

FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

PROGRAMA

CURSO TOPOGRAFIA APLICADA A LAS VIAS TERRESTRES
 FECHA 7-9 SEPTIEMBRE'94 LUGAR JALAPA, VER.
 INSTITUCION SCT. DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

FECHA	HORARIO	TEMA	EXPOSITOR
		INTRODUCCION A LA TOPOGRAFIA MODERNA	ING. JOSE MANUEL ALBO LARA
		LA FOTOGRAMETRIA Y APOYO TERRESTRE	
		METODOS DE LEVANTAMIENTOS TRADICIONALES Y MODERNOS	
		PRECISIONES Y TOLERANCIAS	
		CALCULOS	
		INSTRUMENTOS TRADICIONALES Y MODERNOS	
		NIVELACION GEOMETRICA Y GRIGONOMETRICA	
		INTERPRETACION DEL PLANO CONFIGURADO	
		SECCIOENS TRANSVERSALES	
		DEFINICION DE LA GEOMETRIA DEL SECCIONAMIENTO DE CONSTRUCCION	



FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

PROGRAMA

CURSO TOPOGRAFIA APLICADA A LAS VIAS TERRESTRES

FECHA 7-9 SEPTIEMBRE '94 LUGAR JALAPA, VER.

INSTITUCION SCT DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

FECHA	HORARIO	TEMA	EXPOSITOR
		ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL	ING. JOSE MANUEL ALBO LARA
		TRAZO DEL EJE DEL PROYECTO ACEPTADO	
		SECCIONES DE CONSTRUCCION	
		CURVA MASA	
		ORIENTACION ASTRONOMICA	





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
DEPARTAMENTO DE CURSOS INSTITUCIONALES**

**SCT DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
COORDINACION GENERAL DE ADMINISTRACION**

7 AL 9 DE SEPTIEMBRE DE 1994

TOPOGRAFIA APLICADA A LAS VIAS TERRESTRES

**ING. J. MANUEL ALBO LARA
JALAPA, VER.**

C A P I T U L O I I

Levantamientos Topográficos para la obtención del plano.

Los problemas que se resuelvan al hacer el levantamiento topográfico ~~de construcción~~ consiste en la medición de distancias y ángulos, los cuales se representan en el papel para obtener los planos.

De la manera con que se combinan los distintos procedimientos de medida, se forman los distintos métodos aplicables, los cuales tienen un valor teóricamente igual en cada caso de aplicación y — únicamente variando según los instrumentos usados, ya que cada instrumento tiene una manera distinta de influir en los errores.

Antes de iniciar todo trabajo de topografía, hay que observar que los instrumentos que se vayan a usar cumplan, con ciertas normas que garanticen en parte, que el trabajo que se haga es el correcto.

Entre las cosas que hay que tener en cuenta se mencionan:

Que las cintas de lienzo o de acero den la distancia correcta ya sea usando las condiciones que se mencionan al compararlas ó — bien usando cintas nuevas, las cuales se supone que son correctas de fábrica.

Que se utilicen instrumentos que faciliten el trabajo como — usar plomadas, balizas, fichas, dinamómetros, etc.

Que cuando se emplea teodolito debe estar corregido ó corregirse para cometer el mínimo de errores instrumentales.

Sin embargo todas las posibles recomendaciones, salen sobrando si al hacer los levantamientos el ingeniero no tiene el cuidado suficiente y comete movimientos torpes ó no comprueba sus lecturas

C O M P R O B A C I O N :

Todo cálculo o trabajo de campo debe comprobarse por cualquier método o manera de las usuales, en el caso del cálculo se comprueba de la siguiente manera.

- 1.- Se suman las lecturas angulares.
- 2.- Se efectúa la operación de $180^\circ (n-1)$ siendo (n) el número de lados.
- 3.- Se restan las lecturas angulares del valor obtenido en el inciso (2) obteniéndose un valor.
- 4.- Esta diferencia debe ser igual al azimut del último lado menos el primero.
- 5.- Si existen errores de cálculo o de campo estas diferencias no son iguales.
- 6.- Cuando no es posible efectuar la resta a causa de que un número sea menor que otro, se agregan 360° .

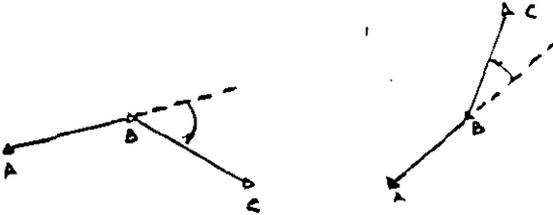
M E T O D O D E D E P L E X I O N E S .

Este método de medida de ángulos tiene grandes ventajas a causa de su sencillez al aplicarlo en el campo; su procedimiento es como sigue:

- 1°.- Se hace estación en un vértice de poligonal.
- 2°.- Se centra y nivela el instrumento.
- 3°.- Se pone el índice del vernier en coincidencia con el cero de la graduación.
- 4°.- Se fija el movimiento del limbo.
- 5°.- Se dirige la visual al punto de atrás.
- 6°.- Se fija el movimiento del limbo.
- 7°.- Se gira el anteojo alrededor del eje de alturas para que la línea de COLIMACION quede en la prolongación del lado observado hacia atrás o sea se da vuelta de campana.

8°.- Se dirige la visual al punto siguiente con el movimiento de la alidada.

9°.- Se lee el ángulo llamado deflexión.



Según lo ilustrado en estas figuras las deflexiones pueden ser derechas o izquierdas o según el caso.

Los instrumentos como el KEUFFEL son ideales para aplicar este método ya que viene graduado de 0° a 180° en ambos sentidos.

Se aplica para trazo de ejes de vía, para curvas, etc.

CALCULO DE RUMBOS CUANDO LOS ANGULOS MEDIDOS SON DEFLEXIONES.

Para calcular los rumbos cuando se utiliza este método de medida de ángulos, se pueden seguir los siguientes pasos:

- 1°.- Observar en que cuadrante está el punto a considerar.
- 2°.- Si está en el cuadrante NE o SW se restan las deflexiones derechas y se suman las deflexiones izquierdas.
- 3°.- Si están en el cuadrante NW ó SE se restan las deflexiones derechas y se suman las izquierdas.
- 4°.- Si la suma del rumbo excede de 90° se toma el suplemento .
- 5°.- Hay que recordar que los rumbos se miden a la derecha ó a la izquierda a partir del norte o del sur y que estos no pueden ser mayores de 90°, por lo tanto si un ángulo, medido a partir del sur toma el valor de 105° entonces el rumbo cambiará de letras la S por la N ó viceversa.
- 6°.- Cuando resulta, al restar a la deflexión del rumbo, una resta negativa, entonces se cambia E por la W o viceversa.

- a) Que se trabaje con el aparato corregido.
- b).-Que no se hagan movimientos torpes que puedan perjudicar el trabajo.
- c).-Que todos los ángulos se midan cuando menos dos veces.

Este último inciso tuve la oportunidad de comprobarlo plenamente, pues cuando se midieron los ángulos de los detalles y calcularlos posteriormente no coincidían con la realidad, lo que implicó volver al campo a repetir alguna parte.

Los croquis en estos casos fueron de gran auxilio.

S U M A D E L O S A N G U L O S .

Para comprobar si nuestra poligonal estaba cerrada se hizo la suma de los ángulos la cual resultó ser de:

6839° 57'

CONDICIONES DE CIERRE ANGULAR.

Por otra parte, toda poligonal debe cumplir con la siguiente - condición Geométrica si es que está cerrada angularmente:

PARA ANGULOS INTERIORES.

$$180^\circ (n - 2)$$

Siendo n el número de vértice de la poligonal.

En nuestro caso el número de vértices de la poligonal envolviente fué de 40.

Por lo tanto $n = 40$

pero como en la fórmula está $(n - 2)$

entonces $40 - 2 = 38$

Comparando la suma de los ángulos con el valor de la condición de cierre de la poligonal se tiene.

$$e = 3840^\circ - 3839^\circ 57' = 0^\circ 03'$$

Siendo e el error de cierre angular, el cual fué de 3' ángulos con el valor de $180 (n-2)$ esto es, así se miden ángulos interiores,

pero si los ángulos son exteriores la condición cambia a :

$$180^\circ (n + 2)$$

Y lo que se hace es comparar en igual forma los ángulos exteriores obtenidos con la condición Geométrica.

C O M P E N S A C I O N A N G U L A R . .

El error de 3' obtenido en la suma de ángulos medidos, y ésta dentro de la tolerancia angular por lo tanto se puede compensar.

El criterio que seguimos para compensar estos ángulos fué simplemente de hacerlo donde el promedio de los ángulos no dió exactamente el valor lo cual anotamos en el registro de datos, estos ángulos fueron los medidos en el vértice 219 en el cual se obtuvo 195° 04' 30" el cuál se compensó a 195° 05'.

Así mismo se compensó el ángulo en el vértice 287 y en el vértice 208.

PROCEDIMIENTO SEGUIDO EN EL CALCULO DE LOS RUMBOS DE LA POLIGONAL ENVOLVENTE DEL PUEBLO DE LA MAGDALENA ATLAXOLPA.

El primer rumbo de un lado fué obtenido por observaciones astronómicas, obtenidas observado el sol, después se propagó el rumbo a toda la poligonal por medio del cálculo.

El método de cálculo de rumbos que se sigue es el siguiente:

- 1.- Se toma el rumbo inverso del lado conocido.
- 2.- Si se sigue un recorrido en el sentido de las manecillas del reloj y si dicho rumbo es el primer cuadrante, o el tercer cuadrante, los ángulos medidos como son a la derecha se suman al rumbo inverso.

- 3°.- Si el rumbo inverso cae en el segundo o cuarto cuadrante los ángulos que se miden a la derecha se restan.
- 4°.- Para saber cuál es el rumbo del lado que corresponde al sur ó restar, sólo hay que fijarse en la primera letra del rumbo inverso y eso indica si el ángulo debe contarse a partir del norte o del sur, e inmediatamente se conoce, y se sabe si hay que restar de 180° o no.

El procedimiento ilustrado se comprobará con el ejemplo del cálculo de rumbos del pueblo, para lo cuál lo mostramos, ya compensados los ángulos:

CALCULO DE ANGULOS CONOCIDOS LOS RUMBOS.

Siempre es de gran importancia calcular los ángulos cuando -- únicamente se conocen los rumbos, ó bien puede hacerse para comprobar en una poligonal sus condiciones de cierre..

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- 1.- Se toma un rumbo inverso y se sigue un recorrido a la derecha.
- 2.- Si el rumbo inverso es NE y el del lado siguiente es SW - se le suma al rumbo inverso 180° y se le resta el rumbo - SW.
- 3.- Si el rumbo inverso es NE y el siguiente SE se suma NE -- más SE más 180° .
- 4.- Para mayor facilidad mostramos las operaciones que hay -- que seguir tomando en cuenta que el primer rumbo es el inverso.
- 5.- Cuando los ángulos caen en el mismo cuadrante se resta -- uno de otro.

NE	+	180°	-	SW
NE	+	SE	-	180°
NW	+	NE	-	360°
NW	+	SW	-	180°
SW	+	SE	-	
SW	+	180°	-	NE
NE	-	NW		
NW	-	180°	+	SE
SW	+	NW	+	180°
SE	+	SW	-	360°
SE	-	180°	+	NW
SE	+	NE	-	180°

La aplicación de estas indicaciones es sencilla y da por resultado el conocimiento de los ángulos de una poligonal.

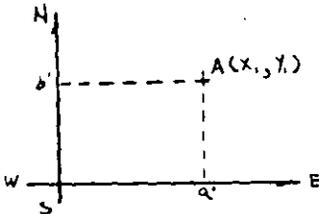
Se trató de obtener cierta precisión y que esta comparativamente fuera buena.

Otros aspectos interesantes se conocen cuando se calcula una poligonal por coordenadas por eso mostramos el principio de varios elementos que se deducen de las coordenadas.

USO DE LAS COORDENADAS.

Sin discusión el mejor método para obtener los puntos de un terreno es el método por Coordenadas, este método consiste en referir sobre un Sistema de Coordenadas Rectangulares los puntos de un terreno, sobre el que puede estar contenido, un pueblo, -- Una ciudad o una colonia, etc.

La orientación de estos ejes del sistema, se acostumbra en Topografía a referirlos al Norte astronómico, Norte Magnético -- debe evitarse siempre.



Sea el punto A en el cuál se conocen sus coordenadas, es decir la distancia que hay desde el origen del sistema a la proyección del punto sobre cada uno de los ejes. El punto A se proyecta sobre el eje E-W en el punto a' con una distancia a partir del origen de X, y sobre el eje N-S se proyecta el punto como A con una distancia de Y por lo tanto las coordenadas del punto A son: X y Y, las cuales se representan como:

$$A (X_1, Y_1)$$

En muchas ocasiones hay necesidad de obtener las coordenadas de muchos puntos o efectuar operaciones con estas para determinar distancias, ángulos, y cualquier otro problema que se presente.

En geometría se acostumbra medir los ángulos a partir del eje de las X, el cuál corresponde en topografía al eje E-W, sin embargo en topografía se acostumbra medir los ángulos a partir del eje de las Y, o sea del eje Norte-Sur.

Recordando que los azimutos se miden a partir del norte -- en el sentido de las manecillas del reloj o sea a la derecha y que dicho azimur puede valer de 0° a 360°, entonces un ángulo -- de una línea es α , y sus proyecciones sobre los ejes son:

L seno α , con el eje X.

y

L coseno α , con el eje y.

el primero es la proyección para el eje S-W, y el segundo para el eje N-S.

Si el punto A tiene sus coordenadas (x_1, y_1) y el punto B también queda definido por sus coordenadas (x_2, y_2) entonces se puede conocer el ángulo que forma con la dirección Norte ó sea su AZIMUT, el cual queda dado por la fórmula:

$$\text{Tangente de } \angle AB = \frac{\frac{x_2 - x_1}{2}}{\frac{y_2 - y_1}{2}}$$

O bien si se desea encontrar la distancia que hay entre -- los dos y únicamente se conocen sus coordenadas, entonces esta distancia se calcula por la siguiente fórmula.

$$\text{Distancia} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

En una poligonal cerrada las proyecciones de los puntos sobre los ejes deben coincidir, por ejemplo: con el último, si esto no sucede así, es que existe error y este se determina por la siguiente diferencia:

Error en X = Suma de Proyecciones en E menos suma de proyecciones en W.

Error en Y = Suma de proyecciones en N menos suma de proyecciones en S.

El signo del error es algebraico, es decir, se toma el signo de la suma de proyecciones que domina.

ERROR TOTAL EN UNA POLIGONAL CERRADA.

El error que existe en una poligonal que en el campo se midieron en longitudes, por lo cual se denomina cerrada, es el siguiente:

$$\text{ERROR TOTAL} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

Siendo:

E_x, E_y : El error en X y en Y obtenido de la diferencia de las sumas de proyecciones.

P R E C I S I O N E S .

La precisión se obtiene al aplicar la siguiente fórmula:

$\text{Precisión} = \frac{\text{ERROR TOTAL.}}{\text{Distancia Total.}}$
--

La distancia total es el perímetro medido de la poligonal.

COMPENSACION DE LAS POLIGONALES.

Las poligonales deben compensarse cuando no se cumple la - condición de que las sumas de las proyecciones sobre cada uno - de los ejes debe ser nula.

Para poder compensar la poligonal se puede seguir cualquier - ra de estas fórmulas:

$$\frac{Cx}{Ex} = \frac{l}{EL} \quad \text{y} \quad \frac{Cy}{Ey} = \frac{l}{EL}$$

En las cuáles:

Cx, Cy : Son las correcciones que se hacen a cada lado.

Ex, Ey : Los errores en los ejes.

EL : La suma de los lados de la poligonal.

l : La longitud de cada lado.

De las fórmulas se despeja las Cx y Cy.

A estas correcciones se llaman "POR REGLA DE LA BRUJULA"

También se pueden compensar las proyecciones teniendo en - cuenta que:

La corrección a la proyección de un lado es al error en el eje considerado como la proyección del lado es a la suma aritmética de todas la proyecciones, en cada eje.

Esta manera de corregir las poligonales recibe el nombre - de regla del tránsito.

P O L I G O N A L E S D E R E L L E N O .

Las poligonales de relleno se hacen para obtener los da - tos interiores de la poligonal envolvente y sirven para apoyar el

levantamiento de los detalles.

Se calcula considerado los ángulos y los lados, y además se debe contar con un rumbo conocido, que bien puede ser el de un lado de la poligonal envolvente.

Para su levantamiento en el terreno se procede como sigue:

- 1°.- Se estaciona el instrumento en un vértice de la poligonal envolvente.
- 2°.- Se nivela y centra en estación el instrumento.
- 3°.- Se hace coincidir el cero del limbo con el cero de la alidada.
- 4°.- Se dirige la visual a otro vértice de la poligonal envolvente y se fija el movimiento general del instrumento, quedando así fijo el cero de la alidada coincidiendo con la dirección de los dos vértices de la poligonal envolvente.
- 5°.- Con el movimiento del limbo se observa el vértice interior.
- 6°.- Se lee el ángulo y la distancia.
- 7°.- Se traslada el instrumento al otro vértice interior hasta llegar, a otro vértice de la poligonal envolvente.
- 8°.- Al calcular las coordenadas de los vértices interiores y llegar finalmente al vértice de la poligonal envolvente, ahí se comprueba.

La diferencia de coordenadas del punto de llegada y el fijo por la poligonal envolvente, proporciona el error de la poligonal de relleno.

ESTUDIO DE LOS VÉRTICES.

Las coordenadas de los vértices se obtienen:

Para y sumando las proyecciones en N y restando las en S, si

la poligonal está cerrada la proyección última calculada coincidirá con la primera.

Para x se suman las proyecciones en E y se restan las proyecciones en S .

Hay que aclarar sin embargo que todos los vértices se ven afectados de errores pequeños, y tolerables pues en caso contrario no podría efectuarse el cálculo pues no sería correcto el resultado.

Por eso hay que efectuar las compensaciones de las proyecciones originales para transformarla en las proyecciones corregidas, de las cuales se deducen los coordenados de los puntos.

INCORPORACION DE PARTES AISLADAS AL PLANO GENERAL.

Entre los aspectos más importantes para obtener la planimetría de un pueblo o colonia, se considera sin lugar a duda como la más importante a la obtención de la poligonal envolvente, y en segundo término a las poligonales secundarias o de relleno, ya que son la base para el levantamiento de todos los detalles; sin embargo, muchas veces se presenta un caso muy importante y es el de incorporar partes aisladas a un plano general.

Para lograr esto se puede ligar a la poligonal envolvente por cualquier método; las partes aisladas se pueden unir a los lados de la poligonal refiriéndolas ya sea por ángulos y distancia, por y ordenadas. y por cualquier otro método aplicable.

E L P L A N O .

Con los datos obtenidos en el campo se pasa al papel, si se tiene el cálculo de las coordenadas de los puntos del terreno y se hace una cuadrícula, los datos pueden dibujarse; o bien se pueden di

Muchos métodos hay para tratar de obtener el plano, sin embargo debe usarse el que proporcione el plano más apegado a la realidad de los terrenos que se dibujen.

L A S E S C A L A S .

Las escalas a las que hay que dibujar los planos que se usan para proyectar las obras de saneamiento, varían según las extensiones de las superficies por drenar, entre las más usuales son:

1 : 500
1 : 1000
1 : 2000

Para esto debe recordarse que las escalas están dadas por una relación que es:

Mag. Dib. = ESC.
MAG. Real

Para la aplicación de las escalas se presenta seguido esta pregunta ¿ Con cuál escala se representará tal distancia en el terreno ? la respuesta la da la aplicación correcta.

RESUMEN.

En resumen para obtener el plano de un terreno hay que efectuar estas operaciones:

- 1.- La poligonal envolvente.
- 2.- Azimut de las líneas.
- 3.- Cálculo de Rumbos.
- 4.- Cálculo de las coordenadas de los puntos.
- 5.- Compensación de la poligonal.
- 6.- Cálculo de las poligonales de relleno.
- 7.- Compensación de estas.

- 8.- Levantamiento de detalles.
- 9.- Obtención de las coordenadas.
- 10.- Escala adoptada.
- 11.- Dibujo de detalles.
- 12.- El plano terminado.

PROYECTOS. TOPOGRAFIA PARA

5.- TOPOGRAFIA PARA PROYECTOS

Cualquier estudio que se pretenda realizar y que no cuente con -- los datos que proporciona la Topografía, será un estudio de los denominados "en el aire" o "sobre las rodillas".

La Topografía es una ciencia y un arte que muestra la realidad, - pone al proyectista de obras en la base fundamental de su estudio, lo fi ja en el terreno donde va a ejecutar su obra, lo obliga a decisiones que de otra manera pasarían desapercibidas.

Todo profesional o técnico que trabaje en el ramo de proyectos - de obras de construcción deberá contar con un buen plano topográfico, - el cual debe ser elaborado a la escala que requieran las necesidades y - tipo de proyecto, con características y precisiones adecuadas para los determinados estudios.

5.1 Edificaciones

Se le llama edificación a toda obra constructiva que cuenta con to dos, o con algunos de los elementos siguientes:

- a) cimientos
- b) zapatas
- c) trabes
- d) columnas
- e) muros, losas, etc.

y las cuales pueden ser: una casa habitación, un edificio, una estructu- ra de servicio, una obra de protección, etc.

A una edificación se le pueden señalar las siguientes etapas:

- a) localización
- b) dimensionamiento del terreno
- c) características del terreno
- d) ubicación de la ó las estructuras
- e) comprobación de datos

Esto implica contar con:

- 1) plano de localización
- 2) plano indicando dimensiones del terreno (planimetría)
- 3) plano indicando puntos interesantes del terreno (altimetría)

- 4) plano con la ubicación de las estructuras
- 5) comprobación de datos

Desde luego que los datos planimétricos y altimétricos, así como la localización, pueden estar en un mismo plano en conjunto, y sobre éste proyectarse la ubicación de las estructuras, considerando los elementos de orientación y características geomorfológicas, u otras que se requieran.

El plano de localización puede obtenerse de cartografías de pueblos, ciudades, estados, etc. o bien de fotografías a determinada escala que realizan empresas gubernamentales o privadas, por medio de vuelos.

La planimetría puede obtenerse por varios métodos, pero según las características de los terrenos donde se va a realizar el proyecto, pueden clasificarse:

- a) para terrenos chicos
- b) para terrenos grandes

Los terrenos chicos pueden ser:

- 1) regulares
- 2) irregulares

Para obtener la planimetría de un terreno regular chico se pueden utilizar los siguientes métodos: el de triangulación, medición directa de los lados, diagonales.

Cualquiera que sea el método que se utilice requiere que se tomen en cuenta los siguientes elementos:

- a) que se consideren las edificaciones existentes
- b) que estas sirvan de apoyo para el levantamiento planimétrico que se pretende.

Las edificaciones existentes pueden encontrarse en zonas urbanas o rurales.

Si están en zonas urbanas, quiere decir que forman parte de un conjunto urbanístico, y por lo tanto hay que respetar los alineamientos; para esto, se debe tomar como punto de partida:

- a) los paramentos, guarniciones y calles
- b) las construcciones existentes que colindan con el terreno.

Guarnición

paramento existente			paramento existente
lote construído	posible terreno por levantar	zona de otro predio	lote construído

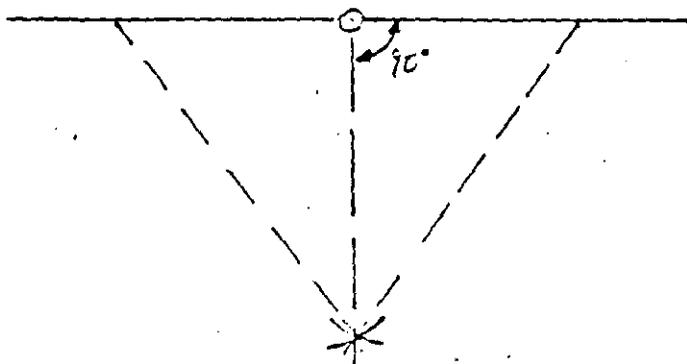
Conocidos los datos que proporciona la escritura del terreno, se procede del siguiente modo:

- 1) con cinta métrica o por medio de un hilo grueso se unen los paramentos existentes. El hilo indica cual es el paramento del predio.
- 2) tendiendo la cinta horizontal y tomando como origen el límite del paramento existente se mide el frente del terreno, colocando una estaca o trompo, que sirva como señal. Se puede marcar también, utilizando clavos, tachuelas, crayón o lápiz.
- 3) Teniendo la estaca o señal en el límite del terreno, se observa si el trazo es perpendicular a los paramentos, si es este el caso se puede indicar la perpendicular de la

Construc ción	%	estaca que limita el frente del predio	Construcción existente

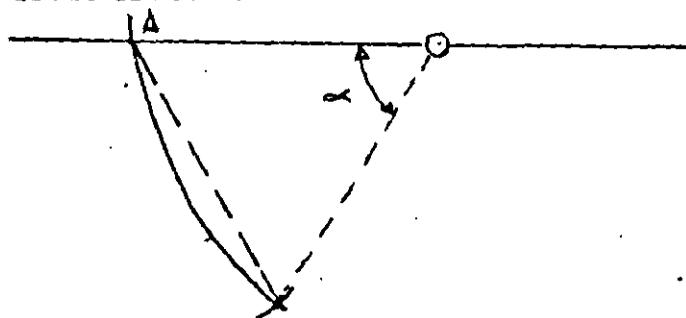
siguiente manera:

- a) Utilizando el triángulo que se forma con la cinta al tomar el cero y el 13 de la cinta y unirlo al paramamento marcado, el 3 de la cinta en el punto donde se va a levantar la perpendicular y tensio nando la cinta en el 7, es decir, se debe formar el triángulo 3, 4, 5.
- b) Midiendo a ambos lados del límite de paramamento una distancia y a partir de esta cruzar con otra



distancia dos líneas, tomando como eje de giro A y B donde se cortan y la estaca y la estaca, - esta la alineación de la perpendicular.

- c) Si el ángulo no fuera perpendicular al paramamento se puede seguir el proceso siguiente:
 1. Se mide una distancia cualquiera y pivoteando desde el límite se traza un semicírculo.

