través de lagos y ríos, autopistas congestionadas, cultivos, cañones, etc. Para largas distancias (digamos varios kilómetros) el tiempo requerido es de minutos, no de horas como en un cadeneo típico. Dos hombres fácilmente entrenados, pueden hacer el trabajo mejor y más rápido que el grupo convencional de cuatro hombres.

Las desventajas de los instrumentos electrónicos medidores de distancias son el costo, el peso y el volúmen del equipo. El cadeneo sigue siendo el método más usual para distancias cortas, aún sabiendo que los dispositivos electrónicos son más útiles.

En la actualidad existen dispositivos de medición de distancias y de lectura de ángulos combinados en un sólo instrumento.

Para realizar el levantamiento de la poligonal, se debe llevar a cabo de igual modo que si fuera por medio de mediciones con cinta; variándonos la precisión, puesto que con aparatos electrónicos tendremos una precisión mucho mejor.

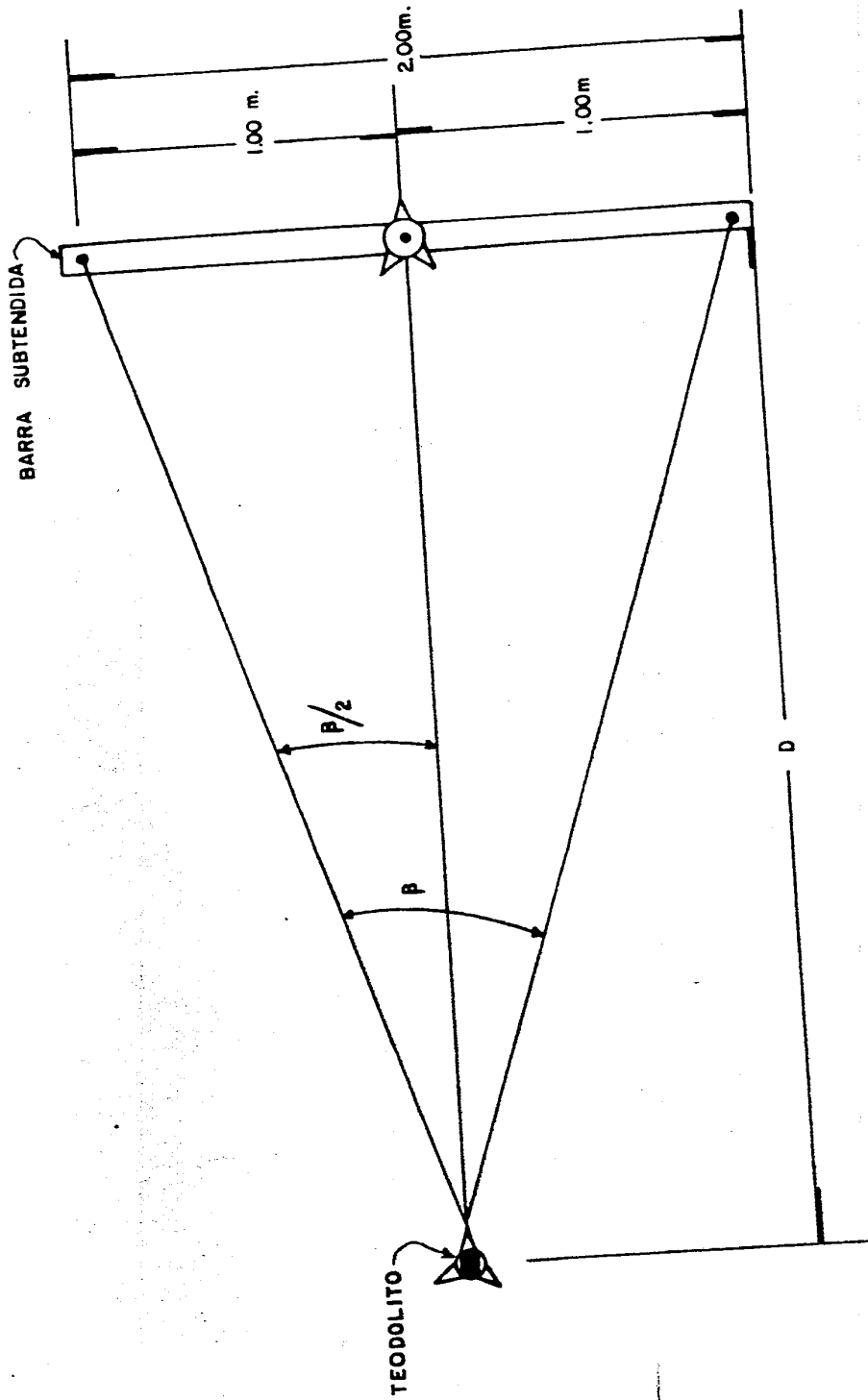


FIG. No.2

VISTA EN PLANTA DE LA MEDICION DE DISTANCIAS CON MIRA INVAR

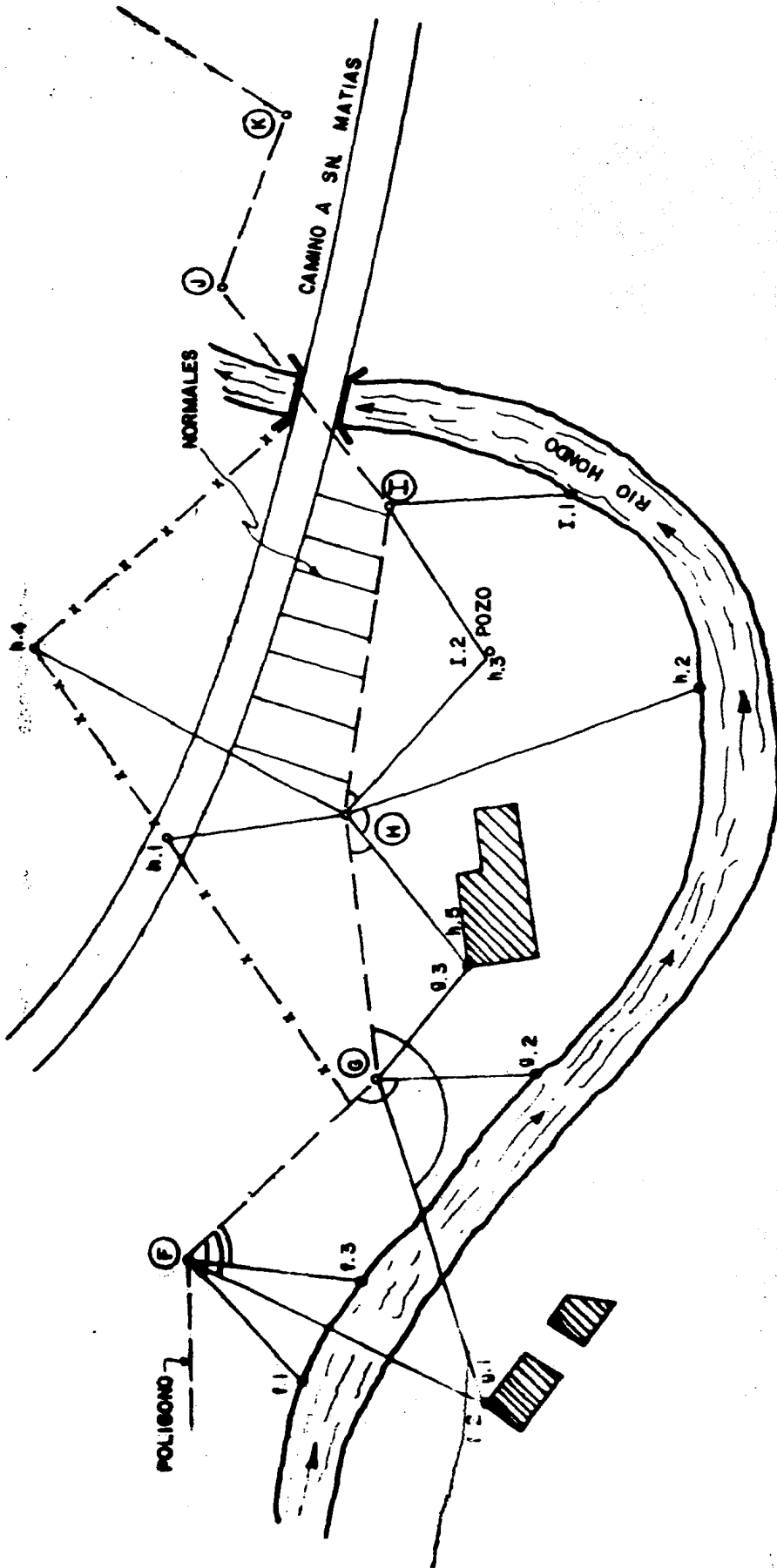


FIG. No.3

P. ATMS	EST.	P. V	DIST.	ANGULO	OBSERVACIONES
G	F	1.1	—	—	↗ orilla rio
G		1.8+0.1	X	—	↖ bodega
G		1.3	—	—	↗ rio
F	G	0.2	—	—	↖
H		0.1+1.2	X	—	↖

1.3 LEVANTAMIENTO DE DETALLES.

El complemento de planimetría, es el levantamiento de detalles interiores ó exteriores al polígono de apoyo.

La fijación de detalles se lleva a cabo haciendo uso de alguno de los siguientes métodos:

- a) Por radiaciones (ángulos y distancias).
- b) Por intersecciones (distancias grandes, o puntos inaccesibles para medir distancias).

Registro de detalles (Ver figura No. 3).

EST.	P.O.	DIST.	ANG.	OBSERVACIONES
------	------	-------	------	---------------

En zonas urbanas, los polígonos de apoyo se trazan por las banquetas o parte de la calle según sea posible.

Quando se requiere levantar una zona con varias manzanas, se llevan polígonos en todas las calles, ligados entre sí, y todos y cada uno de ellos deben cerrar angular y linealmente (figura No. 4).

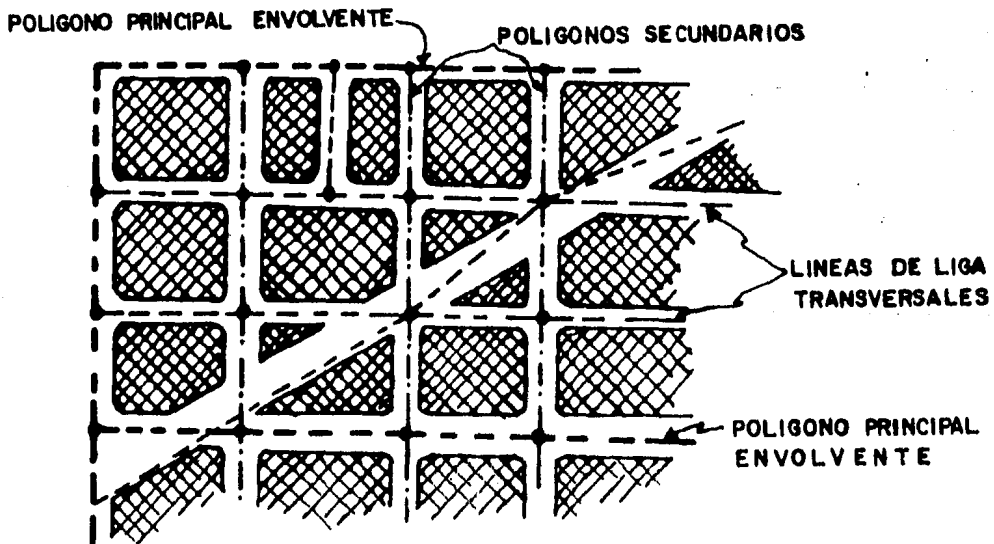


FIG. No. 4

La fijación de detalles en zonas urbanas conviene hacerla en los cruces, por radiaciones y a lo largo de las calles por normales (Figura No. 5).

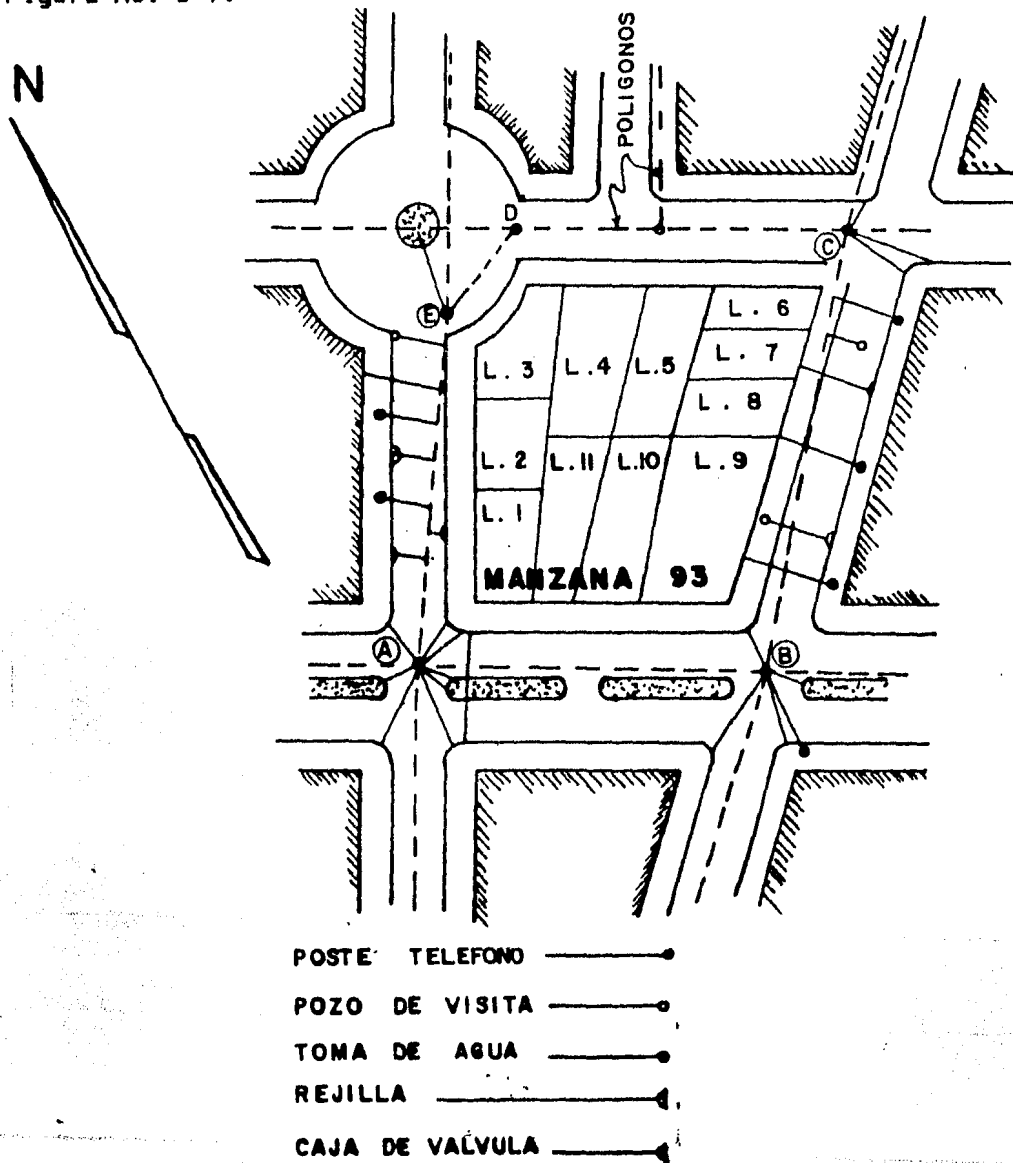


FIG. No. 5

El registro de normales conviene llevarlo con croquis dibujando en el centro de las hojas de la libreta de campo, una columna que represente la cinta tendida sobre el polígono, para anotar en ella las distancias o cadenamientos a partir del vértice y a ambos lados de la columna (cinta), las medidas normales a los detalles que se vayan encontrando.

1.4 ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIAS.

La precisión de las poligonales con tránsito se ve afectada tanto por errores angulares como lineales de medida, que pueden expresarse solamente en términos muy generales. En los levantamientos de precisión ordinaria, los errores lineales importantes tienen la

posibilidad de ser sistemáticos, y los errores angulares importantes son principalmente accidentales.

Influyen más en la precisión los errores sistemáticos lineales que los errores angulares accidentales; que varían en forma aproximada con la longitud de las poligonales.

Se tienen ciertas tolerancias que deben tomarse como los errores máximos admisibles en condiciones comunes de trabajo, que con cuidado, personal adiestrado e instrumentos ajustados, pueden reducirse todavía considerablemente.

1o. Levantamientos preliminares como guía para levantamientos posteriores.

$$\text{Tolerancias: } \begin{cases} \text{Angular: } 1 \frac{1}{2}' \sqrt{n} \\ \text{Lineal: } \frac{1}{1000} \end{cases}$$

n=número de ángulos del polígono.

2o. Levantamientos comunes, con buena precisión (como localización de caminos, ferrocarriles, etc.).

$$\text{Tolerancia } \begin{cases} \text{Angular: } 1' \sqrt{n} \\ \text{Lineal: } \frac{1}{3000} \end{cases}$$

3o. Levantamientos con precisión suficiente para trabajos en poblaciones o linderos importantes, o para control de otros levantamientos extensos.

$$\text{Tolerancia } \begin{cases} \text{Angular: } 30'' \sqrt{n} \\ \text{Lineal: } \frac{1}{5000} \end{cases}$$

4o. Levantamientos con cuidado suficiente para trabajos de precisión en ciudades, y levantamientos especialmente importantes.

$$\text{Tolerancia } \begin{cases} \text{Angular: } 15'' \text{ a } 20'' \sqrt{n} \\ \text{Lineal: } \frac{1}{10\ 000} \end{cases}$$

Se ha considerado que en todos los casos la totalidad de ángulos y lados se miden directamente.

1.4.1 Comprobación de cierre de polígonos.

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

En un polígono cerrado se debe comprobar el cierre angular y el cierre lineal. Ya sea para el cierre angular o lineal; si el error es menor o igual que la tolerancia, el trabajo se ejecutó correctamente y se compensa el error para el cierre, y si el error es mayor que la tolerancia, el trabajo es incorrecto y se verifica o se corrige.

Cierre angular:

En un polígono cerrado: $\Sigma \text{ángulos interiores} = 180^\circ(n-2)$.

Suponiendo que tenemos un aparato con aproximación de 1', se mide un ángulo cuyo valor está comprendido entre:

$$35^\circ 25' 30''$$

y

$$35^\circ 26' 30''$$

el aparato nos dará una lectura de $35^\circ 26'$, o sea que el error

de la lectura puede ser de $\pm 30''$, es decir $\pm \frac{1}{2}$ de aproximación.

Entonces: $E_m = \pm \frac{a}{2}$, (para un ángulo)

Para (n) ángulos: $E_T = E_m \sqrt{n} = \pm \frac{a}{2} \sqrt{n}$, y

Tolerancia = $2(\pm \frac{a}{2} \sqrt{n})$; por lo que se toma en general:

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

a = aproximación del aparato.

n = número de ángulos medidos del polígono.

Si el error es tolerable, se compensa repartiendo entre todos los ángulos del polígono por igual, siempre que todos ellos hayan sido medidos en igualdad de condiciones, o se reparte arbitrariamente, aplicando el criterio que convenga según las condiciones de campo de las medidas y la longitud de los lados que forman los ángulos. Debe procurarse variar lo menos posible los ángulos formados por lados largos, para afectar en lo mínimo a la figura.

Cierre lineal:

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

La orientación que más conviene para los ejes Y y X, es la de los puntos cardinales, es decir, tomar ejes Norte-Sur y Este-Oeste, pues tenemos los ángulos que forma cada lado de ellos, que son los rumbos (Ver figura No. 6).

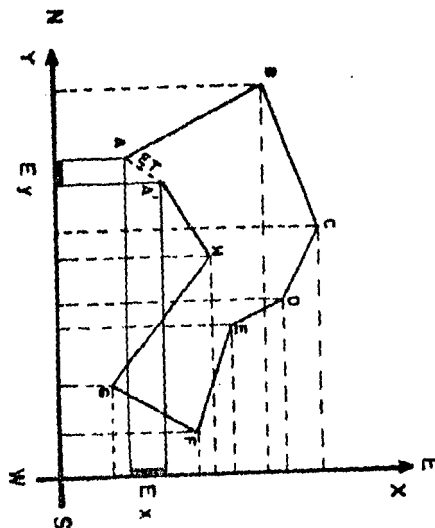


FIGURA NO. 6

Condición de cierre lineal: $\left\{ \begin{array}{l} \Sigma \text{Proys. N} - \Sigma \text{Proys. S} = 0 \\ \Sigma \text{Proys. E} - \Sigma \text{Proys. W} = 0 \end{array} \right.$

Para cada lado $\left\{ \begin{array}{l} \Sigma \text{Proy. s/ el eje Y (N-S)} = \text{long.} \cdot \text{Cos rumbo} \\ \Sigma \text{Proy. s/ el eje X (E-W)} = \text{long.} \cdot \text{Sen rumbo.} \end{array} \right.$

Los rumbos pueden ser los calculados con los ángulos interiores compensados.

Recorriendo el polígono en un mismo sentido, las iniciales de sus rumbos dan el sentido de las proyecciones. Así por ejemplo un lado de rumbo SW, se proyectará al Sur y al Oeste.

El error en cada eje es la diferencia entre las sumas de proyecciones, y el error total (E_T) es la hipotenusa ($\overline{AA'}$) del triángulo formado por ambos errores.

Error por unidad de longitud de polígono: $\frac{E_T}{L}$ (longitud total del polígono).

Esta expresión se acostumbra ponerla con la unidad en el numerador, para hacerla más objetiva y también para compararla con las especificaciones que se fijan para las diversas clases de trabajos, tales como: 1/100, 1/5 000, etc.

Si

Et < Tolerancias se compensa.

Et > Tolerancias se repite el trabajo, o se revisa para encontrar algún error o errores que hayan causado que se excediera de lo tolerable.

Si resultara que el error total lineal es menor que la tolerancia especificada, se compensa para llegar al cierre perfecto.

La compensación puede hacerse por varios procedimientos, de los cuales los más empleados son:

- a) La regla de la brújula.
- b) La regla del tránsito.
- a) Regla de la brújula.-Está basado: 1o. En que los errores en el levantamiento son accidentales y varían con la raíz cuadrada de la longitud de los lados directamente por lo que se corrige proporcionalmente a la longitud de los lados; 2o. Que los errores angulares tienen efecto semejante a los de cadenamamiento.
- b) Regla del tránsito.-Esta regla está basada: 1o. En que los errores en el levantamiento son accidentales; 2o. Que las medidas de ángulos son más precisas que las medidas de longitud.

1.4.2 Especificaciones para el sistema coordenado.

Por medio de coordenadas de los vértices de las figuras geométricas que se emplean como apoyo, se tiene el control horizontal de los levantamientos y estudios topográficos.

Los ejes de coordenadas se escogen según las direcciones N-S y E-W con origen en cualquier punto que convenga.

Al ejecutar un trabajo pueden ocurrir dos casos:

- a) Que la zona se ubique dentro, o junto a otra, donde ya se hayan establecido vértices de apoyo anteriores, y deba quedar el nuevo trabajo relacionado con el anterior. En este caso, basta con tomar entre los puntos nuevos de apoyo, uno de los ya establecidos de coordenadas conocidas, y a partir de él se calculan las coordenadas de los demás.
- b) Que no haya sistema de ejes previamente establecidos. En este caso se está en libertad de ubicarlo como mejor convenga, y generalmente se procura que todo el polígono de apoyo quede en el primer cuadrante para que todas las coordenadas sean positivas. Conviene hacer un croquis aproximado de la figura para ver cuales son los puntos mas al Oeste y mas al Sur y por ellos, o cerca, pueden pasar los ejes.

Basta que a un punto se le fijen sus coordenadas para que queden fijos los ejes, y a partir de esas coordenadas se calculan las de los demás, sumando o restando las proyecciones de los lados que ligan consecutivamente los vértices. Por medio de las coordenadas se pueden dibujar polígonos, obtener superficies y calcular un sin número de problemas que se presentan.

En cuanto al dibujo por coordenadas, es el método más conveniente, pues cada punto se fija en su posición, independientemente de los demás y en caso de algún error en el dibujo de un punto, no se afectan los otros, como sucede si se dibuja a base de ángulo y distancia.

1.5 CALCULO Y DIBUJO.

Obtenidos los datos de campo se deben realizar los siguientes trabajos en gabinete:

- 1.- Ordenar los datos tomados en el campo.
- 2.- Contar con planillas de cálculo, hojas y calculadora.
- 3.- Realizar la compensación o corrección angular del polígono, esto es, distribución del error angular de cierre.
- 4.- Transformación de acimuts a rumbos, cuando fuese necesario.
- 5.- Reducir al horizonte los lados que tengan inclinación.
- 6.- Calcular las proyecciones de los lados del polígono.
- 7.- Corregir el error de cierre del polígono, en distancia, o sea, compensar éste.
- 8.- Calcular las coordenadas.
- 9.- Anexar cálculos de áreas de los polígonos levantados.
- 10.- Construir el plano de los trabajos ejecutados.

Para tener una idea más precisa del trabajo de gabinete se presenta el siguiente ejemplo; el cuál representa una parte del trabajo realizado en prácticas Generales de Topografía. Este se desarrolló en la Ciudad de Altotonga Veracruz.

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

DEPARTAMENTO F. I. DE TOPOGRAFIA U. N. A. M.

LADO EST/NO	R. M. C.	COS	SEN	PROYECCIONES SIN CORREGIR			CORRECCION			PROYECCIONES			CORREIDAS			COORDENADAS				
				N	E	S	Y	X	N	S	E	W	V	Y	X					
646	124,218	S 85° 18' E		10.18	123.80			+002			10.18	123.82		61	1044.548	1002.586				
61	141,2150	N 03° 35' E		141.87	8.88		-002		141.85			8.88		15	1058.733	10034.74				
152	111,0754	N 82° 35' W		14.30		109.83		-001	14.30				109.82	1	1060.163	9924.92				
2152	8315	S 65° 10' N		3.49		7.55					3.49			7.55	2	1059.814	9917.37			
5253	14,0518	N 84° 19' W		13.92		139.83		-002	13.92					139.81	3	1061.206	9777.56			
5354	12,2826	N 83° 22' W		14.19		122.00		-002	14.19					121.98	4	1062.625	9655.58			
5455	4,8214	N 83° 01' W		30.18		246.37		-001	30.17					146.34	5	1065.642	9409.24			
5556	37,0945	S 01° 26' W		370.83		9.28	+007				370.90			9.28	6	1028.552	9399.96			
5657	32,592	N 77° 45' E		6.92		31.85			6.92					31.85	7	1029.244	9431.81			
5758	9,856	N 88° 00' E		3.17		90.80		+001	3.17					90.81	8	1029.561	9522.62			
5859	6,8526	N 55° 41' E		38.63		36.60		-001	38.62					59	1033.423	9579.23				
5960	4,3760	S 86° 29' E		145.59		43.68					2.68			56.61						
6061	14,6416	N 06° 05' E		145.59		15.52		-002			145.57			43.68		68	1033.155	9622.91		
6766	12,1055	S 86° 15' E		7.92		120.80		+002						15.52		67	1047.712	9638.43		
6665	9,3435	S 84° 49' E		8.44		93.05		-001						7.92		66	1046.920	9759.25		
6564	4,9992	S 84° 09' E		5.10		49.73								8.44		65	1046.076	9852.31		
														5.10		64	1045.566	9902.04		
	1914572			408.77	408.64	534.71	634.86	0.130	15408.71	408.71	408.71	534.78	634.78							
				Ex=0.13																
				Fh=0.198																
				P=1:9670																

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA F. I. U. N. A. M.

CALCULO DEL AREA DE UN POLIGONO TRIS METROS

V	COORDENADAS		DIFERENCIA DE ALTURAS	DOBLES PRODUCTOS		DIFERENCIA DE ALTURAS	DOBLES PRODUCTOS		PRODUCTOS CRUZADOS (+)	PRODUCTOS CRUZADOS (-)
	X	Y		(+)	(-)		(+)	(-)		
1058582	1003290									
1059571	992721	-10747			113872095			8487765		
1059437	992543	-1099			11643213				65120746	
1058010	991622	-1676			19775528				119371456	MANZANA 1
1047399	990665	-1471			12265042				71466573	
1045796	990451	-21398			119199028				26266761	
1044747	1002063	11779			123060749				8998526	
1044898	1002430	243			2539102			24294055		
1047171	1002306	479			5015949			89997056		
1053877	1002709	613			6460266			87345981		
1055882	1002319	342			3611116			32504605		
1057118	1003051	371			3921908			27082377		
1058502	1003290	-1030			1109351521			24610704		
					2166907399			2194322543		
					Area=154924111			Area=154924111		
1059690	991523									
1061030	978049	-13673			145074632			11570320		
1060873	977850	-1925			20421805				135148649	
1047209	976124	-1640			17174228				134412275	
1047103	976210	7453						772	7536341	
1046437	983527	7888			82542951			698	6865368	
1046405	984038	5730			60586849			560	5510949	
1045077	983367	5384			56310018			439	4343321	
1045966	989482	1488			15563974			7745	76635381	
1053622	990855	1624			17110821			9599	95112171	
1055565	991106	668			7051174			6068	60140312	
1053690	991523	-13057			138363723			5465	54186732	
					317206374			2197644916	2193816903	
					Area=3028014			Area	3828013	
					Dif/2=1914007 = Area (M ²)			Area	1914007	

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA U. N. A. M. F. I.

LADO	DISTANCIA	R. M. C.	COS	SEN	PROYECCIONES SIN CORREGIR			CORRECCION			PROYECCIONES			CORRESDAS			COORDENADAS		
					N	S	E	N	Y	X	N	S	E	N	Y	X	N	Y	X
6	7	10.302	N 88° 47' W															10611.17	9771.82
7	2	10.724	N 82° 54' W															10611.89	9761.52
2	1	51.895	S 04° 43' W															10623.85	9661.57
1	1	92.429	S 07° 18' W															10572.33	9657.32
1	2	0.640	S 38° 40' E															10480.15	9643.98
2	1	107.712	S 85° 30' E															10471.70	9753.36
1	6	140.886	N 07° 32' E															10611.17	9771.82
MANZANA N: 3																			
MANZANA N: 4																			
7	1	59.859	N 83° 51' W															10624.77	9653.65
1	1	0.88	S 6° 08' W															10631.17	9594.14
1	3	91.75	N 84° 09' W															10630.30	9594.05
3	3	892.11	S 81° 40' W															10639.66	9502.78
3	1	955.644	S 01° 41' W															10652.58	9414.51
1	1	2.301	S 39° 43' E															10297.09	9404.04
1	5	25.643	N 82° 07' E															10295.32	9405.51
9	6	734.85	N 88° 00' E															10298.84	9430.91
6	5	154.67	N 81° 49' E															10301.41	9504.35
5	4	153.71	N 63° 02' E															10303.61	9519.66
4	3	46.679	N 59° 20' E															10310.58	9533.36
3	8	293.45	N 78° 26' E															10334.39	9571.51
8	9	129.04	S 85° 49' E															10340.27	9602.26
9	12	3.111	N 50° 29' E															10399.99	9615.13
12	27	52.697	N 05° 26' E															10341.31	9617.53
27	29	55.495	N 9° 57' E															10443.43	9632.11
																		54.66	9.59

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

LADO EST/NO	R. M. C.	COS	SEN	PROYECCIONES SIN CORREGIR		CORRECCION		PROYECCIONES		CORREJIDAS			COORDENADAS	
				E	N	W	X	M	S	E	W	Y	X	
143791														
73953S	6°32'W			7943		910								
113700N	83°01'W				1382	11286								
54														
9453	0°01'S 83°22'E													
1	6174S 82°41'E			077		612								
2	6455S 68°11'E			210		599								
4	1686S 8°22'W			1669		245								
6	2500S 35°09'W			212		150								
7	2432S 52°25'W			108		153								
9	7240N 27°52'W			640		338								
10	7868N 58°30'E			411		671								
44														
9454	N 6°32'E													
11	27716N 23°02'E			2551		1084								
12	36832S 7°45'W			3649		497								
13	15346S 9°22'W			1514		250								
14	3710N 10°21'W			365		066								
15	40568N 6°01'E			4034		425								
56														
5656	22000			21993		550								

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA F. I. U. N. A. M.

LADO ESTRO	DISTANCIA	R. M. C.	COB	PROYECCIONES SIN CORRECCION			CORRECCIONES			CORRENDAS			COORDENADAS	
				N	S	E	N	S	E	V	W	X	Y	Z
57													1029244	943181
57		N 88° 00' E											1029044	943472
8	3530	S 55° 25' E					200	291					1029884	943091
9	6458	N 7° 59' W							090					
58													1029561	952262
58		N 55° 41' E												
59		S 18° 23' W					318	106					1029243	952156
MO		S 75° 42' W					580	2277					1028981	949985
7	23498	N 72° 24' W							1827				1030141	950435
6	19170	N 20° 19' W							296				1030361	951966
5	8534	N 35° 39' E							1074				1031058	953336
4	18420	S 86° 29' E											1030423	957923
59														
59		S 9° 00' E					734	116					1032689	958039
1	27436	S 32° 19' W							819				1032128	957104
2	15320	N 88° 25' W							572				1033439	957351
3	5726	N 6° 05' E											1033155	962291
68														
68		N 17° 46' E							242				1033911	962533
1	2943	N 32° 13' E							381				1033759	962672
2	7140	S 37° 59' E												
3	2394	S 81° 16' W							189	147			1032966	962438
8	6969	N 89° 30' W							106	689			1033049	961602
6	1908	N 67° 06' W											1033172	960383
8	2241	N 45° 02' W											1034027	960226
9	1100	N 28° 51' W											1033933	961513
12	1214												1034131	961753

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA || F. I. U. N. A. M.

LADO ESTADO	DISTANCIA	R. M. C.	COS	SEN	PROYECCIONES SIN CORRECCION			CORRECCION			PROYECCIONES			CORRECCIONES			COORDENADAS			
					N	S	E	W	Y	X	N	S	E	W	V	Y	X			
53																				
5354		S 83° 01' E																		
1	521.85	S 80° 11' E																55	1064.007	954.272
2	436.55	S 46° 01' W																1	1063.117	959.414
3	399.45	S 89° 25' W																2	1063.690	953.944
4																		3	1063.966	950.278
5	685	N 23° 36' W																		
6	1059.0	N 58° 46' E																5	1064.635	953.998
56																		6	1064.556	955.178
5656		S 1° 26' W																		
1	222.5	N 18° 34' W																		
2	709.2	N 51° 09' E																		
3	652.0	S 53° 52' E																		
5655		N 1° 26' E																		
1	870.5	N 21° 54' E																		
2	1904.0	S 4° 27' E																		
3	1190.5	S 32° 26' W																		
4	1408.5	S 46° 42' W																		
56																				
5657		N 77° 45' E																		
10	3150	S 58° 25' W																		
11	1893.5	S 58° 25' W																		
12	1594.5	N 76° 35' W																		
13	967.0	N 49° 30' W																		
14	1226.5	N 19° 27' E																		
15	1264	N 29° 30' E																		

Blank area for notes or calculations.

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA || F. I. || U. N. A. M.

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

LADO (est)	DISTANCIA	R. M. C.	COS	S E M	PROYECCIONES SIN CORREGIR			CORRECCION			PROYECCIONES			CORREGIDAS			COORDENADAS		
					N	S	E	W	Y	X	N	S	E	W	V	Y	X		
67		N 6°05'E																1040542	963121
67/67																			
27	17696	S 29°02'W										1565			869			1039377	962252
28	39025	N 1°19'E										3901		090				1044843	963211
67																		1047712	963843
67/54																			
19	7972	N 6°32'E										353		715				1048065	964558
20	8140	N 68°07'E										303		755				1048015	964598
22	8570	S 48°54'E										563		646				1047149	964489
23	8470	S 43°49'E										611		506				1047101	964429
25	6030	S 16°21'W										579		170				1047133	963673
26	6495	N 0°57'E										650		011				1048362	963854
66																			
66/69																			
9	3512	N 34°36'E										289		199				1046920	975925
10	3387	N 57°16'E										183		285				1047209	976124
12	3282	S 88°36'E																1047103	976210
13	7710	S 11°09'E										093		3297				1046827	979222
14	9804	S 45°59'W										756		149				1046164	976074
16	6395	N 67°02'W										681		705				1046239	975220
53												250		589				1047170	973336
53/52																			
2	3420	S 58°57'E																1061206	977756
3	3465	S 15°48'E										176		293				1061030	978049
6	5812	S 81°13'W										333		094				1060873	977850
7	16052	S 87°36'W										089		574				1061117	977182
9	23337	N 73°36'W										067		1604				1061139	976152
10	6788	N 42°27'W										659		2219				1061865	975517
11	5145	N 22°36'W										501		458				1061707	977298
												475		198				1061681	977954

DEPARTAMENTO F. I.
DE TOPOGRAFIA U. N. A. M.