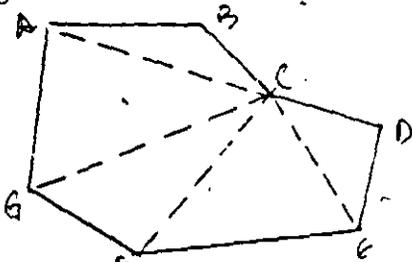


2. Se multiplica la distancia arbitraria por el seno de la mitad del ángulo por trazar.
3. Se toma el doble del valor obtenido que es la longitud de la cuerda.

4. Pivoteando esta magnitud desde "A" donde corta la línea curva A-B está la respuesta, o sea el valor angular pedido.

Con los alineamientos como base se procede a medir las longitudes y para que las figuras no se deformen se le da rigidez por medio de diagonales o de triángulos.

Para terrenos irregulares se recomienda el método de triangulaciones o de coordenadas, las cuales pueden obtenerse directamente sin ningún instrumento especial.



En el método de triangulaciones se trata de formar el número de triángulos que se requieran, midiendo todos los lados de los triángulos y calculando el área de cada triángulo por medio de la fórmula

LEVANTAMIENTO POR RADIAACIONES

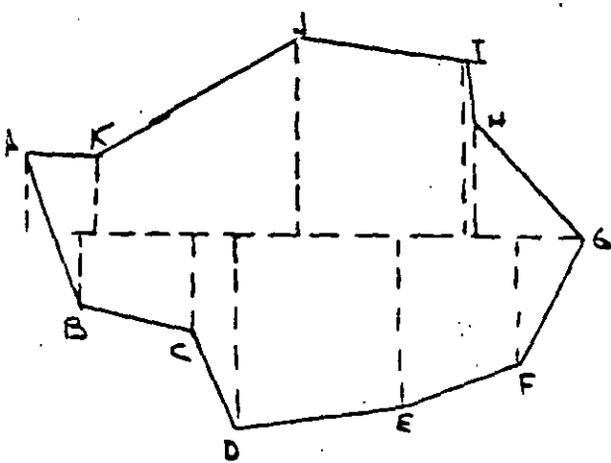
$$S = \sqrt{(p-a)(p-b)(p-c)p}$$

siendo $P = \frac{a + b + c}{2}$

y los valores angulares por la fórmula

$$\text{sen } \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{bc}}$$

En el caso de utilizar el método de coordenadas se procede de la siguiente manera:



LEVANTAMIENTO POR COORDENADAS

- a) se traza una línea recta que puede estar dentro o fuera del terreno
- b) A partir de ella se miden perpendiculares a cada uno de los vertices, siguiendo un orden de recorrido
- c) Se toma un origen para las abscisas y ordenadas
- d) Determinando las coordenadas del predio se pueden calcular todos los elementos y obtener área y angulos

VERTICE	COORDENADAS	
A	O	O
B	d ₁	y ₁
C	d ₂	y ₂
D	d ₃	y ₃
E	d ₄	y ₄
F	d ₅	y ₅
G	d ₆	y ₆
H	d ₇	y ₇
I	d ₈	y ₈
A	O ₉	O

En terrenos grandes en los que hay necesidad de utilizar instrumentos, éstos deben estar muy bien ajustados en su precisión. Se pueden seguir varios procedimientos para obtener el plano.

- a) se pueden hacer polígonos inferiores de apoyo y a partir de los vértices radiar los puntos interesantes del terreno.
- b) también se pueden realizar polígonos envolventes y desde ahí, obtener los puntos interiores.
- c) Se puede trazar una línea base y desde los extremos de ésta, interceptar puntos, conociendo las distancias de cada línea interceptada.

Por muy riguroso o sencillo que sea el procedimiento a seguir, siempre se tendrá que trabajar con longitudes y ángulos, los cuales, requieren que se tenga en cuenta que en topografía las distancias se miden horizontalmente, o si no es así, se reducen al horizonte, conociendo el ángulo vertical.

Los ángulos y la posición de las estructuras traen como consecuencia el conocimiento de lo que es rumbo y azimut.

Con los datos de longitudes y ángulos de un terreno se calculan las coordenadas de los vértices, y a partir de éstas se puede obtener el área

del predio y las distancias entre puntos. Debe notarse que en el proceso de cálculo, no es necesario llegar a las coordenadas para obtener el área de un polígono. Los métodos para el área se clasificarían así:

- a) de las proyecciones
- b) de las coordenadas

De las proyecciones los métodos más conocidos son el de "doble-distancia meridiana" y el de "doble distancia paralela".

De las coordenadas, está el de "productos cruzados" el de "diferencias de ordenadas" y "diferencia de absisas".

Otros métodos como lo es el del trapecio y el de triangulación se puede aplicar en terrenos grandes pero no es recomendable por las dificultades que encierran el tratar que los alineamientos sean paralelos o cumplan cierta condición geométrica.

Los datos altimétricos generalmente se obtienen por medio del uso de un nivel fijo y estadales.

Debe recordarse que los métodos de nivelación son:

- a) el que permite obtener el desnivel entre dos puntos, llamado también "nivelación diferencial" y en el cual no interesa la altura a la que se vaya colocando el instrumento.
- b) El que permite utilizar "puntos de liga" los cuales pueden servir para comprobación.
- c) El denominado para perfil, que relaciona los cadnamientos a partir de un origen y que, en cada punto interesante del terreno, identifica la distancia al origen y la altura o cota con respecto a un plano horizontal tomado como base.

Conformado un plano que cuente con la localización, la planimetría o descripción horizontal de los lados del predio, y con las elevaciones de los puntos interesantes del terreno, o con curvas de nivel, se procede al proyecto de la edificación.

Un proyecto de una casa habitación generalmente se realiza a escalas 1:50, 1:20, etc.

La estructura en su conjunto debe colocarse en el terreno, tomando en cuenta la condición topográfica; por eso, se debe cumplir con los

requisitos:

a) que la planimetría esté a escala 1:20, 1:50, 1:100 ó 1:200.

b) que el desnivel se indique por medio de "curvas de nivel" a distancias de 20, 50 ó 100 cm.

Un plano en estas condiciones permite aprovechar los accidentes topográficos, y con esto realizar el proyecto constructivo apropiado, considerando la topografía, la orientación, la geomorfología de terrenos, etc.

Ya definido en el plano topográfico la posición de la ó las estructuras, y realizando el cálculo de los elementos estructurales, se procede a transportar los datos al terreno.

5.2 Obras Hidráulicas

Las obras hidráulicas requieren de planos topográficos apropiados ya que las cotas y desniveles son muy importantes en el desarrollo de un proyecto.

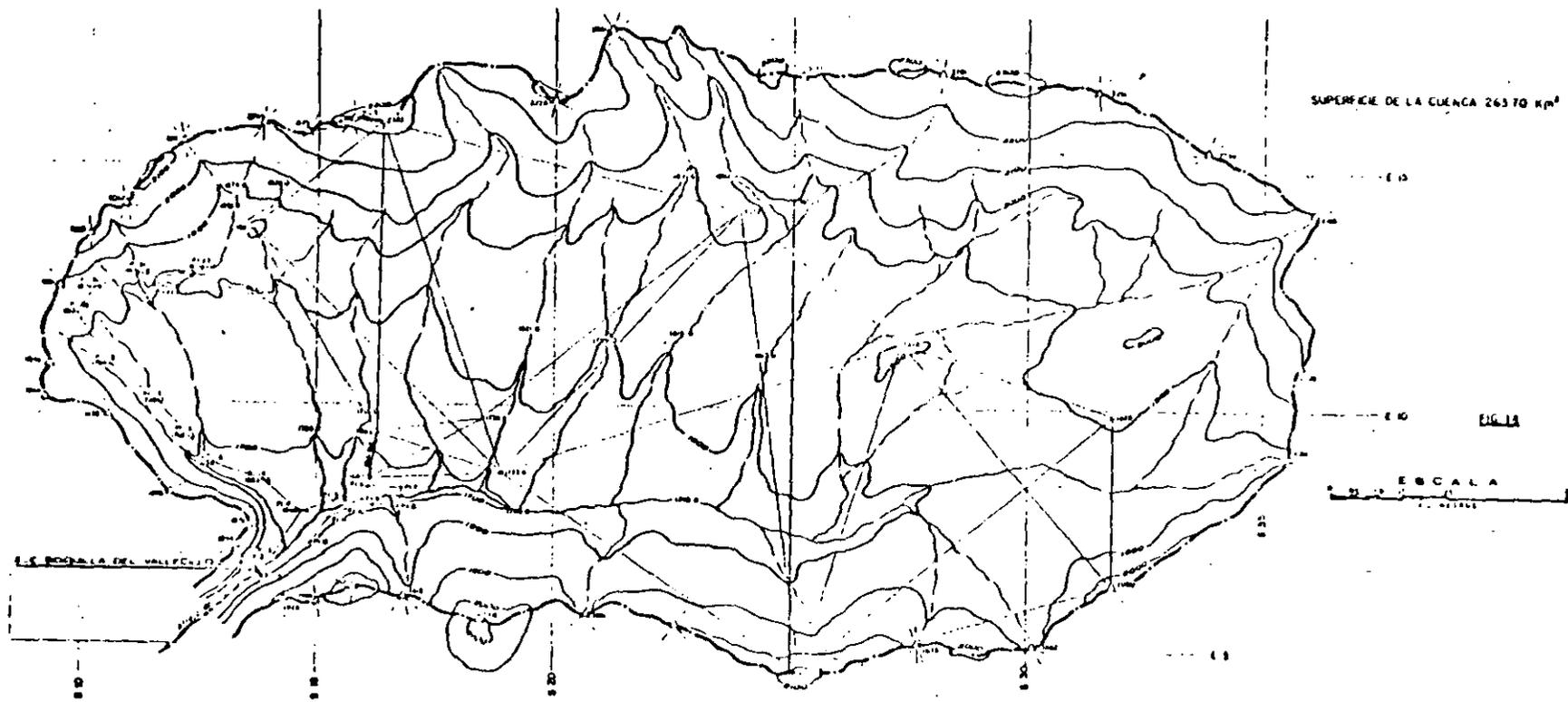
Las obras hidráulicas pueden ser:

Represas, canales, abastecimiento de agua, alcantarillados, etc. es decir todas las obras que están relacionadas con el agua.

La Hidráulica necesita de la Topografía, ya que, los escurrimientos, velocidades y capacidades que se proyectan, deben conservarse en el proceso de construcción iguales a los proyectados, para que no cambien las características y condiciones establecidas en el cálculo.

En los planos donde se va a proyectar una cortina, el factor principal es el cause y a partir de éste se deben obtener las curvas de nivel hasta definir la cuenca.

Se trazan las curvas de nivel en la zona elegida, se analiza la altura de la cortina, se toman todos los datos de la posible zona de embalse y ya con estos datos se analizan las ventajas o desventajas de la elección.



SUPERFICIE DE LA CUENCA 26370 KM²

ESCALA

ESCALA

ESCALA DEL VALLE

Para los abastecimientos de agua potable se deben tener niveles para perfil, ya que es muy importante considerar los desniveles entre puntos, porque las tuberías se fabrican para ciertas car-
gas de agua y si no se cumple con estas especificaciones las tuberías corren el riesgo de reventarse.

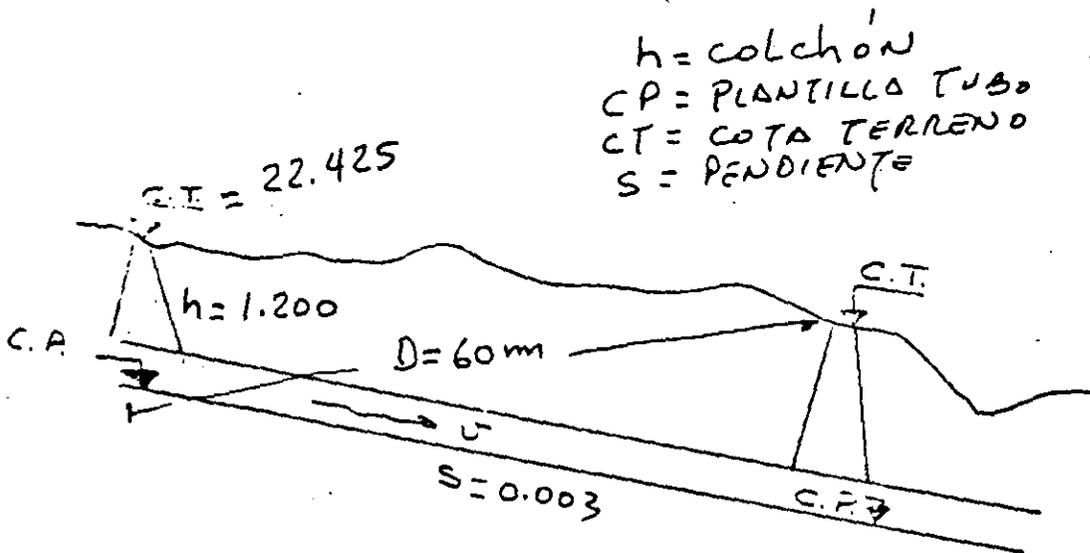
Un proyecto de agua potable, generalmente se realiza para que las tuberías trabajen a una determinada presión, por eso; la profundidad de la instalación debe ser uniforme en cuanto a profundidad del terreno; si se tiene que cruzar zonas en que la tubería descienda a -
cantidades fuera de la especificación de ésta, debe cambiarse a una de mayor resistencia, pues debe recordarse que el peso de las columnas de agua puede reventarla, por eso es preferible en ocasiones - -
proyectar o cambiar de localización o hacer un puente-tubo.

5.3 Ingeniería Sanitaria

Aunque la Ingeniería Sanitaria se relaciona mucho con la Hidráulica en cuanto a que se conducen desechos por los alcantarillados, - - plantas de tratamiento, etc. se necesita la Topografía para cumplir - con las especificaciones siguientes:

- 1) profundidad de las tuberías
- 2) pendiente de éstas
- 3) velocidades máximas y mínimas
- 4) sobre peso sobre ellas

Para esto se debe contar con la topografía de los terrenos en - planta y desnivel y con esto el proyectista controla, la conducción del agua o escurrimiento, la profundidad a la que se colocan las tuberías y la velocidad que llevará el líquido dentro de las tuberías.



Cota Terreno	}	(CT) = 22.425
PROFUNDIDAD DE TUBO		(Prof) = - 1.200
COTA DE PLANTILLA		COTA P = 21.225

DISTANCIA ENTRE POZOS POR PENDIENTE = DESNIVEL

$$D \times S = DN$$

$$60 \times 0.003 = \boxed{0.18}$$

COTA PLANTILLA - DN = COTA POZO SIGUIENTE

$$21.225 - 0.18 = 21.045$$

COTA DEL POZO SIGUIENTE 21.045

FRACCIONAMIENTOS, TRAZO DE

8.- TRAZO DE FRACCIONAMIENTOS, -

SE DENOMINA TAMBIEN REPLANTEO DE FRACCIONAMIENTOS

La operación de trazo de fraccionamientos se puede interpretar de dos maneras:

- a) relativa de la composición del proyecto utilizando el plano topográfico
- b) relativa al replanteo o sea el trazo de los datos del proyecto en el terreno

Para la elaboración del proyecto se consideran los elementos: topográficos, de estética, de funcionabilidad, del tipo de fraccionamiento que se desea según el reglamento, etc.

El primer problema que se tiene que resolver es el de obtener un plano que contenga datos planimétricos y altimétricos y de orientación, apegado a la forma real del terreno con todos sus puntos interesantes, es decir, desniveles, obstáculos, límites del predio, etc.

El procedimiento de levantamiento de datos que puede seguirse es el siguiente:

- a) realizar una poligonal envolvente y colocar vértices desde donde, se pueden radiar los puntos o vértices que indiquen límites o construcción existentes.
- b) Se puede utilizar la estadia para medir las elevaciones de los terrenos con la ventaja de que a partir de un punto o vértice directamente se obtiene la distancia y elevación, así como la dirección.

El procedimiento a seguir cuando se hacen poligonales interiores es semejante, es decir: se procede a levantar datos existentes a partir de una poligonal interior, radiando los puntos que interesen y efectuando nivelaciones para darle elevación a los vértices de poligonal; radiando hacia el interior con la idea de tener elevaciones de punto que completen el plano topográfico.

Con las cotas o elevaciones y la planimetría se pueden marcar las curvas de nivel a la equidistancia que se desee.

Estas se pueden interpolar o extrapolar, lográndose con ésto un plano listo para el proyecto.

El proyecto del fraccionamiento, propiamente dicho se inicia desde el momento que se liga el tipo de éste, ya que, desde ese momento se tiene el dato del área mínima de los lotes y tipo de urbanización requerida.

Considerando los aspectos de orientación, estética, funcionalidad, etc., se elabora el proyecto el cual tiene que estar orientado, ya sea con observaciones a astros o por medio de la brújula.

El problema del trazado en el campo aún no se inicia, en razón de que, muchas veces los datos que permitieron el levantamiento del terreno se utilizaron únicamente como un paso para obtener el plano. Por esta razón es recomendable que cada vértice de la poligonal-base del levantamiento quede firme, es decir, con vértices claramente identificados, referidos con distancias y posiciones a puntos interesantes.

Ya hemos mencionado lo que son los puntos interesantes, pero no está por demás repetir que aquellos donde cambia la pendiente, se presenta un obstáculo, se necesita una cota, etc.

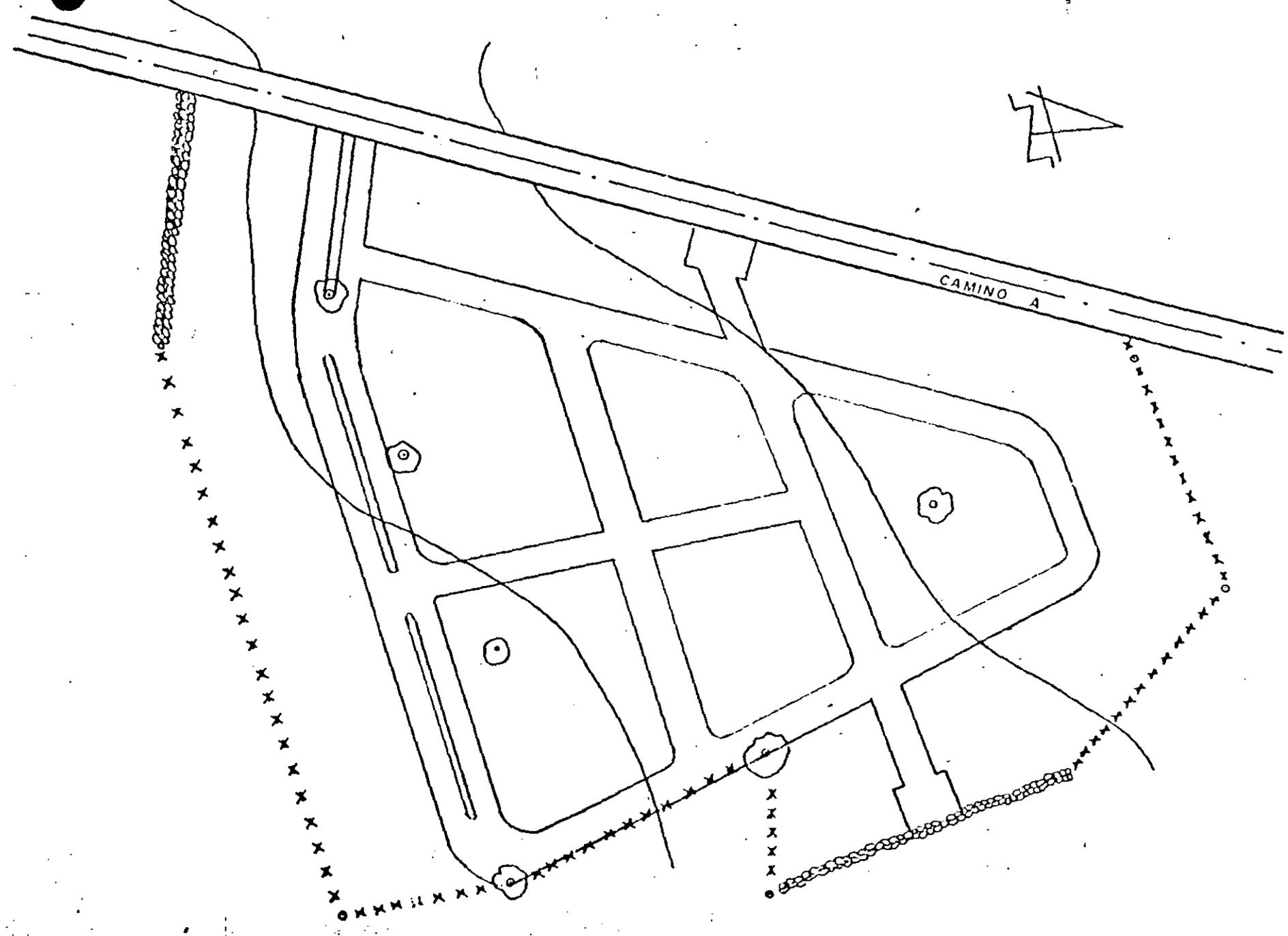
Con el plano de proyecto se estudian y comparan las instalaciones existentes que aparecen, se observan detalles que están indicados en el plano y que en el terreno deben de aparecer.

Ya compenetrado en el proyecto y en el terreno se trazan en el plano los ejes de las calles.

Debe recordarse que desde que se inició el levantamiento hasta que se logró el proyecto y que este fue aceptado por las autoridades, ha transcurrido un tiempo grande, en que se pueden perder algunos vértices de la poligonal que sirvió de apoyo, muchas veces se pierden todos los puntos, cuando esto sucede se necesita marcar una nueva poligonal, haciendo el estacado y la identificación de cada vértice para que sirva de base al trazado de los ejes de las calles.

El procedimiento que se debe seguir es el siguiente y considero que es el mejor por tener muchas maneras de comprobar en el ajuste de distancias y ángulos:

- a) se traza y marcan en el terreno los vértices de la poligonal de apoyo
- b) se miden las distancias horizontales y los ángulos con tránsito
- c) se empieza en puntos o lados claramente identificados
- d) Con las distancias entre vértices y los ángulos se - -



calcula la poligonal procurando que este dentro de las tolerancias aceptadas para el caso.

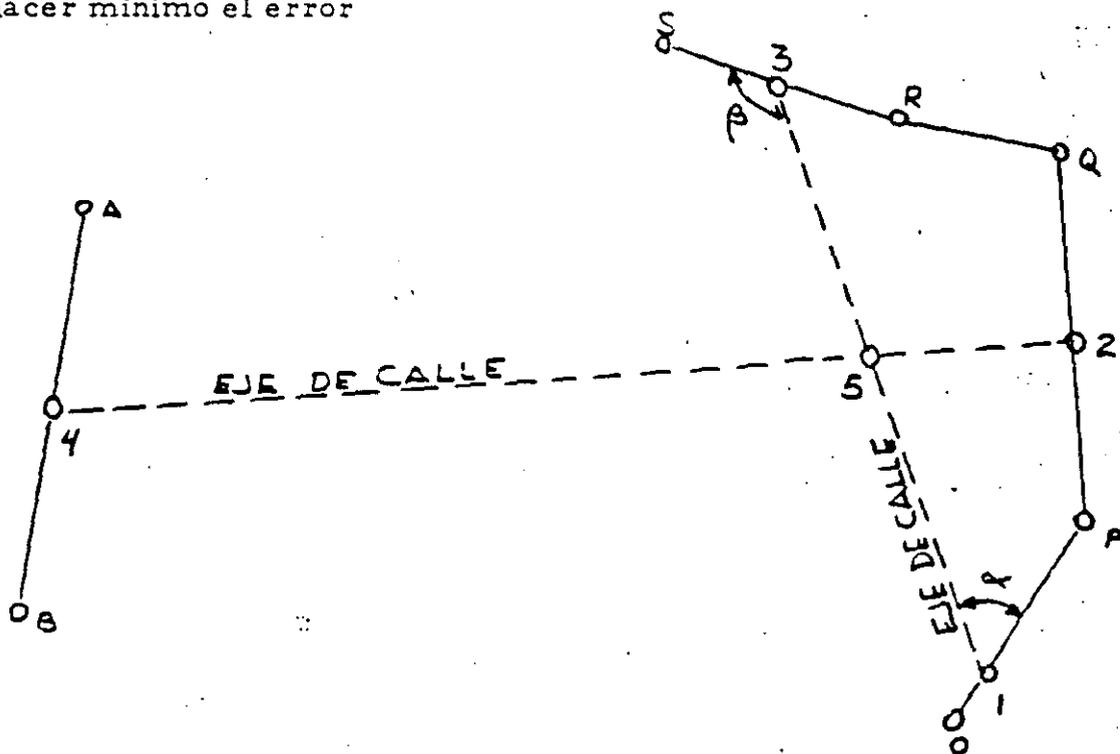
- e) Se determinan las coordenadas de los puntos y se dibuja la poligonal en el plano del proyecto.
- f) Ya con la poligonal dibujada en el proyecto, se dibujan los ejes de las calles; prolongando las alineaciones de éste hasta cortar con las líneas de la poligonal.

En este inciso se identifican claramente los vértices de los ejes de las calles y se determinan las coordenadas de estos cruces con la poligonal.

Ventajas:

- 1) se pueden determinar distancias a partir de las coordenadas.
- 2) Se pueden obtener ángulos y direcciones.
- 3) Se pueden comprobar los datos en el terreno y hacer ajustes topográficos.

Con los cruces entre ejes se pueden determinar las coordenadas de estos por dos o más caminos ajustando las diferencias hasta hacer mínimo el error



Por ejemplo: ILUSTRATIVO

- del lado OP se determina la coordenada del cruce con la poligonal 1
- se determina el ángulo α
- del lado RS se determina la coordenada de 3
- se determina el ángulo β

Con estos valores se puede obtener la distancia 1-3.

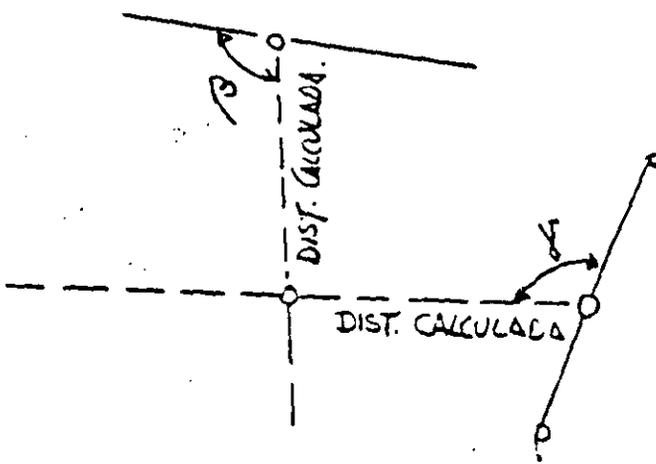
Para el lado A-B y P-Q se sigue el mismo procedimiento y se obtiene la distancia 4-2 así como los ángulos o rumbos medidos de 2 y de 4.

En el plano se puede medir gráficamente las distancias al punto 5, pero por medio del cálculo se determinan éstas utilizando la Geometría Analítica, y por medio de los rumbos.

8.1.- Eje de las calles

Después de todo el procedimiento de cálculo realizado en gabinete y comprobado en el campo se realiza el trazado de ejes de -- calles.

- del vértice del cruce y con el ángulo calculado se mide la distancia al punto que se desea marcar
- de otro vértice se efectúa la misma operación
- se observará que de esta manera no van a coincidir las - distancias debido a los errores inherentes a la medida de distancias y ángulos por lo que habrá necesidad de ajustar distancias.
- otra manera más efectiva es la de marcar el cruce de las dos direcciones por ejemplo de 2 y de 3 a partir de los -- ángulos.



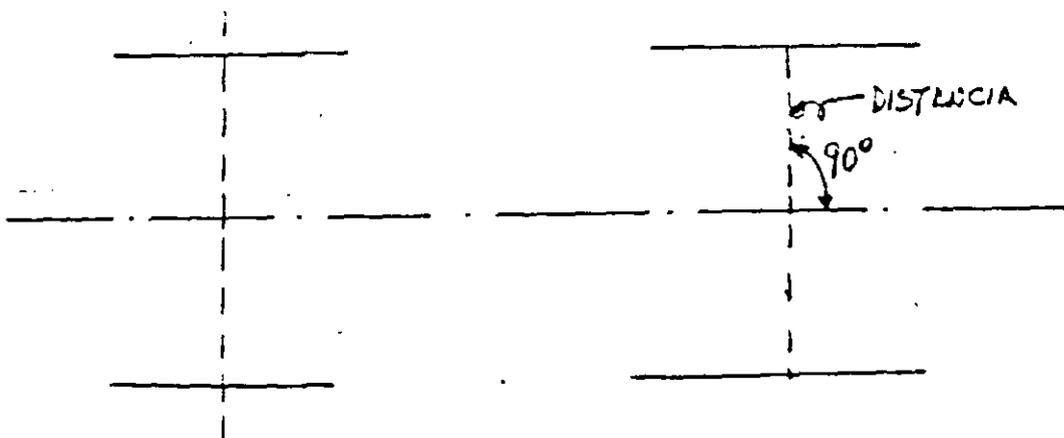
Se observará que siguiendo este procedimiento se tendrá un esqueleto de todos los cruces de ejes de las calles que proporcionará las siguientes ventajas:

- a) se revisará el área entre manzanas
- b) se comprobará la lotificación
- c) se podrá estacar fácilmente cada paramento
- d) se comprobarán las distancias entre cruces de ejes entre la realidad y el proyecto, por los errores que se cometen en el dibujo, y por los errores que se cometen en la Topografía.

8.2 Ancho de vialidades

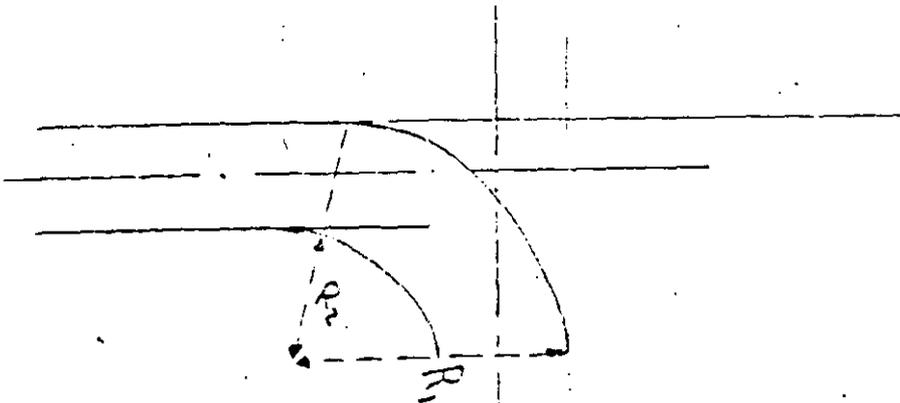
Las vialidades se pueden trazar con tránsito o con cinta exclusivamente.

Se coloca una estaca en el eje de la calle y desde ésta se miden 90° con el tránsito y se dá el medio ancho de la calle en distancia.



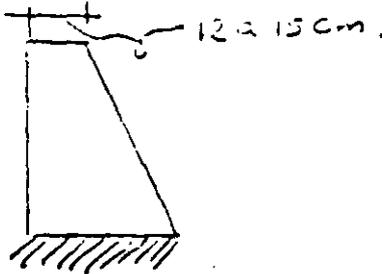
Colocados los puntos se pueden comprobar puntos intermedios que deben corresponder a los alineamientos de la calle.

Una cosa muy importante es el considerar que las curvas deben trazarse considerando variable el radio de curva como R_1 y R_2

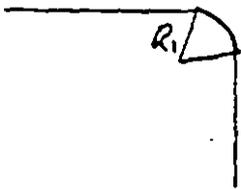


8.3 Trazo de guarniciones

Las guarniciones tienen un espesor en la corona de aproximadamente 12 a 15 cm.

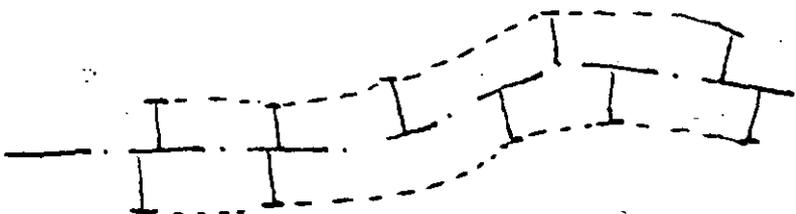


Generalmente se coloca el molde de acero y se le da la curvatura requerida considerando únicamente la tangencia del límite de ancho de vialidad, debido a lo corto de la longitud de curva. Pero en --



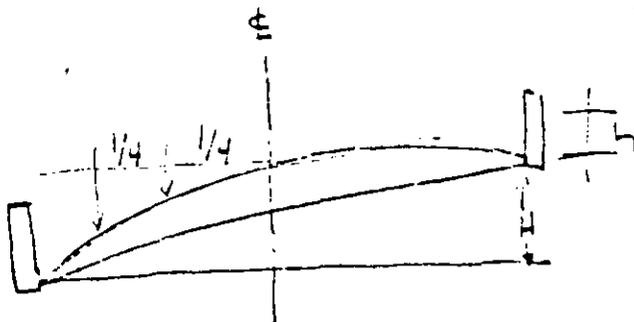
curvas grandes deben trazarse con tránsito considerando el radio de -- curvatura y las deflexiones.

En calles que el eje no se conserva recto se debe seguir en cada caso el trazado de curvas del eje y tomar un escantillon (medida fija) para el trazo.



8.4 Bombeo de calle

En el manejo topográfico del bombeo de una calle, sería muy laborioso, llevar el cálculo en cada caso por eso se hace un escantillon -- considerando únicamente el desnivel entre guarniciones



Con el escantillon se marca lo que va curvando la calle y se traza rapidamente colocando puntos que den el nivel.

8.5 Subrasante de la calle

La subrasante de una calle se realiza en la misma forma -- que un camino, es decir, del perfil longitudinal se acepta una rasante -- con la que se ejecuta el movimiento de tierras.

8.6 Proyecto del pavimento

Durante el proceso de construcción se consideran dos tipos -- de superficies de rodamiento y se escoge una según la elección del suelo o tipo de vehículos

a) pavimentos flexibles

b) pavimentos rígidos

Como pavimentos rígidos se consideran los hechos por medio de una losa de concreto hidráulico con espesor y resistencia suficiente para resistir ciertos tipos de tráfico.

En los pavimentos flexibles se considera que una carga puede disiparse transmitiéndola al terreno a través de capas sucesivas de material granular. Es decir, "la intensidad de la carga disminuye en proporción geométrica cuando se transmite hacia abajo de la superficie" de aquí que, entre más profunda es la acción de una carga, menor será la calidad del poder portante.

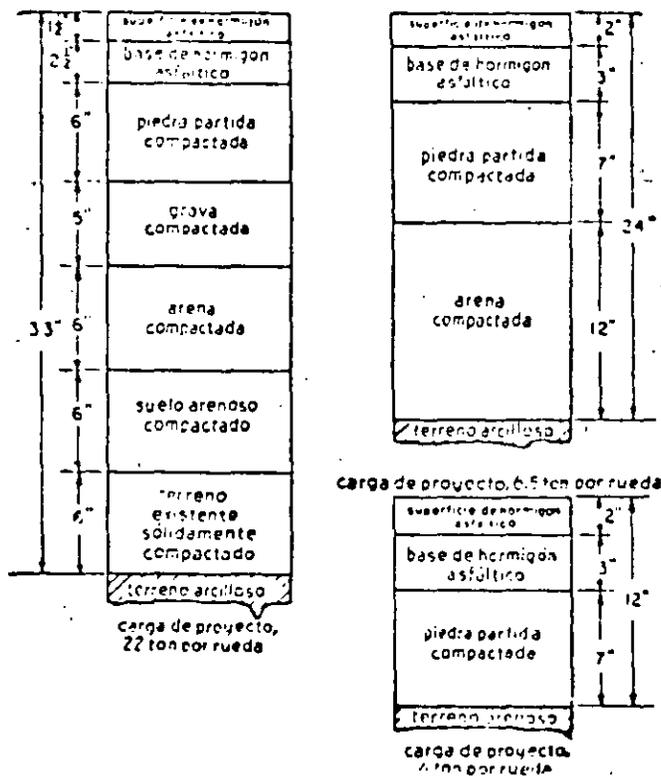
En los pavimentos flexibles se emplea el concreto asfáltico en caliente. el espesor varíade acuerdo con la intensidad de la carga- (entre 7.5 cm a 15 cm).

Debajo del pavimento se emplea una base granular con valo- res que no pasan de 12 mm.

Comúnmente para lograr mayor resistencia en el pavimen- to en la subbase se utiliza una capa de base granular, que puede ser, arena, grava cementada, abajo puede estar el terreno natural.

8.7 El cajón o caja

Se le llama cajón o caja a la excavación que se realiza con el fin de efectuar los distintos tipos de materiales compactados para- que el pavimento logre la resistencia deseada.



-Estructura de pavimento flexible para carretera.

Análisis del tráfico.— El análisis del tráfico se ha convertido actualmente en una ciencia por sí mismo. Los contadores de tráfico y otros sistemas han permitido a los organismos de la Administración, a los ingenieros consultantes y a otros que trabajan en la fase de proyecto de las carreteras, llevar el análisis de tráfico a un alto punto de perfección. En cualquier proyecto inteligente es esencial un análisis de tráfico completo. El analista de tráfico debe proporcionar información que permita al proyectista determinar el número medio de vehículos que pasa sobre el camino por día, así como el peso de los respectivos vehículos.

Determinación del espesor de base y pavimentos. *Historia.*—

La ciencia de determinar el espesor adecuado de los pavimentos flexibles es relativamente nueva; el primer método publicado fue la regla de Massachusetts, dada en el octavo informe anual de la Massachusetts Highway Commission en 1901. Se definía como sigue: «En un camino construido con fragmentos de piedra machacada, la presión se distribuye hacia abajo según una línea que forma un ángulo de 45° con la horizontal, y se distribuye sobre un área igual al cuadrado del doble del espesor de la piedra partida». Algebraicamente, puede escribirse así:

$$t = 0,5 \sqrt{\frac{P}{q}},$$

donde

t = espesor del pavimento, en centímetros;

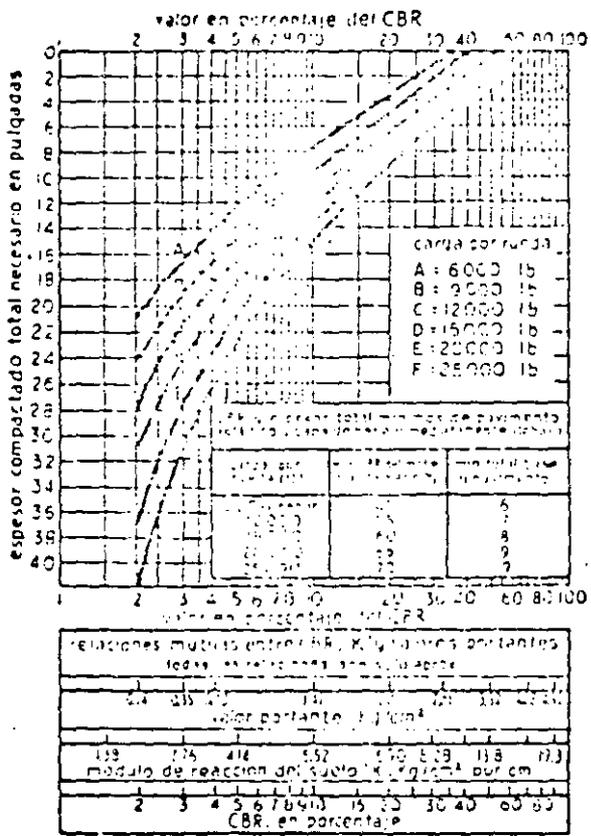
P = carga por rueda, en kilogramos;

q = poder portante del terreno, en kilogramos por centímetro cuadrado.

No se daba el método para determinar el valor portante de un terreno. Durante los treinta y tres años siguientes se sugirieron diversas ecuaciones para determinar los espesores de pavimento y base, todas las cuales incluían la expresión $\sqrt{\frac{P}{q}}$. El que atrajo mayor atención fue el sugerido por B. E. Gray, que damos a continuación:

$$t = 0,564 \sqrt{\frac{P}{q} - a},$$

donde a = radio de un círculo con igual área que la huella del neumático. El significado de los otros símbolos se indica a continuación de la ecuación



-Abaco para proyecto de pavimentos flexibles 1. 1.

- 1 Cuando el abaco indica espesores menores que los mínimos especificados en la tabla, se toman los datos de esta.
- 2 El CBR se determina para una penetración de 0,1 pulg (0,25 cm).

Método del cono de Dakota del Norte.—Keith Boyd desarrolló el ensayo del cono de Dakota del Norte y propuso la siguiente ecuación para determinar el espesor del pavimento:

$$t = \frac{65,7}{50,34b}$$

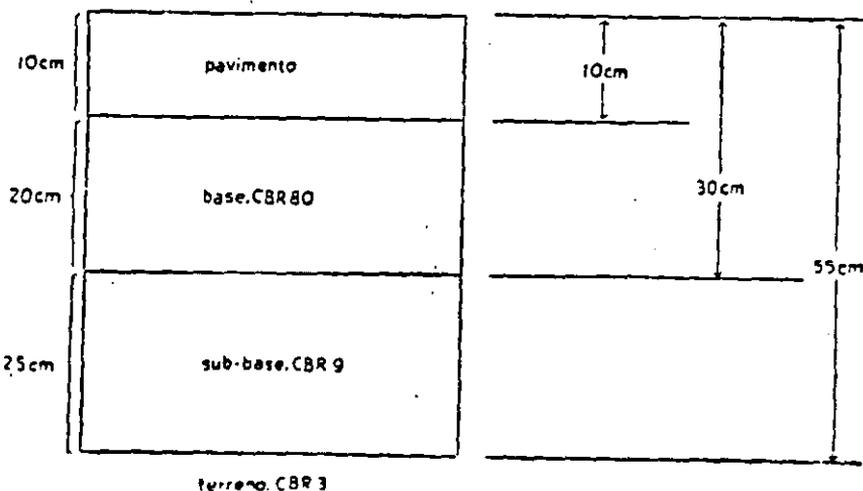
donde:

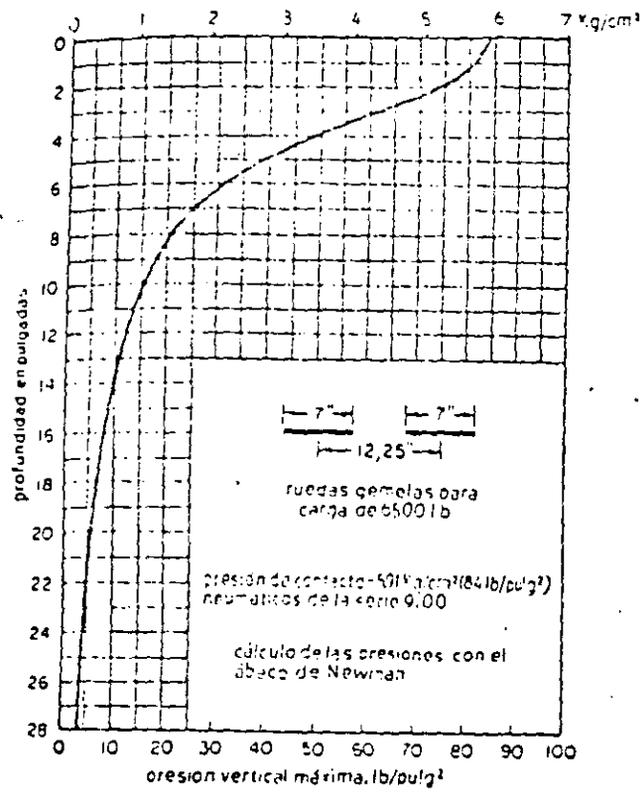
- t* es el espesor de base y pavimento en pulgadas, y
- b*, el valor portante en libras por pulgada cuadrada deducido por penetración del cono.

La ecuación se desarrolló empíricamente sobre la base de datos tomados de muchas carreteras.

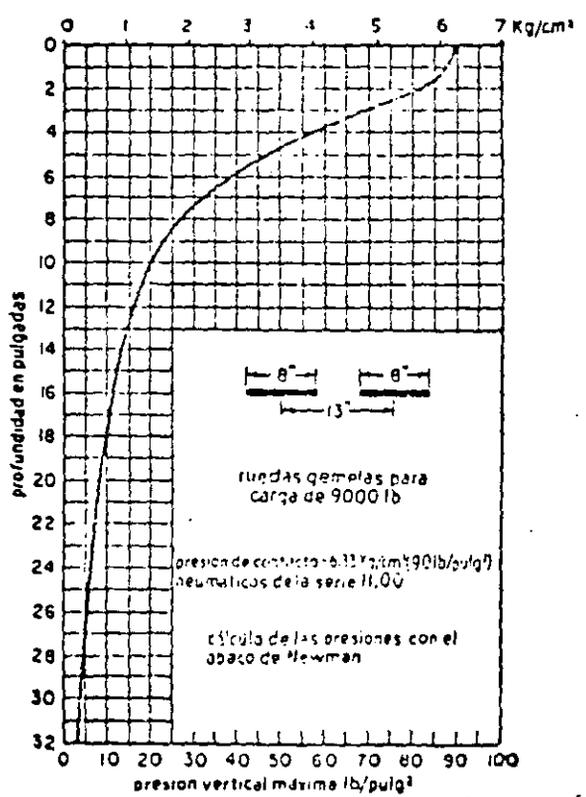
California Bearing Ratio.—O. J. Porter, en colaboración con el U. S. Army Corps of Engineers, ha desarrollado una serie de curvas a las que se alude en general como curvas CBR. El nombre se deriva del hecho de que la *California Bearing Ratio* se emplea para la determinación de los espesores de pavimentos a partir de los gráficos.

El ejemplo.—Hay que construir un camino sobre una arcilla de baja calidad cuyo CBR es de 3. La carga por rueda es de 5,44 ton. Como material de subbase se dispone de un material arenoso con un CBR mínimo de 9. La base será de piedra partida con un CBR de 80. Como capa superficial se empleará hormigón asfáltico.





-Presión vertical máxima. (Ruedas gemelas para carga de 6500 lb) (2,95 ton).



-Presión vertical máxima. (Ruedas gemelas para cargas de 9000 lb) (4,03 ton).

El espesor total incluye:

- a) capa de superficie
- b) base de alta calidad
- c) subbase

El Instituto del Asfalto da:

a) superficie de concreto asfáltico

2 pulgadas (5.08 cm) para tráfico ligero

3 " (7.62 cm) para medio

4 " (10.16 cm) para pesado

8.10 Banquetas y lotificación

Realizada la pavimentación se procede a construir las banquetas las cuales puede ser de concreto pobre o bien en las entradas a garages de concreto un poco más resistente.

La lotificación se obtiene con los paramentos o línea de paramentos.

Pero si Ac lotificar existen pequeñas diferencias en distancias estas deben modificarse en + 0 - en relación con los paramentos.

8.11 Control de puntos

El mejor control de puntos es fijar con varillas o estacas los vértices que se consideren más importantes, de una manera fija y poder medir cada vez que se requiera a partir de estos, de tal manera que no se tenga que repetir una operación complicada de medida de ángulos y distancias.

FRACCIONAMIENTOS. PROYECTO DE ^{- 1}

7. Proyecto de Fraccionamientos

En Topografía, la Agrodnesia se encarga de la división de los terrenos en partes que guardan entre sí ciertas relaciones, para esto, se hace necesario el determinar previamente el contenido del terreno que va a dividirse.

Cuando se trata de dividir un terreno, lo primero que debe hacerse es determinar el área de cada fracción.

Sea S la superficie total, $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ las n fracciones cuyos contenidos guardan una relación $m_1, m_2, m_3, m, \dots, m_n$. las áreas de estas partes serán

$$S_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

$$S_2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

$$S_n = \frac{m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

Esto muestra, que una expresión general de fraccionamiento es la relación que se guardan entre áreas y que debe coincidir en su suma de partes con el todo que es el área del fraccionamiento por dividir.

Por ejemplo: ILUSTRATIVO

Se quiere dividir un área de 39 hectareas en tres superficies que guarden la relación 3, 5, y 7

$$S_1 = \frac{3 \times 39}{15} = 7.8$$

$$S_2 = \frac{5 \times 39}{15} = 13.0$$

$$S_3 = \frac{7 \times 39}{15} = 18.2$$

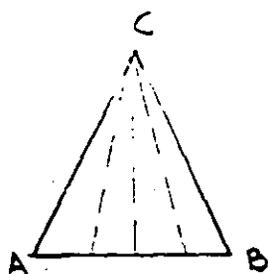
Suma total ----- 39.0

De la misma manera que se realiza este sencillo cálculo, se pueden en una fracción pequeña considerar n lotes que esten en relación con las especificaciones que indican los reglamentos.

Los problemas que se presentan al proyectista de fraccionamientos, cuando está en el proceso de lotificación, es de figuras has ta cierto punto geométricas de fácil solución: por ejemplo:

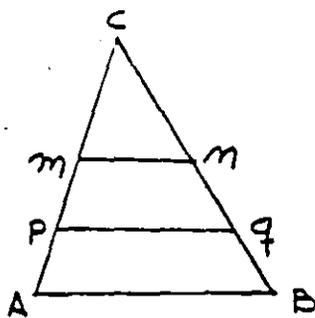
- a) Dividir un triángulo por medio de líneas que partan de un vértice.
- b) Dividir un triángulo por medio de rectas paralelas a uno de los lados.
- c) Dividir un triángulo por medio de rectas perpendiculares a uno de los lados.

En el primer caso, la solución consiste en dividir el lado opues to en el número de partes que se desee, guardando entre sí la relación que deban tener las áreas



En el segundo ejemplo, se forman trián gulos semejantes en que se debe buscar la distancia x del primer punto de divi sión n al vértice. Si designamos por - S el área del triángulo y por S la prime ra fracción

$$C_n = x = a \sqrt{\frac{s}{S}}$$



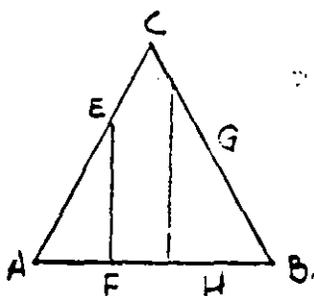
$$C_q = x' = a \sqrt{\frac{s'}{S}}$$

En el tercer caso, el área del triángulo AEF, si llamamos AF a la base x y y a la altura EF se tendrá:

$$x \cdot y = 2S$$

$$y = x \tan A$$

$$x = \sqrt{2S \cot A} , \quad y = \sqrt{2S \tan A}$$



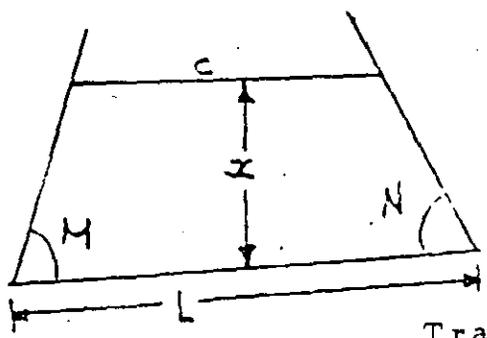
La distancia AE

$$2S = AE \cdot x \cdot \text{sen } A$$

$$AE = 2 \sqrt{\frac{S}{\text{sen } 2A}}$$

En fraccionamientos frecuentemente se presenta el caso de dividir un cuadrilatero por medio de líneas paralelas a uno de sus lados, sea cual fuere la figura a dividir se puede llegar al caso de la fórmula general en la cual o se suma o se resta la fracción que proporcione el área.

Problema general. - Sea una línea L que se intercepta por otras dos líneas cuyos ángulos son M y N con respecto a L, se necesita obtener la magnitud C que proporcione el área A



$$C = L - x (\cot M + \cot N)$$

$$A = (L + C) \frac{x}{2} = Lx - \frac{x^2}{2} (\cot M + \cot N)$$

Transformando

$$- 2A = x^2 (\cot M + \cot N) - 2Lx$$

dividiendo ambos lados por $\frac{1}{\cot M + \cot N}$

$$- \frac{2A}{\cot M + \cot N} = x^2 - \frac{2Lx}{\cot M + \cot N}$$

Si llamamos t a

$$t = \frac{1}{\cot M + \cot N}$$

$$x^2 - 2Ltx = - 2tA$$

$$x = Lt \pm \sqrt{L^2 t^2 - 2tA}$$

Para fraccionar cualquier terreno debe contarse con una buena topografía, que indique en planta, el límite del predio y sus elevaciones o conformación del terreno, con sus curvas de nivel.

Se debe recordar que el reglamento indica superficies de donación para servicios públicos, anchos de avenidas, tipos de fraccionamientos, por lo que a continuación mencionamos algunos de los artículos que se deben tener en cuenta.