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE
COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

LADO ESTRUC	DISTANCIA	R. M. C.	COS	SEN	PROYECCIONES SIN CORRECCION		CORRECCION		PROYECCIONES			CORREJIDAS			COORDENADAS		
					N	S	E	W	Y	X	N	S	E	W	V	Y	X
B																10134,98	93754,5
A																	
9	61,1	N 57° 27' W							5,15							10138,27	9370,30
10	97,8	S 71° 50' W			3,29			9,26								10131,94	93661,9
11	216,85	S 53° 43' W				3,04		17,48								10122,15	93579,7
12	274,00	S 52° 13' W				1,283		21,66								10118,19	93537,9
13	596,95	S 46° 01' W				1,679		42,95								10093,52	93324,50
14	140,36	S 29° 50' W				4,146		69,8								10122,80	93684,7
15	130,52	N 11° 41' E			1,278		2,64									10147,76	93780,9
C																	
B																	
16	960	N 81° 31' E			1,42		9,49									10042,40	9294,17
17	410,81	S 9° 12' W				4,055		6,57								10043,82	93036,6
18	11200	S 32° 22' W				9,46		60,0								10001,85	92876,0
D																	
C																	
19	324,64	S 72° 02' W				10,01		30,88								9938,09	9274,27
20	350,1	N 18° 01' E			3,414		1,110									9928,08	9243,39
21	142,20	S 62° 01' E				6,67	12,56									9972,23	9285,17
22	11300	S 3° 31' W				1,128		0,69								9931,42	9286,83
23	284,38	N 11° 18' W			2,789			5,57								9926,81	9273,58
24	255,40	S 86° 52' W				1,40		2,550								9965,98	9268,70
25	4610	N 18° 01' E			4,38		1,43									9936,69	9248,77
65		N 84° 09' W														9942,47	9275,70
66		N 85° 58' W			0,99			1,401								10460,76	9852,31
67		S 6° 10' W														10461,75	9838,30
68		N 84° 31' W															
CH 1	85,75	N 5° 17' E			85,39		7,90									10461,75	9838,30
CH 2	1072,55	N 5° 17' E			106,80		9,88									10547,14	9846,20
																10568,55	9846,18

PUNTO	DISTANCIA	RUMBO M.C.	COORDENADAS		AREAS
			Y	X	
Manzana No. 1					
			10,585.82	10,032.90	
1-2	106.152	N 84°39' W	10,595.71	9,927.21	
2-3	2.228	S 53°02' W	10,594.37	9,925.43	
3-4	64.927	S 8°09' W	10,530.10	9,916.22	
4-5	56.920	S 9°40' W	10,473.99	9,906.65	
5-6	16.172	S 7°36' W	10,457.96	9,904.51	
6-7	116.593	S 84°50' E	10,447.47	10,020.63	
7-8	2.251	N 47°53' E	10,448.98	10,022.30	
8-9	22.743	N 01°55' E	10,471.71	10,023.06	
9-10	67.181	N 03°26' E	10,538.77	10,027.09	
10-11	20.160	N 05°59' E	10,558.82	10,029.19	
11-12	12.430	N 06°06' E	10,571.18	10,030.51	
12-1	14.833	N 09°16' E	10,585.82	10,032.90	
Manzana No. 2					
			10,596.90	9,915.23	
1-2	135.405	N 84°19' W	10,610.30	9,780.49	
2-3	2.535	S 51°44' W	10,608.73	9,778.50	
3-4	137.726	S 07°12' W	10,472.09	9,761.24	
4-5	1.365	S 39°03' E	10,471.03	9,762.10	
5-6	73.970	S 84°50' E	10,464.37	9,835.77	
6-7	5.220	S 84°29' E	10,464.05	9,840.98	
7-8	52.954	S 84°16' E	10,458.77	9,893.67	
8-9	1.454	N 52°15' E	10,459.66	9,894.82	
9-10	77.781	N 10°10' E	10,536.22	9,908.55	
10-11	19.591	N 07°21' E	10,555.65	9,911.06	
11-1	41.460	N 05°46' E	10,596.90	9,915.23	
Manzana No. 3					
			10,611.17	9,771.82	
1-2	10.302	N 88°47' W	10,611.39	9,761.52	
2-3	100.724	N 82°54' W	10,623.85	9,661.57	
3-4	51.695	S 04°43' W	10,572.33	9,657.32	
4-5	92.429	S 07°18' W	10,480.65	9,645.58	
5-6	0.640	S 38°40' E	10,480.15	9,645.98	
6-7	107.712	S 85°30' E	10,471.70	9,753.36	
7-1	140.686	N 07°32' E	10,611.17	9,771.82	
Area t. = 15,492.41 (M ²)					
Area t. = 19,140.07 (M ²)					
Area t. = 15,458.30 (M ²)					

L A D O	DISTANCIA	R.A.C.	C O O R D E N A D A S	
			Y	X
		Manzana No. 4		
			10,624.77	9,653.65
1	2	N 83°51' W	10,613.17	9,594.14
2	3	S 06°08' W	10,630.30	9,594.05
3	4	N 84°09' W	10,639.66	9,502.78
4	5	S 81°40' W	10,652.58	9,414.51
5	6	S 01°41' W	10,297.09	9,404.04
6	7	S 39°43' E	10,295.32	9,405.51
7	8	N 82°07' E	10,298.84	9,403.91
8	9	N 88°00' E	10,301.41	9,504.35
9	10	N 81°49' E	10,303.61	9,519.66
10	11	N 63°02' E	10,310.58	9,533.36
11	12	N 59°20' E	10,334.39	9,573.51
12	13	N 78°26' E	10,340.27	9,602.26
13	14	S 85°49' E	10,339.33	9,615.13
14	15	N 50°29' E	10,341.31	9,617.53
15	16	N 05°26' E	10,393.77	9,622.52
16	17	N 09°57' E	10,448.43	9,632.11
17	18	N 09°28' E	10,471.45	9,635.95
18	19	S 81°37' E	10,471.33	9,636.73
19	20	N 08°23' E	10,483.62	9,638.54
20	21	N 81°37' W	10,483.74	9,637.76
21	22	N 08°02' E	10,518.33	9,641.51
22	23	N 06°36' E	10,531.68	9,643.98
23	24	N 05°36' E	10,550.47	9,645.82
24	25	N 07°37' E	10,587.16	9,650.73
25	26	N 06°07' E	10,609.56	9,653.13
26	27	N 03°44' E	10,624.13	9,654.08
27	1	N 33°54' W	10,624.77	9,653.65

Area Total = 73,503.39 m²

1894.732

LIC. BENITO JUAREZ

N

MARIANO ABASOLO

1900.88

1901.91

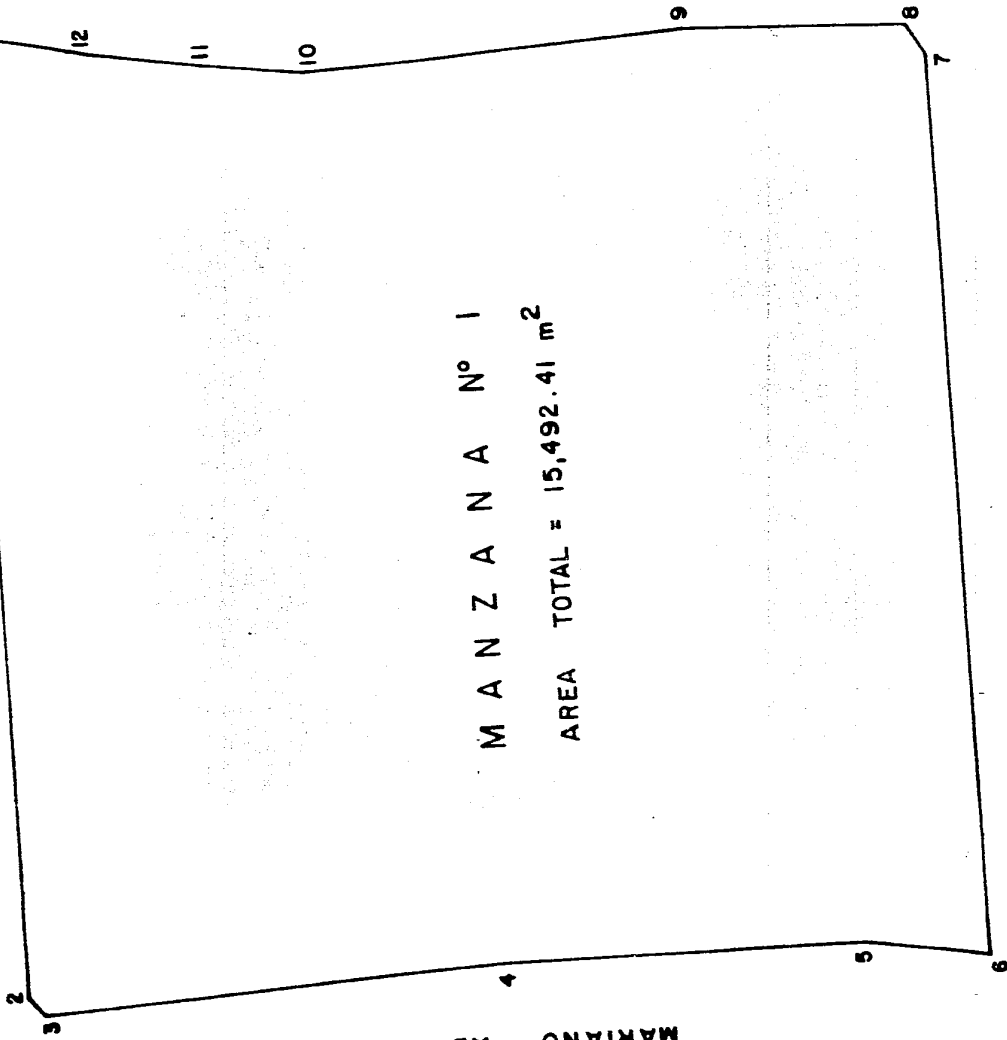
MARIANO MATAMOROS

1908.07

HEROES DE VERACRUZ

M A N Z A N A N° 1

AREA TOTAL = 15,492.41 m²

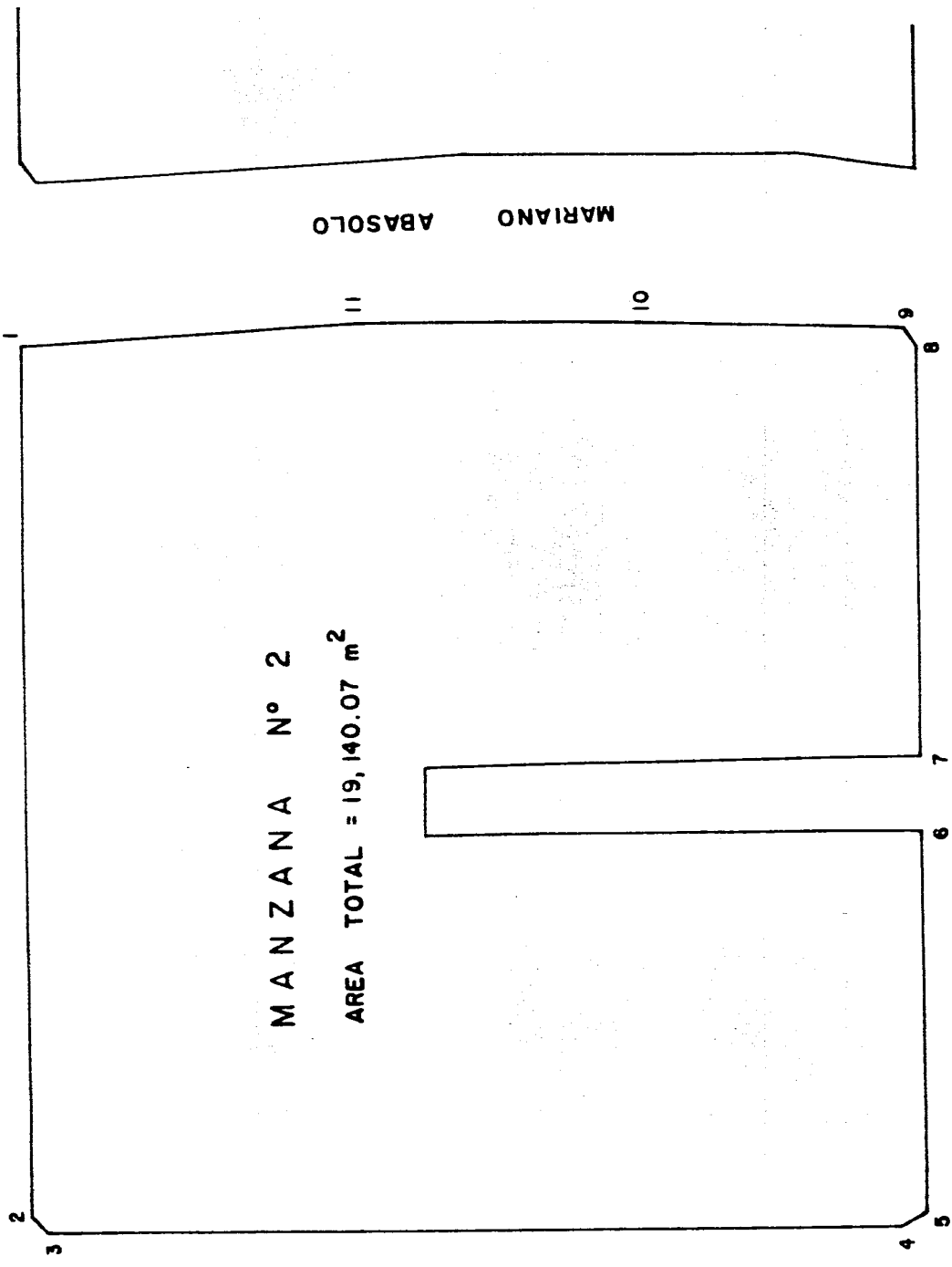


1890.832

LIC. BENITO JUAREZ

1891.732

N



MANZANA N° 2

AREA TOTAL = 19,140.07 m²

DR. EFREN DE MARIN

MARIANO ABASOLO

1900.087

MARIANO MATAMOROS

1900.791

1900.876

1897.78

MORELOS

1890.832

1888.487 FCO. 1 MADERO

1886.556

DR. EFREN DE MARIN

1897.784

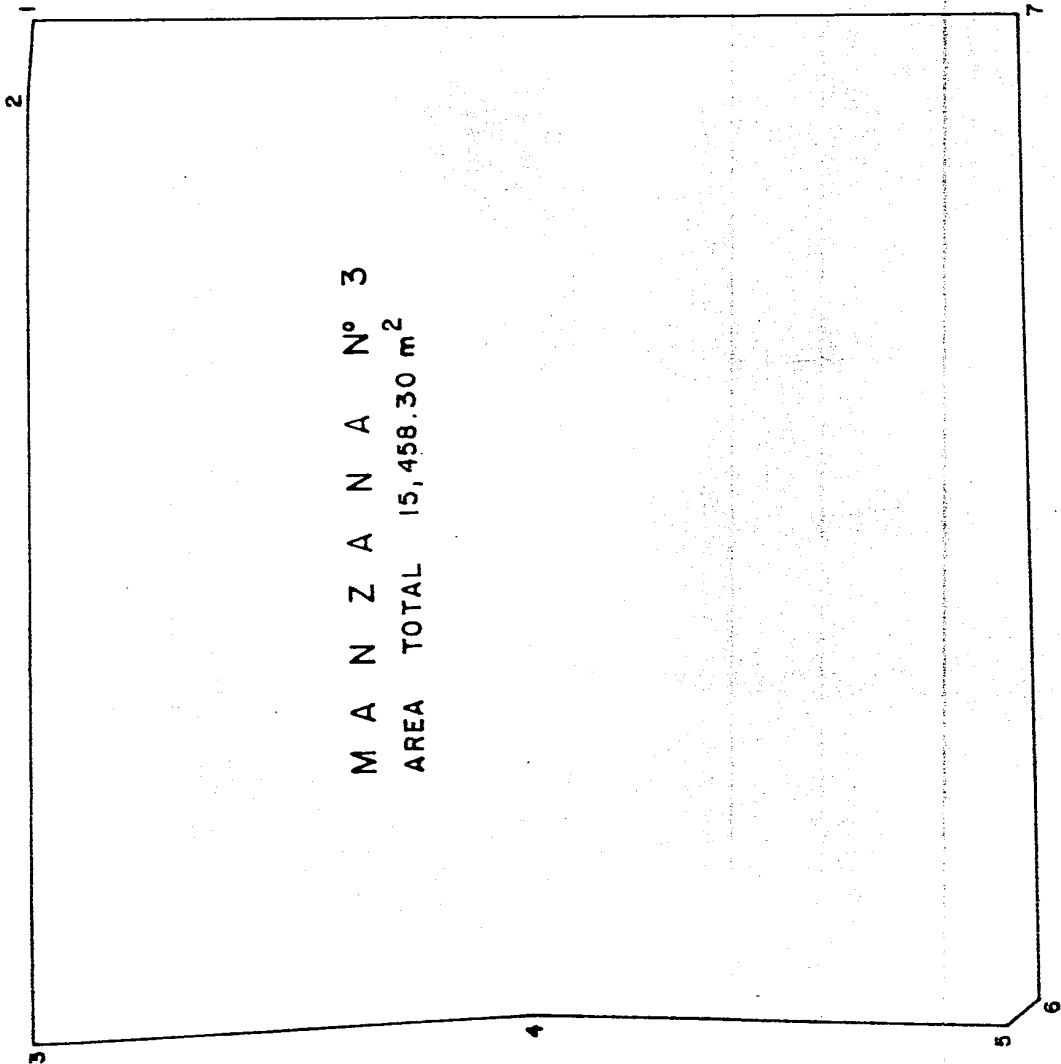
MORELOS

1893.529

GOMEZ FARIAS

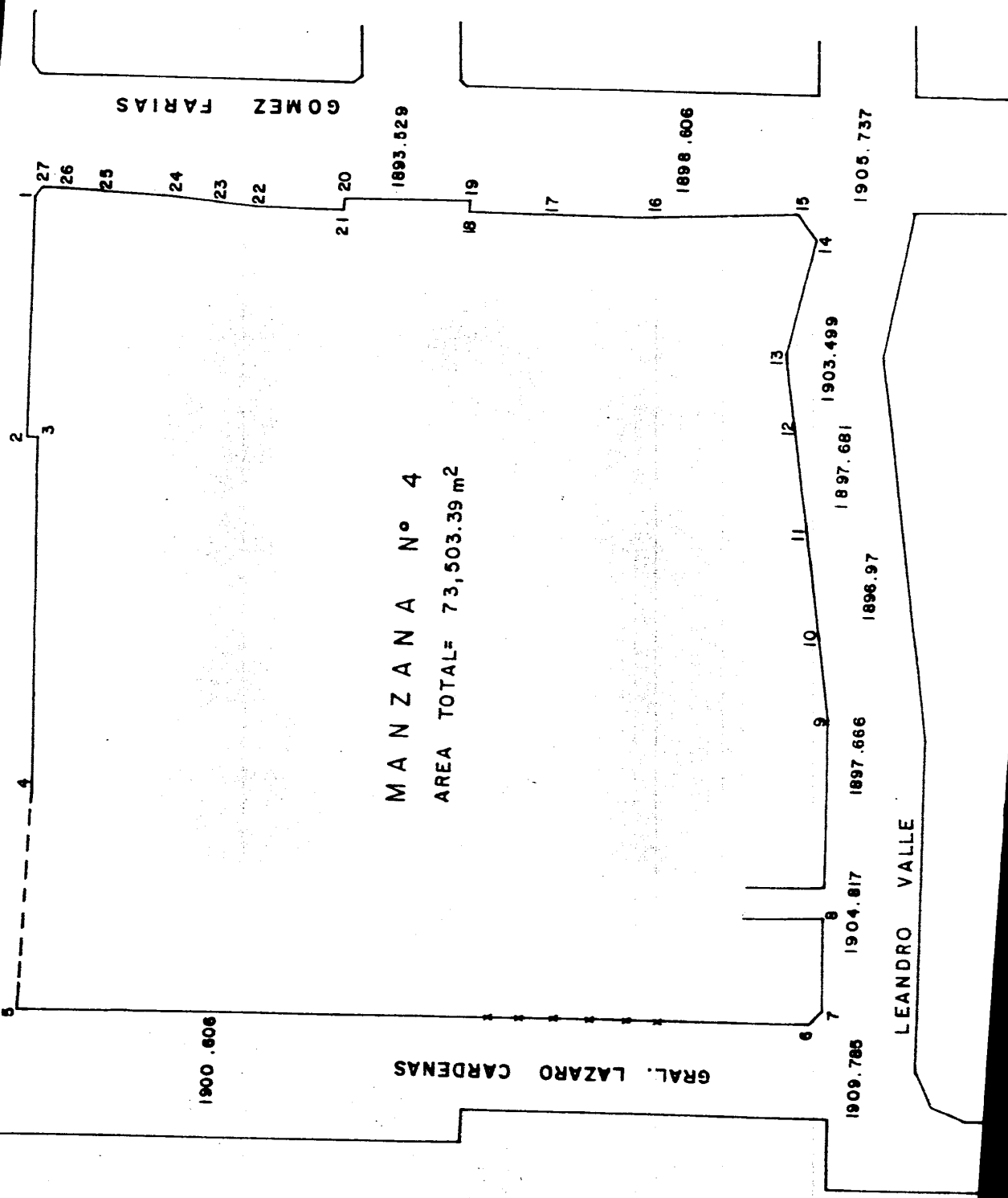
M A N Z A N A N° 3
AREA TOTAL 15,458.30 m²

N



N

1895.397
1893.992
FCO. I MADRTO
1880.886
1881.892
1883.702



MANZANA N° 4
AREA TOTAL= 73,503.39 m²

GOMEZ FARIAS

GRAL. LAZARO CARDENAS

LEANDRO VALLE

27
26
25
24
23
22
21
20
1893.529
18
19
17
16
1898.606
15
1905.737
14
1903.499
13
12
1897.681
11
1896.97
10
9
1897.666
8
1904.817
7
1909.785

N I V E L A C I O N .

Capítulo II.

2.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

2.2 NIVELACION DIFERENCIAL.

2.3 NIVELACION DE PERFIL

2.4 NIVELACION DE PRECISION.

2.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

Esta práctica tiene como objetivo la determinación de las diferencias de alturas entre puntos del terreno.

Se les puede asignar la misma zona donde realizaron la práctica relativa a poligonación, a fin de que se tenga también el control vertical. Esto dependerá del coordinador y del tiempo asignado para esta práctica.

Para la correcta planeación de la práctica es conveniente observar los siguientes puntos:

- 1.- Designar a las brigadas sus niveles y estadales.
- 2.- Asignar a las brigadas las zonas de trabajo.
- 3.- Tomar tramos para la nivelación de precisión en donde cuando menos uno de los extremos de este tenga una cota ya establecida. Este tramo se podrá asignar a todas las brigadas para la comparación y comprobación de resultados.
- 4.- Revisar que el equipo para la nivelación de precisión sea el correcto y necesario como en el caso de los estadales para esta nivelación.
- 5.- Se debe tener el debido cuidado con el equipo de trabajo; quizá el daño más común, hecho a los niveles, es aplicar mucha presión a los tornillos nivelantes. Si el instrumento se encuentra en buenas condiciones, estos tornillos deben girar fácilmente y no debe utilizarse nunca, algo diferente a las yemas de los dedos, para girarlos.

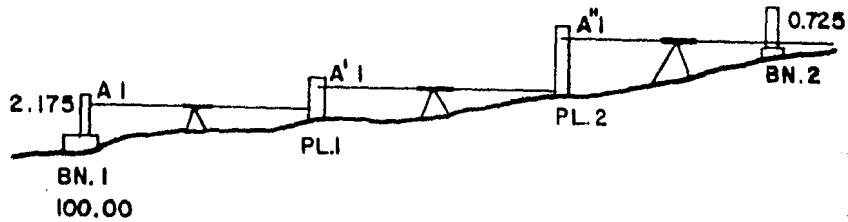
2.2 NIVELACION DIFERENCIAL.


Nivelación diferencial es la operación de determinar las elevaciones de puntos que están a alguna distancia. Requiere de una serie de cambios de instrumento a lo largo de la ruta y, para cada cambio, una lectura atrás a un punto de elevación conocida y otra lectura adelante al punto de elevación desconocida.

Se coloca el instrumento en un punto conveniente y se visa atrás sobre la mira colocada en BN 1. Esto da la altura A_1 . Luego se mueve la mira a un punto conveniente PL_1 , (ver figura No.12) en la dirección del BN 2. El instrumentista toma una vista adelante sobre la mira, haciendo posible calcular la altura del PL_1 . Se mueve el nivel a una localización conveniente más allá del PL_1 y se visa atrás sobre PL_1 . Esto dará la nueva A_1 .

El cadenero se mueve a una nueva localización (PL_2) y así sucesivamente. Este procedimiento se repite hasta determinar la altura del BN 2.

La forma usual de llevar el registro de la nivelación diferencial es el siguiente:



P.V	+		-	COTA
BN.1	2.175	102.175		100.00
PL.1	1.575	102.745	1.005	101.170
PL.2	1.625	103.495	0.875	101.870
BN.2			0.725	102.770
	5.375		2.605	

$$\bullet \bullet \frac{-2.605}{2.770}$$

FIGURA NO. 12

Se debe tener en consideración que como las vistas atras son positivas y las de adelante negativas, deben sumarse separadamente. La diferencia entre estos dos valores debe ser igual a la diferencia entre las alturas inicial y final calculadas o algún error matemático debe haberse cometido en la libreta de tránsito.

Otro punto importante que se debe observar en las notas, es la descripción de los bancos de nivel. Esto capacita a otras brigadas, para hacer uso de estas referencias cuando trabajen en el área.

Como ejemplo de este método de nivelación tenemos un tramo en la carretera Altotonga-Perote.

IDA.

P.O.	+	≠	-
EN4	0.442		
PL1	0.143		3.855
PL2	0.392		3.572
PL3	0.950		3.079
PL4	0.653		2.457
PL5	0.883		2.636
PL6	0.404		2.735
PL7	0.725		2.865
PL8	0.775		2.252
PL9	0.708		2.505
PL10	0.695		2.421
PL11	0.710		2.427
PL12	1.387		2.436
PL13	1.753		2.989
PL14	0.245		3.505
PL15	0.640		3.689
PL16	1.522		3.377
PL17	3.636		0.191
PL18	2.734		0.106
PL19	1.680		0.089
PL20	2.596		0.283
EN4'			1.133
SUMA	23.671		48.602

VUELTA

P.O.	+	≠	-
EN4'	0.476		
PL1	0.135		3.887
PL2	0.432		3.565
PL3	0.999		3.120
PL4	0.710		2.505
PL5	0.913		2.692
PL6	0.355		2.763
PL7	0.678		2.814
PL8	0.780		2.207
PL9	0.752		2.511
PL10	0.764		2.463
PL11	0.723		2.497
PL12	1.338		2.447
PL13	1.784		2.943
PL14	0.245		3.535
PL15	0.668		3.691
PL16	1.501		3.404
PL17	3.626		0.171
PL18	2.899		0.097
PL19	1.673		0.255
PL20	2.604		0.274
EN4			1.140
SUMA	24.056		48.981

DN1=24.931

DIF.=0.006

DN2=24.925

promedio=24.928m

2.3 NIVELACION DE PERFIL.

Para la localización, diseño y construcción de proyectos a lo largo de rutas fijas, tales como carreteras, vías férreas, canales, líneas de agua; es necesario determinar las alturas de la superficie del suelo a lo largo de estas líneas. El proceso de determinar una serie de alturas a lo largo de una línea fija se denomina como nivelación de perfiles.

En la nivelación de un perfil intervienen dos elementos: el eje de las abscisas que es el desarrollo de la línea de proyecto, y las ordenadas, que son las elevaciones de cada punto de la línea donde cambia la pendiente. En el caso de carreteras se acostumbra a cada 20 metros. (Ver figura No. 13)

En esta nivelación además de hacer lecturas en los puntos de liga, se necesitará hacer lecturas del estado en todos los puntos de cambio de pendiente a lo largo del perfil del terreno, para que al unir con líneas rectas los puntos en el dibujo, se pueda obtener el perfil real de la línea de proyecto.

A cada 500 metros cuando menos se colocarán los bancos de nivel, se deberán escoger los lugares para colocar estos prefiriendose los lugares donde hay obras, como puentes, alcantarillas, túneles, etc. En general en lugares donde existan construcciones.

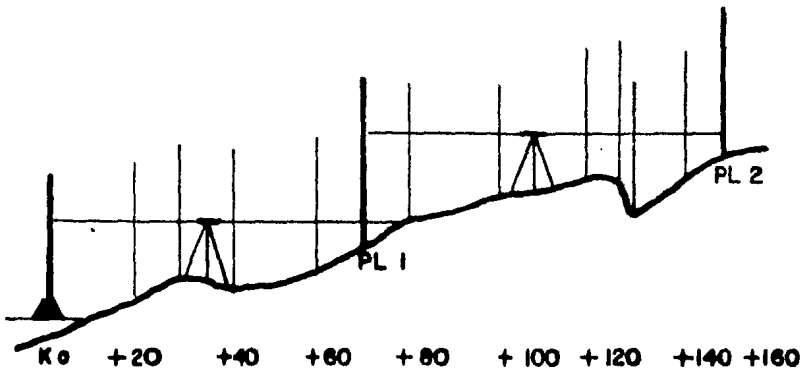


FIGURA NO. 13

Registro.

P.O. + ≠ - PL COTAS

El ejemplo correspondiente a este método es la determinación de las cotas de los cruces en la ciudad de Altotonga, Veracruz.

EST.	+	π	-	COTAS	OBS.
EN-SARH	1.061	1884.274		1883.213	
R1	2.418	1885.740	0.952	1883.322	
R	2.959	1888.671	0.028	1885.712	
R	3.859	1892.090	0.440	1888.231	
R	3.105	1894.976	0.219	1891.871	
R-5-2	0.199	1894.931	0.244	1894.732	
R1	0.278	1892.565	2.644	1892.287	
V-5-3			1.641	1890.924	
Juarez, hgo. y cda. Marín			1.733	1890.832	
R2	0.699	1889.454	3.810	1888.755	
Madero y L. Tejada			0.967	1888.487	
V-5-4			2.832	1886.622	
Gómez F. Madero y Aldama.			2.898	1886.556	
R3	0.358	1886.512	3.300	1886.154	
de Gómez F. 30m al oeste			0.730	1885.782	
de G. F. 60m s/Madero al- oeste.			2.670	1883.842	
R4	3.511	1886.641	3.382	1883.130	
R5	3.964	1890.567	0.038	1886.603	
R6	3.995	1894.550	0.012	1890.505	
de L. Cardenas hacia el este 28m s/Madero			0.558	1893.992	
R7	2.420	1896.863	0.107	1894.443	
L. Cardenas, Madero y Zapata			1.459	1895.404	
R8	2.713	1899.469	0.107	1896.756	
R9	3.950	1903.071	0.348	1899.121	

de L. Valle s/Cardenas 127m al N.			3.677	1899.394
R10	2.699	1905.736	0.034	1903.037
V-5-6			0.951	1904.785
L. Valle y L. Cardenas			0.103	1905.633
V-5-7			0.919	1904.817
R11	0.099	1902.484	3.351	1902.385
R12	0.065	1899.019	3.530	1898.954
del V-5-8 hacia el oeste 42m			1.353	1897.666
V-5-8			2.050	1896.969
del V-5-8 hacia el NE 20m			1.338	1897.681
R13	3.551	1902.455	0.115	1898.904
R14	3.900	1906.318	0.037	1902.418
V-5-9			2.819	1903.499
V-6-8			0.440	1905.878
L. Valle y G. Farias			0.581	1905.737
R15	0.314	1902.968	3.664	1902.654
R16	0.097	1899.554	3.511	1899.457
del V-6-7 hacia el V-6-8 67m			0.948	1898.606
R17	0.077	1895.710	3.921	1895.633
V-6-7			2.170	1893.540
Morelos y G. Farias			2.181	1893.529
R18	3.470	1897.340	1.840	1893.870
R19	3.294	1900.535	0.099	1897.241
DR. Marin, Matamoros y Morelos			2.751	1897.784
V-6-6			2.782	1897.753

del V-6-6 hacia V-6-4 60m			0.457	1900.078
R20	2.119	1902.571	0.083	1900.452
Matamoros y V. Vela			1.780	1900.791
Abasolo y Matamoros			1.695	1900.876
V-6-4			1.800	1900.771
V-6-4 hacia V-6-1 30m			0.660	1901.911
R21	3.040	1905.444	0.167	1902.404
R22	3.770	1909.129	0.085	1905.359
Matamoros y H.de Ver.			1.058	1908.071
V-6-1			1.132	1907.997
R23	0.403	1906.522	3.010	1906.119
H.de Ver. hacia el N			2.235	1904.287
R24	0.440	1903.630	3.332	1903.190
H.de Ver. y Juarez			2.202	1901.428
J15			2.351	1901.279
R25	0.328	1901.619	2.339	1901.291
R26	0.303	1898.119	3.803	1897.816
R-5-2	1.612	1896.338	3.393	1894.726
			1.678	1894.660

2.4 NIVELACION DE PRECISION.

Para llevar el control altimétrico se utilizan redes de nivelación las cuales se toman a partir del nivel medio del mar, estas redes de nivelación se llevan principalmente por caminos carreteros de primer orden, vías de ferrocarril, y en segundo lugar por caminos de segundo orden, brechas, etc.

El objeto es tener una serie de puntos llamados bancos de nivel; cuya cota se determina directamente.

El nivel medio del mar se obtiene por observaciones de un aparato llamado mareógrafo el cual está registrando durante bastante tiempo, las pleamares y las bajamares, con estos datos se obtiene el nivel medio del mar, el cual queda determinado por el cero de una regla.

Los bancos de nivel se van espaciando cada 2 Km aproximadamente, se procura colocar estos en lugares que tengan gran durabilidad.

El nivel de precisión puede ser, un Wild N-3 ó Zeiss NI-3 con trípode de patas rígidas y dos estadales para nivelación de precisión. Con objeto de que el estadal sea mas estable se llevan unas portaplacas o sapos, a fin de colocar sobre estos el estadal y evitar que al girar el mismo haya algun hundimiento de éste.

Se requiere una sombrilla a efecto de evitar que los rayos del sol caigan directamente sobre el aparato, ya que por tener este una burbuja muy sensible, al recibir los rayos del sol directamente se vuelve muy inestable.

Es recomendable que las nivelaciones se realizen en tramos entre 60 y 100 metros como máximo.

En la nivelación geodésica o de precisión se deberá comprobar que la diferencia de lectura sea igual en las dos escalas (lado derecho e izquierdo del estadal). El estadal deberá estar perfectamente perpendicular.

Se leeran también los hilos superior e inferior para tener el control de distancias. El hilo medio será el que servirá para la nivelación junto con la lectura hecha en el micrómetro.

Antes de empezar una línea de nivelación deberá determinarse la constante estadimétrica del aparato lo cual se hace en un terreno plano de preferencia, tomando distancias de mas de 70 metros y en un número no menor de cinco. En cada punto medido se coloca el estadal, se hacen las lecturas a los tres hilos tomando diferencias de superior a medio y de medio a inferior. La constante se obtiene dividiendo la distancia obtenida entre la suma de las diferencias de hilos; el promedio de las lecturas es el valor de la constante.

Todos los días antes de empezar a nivelar se determinará el estado de precisión del aparato, haciendo su comprobación por medio de un ajuste.

En esta nivelación el desnivel entre dos bancos de nivel estará dado por la suma de las lecturas de atras menos la suma de las lecturas de adelante.

Para comprobar que las nivelaciones estuvieron correctas se recorren en ambos sentidos y se tiene un tolerancia, $T=0.004\sqrt{R}$ (en un kilómetro). Si las nivelaciones en los dos sentidos, no quedan dentro de esta tolerancia se volverá a nivelar el tramo hasta que dos nivelaciones de sentido contrario queden dentro de esta tolerancia.

Una vez que se han aceptado dos nivelaciones se toma el promedio de estas que será el desnivel más probable entre los dos bancos de nivel; cuando hay varios valores que chequen se toma el promedio de todos estos.

El ejemplo correspondiente a la nivelación de precisión se realizó en la ciudad de Altotonga, Veracruz, y se partió del EN de la Iglesia (SRH) al EN de la bomba de agua (SRH).

REGISTRO PARA NIVELACION DE PRIMER ORDEN

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA S. I.