7.1 Reglamentos y especificaciones

El Reglamento sobre fraccionamiento de terrenos en el Distrito Federal indica:

Art. 1 "Se entiende por fraccionamiento, la división de un terreno en lotes y siempre que para ello se establezcan una o más -- calles, o bien cuando se lleve a cabo la división dentro de -- manzanas pertenecientes a fraccionamientos que se hubieren establecido sin el permiso correspondientes del D. D. F. o -- que habiéndose autorizado, no se hayan llenado en los terrenos por fraccionar las condiciones que la autoridad impuso -- al fraccionamiento primitivo".

"Se entienden por fraccionamientos residenciales, aquellos -- en que sus lotes se destinen para usos de habitación; por -- fraccionamientos industriales aquellos en que sus lotes se -- destinan a la construcción de habitaciones y al beneficio de -- pequeños cultivos vegetales, plantas avícolas y de pequeña -- ganadería."

Art. 2 "Ningún fraccionamiento podrá llevarse a efecto dentro de -- los límites del Distrito Federal, sin que previamente se so -- licite permiso para ello al D. D. F. y siempre que se cum -- plan los requisitos del Reglamento".

Art. 3 "Toda autorización de fraccionamiento podrá ser solicitada -- por la persona física o moral que tenga el derecho de propie -- dad y la posesión sobre el predio, objeto del fraccionamien -- to. En tal virtud, no se aceptará ninguna solicitud que no va -- ya acompañada de los títulos debidamente inscritos en el Re -- gistro Público de la Propiedad y de las pruebas que accredi -- ten la posesión.

Art. 4 "Las autorizaciones para el establecimiento de fracciona -- mientos serán otorgadas por escritura pública en que se con -- creten todas las obligaciones a que debe sujetarse el propie -- tario del fraccionamiento. Para el otorgamiento de la escri -- tura pública se fija un plazo de noventa días.

Art. 5 "Cuando el propietario solicitante no comparezca por sí, su representante deberá acreditar legalmente su personalidad".

Art. 6 "La solicitud del fraccionamiento deberá acompañarse de la constancia de de linde catastral del terreno, objeto del fraccionamiento o de la constancia del apeo y deslinde judicial, inscrita en el Registro Público de la Propiedad; esta última, sólo se aceptará en los casos en que no esté catastrada la zona en que estuvieren los terrenos por fraccionar".

Art. 7 "En el caso de deslinde catastral, deberá acompañarse:

- I.- El plano oficial catastral en el que se anoten:
 - a) el cuartel o delegación
 - b) acta o actas
 - c) sección o secciones
 - d) artículo o artículos
 - e) superficie del artículo o de los artículos
 - f) colindancias perimetrales
 - g) acotaciones de linderos tomados en el terreno
 - h) ángulos interiores del polígono o de los polígonos del deslinde catastral correspondiente a cada uno de los vértices
 - i) inscripción de propietario o de los propietarios, y,
- II.- La demarcación en el terreno de los linderos de los predios que se proyecte fraccionar, con indicación del amojonamiento de los vértices".

Art. 8 "En caso de apeo y deslinde judicial, deberá acompañarse:

- I.- Plano que contenga:
 - a) cuartel o delegación
 - b) superficie del terreno o de los terrenos
 - c) colindancias perimetrales
 - d) acotaciones de linderos tomadas en el terreno
 - e) ángulos interiores del polígono o polígonos del deslinde, correspondientes a cada uno de los vértices
 - f) la demarcación en el terreno del predio que se propone fraccionar, la cual deberá concordar con la descripción de dicho predio contenida en el acta de apeo y deslinde, con indicación del amojonamiento de los vértices. Este plano deberá estar autorizado por perito con título legalmente reconocido y registrado en la Dirección General de Obras Públicas".

Art. 9 "El solicitante deberá presentar por duplicado, en copias del plano oficial catastral o del apeo y deslinde judicial, el proyecto de fraccionamiento que solicite, con anotación de la orientación y anchura de las calles, trazos de manzanas y su lotificación, indicando dimensiones de manzanas y lotes.

Deberá presentar también una memoria descriptiva del proyecto, en la cual se hagan constar los datos que sirven para precisarlo, como son:

- I. - Superficie total del terreno;
- II. - Superficie destinada a vías públicas;
- III. - Superficie total que debe cederse al Departamento del Distrito Federal, de acuerdo con las disposiciones del artículo 37, proponiendo la ubicación y el destino o aplicación de las fracciones que se donen;
- IV. - Zonificación del fraccionamiento, con especificación -- del uso o usos a que vayan a destinarse las distintas zonas en que se considere necesario dividir los terrenos por fraccionar. Este proyecto de zonificación se sujetará a lo dispuesto por los artículos 35 y 36;
- V. - Datos generales sobre la forma en que se proyecta el abastecimiento de aguas potables y el saneamiento de los terrenos por fraccionar, en la inteligencia de que, -- no tratándose de fraccionamientos de tipo campestre -- en zonas de reserva, se prohíbe el establecimiento de fosas sépticas en fraccionamientos comprendidos dentro de los límites urbanos. .
- VI. - Plano de conjunto de la zona donde esté ubicado el fraccionamiento, en que aparezcan las calles existentes en dicha zona.

Art. 10 "Una vez recibida la solicitud, se pasará a estudio a la Dirección de Obras Públicas, la que por conducto de su oficina competente, aceptará o modificará el proyecto de fraccionamiento, de acuerdo con los planos existentes de zonificación y de planificación de la zona en donde se encuentren ubicados los terrenos por fraccionar. Dicha Dirección, al resolver, tomará en cuenta las disposiciones que sobre el particular establece el Código Sanitario"

Art. 11. "La resolución de la Dirección General de Obras Públicas, -- se dará a conocer al solicitante dentro de los treinta días siguientes a la fecha en que se presente la solicitud, para que la acepte o la objete, de acuerdo con sus puntos de vista, -- hasta lograr así definir el proyecto, pasándose al propietario del fraccionamiento para su aceptación. Tanto la autorización como la aceptación anteriores, deberán consignarse en dos copias en tela de calcar, en las que se vacíen los trazos del plano oficial catastral o del apeo y deslinde judicial, una de las cuales quedará en el archivo de la Dirección y -- otra será devuelta al interesado.

Art. 16 "El fraccionador deberá ejecutar por su cuenta las obras --

de urbanización del fraccionamiento o de las zonas autorizadas, dentro de un plazo de dos años, salvo caso de fuerza mayor, y deberá dar aviso previo de la iniciación de los trabajos a la Dirección General de Obras Públicas, para que ésta ordene la supervisión de los mismos.

Ar. 18 "El fraccionador hará por su cuenta el trazo de los ejes de las vías públicas comprendidas dentro del fraccionamiento, así como el amojonamiento y lotificación de las manzanas, debiendo cuidar de la conservación de todas las mojoneras, incluyendo las del deslinde del terreno.

Art. 19 "Dentro de un plazo de diez días contados a partir de la fecha en que el fraccionador compruebe haber constituido la garantía a que se refiere el Artículo 15, la Dirección General de Obras Públicas revisará la exactitud del trazo que aquél haya ejecutado en el terreno, de los ejes de las vías públicas comprendidas dentro del fraccionamiento, así como la situación de las mojoneras correspondientes, extendiendo la constancia respectiva y procederá dicha Dirección a preparar el plano oficial del fraccionamiento, en el que aparezcan:

- a) Los trazos de los ejes de vías públicas, ligados geométricamente con los linderos del terreno objeto del fraccionamiento.
- b) Los ángulos de intersección de los ejes.
- c) Las distancias entre el cruzamiento de los ejes.
- d) Los anchos de las vías públicas.
- e) Las manzanas y lotes cedidos al D.D.F. de acuerdo al Decreto.
- f) Nombres y superficies de la vía pública."

Art. 35 "Las dimensiones de los lotes en fraccionamientos residenciales o industriales estarán de acuerdo con los reglamentos de zonificación y con el destino que se dé a cada uno, pero en ningún caso se permitirán lotes que tengan un frente menor de siete metros o una superficie inferior a ciento veinte metros cuadrados. En fraccionamientos de tipo campestre, los lotes mínimos tendrán una área de dos mil quinientos metros cuadrados."

Art. 36 "En los lotes de fraccionamiento de tipo campestre, la superficie cubierta por construcciones no podrá ser mayor del veinte por ciento de la superficie total de cada lote."

Art. 37 "En todo fraccionamiento deberá hacerse donación a favor del Departamento del Distrito Federal, del tanto por ciento de la superficie vendible que a continuación se especifica:

- a) De un quince por ciento, en el caso de fraccionamientos residenciales;
- b) De un diez por ciento si se trata de fraccionamientos de tipo campestre o industrial.

Se entiende por superficie vendible la que resulte de deducir de la superficie total del terreno por fraccionar, la destinada a vías públicas y a donación.

Al aceptar el Departamento del Distrito Federal la donación a que este artículo se refiere, definirá si se destina a algún servicio público, o bien, si prefiere enajenarla.

En este último caso y cuando se trate de fraccionamientos residenciales, el Departamento del Distrito Federal deberá destinar una tercera parte del producto obtenido de la venta, a la construcción de mercados."

7.2 Tipos de Fraccionamientos

El Reglamento de Fraccionamientos en el Distrito Federal menciona dos tipos de fraccionamientos. en los que caen todas las posibilidades de establecimiento, estas son:

- a) residenciales
- b) industriales

Cada uno de ellos con su especificación de área, sin embargo, en los Reglamentos de otros estados se clasifican en cuatro tipos:

- a) populares
- b) residenciales
- c) para granjas
- d) industriales

Sea por lo tanto el tipo de fraccionamiento que se quiera se tiene que considerar fundamentalmente para su estudio:

- a) contar con un plano altimétrico
- b) contar con datos planimétricos

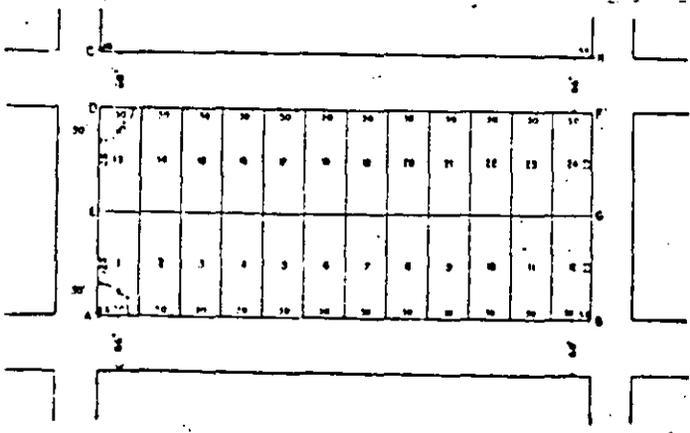
Con estos datos como base de debe considerar que la persona que realiza un fraccionamiento tiene que ahorrar espacio y hacer

los lotes lo más atractivos que se puedan para atraer a los compradores.

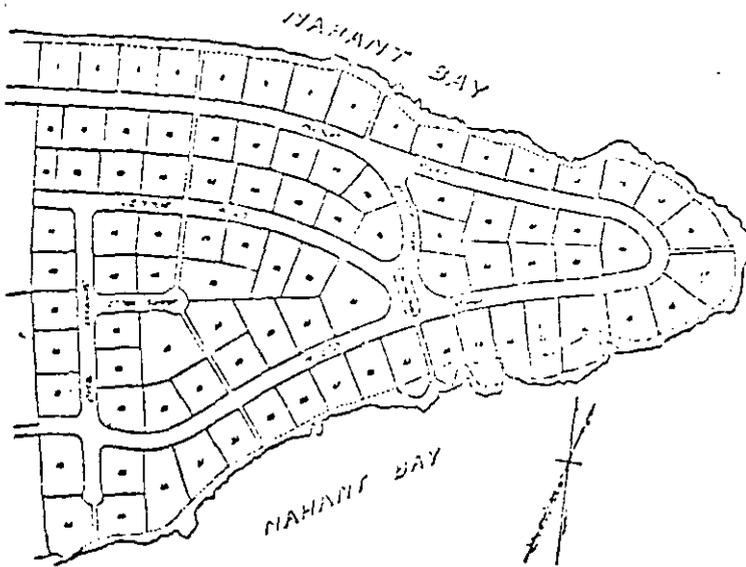
Es muy importante la aprobación, por parte de las autoridades, del fraccionamiento, porque generalmente se requieren permisos para las construcciones, vialidades, conexiones de agua, desagüe sanitario, los cuales son difíciles de obtener si el proyecto no es aprobado.

Los requisitos más usuales pedidos son:

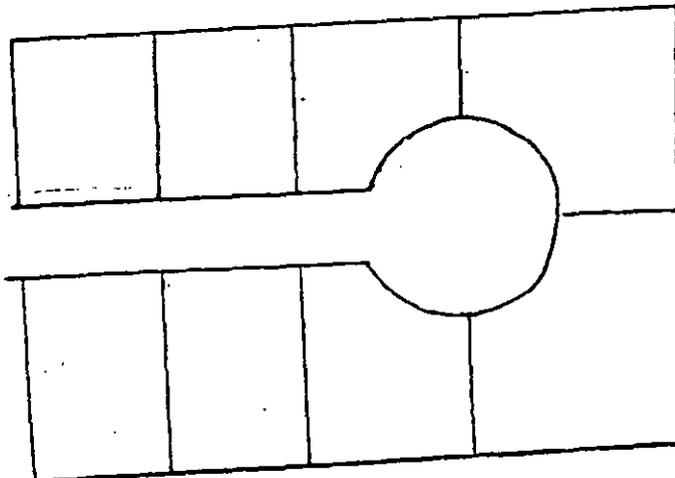
1. El desarrollo debe contribuir a evaluar las propiedades adyacentes.
2. Si se cuenta con un plano de urbanización, debe apegarse a él.
3. Las manzanas y lotes deben estar claramente indicados.
4. De las calles se deben marcar sus perfiles.
5. El tamaño y disposición de las calles y lotes debe apegarse a la naturaleza del fraccionamiento.
6. Se debe preferir las manzanas rectangulares porque se aprovecha mejor el terreno.



7. Cuando las fachadas son de más de 30 metros éstas pueden ser curvas.

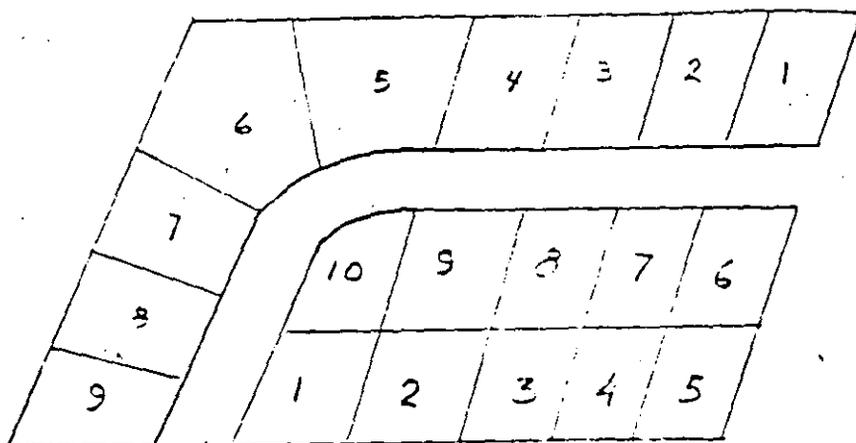


8. Las calles curvas dan independencia y pueden adaptarse mejor a las formas del terreno.
9. Las líneas laterales de los predios deben de ser con respecto a la calle 90° ó bien aproximadamente a este valor.
10. En zonas residenciales se debe dejar en las cerradas, -lazos o círculos para que giren los vehículos.



10. Cuando los lazos o círculos están próximos deben inter conectarse para facilidad de la circulación.
11. Se debe conservar la continuidad en las fachadas.
12. Las calles deben tener un bombeo de 0.4% del drenaje y no más del 10% de pendiente por seguridad.
13. Debe realizarse la rasante muy bien ^{COMPACTADA.} para evitar problemas al drenaje.
14. Las instalaciones agua, alcantarillado, alumbrado, teléfonos, etc., deben ser subterráneas.

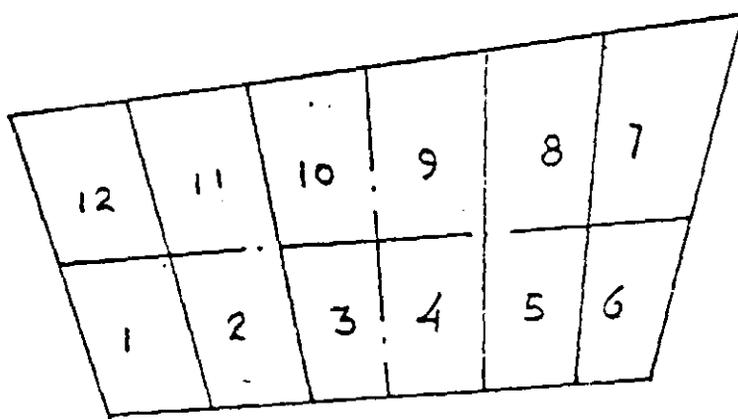
16. Veamos un plan típico de subdivisión

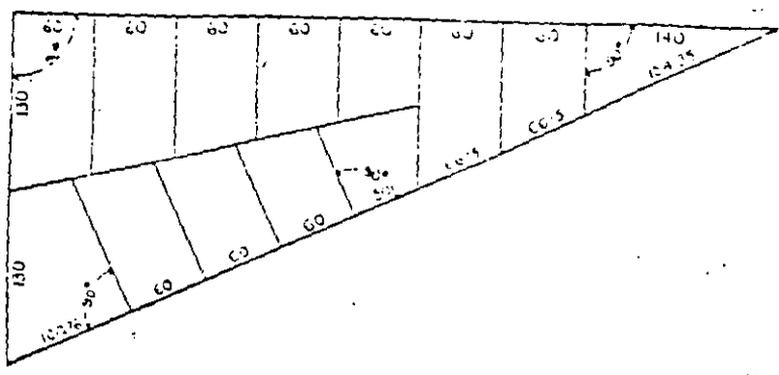


17. Se deben numerar los lotes de cada manzana.

18. Se debe indicar el área de cada lote .

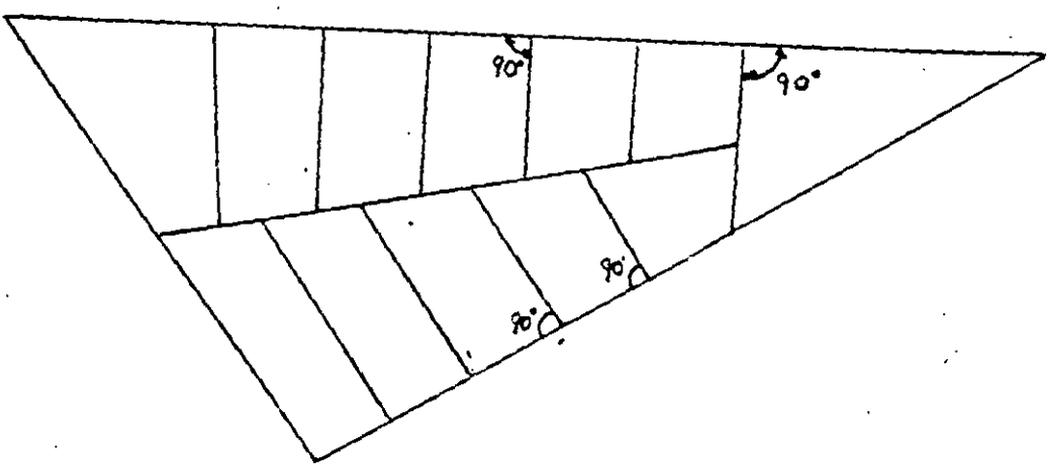
19. Se debe asignar nombres a las calles





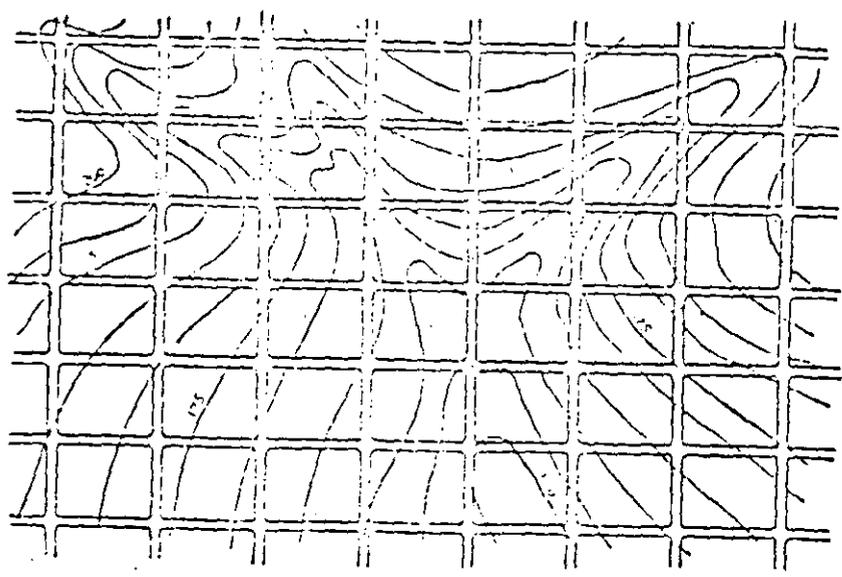
Uno de los principios básicos de lotificación, es tratar de - que las divisiones entre lotes guarden con respecto a los paramentos de las calles perpendicularidad.

En manzanas irregulares o triangulares se traza una línea - que divida en dos partes como mínimo la manzana y después se tra - zan las perpendiculares a los paramentos intentando que los lotes -- guarden el área especificada para el tipo de fraccionamiento.

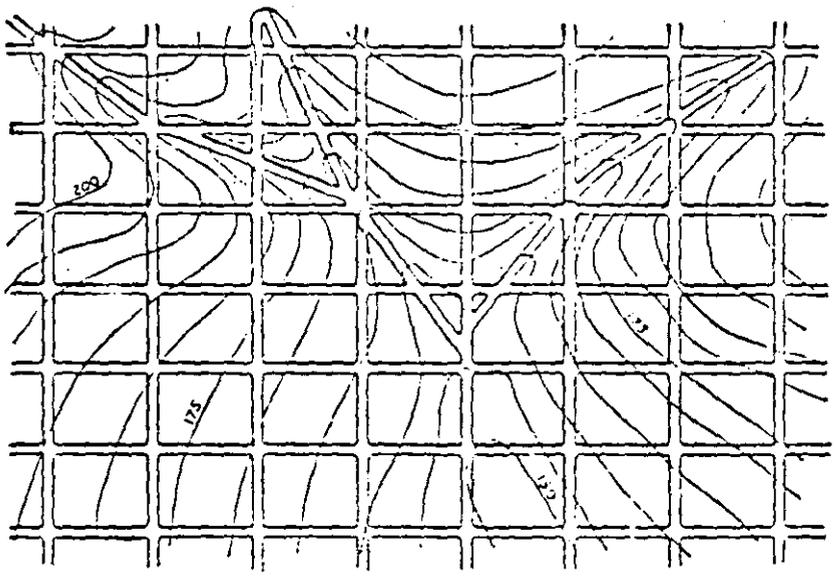


Trazos típicos de calles

Una calle puede ser trazada siguiendo los escurrimientos o bien no tomándolos en cuenta. Sin embargo, una correcta planificación es permitir que la misma calle sirva de dren.



SIGUIENDO LAS CURVAS DE NIVEL SE TIENE MAS FACILIDAD EN EL PROYECTO DE LOS SERVICIOS DEL FRACCIONAMIENTO, POR EJEMPLO EL DRENAJE



Curvas compuestas. - Una curva compuesta consiste en dos o más curvas sencillas, que se unen en dos puntos de tangencia común y giran en el mismo sentido.

En este caso

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

$$t_1 = R_1 \operatorname{tang} \frac{1}{2} \Delta_1$$

$$t_2 = R_2 \operatorname{tang} \frac{1}{2} \Delta_2$$

$$\frac{VG}{\operatorname{sen} \Delta_2} = \frac{FH}{\operatorname{sen} \Delta_1} = \frac{t_1 + t_2}{\operatorname{sen} \Delta}$$

$$T_1 = V_G + t_1$$

$$T_2 = V_H + t_2$$

El valor de la deflexión Δ se mide en el campo o en un plano.

Los datos de las curvas que se proyecten tienen que ser indicados en el plano.

Curvas inversas. - Una curva se compone de dos curvas simples y se conectan con una tangente común pero con radios opuestos, para estas curvas se tienen dos tipos de problemas

1. Unir puntos sobre una misma alineación y con el mismo radio de curvatura .
2. Unir puntos de curvas con radios distintos.

Para el primer caso: se tienen como datos la distancia entre las tangentes D y la separación entre estas P . El problema -- consiste en determinar R y Δ

$$\Delta = \Delta_1 = \Delta_2$$

$$\text{ángulo CAN} = \frac{1}{2} \Delta_1 = \text{Ang CBM} = \frac{1}{2} \Delta_2$$

La línea ABC resulta recta

$$\tan \frac{\Delta}{2} = \frac{P}{D}$$

$$P = R (1 - \cos \Delta_1) + R (1 - \cos \Delta_2)$$

$$R = \frac{P}{2 (1 - \cos \Delta)}$$

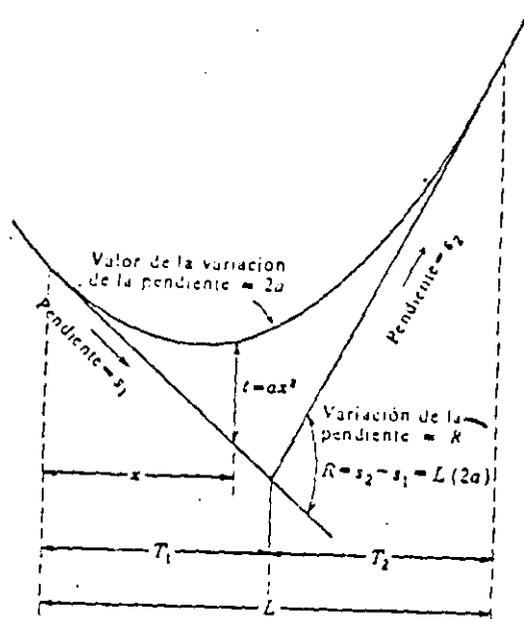
Cuando únicamente se tiene P y R se debe encontrar Δ y D .

$$1 - \cos \Delta = \frac{P}{2R}$$

$$D = p \cot \frac{\Delta}{2}$$

Curvas verticales. - Las curvas verticales en los fraccionamientos generalmente son con pendientes muy pronunciadas o bien entre distancias muy cortas, son necesarias para mejorar las condiciones de las calles en su aspecto. Las cotas a lo largo de una curva vertical se determinan, en general, gráficamente. Los perfiles de los dos tramos de pendiente uniforme se dibujan en un papel a una escala vertical mayor que la horizontal y se unen con una curva circular de la longitud deseada. Las cotas a lo largo de la curva se pueden leer entonces en el perfil. Sin embargo, normalmente hay que -

calcularlas. La curva vertical que hay que calcular es siempre una parábola de eje vertical.



Propiedades de la parábola. Para calcular las elevaciones de pendiente se utilizan determinadas propiedades de las parábolas, que se dan a continuación. En la fig. de arriba:

1. t = separación vertical entre una tangente y una parábola a la distancia x del punto de tangencia. Se la denomina frecuentemente corrección de la tangente u ordenada de la tangente. En cualquier parábola

$$t = ax^2$$

$$a = \frac{t}{x^2} \quad \begin{array}{l} x = \text{DISTANCIA} \\ R = \text{VARIACION DE} \\ \text{LA PENDIENTE} \end{array}$$

siendo a = una constante.

$$R = s_2 - s_1 = L(2a)$$

2. La variación del cambio de pendiente de la parábola es entonces la segunda derivada de t con respecto a x , es decir,

$$\text{Variación} = \frac{dt^2}{d^2x} = 2a$$

3. Las longitudes horizontales (T_1 y T_2) de las tangentes trazadas desde un punto cualquiera a la parábola son iguales. De la ec.

$$t = aT_1^2 = aT_2^2$$

$$T_1 = T_2$$

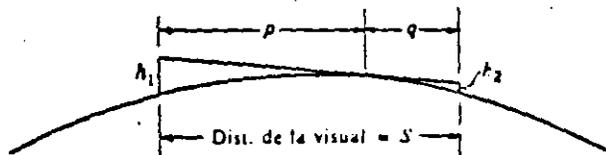
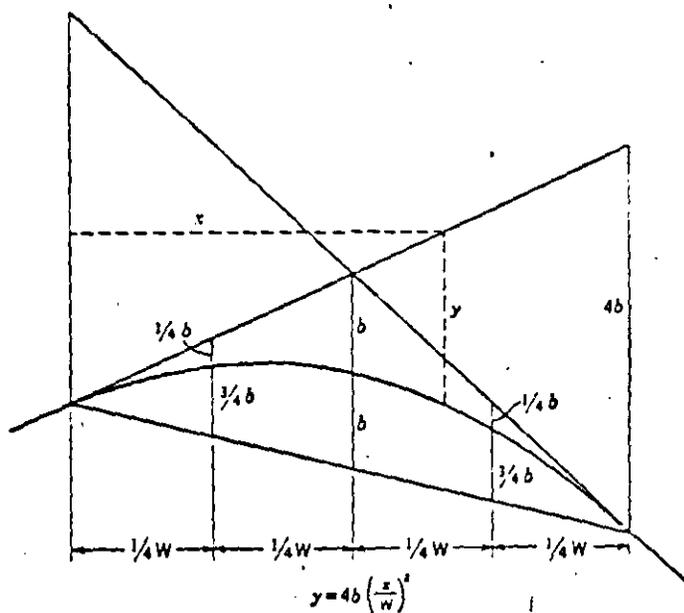
4. La longitud horizontal de la parábola L es igual a dos veces la de una de las tangentes, es decir:

$$L = 2T$$

El cambio total R de pendiente es igual a la variación de pendiente $2a$ multiplicada por la longitud de la parábola L . Por tanto,

$$R = L(2a)$$

Elección de la parábola. El valor de $2a$ - valor del cambio de pendiente.



Un buen proyecto de vialidad es aquel que tiene en cuenta - los aspectos de la urbanización, vialidad, funcionamiento y estética por eso es necesario tomar en cuenta las distancias de visibilidad.

Distancias de visibilidad. En las curvas verticales de gran longitud situadas sobre crestas, la distancia de visibilidad S puede ser el elemento de comprobación (véase fig.). La altura del ojo h_1 y la altura del objeto que ha de ser observado h_2 se utiliza con S para hallar a .

$$h_1 = ap^2 \quad h_2 = aq^2$$

$$S = \sqrt{\frac{h_1}{a}} + \sqrt{\frac{h_2}{a}}$$

$$a = \frac{h_1 + 2\sqrt{h_1 h_2} + h_2}{S^2}$$

h_1 se toma normalmente como 1,35 m y h_2 como 0,1 m, es decir,

$$h_1 + 2\sqrt{h_1 h_2} + h_2 = 2,22 \text{ m}$$

$$aS^2 = 2,22 \text{ m}$$

Trabajos topográficos para mejora de calles

La mayor parte de las mejoras que se hacen en calles consisten en volver a alinear guarniciones y rehacer el pavimento. En los planos topográficos preliminares se ha de representar el estado actual de las líneas que definen los bordes de la calle (que son, a menudo, líneas de edificios), guarniciones, entradas a la calle, detalles de los cruces de calles y todos los detalles próximos al bordillo o situados en la calzada que puedan ser afectados por modificaciones en la situación o en la pendiente del bordillo o del pavimento.

Procedimiento de medidas horizontales. La fig. da una -- idea del mínimo de detalles necesarios en un plano para mejoramiento de una calle. La escala utilizada suele ser de 1:200 ó 1:500.

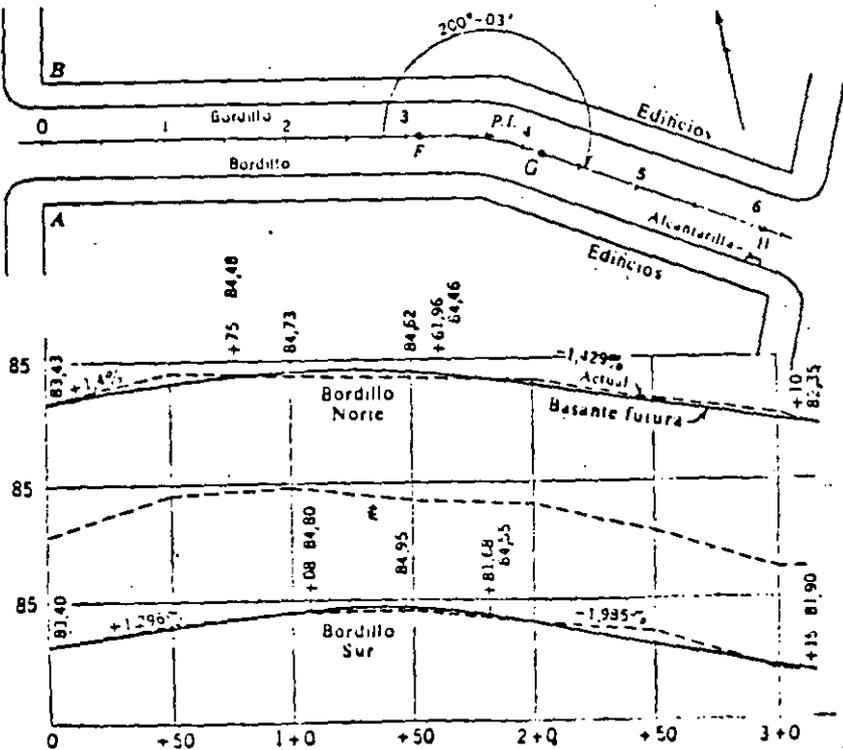
Mediante una cinta métrica extendida entre A y B se sitúa - la estación 0 equidistante de los bordillos, se señala de modo permanente con un clavo, pintura o grabándola a cincel. Se marcan todas las estaciones y todos los puntos intermedios entre estaciones, como se indica. Las medidas se hacen con cinta métrica de acero; la alineación se hace a estima, tomando como referencia los bordillos.

Si la dirección cambia, se lleva la medida siguiendo la curvatura del eje de la calle a sentimiento. Se sitúan, mediante medida, los puntos F y G de modo que equidisten de los bordillos y se miden las distancias al origen de la alineación. Se continúan las mediciones hacia adelante y se sitúa H también mediante medida equidistante de los bordillos. Se marca cada uno de estos puntos con una señal permanente. Se coloca PI a ojo tirando una visual OF y GH. Se sitúa PI permanentemente. Se mide desde la estación 3 a PI y desde PI a la estación 4.

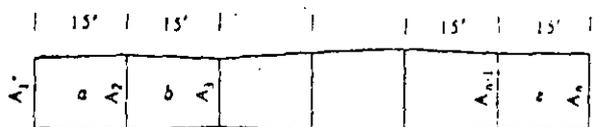
Se debe medir el ángulo en PI, lo que se hace siguiendo el método más adecuado, como se indica en la figura, en el sentido de giro de las agujas de un reloj, desde la dirección hacia atrás hasta la dirección hacia adelante.

Una vez medido el ángulo en PI, quedan completamente determinadas las posiciones relativas de los puntos O, F, G y H, así como la longitud del eje de la calle. Los elementos necesarios se pueden situar por coordenadas polares a partir de los puntos designados o por abscisa y ordenada.

Si el tráfico es denso, suele ser necesario llevar un itinerario suplementario a lo largo de cada lado de la calle. Normalmente se elige para ello la alineación definida por la cara interior de cada bordillo. Estos itinerarios deben estar ligados al itinerario principal a intervalos frecuentes.

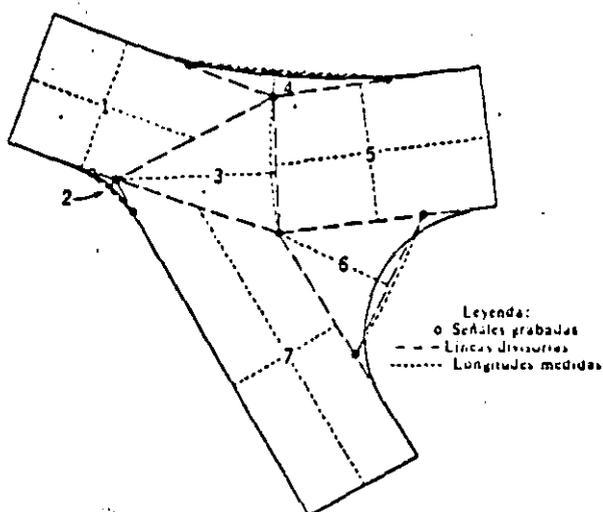


Utilización de la cinta métrica para sumar longitudes. Para determinar la longitud necesaria de guarnición se examinará primero cada piedra de bordillo del existente para ver si sirve o hay que desecharlo, y se mide después la longitud total que hay que renovar. Esto requiere el efectuar la suma de numerosas medidas de pequeña longitud. Lo más conveniente es efectuarlas como sigue. El portacintas delantero desenrolla la cinta lo suficiente para alcanzar



Superficie estimada de pavimento.

el otro extremo de la guarnición y mantiene la cinta con su mano izquierda en este punto. El portacintas trasero suelta el extremo correspondiente al cero, va hacia adelante y sostiene la cinta con su mano derecha tocando la mano izquierda del portacintas delantero. El portacintas delantero retira su mano izquierda y se desplaza hacia adelante hasta la próxima piedra rechazada, dejando que el extremo correspondiente al cero de la cinta vaya arrastrando detrás -

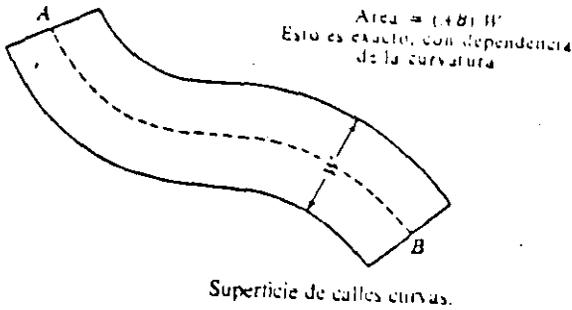


Legenda:
 o Señales grabadas
 - - - Líneas divisorias
 Longitudes medidas

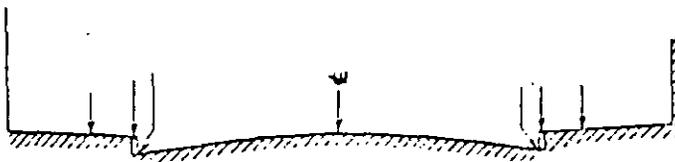
Tratamiento típico de una superficie poco corriente. Los círculos representan señales que son alineadas a estima. Las diferentes medidas se representan por líneas de puntos. Obsérvese que el lado de los triángulos 2, 4 y 6, que atraviesa el bordillo curvo, se ha situado a estima de tal forma que las superficies incluidas y excluidas resulten equilibradas.

de ellos. Una vez alcanzada la próxima piedra rechazada, el portacintas trasero coloca el punto de la cinta que mantiene con su mano derecha en el comienzo de la piedra y se repite el proceso. Los operadores llevan un control del número de longitudes de cinta, esto es, de las veces que han tenido que desenrollar toda la cinta. Este proceso proporciona un método rápido de manejar la cinta y da la longitud requerida sin tener que hacer sumas.

Perfiles necesarios para proyectar una calle. Para la mejor terminación de una calle, es necesario normalmente medir de tres a siete perfiles trazados por (véase fig.) el eje, la parte supe-



rior de cada guarnición, ambos caces y una línea a lo largo de cada acero situada aproximadamente a 50 cm del lado interior del bordillo. Estas líneas de la acera se sitúan en el límite de cualquier variación que precise la pendiente de la acera al poner de nuevo el bordillo. Excepto en los casos de pendientes muy acusadas, el portamiras puede estimar la posición correcta a lo largo de la línea para colocar la mira desde las marcas de la estación base en el centro de la calle. Los perfiles suelen dibujarse directamente por encima o por debajo del plano de la calle, donde solamente se han



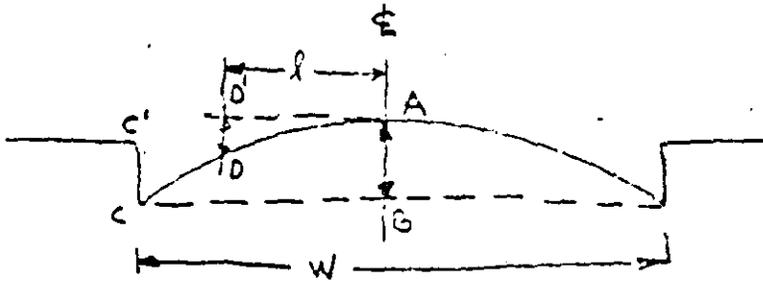
Siete perfiles que se determinan normalmente en la mejora de calles.

representado tres de los siete perfiles). La escala horizontal suele ser la misma del plano. La escala vertical es de diez veinte veces -- mayor.

Sección Transversal. - Bombeo. - La figura representa una sección transversal de una calle. AB es la diferencia de nivel del eje de la calle a la guarnición.

La ordenada DD' es un punto de la parábola

$$DD' = CC' \times \frac{l^2}{\left(\frac{w}{2}\right)^2}$$



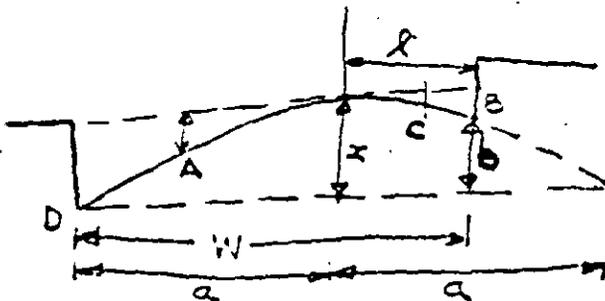
$$CC' = AB$$

$$DD' = \frac{AB}{4} \text{ para datos tomados en el centro.}$$

Cuando existe un desnivel entre guarniciones

$x = \text{desnivel}$

$a = \text{distancia del vértice de la parábola a la guarnición (medida horizontal)}$



$\frac{x}{a} = s$ o sea la pendiente del bombeo

$$A = \frac{x}{4}$$

$$B = x - b$$

$$C = \frac{x - b}{4}$$

Si W es el ancho de la calle

R : es el radio de una curva circular

a : la distancia media del semicírculo

l : la distancia del eje a la guarnición

b : el desnivel entre guarniciones

s : la pendiente del bombeo

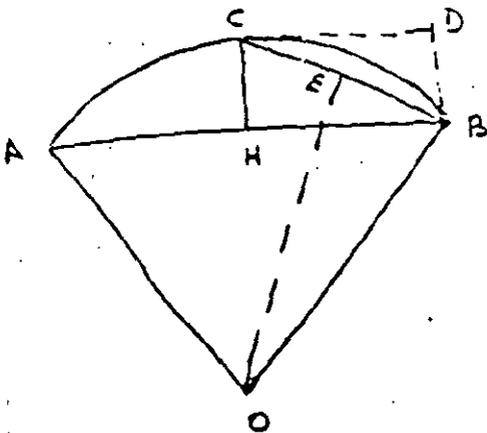
x : el desnivel

$$x = \frac{a^2}{2R} \quad (1)$$

$$x - b = \frac{l^2}{2R} \quad (2)$$

$$\therefore x = b + \frac{l^2}{2R}$$

Es decir, estos valores se obtienen de una curva circular



$DB =$ tangente a la curva CB

$DE =$ perpendicular a cuerda CB
por semejanza de triángulos

$\triangle OEB$ y $\triangle CBD$

$$\frac{DB}{CB} = \frac{BE}{OB}$$

$$\frac{DB}{CB} = \frac{\frac{CB}{2}}{OB}$$

$$\therefore DB = \frac{CB^2}{2OB}$$

O sea, el desnivel es igual a la cuerda al cuadrado entre 2 veces el radio pero $DB = CH$

$$AB = 2 CB \text{ aproximadamente}$$

$$\therefore CH = \frac{\frac{AB}{2}}{2OB} = \frac{AB^2}{8OB} \text{ aproximadamente}$$

ordenada media = $\frac{\text{cuerda}^2}{8 \text{ radio}}$ - aproximadamente.

combinando

(I) y (2), $a^2 - 1^2 = 2Rb$

$(a + 1)(a - 1) = 2Rb$

$a - 1 = \frac{2Rb}{a + 1}$

pero $a + 1 = W$

$\therefore a - 1 = \frac{2Rb}{W}$

$(a + 1) + (a - 1) = W + \frac{2Rb}{W}$

$2a = W + \frac{2Rb}{W}$

$a = \frac{W}{2} + \frac{Rb}{W} \dots \dots \dots (3)$

De $2R = \frac{a^2}{x}$

Pero $\frac{x}{a} = \text{pendiente transversal} = s$

$x = as$

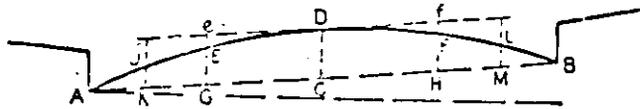
$\therefore 2R = \frac{a^2}{as} = \frac{a}{s}$

$R = \frac{a}{2s}$

De (3) $a = \frac{W}{2} + \frac{ab}{2s}$

$$a \left(1 - \frac{b}{2 W_s} \right) = \frac{W}{2}$$

$$a = \frac{\frac{W}{2}}{1 - \frac{b}{2 W_s}}$$



Si el desnivel es muy pronunciado se procede como en la figura de arriba en la que

$$Ee = Ff = \frac{Dc}{4} \text{ y de manera similar}$$

$$\text{Elevación E} = \text{Elevación G} + \frac{3 DC}{4}$$

$$\text{Elevación F} = \text{Elevación H} + \frac{3 DC}{4}$$

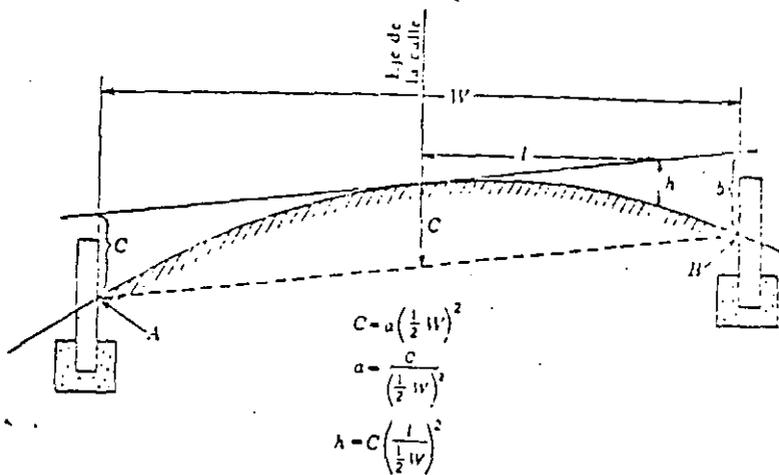
$$\text{Elevación J} = \text{Elevación K} + \frac{7 DC}{16}$$

$$\text{Elevación L} = \text{Elevación M} + \frac{7 DC}{16} \text{ etc.}$$

Pendientes de pavimentos de calzada.-

Por muchas razones la sección transversal del pavimento de una calle se realiza frecuentemente en forma de parábola cuyo eje principal es vertical.

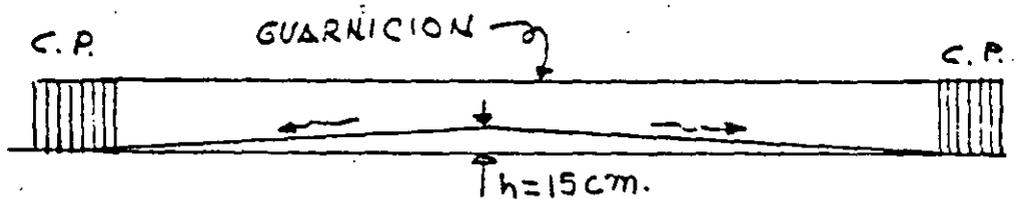
Representa la sección transversal de una calle. La altura del bombeo C depende del ancho de la calzada y del tipo de superficie empleado. Puede reducirse C cuando el material de la superfi-



cie produce un drenaje correcto. Se adopta normalmente 1/30 de la anchura.

Escorrentamiento longitudinal

Por especificación, en México, se deben colocar las coladeras pluviales a cada 30 metros aproximadamente, por lo que es necesario dejar, un desnivel que permita que los volúmenes de agua pluvial escurran a ésta



7.3 Servicios Municipales

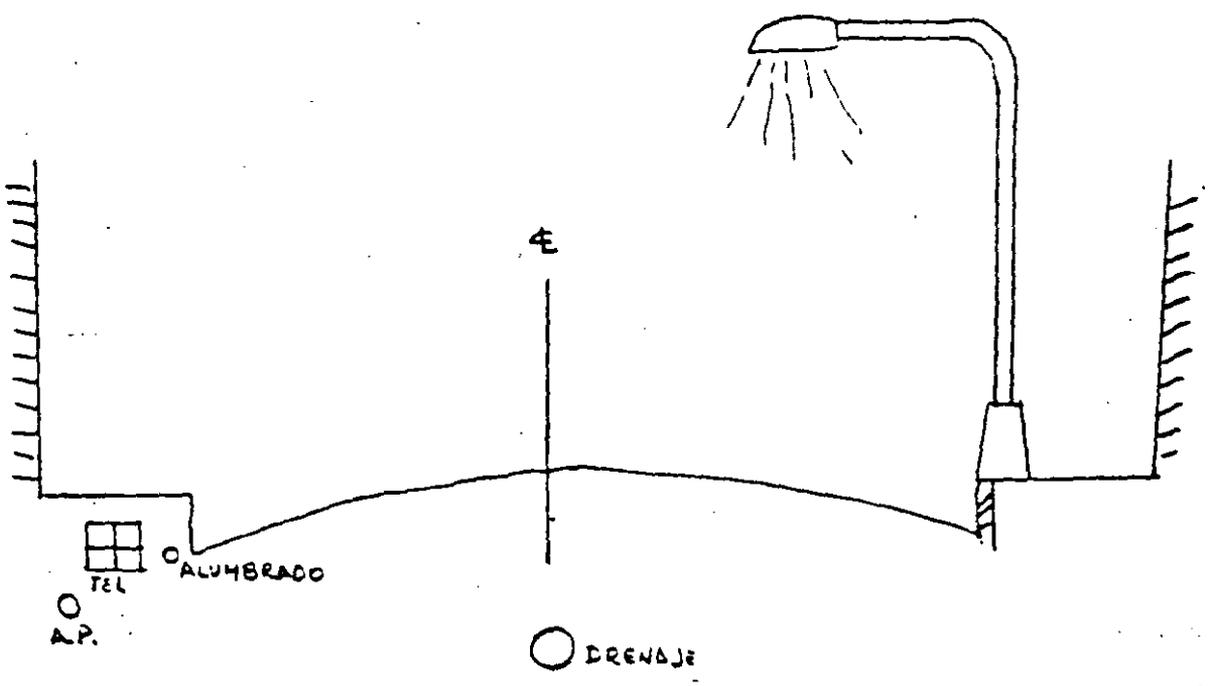
En los proyectos de fraccionamientos es de suma importancia el poder ubicar y considerar los servicios municipales, ya que estos van de acuerdo con los usos a los que se va a dar el fraccionamiento.

Un fraccionamiento para granjas tiene otros requerimientos que uno de uso habitacional.

El tipo de pavimento, de alumbrado, etc. es diferente en cada caso.

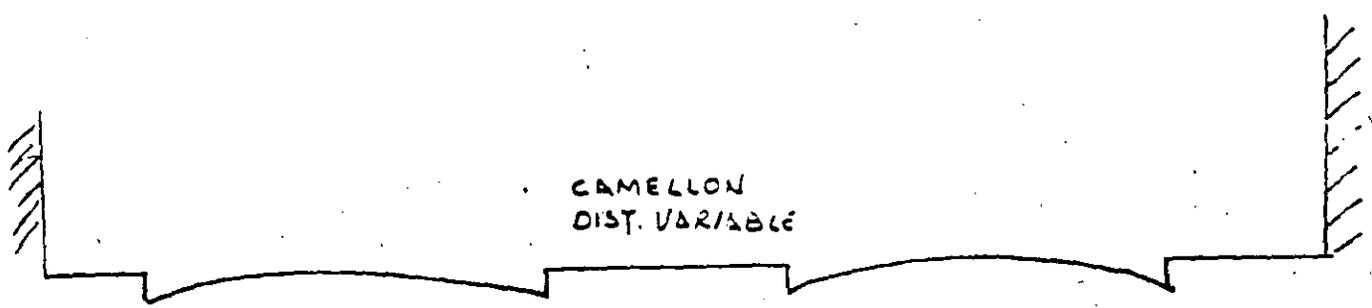
Sin embargo, se puede considerar que en una sección transversal de una calle, deben colocarse servicios como:

- a) agua potable
- b) alcantarillado
- c) energía eléctrica
- d) alumbrado público
- e) teléfonos
- f) cable visión
- g) redes privadas, etc.