LINEA _____ OBSERVADOR _____
 NIVEL _____ FECHA _____
 ESTADALES _____

EST.	LECTURA ATRAS	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	LECTURA ADELANTE	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	HORA	SOL	WINDO	TEMPERATURA DEL ESTADAL.	OBSERVACIONES
	3161		0.14		0371		0.148		10:05	6	2		
9	302100	302100		0.284	022300	022300		0.302					
	2879		0.142		0069		0.154						
	2642		0.1022		0395		0.12536		10:15	6	2		
10	253980	253980		0.225	026964	026964		0.270					
	2417		0.1228		0125		0.14464						
	2967		0.16757		0433		0.113		10:20	6	2		
11	279943	279943		0.335	032000	032000		0.226					
	2632		0.16743		0207		0.113						
	3360		0.13355		0.5436		0.07729		10:30	6	2		
12	322645	322645		0.281	046631	046631		0.1546					
	3079		0.14745		0389		0.07731						
	3156		0.09983		0321		0.0698		10:40	6	2		
13	305617	305617		0.213	025120	025120		0.143					
	2943		0.11317		0178		0.0732						
	3360		0.10865		0315		0.07235		10:45	6	2		
14	325135	325135		0.220	024265	024265		0.150					
	3140		0.11135		0165		0.07765						
	3450		0.09692		0240		0.0757		10:50	6	3		
15	335308	335308		0.200	016430	016430		0.160					
	3250		0.10308		0080		0.0843						
	3588		0.128		0449		0.0879		11:00	6	3		
16	346000	346000		0.256	036110	036110		0.178					
	3332		0.128		0271		0.0843						

LÍNEA _____ OBSERVADOR _____
 NIVEL _____ FECHA _____
 ESTADALES _____

SECCION DE INGENIERIA
 TOPOGRAFICA Y GEODESICA F.I.

EST.	LECTURA ATRAS	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	LECTURA ADELANTE	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	HORA	SOL	WIND	TEMPERATURA DEL ESTADAL	OBSERVACIONES
17	3466		0.13706		0367		0.1081		11:05	6	3		
	332894	332894		0.292	025890	025890		0.235					
	3174		0.15494		0132		0.1269						
	3378		0.1351		0289		0.09536		11:10				
18	324290	324290		0.276	019364	019364		0.198					
	3102		0.1409		0091		0.10264						
	3762		0.1451		0.272		0.09575		11:15	6	3		
19	361690	361690		0.304	017625	017625		0.203					
	3458		0.1589		0069		0.10725						
	3300		0.11818		0268		0.09194		11:25				
20	318182	318182		0.240	017606	017606		0.195					
	3060		0.12182		0073		0.10306						
	3240		0.1147		0467		0.0738		11:30	6	3		
21	312530	312530		0.240	032320	032320		0.154					
	3000		0.1253		0313		0.0802						
	3269		0.08254		0256		0.0755		11:35	6	3		
22	318646	318646		0.178	018050	018050		0.152					
	3091		0.09546		0104		0.0765						
	3514		0.10263		0307		0.077		11:40	6	3		
23	341137	341137		0.208	023000	023000		0.154					
	3306		0.10537		0153		0.077						
	3344		0.1016		0350		0.07885		11:50				
24	324240	324240		0.208	027715	027715		0.15					
	3136		0.1064		0190		0.0875						

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F.I.

LINEA _____ OBSERVADOR _____
 NIVEL _____ FECHA _____
 ESTADALES _____

EST.	LECTURA ATRAS	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	LECTURA ADELANTE	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	HORA	SOL	WINDO DEL ESTADAL.	TEMPERATURA DEL ESTADAL.	OBSERVACIONES
25	3223 311728	311728	0.10572	0.226	0442 037430	037430	0.0677	0.144	11:55	6	3		
	2997		0.12028		0298		0.0763						
26	3870 373192	373192	0.13808	0.280	0392 030030	030030	0.0917	0.184	12:00	6	3		
	3590		0.14192		0208		0.0923						
	3208		0.0862		0254		0.07446						
27	312180 3032	312180	0.0898	0.176	017954 0086	017954	0.09354	0.168	12:25	6	3		
	2831		0.15058		0793		0.1816						
28	268042 2528	268042	0.15242	0.303	061140 0427	061140	0.1844	0.366	12:30	6	3		
	2.344		0.11859		0195		0.03567						
29	222541 2107	222541	0.11841	0.237	015933 0105	015933	0.05433	0.09	12:43	6	3		
	3720		0.030546		0795		0.12791	0.270	12:50	6	3		
30	3.41454 3.384	3.41454	0.03054	0.061086	066709 0525	066709	0.14209						
	0784		0.12513		3.710		0.030368						
30'	065887 0516	065887	0.14287	0.268	3.40632 3.376	367460	0.03032	0.060688	12:55	6	3		
	0.3260		0.0753		2.367		0.0838						
29'	025070 0.1740	025070	0.0767	0.152	228320 2.193	228320	0.0902	0.174					

LÍNEA _____ OBSERVADOR _____
 NIVEL ESTADALES _____ FECHA _____
 SECCION DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

EST.	LECTURA ATRAS	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	LECTURA ADELANTE	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	HORA	SOL	VIENTO	TEMPERATURA DEL ESTADAL.	OBSERVACIONES
	0983		0.1304		3151		0.19771		1:12	8	2		
28'	085260	085260		0.266	295329	295329		0.402					
	0717		0.1356		2749		0.20429						
	0404		0.07348		3368		0.09489		1:15	8	3		
27'	033052	033052		0.148	327311	327311		0.196					
	0256		0.07452		3172		0.1011						
	0287		0.10334		3724		0.12123		1:20	8	3		
26'	018366	018366		0.214	360277	360277		0.248					
	0073		0.11066		3476		0.12677						
	0232		0.08475		2964		0.08658		1:30	8	3		
25'	014725	014725		0.184	287742	287742		0.188					
	0048		0.09925		2776		0.10142						
	0239		0.08203		3215		0.08603		1:36	8	3		
24'	015697	015697		0.178	312897	312897		0.190					
	0061		0.09597		3025		0.10397						
	0333		0.07082		3550		0.10269		1:41	8	3		
23'	026218	026218		0.146	344731	344731		0.219					
	0187		0.07518		3331		0.11631						
	0418		0.068		3455		0.08831			8	3		
22'	035000	035000		0.136	336669	336669		0.190					
	0282		0.068		3265		0.10169						
	0432		0.07258		3205		0.11392			8	3		
21'	035942	035942		0.164	309108	309108		0.231					
	0268		0.09142		2974		0.11708						

REGISTRO PARA NIVELACION DE TUBERIAS

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA S.I.

LINEA _____ OBSERVADOR _____
 NIVEL _____ FECHA _____
 ESTADIALES _____

EST.	LECTURA ATRAS	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	LECTURA ADELANTE	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	HORA	SOL	VIENTO	TEMPERATURA DEL ESTADAL.	OBSERVACIONES
	0251		0.0968		3267		0.11302			8	3		
20'	015420	015420		0.202	315398	315398		0.234					
	0049		0.1052		3033		0.12098						
	0507		0.0889		3858		0.15186			1	3		
19'	026810	026810		0.193	370614	370614		0.316					
	0164		0.1041		3542		0.16414						
	0437		0.0772		3568		0.14692			1	2		
18'	035980	035980		0.174	342108	342108		0.296					
	0263		0.0968		3272		0.14908						
	0434		0.10263		3569		0.15588			1	2		
17'	033137	033137		0.208	341312	341312		0.318					
	0226		0.10537		3251		0.16212						
	0588		0.06863		3769		0.13613						
16'	051937	051937		0.156	363287	363287		0.278					
	0432		0.08737		3491		0.14187						
	0243		0.06648		3476		0.10422						
15'	017652	017652		0.146	337178	337178		0.212					
	0097		0.07952		3264		0.10778						
	0526		0.05051		3620		0.12536						
14'	047549	047549		0.112	349464	349464		0.259					
	0414		0.06149		3361		0.13364						
	0524		0.05288		3416		0.12088						
13'	047112	047112		0.108	329512	329512		0.252					
	0416		0.05512		3164		0.13112						

REGISTRO PARA NIVELACION DE PRIMER ORDEN

INEA
SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

NIVEL ESTADALES OBSERVADOR _____ FECHA _____

EST.	LECTURA ATRAS	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	LECTURA ADELANTE	PROMEDIO	INTERVALO	SUMA INTERVALO	HORA	SOL	VIENTO DEL ESTADAL.	TEMPERATURA DEL ESTADAL.	OBSERVACIONES
	0379		0.08188		3168		0.13392						
12'	029712	029712		0.177	303408	303408		0.268					
	0202		0.09512		2.900		0.13408						
	0660		0.09395		3246		0.18498						
11'	056605	056605		0.1879	306102	306102		0.371					
	0.4721		0.09395		2875		0.18602						
	0524		0.11169		2821		0.12967						
10'	041231	041231		0.229	269133	269133		0.262					
	0295		0.11731		2559		0.13233						
	0359		0.14678		3155		0.1354						
9'	021222	021222		0.298	301960	301960		0.289					
	0061		015122		2866		0.1536						
	0322		0.10461		2726		0.11831						
8'	021739	021739		0.2092	260769	260769		0.252					
	0.11280		0.10459		2474		0.13369						
	0374		0.1772		2753		0.17762						
7'	019680	019680		0.366	257538	257538		0.366					
	0008		0.1888		2387		0.18838						
	0524		0.12742		2883		0.15273						
6'	039658	039658		0.268	273027	273027		0.306					
	0256		0.14058		2577		0.15327						
	0724		0.09458		2889		0.10969						
5'	062942	062942		0.189	277931	277931		0.219					
	0535		0.09442		2670		0.10931						

CALCULO DE UNA NIVELACION DE PRIMER ORDEN

Año

Observador

Nivel No.

Estadales

Línea

Fecha	Designación de secciones	N.º de hitos	Hora	Temp. del estado	Long. de la sección	Distancia del B.N.	LECTURAS ESTADALES IB	IF	Diferencia de elevación de cada sección	DIVERGENCIA (B-F) Parcial	Total acumulado	Diferencia media en elevación	Designación de hitos	Elevación del B.N.
2/May/84														
	BN1	I	8h30m		0.069988		1.91722	0.23031	1.68691				BN1	1883.213
1	PL1	R			0.069900	0.069944	0.23291	1.99213	-1.69922	-0.01231	-0.01231	1.693065	PL1	1884.9061
2	PL1	I			0.05300		2.42549	0.75400	1.67149				PL1	
	PL2	R			0.05270	0.05285	0.87533	2.55916	-1.68383	-0.01234	-0.02465	1.67766	PL2	1886.5837
3	PL2	I			0.05620		2.61070	0.45250	2.1582				PL2	
	PL3	R			0.05690	0.05655	0.58183	2.74259	-2.16076	-0.00256	-0.02721	2.15948	PL3	1888.7432
4	PL3	I			0.04240		2.77350	0.41357	2.35993				PL3	
	PL4	R			0.04290	0.04265	0.43110	2.78820	-2.35710	0.00283	-0.02438	2.358515	PL4	1891.1017
5	PL4	I			0.04050		2.53380	0.38950	2.1443				PL4	
	PL5	R			0.04080	0.04065	0.62942	2.77931	-2.14989	-0.00559	-0.02997	2.147095	PL5	1893.2488
	PL5	I			0.05800		2.70310	0.37490	2.3282				PL5	
6	PL6	R			0.05740	0.0577	0.39658	2.73027	-2.33369	-0.00549	-0.03546	2.330945	PL6	1895.5798
	PL6	I			0.07360		2.60035	0.23350	2.36685				PL6	
7	PL7	R			0.07320	0.0734	0.19680	2.57538	-2.37858	-0.01173	-0.04719	2.372715	PL7	1897.9525

Fecha	Designación de la sección	Pl. o N.º	Hora	SO	Viento	Temp. del estado	Long. de la sección	Distancia del B.N.	LECTURAS ESTADALES B F	Diferencia de elevación de cada sección	DIVERGENCIA (B-F) Parcial	Total a cumulado	Diferencia media en elevación	De la N.º del B.N.	Elevación del B.N.
2/May/64	PL6	I	6	0	0.07360		2.60035	0.23350	2.36685					PL6	
7	PL7	R	2		0.07320	0.0734	0.19680	2.57538	-2.37858		-0.01173	-0.04719	2.372715	PL7	1897.9525
	PL7	I	6	0	0.04690		2.77150	0.35825	2.41325					PL7	
	PL8	R	2		0.04612	0.04651	0.21739	2.60769	-2.3903		0.02295	-0.02424	2.401775	PL8	1900.3543
	PL8	I	6	0	0.05860		3.02100	0.22300	2.798					PL8	
9	PL9	R	2		0.05870	0.05865	0.21222	3.01960	-2.80730		-0.00938	-0.03362	2.80269	PL9	1903.1569
	PL9	I	6	0	0.04950		2.53980	0.26964	2.27016					PL9	
10	PL10	R	2		0.04910	0.0493	0.41231	2.69133	-2.27902		-0.00886	-0.04248	2.27459	PL10	1905.4315
	PL10	I	6	0	0.05610		2.79943	0.32000	2.47943					PL10	
11	PL11	R	2		0.05589	0.05595	0.56605	3.06102	-2.49497		-0.01554	-0.05802	2.4872	PL11	1907.9187
	PL11	I	6	0	0.04356		3.22645	0.46631	2.76014					PL11	
12	PL12	R	2		0.0445	0.04403	0.29712	3.03408	-2.73696		+0.02318	-0.03484	2.74855	PL12	1910.6673
	PL12	I	6	0	0.03560		3.05617	0.25120	2.80497					PL12	
13	PL13	R	2		0.03600	0.03580	0.47112	3.29512	-2.82400		0.01903	-0.05387	2.814485	PL13	1913.4818

CALCULO DE UNA NIVELACION DE PRIMER ORDEN

Línea

Estadales

Nivel No.

Observador

Año

Fecha	Designación de la sección	Rd. o Atri.	Hora	SOL	Viento	Temp. del estado	Long. de la sección	Distancia del B.N.	LECTURAS ESTADALES B F	Diferencia de elevación de cada sección	DIVERGENCIA (B-F) Parcial	Total acumulado	Diferencia media en elevación	Designación de la sección	Elevación del B.N.
2/May/84															
	PL13	I	6	0		0.03700			3.25135 0.24265	3.0087				PL13	
14	PL14	R	2			0.03710		0.03705	0.47549 3.49464	-3.01915	-0.01045	-0.06432	3.013925	PL14	1916.4957
	PL14	I	6	1		0.03600			3.35308 0.16430	3.18878				PL14	
15	PL15	R	2			0.03580		0.0359	0.17652 3.37178	-3.19526	-0.00648	-0.0708	3.19202	PL15	1919.6877
	PL15	I	6	1		0.04340			3.4600 0.36110	3.0989				PL15	
16	PL16	R	2			0.04340		0.0434	0.51937 3.63287	-3.1135	-0.0146	-0.0854	3.1062	PL16	1922.7939
	PL16	I	7	0		0.05270			3.32894 0.25890	3.07004				PL16	
17	PL17	R	3			0.5260		0.05265	0.33137 3.41312	-3.08175	-0.04171	-0.09711	3.075895	PL17	1925.8698
	PL17	I	7	1		0.04740			3.24290 0.19364	3.04926				PL17	
18	PL18	R	3			0.04700		0.0472	0.35980 3.42108	-3.06128	-0.01202	-0.10913	3.05527	PL18	1928.9251
	PL18	I	7	1		0.05070			3.61690 0.17625	3.44065				PL18	
19	PL19	R	3			0.05090		0.0508	0.26810 3.70614	-3.43804	+0.00261	-0.10652	3.439345	PL19	1932.3644
	PL19	I	7	1		0.04350			3.18182 0.17606	3.00576				PL19	
20	PL20	R	3			0.04360		0.04355	0.15420 3.15398	-2.99978	+0.00598	-0.10054	3.00277	PL20	1935.3672

CALCULO DE UNA NIVELACION DE PRIMER ORDEN

Línea _____ Nivel No. _____ Observador _____ Año _____

Estadales

Fecha	De la Sección	Al	Horario	Hora	Tem. del estado	Long. de la sección	Distancia del B.N.	LECTURAS ESTADIALES B	F	Diferencia de elevación de cada sección	DIVERGENCIA (B-F) Parcial	Total acumulado	Diferencia media en elevación	Designación	Elevación del B.N.
20/May/84															
	PL20	I	7	1	0.03940		3.12530	0.39320		2.7321				PL20	
21	PL21	R	3		0.03950		0.35942	3.09108		-2.73166	+0.00044	-0.1001	2.73188	PL21	1938.0991
	PL21	I	7	1	0.03300		3.18646	0.18050		3.00596				PL21	
22	PL22	R	3		0.03260		0.35000	3.36669		-3.01669	-0.01073	-0.11083	3.011325	PL22	1941.1104
	PL22	I	7	1	0.0362		3.41137	0.23000		3.18137				PL22	
23	PL23	R	3		0.0365		0.26218	3.44731		-3.18513	-0.00376	-0.10707	3.18325	PL23	1944.2936
	PL23	I	7	1	0.03680		3.24240	0.27115		2.97125				PL23	
24	PL24	R	3		0.03680		0.15697	3.12897		-2.972	-0.00075	-0.10782	2.971625	PL24	1947.2653
	PL24	I	7	1	0.0370		3.11728	0.37430		2.74298				PL24	
25	PL25	R	3		0.0372		0.14725	2.87742		-2.73017	0.01281	-0.09501	2.736575	PL25	1950.0018
	PL25	I	8		0.0464		3.73192	0.30030		3.43162				PL25	
26	PL26	R	4		0.0462		0.18366	3.60277		-3.41911	0.01251	-0.0825	3.425365	PL26	1953.4272
	PL26	I	8	0	0.03440		3.12180	0.17954		2.94226				PL26	
27	PL27	R	4		0.03440		0.33052	3.27311		-2.94259	0.00033	-0.08217	2.942425	PL27	1956.3696

C O N F I G U R A C I O N .

Capítulo III.

3.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

3.2 CONFIGURACION DE UN TERRENO.

3.3 PLANO GENERAL DE LA CONFIGURACION.

3.4 DIBUJO DE UN PERFIL.

3.5 CALCULO DE AREAS Y VOLUMENES.

3.1 ORGANIZACION Y PLANEACION

El objetivo de esta práctica es comparar, seleccionar y realizar según el caso, algunos de los diferentes métodos para obtener la configuración topográfica de un terreno.

El coordinador de prácticas será el responsable de la organización del transporte de ida y vuelta de las brigadas, de la elección de la zona donde se llevará a cabo la configuración, y de la realización de un reconocimiento previo de dicha zona.

Asimismo debe citar a las brigadas a una hora determinada calculando el tiempo de traslado para evitar la pérdida de tiempo.

Se debe organizar también el levantamiento de la configuración por brigadas separadas o mediante un trabajo en conjunto.

Los puntos que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo una buena planeación en el desarrollo de la práctica se presentan a continuación.

- 1) Solicitar el material necesario para la realización de la práctica. (Por brigada un tránsito de 1', dos estadales, dos plomadas, un marro, pintura y machetes).
- 2) Transportar las brigadas y el equipo a la zona de trabajo.
- 3) Asignar porciones de terreno por brigadas para su configuración. Se recomiendan que las poligonales de apoyo de las brigadas estén ligadas entre sí, tratándose de un terreno grande y asegurarse de que exista buena intervisibilidad entre los puntos consecutivos de una poligonal.
- 4) Designar los vértices de las poligonales de cada brigada por una letra específica, para que todos trabajen de acuerdo a esta nomenclatura.
- 5) Llevar a cabo la configuración por métodos estadimétricos o por algún otro método.
- 6) Regresar al campamento de topografía donde se entregará el equipo después de concluido el trabajo.
- 7) Llevar a cabo un intercambio de datos entre las brigadas.
- 8) Efectuar los trabajos de gabinete que comprenden el cálculo de la poligonal de apoyo, las radiaciones, los desniveles y las distancias de estas.
- 9) Dibujar la poligonal y todas las radiaciones, efectuar la interpolación y el dibujo de las curvas de nivel.
- 10) En el plano de configuración obtenido trazar un perfil y realizar su dibujo a escala.
- 11) En el mismo plano de configuración calcular áreas y volúmenes.
- 12) Realizar un reporte por brigada en el cual se incluirá todo el desarrollo de la práctica así como los cálculos respectivos.

- 13) Para el trabajo de campo es importante revisar el equipo incluyendo machetes y estacas si se trata de una zona boscosa.
- 14) Se debe prever impermeables y hules para proteger los aparatos.
- 15) En caso de que la zona de trabajo este apartada de zonas comerciales se debe llevar un refrigerio.
- 16) Para el trabajo de gabinete es necesario contar con calculadora, escuadras, escalímetro, papel albanene, planímetro, hojas, etc.

3.2 CONFIGURACION DE UN TERRENO.

La representación de un terreno con todas sus formas y accidentes, tanto en su posición en un plano horizontal como en sus alturas, se logra simultáneamente mediante curvas de nivel.

Estas curvas se utilizan para representar en planta y elevación al mismo tiempo, la forma o configuración del terreno, que también se llama relieve.

Para que sea más objetiva la representación del relieve el espaciamiento entre curvas debe ser constante. Dependiendo del objeto del trabajo se pueden espaciar las curvas a cada metro, medio metro, 5, 10 ó 20 metros.

Para obtener los datos que permitan la construcción del plano se pueden utilizar varios procedimientos. Una forma es mediante radiaciones usando métodos estadimétricos para determinar distancias y desniveles que permitan fijar cotas de varios puntos claves. Cuando sea posible se evitará tomar demasiados puntos del terreno para que no se dificulte la configuración.

En cada uno de los puntos se tomará el ángulo vertical y horizontal, este último generalmente cuando el hilo medio esté a la altura del aparato; y además se leerá la diferencia entre los hilos superior e inferior. También se puede leer el ángulo vertical observando el hilo medio a cualquier altura del estadal cuando las circunstancias no lo permitan.

Con los valores obtenidos en el campo, se determinan las distancias horizontales y los desniveles que hay entre la estación y el punto observado, esto puede hacerse, por medio del ángulo vertical y separación de hilos, así como la constante del aparato, estas reducciones se pueden hacer por medio de ábacos, reglas de estadia, tablas de estadia o bien aplicando directamente las ecuaciones correspondientes por medio de una calculadora.

Una vez que se obtienen las distancias y desniveles se calcula y dibuja la poligonal correspondiente en una forma más precisa pudiéndose realizar por medio de coordenadas. Desde uno de sus vértices se dibujan todas sus radiaciones obtenidas. El punto que separa los decimales será el punto exacto de representación. En el dibujo, "vaciados" todos los datos en el plano se hace una interpolación, ya sea a cada metro, 2, 5, etc., según sea la utilización que se le va a dar al plano, después se une a mano libre todos los puntos que tengan la misma cota, respetando las características de las curvas de nivel. Por cada cinco curvas de

nivel se dibujará una curva un poco más gruesa , a la cuál se le denomina curva índice.

Otro de los métodos para realizar la configuración de un terreno es el de las secciones transversales.

Este procedimiento se usa cuando se quiere conocer únicamente una faja de terreno. Se usa principalmente en el proyecto de caminos, trazo de líneas de transmisión eléctrica, vías de ferrocarril y de canales. El procedimiento a seguir consiste en trazar una poligonal por el eje de trazo del trabajo en cuestión; esta poligonal se va "estacando" a cada determinado número de metros que depende de la precisión que se requiera en el levantamiento topográfico. Para el trazo de caminos y ferrocarriles, se acostumbra realizar el estacado a cada 20 metros.

Una vez que en el terreno se han obtenido las cotas redondas necesarias, en el gabinete se vacian todos los datos y se unen todos los puntos de la misma cota obteniendose la configuración del terreno.

Otro método es el de configuración por medio de una cuadrícula; este procedimiento se utiliza sobre todo en terrenos sensiblemente planos que no tengan demasiados accidentes topográficos. Se traza una cuadrícula a separación conveniente y se lleva una nivelación por todos los vértices de la misma.

En el gabinete se dibuja la cuadrícula a cierta escala, se coloca en cada vértice la cota correspondiente y se hace una interpolación entre dos vértices consecutivos lo cual nos dará los puntos de cota cerrada. Uniendo estos puntos se tendrá la configuración del terreno.

3.2.1 Trabajo de campo.

Consideremos el levantamiento para configuración de un terreno por el método de radiaciones. El trabajo se lleva a cabo de la siguiente manera:

Se localizan en la poligonal de cada brigada, todos y cada uno de los vértices (A,B,C,...) que serán estacados.

Se situa el tránsito en cada uno de los vértices, para medir simultaneamente el ángulo horizontal, los ángulos verticales y estadimétricamente la distancia. Cabe aclarar que todas estas mediciones se realizan en posición directa e inversa para minimizar los errores de colimación e índice, y también como comprobación.

Después se coloca el instrumento en cada uno de los vértices y desde ahí se hacen radiaciones hacia los puntos aislados donde no se notan cambios bruscos de pendiente. El procedimiento en campo para hacer las radiaciones, es el siguiente:

- 1o. Leer el intervalo entre los hilos superior e inferior, llevando este último (para facilitar la lectura), a una graduación cerrada.
- 2o. Llevar el hilo medio a la altura del aparato en el estadal (que variará en cada puesta del mismo). En caso de no poder localizar la altura del aparato en el estadal, por lo abrupto del terreno o por la misma vegetación, se lee la parte del estadal que sea visible, y que corresponda al hilo medio.

Por último se leen los ángulos vertical y horizontal respectivamente.

3.2.2 Trabajo de gabinete.

En el campamento se hacen los cálculos de las radiaciones y de la poligonal.

Por medio de las siguientes fórmulas se calculan los desniveles y distancias, tanto de la poligonal como de las radiaciones.

$$D = C l \cos^2 \alpha + c \cos \alpha \quad C = 100$$

$$H = \frac{1}{2} C l \sin 2\alpha + c \sin \alpha (\bar{K} - h_m) \quad c = 0$$

donde:

C=constante multiplicadora

c=constante aditiva

l=intervalo entre el hilo inferior y el superior

h_m =lectura del hilo medio

D=distancia horizontal

\bar{K} =altura del aparato

α =ángulo vertical

H=desnivel

De acuerdo a los cálculos realizados se dibuja en el plano la poligonal envolvente así como las curvas de nivel correspondientes a esa parte del terreno.

Un ejemplo de la práctica que estamos tratando se presenta a continuación:

Cabe aclarar que se tomó como polígono base el de la brigada dos (ver figura 14. Tema 3.5).

EST.	P.O.	◊	◊	l	D	H	COTA
G	J	0°00'	-12°15'	52.86	50.48	-10.96	2594.36
1.51	1	0°00'	+24°49'	26.39	21.74	+10.05	2604.41
	2	0°00'	-05°19'	26.84	26.61	-02.48	2601.93
	3	0°00'	-00°07'	36.87	36.87	-00.08	2601.85
	4	10°21'	-03°20'	51.30	51.13	-02.98	2598.87
	5	11°35'	+03°07'	36.59	36.48	+01.99	2600.86
	6	69°43'	+17°09'	12.75	11.64	+03.59	2604.45
	7	24°47'	-02°38'	16.16	16.13	-00.74	2603.71
	8	52°18'	-06°17'	22.50	22.23	-02.45	2601.26
	9	70°35'	+05°26'	23.52	23.31	+02.22	2603.48
1.48	D	137°06'	+08°26'	117.50	116.86	+17.05	2620.53

	11	72°01' - 37°03'	40.40	25.73	-19.43	2601.10
	12	81°43' - 01°05'	31.70	31.69	-00.60	2600.50
	13	96°03' + 04°18'	23.77	23.64	+01.78	2602.28
	14	113°26' + 02°54'	28.26	28.19	+01.43	2603.71
	15	128°22' - 00°24'	42.07	42.07	-00.29	2603.42
	16	136°30' + 06°12'	65.40	64.64	+07.02	2610.44
	17	130°25' - 08°21'	28.55	27.95	-04.10	2606.34
J	A	0°00' - 02°23'	151.65	151.38	-06.34	2600.00
1.58	G	78°00' + 05°59'	51.30	50.74	+05.32	2605.32
	18	03°30' - 16°30'	61.90	56.91	-16.86	2588.46
	19	11°35' + 16°03'	11.85	10.94	+03.15	2591.61
	20	12°10' - 00°49'	58.29	58.28	-00.83	2590.78
	21	40°27' + 09°23'	14.48	14.09	+02.33	2593.11
	22	28°15' + 02°08'	63.10	63.01	+02.35	2595.46
	23	00°00' - 13°42'	30.50	28.79	-07.02	2588.44
	24	45°46' + 08°18'	91.30	89.40	+13.04	2601.48
A	D	00°00' + 08°41'	127.65	124.74	+19.05	2620.53
1.42	J	68°01' - 09°47'	156.30	151.79	-26.17	2594.36
	25	03°15' + 32°16'	11.88	08.49	+05.36	2599.72
	26	00°15' + 08°20'	16.05	15.71	+02.30	2602.02
	27	00°30' - 11°31'	36.20	34.76	-07.08	2594.94
	28	61°45' - 16°22'	32.46	29.88	-08.78	2586.16
	29	08°45' + 18°02'	51.88	46.91	+15.27	2601.43
	30	46°45' - 09°01'	45.40	44.28	-07.03	2594.40
D	G	00°00' + 05°25'	116.25	115.21	+10.92	2605.32
1.40	A	77°01' - 02°26'	125.30	125.07	-05.32	2600.00
	31	07°18' + 33°48'	31.78	21.95	+14.69	2614.69
	32	32°45' - 02°07'	28.35	28.33	-01.05	2613.64
	33	67°50' + 10°18'	18.95	18.34	+03.33	2616.97
	34	52°57' - 06°39'	33.90	33.45	-03.90	2613.07
	35	75°15' - 02°35'	43.95	43.86	-01.98	2611.09
	36	61°24' + 00°11'	42.20	42.19	+00.14	2611.23

37	59°13'-03°14'	56.33	56.15	-03.17	2608.06
38	47°16'-02°29'	72.19	72.05	-03.12	2604.94

Cálculo y compensación de la poligonal envolvente. (Ver planilla de cálculo anexa)

3.3 DIBUJO DE UN PERFIL.

Para hacer este dibujo se pide a las brigadas traizen una línea sobre el plano ya configurado, tomando como origen un punto, y midiendo desde este origen la distancia hasta cada uno de los puntos donde se intersectan la línea y las curvas que ésta atraviesa. El coordinador de prácticas deberá solicitarles el dibujo con escalas horizontal y vertical adecuadas.

EJEMPLO.

En el plano general de la configuración que viene al final de este capítulo se tomó el trazo de la brigada tres para exponerlo como ejemplo; teniéndose los siguientes datos (figura No. 14):

Punto	distancia	Cota
A	0000.00	2597.5
1	0014.40	2597.0
2	0018.40	2596.0
3	0032.00	2595.0
4	0049.60	2594.0
5	0088.00	2593.0
6	0142.40	2592.0
7	0169.60	2591.0
8	0180.00	2590.0
9	0199.20	2589.0
10	0222.40	2588.0
11	0240.00	2587.0
12	0264.00	2586.0
13	0280.00	2585.0
14	0296.00	2584.0
15	0311.20	2583.0
16	0320.00	2583.0
17	0360.00	2584.0

18	0456.00	2583.0
19	0676.80	2583.0
20	0784.00	2584.0
21	0895.20	2585.0
22	1128.00	2586.0
B	1288.00	2586.6

3.4 CALCULO DE AREAS Y VOLUMENES.

Para realizar este cálculo se proporciona a las brigadas un planímetro, con el cual se miden las áreas que tienen igual cota (superficie de nivel).

Conocidas las áreas de igual cota, se procede a calcular los volúmenes. Dichas áreas se anotan ordenadamente en una tabla para facilitar el cálculo.

Al calcular el volumen se debe tener en cuenta su utilidad; ya que si se quiere un terreno horizontal se deben analizar dos posibilidades, la de rellenarlo ó la de cortarlo.

Es recomendable en algunas ocasiones el corte, ya que el relleno sale más costoso, debido a que se tendría el gasto del material de relleno y el acarreo de este.

Se puede tomar la cota más baja de nuestra configuración y a partir de ahí calcular los volúmenes, dicha cota será la base para tomar la horizontalidad del terreno.

Se sugiere la siguiente tabla para facilitar el cálculo de volúmenes:

COTAS	AREA	VOLUMEN
de	a	

Para calcular el volumen se tienen las fórmulas.

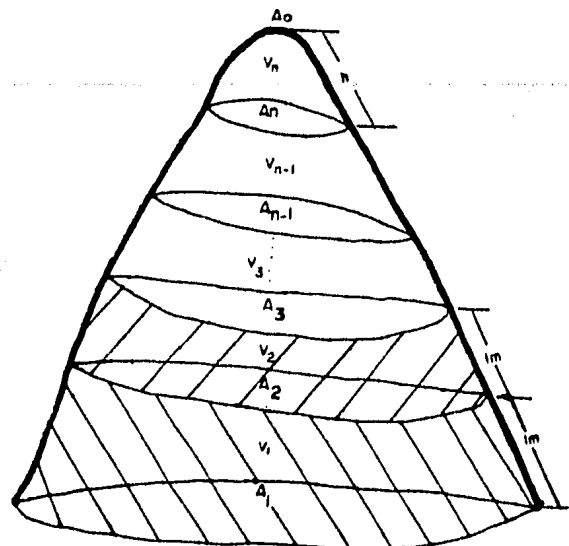
$$V_1 = \frac{A_1 + A_2}{2} h$$

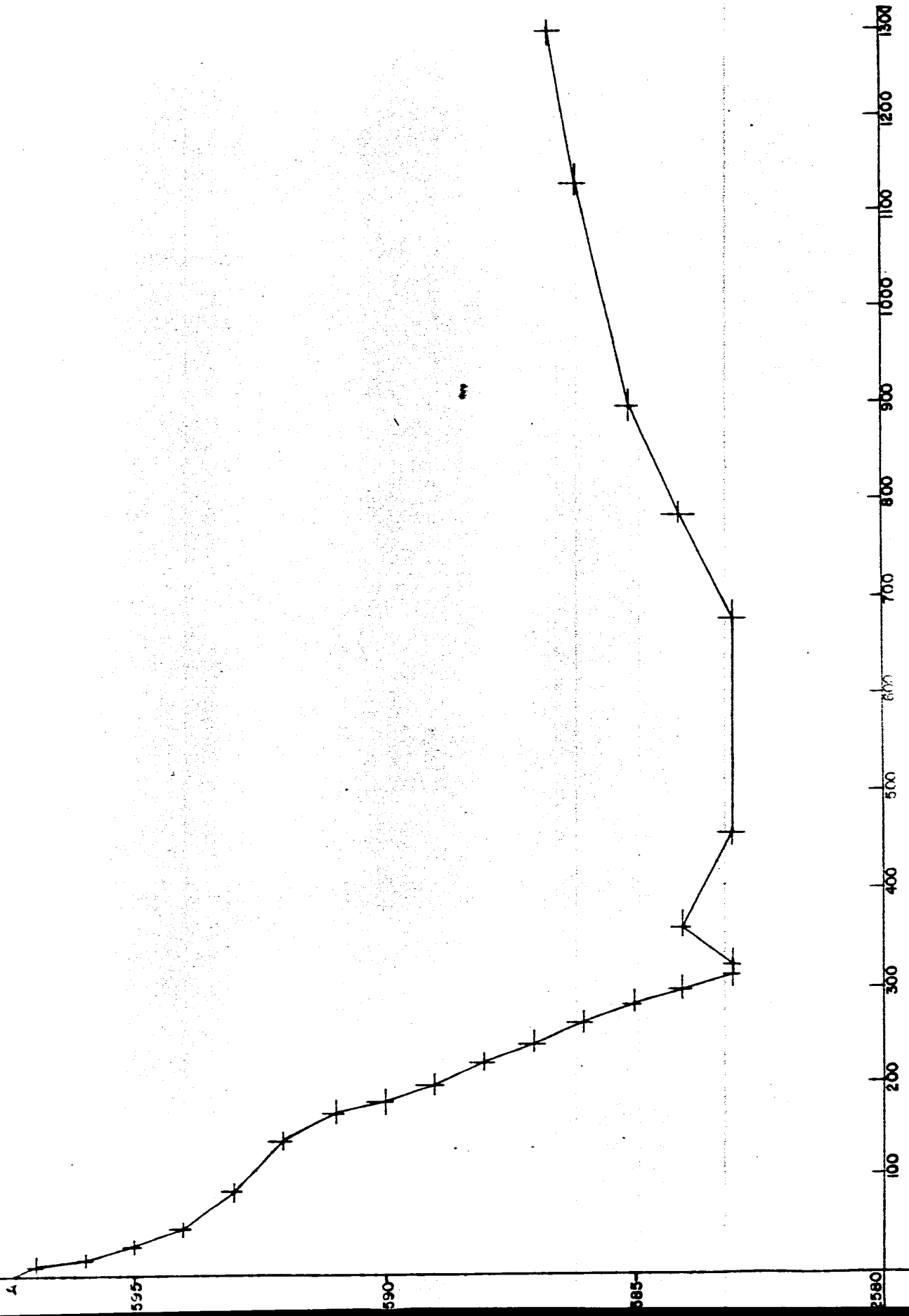
$$V_2 = \frac{A_2 + A_3}{2} h$$

:

$$V_{n-1} = \frac{A_{n-1} + A_n}{2} h$$

$$V_n = \frac{A_n + A_0}{2} h$$





Esto implica que:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \dots + V_n = \frac{1}{2} (A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \dots + 2A_{n-1} + A_n) + \frac{A_n + A_0}{2} h$$

Por lo tanto:

$$V_T = \frac{A_0 + A_n}{2} h + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1} + \frac{1}{2} (A_1 + A_n)$$

3.5 PLANO GENERAL DE LA CONFIGURACION.

Para realizar la construcción del plano es necesario tomar las siguientes consideraciones:

Los puntos del terreno que quedan en una línea de nivel se llaman puntos de cota redonda.