En calles muy anchas se debe dejar camellón en el centro, donde pueden instalarse, líneas eléctricas de alta tensión (torres o --

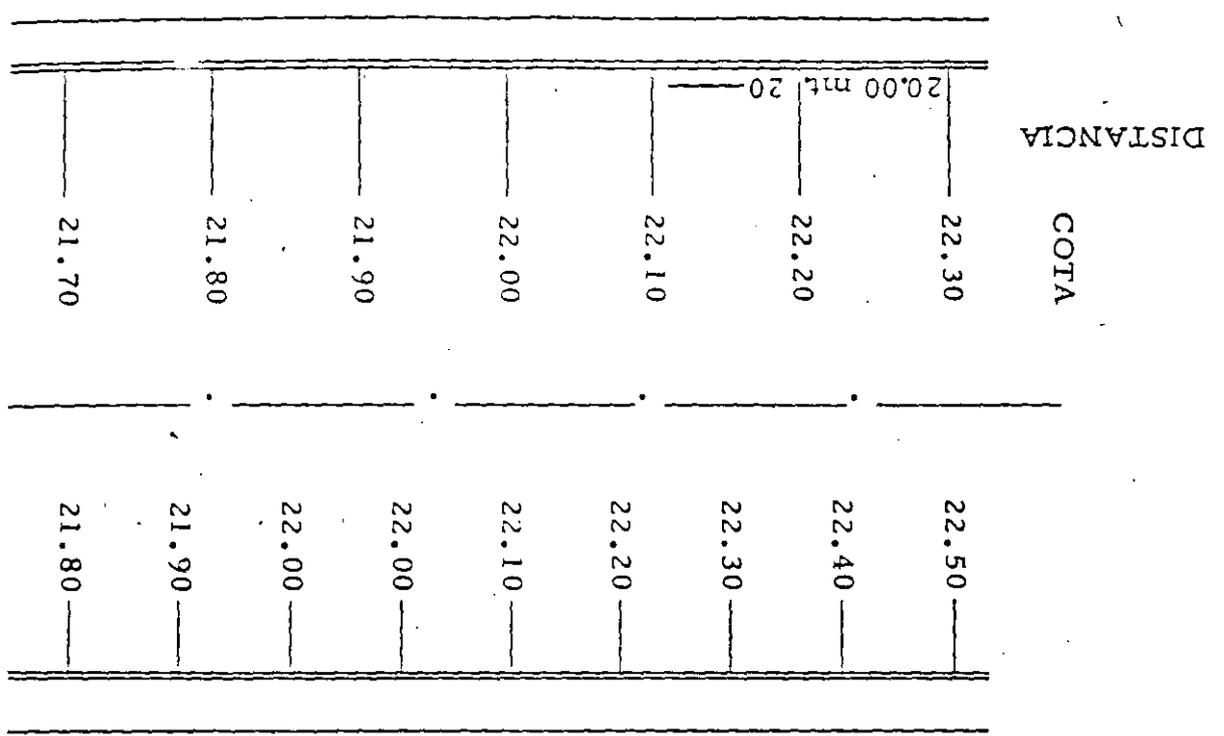
postes) colectores o líneas de agua potable de gran diámetro.



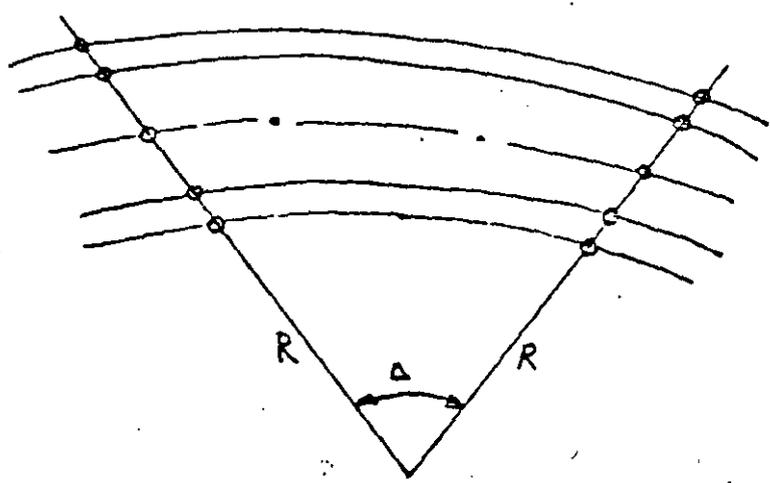
7.4 Vialidades

La presentación de un plano de vialidad listo para ejecutarse en el terreno debe contar con los datos de altura de guarnición, -- trazos de curvas con sus respectivos datos de R, , pendientes --

anchos de banqueteta, ancho de calle.

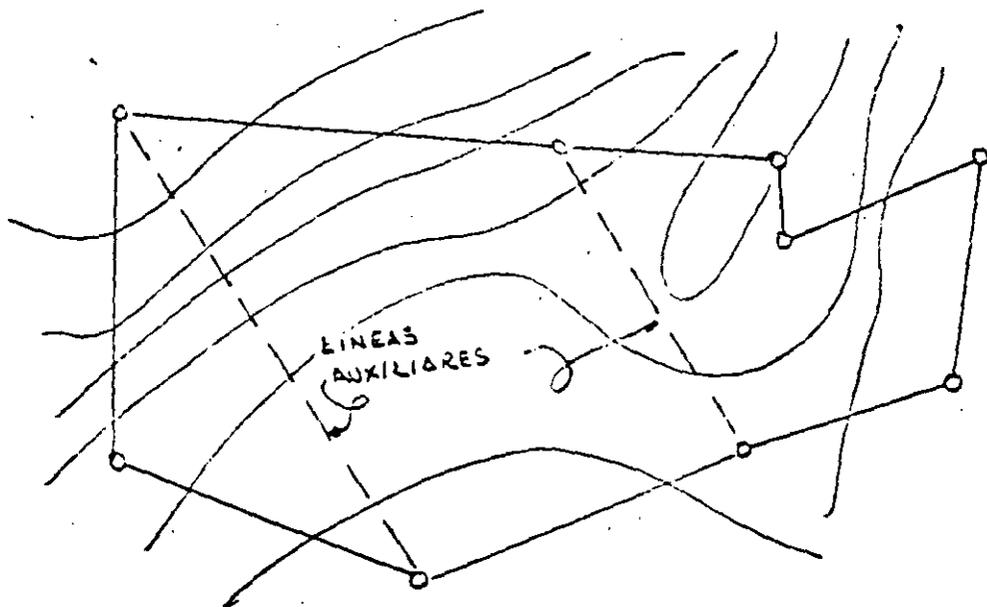


Ilustrando con cotas y distancia la altura de las guarniciones por especificación debe estar la rasante del pavimento a 20 cm. de ésta.

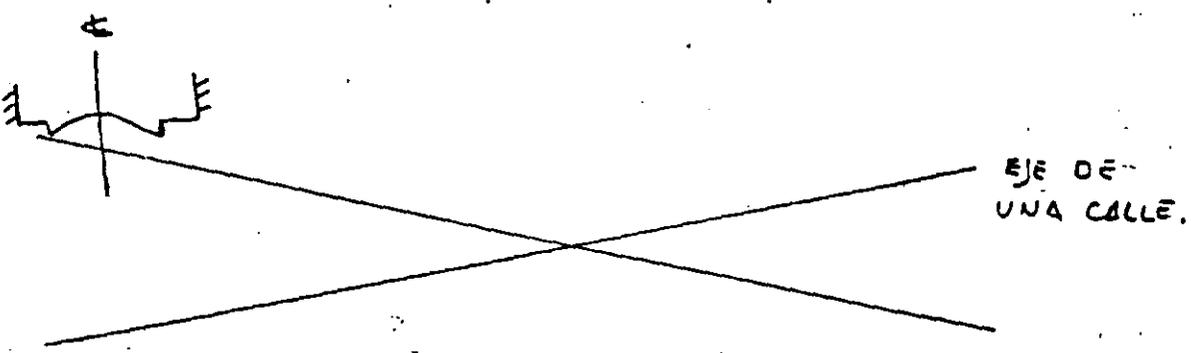


7.7 Apoyo topográfico

Contando con poligonales de envolventes se pueden ir localizando puntos y distancias que sirven de apoyo.



Por la misma razón, el obtener los desniveles y curvas de nivel, permiten tener el apoyo vertical.



7.5 Ratificaciones

En el proceso del proyecto de un fraccionamiento muchas veces se debe comprobar los trazos, pues éstos pueden sufrir modificaciones en distancias o desniveles.

Con los datos de configuración de un terreno que se va a fraccionar se trazan los ejes de las calles, se analizan sus pendientes, se elige una forma de lotificación, se estudian sus manzanas y debido a la gran cantidad de operaciones debe frecuentemente comprobarse.

7.6 Ajuste de Areas

Las areas de las manzanas y lotes deben ajustarse a las especificaciones, y si existen pequeñas diferencias se necesitan ajustes en relación con los datos del terreno, posteriormente en el replanteo se llega a tener gran precisión si se trabajó con datos aceptables.

1 - DIST. DE AJUSTE

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12

Descripción

Generalidades

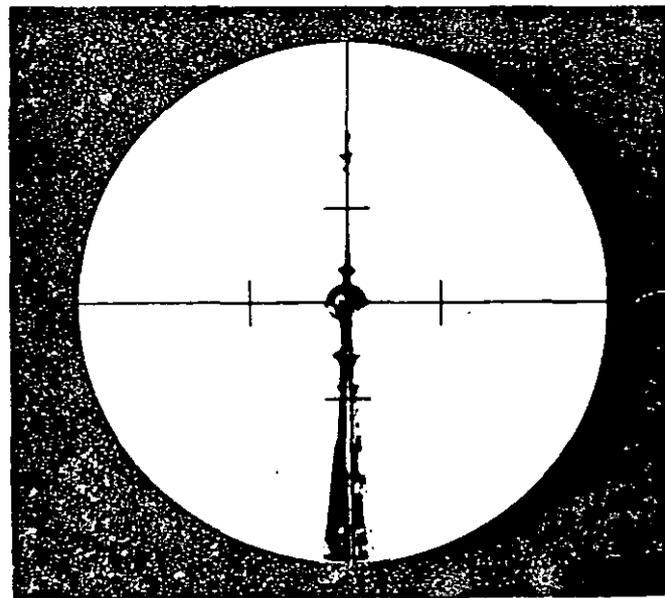
La gran difusión que el Teodolito Universal Wild T2 ha encontrado en el mundo entero es el fruto de la concepción bien estudiada, fabricación esmerada y confirmación de las cualidades de este instrumento en numerosos trabajos topográficos. En atención a las altas exigencias que debe satisfacer un teodolito de segundo, sobre todo cuando es utilizado en todas las zonas climáticas de la tierra, se usa abundantemente acero en el T2, metal cuyo coeficiente de dilatación es casi igual que el del vidrio. Realizándose así la armonía entre dos materiales heterogéneos, pero ambos importantes, el T2 llega a ser prácticamente insensible contra variaciones de temperatura. Los instrumentos son tratados en la fábrica con aceites y grasas especiales, lo que garantiza un funcionamiento seguro incluso en condiciones extremas.



Apuntar aproximadamente con el visor óptico

Anteojo

La óptica del anteojo, que debido a la reducción del espectro secundario está ampliamente corregida de las aberraciones cromáticas, engendra una imagen bien contrastada de un aumento standard de $30\times$, la cual permite visuales exactas aún en condiciones de luminosidad desfavorables. El tratamiento de las lentes con una sustancia antirreflejante aumenta la luminosidad de la imagen, apreciado sobre todo al trabajar a la luz crepuscular o al visar un blanco insuficientemente iluminado. El anteojo es basculable por sus dos extremos y cuenta en ambas posiciones con sendos visores ópticos para la rápida y cómoda preorientación. Es posible observar en ambas posiciones del anteojo incluso con accesorios de objetivo u ocular. Flechas como indican sobre el ocular la posición ∞ permite acelerar el enfoque. El cierre de bayoneta del ocular standard permite un intercambio sencillo por oculares especiales. Para visuales fuertemente inclinadas hay prismas oculares u oculares acodados.

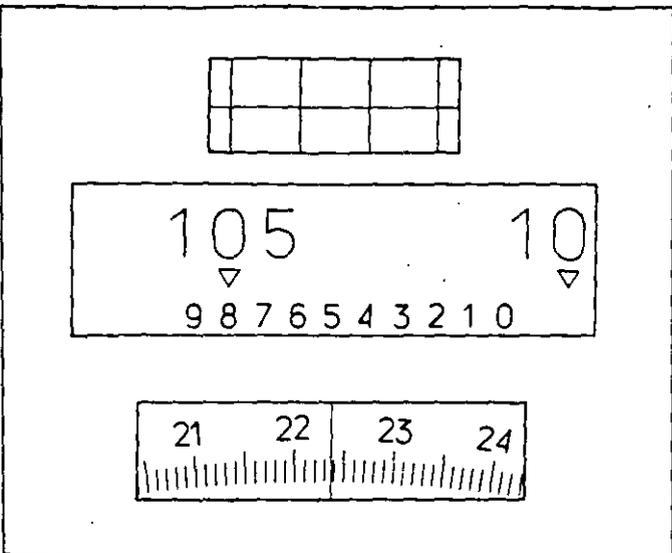


Apuntar exactamente con la retícula

Círculos graduados

El T2 se suministra con graduaciones de círculo de 360° , 400° y 6400 milésimas. Los círculos se leen cómodamente en el microscopio de lectura situado junto al ocular del anteojo. Girando un botón se lleva al campo visual alternativamente la imagen del círculo horizontal o la del círculo vertical. La puesta en coincidencia de los trazos de graduación, decisiva para la exactitud de la lectura, se observa por eso en ambos círculos en el centro de la imagen. La lectura

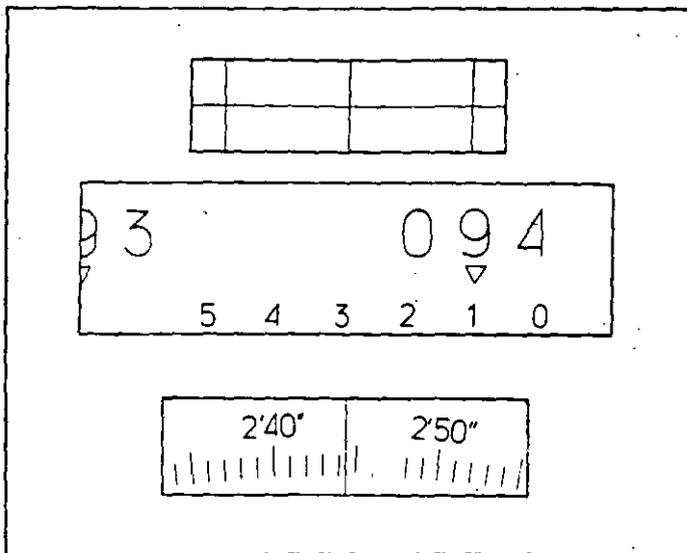
del círculo horizontal aparece en un amarillo muy luminoso, lo que permite hacer distinción entre las dos imágenes del círculo. Ambos círculos se leen en lugares diametrales con formación del promedio óptico según Heinrich Wild, siendo así eliminadas las inevitables excentricidades mínimas. La marcha de los rayos ópticos para la iluminación y reproducción de los dos lugares del círculo es simétrica. En el microscopio de lectura se obtienen por consiguiente



Lectura del ángulo horizontal 400° : 105.8224°

imágenes equivalentes de los círculos graduados, las cuales, pudiendo ser medidas impecablemente por el micrómetro óptico, constituyen la bien conocida precisión de nuestros teodolitos de segundo.

La lectura de los círculos parcialmente digitalizada es sencilla, unívoca y sin problemas para el operador. Las primeras seis cifras del ángulo se leen directamente y sólo los segundos 1...9 deben contarse en una escala graduada. El círculo horizontal puede desplazarse con ayuda de un botón. El círculo vertical está orientado de manera que en posición I (círculo-V a la izquierda) se leen ángulos cenitales. Los



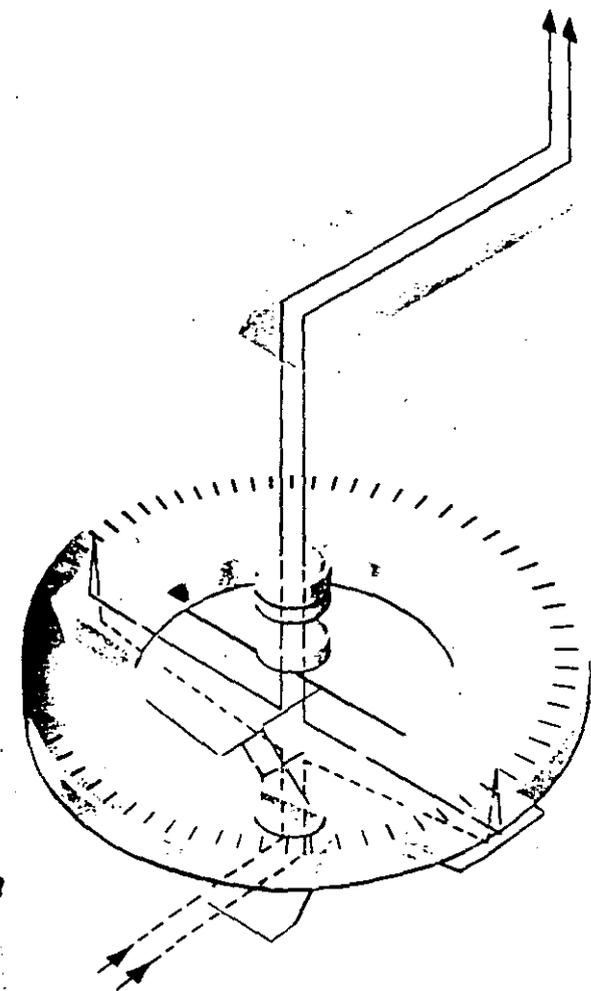
Lectura del ángulo vertical 360° : $94^\circ 12' 44''$

errores de graduación de los círculos no influyen en la precisión de la lectura y pueden ser desatendidos.

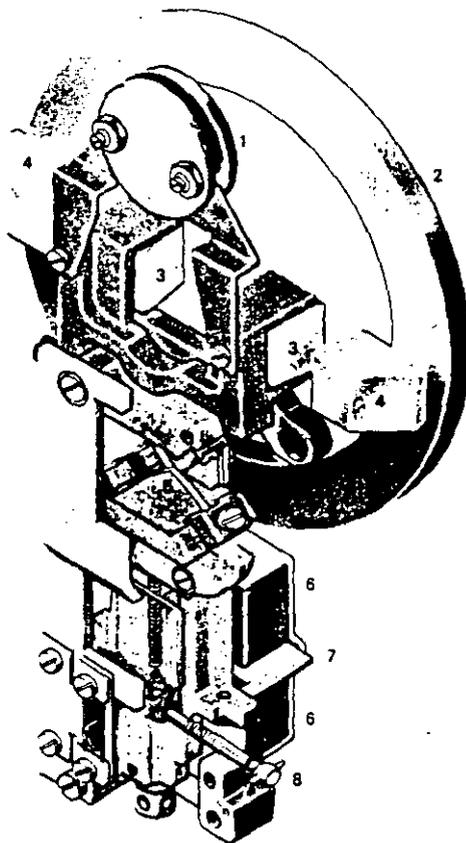
Índice vertical automático

El Índice vertical se nivela automáticamente por un péndulo alojado a prueba de choques. Debido a la gran longitud relativa del péndulo y la amortiguación magnética, el Índice es prácticamente insensible contra oscilaciones perturbadoras. Oprimiento un botón pulsador, el observador puede cerciorarse de que el péndulo funciona correctamente.

Para mediciones especiales sobre un plano inclinado, y q consecuentemente implican un eje vertical oblicuo, suministramos el T 2 también con Índice fijo.



Sección y marcha de los rayos ópticos (de la lectura horizontal)

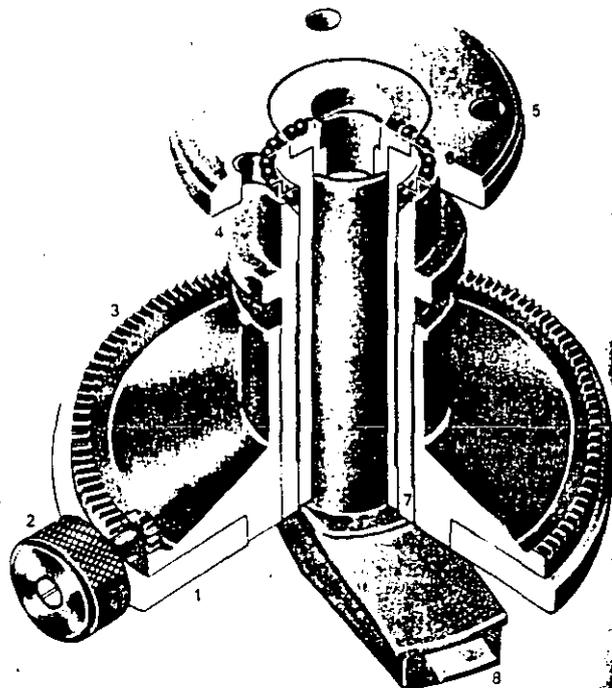


Índice vertical automático

- 1) Amortiguador transversal, 2) Círculo vertical, 3) Placas plano-paralela
- 4) Prisma para la lectura para círculo, 5) Cintas del dispositivo de suspensión permanente, 7) Placa amortiguadora, 8) Tornillo de ajuste

Alidada y parte inferior

La **alidada**, que se compone del eje vertical con los dos montantes y el eje de basculamiento con anteojo y círculo vertical, contiene el dispositivo de lectura de los círculos con micrómetro óptico, el índice vertical automático y los tornillos para sujetar y girar los ejes. El nivel de alidada para la nivelación fina del T2 está alojado céntricamente entre los montantes y puede ser observado en una u otra posición del anteojo con la misma comodidad. Para aumentar la precisión, en punterías muy inclinadas, se puede montar, aún después de haber entregado el instrumento, un nivel de alidada de $10''/2$ mm (accesorio suplementario). La alidada está alojada girable en la **parte inferior** fija, que contiene la caja de eje para el eje vertical y el porta-círculo. El sistema de eje es de acero nitrificado y se presenta arriba en la forma de rodamiento de bolas de centraje que hace que el eje sea centrado automáticamente por el peso de la alidada. Esta disposición, que prácticamente no necesita cuidado, resiste las más duras condiciones de trabajo y contribuye considerablemente al funcionamiento seguro del T2. La parte inferior cuenta con una brida de centraje provista de tres pivotes de sujeción para el centraje forzado en la base nivelante.

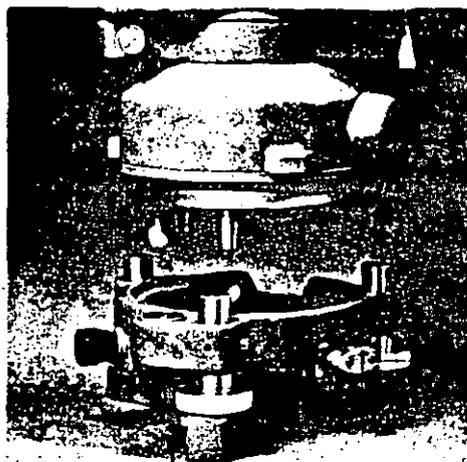


Sistema del eje vertical del T2

1) Círculo horizontal, 2) Botón para el desplazamiento del círculo horizontal, 3) Porta-círculo, 4) Caja de eje, 5) Eje vertical, 6) Cojinete de bolas, 7) Cojinete de rodamiento, 8) Prisma para lectura del círculo

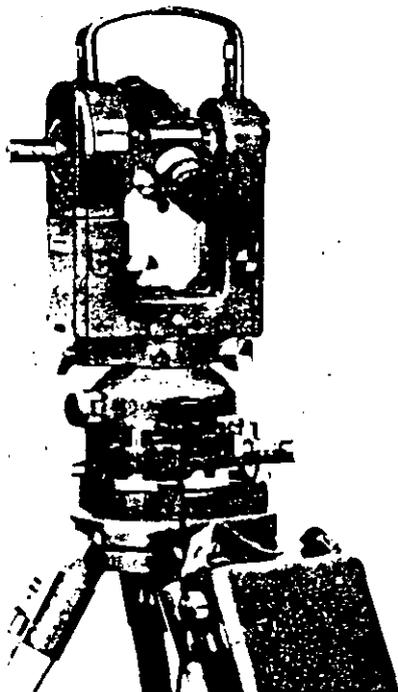
Base nivelante

La base nivelante es separable. Mediante un cierre giratorio central, el teodolito con sus tres pivotes de sujeción se bloquea sin presión lateral en la cubeta de centraje. El botón giratorio para el dispositivo de bloqueo puede asegurarse contra un abrir involuntario. La base nivelante puede recibir, en centraje forzado, un rico surtido de instrumentos accesorios, como señales de puntería, reflectores de Distomat, plomadas ópticas, etc. Los tornillos nivelantes están protegidos herméticamente contra el polvo. El **nivel esférico** en la base nivelante sirve para la puesta en horizontal aproximada y la **plomada óptica** para el centraje de la base nivelante sobre un punto del suelo. El ocular da una imagen real directa. La base nivelante se suministra también sin plomada óptica. En tal caso se recomienda el bastón de centraje en cuya división se puede leer la altura del instrumento.