Es necesario considerar las características de las curvas de nivel para su dibujo correcto.

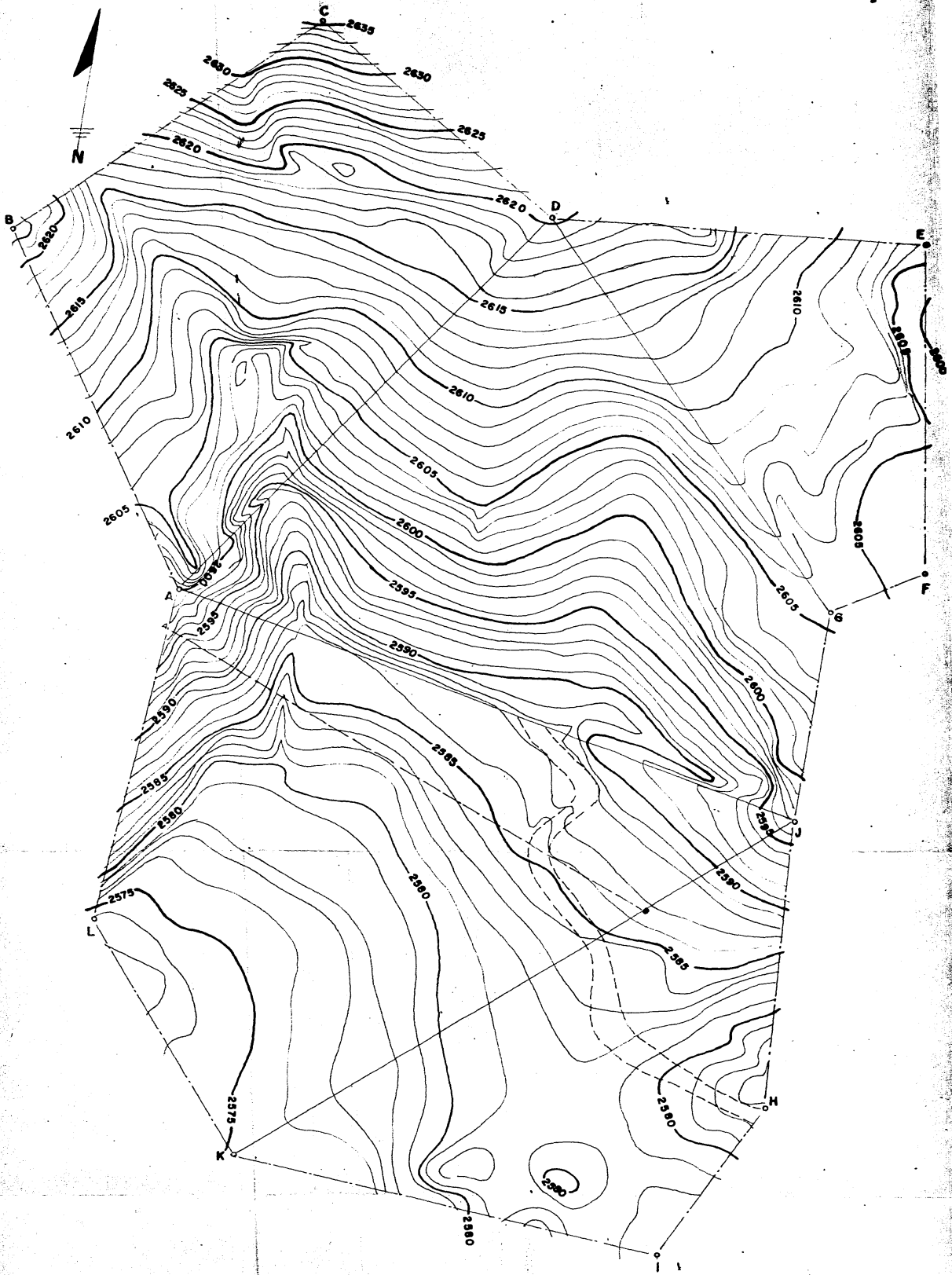
Las curvas de nivel se dibujan a elevaciones que son múltiplos del intervalo de las líneas. Se dibujan a mano libre como líneas finas de anchura uniforme. Cada quinta línea se dibuja más gruesa que el resto. Las elevaciones de las curvas de nivel se indican por medio de números colocados a intervalos adecuados; generalmente sólo se numeran las líneas gruesas, que se interrumpen para dejar un espacio para el número. Los números deberán orientarse de manera que puedan leerse desde una misma posición del plano. También se marcan las "elevaciones aisladas" de puntos importantes como son las intersecciones de los caminos, puentes, superficies de aguas, cimas y depresiones.

Algunas curvas de nivel pueden dibujarse, en cierta forma, por estimación. Son necesarios habilidad y juicio para que las líneas de nivel representen lo mejor que se pueda la configuración real de la superficie del terreno.

Para la práctica correspondiente las brigadas realizarán los planos topográficos relativos a la porción de terreno que les corresponda.

La escala a utilizar dependerá de la extensión del terreno y del uso que tendrá el plano.

Se anexa un plano ilustrativo (Figura No. 15).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANO TOPOGRAFICO DEL 4º DINAMO DEL PARQUE NACIONAL DE LOS DINAMOS DELEGACION MAGDALENA CONTRERAS	
Dibujó	Proyectó
MA. TERESA ROCNA GOMEZ	ARIADNA L. S. G. S.
Revisó	Aprobó
MA. TERESA ROCNA GOMEZ	ING. MARIO GUEVARA S.M.
ASO. 11 1995 MEXICO D.F.	ESC. 1: 800 9-1V-89.

T E M A S E S P E C I A L E S .

Capítulo IV.

4.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

4.2 CALCULO Y TRAZO DE CURVAS CIRCULARES SIMPLES.

4.3 ^a CALCULO Y TRAZO DE CURVAS ESPIRALES.

4.4 CALCULO Y TRAZO DE CURVAS VERTICALES PARABOLICAS.

4.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

Para el desarrollo de esta práctica es necesario contar con la presencia de un asesor o profesor que domine ampliamente el tema, quien se encargará de dar un breve repaso de la parte teórica correspondiente a los temas especiales. También estará encargado de asignar a las brigadas, el desarrollo y cálculo de una curva espiral simétrica, con su correspondiente curva circular.

Los alumnos deberán realizar los cálculos lo más rápido posible dado que la pérdida de tiempo ocasiona que el trabajo de campo se alargue considerablemente.

A continuación se sugieren algunos puntos que se deben observar para planear correctamente el desarrollo de la práctica.

- 1) Los alumnos solicitarán previamente a la práctica el equipo necesario. (Teodolito, cinta, pintura y brocha).
- 2) Realizar una explicación teórica del tema, así como el cálculo de una curva por brigada.
- 3) Terminado el cálculo se debe partir por brigadas a un lugar adecuado para el trazo de la curva.
- 4) Las brigadas trazarán la curva de acuerdo a las indicaciones del asesor.
- 5) Al finalizar la práctica, se realizará un reporte en el que se describirá el desarrollo de la misma. trabajo realizado.
- 6) Se debe contar, para esta práctica con calculadora (trabajo de gabinete), hules, impermeables y una franela (trabajo de campo).

4.2 CALCULO Y TRAZO DE CURVAS CIRCULARES SIMPLES.

En la localización de vías de comunicación, como son carreteras, vías férreas, líneas de metro, etc., las curvas horizontales que se emplean en los cambios de dirección son aproximadamente arcos de círculo. Las líneas rectas que unen estas curvas circulares son tangentes a ellas por lo que se les denomina tangentes.

La cuerda es aquella que se emplea según la curva a trazar. Lo más común es que se tome $C=20$ metros, si el G no pasa de 10 grados; ya que para ese valor el radio se excede de 100 metros y el arco es sensiblemente igual a la cuerda. Para curvas con G entre 10 y 20 grados se usan cuerdas de 10 metros, y para G entre 20 y 40 grados se usan de 5 metros.

El radio queda al criterio del proyectista quién deberá tratar que sea lo mayor posible para no tener curvas forzadas, pero adaptándose lo mejor que se pueda a la configuración del terreno para no producir terracerías costosas.

En caminos los factores que limitan el radio a un mínimo adecuado según el caso son: la velocidad, visibilidad, peso del vehículo, etc. Ordinariamente se prefiere que los radios tomen valores mayores de 100 metros.

En ferrocarriles donde la fricción de las ruedas aumenta con la curvatura afectando la fuerza de tracción, lo mínimo que ordinariamente se acepta es $R=200$ metros que corresponde aproximadamente a $G=6^\circ$.

En canales los radios dependen de muchos factores (velocidad, pendiente, tirante, ancho del canal, etc.) y no hay limitaciones generales. Puede considerarse que como mínimo el valor de R deberá ser seis veces el ancho del canal.

Escogido el radio que convenga se calcula a que grado corresponde y después se adopta como definitivo el G cerrado más cercano, y que sea un número par, para facilitar el trazo según se verá después. El radio variará con esto, y debe procurarse que sea en aumento, pero no tiene importancia que sea una cantidad fraccionaria, pues sólo sirve para realizar los cálculos. En el terreno a trazar no se usa el radio.

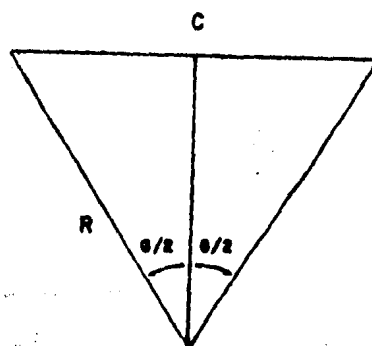


FIGURA NO. 17

Teniendo los datos necesarios, los demás elementos de la curva se calculan así:

$$\frac{\frac{C}{2}}{R} = \text{sen } \frac{G}{2} \rightarrow R = \frac{C}{2 \cdot \text{sen } \frac{G}{2}}$$

$$R = \frac{\frac{C}{2}}{\text{sen } \frac{\Delta}{2}} \quad \text{y para } C=20\text{m}, \quad R = \frac{10}{\text{sen } \frac{\Delta}{2}}$$

En el triángulo rectángulo (O-PC-PI)

$$\frac{ST}{R} = \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \rightarrow \quad ST = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Al hacer la división $\frac{\Delta}{G}$ queda un residuo que es el valor del subgrado G' (figura No. 18).

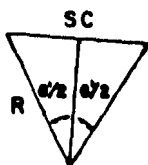


FIGURA NO. 18

El número de cuerdas = $\frac{\Delta}{G} + \text{residuo}$; residuo = G'

$$SC = 2R \text{ sen } \left(\frac{G'}{2}\right)$$

$$LC = \frac{\Delta}{G} \times 20 \text{ m}; \text{ para } R > 100\text{m}$$

LC = número de cuerdas enteras + SC

Cuando $R < 100\text{m}$, puede multiplicarse por el arco de la cuerda de 20 metros para tener un valor más aproximado de la longitud.

$$LC = \frac{\Delta}{G} \times \text{arco}$$

$$\frac{R+E}{R} = \text{sen } \left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$R+E = R \text{ sec } \left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$E = R \text{ sec } \left(\frac{\Delta}{2}\right) - R$$

$$E = R [\text{sec } \left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1]$$

$$CP = 2 \left(R \text{ sen } \frac{\Delta}{2}\right)$$

$$M = R - R \cos \left(\frac{\Delta}{2}\right) = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right)$$

$$M = k \text{ sen ver } \frac{\Delta}{2}$$

El cadenamiento del PI es dato y se conoce graficamente midiendo en el proyecto o en el terreno cuando se tiene trazada la línea definitiva.

-Cadenamiento (PC)=Cad. (PI-ST)

-Cadenamiento (PT)=Cad. (PC+LC)

4.2.3. CALCULO DE UNA CURVA SIMPLE.

Ejemplo.

DATOS.

$\Delta = 60^\circ 30'$

$G = 6^\circ$

Km PI = 2+226

$C = 20 \text{ m.}$

$$\text{sen} \frac{G}{2} = \frac{C}{2R}$$

$$2R = \frac{C}{\text{sen} \frac{G}{2}}$$

$$2R = \frac{20}{\text{sen} \frac{6^\circ}{2}}$$

$$R = \frac{382.146}{2} = 191.073 \text{ m}$$

$$ST = \tan \frac{\Delta}{2} \times R$$

$$ST = \frac{\tan 60^\circ 30'}{2} \times 191.073$$

$$ST = 111.431$$

$$LC = \frac{\Delta}{G} \times C$$

$$LC = \frac{60^\circ 30'}{6^\circ} \times 20$$

$$LC = 10.083 \times 20 = 201.667 \text{ m}$$

CADENAMIENTOS.

$$\begin{array}{r} 120 \\ - 114.57 \\ \hline 5.43 \end{array}$$

$$\frac{G}{2} = \text{sen} \frac{5.43}{382.146} \Rightarrow \frac{G}{2} = 0^\circ 48' 50''.96$$

PC=PI-ST

PC=2+226-111.431
 PC=2+114.57

$$\frac{300}{-316.237} \\ \frac{16.237}{16.237}$$

$$\frac{G}{2} = \frac{16.237}{382.15} ; \frac{G}{2} = 2^{\circ} 26' 6''.61$$

PT=PC+LC

PT=2+114.57+201.667

PT=2+316.237

Cadenamientos	Deflexiones
2+114.57	00° 00'
+120.00	00 49
+140.00	03 49
+160.00	06 49
+180.00	09 49
+200.00	12 49
+220.00	15 49
+240.00	18 49
+260.00	21 49
+280.00	24 49
+300.00	27 49
+316.24	30 15 = $\frac{\Delta}{2}$

4.2.4. METODO DE TRAZO DE LA CURVA EN EL CAMPO.

Una vez calculada en gabinete la tabla de deflexiones, se localiza en el campo el PI correspondiente; se visa la estación anterior, y en esa dirección se mide una distancia igual al ST; en este punto se pondrá una estaca con una tachuela correspondiente y se trasladará el aparato a este punto. Se centra perfectamente dicho aparato y se visa el PI. Se gira una deflexión igual al primer valor θ_1 ; en esta dirección se mueve el "balizero" hasta quedar en la dirección dada por el anteojo. Con una distancia igual a la primera subcuerva se coloca la primera estaca que corresponde a un PSC, se gira ahora el siguiente ángulo que corresponde a $\theta_1 + \theta_2$, el cadenero de atrás se pasa al punto colocado anteriormente. El "balizero", con una distancia igual a la cuerda unitaria, se mueve hasta quedar visado en la dirección del anteojo; clavando la siguiente estaca. En esta forma se prosigue hasta llegar al penúltimo punto de la curva. El último se medirá con el valor de la subcuerva de salida, este último punto corresponderá al PT. (Ver figura 19).

$$dy = dl \left(\frac{l^2}{2RcLc} - \frac{\left[\frac{l^2}{2RcLc} \right]^3}{3} \right); \quad dy = dl \frac{l^2}{2RcLc}$$

Integrando:

$$y = \frac{l^3}{6RcLc}$$

Ahora con el coseno:

$$dx = dl \left[1 - \frac{\left(\frac{l^2}{2RcLc} \right)^2}{2} \right]; \quad dx = dl \left[1 - \frac{dl \left(\frac{l^2}{2RcLc} \right)^2}{2} \right]$$

Integrando:

$$x = l - \frac{l^5}{40 R c^2 L c^2}$$

Longitud de la espiral. (Figura No. 21)

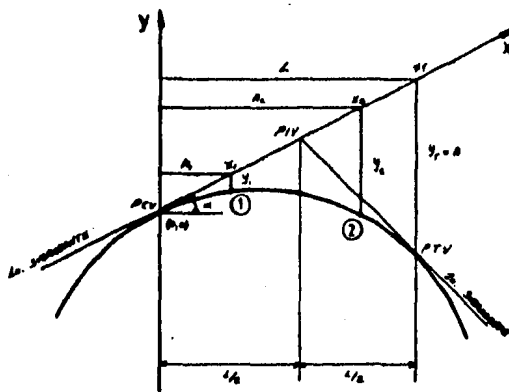


FIGURA NO. 21

$$l = nc$$

- l = longitud de la espiral
- n = número de tramos
- c = valor de la cuerda de la espiral
- ε = ángulo central de la espiral

$$\delta_1, \delta_{n-1} = \text{declinación por tramo}$$

- G = grado de la curva circular
- V = variación por arco

$$V/20 = \text{variación del ángulo correspondiente a un metro de cuerda.}$$

$$V/20(c) = \text{ángulo correspondiente a C metros de cuerda.}$$

Así ε será igual:

$$\epsilon = \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_{n-1}$$

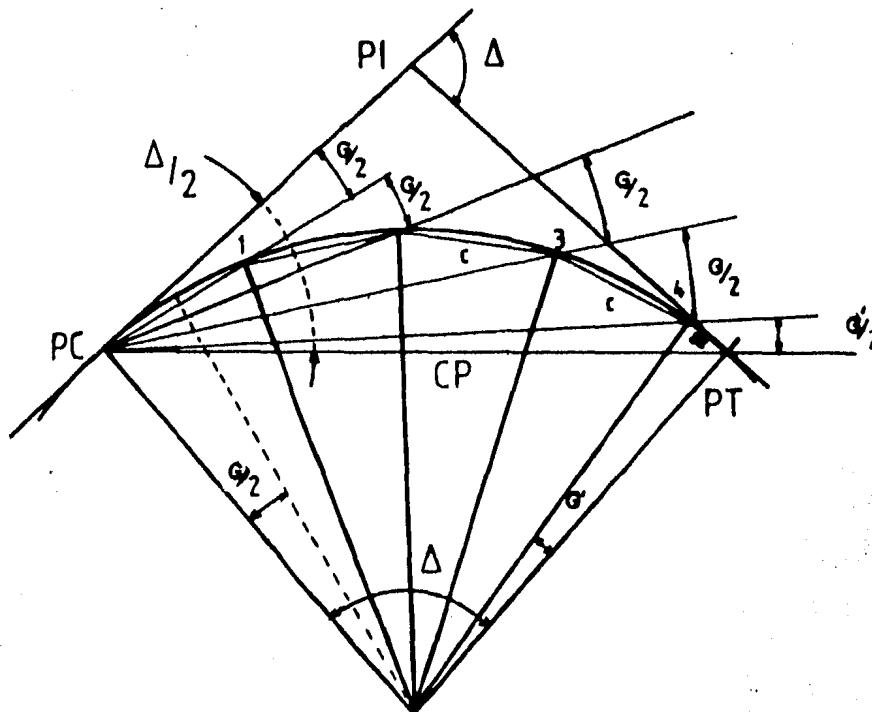


FIGURA NO. 19

4.3 CALCULO Y TRAZO DE CURVAS ESPIRALES.

4.3.1 Aspectos generales.

La transición de la tangente a la curva circular y de la curva circular a la tangente, en la línea terminada se efectúa gradualmente por medio de un segmento con la forma de una espiral. En el trabajo de ferrocarriles se usan espirales invariablemente.

Cuando un vehículo entra en una curva a cierta velocidad recibe la acción de la fuerza centrífuga que tratará de sacarlo de la carpeta asfáltica. Para contrarrestar esta fuerza, se le da a las curvas cierta inclinación por la parte exterior de la curva, llamada peralte.

Esta inclinación se aplica según el criterio de hacerla variar de cero en el principio de la curva, a su valor máximo en su punto medio. Para hacer este peralte menos notable, se traza entre la tangente y la curva circular, una curva que va cambiando paulatinamente de dirección; a esta curva se le llama curva de transición ó curva espiral; también se le llama curva clotoide. En este tipo de curva se siguen varios criterios para su solución, uno de ellos consiste en ir variando el radio en función de la variación del grado, de tal manera que el radio en el punto de principio de la espiral se considere como infinito y se va reduciendo hasta llegar al radio de la curva circular. Cuando la espiral es igual en la entrada y en la salida se dice que se trata de una espiral simétrica, y asimétrica cuando no son iguales.

4.3.2 Deducción de fórmulas.

Si se quisiera llevar a cabo el trazo de la curva espiral por medio de abscisas y ordenadas se tendrá que tener como datos el radio de la curva circular R , y la distancia entre el fin de la tangente y el principio de dicha curva. Una curva que satisfaga la condición de que

$$\varepsilon_1 = \frac{V}{20} C, \quad \varepsilon_2 = \frac{2V}{20} C, \dots, \quad \varepsilon_{n-1} = \frac{[\frac{G}{V} - 1]}{20} \times C$$

$$\varepsilon = \frac{V}{20} C + \frac{2V}{20} C + \dots + \frac{[\frac{G}{V} - 1] V}{20} C$$

$$\varepsilon = \frac{V}{20} C [1 + 2 + 3 + \dots + (\frac{G}{V} - 1)]$$

$$\varepsilon = \frac{V}{20} C \left[\frac{(1 + (\frac{G}{V} - 1)) (\frac{G}{V} - 1)}{2} \right]$$

$$\varepsilon = \frac{CG}{40} (\frac{G}{V} - 1) \dots \dots \dots (A)$$

Como $\frac{G}{V} - 1 = 'n'$; que es el número de términos y a su vez

$$n = \frac{l}{c}. \text{ Sustituyendo en (A) queda:}$$

$$\varepsilon = \frac{CG}{40} (\frac{l}{c}); \quad \varepsilon = \frac{G}{40} \times l$$

donde

$$\varepsilon = \theta_e$$

$$\text{despejando } l = \frac{40 \varepsilon}{G}$$

La longitud de la espiral depende del ángulo total de la espiral, y del grado de la curva circular.

Cálculo del STE en una espiral simétrica. (Figura 22).

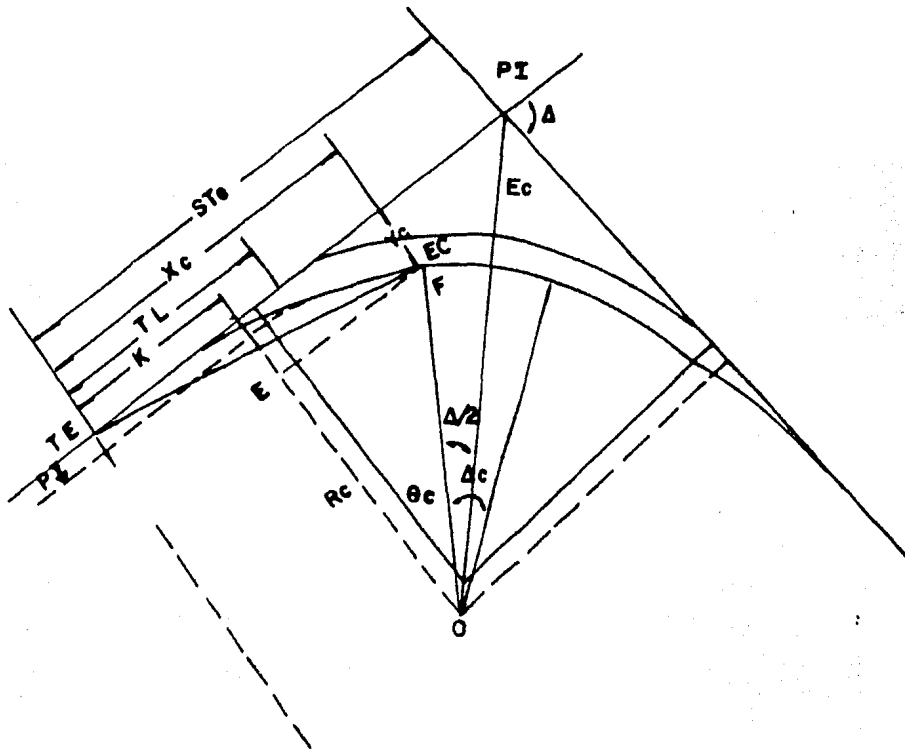


FIGURA NO. 22

$$STe = AB + BC = AC - BC + BD$$

Del triángulo OEF

$$\text{sen } \theta_e = \frac{EF}{Rc} ; EF = Rc \text{ sen } \theta_e$$

Del triángulo OBD

$$\text{Tan } \frac{\Delta}{2} = \frac{BO}{Rc + P} ; BD = (Rc + P) \text{Tan } \frac{\Delta}{2}$$

$$STe = x_c - Rc \text{ sen } \theta_e + (Rc + P) \text{Tan } \frac{\Delta}{2}$$

Del triángulo EFO

$$\text{cos } \theta_e = \frac{Rc - a}{Rc} ; Rc \text{ cos } \theta_e = Rc - a$$

$$Rc - Rc \text{ Cos } \theta_e = a ; Rc(1 - \text{Cos } \theta_e) = a$$

pero: $(1 - \text{cos } \alpha) = \text{sen ver } \alpha$

$$\therefore a = Rc \text{ sen ver } \theta_e$$

$$\therefore P = Y_c - R_c \operatorname{sen} \theta_e$$

$$k = X_c - R_c \operatorname{sen} \theta_e$$

Otras fórmulas que también se utilizan para el cálculo de la espiral son:

$$L_c = \frac{\Delta}{G} C$$

$$CL = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$X_c = 1e \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} \right)$$

θ en radianes

$$Y_c = 1e \left(\frac{\theta_e}{3} + \frac{\theta_e^3}{42} \right)$$

$$X_c = \frac{1e}{100} \left(100 - 0.00305 \theta_e^2 \right)$$

θ en grados

$$Y_c = \frac{1e}{100} \left(0.332 \theta_e - 0.0000126 \theta_e^3 \right)$$

$$\tan \phi = \frac{Y_c}{X_c}$$

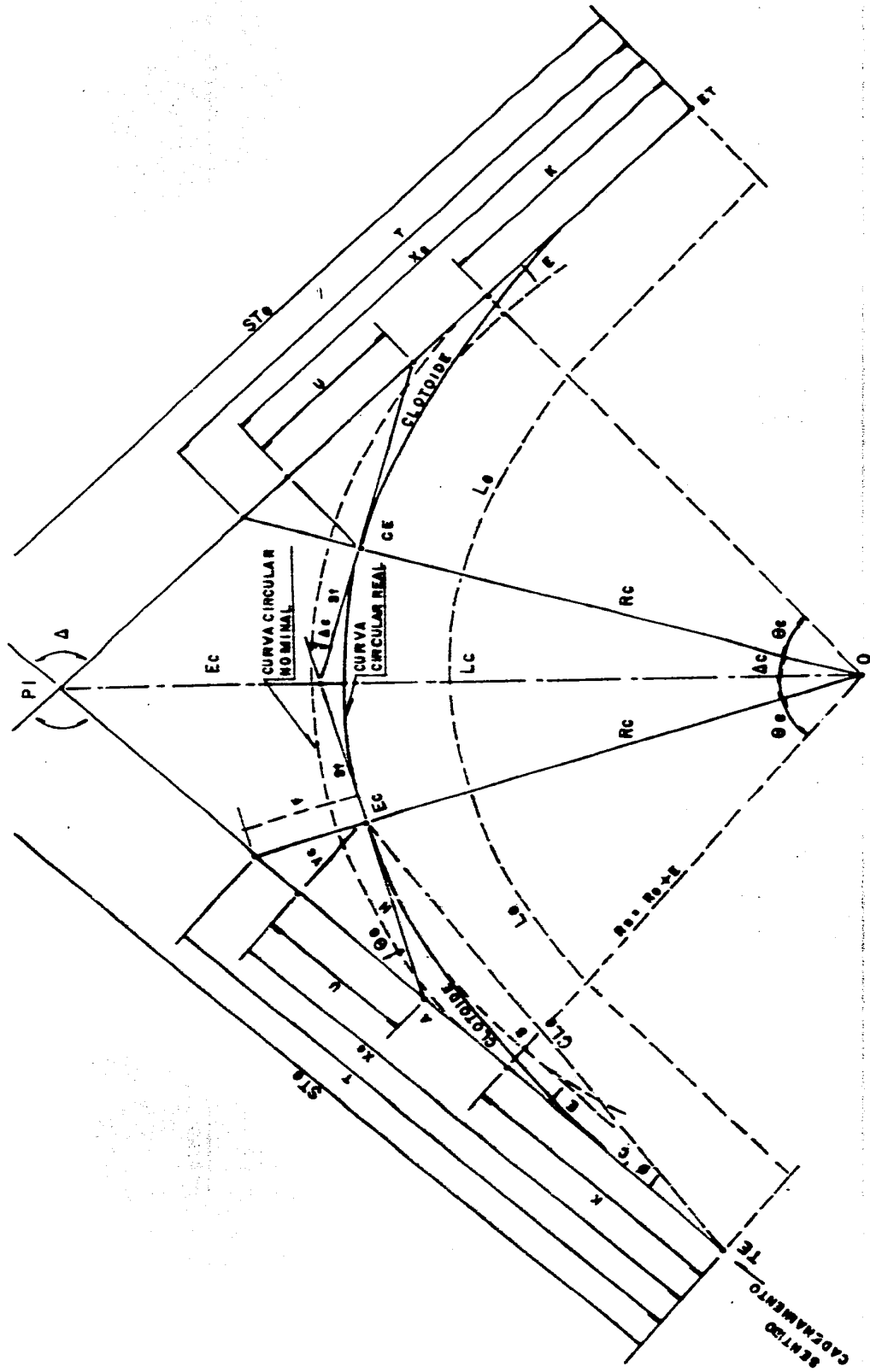
$$\theta_{\text{inicial}} = \left(\frac{1}{1e} \right)^2$$

4.3.3 Elementos principales de una curva circular con clotoides. Simbología. (Ver figura No. 23).

- PI = punto de intersección de las tangentes.
 Δ = deflexión
 TE = punto de paso de la tangente a la clotoide
 ET = punto de paso de la clotoide a la tangente
 EC = punto de paso de la clotoide a la curva circular
 CE = punto de paso de la curva circular a la clotoide
 θ_e = ángulo total de cada clotoide
 Δ_c = ángulo central de la curva circular real
 G_c = grado de la curva circular real
 R_n = Radio de la curva circular nominal
 R_c = Radio de la curva circular real
 STe = subtangente total (distancia del PI al TE)
 T = abscisa de la subnormal
 X_c = abscisa del punto EC
 Y_c = ordenada del punto EC
 K = abscisa del punto "B"
 E = ordenada del punto "B"
 U = distancia del punto "A" al X_c
 H = distancia del punto "A" al EC
 Cle = cuerda larga (distancia del TR al EC)
 ϕ'_c = deflexión al EC
 ϕ' = deflexión
 F = distancia normal a la curva circular real del EC a la subtangente total
 L_e = longitud de la clotoide
 L_c = Longitud de la curva circular real
 PSC = punto sobre curva
 PSE = punto sobre espiral
 Ec = Externa ó external
 St = subtangente de la curva circular real
 l_t = longitud total de las espirales y la curva circular

- En una curva espiral simétrica : $l_t = l_e + l_c + l_e$.

- En una curva espiral asimétrica: $l_t = l_{e_1} + l_c + l_{e_2}$.



ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA CURVA CIRCULAR CON CLOTOIDES.

FIG. No. 23

4.3.4 Cálculo de una curva espiral con todos sus componentes

$$PI=61+154.67$$

$$\Delta_T=23^\circ 44'$$

$$Gc=4^\circ 00'$$

$$Rc=286.48$$

$$le=32 \text{ m}$$

$$c=20 \text{ m}$$

$$\theta_e = \frac{l^2}{2Rc1c} ; \theta_e = \frac{(32)^2}{2(286.48)32} ; \theta_e = \frac{1024}{18334.72} = 0.0558503;$$

$$\theta_e = 3^\circ 12' = 3.2$$

$$Xc = 1 - \frac{l^5}{40Rc^21c^2} ; Xc = 32 - \frac{(32)^5}{40(286.48)^2(32)^2} = 31.990$$

$$Yc = \frac{l^3}{6Rc1c} ; Yc = \frac{(32)^3}{6(286.48)(32)} = 0.5957367$$

$$p = Yc - Rc(1 - \cos \alpha) ; p = 0.60 - 286.48(1 - \cos 3^\circ 12')$$

$$p = 0.14$$

$$TL = 21.26$$

$$Tc = 10.75$$

$$STe = Xc - Rc \text{ sen } \theta_e + (Rc + p) \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$STe = 31.99 - 286.46 \text{ sen } 3^\circ 12' + (286.48 + 0.15) \tan \frac{23^\circ 44'}{2}$$

$$STe = 31.99 - 15.991745 + 286.62905(0.2101255)$$

$$STe = 76.23$$

$$Km \ PI = 61+154.67$$

$$\theta_e = 3^\circ 12'$$

$$Gc = 4^\circ 00'$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_e$$

$$\Delta_c = 23^\circ 44' - 2(3^\circ 12')$$

$$\Delta_c = 17^\circ 20'$$

$$lc = \frac{\Delta_c}{G} \cdot c$$

$$lc = \frac{17^\circ 20'}{4^\circ 00'} \times 20 = 86.67$$

$$lt = le + lc + le$$

$$lt = 32 + 86.67 + 32$$

$$lt = 150.67$$

$$PTE = PI + STe$$

$$PTE = 61 + 154.67 - 76.23$$

$$TE = 61 + 78.44$$

$$k = Xc - Rc \text{ sen } \theta_e$$

$$k = 31.99 - 286.48 \text{ sen } 3^\circ 12'$$

$$k = 15.9982$$

$$k = 16$$

$$Xc = le \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} \right); \quad Yc = le \left(\frac{\theta_e}{3} + \frac{\theta_e^3}{42} \right)$$

$$Tg \phi = \frac{Yc}{Xc}; \quad \theta_n = \left(\frac{1}{le} \right)^2 \theta_e; \quad CL = \sqrt{(Xc)^2 + (Yc)^2}$$

Para $le = 32.00$ m dividida en 10 partes queda:

$$\theta_1 = \left(\frac{3.2}{32} \right)^2 (0.0558503) = 0.000558503$$

$$Xc = 3.2 \left(1 - \frac{(0.000558503)^2}{10} \right) = 3.2$$

$$Yc = 3.2 \left(\frac{0.000558503}{3} + \frac{(0.000558503)^3}{42} \right) = 0.000595736$$

$$tg \phi = \frac{0.000595736}{3.2}; \quad \phi = 0^\circ 00' 38".4$$

$$CL = \sqrt{(3.2)^2 + (0.0005957)^2} = 3.200001$$

Se siguen calculando cada uno de los valores para las correspondientes incógnitas quedándonos la siguiente tabla:

Tabla de Deflexiones.

No.	tramo	X	Y	∠	cuerda
1	3.2	3.2	0.00059	0° 00' 38"	3.2
2	6.4	6.3999	0.00476	0 02 34	6.4
3	9.6	9.5999	0.01608	0 05 46	9.6
4	12.8	12.7998	0.03813	0 10 14	12.8
5	16.0	15.9996	0.07447	0 16 00	16.0
6	19.2	19.1992	0.12868	0 23 02	19.2
7	22.4	22.3983	0.20435	0 31 22	22.4
8	25.6	25.5967	0.30504	0 40 58	25.6
9	28.8	28.7941	0.43436	0 51 51	28.8
10	32.0	31.9900	0.59587	1 04 02	32.0

Curva circular

EC=61+110.34	0° 00' 00"
120.00	0 57 58
140.00	2 57 58
160.00	4 57 58
180.00	6 57 58
CE=61+197.01	8 40 00

$$\frac{G}{2} = \text{ang. sen} \left(\frac{9.66}{2(286.48)} \right) = 00^{\circ} 57' 57''.75$$

$$\frac{G}{2} = \text{ang. sen} \left(\frac{20}{2(286.48)} \right) = 02^{\circ} 00' 01''.43$$

$$\frac{G}{2} = \text{ang. sen} \left(\frac{17.01}{2(286.48)} \right) = 01^{\circ} 42' 04''.47$$

4.3.5 Procedimiento de trazo.

Existen dos procedimientos para efectuar el trazo de una clotoide:

a) Por deflexiones.

Datos necesarios: ángulos y distancias.

Centrado el aparato en TE y visando el PI medidos para cada una de las cuerdas la deflexión y la distancia correspondiente, hasta llegar a la última deflexión (EC).

b) Por coordenadas.

Datos necesarios: coordenadas X y Y.

- 1o. Conocidas las tangentes TE-PI y ET-PI, ubicamos cada una de las abscisas X.
- 2o. Centrando el aparato en cada uno de estos puntos y levantando una normal a las tangentes, medimos la ordenada Y.
- 3o. Uniendo estos puntos, obtenemos cada una de las cuerdas de la clotoide.

Este procedimiento se recomienda para el caso que se trabaje sobre un eje auxiliar o cuando se encuentra un obstáculo que impida el trazo por deflexiones.

El trazo de la curva circular se realiza a partir de los puntos EC y CE y de la manera tradicional por el método ya descrito.

4.3.6 Método de trazo.

Considerando que la liga de dos tangentes consecutivas se debe realizar utilizando una curva compuesta, constituida por una curva circular y dos clotoides, el procedimiento a seguir en campo para el trazo de curvas es el siguiente:

- 1o. Deberán ser recabados de los planos de proyecto de trazo, los siguientes datos:

Ejemplo:

$B_c = 3^\circ 12'$
 $l_e = 32.0 \text{ m}$
 $X_c = 31.99$
 $Y_c = 0.60$

Datos de la clotoide.

$PI = 61+154.67$
 $\Delta_T = 23^\circ 44'$
 $\Delta_c = 17^\circ 20'$
 $G_c = 4^\circ 00'$
 $ST_e = 76.23$
 $l_c = 86.67$

Con su tabla respectiva mostrada anteriormente; la cual contiene los siguientes datos:

L	X	Y
---	---	---

Donde las abscisas y las ordenadas son las coordenadas de los puntos sobre las clotoides. Para el trazo por deflexiones, los ángulos se calcularán trigonométricamente con los valores de las coordenadas.

- 2o. En el campo se localiza el PI midiendo una distancia igual al ST_e en la dirección del cadenamiento encontrándose con el punto TE. Se coloca en este punto una estaca con tachuela, se visa el PI y según convenga se traza la curva, por ángulo y distancia ó por abscisa y ordenada se procede de la siguiente manera.
- 3o. Si se traza por ángulo y distancia, se colocará el teodolito en TE y visando PI, se mide a partir de esta dirección un ángulo igual al primer valor de la deflexión, con el valor de la cuerda C, igual que como se hizo en la curva circular. Se sitúa el primer punto sobre la espiral (PSE), se gira ahora un ángulo igual a la segunda deflexión y con un valor de la segunda cuerda se sitúa el siguiente PSE, en esta forma se prosigue hasta llegar al principio de la curva circular (EC).

40. Para trazar la curva circular se traslada el aparato a este último punto, y a partir de éste se empieza a trazar la curva como se indicó anteriormente.
50. Si la curva se va a trazar por abscisa y ordenada, se partirá también de TE y se miden los valores de X sobre la dirección de la STe. Tomando para cada valor de X su respectivo valor perpendicular de Y, con lo que se irán situando los puntos de la espiral hasta llegar al punto EC. (Figura No. 24)

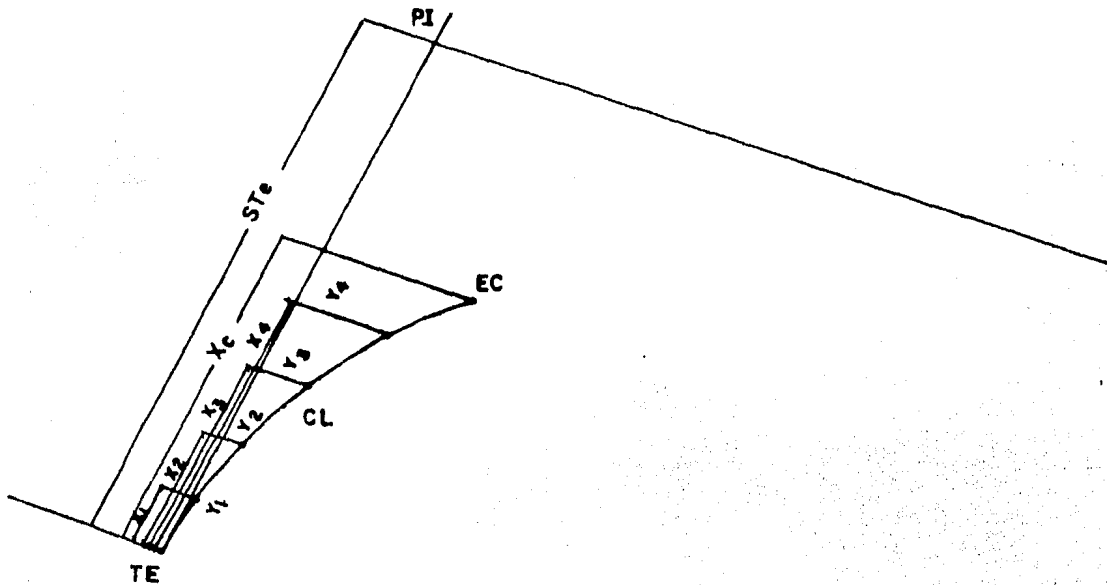


FIGURA NO. 24

4.4 CURVAS VERTICALES PARABOLICAS.

4.4.1 Aspectos generales.

El alineamiento vertical de un camino lo establecen los ingenieros del proyecto en forma de pendiente, lo cual significa un ascenso o descenso en metros por estación. Para lograr un cambio de pendiente se usan curvas parabólicas porque dichas curvas pueden calcularse en forma adecuada. Los resultados de los cálculos de las curvas verticales se dan como cotas.

4.4.2 Definición.

Una curva vertical es aquella que nos sirve para unir dos subrasantes de diferente pendiente.

4.4.3 Deducción de las fórmulas.

Estas curvas se emplean para unir líneas de diferente pendiente. Son parábolas de eje vertical, dado la suavidad que se obtiene en su transición. (Figura No. 25).

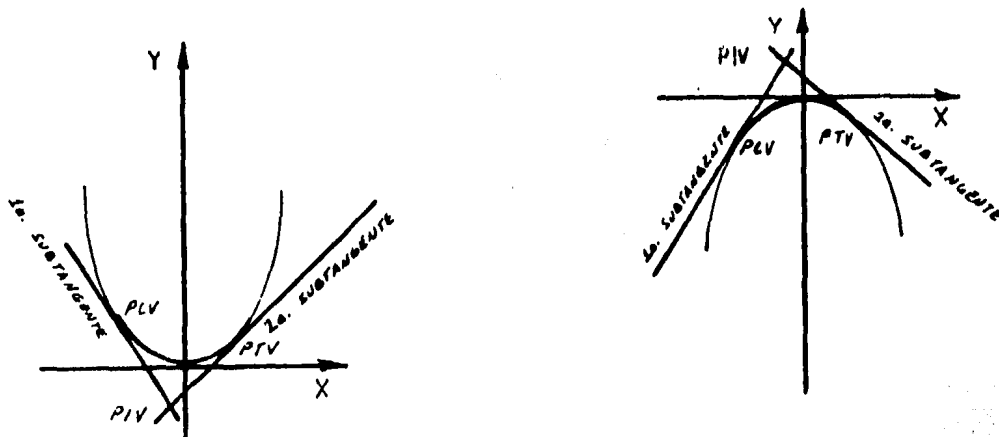


FIGURA NO. 25

Se usa para esta curva la terminología acostumbrada.

PCV= punto (principio) curva vertical.

PIV= punto de inflexión vertical

PTV= punto de tangencia vertical (final de curva vertical).

Propiedades de la parábola que se utilizan para calcular las curvas verticales.

1o. La ecuación de la parábola con vértice en el origen y directriz paralela al eje de las X es:

$$Y = kx^2$$

2o. La ecuación de la curva referida a ejes que tengan la propiedad de ser, uno tangente a la curva en un punto cualquiera, y otro paralelo al otro eje de la parábola en el punto de tangencia, es de la misma forma que en ejes rectangulares, y lo único que cambia es la constante.

3o. La variación de la pendiente de la curva es constante, para variaciones constantes de x.

Ecuación: $y = kx^2$; pendiente = $p = \frac{dy}{dx}$

así: $p = 2kx$

Si X varía, por ejemplo de 2 en 2:

x: 2 4 6 8

P: 4k 8k 12k 16k

40. La pendiente de la cuerda trazada entre dos puntos de la curva es igual al promedio de las pendientes de las tangentes a la curva en esos dos puntos. (Figura No. 26).

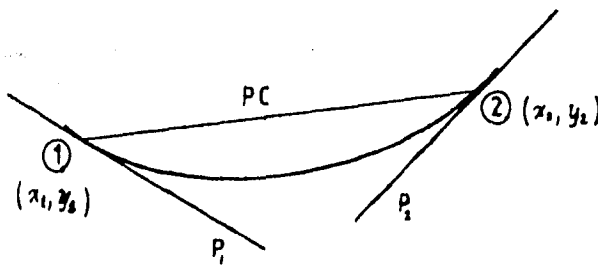


FIGURA NO. 26

En función de las coordenadas (1) y (2), la pendiente de la cuerda será:

$$P_c = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{k(x_2^2 - x_1^2)}{x_2 - x_1} = \frac{k(x_1 + x_2)(x_2 - x_1)}{x_2 - x_1}$$

$$P_c = k(x_1 + x_2)$$

El promedio de las pendientes de las tangentes:

$$P_1 = 2kx_1 \qquad \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{2kx_1 + 2kx_2}{2}$$

$$P_2 = 2kx_2$$

$$\frac{P_1 + P_2}{2} = k(x_1 + x_2)$$

y esta expresión es igual a la de (Pc).

50. El punto donde se cortan dos tangentes a la curva, equidista horizontalmente de dos puntos de tangencia. (Figura No. 27).

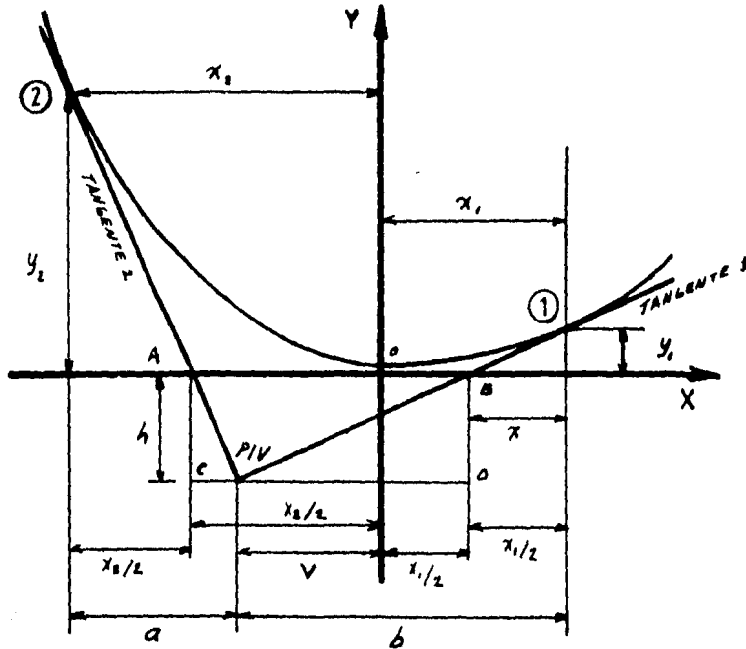


FIGURA NO. 27

$$y = kx^2$$

$$P = 2kx$$

$$P = \frac{y_1}{z} \quad ; \quad z = \frac{y_1}{P_1} = \frac{kx_1^2}{2kx_1} \quad ; \quad z = \frac{x_1}{2}$$

En el $\Delta PIV.D.B$: $P_1 = \frac{h}{\frac{x_1}{2} + v} = 2kx_1$; $h = 2kx_1(\frac{x_1}{2} + v)$

Igualando los valores de (h):

En el $\Delta PIV.C.A$: $P_2 = \frac{h}{\frac{x_2}{2} - v} = 2kx_2$; $h = 2kx_2(\frac{x_2}{2} - v)$

$$2kx_1(\frac{x_1}{2} + v) = 2kx_2(\frac{x_2}{2} - v)$$

$$\frac{x_1^2}{2} + vx_1 = \frac{x_2^2}{2} - vx_2$$

$$v(x_1 + x_2) = \frac{x_2^2}{2} - \frac{x_1^2}{2}$$

$$2v(x_1 + x_2) = (x_2^2 - x_1^2)$$

por lo tanto $2V = (x_2 - x_1)$

$$V + V = x_2 - x_1$$

$$x_1 + V = x_2 - V; \text{ o sea } a = b$$

Para el cálculo práctico de una curva y con el objeto de que todas las abscisas y ordenadas resulten del mismo signo en todos los puntos de la curva, conviene tomar como ejes:

eje X: tangente a la curva en el PCV, (subrasante).

eje Y: vertical en el punto de tangencia, (eje paralelo al eje Y)

Ecuación: $y = kx^2$. (Figura No. 28)

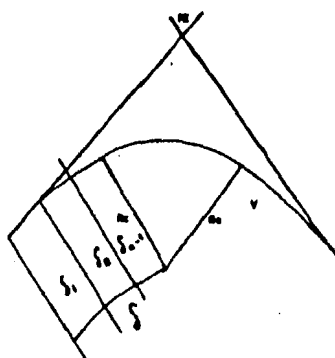


FIGURA NO. 28

Para determinar en cada caso el valor numérico de k, se toma un punto de coordenadas conocidas y se despeja k de la ecuación.

Puntos de coordenadas conocidas que se puede tomar: PCV (0,0)

PTV (x_T, y_T)

Tomando el PTV: $k = \frac{y_T}{x_T^2}$

asi la ecuación de la curva quedaria: $y = \left(\frac{y_T}{x_T^2}\right)x^2$

Además como para cada caso la inclinación del eje x será diferente, mejor se toman las proyecciones horizontales de las abscisas. Asi se trabaja con distancias horizontales a partir del PCV y las ordenadas siguen siendo verticales.

Multiplicando y dividiendo el segundo término de la ecuación por $\text{Cos}^2\alpha$.

$$Y = \frac{y_T}{x_T^2 \cos^2 \alpha} x^2 \cos^2 \alpha = \frac{y_T}{(x_T \cos \alpha)^2} (x \cos \alpha)^2$$

Para distinguirlas se denominan a las coordenadas del PTV: $x_T \cos \alpha = L$

$$y_T = D$$

Y a la proyección horizontal de las x: $x \cos \alpha = n$

quedando finalmente: $y = \frac{D}{L^2} n^2$

donde:

D = ordenada del punto final de tangencia (PTV)

L = longitud total horizontal de la curva

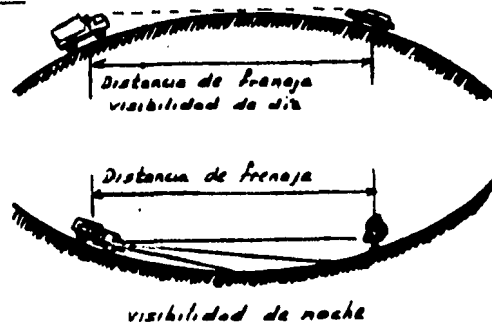
n = distancia horizontal del PCV a un punto cualquiera

y = ordenada vertical de un punto cualquiera a partir del eje de las x.

En la ecuación anterior, (D) se obtiene conociendo L y las pendientes. A su vez L queda determinada:

- a) Mediante especificaciones que están en función de la pendiente de las tangentes, visibilidad, distancias de frenaje.
- b) Por la variación de pendiente permisible por tramo de 20 metros. (Variación de pendiente por estación). (Figura No. 29)

CURVA EN LIMA



CURVA EN COLUMPIO

FIGURA NO. 29

V = variación total de pendiente = diferencia algebraica de pendiente
 $v = p_1 - p_2$ i $v =$ variación por estación (%/ estación).

$$\therefore L = \frac{V}{v} \left(\frac{\%}{\%} \right) = L \text{ estaciones.}$$

En el perfil del terreno, se proyectan las subrasantes con las pendientes convenientes y se determina la cota del punto de intersección (PIV). Con estos datos, y las especificaciones de la longitud, se tienen los elementos de partida para calcular la curva y

determinar finalmente las cotas de los puntos que la definen y que servirán para su construcción. (Figura No. 30).

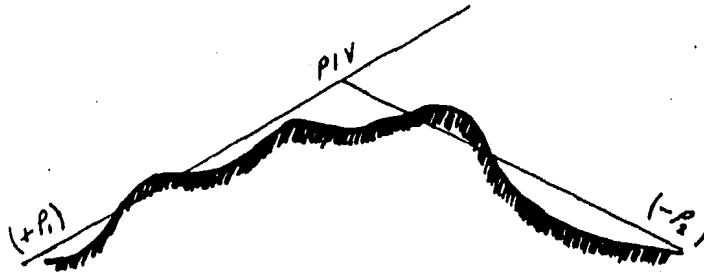


FIGURA NO. 30

4.4.4 Cálculo de una curva.

Ejemplo:

Antes de proceder al cálculo de la curva se deben tomar en cuenta las siguientes observaciones:

-Cuando el PIV se encuentra en una estación, el número de estaciones debe ser par, si el número de estaciones resulta fraccionario, se toma el par inmediato superior.

-Cuando el PIV se encuentra en medio de dos estaciones, el número de estaciones debe ser impar, si el número de estaciones resulta fraccionario, se toma el impar inmediato superior.

Cálculo:

1a. subrasante: +3%

2a. subrasante: -2%

Cota PIV: 100.00
(Ver figura No. 31).

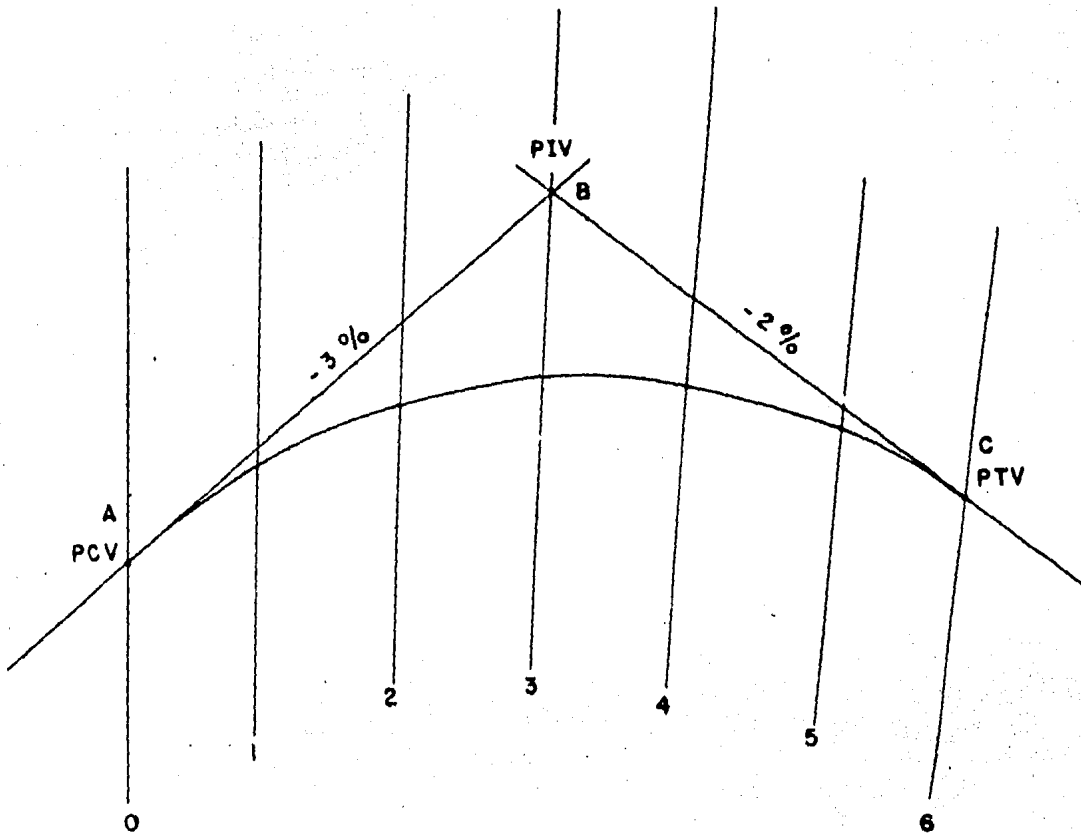


FIGURA NO. 31

$$v = \frac{1\%}{\text{estación}}$$

$$V = (3\%) - (-2\%)$$

$$V = 5\%; v = \frac{1\%}{\text{estación}}$$

$$L = \frac{5}{1} = 5 \text{ estaciones}$$

Por la primera observación tenemos:
 $L = 6$ estaciones.

$$\frac{100}{3} = \frac{20}{x}$$

$$x = \frac{60}{100} = 0.60\text{cm}$$

$$\frac{100}{-2} = \frac{20}{x}$$

$$x = \frac{-40}{100} = 0.40\text{cm}$$

x punto	x ²	Cotas sobre AC	Cotas sobre BD	k	kx ²
0	0	100.00		0.0833	0
1	1	100.60		0.0833	0.0833
2	4	101.20		0.0833	0.3332
3	9	101.80	101.80	0.0833	0.7497
4	16	102.40	101.40	0.0833	1.3333
5	25	103.00	101.00	0.0833	2.0833
6	36	103.60	100.00	0.0833	2.9999

$$k = \frac{\text{cota C} - \text{cota D}}{x^2} = \frac{103.60 - 100.60}{36} = \frac{3}{36} = 0.083$$

x	Cotas curva	Cotas terreno	Corte o terraplén
0	100.00	99.76	+0.24
1	100.52	100.30	+0.22
2	100.87	101.00	-0.13
3	101.05	101.50	-0.45
4	101.07	101.10	-0.03
5	100.92	100.70	+0.22
6	100.60	100.50	+0.10

Se prefiere tener un número par de cuerdas de tal manera que si el valor obtenido es noni; se toma el inmediato superior.

Se puede calcular la curva en función de la variación por cuerda. A la cota inicial se le aumenta el valor de la variación por una cuerda de 20 metros, y por la pendiente correspondiente; a este valor se le resta el valor de la constante k multiplicada por la abscisa correspondiente elevada al cuadrado, esto nos dará la primera cota sobre la curva del siguiente punto; a este valor se le vuelve a agregar la variación por 20 metros y se le resta (k x 3) en esta forma se prosigue hasta determinar las cotas de la curva parabólica; de antemano deberá de haberse calculado la cota de la curva donde termina, a efecto de comprobar si el valor obtenido por las sumas y diferencias corresponde al valor calculado anteriormente.

Para encontrar la longitud ideal de una curva vertical deberá de tomarse en cuenta el criterio de seguridad que depende del tipo de vehículo que va a transitar en la carretera que se está proyectando. Debe tenerse en cuenta la comodidad y apariencia de acuerdo a ciertos criterios ya establecidos, para los cuales existen manuales de proyecto geométrico en carreteras o ferrocarriles.

A S T R O N O M I A .

Capítulo V

- 5.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.
- 5.2 DETERMINACION DE LA LONGITUD MEDIANTE ALTURAS ABSOLUTAS Y ALTURAS IGUALES DEL SOL.
- 5.3 DETERMINACION DE LA LATITUD MEDIANTE DISTANCIAS ZENITALES CIRCUMMERIDIANAS DEL SOL.
- 5.4 DETERMINACION DEL ACIMUT MEDIANTE ALTURAS ABSOLUTAS DEL SOL.
- 5.5 OBSERVACION DE LA POLAR PARA LA DETERMINACION DE LA LATITUD Y ACIMUT.
- 5.6 CALCULO DE PARES DE ESTRELLAS.

5.1 ORGANIZACION Y PLANEACION

El objetivo de la práctica es afianzar los conocimientos astronómicos adquiridos por el alumno y que aplicará en su futuro ejercicio profesional.

El coordinador de prácticas elegirá el lugar apropiado para la realización de esta práctica.

Se deberá de organizar anticipadamente el equipo necesario.

Es importante contar con la presencia de un asesor que auxilie a los alumnos en cada uno de los temas correspondientes a astronomía.

Los puntos que se deben tomar en cuenta para una correcta planeación en el desarrollo de la práctica se presentan a continuación:

- 1.- Ordenar el equipo necesario para la práctica.
- 2.- Definir la zona de trabajo para las brigadas.
- 3.- Planear el trabajo de manera tal que se tenga tiempo entre observación y observación para poder tomar alimentos. Si no fuera posible se puede organizar a las brigadas para que la mitad quede observando y la otra mitad vaya a alimentarse, de tal manera que la mitad del grupo salga y la otra se quede.
- 4.- Llevar a cabo los cálculos correspondientes después de cada método de observación.
- 5.- Observar de acuerdo a las restricciones y condiciones establecidas en la teoría respectiva.
- 6.- Planear de acuerdo a los días necesarios para la realización de esta práctica las actividades correspondientes a cada uno de ellos, tratando de cubrir en lo posible lo establecido en el programa de actividades de acuerdo a nuestras posibilidades.
- 7.- Realizar un reporte por brigada en el cual se incluirá todo el desarrollo de la práctica así como los cálculos respectivos.

Se recomienda observar los siguientes aspectos para prever contingencias.

- Hacer una lista del equipo necesario para la práctica revisando que este completo.
- Tener cuidado de que el equipo vaya en lugar seguro a la hora del traslado, ya que por tratarse de equipo muy delicado se puede averiar.
- Para el cálculo respectivo es importante llevar calculadoras.

5.2 DETERMINACION DE LA LONGITUD MEDIANTE ALTURAS IGUALES Y ALTURAS ABSOLUTAS DEL SOL.

Generalidades.

En el concepto astronómico, la tierra tiene la forma de una esfera cuyo radio mide aproximadamente 6,378 kilómetros. Desde su superficie podemos contemplar la distribución de innumerables estrellas, estas se ven como si estuvieran fijadas sobre una bóveda transparente cuyo radio es infinito; a esta esfera imaginaria se le llama esfera celeste.

Las líneas, planos y círculos que conforman la esfera celeste son los siguientes:

-Línea de la vertical.-Señalada cuando suspendemos una plomada. Al prolongar esta línea hasta la bóveda celeste nos marca los puntos llamados "zenit", hacia arriba del observador y "nadir" hacia abajo de este.

-Línea del eje polar.-Esta línea materializa los polos Norte y Sur (P y P') al intersectarse con la superficie de la tierra. (Ver figura No. 32).

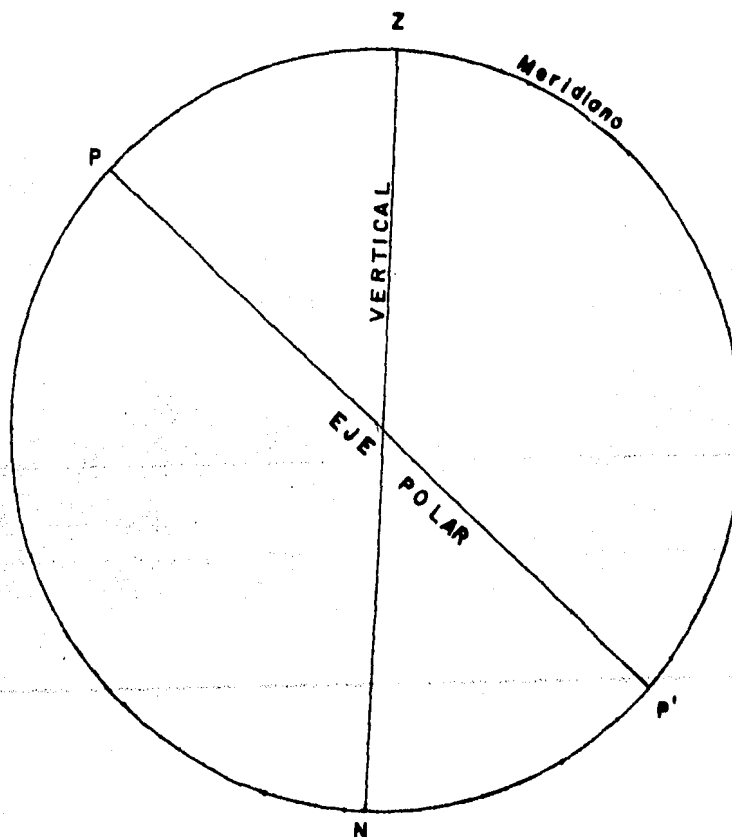


FIGURA NO. 32

-Línea meridiana.-Se forma con la intersección de los planos del meridiano y del horizonte.

-Plano vertical.-Es un círculo máximo que contiene una línea vertical

-Círculo máximo.-Sobre la superficie esférica de la tierra, la distancia más corta entre dos puntos, es el arco a lo largo de la superficie que se encuentra justamente sobre la línea recta. Este arco está formado por la intersección de la superficie esférica con el plano que pasa a través de los dos puntos y el centro de la tierra. El círculo establecido por la intersección de este plano con la superficie esférica, si se prolonga, divide a la tierra en dos hemisferios, y se llama círculo máximo.

-Plano del meridiano.-Es un plano vertical que contiene a la línea de los polos. Por cada lugar de la tierra solo pasa un plano meridiano.

-Plano del horizonte.-Es el círculo máximo que divide a la esfera celeste en dos partes iguales y es perpendicular a la vertical del lugar. (Ver figura No. 33).

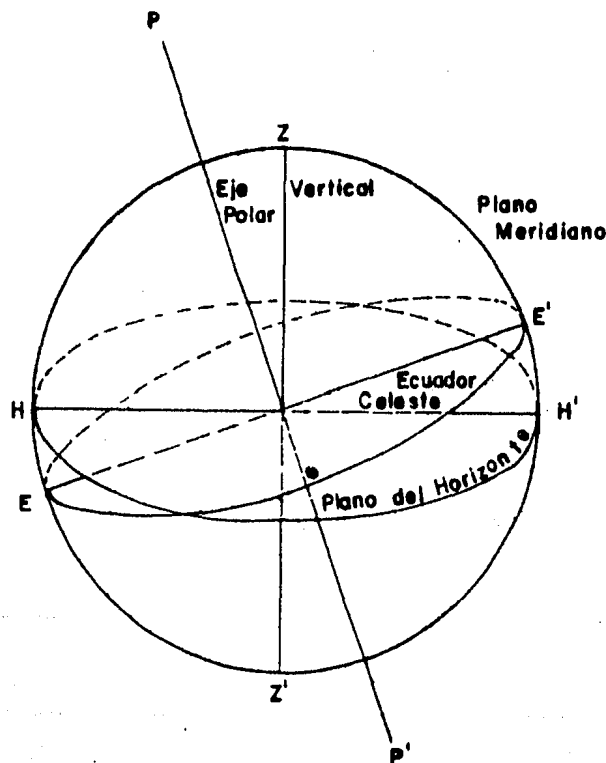


FIGURA NO. 33

-Primer vertical.-Es un plano vertical que forma un ángulo de 90° con el plano del meridiano.

-Plano del Ecuador.-Es un círculo máximo, divide a la esfera celeste en dos partes iguales y es perpendicular al eje del mundo. (Figura No. 34)

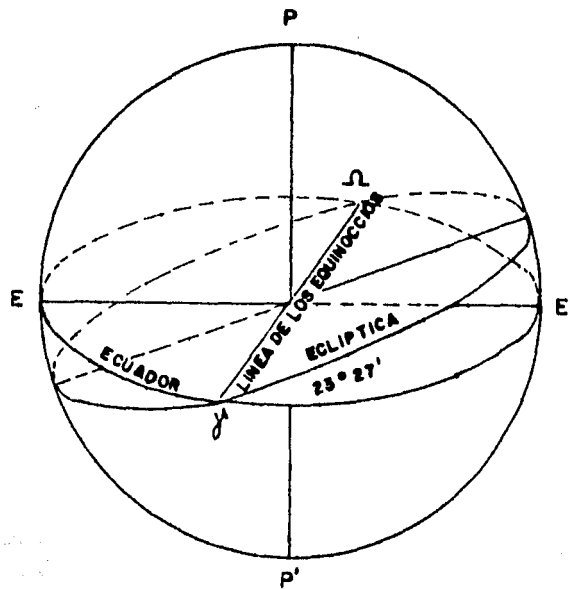


FIGURA NO. 34

-Plano de la ecliptica.-Es el que contiene a la orbita de la tierra en su movimiento anual alrededor del sol.

-Círculos horarios.-Son círculos máximos de la esfera celeste que pasan por el polo y contienen al eje del mundo. (Ver figura No. 35)

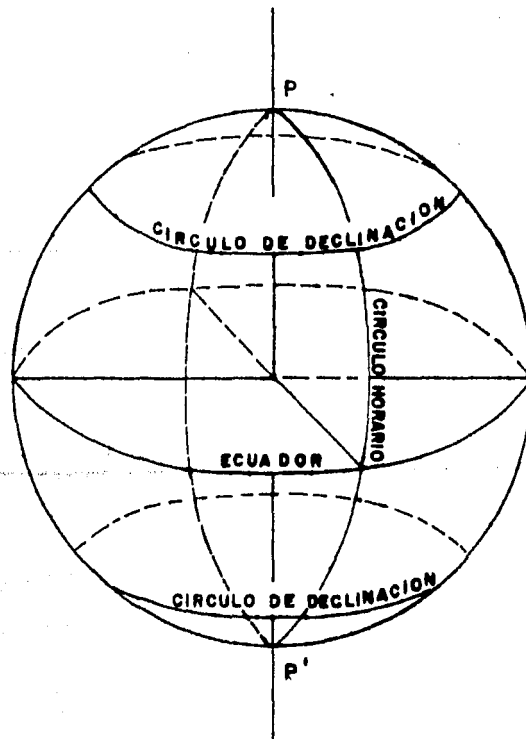


FIGURA NO. 35

-Círculos menores o de declinación.-Son los planos en que se hallan contenidas las trayectorias aparentes de las estrellas y son paralelos al Ecuador.

-La meridiana.-Línea en que se cortan los planos del meridiano y del horizonte. (Ver figura No. 36).

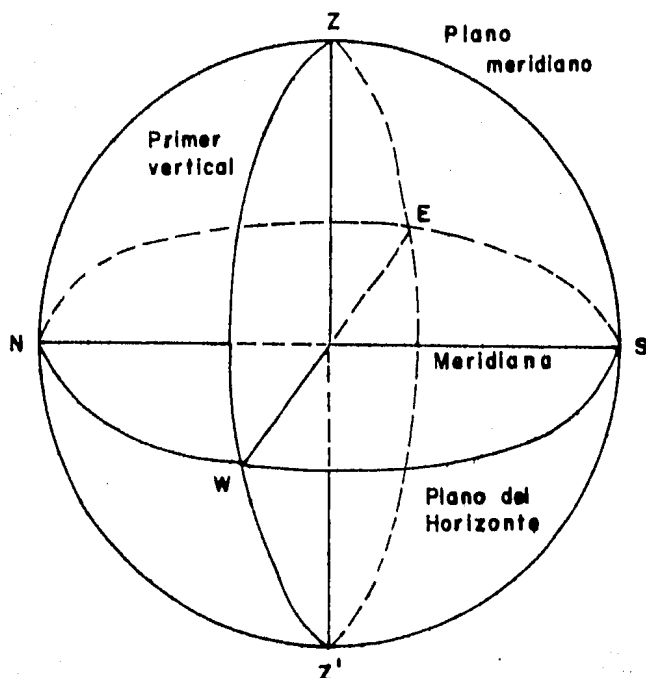


FIGURA NO. 36

-Línea de los equinoccios.-Línea de intersección de los planos del Ecuador y la eclíptica. Uno de sus extremos es el punto vernal, punto o equinoccio de primavera.

Coordenadas.

Para fijar la posición de un astro se deben determinar las coordenadas horizontales, ecuatoriales, etc., y la de un punto sobre la superficie de la tierra, por medio de las coordenadas geográficas.

-Coordenadas horizontales.-Coordenadas con relación al horizonte los elementos que la componen son altura y azimut. (Ver figura No. 37).

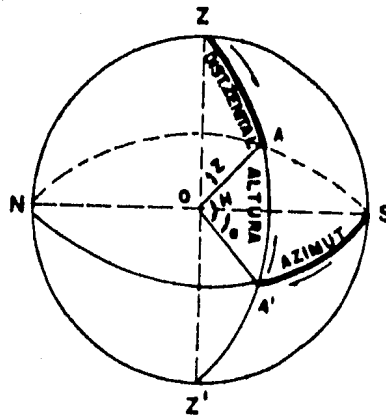


FIGURA NO. 37

-Coordenadas ecuatoriales.-Existen dos tipos:

- a) Con relación a declinación y ángulo horario.
- b) Con relación a declinación y ascensión recta. (Ver figuras No. 38 y 39).