Centraje forzado

1) Placa base, 2) Tornillo de la base nivelante, 3) Plomada óptica, 4) Placa de centraje, 5) Brida de centraje, 6) Pivote de sujeción, 7) Botón cerrojo aliforme



Iluminación

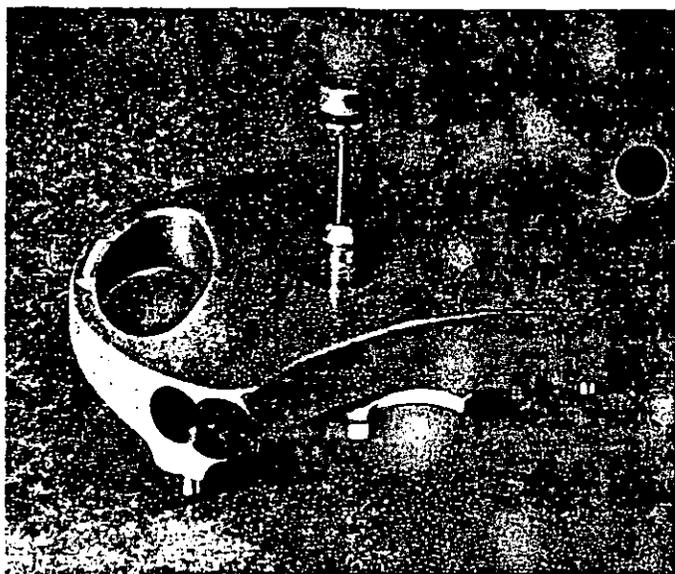
El círculo horizontal es iluminado a través de un espejo situado en la parte inferior fija. No se produce, pues, ninguna variación en la iluminación del importante círculo horizontal al girar la alidada. El espejo para iluminar el círculo vertical se encuentra en el montante a la altura del eje basculante. Por la noche, o cuando la luz del día no es suficiente, los espejos se cambian por lámparas enchufables, que a través de un enchufe en la parte inferior están conectadas a una batería colgada del trípode. Para trabajos en minas se puede obtener la batería en ejecución protegida contra grisú. A petición se suministra el T2 también con un nivel de alidada autoluminoso (tritio) que en un taller Wild puede cambiarse también posteriormente por el nivel standard.

Iluminación eléctrica

Trípodes

En general recomendamos para el T2 el trípode GST20 con patas extensibles. Permite poner en estación el instrumento a una altura hasta 1,70 m. Suministramos, además, el trípode de centraje GST70, sobre el cual se coloca el T2 **sin** base nivelante, efectuándose centrado y previa nivelación en una sola operación. Al usar el trípode standard, se puede facilitar y acelerar el procedimiento de centrado por medio del bastón de centraje que se encaja en el tornillo de fijación. Para visuales por encima de vegetación elevada o tráfico callejero se suministra el trípode extralargo GST20-2 que permite alturas de instrumento de un poco más de 2 m. Nótese, sin embargo, que debido a la estabilidad, el teodolito se debe manejar en este caso con más precaución de la que normalmente se requiere.

Para colocar el teodolito sobre pilares o balaustradas, se emplea la **placa pilar** con punta de centraje.



Placa pilar

Transporte

El T2 posee un **estuche matálico**, impermeable al agua y polvo y provisto de una correa portadora. El casquete, debido a su abombamiento estáticamente favorable, ofrece al instrumento excelente protección contra choques. Para cortas distancias, el teodolito se lleva sin estuche seguro y cómodamente de su **asa portadora** separable. A fin de poder transportar el teodolito sin pena sobre distancias

largas, impracticables, suministramos una **mochila con** separación especial para el estuche.

Para transporte en coche, ferrocarril, avión, etc. se recomienda usar la **caja de transporte** con cierre, de material sintético resistente. Tiene un acolchado perfilado de gomaespuma en el que el teodolito embalado en su estuche se guarda exento de vibraciones.



Transporte: 1) T2 en la base del estuche. 2) Tapa del estuche. 3) Caja de transporte

Aplicaciones

Triangulación y poligonación

Gracias a la elevada precisión de la medición angular, el T2 se presta excelentemente para la triangulación hasta redes del 2° orden y la poligonación de precisión.

En la poligonación se trabaja en la mayoría de los casos con **centraje forzado**. Para ello suministramos un equipo especial que consta de trípodes adicionales y juegos de señales de puntería. Los juegos de señales de puntería están embalados en cajas de material sintético, acolchadas de goma-espuma y provistas de correas de transporte. Con el juego de señales de puntería se suministra a petición un juego de iluminación para trabajos nocturnos y en minas. Al observar con centraje forzado, se colocan por lo menos tres trípodes en los puntos de estación, cada uno equipado con base nivelante. Para la medición de ángulos se intercambian teodolitos y señal de puntería, evitándose así errores de centraje. El procedimiento de observación puede acelerarse aumentando el número de los trípodes utilizados. Cuando la poligonal presenta lados largos, por ejemplo en la poligonación «electrónica», se fija la **gran señal de puntería Wild GZT2** sobre la pequeña señal, lo cual, en buenas condiciones de visibilidad, permiten alcanzar visuales hasta 8 km.

Medición de distancias

En poligonaciones, replanteos y determinación de puntos por medio de coordenadas polares, se deben medir no sólo ángulos, sino también distancias. Prescindiendo de la cinta métrica, las distancias pueden medirse también óptica y electrónicamente con ayuda del teodolito.

Con trazos diastimométricos

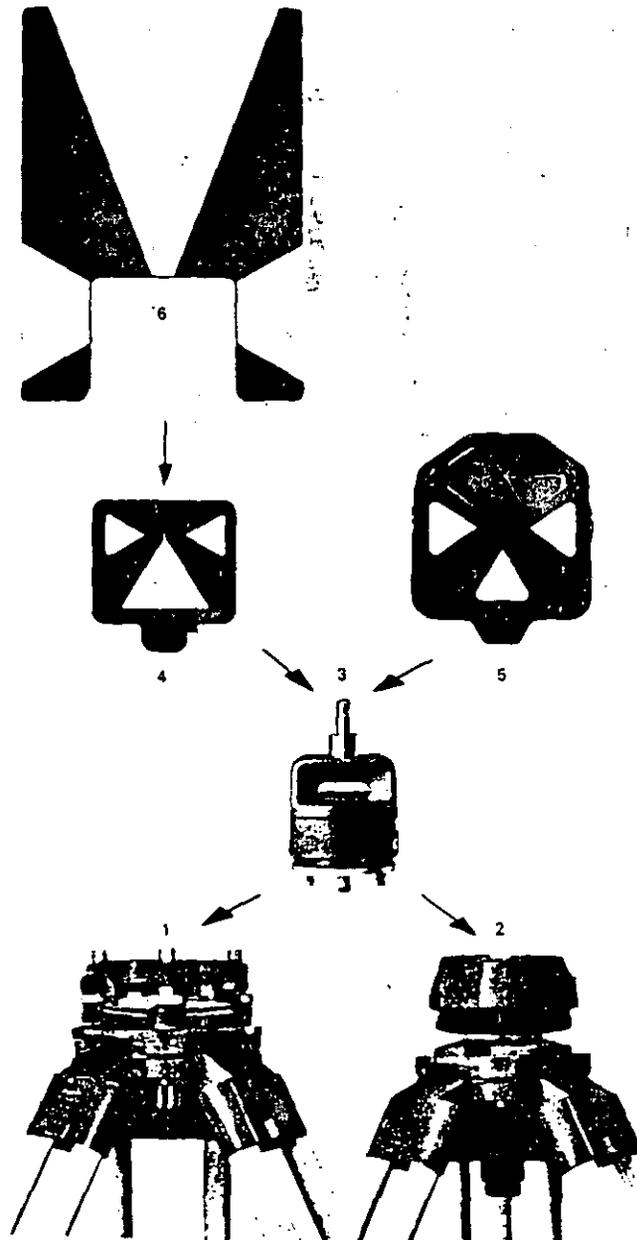
La placa retícula del T2 tiene trazos diastimométricos horizontales y verticales que permiten medir distancias sobre una mira con división en cm y/o pies. Los dos trazos diastimométricos interceptan una sección de la mira, a partir de la cual se puede calcular la distancia. La precisión es cerca de un decímetro y disminuye rápidamente a medida que crezca la distancia.

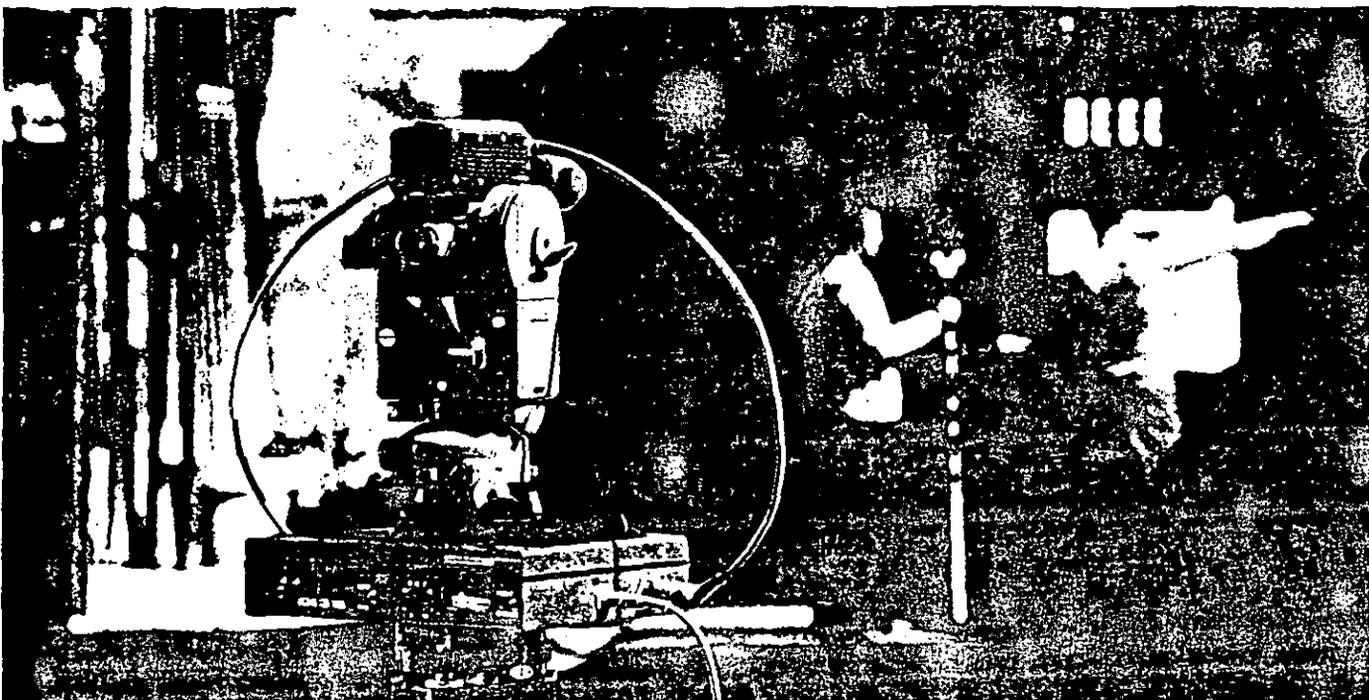
Con la estadia base de 2 m

Midiendo el ángulo paraláctico sobre la estadia base de 2 m, se obtiene de una tabla inmediatamente la distancia horizontal. La precisión de la medición, que es muy elevada, en cortas distancias, por ejemplo ± 1 mm a 20 m, disminuye con el cuadro del alejamiento (véase prospecto G1 421s). La estadia base se coloca en la base nivelante o directamente sobre el trípode de centraje, obteniéndose así el centraje forzado con el teodolito o las señales de puntería. Para trabajos nocturnos y subterráneos se suministra un dispositivo de iluminación.

Equipo para el centraje forzado

1) Trípode GST20 con base nivelante GDF8, 2) Trípode de centraje GST70, 3) Portador GZR2 para la señal de puntería y/o reflector, 4) Señal de puntería GZT1, 5) Reflectores de 1 prisma GDR31, 6) Gran señal de puntería GZT2





T2 con el taquímetro reductor infrarrojo Distomat DI3S

Con el Distomat

Gracias al alcance de 2000 m del Distanciómetro Infrarrojo Wild Distomat DI3S, la longitud de los lados de una poligonal pueden variar según la topografía del terreno. Los vertices pueden adaptarse mejor a la configuración del terreno y el itinerario llega a ser más racional. En combinación con el T2 la precisión de la medición de distancias hasta los 2000 m, corresponde con la precisión de la medición de los ángulos.

Medición de la distancia y del ángulo en una sola operación. Después de introducir el ángulo V , el DI3S da incluso la distancia horizontal y la diferencia altimétrica, además se puede introducir el ángulo H_z para el cálculo de las diferencias de coordenadas $\Delta x/\Delta y$ (véase prospecto G1 329s).

Mediciones especiales

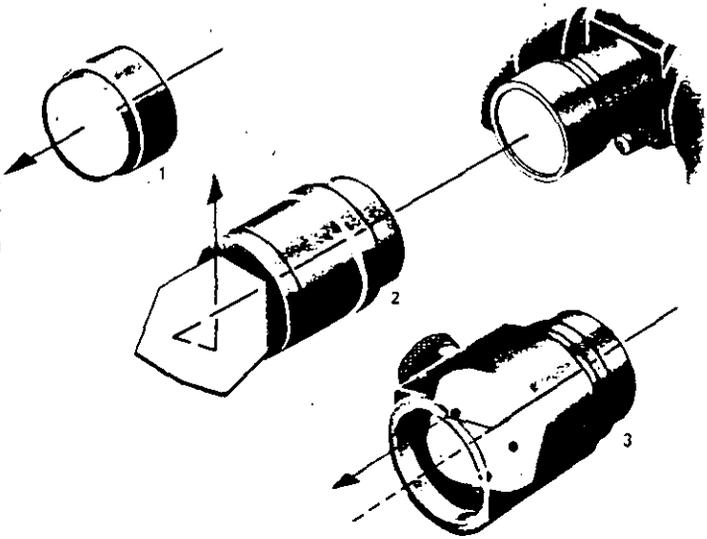
En la ingeniería civil, construcción de máquinas y laboratorios se utiliza hoy en día cada vez más el teodolito para replanteos, alineamientos y controles. Gracias el rico surtido de dispositivos accesorios, el Wild T2 es un excelente medio para solucionar numerosos problemas dependientes de la técnica de medición.

Con el **prisma objetivo** se desvía la línea de puntería en 90° . Girando el prisma, se puede visar verticalmente hacia arriba o abajo, o replantear perpendicularmente a cualquier dirección en el espacio. El prisma objetivo se suministra también con tornillo de movimiento fino.

El micrómetro de placa planoparalela permite, dentro de un alcance de 10 mm, medir directamente desviaciones de la línea de puntería, hasta 0,1 mm. El micrómetro es suministrable también con división en pies y pulgadas. Girando el micrómetro alrededor de la montura del objetivo es posible medir las desviaciones (por ejemplo, las de un eje de máquina) no sólo en el plano horizontal o vertical, sino también en todo otro plano.

Para mediciones inferiores a la distancia mínima de enfoque se suministran **lentes adicionales** para las siguientes distancias:

Lente	Distancia de enfoque
GVO1	2,25-1,14
GVO2	1,15-0,79
GVO3	0,80-0,62
GVO4	0,62-0,51

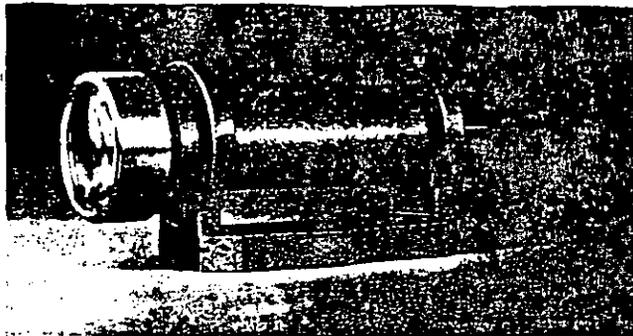


Para el objetivo: 1) Lente adicional, 2) Prisma objetivo, 3) Micrómetro de placa planoparalela para el ocular

Con el **ocular de autocolimación**, que se cambia por el ocular de anteojo, se puede utilizar el T2 para alinear piezas de trabajo y dispositivos en la construcción de máquinas y el laboratorio. Para punterías fuertemente inclinadas o verticales hay un ocular de autocolimación acodado.

Para la autocolimación se apunta el anteojo hacia un espejo plano, fijado en el objeto a examinar. Al estar enfocado el anteojo al ∞ , los rayos ópticos reflejados por el espejo, reproducen la cruz de la retícula como imagen reflejada en el plano de la retícula. Debido al paralelismo de los rayos ópticos, la autocolimación es independiente de la distancia de puntería, es decir, el espejo puede encontrarse inmediatamente delante del objetivo. Si la imagen reflejada coincide con la cruz de retícula, el plano del espejo está perpendicular a la línea de puntería. De no ser así, se puede establecer la coincidencia y simetría en altura y acimut actuando sobre los tornillos de movimiento fino y medir las desviaciones del espejo con respecto al rayo de puntería en ambas direcciones mediante la lectura de los círculos antes y después de la coincidencia. Según la tarea a cumplir el anteojo se alinea con el espejo, o el espejo fijado en la pieza de trabajo con el anteojo. En caso de que la autocolimación sea uno de los trabajos principales en el empleo del T2, nosotros recomendamos de montar el manguito de autocolimación GUFA con retícula negativa (debe montarse en un taller autorizado Wild).

Para el alineamiento, la comprobación de rollos de transporte o bien en el montaje de máquinas grandes, donde no es posible observar desde un punto solo, es muy ventajoso el empleo del GAP1, el **prisma autocolimador**, para mantener su línea de referencia fija.



Colimador para taller

La **lámpara de ocular GEB 32**, que se cambia por el ocular de anteojo, transforma el T2 en un colimador. Ofrecemos también **colimadores de taller** para atornillar. Consta de un anteojo T2 ó T3 sin ocular, con dispositivo de iluminación para la retícula y, a petición, diferentes figuras de retícula. Se utilizan colimadores en la comprobación de instrumentos y elementos de máquinas, como, por ejemplo, medir mesas circulares. La cruz de la retícula de un colimador se enfoca como un punto situado al infinito, de modo que el posicionado del instrumento de medición y su distancia mínima de enfoque no influyen ni en la medición ni en la precisión de la misma.

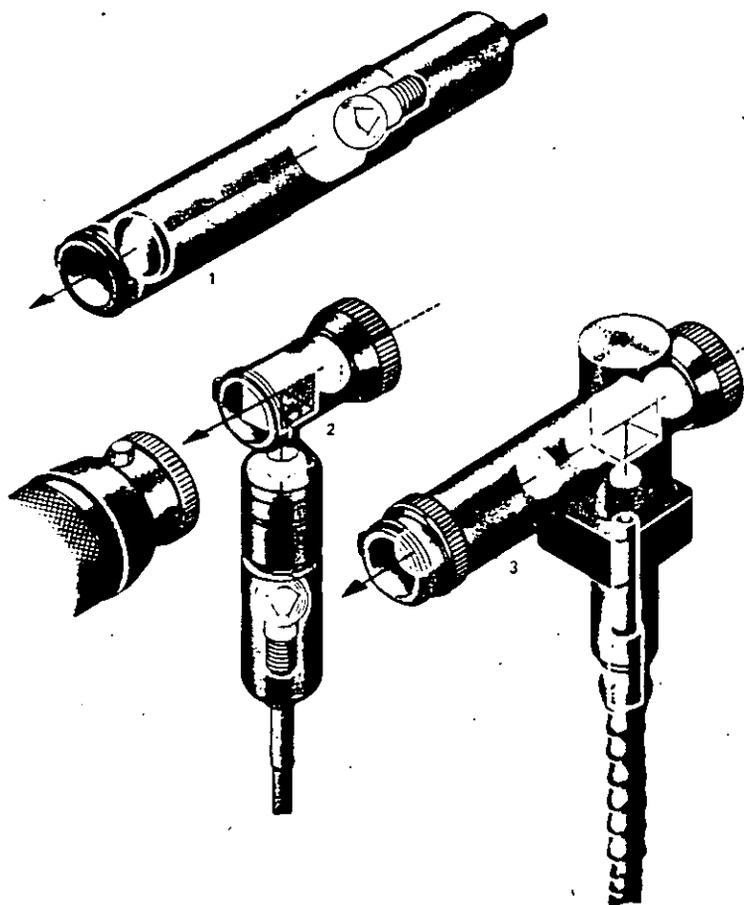
Oculares especiales

El equipo standard del T2 contiene el ocular 73. Gracias a la fijación de bayoneta en el extremo ocular del anteojo, se pueden emplear también otros oculares.

Ocular	Aumento del anteojo
FOK 53	40
FOK 73	30 (Standard)
FOK 88	24
FOK 117	18

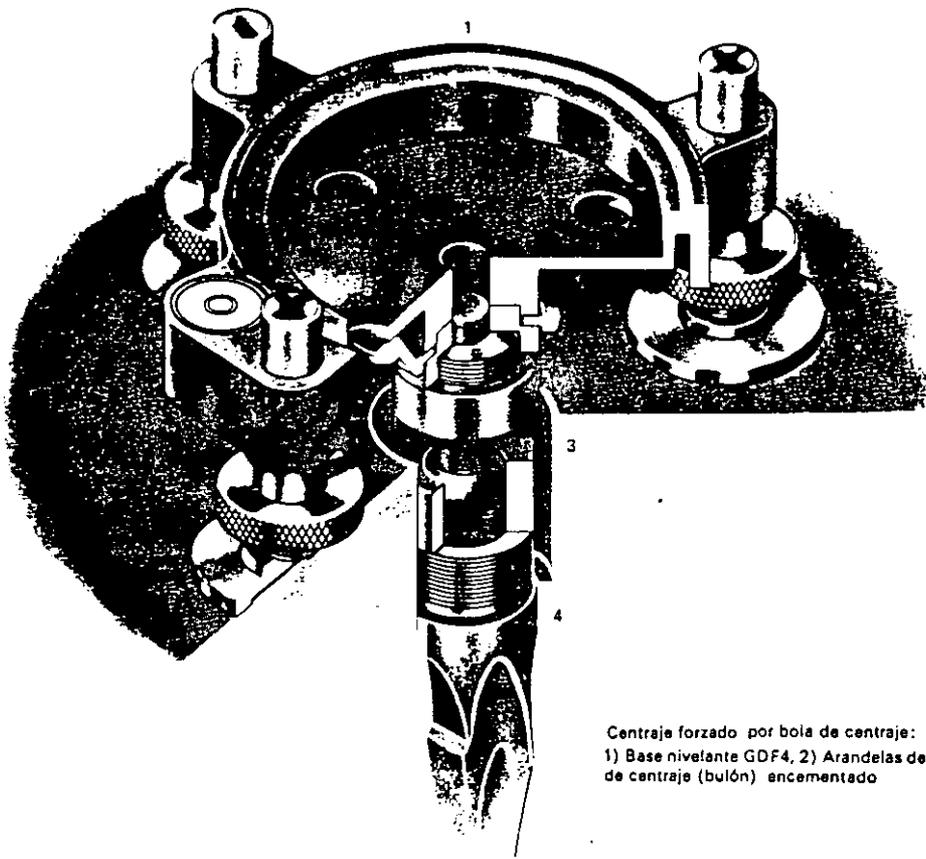
El ocular FOK 53, con un aumento de 40x, se presta particularmente bien para mediciones en la industria mecánica y el laboratorio. Los oculares FOK 88 y, sobre todo, FOK 117 están previstos para visuales por encima de superficies calientes y soleadas (vibraciones del aire). El prisma ocular, sin embargo, no conviene para los oculares especiales FOK 53 y FOK 88.

Además de los oculares acodados y de autocolimación se suministra aún el **ocular laser GLO** (véase prospecto G1 406s), que hace del T2 un teodolito laser. El rayo laser convierte la línea de puntería no visible del teodolito en un rayo de referencia que proyecta un punto luminoso sobre cualquier lugar deseado. El rayo de referencia, ajustable en acimut y altura con precisión de segundo, permite dirigir taladradoras de túneles o alinear cofrados deslizantes complicados.



Para el ocular:

1) Lámpara para el ocular, 2) Ocular de autocolimación GOA, 3) Ocular Láser GLO2



Centraje forzado por bola de centrado:
 1) Base nivelante GDF4, 2) Arandelas de protección, 3) Bola de centrado, 4) Manguito de centrado (bulón) encementado

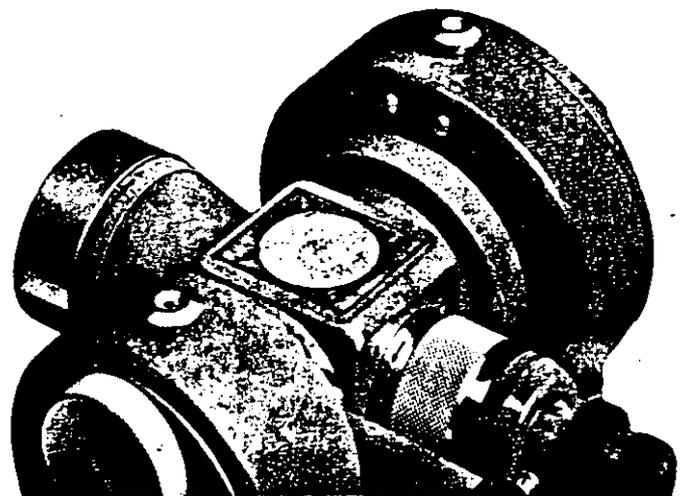
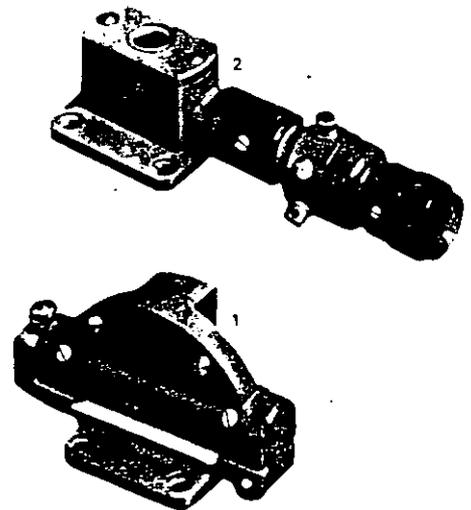
Para **mediciones de control** sobre pilares de observación permanentes se suministra para el T2 una base nivelante separable con **bola de centrado**. La bola de centrado, ajustada exactamente al bulón de centrado empotrado en el pilar, garantiza un centrado rápido y preciso del instrumento incluso en caso de repetidas puestas en estación. Este modo de centrado forzado es importante cuando deformaciones en construcciones o máquinas deben ser vigiladas por observaciones periódicas.