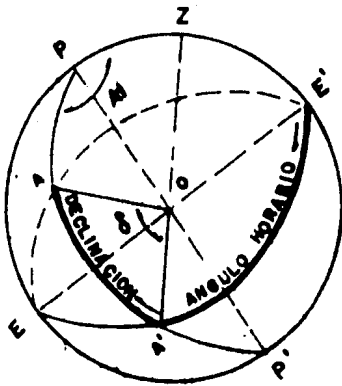


FIGURA NO. 38

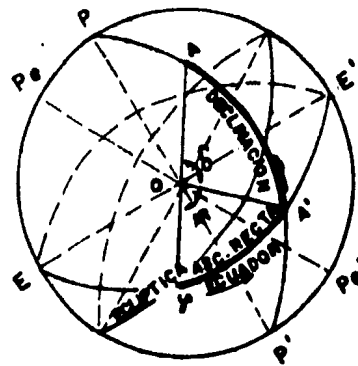


FIGURA NO. 39

-Coordenadas geográficas.-Son coordenadas relacionadas a la longitud y latitud. (Ver figuras No. 40 y 41).

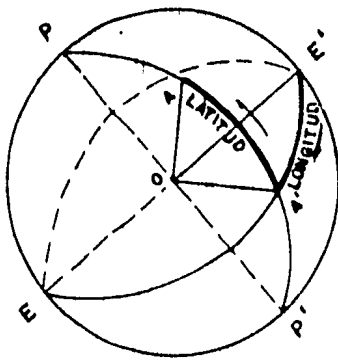


FIGURA NO. 40

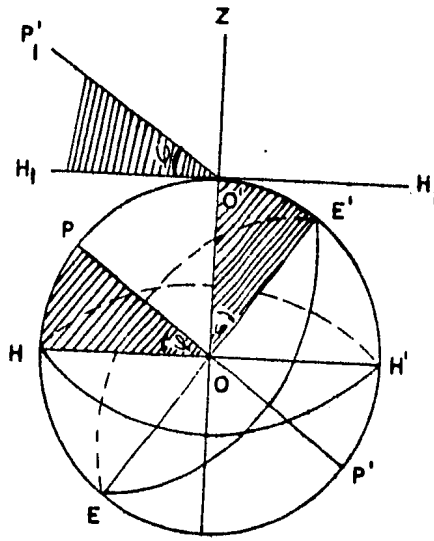


FIGURA NO. 41

Para la medida del tiempo, se utilizan horas basadas en la posición del sol o las estrellas. En el caso del sol se trata de la hora verdadera o local y la hora media o legal; en el caso de las estrellas se trata de las horas siderales, en donde:

-Hora sideral.-El tiempo sideral en cualquier meridiano, en un instante dado, es igual al ángulo horario del equinoccio de primavera, medidos desde el tránsito superior por ese meridiano.

-Hora local.-El ángulo horario del sol, contado desde el tránsito inferior de cualquier lugar, es el tiempo solar de ese meridiano y puede ser aparente o medio, según se haga referencia al sol verdadero o medio.

-Hora legal.-Hora basada en el tránsito del sol sobre cierto meridiano específico, llamado meridiano de hora y adoptado para el uso en un área considerable. Con pocas excepciones la hora media está basada en algún meridiano que difiera del de Greenwich en un múltiplo de 15°.

Hora sideria = ángulo horario + ascensión recta.

Hora media = Tiempo verdadero + ecuación del tiempo.

Hora local = 12 ± ángulo horario + ecuación del tiempo.

+ Si el sol está al oeste del meridiano del lugar.

- Si el sol está al este del meridiano del lugar.

Abreviaturas:

z = distancia zenital

φ = latitud

δ = declinación

H = ángulo horario

R = ascensión recta

TSL = tiempo sideral local

TML = tiempo medio local

ΔT = incremento del tiempo

$12+E$ = ecuación del tiempo

TMM90° = tiempo medio del meridiano 90°

ξ = distancia zenital meridiana

x = dirección

Longitud.

Para la determinación de la longitud geográfica se debe tener en cuenta la importancia del punto por situar, ya que dependiendo de esto se tienen las siguientes clasificaciones:

- 1.- Determinaciones de exploración.-Se acepta un error probable máximo de $\pm 1''$ de arco.
- 2.- Determinaciones semiprecisas.-La tolerancia es de $\pm 0.3''$ en arco.
- 3.- Determinaciones precisas.-La tolerancia es de $\pm 0.1''$ de arco.

Para alcanzar tales precisiones es necesario emplear los instrumentos y los procedimientos adecuados de observación.

Las determinaciones de exploración son operaciones poco precisas, en las cuales, el tiempo puede determinarse por alturas absolutas del sol o de las estrellas, o bien por alturas iguales, empleando un tránsito de minuto, o un sextante; la recepción de las señales de tiempo es al oído.

5.2.1 Método de alturas iguales.

Para la determinación de la longitud es necesario hacer dos operaciones:

- 1.- Determinación del tiempo local por observaciones astronómicas.
- 2.- Comparación del tiempo local con el de Greenwich.

El primer punto no es más que la determinación del tiempo, y el segundo no es necesario compararlo con el tiempo local de Greenwich, sino con el local de algún punto cuya longitud se conozca. Es necesario considerar la ecuación del tiempo a la hora de paso del sol.

Las fórmulas que se utilizan son las siguientes:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H .$$

$$\Delta T + TML_E = (12 + E) - H_E$$

$$\Delta T + TML_W = (12 + E) + H_W$$

$$2\Delta T + (TML_E + TML_W) = 2(12 + E) + (H_W - H_E)\Delta H$$

$$dH = \left(\frac{\tan \varphi}{\sin H} - \frac{\tan \delta}{\tan H} \right) d\delta$$

$$\Delta T = (12 + E) - \left(\frac{TML_E + TML_W}{2} \right) + \Delta H$$

$$\therefore \Delta T = (12 + E) - \left(\frac{TML_E + TML_W}{2} \right) + \left(\frac{\tan \varphi}{\sin H} - \frac{\tan \delta}{\tan H} \right) d\delta$$

El método de alturas iguales del sol consiste en observar éste a la misma altura, antes y después del mediodía. Para esto, entre las ocho y las once horas, se dirige una visual al astro, viéndolo a través de un vidrio obscuro llamado "helioscopio" (filtro), y una vez que esté en el campo del anteojo, se fija el tornillo de presión del movimiento vertical y se lee el ángulo de altura. Enseguida, por medio del movimiento vertical, se va siguiendo al sol hasta que uno de los bordes sea tangente al hilo horizontal de la retícula, y en ese instante se anota la hora hasta los minutos y segundos, y se espera que el otro borde sea tangente al mismo hilo, en ese momento se vuelve a leer el reloj. Después del mediodía se ve si no ha sufrido alteración la inclinación del anteojo, y se vuelven a anotar las horas en que los dos bordes del sol sean tangentes a los hilos. Si se quiere evitar el riesgo de que se pierda la observación por interposición de nubes, se pueden hacer varias series bajo diferentes ángulos verticales.

Ejemplo:

I.- Fórmulas.

$$\Delta T = (12 + E) - \frac{1}{2} (TML_W + TML_E) + \frac{\Delta H}{2}$$

$$\frac{\Delta H}{2} = \left(\frac{\tan \varphi}{\sin H} - \frac{\tan \delta}{\tan H} \right) \Delta \delta$$

$$\Delta S_{\text{arco}} = H \cdot V^{\circ} H \quad ; \quad \Delta S_{\text{tiempo}} = \frac{H \cdot V^{\circ} H}{15} = \frac{\delta_E - \delta_W}{30}$$

II.-Registro de las observaciones.

a) Observación matutina.

Tangencia	Hora			Promedios		
D	10 ^h	11 ^m	04 ^s .8			
D	10	13	20.5			
				1-6	10	13 27.1
D	10	12	19.9			
				2-5	10	13 27.0
I	10	14	35.1			
				3-4	10	13 27.5
I	10	13	33.6			
				PROMtotal	10	13 27.2
						Treloj=+1 ^s .0
I	10	15	49.4			
					10 ^h	13 ^m 28 ^s .2

b) Observación vespertina.

Tangencia	Hora			Promedios		
D	14 ^h	57 ^m	28 ^s .7			
D	14	59	44.9			
				1-6	14	59 51.8
D	14	58	43.7			
				2-5	14	59 51.7
I	15	00	59.3			
				3-4	14	59 51.5
I	14	59	58.5			
				PROM.total	14	59 51.7
						Treloj=+1 ^s .4
I	15	02	14.8			
					14 ^h	59 ^m 53 ^s .1

III.-Cálculos de los datos para la sustitución en fórmula.

a) Tiempos.

$$\frac{1}{2} (T_W + T_E) = 12 \ 36 \ 40.7$$

$$T_W + T_E = 25 \ 13 \ 21.3$$

$$T_W = 14 \ 59 \ 53.1$$

$$T_E = 10 \ 13 \ 28.2$$

$$T_W - T_E = 4 \ 46 \ 24.9$$

$$\frac{1}{2} (T_W - T_E) = 2 \ 23 \ 12.4$$

$$H = 2^h \ 23^m \ 12^s.4 = 2.3867917 = 35^\circ \ 48' \ 6''.7$$

b) Cálculo de las declinaciones.

	Matutina			Vespertina		
Hora de observación	10	13	28.2	14	59	53.1
12 horas	-12	00	00.0	-12	00	00.0
Intervalo	- 1	46	31.8	2	59	53.1
Intervalo decimal	-		1.7755			2.9980833
variación horaria	+		54.8	+		54.8
variación intervalo	-		1'37".3	+		2' 44".29
declinación a 12h.	+	8	51 21.0	+	8	51 21.0
declinación al ob.	E +	8° 49'	43".7	W +	8° 54'	5".29

$$\frac{1}{2} (\delta_W + \delta_E) = 8^\circ 51' 54".5$$

$$\delta_W + \delta_E = 17 \ 43 \ 49.0$$

$$\delta_W = 8 \ 54 \ 5.3$$

$$\delta_E = 8 \ 49 \ 43.7$$

$$\delta_W - \delta_E = 0 \ 04 \ 21.6$$

$$\frac{1}{2} (\delta_W - \delta_E) = 0 \ 02 \ 10.8$$

$$\frac{1}{30} (\delta_W - \delta_E) = 0 \ 00 \ 8^s.72$$

IV.- Sustitución de los valores calculados, en las fórmulas (I).
a)

$$\frac{\Delta H}{2} = \left(\frac{\tan 18 \ 54 \ 2.0}{\sin 35 \ 48 \ 6.7} - \frac{\tan 8 \ 51 \ 54.5}{\tan 35 \ 48 \ 6.7} \right) 18.72$$

$$\frac{\Delta H}{2} = -3.22$$

b) Sustituyendo en la fórmula general:

$$\Delta T = 12^h \ 00^m \ 43^s.37 - 12^h \ 36^m \ 40^s.7 - 3^s.22$$

$$\Delta T = -0^h \ 35^m \ 54^s.08$$

$$\therefore \lambda = 6^h \ 35^m \ 54^s.08$$

5.2.2 Método de alturas absolutas del sol.

Procedimiento de observación.

- 1.- Centrar y nivelar el aparato.
- 2.- Se inicia la observación en posición directa haciendo tres tangencias, invirtiendo la posición del anteojo se realizaran otras tres tangencias, espaciadas entre observación y observación por 1'.
- 3.- Los promedios de las observaciones se harán de la siguiente manera:
 - 1ra en posición directa con última en posición inversa.
 - 2da en posición directa con penúltima en posición inversa.
 - 3ra en posición directa con antepenúltima en posición inversa.

4. -Deberá anotarse la temperatura de un termómetro dejado a la sombra y la lectura de un barómetro en mmHg.
5. -Las alturas ideales para un buen trabajo deben de estar entre 20 y 30 grados.

Para el método de alturas absolutas del sol se debe resolver el triángulo astronómico: (Figura No. 42).

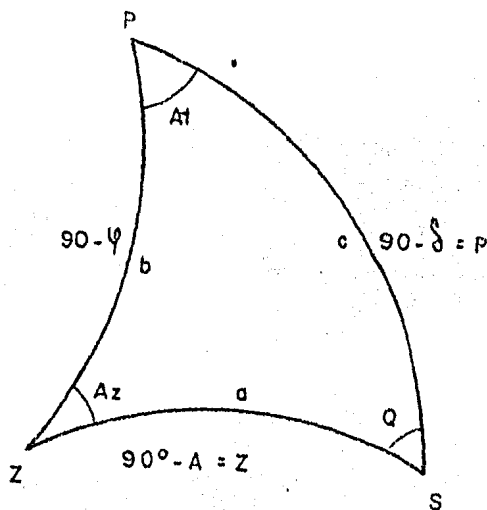


FIGURA NO. 42

Aplicando la ley de los cosenos:

$$\cos z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{\cos z - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

$$T.M.L = (12+E) \pm \theta$$

12+E = Hora en que pasa el sol por el lugar de observación.

Se procede a restar el T.M.L del tiempo promedio de las observaciones.

Ejemplo:

I.- Observaciones.

Obs.	C.V.	Tiempo	áng. vert.	Promedios T	áng.
1	D	9 ^h 46 ^m 37 ^s .1	41° 25' 48".2	1-4 9 ^h 50 ^m 12 ^s .8	41° 19' 30.45
2	D	9 49 31.3	41° 13' 01".2		
3	I	9 50 57.5	318° 34' 37".1	2-3 9 50 14.4	41° 19' 12.05
				P 9 50 13.8	41° 19' 21.25
4	I	9 51 46.6	318° 46' 47".3	ΔT+ 2.2	
				9 50 15.8	

Día 12-IV-85

P = 640 mmHg

T = 20.5°C

$\Delta T = +2^s.2$

II.- Cálculo de la corrección por refracción.

$$R = 60''.6 \tan z \left(\frac{P}{762} \right) \left(\frac{1}{1 + 0.004T} \right)$$

sustituyendo:

$$R = 60''.6 \tan(41^\circ 19' 21''.25) \left(\frac{640}{762} \right) \left(\frac{1}{1 + 0.004(20.5)} \right)$$

$$R = 41''.36$$

$$P = 8''.8 \sin(41^\circ 19' 21''.25) = 5''.8$$

$$z = 41^\circ 19' 21''.25 + 35''.56 = 41^\circ 19' 56''.81$$

III.- Cálculo del ángulo horario (H)

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\cos z - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \right]$$

Declinación

Hora de obs.	9 50 15.6
12 horas	-12 00 00.0
Intervalo	- 2 09 44.4
Intervalo decimal	- 2.1623333
Variación horaria +	54''.4
	- 0° 1' 57''.63
declinación 12hrs. +	9° 13' 6''.8
declinación al ob. +	9° 11' 9''.17
latitud del anuario =	18° 54' 2''.0

$$B = [(\cos 41^\circ 19' 56''.81) - (\sin 18^\circ 54' 2''.0)(\sin 9^\circ 11' 9''.17)]$$

$$C = [(\cos 18^\circ 54' 2''.0)(\cos 9^\circ 11' 9''.17)]$$

$$H = \cos^{-1} \left(\frac{B}{C} \right)$$

$$H = 41^\circ 31' 42''.43 = 2^h 46^m 6^s.83$$

TSL = H \pm H

+ al occidente
- al oriente

$$TSL = 1^h 24^m 13.95 + 2^h 46^m 6^s.83$$

$$TSL = 4 10 20.78$$

$$\text{-reloj} = \underline{9 50 15.8}$$

$$\Delta T = 5^h 39^m 55.02$$

5.3 DETERMINACION DE LA LATITUD MEDIANTE DISTANCIAS ZENITALES CIRCUMMERICIDIANAS DEL SOL.

Si se observa el sol en el meridiano, no puede repetirse la observación ni invertir el anteojo, lo cual constituye un inconveniente para eliminar el error de colimación y también para obtener algunos resultados que permitan hacer el cálculo de los errores medio y probable del resultado.

Dicho inconveniente se supera observando el astro cerca del meridiano (antes y después), haciendo cuantas observaciones lo permita el intervalo adecuado, con objeto de considerar que la diferencia entre las distancias zenitales del astro, dentro del meridiano y fuera de él, es una cantidad muy pequeña.

Para llevar a cabo los cálculos necesarios, tenemos las siguientes fórmulas:

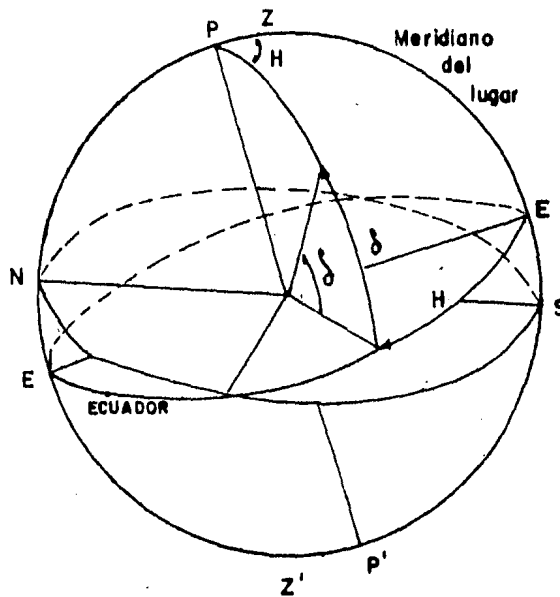


FIGURA NO. 43

$$\epsilon = z - x$$

$$TML = (12+E) + H \quad ; \quad 12+E \text{ es constante}$$

$$TML = TMM90^\circ \pm \Delta\lambda$$

Partiendo de las expresiones anteriores y mediante un desarrollo matemático llegamos a:

$$\epsilon = z - Cm - \cot z Cn^2$$

Donde:

$$C = \frac{\cos^2 \phi \cos \delta}{\sin z} \quad ; \quad m = \frac{2 \sin^2 \frac{H}{2}}{\sin 1''} \quad ; \quad n = \frac{2 \sin^4 \frac{H}{2}}{\sin 1''}$$

$$\varphi = \left\{ \begin{array}{l} \delta + \epsilon \\ \delta - \epsilon \end{array} \right\}$$

Ejemplo:

1.- Observaciones.

No	Hora	Z	Zo	Correc. de Indice	Correc. R+P
1	12 ^h 28 ^m 27 ^s .1	9°34'11.2	9°49'33.4	+58°.9	+6°.5
	12 29 00.7	10 04 55.7			
2	12 29 21.2	10 03 51.1	9 47 05.1	+58°.9	+6°.4
	12 29 54.9	9 30 19.1			
3	12 30 12.8	9 29 55.1	9 45 19.8	+58°.9	+6°.4
	12 30 46.8	10 00 44.6			
4	12 31 10.7	9 59 40.6	9 43 17.4	+58°.9	+6°.4
	12 31 45.5	9 26 54.2			
5	12 32 08.7	9 26 01.9	9 42 00.4	+58°.9	+6°.4
	12 32 28.1	9 57 58.8			
6	12 32 57.3	9 56 56.2	9 40 43.7	+58°.9	+6°.4
	12 33 24.9	9 24 31.2			
7	12 33 49.5	9 24 18.3	9 39 55.2	+58°.9	+6°.3
	12 34 20.9	9 55 32.2			
8	12 34 52.5	9 55 02.9	9 39 03.0	+58°.9	+6°.3
	12 35 31.9	9 23 03.1			
9	12 35 52.5	9 22 53.2	9 38 46.4	+58°.9	+6°.3
	12 36 15.9	9 54 39.7			
10	12 36 38.6	9 54 46.2	9 38 48.6	+58°.9	+6°.3
	12 37 07.3	9 22 50.9			
11	12 37 29.9	9 23 02.6	9 39 15.8	+58°.9	+6°.3
	12 38 12.9	9 55 28.9			
12	12 38 39.9	9 55 52.8	9 40 03.1	+58°.9	+6°.3
	12 39 04.5	9 24 13.3			
13	12 39 30.9	9 24 23.8	9 40 57.0	+58°.9	+6°.4
	12 40 02.7	9 57 30.1			

14	12 40 24.6	9 57 56.7	9 42 15.0	+58°.9	+6°.4
	12 40 57.9	9 26 33.3			
15	12 41 22.9	9 27 11.8	9 43 48.8	+58°.9	+6°.4
	12 41 50.6	10 00 25.7			
16	12 42 12.8	10 01 02.8	9 45 34.2	+58°.9	+6°.4
	12 42 42.8	9 30 05.5			
17	12 43 02.9	9 30 38.0	9 47 21.1	+58°.9	+6°.4
	12 43 33.5	10 04 04.2			
18	12 43 55.7	10 05 24.2	9 49 43.5	+58°.9	+6°.5
	12 44 18.9	9 34 02.8			

No	Zc	Prom.	ΔT	Tc
1	9°50'38.8	12 ^h 28 ^m 43 ^s .9	+2.3	12 ^h 28 ^m 46 ^s .2
2	9 48 10.4	12 29 38.1	+2.3	12 29 40.4
3	9 46 25.1	12 30 29.8	+2.3	12 30 32.1
4	9 44 22.7	12 31 28.1	+2.3	12 31 30.4
5	9 43 05.7	12 32 18.4	+2.3	12 32 20.7
6	9 41 49.0	12 33 11.1	+2.3	12 33 13.3
7	9 41 00.4	12 34 05.2	+2.3	12 34 07.5
8	9 40 08.2	12 35 12.2	+2.3	12 35 14.5
9	9 39 51.6	12 36 04.2	+2.3	12 36 06.5
10	9 39 53.8	12 36 53.0	+2.3	12 36 55.3
11	9 40 21.0	12 37 51.4	+2.3	12 37 53.7
12	9 41 08.3	12 38 52.2	+2.3	12 38 54.5
13	9 42 02.3	12 39 46.8	+2.3	12 39 49.1
14	9 43 20.3	12 40 41.3	+2.3	12 40 43.5
15	9 44 54.1	12 41 36.8	+2.3	12 41 39.1
16	9 46 39.5	12 42 27.8	+2.3	12 42 30.1
17	9 48 26.4	12 43 18.2	+2.3	12 43 20.5
18	9 50 48.9	12 44 07.3	+2.3	12 44 09.6

Tomando del Método de alturas iguales del Sol la diferencia de longitud tenemos:

$$\Delta\lambda = 0^h 35^m 54^s.08$$

Día 12-IV-85

$$\begin{aligned} \text{Hora de paso por el M90} &= 12^h 00^m 28^s.1 \\ &= 00 \quad 35 \quad 54.08 \end{aligned}$$

$$\text{Hora paso local} = 12^h 36^m 22^s.18$$

$$\text{Latitud del anuario} = 18^\circ 54' 54''$$

Continuando con la tabla:

No.	K	m	n	Am	Zmeridiana	LATITUD
$12^h 36^m 22^s .1$						
1	07 35.9	113.4	0.0	10' 30".7	9°40' 8".10	18°53' 48".03
2	06 41.8	88.0	0.0	8' 9".46	9 40' 0".94	18 53' 40".87
3	05 50.1	66.8	0.0	6' 11".54	9 40' 13".50	18 53' 53".43
4	04 51.8	46.4	0.0	4' 18".08	9 40' 4".62	18 53' 44".55
5	04 01.5	31.8	0.0	2' 56".90	9 40' 8".80	18 53' 48".73
6	03 08.9	19.5	0.0	1' 48".46	9 40' 0".54	18 53' 40".47
7	02 14.7	9.91	0.0	0' 55".12	9 40' 5".28	18 53' 45".21
8	01 07.7	2.5	0.0	0' 13".91	9 39' 54".20	18 53' 34".13
9	00 15.7	0.1	0.0	0' 00".56	9 39' 51".00	18 53' 30".93
10	-00 33.1	0.6	0.0	0' 03".34	9 39' 50".40	18 53' 30".33
11	-01 31.5	4.6	0.0	0' 25".59	9 39' 55".4	18 53' 35".33
12	-02 32.3	12.6	0.0	1' 10".08	9 39' 58".2	18 53' 38".13
13	-03 26.9	23.3	0.0	2' 9".60	9 39' 52".7	18 53' 32".63
14	-04 21.3	37.2	0.0	3' 26".90	9 39' 53".4	18 53' 33".33
15	-05 16.9	54.8	0.0	5' 4".80	9 39' 49".3	18 53' 29".23
16	-06 7.9	73.9	0.0	6' 51".03	9 39' 48".4	18 53' 28".33
17	-06 58.3	95.4	0.0	8' 50".61	9 39' 35".7	18 53' 15".63
18	-07 47.4	119.2	0.0	11' 02".99	9 39' 45".9	18 53' 25".83

Finalmente promediando las observaciones tenemos:

Latitud promedio = $18^{\circ} 53' 31".90$

5.4 DETERMINACION DEL ACIMUT MEDIANTE ALTURAS ABSOLUTAS DEL SOL.

Este método se emplea generalmente para trabajos ordinarios.

La latitud del lugar debe conocerse con 01' de aproximación así también, la altura del sol deberá medirse con 01', para tener en el acimut calculado una seguridad de $\pm 01'$. (Ver figura No. 44).

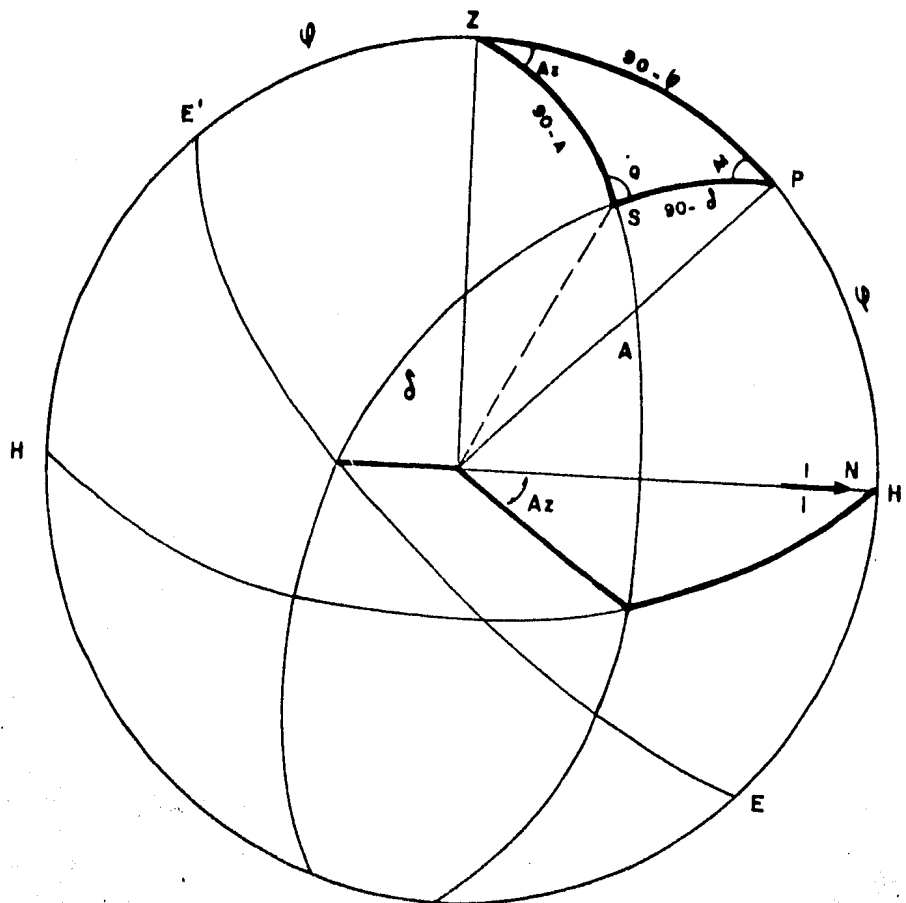


FIGURA NO. 44

Del triángulo astronómico PZS por ley de cosenos:
 $\cos(90^\circ - \delta) = \cos(90^\circ - \varphi) \cos(90^\circ - a) + \text{sen}(90^\circ - \varphi) \text{sen}(90^\circ - a) \cos Az$
 $\text{sen} \delta = \text{sen} \varphi \text{sen} a + \cos \varphi \cos a \cos Az$

$$\cos Az = \frac{\text{sen} \delta - \text{sen} \varphi \text{sen} a}{\cos \varphi \cos a}$$

En el mismo triángulo esférico, y también por ley de cosenos se obtiene:

$$\cos H = \frac{\text{sen} a - \text{sen} \delta \text{sen} \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

Si el sol se observó en la mañana, su acimut se contara a partir del Norte hacia el Este, y si se observó en la tarde, después de su paso por el meridiano, el ángulo que resulte para el acimut será hacia el Oeste.

- Datos de campo {
- lugar
 - fecha
 - áng. horizontal línea-sol
 - áng. vertical del sol
 - hora de observación
 - temperatura
 - presión

Las observaciones pueden hacerse entre las 8 y 9 horas o entre las 15 y 16 horas.

Ejemplo de cálculo de acimut por distancias zenitales absolutas.

I.- Observaciones.

No.	P.V	P. cir. vert.	Cuadrante	Hora	⊙	⊙
A	señal	I	XXXXXX	XXXXXXXXXX	55°30'29".0	XXXXXXXXXX
1	sol	I		8 31 31.8	61 13 56.0	300°14'59".8
2	sol	I		8 32 37.3	61 17 53.1	300 27 47.0
3	sol	I		8 33 15.5	61 21 00.4	300 38 25.0
4	sol	D		8 34 59.9	242 09 06.2	59 29 06.0
5	sol	D		8 35 43.9	242 12 26.3	59 18 31.8
6	sol	D		8 36 29.3	242 16 10.0	59 06 00.0
B	señal	D	XXXXXX	XXXXXXXXXX	235 31 12.3	XXXXXXXXXX

Día 12-Abril-85

T = 21° C
 P = 640 mmHg
 T = +1°.1

II.- Promedios.

	T	⊙	⊙
1-6	8 34 0.55	241° 45' 3".0	59° 25' 30".1
2-5	8 34 10.60	241 45 9 .7	59 25 22 .4
3-4	<u>8 34 7.70</u>	<u>241 45 5 .1</u>	<u>59 25 20 .5</u>
	8 34 6.28	241 45 5 .93	59 25 24 .33

III.-Cálculo de la declinación.

Hora de Observación	8 34 7.38
Hora base	<u>-12 00 00.00</u>
Intervalo	- 3 25 52.62
Intervalo dec.	- 3.4312833
Var. horaria	<u>+ 54".8</u>
Var. en el intervalo	- 3' 8".03
Declinación 12 hrs.	<u>+ 8 51 21.0</u>
Declinación al obs.	+ 8 48 12.97

IV.- Corrección por refracción.

$$R = 60°.6 \cot a \left(\frac{P}{762} \right) \left(\frac{1}{1+0.004T} \right)$$

$$R = 60°.6 \tan (59°25'24".33) \left(\frac{640}{762} \right) \left(\frac{1}{1+0.004(21)} \right)$$

$$R = 0° 01' 19".47$$

$$Zc = 59^{\circ} 26' 43''.8$$

V.- Cálculo de acimut.

$$\psi_{\text{dist. zenitales}} = 18^{\circ} 53' 31''.9$$

circunmeridianas

$$S = \frac{\psi + \delta + a}{2}$$

$$S = \frac{18^{\circ} 53' 31''.9 + 8^{\circ} 48' 12''.97 + 30^{\circ} 33' 16''.2}{2} = 29^{\circ} 07' 30''.5$$

$$\frac{\text{sen } Az}{2} = \frac{\text{sen}(S - \delta) \text{Cos } S}{\text{cos } a \text{ cos } \psi}$$

$$A = [\text{sen}(29^{\circ} 07' 30''.5 - 8^{\circ} 48' 12''.97) \text{cos } 29^{\circ} 07' 30''.5]$$

$$B = [(\text{cos } 30^{\circ} 33' 16''.2)(\text{cos } 18^{\circ} 53' 31''.9)]$$

$$\frac{\text{Sen } Az}{2} = \frac{\sqrt{A}}{B}$$

$$Az_{\text{sol}} = 75^{\circ} 12' 32''.33.$$

VI.-Acimut línea.

Acimut	75° 12'	32".33
-áng. H _{sol}	241° 45'	5".93
Acimut O.	-166 32	33.60
+áng. H _{señal}	235 31	12.30
Azimut línea	68° 58'	38".70

5.5 OBSERVACION DE LA POLAR PARA LA DETERMINACION DE LA LATITUD Y ACIMUT.

Para la determinación de la latitud en el caso de la estrella polar, cuyos movimientos en acimut y altura, son muy lentos, es conveniente usar la fórmula de Litrow:

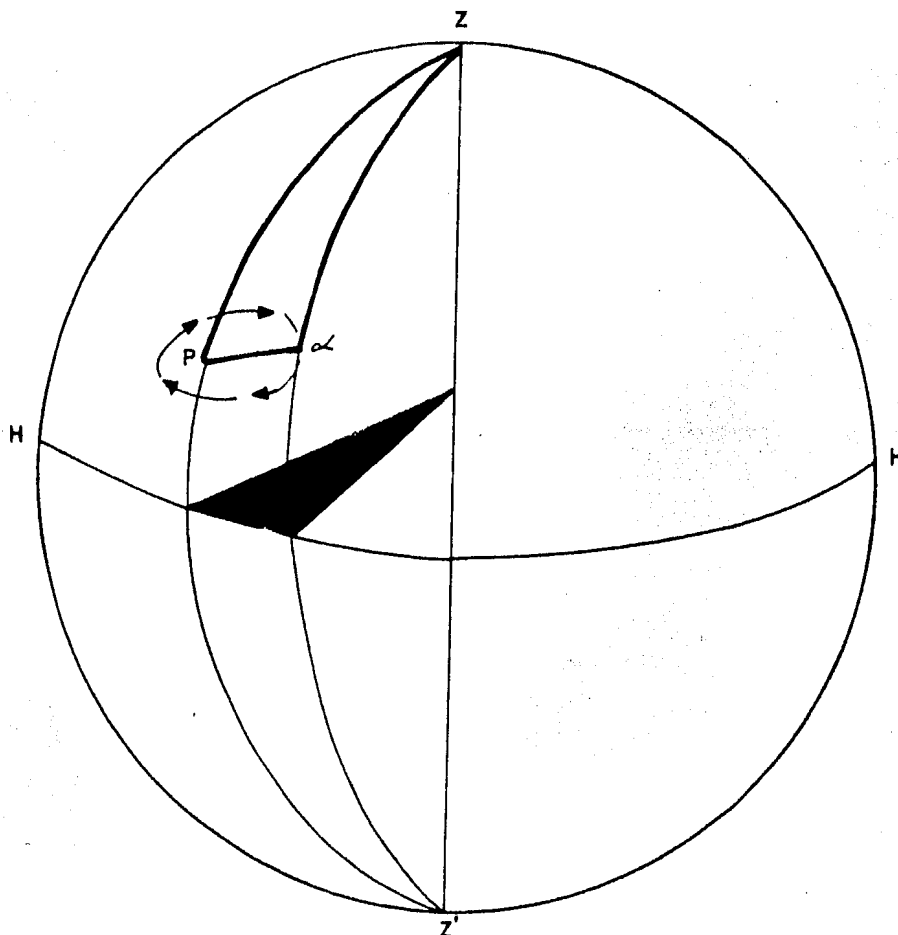
$$\text{Pero } \psi = a_{\text{polar}} - x = a_{\text{polo}}$$

$$x = p \text{ cos } H - \frac{p^2}{2} \tan a \text{ sen}^2 H \text{ sen } 1''$$

en la que la (a) es la altura de la estrella polar, debidamente corregida por refracción; $p=90^{\circ} - \delta$. H = el ángulo horario en el momento de observación el cual requiere el conocimiento de la ΔT del cronómetro, que debe haberse determinado previamente.

Para el cálculo del acimut observando la estrella polar en cualquier momento se deduce la siguiente fórmula por la ley de los senos: (Ver figura No. 45).

$$\frac{\text{sen } \widehat{Pz\alpha}}{\text{sen } \widehat{P\alpha}} = \frac{\text{sen } z\widehat{P\alpha}}{\text{sen } z\widehat{\alpha}}$$



$\alpha = \text{Polar}$	$\widehat{Pz} = 90^\circ - \varphi$
$\widehat{P\alpha} = 90^\circ - \delta$	$\widehat{ZP\alpha} = \text{ángulo horario (AH)}$
$\widehat{Z\alpha} = 90^\circ - A$	$\widehat{PZ\alpha} = \text{azimut de } \alpha$

FIGURA NO. 45

También puede escribirse $\text{sen } Az = \frac{\text{sen} \delta \text{ cos} \varphi}{\text{cos } a}$

Si no se quiere que intervenga la altura de la estrella se puede emplear la fórmula siguiente:

$$\tan Az = \frac{\text{sen} \delta}{\text{cos} \varphi \tan \delta - \text{sen} \varphi \text{ cos} \delta}$$

Esta fórmula sólo debe aplicarse si el ángulo horario se ha obtenido con mucha exactitud.

Ya sea por fórmulas o por tablas es necesario el cálculo previo del ángulo horario para el momento de la observación. Esto implica la

necesidad de disponer de la hora y longitud del lugar con cierta exactitud.

El trabajo de campo consiste en medir el ángulo horizontal entre una línea en el terreno y la estrella, así como también su ángulo vertical, anotando la hora de observación. Esto debe hacerse en posición directa e inmediatamente en inversa, para promediar ángulos y horas, y calcular finalmente latitud y acimut de la línea. Se debe hacer por lo menos una serie de tres observaciones, para poder determinar con seguridad latitud y acimut.

Debe evitarse hacer observaciones cuando la estrella este cerca de su paso por el meridiano (culminación superior e inferior), pues en esas partes la trayectoria varía rápidamente su acimut y resultan observaciones inciertas.

Datos de campo { lugar
 fecha
 áng. horizontal línea-polar
 áng. vertical
 hora de observación
 temperatura
 presión

Ejemplo de cálculo de latitud y acimut por observaciones a la polar.

I.- Observaciones.

Stop watch	e	φ	señal	T=13.5 °C P=595
	0°00'00"			
h m s				
21 17 02	70°47'55"	70°52'44"	D	
21 17 56	70 48 00	70 52 57	D	
21 18 50	70 48 07	70 53 00	D	
21 20 13	250 48 20	289 06 25	I	
21 20 55	250 48 29	289 06 30	I	
21 21 56	250 48 37	289 06 25	I	
	179 59 58			

II.- Promedios.

stop watch	e	φ
h m s		
1-6 21 19 29	70°48'16"	70°53'09".5
2-5 21 19 25	70 48 14	70 53 13.0
3-4 21 19 31	70 48 13	70 53 17.0
Prom. 21 19 28	70 48 14	70 53 13.0

III.- Cálculo de TSL.

$$TSL = TM90^\circ + HSO^h M90^\circ W6 + C \pm (\Delta\lambda).$$

Datos del anuario para Mayo 12.

$$H = 2^h 13^m 43^s.7$$

$$\text{Declinación} = + 89^\circ 11' 48''.5$$

TM90°	21°	19'	28"	
HSO	15	19	48.97	
C	+	3	30.18	
		36	42	47.15
-Δλ	-	28	58.5	
		36	13	48.65
		- 24	00	00.00
TSL =		12	13	48.65

IV.- Cálculo de ángulo horario (H).

$$\begin{aligned}
 H &= 12 \quad 13 \quad 48.65 \\
 &\quad - 2 \quad 13 \quad 43.70 \\
 &= 10 \quad 00 \quad 04.95(15) = 150^\circ 01' 14''.25
 \end{aligned}$$

V.- Cálculo de la corrección por refracción.

$$\begin{aligned}
 P &= 90^\circ - \delta \\
 P &= 90 - 89^\circ 11' 48''.5 \\
 P &= 0^\circ 48' 11''.5 \\
 a &= 90^\circ - 70^\circ 53' 13'' \\
 a &= 19^\circ 06' 47''
 \end{aligned}$$

$$R = 60''.6 \cot 19^\circ 06' 47'' \left(\frac{595}{762} \right) \left(\frac{1}{1+0.004(13.5)} \right)$$

$$R = 0^\circ 02' 9''.55$$

$$a = 19^\circ 06' 47'' - 2' 9''.55$$

$$a = 19^\circ 04' 37''.4$$

I.- Cálculo de la Latitud.

$$x = p \cos H - \frac{1}{2} p^2 \sin^2 H \tan a \sin 1''$$

$$A = 48' 11''.5 \cos (150^\circ 01' 14''.25)$$

$$B = -\frac{1}{2} (48' 11''.5)^2 \sin^2 (150^\circ 01' 14''.25) \tan (19^\circ 04' 37''.4) [\sin 1'']$$

$$x = -00^\circ 41' 44''.6$$

$$\text{latitud} = a - x$$

$$\text{Latitud} = 19^\circ 04' 37''.4 + 41' 44''.6$$

$$\text{Latitud} = 19^\circ 46' 22''.03$$

VII.- Cálculo de acimut.

$$\text{sen Az} = \text{sen H} \cos \delta \sec a$$

$$\text{sen Az} = \text{sen}(150^\circ 01' 14''.25) \cos(89^\circ 11' 48''.5) \sec(19^\circ 04' 37''.4)$$

$$\text{Az} = 00^\circ 25' 28''.7$$

$$\begin{array}{r}
 360^{\circ} 00' 00'' \\
 - \quad 0 \quad 25 \quad 28''.7 \\
 \hline
 359 \quad 34 \quad 31.3 \\
 - \quad 70 \quad 48 \quad 14.0 \\
 \hline
 \text{Az}_{\text{línea}} \quad 288^{\circ} 46' 17''.3
 \end{array}$$

5.6 CALCULO PARA LA OBSERVACION DE PARES DE ESTRELLAS.

5.6.1 Factores

Dentro de la planeación para la observación de estrellas influyen varios factores importantes, que deben ser tomados en cuenta, tales como:

- 1.- Es indispensable conocer la fecha y hora en que se desea observar. Así como también el sitio de observación.
- 2.- Es necesario contar con un catálogo de estrellas y un anuario astronómico.
- 3.- Del lugar de observación se necesita tener la latitud y longitud aproximados. (Pueden ser tomadas de cartas topográficas), de un anuario astronómico o ser determinadas por observaciones al sol.
- 4.- Para la elección de los pares de estrellas con las coordenadas aproximadas del lugar, la fecha y la hora de observación en tiempo medio (TM), se procede a la elección de los pares de estrellas.
- 5.- El tiempo medio se transforma a tiempo sidereal local.
- 6.- Conocido el tiempo sidereal local se necesita encontrar dos estrellas, una al este y otra al oeste del meridiano local, que tengan igual altura a la hora deseada. (Para poder obtener esto es necesario que el promedio de las ascensiones rectas de las dos estrellas, sea igual al tiempo sidereal que nos hemos fijado).
- 7.- Las estrellas deberán llenar además las siguientes condiciones:
 - a) Que sus declinaciones no difieran entre sí en mas de dos grados,
 - b) Las ascensiones rectas de las estrellas deben satisfacer la siguiente desigualdad, $4^h < (R_W - R_E)$,
 - c) Las estrellas deben observarse de preferencia a ± 5 grados del primer vertical, pero, pueden aceptarse hasta ± 10 grados.
- 8.- Cuando ya tenemos las estrellas elegidas y las horas de observación, se necesitará conocer la altura igual de estas y sus correspondientes acímuts. (La altura igual es el promedio de las alturas de las estrellas).

5.6.2 CALCULO .

De acuerdo a los pares de estrellas escogidos tenemos:

Par	Nombre	Magnitud	α			δ		
204	α Bootis	0.2	14	15	00	+19	15	27
	δ Cancri	4.2	8	43	52	+18	12	29
209	β Coronae Bor	3.7	15	27	14	+29	09	18
	β Geminorum	1.2	7	44	26	+28	03	43
212	α Corona Boreal	2.31	15	34	4.88	26	45	40.9
	β de Geminorum	1.21	7	44	24.2	28	03	55.92
215	α Serpentis	2.8	15	43	33	+ 6	28	15
	α Canis Minoris	0.5	7	38	31	+ 5	17	12
232	α Serpentis	2.8	15	43	33	+ 6	28	15
	ζ Hydrae	3.3	8	54	38	+ 6	00	04
235	β Librae	2.7	15	16	13	- 9	19	48
	α Hydrae	2.2	9	26	53	- 8	35	43
252	ζ Ophiuchi	2.7	16	36	21	-10	32	19
	α Hydrae	2.2	9	26	53	- 8	35	43
253	β Herculis	2.8	16	29	36	+21	31	14
	ϵ Leonis	3.1	9	45	02	+23	50	29
261	α Serpentis	2.8	15	43	33	+ 6	28	15
	α Leonis	4.1	11	20	23	+ 6	6	32
273	α Ophiuchi	2.1	17	34	16	+12	34	12
	α Leonis	1.3	10	07	36	+12	02	18

Ejemplo del cálculo del par 212:

TMM90°	19 ^h 30 ^m						
HSO ^h	+15	11	55.85				
	34	41	55.85				
+C2		3	12.20				
	34	45	08.05	----->	10 ^h 45 ^m 08 ^s .05		
				Δλ	-	28	58.5
						10	16
							09.5
TMM90°	23 ^h 50 ^m						
HSO	15	11	55.85				
	39	01	55.85				
+C2		03	54.91				
	39	05	50.76	----->	15 ^h 05 ^m 50 ^s .7		
				Δλ	-	28	58.5
						14	36
							52.2

			α		δ
E	α Corona boreal	May 1	15 ^h 34 ^m 4 ^s .8		+26° 45' 39".1
		May 12	15 34 4 .9		+26 45 41 .3
W	β Geminorum	May 2	7 ^h 44 ^m 24 ^s .4		28° 03' 56".0
		May 12	7 44 24 .2		28 03 55 .9

Interpolando para Mayo 10 tenemos:

E α Corona Boreal	Mayo 10	15 ^h 34 ^m 4 ^s .88		26° 45' 40".9
W β Geminorum	Mayo 10	7 44 24 .2		28 03 55 .92

Aplicando la fórmula:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \alpha$$

$$\alpha = \text{TSL} - R \text{ -----} \rightarrow \alpha = 59^\circ 42' 34".5$$

$$\frac{R - R'}{2} = \frac{15^h 34^m 4^s.88 - 7^h 44^m 24^s.2}{2} = 3^h 54^m 50^s.3$$

$$\cos z = \frac{\sin(19^\circ 46' 20") \sin(26^\circ 45' 40".9) + \cos(19^\circ 46' 20") \cos(26^\circ 45' 40".9)}{\cos(59^\circ 42' 34".5)}$$

$$z_E = 54^\circ 49' 16".91$$

$$\cos z = \frac{\sin(19^\circ 46' 20") \sin(28^\circ 03' 55".92) + \cos(19^\circ 46' 20") \cos(28^\circ 03' 55".92)}{\cos(59^\circ 42' 34".5)}$$

$$z_W = 54^\circ 41' 26".88$$

$$\text{Sen } Az = \sin \alpha \frac{\cos \delta}{\sin z}$$

$$\text{sen } Az_E = \sin(59^\circ 42' 34".5) \frac{\cos(26^\circ 45' 40".9)}{\sin(54^\circ 45' 21".89)} = 70^\circ 44' 23".37$$

$$\text{sen } Az_W = \sin(59^\circ 42' 34".5) \frac{\cos(28^\circ 03' 55".92)}{\sin(54^\circ 45' 21".89)} = 68^\circ 53' 58".31$$

$$Az_W = 360^\circ - 69^\circ 01' 10''.5 = 291^\circ 06' 1''.6$$

$$zt = z_E + z_W = \frac{54^\circ 49' 16''.91 + 54^\circ 41' 26''.8}{2} = 54^\circ 45' 21''.89$$

$$TSL = R \pm H$$

$$TSL_E = 15^h 34^m 4^s.88 - 3^h 54^m 50^s.3 = 11^h 35^m 14^s.58$$

$$TSL_W = 7^h 44^m 24^s.2 + 3^h 54^m 50^s.3 = 11^h 43^m 14^s.5$$

$$\text{sen} H_E = \frac{\text{sen}(54^\circ 45' 21''.89)}{\cos(26^\circ 45' 40''.9)} \text{sen } 70^\circ 44' 23''.37 = 59^\circ 42' 34''.5$$

$$\text{sen} H_W = \frac{\text{sen}(54^\circ 45' 21''.89)}{\cos(28^\circ 03' 55''.92)} \text{sen } 291^\circ 06' 1''.6 = -59^\circ 42' 34''.56$$

$$TSL_E = 15 \ 34 \ 4 \ .88 - 3 \ 58 \ 50.3 = 11 \ 35 \ 14.58$$

$$TSL_W = 7 \ 44 \ 24.2 + 3 \ 58 \ 50.3 = 11 \ 43 \ 14.5$$

		E	
TSL	11	35	14.58
$\Delta\lambda$		28	58.5
	12	04	13.08
HS0	15	11	55.85
	20	52	17.23
-C3		3	25.15
	20	48	52.08

		W	
TSL	11	43	14.5
$\Delta\lambda$		28	58.5
	12	12	13.0
HS0	15	11	55.85
	21	00	17.15
-C3		3	26.47
	20	56	50.68

G E O D E S I A .

CAPITULO VI.

6.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

6.2 RECONOCIMIENTO Y FIJACION DE LOS VERTICES DE UNA TRIANGULACION.

6.3 MEDICION DE UNA BASE CON ELECTROTAPE DM-20.

6.4 OBSERVACIONES ANGULARES DE UN CUADRILATERO CON DIAGONALES.

6.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

La presente práctica tiene como principal objetivo, el planear y realizar una triangulación geodésica.

Anticipadamente se deberá de revisar que el equipo que se va a utilizar en esta práctica este en perfectas condiciones para operarlo, así como también es recomendable que un día anterior se revisen las baterías de los distanciómetros.

Es necesario que se lleve a cabo un reconocimiento de la zona para la realización de la práctica.

Dentro de la planeación sobresalen los siguientes aspectos:

- 1.- Repartir a las brigadas copias de las cartas ó permisos de las autoridades correspondientes para trabajar en las áreas designadas.
- 2.- Entrega del equipo por brigadas para la semana que estarán acampados en los vértices de triangulación.
- 4.- Dentro del material de trabajo es necesario contar con casas de campaña, cantimploras, machetes, utensilios de cocina, etc.
- 3.- Repartición de brigadas en los vértices correspondientes y programa de rotación en los mismos.
- 5.- Es importante que las brigadas esten de acuerdo con el tipo de señales a usar, con las horas de observación y las señales para comunicarse (espejos, lámparas, etc.).

-Dotar diariamente de viveres a las brigadas procurando que sean alimentos enlatados y duraderos.

-Cuando se vaya a realizar la supervisión de cada brigada se revisará el avance para rotarlas en los cuatro vértices de ser posible.

-Si se llegara a "bajar" la batería de algun electrotape se recomienda que se sigan haciendo mediciones de ángulos. Debido a esto es recomendable que los ayudantes de prácticas visiten a las brigadas 2 veces al día, y que en cada supervisión se revise la batería del aparato. También es recomendable que el ayudante de prácticas lleve siempre una batería extra "cargada".

Se recomienda que cada brigada lleve consigo un pequeño botiquín.

6.2 RECONOCIMIENTO Y FIJACION DE LOS VERTICES DE UNA TRIANGULACION GEODESICA.

El reconocimiento no es otra cosa que la elección de los mejores sitios para ubicar las estaciones de la figura en cuestión.

El criterio que se utiliza para elegir las estaciones es principalmente la intervisibilidad y posteriormente la rigidez de figura.

Es de suma importancia estar completamente seguros de la intervisibilidad entre estaciones antes de llevar a cabo las lecturas de ángulos. Es conveniente obtener datos de una carta topográfica,

respecto a las características del área, sus correspondientes elevaciones en las estaciones elegidas, así como también la longitud aproximada de las líneas.

En el caso de que el vértice elegido no sea el de una triangulación geodésica anterior bastará con pequeñas mojeneras. Para la localización de la estación nos ayudaremos con señales de espejo ó banderolas. Si se realizan observaciones nocturnas se deberán definir las horas exactas para mandar las señales entre brigadas.

6.3 MEDICION DE UNA BASE CON ELECTROTAPE DM-20.

Para obtener la "distancia entre dos puntos de medición" se utiliza el electrotape que es un instrumento electrónico de gran precisión.

Este aparato sirve para medir distancias entre 10m. y 50 kilómetros. Si se consideran las dificultades de los terrenos y las inconveniencias técnicas convencionales; la velocidad y exactitud del electrotape para medir distancias es superior a cualquier otro método.

Para obtener la distancia entre dos puntos de medición se llevan a cabo los siguientes pasos:

- 1.- Observar y anotar los datos meteorológicos (temperatura húmeda y seca y presión-altitud) en la hoja de datos antes y después de cada grupo de 28 lecturas del contador.
- 2.- Anotar las lecturas de distancia del contador en cada punto de medición.
- 3.- Reducir los datos meteorológicos y de distancia en cada punto de medición.

Con respecto a los datos meteorológicos se deberán anotar en la parte superior izquierda de la hoja de datos del interrogante y del respondedor dentro de los cuadros puestos a la palabra LOCAL.

Quando se utilice el psicómetro, se debe evitar que la ampollita seca se moje (con la humedad de la noche por ejemplo). Se debe evitar tener el psicómetro expuesto a los rayos del sol, es decir debe operarse en la sombra.

El respondedor y el interrogante leerán y anotarán los datos meteorológicos en cada punto de medición.

Con respecto al llenado de la hoja de datos se deberá llevar a cabo de la siguiente manera:

- a) Se anota la hora en el cuadro 1.
- b) Se anotan las temperaturas secas y húmedas en el cuadro 2 y 3 respectivamente.
- c) Se anota la presión en el cuadro 4.
- d) Por último se anotan los datos de distancia del cuadro 9 en adelante, posteriormente se repiten los pasos a, b y c y se anotan en los cuadros del 37 al 40. (Los que están operando el aparato deberán anotar estos datos en los cuadros a la derecha de LOCAL).

Para tomar y anotar los datos de distancia se trabajará con dos unidades del modelo DM-20 Electrotape. Una de estas unidades será interrogante y la otra respondedor. La interrogante tomará 28 lecturas con el contador (que será una medida de distancia) estos

datos se anotaran en los cuadros del 9 al 36. Posteriormente el interrogante se hace respondedor, y el que es ahora interrogante tomara sus 28 lecturas respectivas con el contador (será una segunda distancia), y se anotan en la hoja de datos en el orden respectivo.

En los trabajos realizados en Altotonga, Veracruz la base medida fué uno de los lados de la triangulación.

CON ELECTROTAPE DM-20

Ejemplo:

DATOS DE CAMPO

FECHA MAYO/03/85 INST. N° 235241
 LA ESTACION VIGIA (4)
 OPERADOR ZARCO 1.23
 NATURALEZA DEL INSTRUMENTO _____

A INST. N° _____ HOJA N° 1
 A LA ESTACION IGLESIA (3) BRIGADA 2
 LINEA 4 - 3
 ZONA N° _____ BLOQUE N° _____

CANALES

DATOS METEOROLOGICOS				
ESTACION	HORA	TEMPERATURA		P. BAR.
		SECO	HUMEDO	
LOCAL	14:40	21°C	-	524
EMOTA				
LOCAL	14:58	20.5°C		522
EMOTA				
SUMAS				
PROMEDIOS				

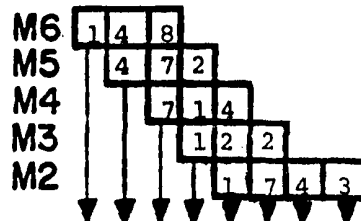
6	5	4	3	2	1	2-1	FREC
⁹ 799	¹⁰ 122	¹¹ 365	¹² 775	¹³ 830	¹⁴ 649	181	1 HI
¹⁴ 649	¹⁴ 649	¹⁴ 649	¹⁴ 649	¹⁶ 831	¹⁵ 652	179	2 HI
150	473	716	126	¹⁷ 841	¹⁸ 642	199	3 HI
				²⁰ 835	¹⁹ 648	187	4 HI
				²¹ 840	²² 644	196	5 HI
				²⁴ 825	²³ 662	163	5 LO
				²⁵ 823	²⁶ 666	157	6 LO
				²⁸ 827	²⁷ 661	166	7 LO
				²⁹ 826	³⁰ 663	163	8 LO
				³² 822	³¹ 670	152	9
						1743	SUM.F
						1743	SUM.F

-1
(H)

-1
(L)

SUMAS (H+L)
PROMEDIOS

³⁶ 818	³⁵ 140	³⁴ 382	³³ 788
³¹ 670	³¹ 670	³¹ 670	³¹ 670
148	470	712	118
^{M6} 149	^{M5} 472	^{M4} 714	^{M3} 122



INDICE PATRON + 320

INDICE ACTUAL = _____

SUMA ALGEBRAICA _____

SUMA X 10⁻⁶ ← _____

PRODUCTO → _____

DISTANCIA (1) _____

DISTANCIA (2) _____

PROMEDIO _____

CORRECCION MET. _____

DISTANCIA INCLINADA _____ cm

6.4 OBSERVACIONES ANGULARES DE UN CUADRILATERO CON DIAGONALES.

Para las observaciones angulares se utiliza generalmente el método de Bessel.

El método consiste en que en cada estación de instrumento se miden las direcciones a las demás estaciones a partir de una línea que se considera inicial, en el sentido de las manecillas del reloj. Las diferencias entre las respectivas direcciones nos dará el ángulo en la estación entre líneas a cualquier par de puntos.

Este método se eligió ya que los ángulos se obtienen como valores promedio de un número determinado de series de observaciones a cada línea, teniendo diferentes orígenes para la dirección de la línea inicial. Así se podrán minimizar en consecuencia los errores instrumentales y de observación.

El número de reiteraciones, según la categoría del vértice visado, será el que sigue:

- a) Para vértices de primer orden, 16 reiteraciones.
- b) Para vértices de segundo orden, 8 reiteraciones.
- c) Para los vértices de tercer orden se empleará un aparato cuya aproximación angular sea de $10''$ y las direcciones se reiteraran en este caso, 6 veces.

Cabe aclarar que una reiteración comprende la observación de un punto en las dos posiciones del aparato.

Las observaciones angulares que se llevaron a cabo fueron las siguientes:

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

MEDIDAS A SERALES

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

ESTACION Vértice UNO (PINO) INSTRUMENTO WILD T-2 191505
 FECHA 30/ABRIL/05 OBSERVADOR Brigada 1 (Hoja 1)

VUELTA	POSICION CIRCULO VERTICAL	P. O.	LECTURA CIRCULO HORIZONTAL			PROMEDIO DE DIRECCIONES	DIRECCIONES REFERIDAS A CERO GRADOS	LECTURA CIRCULO VERTICAL	ANGULO DE ALTURA	CROQUIS
			ERADIOS Y MINUTOS	MICROMETRO	SUMA O PROMEDIO					
1	D	2	18°56'		52.0	18°56'50.9"		89 52	89°52'57.5"	
	D	3	52°17'		45.2	52°17'45.2"	33°20'54.3"	90 32	90°32'44.2"	
	D	4	93°30'		39.0	93°30'42.1"	41 12 56.9	88 39	88 39 56.0	
	I	4	273 30		45.2			88 40	07.7	
2	I	3	232 17		45.3			90 32	55.1	
	I	2	198 56		49.8			89 53	10.0	
	D	2	18 56		58.0	18 57 00.5		89 52	56.2	89 53 07.2
	D	3	52 17		50.2	52 17 46.8	33 20 46.3	90 32	37.1	90 32 56.6
3	D	4	93 30		41.8	93 30 45.1	41 12 58.3	88 39	47.9	88 40 01.4
	I	4	273 30		48.3			88 40	14.8	
	I	3	232 17		43.3			90 33	14.8	
	I	2	198 57		03.0			89 53	18.1	
4	D	2	38 57		54.9	38 57 53.5		89 53	02.2	89 53 14.1
	D	3	72 19		42.2	72 19 07.5	33 21 14.0	90 32	42.9	90 33 06.1
	D	4	113 31		40.3	113 31 38.7	41 12 31.2	88 39	39.0	88 39 55.7
	I	4	293 31		37.0			88 40	12.3	
5	I	3	252 16		32.7			90 33	29.3	
	I	2	218 57		52.1			89 53	26.0	
	D	2	58 57		48.0	58 57 41.6	40.5	89 53	01.9	89 53 15.0
	D	3	92 18		29.2	92 18 22.1	33 20 30.5	90 32	56.9	90 33 13.0
6	D	4	133 31		21.2	131 31 21.3	41 12 59.2	88 39	43.7	88 39 58.2
	I	4	313 31		21.5			88 40	12.6	
	I	3	272 18		14.9			90 33	29.0	
	I	2	238 57		35.1			89 53	28.0	
7	D	2	78 57		23.2	78 57 30.9		89 53	00.6	89 53 13.6
	D	3	112 16		15.3	112 18 12.1	33 20 41.2	90 33	21.9	90 33 47.2
	D	4	153 31		20.1	153 31 14.4	41 13 02.3	88 39	34.0	88 39 57.0
	I	4	333 31		08.7			88 40	20.0	
8	I	3	292 18		08.8			90 34	12.5	
	I	2	258 57		38.6			89 53	26.6	

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

ESTACION Vértice DOS (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2 191505 OBSERVADOR Brigada 1 OBSERVACION 2 (Hoja 2)

SECCION DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA F.I.

FECHA 1 Mayo/85

VUELTA	POSICION CIRCULO VERTICAL	P.O.	LECTURA CIRCULO HORIZONTAL				PROMEDIO DE DIRECCIONES	DIRECCIONES REFERIDAS A CERO GRADOS	LECTURA CIRCULO VERTICAL		ANGULO DE ALTURA	CROQUIS
			GRADOS Y MINUTOS	MICROMETRO		GRADOS Y MINUTOS			MICROMETRO			
				de Lectura	de Lectura					de Lectura		
6	D	3	100 22	23.2	100 22 18.4	50 40 33.5	91 02	31.1	91 02 47.3			
	"	4	151 02	59.8	151 02 51.9	59 32 55.1	88 56	30.9	88 56 39.2			
	"	1	210 35	54.0	210 35 47.5		90 12	33.4	90 12 47.3			
	I	1	30 35	41.0			90 13	01.2				
	"	4	331 02	44.0			88 56	47.6				
	"	3	280 22	13.5			91 03	03.5				
7	D	3	120 06	36.2	120 06 31.2	50 40 28.4	91 02	39.2	91 02 51.6			
	"	4	170 47	04.1	170 46 59.6	59 32 57.0	88 56	36.1	88 56 43.6			
	"	1	230 20	01.8	230 19 56.6		90 12	40.3	90 12 49.6			
	I	1	50 19	51.3			90 12	59.0				
	"	4	350 46	55.0			88 56	51.0				
	"	3	300 06	26.1			91 03	03.9				
8	D	3	140 26	19.0	140 26 10.5	50 40 29.5	91 02	35.3	91 02 48.9			
	"	4	191 06	42.8	191 06 40.0	59 32 59.0	88 56	32.2	88 56 50.1			
	"	1	250 39	42.6	250 39 39.0		90 12	35.9	90 12 55.7			
	I	1	70 39	35.3			90 13	15.5				
	I	4	11 06	37.2			88 57	08.0				
	"	3	320 26	02.0			91 03	02.6				
9	D	3	160 16	03.1	160 15 57.6	50 40 32.7	91 02	34.5	91 02 47.9			
	"	4	210 56	34.9	210 56 30.3	59 32 55.1	88 56	27.1	88 56 46.2			
	"	1	270 29	31.9	270 29 25.4		90 12	29.2	90 12 41.0			
	I	1	90 29	18.9			90 12	52.8				
	"	4	30 56	25.7			88 57	05.2				
	"	3	340 15	52.2			91 03	01.3				
10	D	3	180 24	46.5	180 24 39.8	50 40 32.8	91 02	32.3	91 02 51.0			
	"	4	231 05	14.6	231 05 12.6	59 32 56.7	88 56	45.0	88 56 48.2			
	"	1	290 38	14.1	290 38 09.3		90 12	50.3	90 12 57.9			
	I	1	110 38	04.4			90 13	05.5				
	"	4	51 05	10.6			88 56	51.3				
	"	3	0 24	33.0			91 03	09.7				

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

ESTACION Vértice Dos (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2 191505 OBSERVADOR Brigada 1 Observación 2 (Hoja 3)
 FECHA 1/Mayo/85 SECCION DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

VUELTA	POSICION CIRCULO VERTICAL	P. O.	LECTURA CIRCULO HORIZONTAL			PROMEDIO DE DIRECCIONES	DIRECCIONES A RECEPION A CEROS GRADOS	LECTURA CIRCULO VERTICAL	ANGULO DE ALTURA		
			MICROMETRO		BRADOS Y MINUTOS					BRADOS Y MINUTOS	MICROMETRO
			1a. Lectura	SUMA o PROMEDIO							
11	D	3	200 ⁰ 12	09.2	200 12 07.2	50 40 33.2	91° 02'	34.0	91° 02' 46.6		
	D	4	250 52	43.0	250 52 40.4	59 32 54.7	88 56	41.7	88 56 57.8		
	D	1	310 25	38.0	310 25 35.1		90 12	34.2	90 12 49.7		
	I	1	130 25	32.2			90 13	05.2			
12	I	4	70 52	37.7			88 57	13.8			
	I	3	20 12	05.3			91 02	59.2			
	D	3	220 24	35.3	220 24 32.6	50 40 35.6	91 02	32.6	91 02 40.4		
	D	4	271 05	13.1	271 05 08.2	59 33 02.4	88 56	50.4	88 56 53.1		
13	D	1	330 38	10.0	330 38 10.6		90 12	29.0	90 12 48.8		
	I	1	150 38	11.1			90 13	08.5			
	I	4	91 05	03.2			88 56	57.0			
	I	3	40 24	29.9			91 02	48.3			
14	D	3	240 13	57.3	240 13 58.4	50 40 34.4	91 02	44.0	91 02 47.1		
	D	4	290 54	36.0	290 54 32.8	59 32 54.2	88 56	35.0	88 56 46.6		
	D	1	350 27	31.4	350 27 27.0		90 12	30.5	90 12 49.2		
	I	1	170 27	22.6			90 13	08.0			
15	I	4	110 54	29.6			88 56	58.2			
	I	3	60 13	59.5			91 02	50.2			
	D	3	260 23	37.4	260 23 36.7	50 40 35.2	91 02	40.9	91 02 43.8		
	D	4	310 04	17.0	310 04 11.9	59 32 54.4	88 56	41.5	88 56 51.7		
16	D	1	10 37	14.2	10 37 06.3		90 12	30.1	90 12 49.2		
	I	1	190 36	58.4			90 13	08.2			
	I	4	131 04	06.7			88 57	01.9			
	I	3	80 23	36.0			91 02	46.7			
17	D	3	280 03	50.1	280 03 45.0	50 40 32.2	91 02	48.0	91 02 48.0		
	D	4	330 44	19.1	330 44 17.2	59 32 55.2	88 56	37.0	88 56 46.5		
	D	1	30 17	18.2	30 17 12.4		90 12	48.8	90 12 57.4		
	I	1	210 17	06.6			90 13	06.0			
18	I	4	150 44	15.2			88 56	56.0			
	I	3	100 03	39.8			91 02	48.1			

C R O Q U I S

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

ESTACION Véctor DOS (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2 191505
 FECHA 1/Mayo/85 OBSERVADOR Brigada 1 Observación 2 (Hoja 4)

VUELTA	POSICION CIRCULO VERTICAL	P.O.	LECTURA CIRCULO HORIZONTAL			PROMEDIO DE DIRECCIONES	DIRECCIONES repetidas a CERO GRADOS	LECTURA CIRCULO VERTICAL			ANGULO DE ALTURA	CROQUIS
			GRADOS Y MINUTOS	MICROMETRO				GRADOS Y MINUTOS	MICROMETRO			
				1a Lectura	2a Lectura				1a Lectura	2a Lectura		
16	D	3	300° 15'		05.5	300 14 57.8	50 40 43.4	91 02'		45.5	91 02 51.7	
	D	4	350 55		59.4	350 55 41.2	59 32 46.6	88 56		38.2	88 56 51.1	
	D	1	50 28		32.2	50 28 27.8		90 12		39.3	90 12 48.6	
	I	1	230 28		21.3			90 12		59.0		
17	I	4	170 55		22.9			88 57		04.0		
	I	3	120 14		50.0			91 02		58.0		
	D	3	320 25		44.2	320 25 39.6	50 40 32.6	91 02		26.2	91 02 41.8	
	D	4	11 06		15.2	11 06 12.2	59 32 58.6	88 56		39.0	88 56 51.0	
18	D	1	70 39		16.2	70 39 10.8		90 12		40.5	90 12 49.2	
	I	1	250 39		05.4			90 12		58.0		
	I	4	191 06		09.2			88 57		03.0		
	I	3	140 25		35.0			91 02		57.4		
18	D	3	340 06		10.7	340 06 07.8	50 40 39.7	91 02		32.0	91 02 47.8	
	D	4	30 46		51.7	30 46 47.5	59 32 56.6	88 56		17.6	88 56 54.5	
	D	1	90 19		47.0	90 19 44.1		90 12		39.0	90 12 48.9	
	I	1	270 19		41.2			90 12		58.8		
18	I	4	210 46		43.2			88 57		11.4		
	I	3	160 06		04.8			91 03		03.5		

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

ESTACION_Vértice_DOS (Normal) INSTRUMENTO_WILL T2 191505 SECCION DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA F.I.
 FECHA_1/NAYO/85 OBSERVADOR_Brigada 1 OBSERVACION 1 (Hoja1) CROQUIS

VUELTA	POSICION CIRCULO VERTICAL	P.O.	LECTURA CIRCULO HORIZONTAL			PROMEDIO DE DIRECCIONES	DIRECCIONES REPRODUCIDAS A CEROS GRADOS	LECTURA CIRCULO VERTICAL			ANGULO DE ALTURA
			GRADOS Y MINUTOS	MICROMETRO	SUMA O PROMEDIO			GRADOS Y MINUTOS	MICROMETRO	SUMA O PROMEDIO	
			1a. Lectura	2a. Lectura	3a. Lectura			1a. Lectura	2a. Lectura	3a. Lectura	
1	D	3	219 13		395.9	219 13 40.7		91 02		27.1	91 02 51.6
	D	4	269 54		12.0	269 54 10.8	50 40 30.1	88 56		10.8	88 56 24.4
	D	1	329 27		02.1	329 27 03.5	59 32 52.7	90 12		05.0	90 12 16.5
	I	1	149 27		04.8			90 12		28.0	
	I	4	89 54		09.6			88 56		37.9	
	I	3	39 13		41.5			91 03		16.0	
2	D	3	239 19		44.1	239 19 45.0		91 02		44.8	91 02 39.5
	D	4	290 00		25.0	290 00 22.5	50 40 37.5	88 56		20.0	88 56 30.9
	D	1	349 13		17.7	349 33 17.7	59 32 55.2	90 12		03.3	90 12 11.6
	I	1	169 33		17.7			90 12		20.0	
	I	4	110 00		20.0			88 56		41.8	
	I	3	59 19		45.8			91 02		34.2	
3	D	3	259 17		17.8	259 17 00.4		91 02		11.5	91 02 22.5
	D	4	309 57		48.1	309 57 40.1	50 40 39.7	88 56		22.9	88 56 34.5
	D	1	9 30		37.3	9 30 35.4	59 32 55.3	90 12		23.1	90 12 35.6
	I	1	189 30		33.5			90 12		48.0	
	I	4	139 57		32.1			88 56		46.1	
	I	3	79 16		43.0			91 02		33.5	
4	D	3	279 18		17.9	279 18 12.7		91 02		16.8	91 02 32.0
	D	4	329 58		55.9	329 58 45.9	50 40 33.2	88 56		21.9	88 56 34.8
	D	1	29 31		53.2	29 31 45.1	59 32 59.2	90 12		19.0	90 12 34.0
	I	1	209 31		36.9			90 12		49.1	
	I	4	149 58		35.9			88 56		47.7	
	I	3	99 18		07.5			91 02		47.1	
5	D	3	299 18		53.2	299 18 48.5		91 02		14.0	91 02 31.0
	D	4	349 59		28.0	349 59 20.4	50 40 31.9	88 56		18.0	88 56 34.2
	D	1	49 32		26.5	49 32 21.8	59 33 01.4	90 12		14.0	90 12 25.5
	I	1	229 32		17.0			90 12		37.0	
	I	4	169 52		12.8			88 56		50.4	
	I	3	119 18		43.8			91 02		48.0	

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

ESTACION Vértice DOS (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2-291505
FECHA 1/Mayo/85 OBSERVADOR Brigada 1 OBSERVACION 1 (Hoja 2)

VUELTA	POSICION CIRCULO VERTICAL	P.O.	LECTURA CIRCULO HORIZONTAL			PROMEDIO DE DIRECCIONES	DIRECCIONES REFERIDAS A CERO GRADOS	LECTURA CIRCULO VERTICAL		ANGULO DE ALTURA	CROQUIS	
			GRADOS Y MINUTOS	MICROMETRO	SUMA O PROMEDIO			GRADOS Y MINUTOS	MICROMETRO			SUMA O PROMEDIO
6	D	3	319° 17'		35.5	319 17 30.3		91 02		20.0	91 02 34.0	
	D	4	9 58		13.0	9 58 07.0	50 40 36.7	88 56		33.0	88 56 37.0	
	D	1	69 31		08.8	69 31 02.8	59 32 55.8	90 12		08.2	90 12 28.6	
	I	1	249 30		56.8			90 12		49.0		
7	I	4	189 58		01.0			88 56		41.0		
	I	3	139 17		25.1			91 02		47.9		
	D	3	339 19		01.0	339 18 52.6		91 01		16.9	91 02 05.0	
	D	4	29 59		38.8	29 59 30.0	50 40 37.4	88 56		20.1	88 56 33.9	
8	D	1	89 32		25.5	89 32 23.8	59 32 51.8	90 12		13.9	90 12 29.4	
	I	1	269 32		22.0			90 12		45.0		
	I	4	209 59		21.1			88 56		47.7		
	I	3	159 18		44.1			91 02		53.0		
9	D	3	359 18		30.0	359 18 22.6		91 02		26.0	91 02 41.0	
	D	4	49 59		02.3	49 58 53.6	50 40 31.0	88 56		07.3	88 56 26.8	
	D	1	109 32		26.1	109 32 10.0	59 33 16.8	90 12		14.6	90 12 28.8	
	I	1	289 31		53.9			90 12		42.9		
10	I	4	229 58		45.0			88 56		46.2		
	I	3	179 18		15.1			91 02		56.0		
	D	3	19 18		41.0	19 18 30.9		91 02		21.1	91 02 36.6	
	D	4	69 59		14.7	69 59 06.7	50 40 35.8	88 56		22.9	88 56 38.4	
11	D	1	129 31		58.2	129 31 59.6	59 32 52.9	90 12		10.8	90 12 27.0	
	I	1	309 32		01.1			90 12		43.2		
	I	4	249 58		58.7			88 56		54.0		
	I	1	199 18		20.8			91 02		52.1		
12	D	3	39 18		48.5	39 18 39.0		91 02		29.0	91 02 44.2	
	D	4	89 59		15.0	89 59 08.6	50 40 29.8	88 56		17.0	88 56 31.6	
	D	1	149 32		12.0	149 32 09.5	59 33 00.5	90 12		15.5	90 12 32.0	
	I	1	329 32		07.0			90 12		48.6		
13	I	4	269 59		02.1			88 56		46.2		
	I	3	219 18		29.4			91 02		59.5		

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

ESTACION Vértice DOS (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2 191505 SECCION DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.
 FECHA 1/MAYO/85 OBSERVADOR BRIGADA 1 OBSERVACION 1 (HOJA 3)

VUELTA	POSICION CIRCULO VERTICAL	P.O.	LECTURA CIRCULO HORIZONTAL		PROMEDIO DE DIRECCIONES	DIRECCIONES A REPERJIAS A CERO GRADOS	LECTURA CIRCULO VERTICAL		ANGULO DE ALTURA
			GRADOS Y MINUTOS	SUMA O PROMEDIO			GRADOS Y MINUTOS	SUMA O PROMEDIO	
11	D	3	59 18	56.0	59 19 49.5		91 02	29.0	91 02'43.6
	D	4	110 00	18.5	110 00 13.5	50 40 24.0	88 56	26.00	88 56 34.1
	D	1	169 33	15.0	169 33 11.0	59 32 57.5	90 12	22.4	90 12 36.4
	I	1	349 33	06.9			90 12	50.5	
12	I	4	290 00	08.5			88 56	42.2	
	I	1	239 19	41.0			91 02	58.3	
	D	3	79 21	14.0	79 21 11.6		91 02	31.0	91 02 51.1
	D	4	130 01	51.7	130 01 46.8	50 40 35.2	88 56	17.5	88 56 36.5
13	D	1	189 34	44.4	189 34 39.7	59 32 52.9	90 12	12.1	90 12 32.0
	I	1	9 30	35.0			90 12	52.0	
	I	4	310 01	41.9			88 56	55.5	
	I	3	259 21	09.2			91 03	11.2	
14	D	3	99 11	32.8	99 11 34.3		91 02	30.8	91 02 53.0
	D	4	149 52	12.0	149 52 04.7	50 40 30.4	88 56	22.3	88 56 40.6
	D	1	209 24	57.1	209 24 57.6	59 32 52.9	90 12	21.1	90 12 46.6
	I	1	29 24	58.0			90 11	12.2	
15	I	4	329 51	57.3			88 56	59.0	
	I	3	279 11	35.8			91 03	15.3	
	D	3	119 13	05.5	119 12 58.0		91 02	33.1	91 02 59.1
	D	4	169 53	30.8	169 53 26.9	50 40 28.9	88 56	21.0	88 56 38.8
16	D	1	229 26	22.0	229 26 21.0	59 32 54.1	90 12	27.3	90 12 48.4
	I	1	49 26	20.0			90 13	09.5	
	I	4	349 53	23.0			88 56	56.6	
	I	3	299 12	50.5			91 03	25.1	
17	D	3	139 13	49.0	139 13 43.1		91 02	34.9	91 03 01.4
	D	4	189 54	13.0	189 54 08.0	50 40 24.9	88 56	24.0	88 56 34.8
	D	1	249 27	00.0	249 26 59.9	59 32 51.9	90 12	30.9	90 12 15.6
	I	1	69 26	59.7			90 12	00.2	
18	I	4	9 54	03.0			88 56	45.7	
	I	3	319 13	37.2			91 03	28.0	

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

ESTACION Vértice DOS (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2 191505 SECCION DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.
 FECHA 1/Mayo/85 OBSERVADOR Brigada 1 OBSERVACION 1 (HOJA 4)

VUELTA	POSICION CIRCULO VERTICAL	P. O.	LECTURA CIRCULO HORIZONTAL			PROMEDIO DE DIRECCIONES	DIRECCIONES A REPLICAS A CEROS GRADOS	LECTURA CIRCULO MICROMETRO	ANGULO DE ALTURA	CROQUIS
			GRADOS Y MINUTOS	SEGUNDAS	SUMA O PROMEDIO					
16	D	3	159 15'	19.6	159 15 16.3	50 40 33.4	91 02'	33.1	91 03 05.5	
	D	4	209 56	02.4	209 55 49.7	50 40 33.4	88 56	23.0	88 56 42.3	
	D	1	269 28	50.8	269 28 50.1	59 33 00.4	90 12	41.0	90 12 55.0	
	I	1	89 28	49.3			90 13	08.9		
17	I	4	29 55	37.0			88 57	01.6		
	I	3	339 15	13.0			91 03	37.9		
	D	3	179 16	58.0	179 16 54.0	50 35 25.6	91 02	33.7	91 03 08.8	
	D	4	229 52	27.7	229 52 19.6	50 35 25.6	88 56	31.0	88 56 35.5	
18	D	1	289 30	29.0	289 30 28.6	59 38 09.0	90 12	42.5	90 12 52.8	
	I	1	109 30	28.2			90 13	03.0		
	I	4	49 52	11.5			88 56	40.0		
	I	3	359 16	50.0			91 03	43.9		
19	D	3	199 18	17.2	119 18 09.1		91 02	27.0	91 03 12.6	
	D	4	249 58	23.8	249 58 26.3	50 40 17.2	88 56	23.1	88 56 39.0	
	D	1	309 31	38.1	309 31 34.1	59 33 07.8	90 12	42.9	90 13 00.0	
	I	1	129 31	30.1			90 13	17.0		
19	I	4	69 58	28.7			88 56	54.9		
	I	3	19 18	00.9			91 03	58.1		
	D	3	219 19	51.1	219 19 50.0		91 02	30.5	91 03 16.4	
	D	4	270 00	29.1	270 00 24.8	50 40 14.8	88 56	28.5	88 56 34.2	
20	D	1	329 33	27.9	329 33 25.7	59 33 00.9	90 12	42.1	90 13 00.0	
	I	1	149 33	23.5			90 13	18.0		
	I	4	90 00	20.5			88 56	40.0		
	I	3	39 19	48.9			91 04	02.2		

TRABAJOS COMPLEMENTARIOS DE GABINETE .

Capítulo VII

7.1 CALCULO DE UNA POLIGONAL TOPOGRAFICA.

7.2 CALCULO DE RADIACIONES

7.1 CALCULO DE UNA POLIGONAL TOPOGRAFICA.

El programa lleva a cabo el cálculo de una poligonal topográfica por medio del método de la brújula o del tránsito, a partir de los rumbos y distancias; obteniendo las proyecciones sin corregir, correcciones, proyecciones corregidas y sus coordenadas; así como también el área de dicha poligonal.

Listado del programa.

Archivo secuencial.

```

10 CLS
20 INPUT "NUMERO DE OBSERVACIONES";NO
30 DIM ES$(NO),PO$(NO),LO(NO),RB$(NO),GR(NO),MI(NO),SE(NO),PY(NO),PX
(NO),CX(NO),CY(NO),QY(NO),QX(NO),X(NO),Y(NO)
40 PRINT "QUE REGLA UTILIZA?,<1> BRUJULA, <2> TRANSITO"
50 INPUT RE
60 PI=3.1415926#
70 FOR I=1 TO NO
80 INPUT "ESTACION";ES$(I)
81 INPUT "PUNTO OBSERVADO";PO$(I)
82 INPUT "LONGITUD"; LO(I)
83 INPUT "RUMBOS";RB$(I)
84 INPUT "GRADOS";GR(I)
85 INPUT "MINUTOS";MI(I)
86 INPUT "SEGUNDOS";SE(I)
87 NEXT I
88 INPUT "COORDENADA X";X(I)
89 INPUT "COORDENADA Y";Y(I)
90 OPEN "0",# 1,"B:DATOS.DAT"
91 PRINT# 1,NO:PRINT# 1,RE
92 FOR I=1 TO NO:PRINT# 1,ES$(I):PRINT# 1,PO$(I):PRINT# 1,LO(I):PRIN
T# 1,RB$(I)
93 PRINT# 1,GR(I):PRINT# 1,MI(I):PRINT# 1,SE(I):NEXT I
94 PRINT# 1,X(I):PRINT# 1,Y(I)
95 CLOSE # 1

```

Programa procesador y ejecutor de operaciones.

```

1 CLS: INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE SALIDA";NOMBRE$
2 CLS: INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE ENTRADA";DATOS$
3 CLS
5 OPEN "0",# 2,"b:"+NOMBRE$+".LIS"
10 OPEN "1",# 1,"B:"+DATOS$+".DAT":INPUT# 1,NO
20 DIM ES$(NO),PO$(NO),LO(NO),RB$(NO),GR(NO),MI(NO),SE(NO),PY(NO),PX(
NO),CX(NO),CY(NO),QY(NO),QX(NO),X(NO),Y(NO)
30 PRINT "QUE REGLA SE UTILIZA?,<1> BRUJULA, <2> TRANSITO"
40 INPUT# 1, RE
50 INPUT"REGLA";RE
60 PI=3.1415926#
70 FOR I=1 TO NO
80 INPUT # 1,ES$(I)

```

```

90 INPUT # 1,PO$(I)
100 INPUT# 1,LO(I)
110 INPUT# 1,RB$(I)
120 INPUT# 1,GR(I)
130 INPUT# 1,MI(I)
140 INPUT# 1,SE(I)
150 NEXT I
160 INPUT# 1,X(I)
170 INPUT# 1,Y(I)
180 CLOSE# 1
190 EX=0:EY=0:E1=0:E2=0:SL=0
200 FOR I=1 TO NO
210 AN=(PI/180)*(GR(I)+(MI(I)/60)+(SE(I)/3600))
220 PX(I)=LO(I)*SIN(AN)
230 PY(I)=LO(I)*COS(AN)
240 IF LEFT$(RB$(I),1)="S" THEN PY(I)=-1*PY(I)
250 IF RIGHT$(RB$(I),1)="W" THEN PX(I)=-1*PX(I)
260 EX=EX+PX(I)
270 EY=EY+PY(I)
280 E1=E1+ABS(PX(I))
290 E2=E2+ABS(PY(I))
300 SL=SL+LO(I)
310 NEXT I
320 EX=ABS(EX):EY=ABS(EY)
330 ET=SQR(EX*EX+EY*EY)
340 PE=1/(SL/ET)
350 IF RE=1 THEN K1=EX/SL:K2=EY/SL ELSE K1=EX/E1:K2=EY/E2
360 FOR I=1 TO NO
370 IF SGN(PX(I))=0 THEN SX=1 ELSE SX=-1
380 IF SGN(PY(I))=0 THEN SY=1 ELSE SY=-1
390 IF RE=1 THEN CX(I)=SX*K1*LO(I):CY(I)=SY*K2*LO(I) ELSE CX(I)=K1*PX
(I):CY(I)=K2*PY(I)
400 QX(I)=SX*ABS(PX(I))+CX(I)
410 QY(I)=SY*ABS(PY(I))+CY(I)
420 NEXT I
430 FOR I=2 TO NO
440 X(I)=X(I-1)+QX(I-1)
450 Y(I)=Y(I-1)+QY(I-1)
460 NEXT I
470 AR=0
480 FOR I=1 TO NO-1
490 AR=AR+X(I)*Y(I+1)-X(I+1)*Y(I)
500 NEXT I
510 AR=AR+X(NO)*Y(1)-X(1)*Y(NO)
520 AR=AR/2
530 PRINT# 2, "D A T O S":PRINT# 2,"
540 PRINT# 2,TAB(5);"ESTACION";TAB(18);"P.O.";TAB(26);"LONGITUD";TAB(
45);"RUMBO"
550 PRINT# 2,"":FOR I=1 TO NO:PRINT# 2,TAB(8);ES$(I);TAB(20);PO$(I);T
AB(25);
560 PRINT# 2,USING"#####.###";LO(I);
570 PRINT# 2,TAB(43);RB$(I);:PRINT# 2,USING"###";GR(I);MI(I);SE(I)
580 NEXT I
590 PRINT# 2,"":FOR I=1 TO 60:PRINT# 2,"-";:NEXT I:PRINT# 2,"":PRINT#
2,"
600 IF RE=1 THEN PRINT# 2,"REGLA DE LA BRUJULA" ELSE PRINT# 2,"REGLA
DEL TRANSITO"
610 PRINT# 2,"":PRINT# 2,"
620 PRINT# 2,TAB(12);"PROY. SIN CORREGIR";TAB(46);"CORRECCIONES"
630 PRINT# 2,TAB(4);"N(+>";TAB(14);"S(-)";TAB(24);"E(+>";TAB(34);"W(
-);TAB(47);"X";TAB(57);"Y"
640 PRINT# 2,"":FOR I=1 TO NO:IF PY(I)<0 THEN PRINT# 2,TAB(11); ELSE
PRINT# 2,TAB(1);
650 PRINT# 2,USING"#####.###";ABS(PY(I));

```



```

660 IF PX(I)<0 THEN PRINT# 2,TAB(31);ELSE PRINT# 2,TAB(21);
670 PRINT# 2, USING"#####.###";ABS(PX(I));
680 PRINT# 2,TAB(41);;PRINT# 2,USING"#####.###";CX(I);;PRINT# 2,TAB(5
1);;PRINT# 2,USING"#####.###";CY(I)
690 NEXT I
700 PRINT# 2,"":FOR I=1 TO 30:PRINT# 2,"-";;NEXT I:PRINT# 2,"":PRINT#
2,""
710 PRINT# 2,TAB(13);"PROY. CORREGIDAS";TAB(47);"COORDENADAS"
720 PRINT# 2,TAB(4);"N(+)" ;TAB(14);"S(-)" ;TAB(24);"E(+)" ;TAB(34);"W(-
)" ;TAB(47);"X" ;TAB(57);"Y" ;PRINT# 2,""
730 FOR I=1 TO NO:IF QY(I)<0 THEN PRINT # 2,TAB(11);ELSE PRINT# 2,TAB
(1);
740 PRINT# 2,USING"#####.###";ABS(QY(I));
750 IF QX(I)<0 THEN PRINT# 2,TAB(31);ELSE PRINT# 2,TAB(21);
760 PRINT# 2,USING"#####.###";ABS(QX(I));
770 PRINT# 2,TAB(41);;PRINT# 2,USING"#####.###";X(I);;PRINT# 2,TAB(51
);;PRINT# 2,USING"#####.###";Y(I)
780 NEXT I
790 FOR I=1 TO 60:PRINT# 2,"-";;NEXT I:PRINT# 2,""
800 PRINT# 2,"ERROR EN 'X'=" ;;PRINT# 2,USING"###.#####";EX
810 PRINT# 2,"ERROR EN 'Y'=" ;;PRINT# 2,USING"###.#####";EY
820 PRINT# 2,"ERROR TOTAL =" ;;PRINT# 2,USING"###.#####";ET
830 PRINT# 2,"PRECISION =" ;;PRINT# 2,USING"###.#####";PE
840 PRINT# 2,"AREA =" ;;PRINT# 2,USING"#####.###";ABS(AR)
845 CLOSE
850 END

```

7.1.2 Archivo de datos correspondientes a la poligonal envolvente de la brigada No. 5.

```

16
1
A
B
124.218
SE
65
18
O
B
C
142.15
NE
3
35
O
C
D
110.754
NW
62
35
O
D
E
9.315
SW
65
10

```

O
E
F
140.518
NW
84
19
O
F
G
122.826
NW
83
22
O
G
H
248.214
NW
83
1
O
H
I
370.945
SW
1
26
O
I
J
32.592
NE
77
45
O
J
K
90.856
NE
88
O
O
K
L
68.526
NE
55
41
O
L
M
43.76
SE
86
29
O
M
N
146.416
NE
6
5
O

N
 O
 121.055
 SE
 86
 15
 O
 O
 P
 93.435
 SE
 84
 49
 O
 P
 A
 49.992
 SE
 84
 9
 O
 10025.86
 10445.48

7.1.3 Prueba del programa

D A T O S

ESTACION	P.O.	LONGITUD	RUMBO
A	B	124.218	SE 85 18 0
B	C	142.150	NE 3 35 0
C	D	110.754	NW 82 35 0
D	E	8.315	SW 65 10 0
E	F	140.518	NW 84 19 0
F	G	122.826	NW 83 22 0
G	H	248.214	NW 83 1 0
H	I	370.945	SW 1 26 0
I	J	32.592	NE 77 45 0
J	K	90.856	NE 88 0 0
K	L	68.526	NE 55 41 0
L	M	43.760	SE 86 29 0
M	N	146.416	NE 6 5 0
N	O	121.055	SE 86 15 0
O	P	93.435	SE 84 49 0
P	A	49.992	SE 84 9 0

REGLA DE LA BRUJULA

N(+)	PROY. SIN CORREGIR		W(-)	CORRECCIONES	
	S(-)	E(+)		X	Y
	10.178	123.800		0.010	-0.008
141.872		8.884		0.011	0.009
14.297			109.827	-0.009	0.007
	3.492		7.546	-0.001	-0.001
13.916			139.827	-0.011	0.009
14.188			122.004	-0.010	0.008
30.178			246.373	-0.019	0.016
	370.829		9.279	-0.029	-0.024
6.915		31.850		0.003	0.002
3.171		90.801		0.007	0.006
38.633		56.598		0.005	0.004
	2.684	43.678		0.003	-0.003
145.592		15.516		0.011	0.009
	7.917	120.796		0.009	-0.008
	8.441	93.053		0.007	-0.006
	5.095	49.732		0.004	-0.003

N(+)	PROY. CORREGIDAS		W(-)	COORDENADAS	
	S(-)	E(+)		X	Y
	10.186	123.810		10025.860	10445.480
141.881		8.895		10149.670	10435.290
14.304			109.836	10158.570	10577.180
	3.493		7.547	10048.730	10591.480
13.925			139.838	10041.180	10587.990
14.196			122.013	9901.344	10601.910
30.194			246.392	9779.330	10616.110
	370.853		9.307	9532.938	10646.300
6.917		31.852		9523.630	10275.450
3.177		90.808		9555.482	10282.370
38.637		56.603		9646.290	10285.540
	2.687	43.681		9702.894	10324.180
145.601		15.528		9746.574	10321.490
	7.925	120.805		9762.102	10467.090
	8.447	93.060		9882.908	10459.170
	5.099	49.736		9975.968	10450.720

ERROR EN 'X' = 0.14835
 ERROR EN 'Y' = 0.12321
 ERROR TOTAL = 0.19285
 PRECISION = 0.000101
 AREA = 134128.00 m²

7.2 CALCULO DE RADIACIONES.

El programa calcula partiendo de los rumbos y distancias las proyecciones y las coordenadas de todas las radiaciones.

Los datos para la prueba del programa fueron tomados de los registros correspondientes a la brigada cinco y referidos en el capítulo uno.

Listado del programa.

Archivo secuencial.

```

10 CLS
20 INPUT "NUMERO DE OBSERVACIONES";NO
30 DIM ES$(NO),PO$(NO),LO(NO),RB$(NO),GR(NO),MI(NO),SE(NO),PY(NO),PX(
NO),X(NO),Y(NO)
40 PI=3.1415926#
50 FOR I=1 TO NO
60 INPUT "ESTACION";ES$(I)
70 INPUT "PUNTO OBSERVADO";PO$(I)
80 INPUT "LONGITUD"; LO(I)
90 INPUT "RUMBOS";RB$(I)
100 INPUT "GRADOS";GR(I)
110 INPUT "MINUTOS";MI(I)
120 INPUT "SEGUNDOS";SE(I)
130 NEXT I
140 INPUT "COORDENADA X";X(I)
150 INPUT "COORDENADA Y";Y(I)
160 INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS";NOMBRE$
170 OPEN "0",# 1,"B:"+NOMBRE$+".DAT":PRINT # 1,NO
180 FOR I=1 TO NO:PRINT# 1,ES$(I):PRINT# 1,PO$(I):PRINT# 1,LO(I):PRINT# 1,RB$(I)
190 PRINT# 1,GR(I):PRINT# 1,MI(I):PRINT# 1,SE(I):NEXT I
200 PRINT# 1,X(I):PRINT# 1,Y(I)
210 CLOSE # 1

```

Programa procesador y ejecutor de operaciones.

```

10 CLS: INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE SALIDA";NOMBRE$
20 CLS: INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE ENTRADA";DATOS$
30 CLS
40 OPEN "1",# 1,"B:"+DATOS$+".DAT":INPUT# 1,NO
50 OPEN "0",# 2,"B:"+NOMBRE$+".LIS"
60 DIM ES$(NO),PO$(NO),LO(NO),RB$(NO),GR(NO),MI(NO),SE(NO),PY(NO),PX(
NO),X(NO),Y(NO)
70 PI=3.1415926#
80 FOR I=1 TO NO
90 INPUT # 1,ES$(I)
100 INPUT# 1,LO(I)
110 INPUT# 1,LO(I)
120 INPUT# 1,RB$(I)
130 INPUT# 1,GR(I)
140 INPUT# 1,MI(I)
150 INPUT# 1,SE(I)
160 NEXT I
170 INPUT# 1,X(I)
180 INPUT# 1,Y(I)
190 CLOSE# 1

```

```

200 FOR I=1 TO NO
210 AN=(PI/180)*X(GR(I)+(MI(I)/60)+(SE(I)/3600))
220 PX(I)=LQ(I)*SIN(AN)
230 PY(I)=LQ(I)*COS(AN)
240 IF LEFT$(RB$(I),1)="S" THEN PY(I)=-1*PY(I)
250 IF RIGHT$(RS$(I),1)="W" THEN PX(I)=-1*PX(I)
260 NEXT I
270 FOR I=1 TO NO
280 IF SIGN(PX(I))=0 THEN SX=1 ELSE SX=-1
290 IF SIGN(PY(I))=0 THEN SY=1 ELSE SY=-1
300 NEXT I
310 FOR I=2 TO NO
320 X(I)=X(I-1)+PX(I-1)
330 Y(I)=Y(I-1)+PY(I-1)
340 NEXT I
350 AR=0
360 FOR I=1 TO NO-1
370 AR=AR+X(I)*Y(I+1)-X(I+1)*Y(I)
380 NEXT I
390 AR=AR+X(NO)*Y(1)-X(1)*Y(NO)
400 AR=AR/2
410 PRINT# 2, "D A T O S":PRINT# 2, ""
420 PRINT# 2, TAB(5); "ESTACION"; TAB(18); "P.O."; TAB(26); "LONGITUD"; TAB(45); "RUMBO"
430 PRINT# 2, "":FOR I=1 TO NO:PRINT# 2, TAB(8); ES$(I); TAB(20); PO$(I); TAB(25);
440 PRINT# 2, USING"#####.###"; LQ(I);
450 PRINT# 2, TAB(43); RB$(I);:PRINT# 2, USING"###"; GR(I); MI(I); SE(I)
460 NEXT I
470 PRINT# 2, "":FOR I=1 TO 60:PRINT# 2, "-";:NEXT I:PRINT# 2, "":PRINT# 2, ""
480 PRINT# 2, "":PRINT# 2, ""
490 PRINT# 2, TAB(15); "PROYECCIONES"
500 PRINT# 2, TAB(4); "N(+); TAB(14); "S(-); TAB(24); "E(+); TAB(34); "W(-)"
510 PRINT# 2, "":FOR I=1 TO NO:IF PY(I)<0 THEN PRINT# 2, TAB(11); ELSE
PRINT# 2, TAB(1);
520 PRINT# 2, USING"#####.###"; ABS(PY(I));
530 IF PX(I)<0 THEN PRINT# 2, TAB(31); ELSE PRINT# 2, TAB(21);
540 PRINT# 2, USING"#####.###"; ABS(PX(I));
550 NEXT I
560 PRINT# 2, "":FOR I=1 TO 60:PRINT# 2, "-";:NEXT I:PRINT# 2, "":PRINT# 2, ""
570 PRINT# 2, TAB(17); "COORDENADAS"
580 PRINT# 2, TAB(14); "X"; TAB(29); "Y":PRINT# 2, ""
590 FOR I=1 TO NO
600 PRINT# 2, TAB(10);:PRINT# 2, USING"#####.###"; X(I);:PRINT# 2, TAB(25)
:PRINT# 2, USING"#####.###"; Y(I)
610 NEXT I
620 FOR I=1 TO 60:PRINT# 2, "-";:NEXT I:PRINT# 2, ""
630 PRINT# 2, "AREA =";:PRINT# 2, USING"#####.###"; ABS(AR)
640 CLOSE
650 END

```

7.2.1 Archivo de datos correspondientes a las radiaciones hechas por la brigada cinco.

Datos de la manzana uno. (Ver capítulo uno, figura No. 7).

```

12
1
2
106.152
N#1
84
39
0

```

2
3
2.228

SW
53
2
0
3
1'
64.927

SW
8
9
0
1'
1"
56.92

SW
9
40
0
1"
3'
16.172

SW
7
36
0
3'
1"
116.593

SE
84
50
0
1"
2'
2.251

NE
47
53
0
2'
5
22.743

NE
1
55
0
5
4
67.181

NE
3
26
0
4
3
20.16

NE
5
59
0
3
2

12.43
NE
6
6
0
2
1
14.833
NE
9
16
0
10032.9
10585.82

Datos de la manzana dos. (Ver capítulo uno, figura No. 8).

11
6
2
135.405
NW
84
19
0
2
3
2.535
SW
51
44
0
3
9
137.726
SW
7
12
0
9
10
1.365
SE
39
3
0
10
1
73.97
SE
84
50
0
1
4
5.22
SE
86
29
0
4
8

52.954

SE
84
16
0
8
9

1.454

NE
52
15
0
9
2

77.781

NE
10
10
0
2
3

19.591

NE
7
21
0
3
6

41.46

NE
5
46
0

9915.231

10596.9

Datos de la manzana tres. (Ver capítulo uno, figura No. 9).

7
6
7

10.302

NW
88
47
0
7
2

100.724

NW
82
54
0
2
11

51.695

SW
4
43
0
11
19

92.429
SW
7
18
0
19
20
.64
SE
38
40
0
20
16
107.712
SE
85
30
0
16
6
140.686
NE
7
32
0
9771.821
10611.17

Datos de la manzana cuatro. (Ver capítulo uno, figura No. 10)

27
7
1
59.853
NW
83
51
0
1
1'
.88
SW
6
8
0
1'
3
91.75
NW
84
9
0
3
3'
89.211
SW
81
40
0
3'
14

355.644

SW

1

41

0

14

15

2.301

SE

39

43

0

15

9

25.643

NE

82

7

0

9

6

73.485

NE

88

0

0

6

5

15.467

NE

81

49

0

5

4

15.371

NE

63

2

0

4

3

46.679

NE

59

20

0

3

8

29.345

NE

78

26

0

8

9

12.904

SE

85

49

0

9

12

3.111

NE
50
29
0
12
27
52.697

NE
5
26
0
27
28
55.495

NE
9
57
0
28
28'
23.338

NE
9
28
0
28'
25
.79

SE
81
37
0
25
26
12.423

NE
8
23
0
26
26'
0.79

NW
81
37
0
26'
12'
26.853

NE
8
2
0
12'
13
21.492

NE
6
36
0
13
14'
18.88
NE

5
 36
 0
 14'
 15
 37.017
 NE
 7
 37
 00
 15
 4
 22.528
 NE
 6
 7
 0
 4
 6'
 14.601
 NE
 3
 44
 0
 6'
 7
 .771
 NW
 33
 54
 0
 9653.65
 10624.77

7.2.3 Prueba del programa.

MANZANA 1

D A T O S

ESTACION	P.O.	LONGITUD	RUMBO
1		106.152	NW 84 39 0
2		2.228	SW 53 2 0
3		64.927	SW 8 9 0
1'		56.920	SW 9 40 0
1"		16.172	SW 7 36 0
3'		116.593	SE 84 50 0
1"		2.251	NE 47 53 0
2'		22.743	NE 1 55 0
5		67.181	NE 3 26 0
4		20.160	NE 5 59 0
3		12.430	NE 6 6 0
2		14.833	NE 9 16 0



N(+)	PROYECCIONES		W(-)
	S(-)	E(+)	
9.898			105.690
	1.340		1.780
	64.271		9.204
	56.112		9.558
	16.030		2.139
	10.500	116.119	
1.510		1.670	
22.730		0.761	
67.060		4.023	
20.050		2.101	
12.360		1.321	
14.639		2.389	

COORDENADAS	
X	Y
10032.900	10585.820
9927.211	10595.720
9925.431	10594.380
9916.227	10530.110
9906.669	10473.990
9904.530	10457.960
10020.650	10447.460
10022.320	10448.970
10023.080	10471.700
10027.100	10538.770
10029.210	10558.820
10030.530	10571.170

AREA = 15492.00 m²

MANZANA 2

D A T O S

ESTACION	P.O.	LONGITUD	RUMBO
6		135.405	NW 84 19 0
2		2.535	SW 51 44 0
3		137.726	SW 7 12 0
9		1.365	SE 39 3 0
10		73.970	SE 84 50 0
1		5.220	SE 86 29 0
4		52.954	SE 84 16 0
8		1.454	NE 52 15 0
9		77.781	NE 10 10 0
2'		19.591	NE 7 21 0
3'		41.460	NE 5 46 0

N(+)	PROYECCIONES		W(-)
	S(-)	E(+)	
13.409			134.739
	1.570		1.990
	136.640		17.262
	1.060	0.860	
	6.661	73.669	
	0.320	5.210	
	5.290	52.689	
0.890		1.150	
76.560		13.729	
19.430		2.506	
41.250		4.166	

COORDENADAS	
X	Y
9915.231	10596.900
9780.492	10610.310
9778.502	10608.740
9761.240	10472.100
9762.101	10471.040
9835.771	10464.380
9840.981	10464.060
9893.670	10458.770
9894.819	10459.660
9908.549	10536.220
9911.055	10555.650

AREA = 19144.00 m²

MANZANA 3

D A T O S

ESTACION	P.O.	LONGITUD	RUMBO
6		10.302	NW 88 47 0
7		100.724	NW 82 54 0
2		51.695	SW 4 43 0
11		92.429	SW 7 18 0
19		0.640	SE 38 40 0
20		107.712	SE 85 30 0
16		140.686	NE 7 32 0

N(+)	PROYECCIONES		W(-)
	S(-)	E(+)	
0.219			10.300
12.450			99.952
	51.520		4.251
	91.680		11.744
	0.500	0.400	
	8.451	107.380	
139.472		18.444	

COORDENADAS	
X	Y
9771.821	10611.170
9761.521	10611.390
9661.571	10623.840
9657.319	10572.320
9645.574	10480.640
9645.974	10480.140
9753.354	10471.690

AREA = 15460.00 m²

MANZANA 4

DATOS

ESTACION	P.O.	LONGITUD	RUMBO
7		59.853	NW 83 51 0
1		0.880	SW 6 8 0
1'		91.750	NW 84 9 0
3		89.211	SW 81 40 0
3'		355.644	SW 1 41 0
14		2.301	SE 39 43 0
15		25.643	NE 82 7 0
9		73.485	NE 88 0 0
6		15.467	NE 81 49 0
5		15.371	NE 63 2 0
4		46.679	NE 59 20 0
3"		29.345	NE 78 26 0
8		12.904	SE 85 49 0
9'		3.111	NE 50 29 0
12		52.697	NE 5 26 0
27		55.495	NE 9 57 0
28		23.338	NE 9 28 0
28'		0.790	SE 81 37 0
25		12.423	NE 8 23 0
26		0.790	NW 81 37 0
26'		26.853	NE 8 2 0
12'		21.492	NE 6 36 0
13		18.880	NE 5 36 0
14'		37.017	NE 7 37 0
15		22.528	NE 6 7 0
4		14.601	NE 3 44 0
6'		0.771	NW 33 54 0

N(+)	PROYECCIONES		W(-)
	S(-)	E(+)	
6.412			59.509
	0.875		0.094
9.352			91.272
	12.930		88.269
	355.491		10.447

	1.770	1.470	
3.517		25.401	
2.565		73.440	
2.202		15.310	
6.970		13.700	
23.808		40.151	
5.884		28.749	
	0.941	12.870	
1.980		2.400	
52.460		4.990	
54.660		9.589	
23.020		3.838	
	0.115	0.782	
12.290		1.811	
0.115			0.782
26.589		3.753	
21.350		2.470	
18.790		1.842	
36.690		4.906	
22.400		2.400	
14.570		0.951	
0.640			0.430

COORDENADAS

X	Y
9653.651	10624.770
9594.142	10631.180
9594.047	10630.310
9502.774	10639.660
9414.505	10626.730
9404.058	10271.240
9405.528	10269.470
9430.929	10272.990
9504.369	10275.550
9519.679	10277.750
9533.379	10284.720
9573.530	10308.530
9602.279	10314.420
9615.149	10313.470
9617.549	10315.450
9622.539	10367.910
9632.128	10422.570
9635.967	10445.590
9636.748	10445.480
9638.559	10457.770
9637.778	10457.880
9641.530	10484.470
9644.001	10505.820
9645.844	10524.610
9650.750	10561.300
9653.151	10583.700
9654.102	10598.270

AREA = 78556.00 m²

CONCLUSIONES.

El trabajo presentado es una síntesis de los trabajos realizados en Prácticas Generales. El aporte de este trabajo es el de servir como guía y ayudar a prevenir fallas en prácticas posteriores.

En los trabajos destinados a poligonación es importante que las brigadas estén de acuerdo en los vértices que serán tomados como comunes entre una y otra. De tal manera que a la hora de realizar cálculos y dibujo los resultados sean los esperados. Lo mismo ocurre para configuración cuando se trata de un trabajo conjunto. De lo contrario resultan pérdidas de tiempo y problemas innecesarios.

En los aspectos técnicos de las prácticas que requieren de cálculos es recomendable el uso de calculadoras para optimizar tiempo.

En las prácticas de astronomía es recomendable que de acuerdo al estado del tiempo se tenga especial cuidado con la programación de los días para llevar a cabo las observaciones.

En las prácticas dedicadas a Geodesia es de suma importancia:

1.- Llevar a cabo un reconocimiento de la zona eliminando los vértices donde la intervisibilidad no es segura.

2.- Obtener permisos con las autoridades correspondientes para la ocupación de los vértices geodésicos elegidos.

3.- Llevar un control estricto de los alimentos necesarios para cada brigada, así como también tomar en cuenta si son apropiados o no.

4.- Llevar un control de los datos observados por brigada y revisar éstos en cada vértice.

-Se debe de realizar una revisión de los trabajos entregados por las brigadas, tener en cuenta aquellos que no cumplan con las indicaciones establecidas y separar aquellos que estén incompletos.

BIBLIOGRAFIA.

Raymond E. Davis, W. Kelly
Topografía Elemental
CECSA
México, 1981
Séptima impresión.

Milton O. Schmidt, William Horace Rayner
Fundamentos de Topografía.
CECSA
México, 1983
Primera edición en español

B. Austin Barry.
Topografía aplicada a la construcción
Ed. Linusa
México 1982
Primera impresión.

Raymond E. Davis, et al.
Surveying Theory and Practice
Ed. McGraw-Hill
United States of America, 1968
Sixth Edition

Sabro Higashida Miyabara
Topografía General
SEP
México, 1972.