Para visuales verticales precisas en agrimensura, ingeniería e industria, suministramos los **anteojos automáticos** Wild ZL para punterías al cenit y Wild NL para el nadir, instrumentos independientes entre sí con una precisión de aproximadamente 1 : 200 000, a saber 0,5 mm en 100 m. Cuentan con una base nivelante separable y pueden cambiarse, en centrado forzado, por el T2 y los accesorios del teodolito (véase prospecto G1 427s). Una versión más pequeña, la **plomada óptica cenit-nadir** Wild ZBL, es de construcción semejante, alcanzando una precisión de 1 : 10 000 (véase prospecto G1 417s).

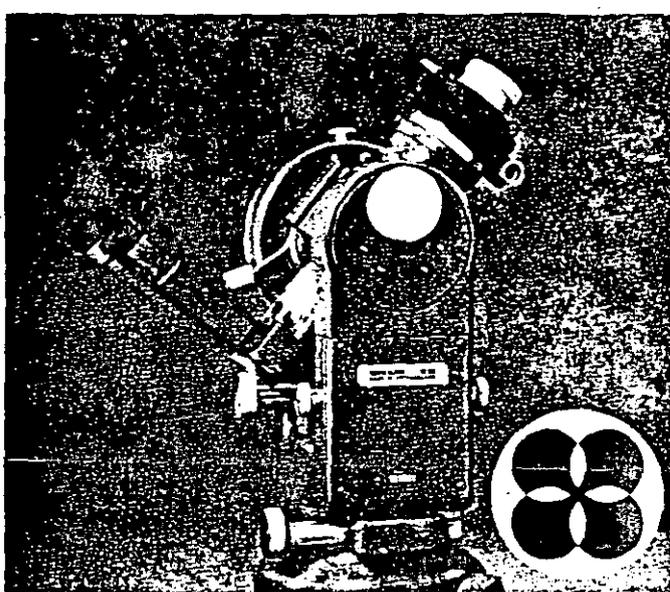
Con el **visor cenital de anteojo**, se puede centrar el T2 bajo un punto situado en la cumbrera o en el techo de la galería. La precisión es de 1 a 2 mm. El visor se sujeta en el anteojo, en posición II.

El anteojo puede equiparse también con un **nivel de anteojo** que tiene una sensibilidad de 60"/2 mm y que permite utilizar el T2 como instrumento de nivelación para visuales horizontales. El nivel se observa cómodamente a través de un prisma de coincidencia.

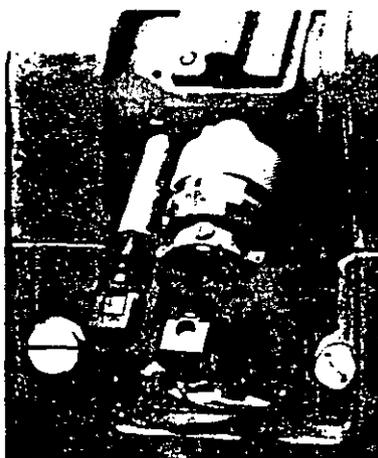
Existen aún muchas otras posibilidades para utilizar el T2 en mediciones especiales. En la medida de lo posible, la firma Wild está dispuesta a asesorar a los interesados en la solución de sus problemas.



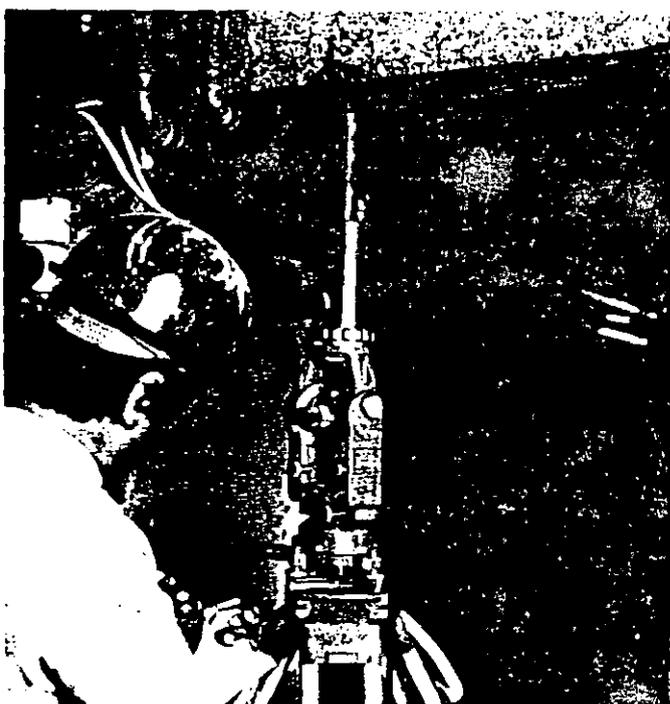
Para el anteojo: 1) Nivel de anteojo, 2) Visor cenital



Para observaciones solares: 1) Prisma solar. 2) Imagen en el anteojo con prisma puesto. 3) Oculares acodados



Prismas Oculares



Accesorio suplementario Wild GAK1

Observaciones astronómicas

Gracias a la alta precisión de estabilización del índice vertical automático, el T2 es particularmente bien apropiado para todos los procedimientos de observación destinados a la determinación astronómica de la latitud y hora por medición de ángulos cenitales. Con ayuda del índice automático, la verticalidad del eje pivote se realiza y comprueba con mayor exactitud y seguridad que con un nivel caballete. Esto es decisivo en el caso de visuales fuertemente inclinadas que ocurren por ejemplo en observaciones de pasos verticales. Con el T2 se consigue aproximadamente la siguiente desviación standard en el promedio, haciendo la observación al atardecer:

Acimut (latitudes medias)	$\pm 1''$ (3°)
Latitud geográfica	$\pm 1''$ (3°)
Hora o longitud	$\pm 0,1$ hasta $0,2$ segundos de tiempo

Con el **prisma solar** según Prof. Roelofs, que se sujeta en el objetivo, es posible visar directamente el centro del sol. El prisma solar se presta para controles de acimutes en poligonales y determinación de latitudes y longitudes geográficas según el método de las alturas iguales en expediciones y territorios inexplorados (véase prospecto G1 402s).

Orientación con el giróscopo

En casos donde una orientación astronómica no es posible, se recurre al **giróscopo** Wild GAK1. Colocado sobre un puente permanentemente sujeto al T2, el GAK1 permite, independientemente del campo magnético terrestre, la determinación del Norte geográfico en unos 20 minutos y con una precisión de $\pm 20''$ (60°). Quitado el GAK1, la presencia del puente no influye en la utilización del T2. El giróscopo es el instrumento ideal para controles de acimutes en poligonales; transferencias de direcciones en trabajos subterráneos, como túneles, galerías y pozos; orientación de instalaciones de navegación y dispositivos de telecomunicación, etc. (véase prospecto G1 413s).

Orientación magnética

Puesto que importantes elementos del T2 son de acero, no se puede utilizar ni brújula circular ni declinatoria para la orientación hacia el Norte magnético. En tal caso hay que prever una estación separada con la **brújula de trípode** Wild B3 (véase prospecto G1 426s).

Señales precisas desde 900 000 000 km

El satélite «Ulysses», perteneciente al programa ISPM, se emplea para la exploración del sol. La comunicación entre satélite y Tierra (distancia máxima 900 millones de kilómetros) se realiza mediante una antena con un diámetro de reflector de 1,65 m. Tras su fabricación, hubo que comprobar su precisión y comportamiento con distintas condiciones atmosféricas, puesto que de ella depende que la comunicación a tan gran distancia sea buena. Los tests pudieron realizarse en el laboratorio del Centro Europeo de Investigación Espacial y Tecnología (ESTEC) con el sistema de medición industrial Wild Leitz RMS2000 de modo absolutamente racional.

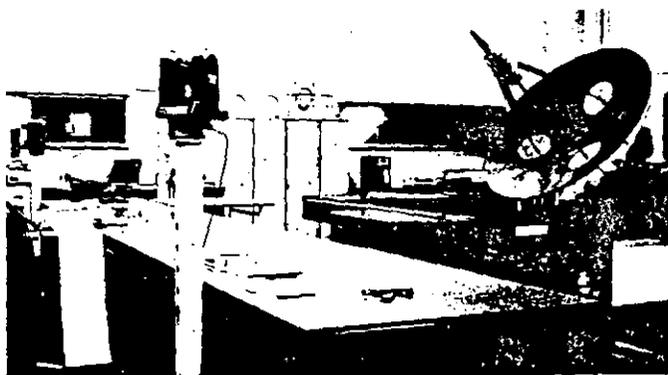
La International Solar Polar Mission (ISPM) es un programa científico, que la ESA y la NASA llevan a cabo conjuntamente. Las mediciones de antena tenían que dar primero la geometría del paraboloide, la longitud de foco y la posición del anillo de retención para los soportes del foco de la antena en la posición de salida. Seguidamente había que determinar estos parámetros durante y tras distintas simulaciones ambientales y pruebas de cargas.

Un sistema múltiple

La medición sin contacto con el sistema RMS2000 tiene lugar mediante visado óptico de puntos sobre el objeto a comprobar, con dos teodolitos electrónicos como mínimo, y mediante determinación de las coordenadas tridimensionales del punto por cálculo de intersecciones directas espaciales.

Los teodolitos electrónicos empleados, Wild Theomat T2000 y T2000S están conectados on-line, mediante un multiplexor Wild GMP1, con un ordenador Wang. Este está colocado en un carro de instrumentos en el que también hay una impresora. Este carro tiene sitio para transportar también el terminal de la computadora y los teodolitos. Así, puede llevarse todo el sistema sin problemas de un lugar de medición a otro. Aparte del servicio on-line puede medirse también off-line con el Wild GREX.

El software fue desarrollado por Leitz con el nombre de MESCAL para solucionar problemas de la técnica de medición 3D y se ha acreditado desde hace años con las máquinas de medición de coordenadas Leitz 3D. Gracias al continuo desarrollo y mantenimiento del software, hoy el RMS2000 tiene un paquete de software, que permite resolver todos los problemas de la medición. La técnica de menú, lógicamente configurada, permite un sencillo manejo del sistema a pesar de la complejidad de los trabajos. El software base del RMS2000 tiene, junto al software de servicio para el ordenador, rutinas para tantas posibilidades de calibrado, rutina para la medición, cálculo y enlace de elementos geométricos así como rutinas para

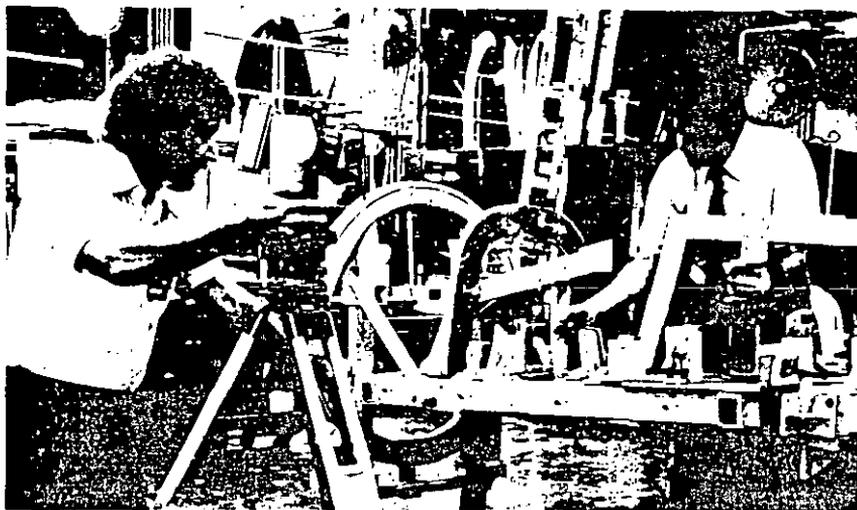


cálculos de transformación del sistema de coordenadas del teodolito en cualquier sistema del objeto, siendo posibles transformaciones por desplazamiento en todos los ejes y giro en torno a todos ellos así como combinaciones de las mismas.

Los distintos métodos para el **calibrado** y **la determinación de la escala** del sistema de medición permiten una aplicación extraordinariamente flexible. Así puede obtenerse la escala ya con la entrada en la computadora de las coordenadas conocidas del punto fijo. Una segunda variante es la medición exacta de la distancia entre las estaciones de los teodolitos (medición base, p. ej. con una mira base Invar de 2 m o un interferómetro láser). Otras posibilidades programadas de determinación de escala vienen dadas por mediciones de ángulos a los puntos finales de una o varias distancias conocidas en el espacio del objeto, mediante mediciones de ángulos a los puntos fijos conocidos en el espacio o con intersecciones hacia atrás de los puntos de estación de los teodolitos. Independientemente de la variante elegida, después es posible volver a utilizar de nuevo una calibración ya realizada mediante una sencilla llamada a la memoria de la computadora. Esto es ventajoso sobre todo cuando las mediciones han de llevarse a cabo siempre desde las mismas estaciones del teodolito.

En la medición de un objeto puede determinarse directamente **cualquier elemento geométrico** como puntos, rectas, círculos, planos, superficies esféricas, cilindros, etc. También puntos del objeto, que no pueden ser visados directamente, pueden medirse como puntos de intersección mediante estrategias especiales de visados. Mediante un cálculo posterior de enlaces idóneos se forman **nuevos elementos** a partir de los elementos descritos. Puede calcularse distancias, paralelismos, ángulos, intersecciones, etc. entre todos los elementos. Asimismo puede **restituirse** los resultados de la medición respecto a rectilineidad, planeidad o circularidad del objeto medido. Es decir, que no sólo puede determinarse las longitudes o diámetros de un objeto indicadas en los dibujos sino que también son posibles **tests** respecto a la calidad de la superficie, angulosidad, rectilineidad. Estas restituciones siguen estrictamente las normas DIN 7188 y ISOR 1101.

Puesto que el **margen de medición** del sistema puede variar entre la distancia mínima de enfoque del teodolito y los 40 m, la precisión lineal de la medición es asimismo variable. En un margen de medición inferior a 10 m, pueden conseguirse algunas centésimas de milímetro, como **precisión típica**. Antes de empezar las mediciones, pueden anotarse en la tabla de definición la precisión de medición y las tole-



Seguridad fotogramétrica de calidad en la construcción aeronáutica

El mundialmente conocido constructor de aviones, McDonnell Douglas, utiliza para el control de calidad en la construcción de los aviones F/A-18 Hornet, F-15 Eagle y AV-8B Harrier la técnica fotogramétrica de Wild Heerbrugg.

El método convencional de control de útiles de trabajo y dispositivos de montaje requería antes la dedicación durante tres días de cuatro ingenieros del ramo; hoy en día, después de utilizar la técnica fotogramétrica, tan sólo se requieren dos. Todavía más costoso resultaba, sin embargo, el hecho de que antes durante la inspección de calidad del proceso de montaje había que interrumpir el trabajo durante días. Hoy, en cambio, sólo se interrumpe durante unas

pocas horas para fotografiar las piezas correspondientes. Para ello, se colocan en los puntos estratégicamente importantes de los dispositivos de montaje de hasta 2,5 m de largo de modo duradero marcas de puntería redondas con un diámetro de 1 cm. Las tomas se realizan con la cámara universal Wild P31, las mediciones con el AVIOLYT Wild BC2. Gary E. Powell, quien introdujo este programa en la McDonnell Douglas, puede garantizar con este método exactitudes de 0,1 mm. Ya en el primer año de utilización, el ingeniero fotogrametra John F. Kenefick pudo demostrar ahorros de 500000 dólares.

rancias a mantener, así p. ej. la tolerancia para la desviación máxima de la puntería única frente al valor medio de varias mediciones. Antes de que los valores de coordenadas determinados en la medición del objeto sean memorizados, se ven en la pantalla junto con los valores erróneos de cada coordenada dependientes de la tolerancia de medición. Con esto, la precisión de medición a mantener puede controlarse en cualquier momento.

Gran precisión

Los resultados de las mediciones ESTEC mostraron que la antena estaba construida con absoluta precisión y que el sistema de medición RMS2000 garantiza un gran poder de reproducción de los resultados de la medición. Así, p. ej. la longitud del

foco del paraboloide, resultante de la medición de la superficie, fue determinada en dos mediciones sucesivas, una vez con 824,786 mm y la otra con 824,812 mm. El valor teórico, determinado según el dibujo, fue de 825 mm. Esto supuso una gran ganancia de tiempo frente a los métodos de medición convencionales.

Olaf Katowski

El nivel puede ser utilizado como nivel de precisión o como nivel de precisión suplementario.
El nivel de precisión puede ser intercambiado. El ocular
de precisión puede ser utilizado para un rayo luminoso o rayo blanco
de precisión. Se puede cambiar la distancia deseada.

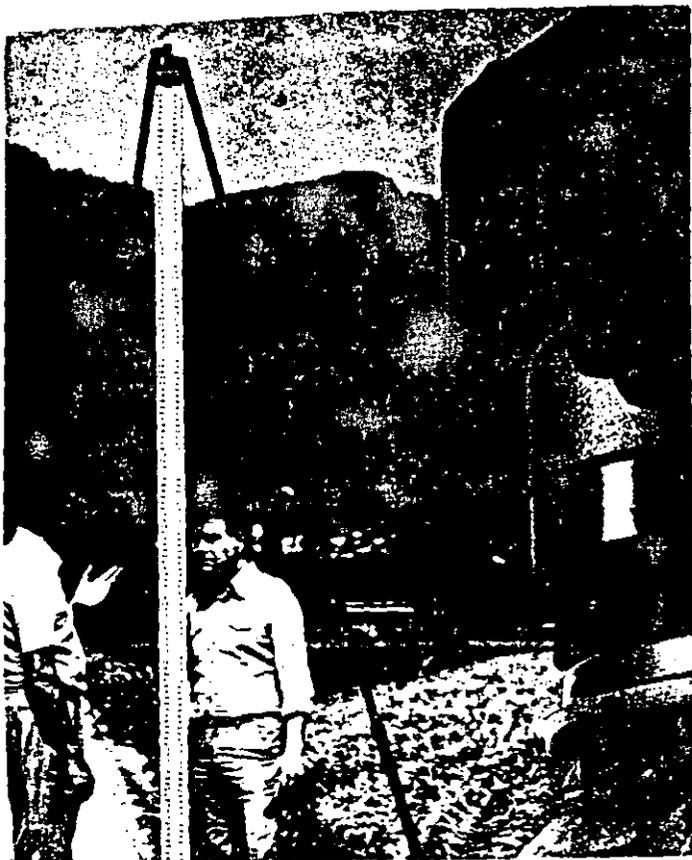
El nivel de precisión puede mirar en el instrumento para de
ambos lados de los ejes cuando se dispone de poco
espacio.

Los niveles auto-colimadores pueden determinarse con
ayuda de espaldas a la posición vertical de cualquier objeto con
respecto a la vertical y pequeñas diferencias de inclinación.

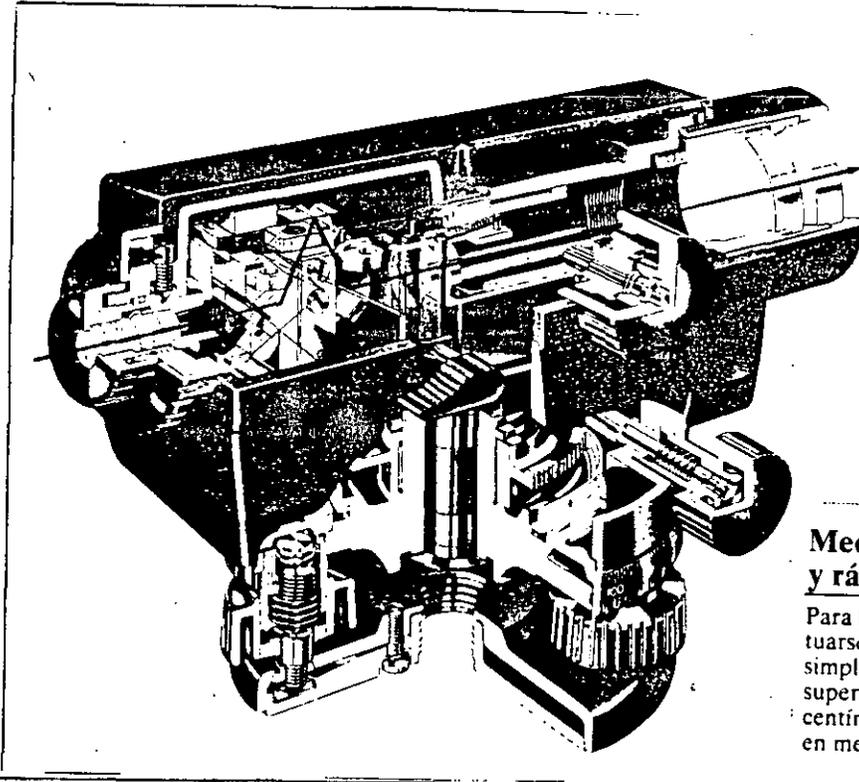
En combinación con la lámpara de ocular puede aprove-
charse el nivel Wild N3 como colimador de puntería.

Suministro

Núm. de pedido	Equipo standard
342400	Nivel de precisión Wild N3, margen del micrómetro 10 mm, en maletín o bien
352360	Nivel de precisión Wild N3, margen del micrómetro 0,02 pies, en maletín o bien
352370	Nivel de precisión Wild N3, margen del micrómetro 0,5 pulg., en maletín
328422	Trípode GST 40, con patas no extensibles o bien para mediciones en la industria
296632	Trípode GST 20, con patas extensibles



NIVELES

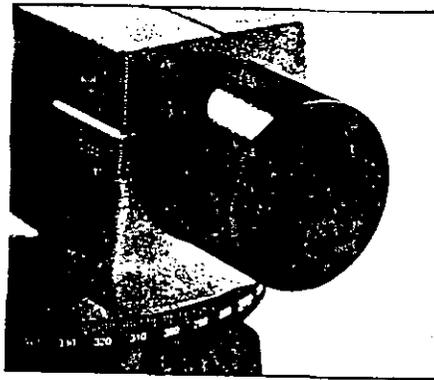


Medición de distancia simple y rápida

Para la medición de distancia puede efectuarse la lectura de la mira de medición simplemente en el trazo estadimétrico superior o inferior. La distancia leída en centímetros corresponde a la distancia real en metros.

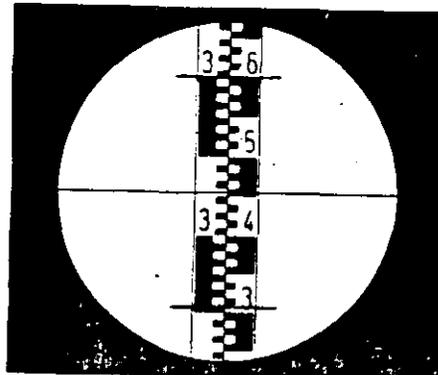
Elementos de manejo dispuestos óptimamente

Esta serie de niveles se distingue por su confort y su sencillo manejo: los bornes de fricción sin juego, el tornillo de movimiento horizontal sin fin con botones de manejo dispuestos a ambos lados, el botón de enfoque y la tecla de control del compensador están óptimamente emplazados pudiendo ser manejados de esta forma fácil y rápidamente con una sola mano. Todos los elementos de manejo están forrados con un material antideslizante y pueden utilizarse cómodamente a cualquier temperatura. El diseño ergonómico posibilita un trabajo descansado incluso durante largos periodos de uso.



Enfoque cercano extraordinario

Su pequeñísima distancia focal supone una gran ventaja en obras y espacios muy reducidos. En el NA 20 y el NA 24 la distancia focal más corta (desde el eje hasta el punto apuntado) es de 0,5 m. y en el NA 28 0,7 m.: Usted puede efectuar la lectura de la mira a una distancia de sólo 0,4 m. ó 0,4 m., respectivamente, del objetivo.

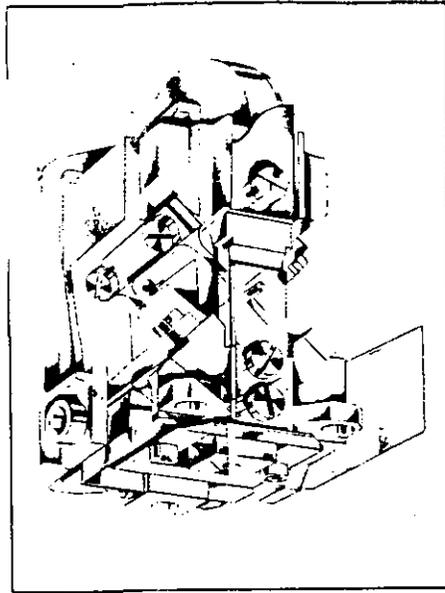


El compensador de precisión posibilita unos resultados muy exactos

El compensador es la pieza clave de cualquier nivel automático; coloca por sí mismo la línea de puntería exactamente horizontal. El principio de construcción del compensador de esta generación de niveles se acreditó ya más de doscientas mil veces a escala mundial. Los especialistas de su desarrollo han conseguido mejorar la precisión, la amortiguación y la resistencia aún más. Unas fuertes cintas de suspensión pretensadas en cruz forman un punto de giro sin fricción. Además, las cintas permanecen, sometidas a cualquier temperatura, flexibles. Unos amortiguadores protegen el péndulo contra golpes y sacudidas. La amortiguación neumáticamente perfecta garantiza un asentamiento rápido del péndulo y que éste apenas se vea influenciado por las vibraciones del viento. Los niveles NA20, NA24 y NA28 pueden utilizarse en todas partes y bajo cualquier circunstancia. Usted podrá fiarse en cualquier momento de unos resultados exactos.

Seguridad de funcionamiento perfecto en cualquier momento

Una sola pulsación de la tecla de control del compensador es suficiente para que usted vea en pocas fracciones de segundo si oscila el péndulo. Sólo los niveles Wild disponen de esta práctica tecla de control, la cual ofrece garantías para una seguridad absoluta en la medición.



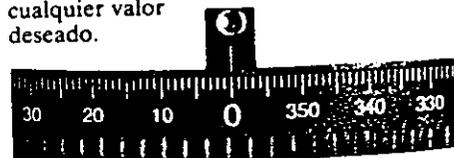
Rápidamente dispuestos para medir

Usted sólo debe colocar el nivel y centrar aproximadamente el nivel esférico – el compensador se encarga del resto. La sensibilidad del nivel y el paso de rosca de los tornillos nivelantes están concebidos especialmente para una rápida horizontalización. Los tornillos nivelantes sin juego, están precintados para protegerlos del polvo y la humedad. Corren sobre rodamientos de bolas funcionando, también después de varios años, con suavidad y precisión.



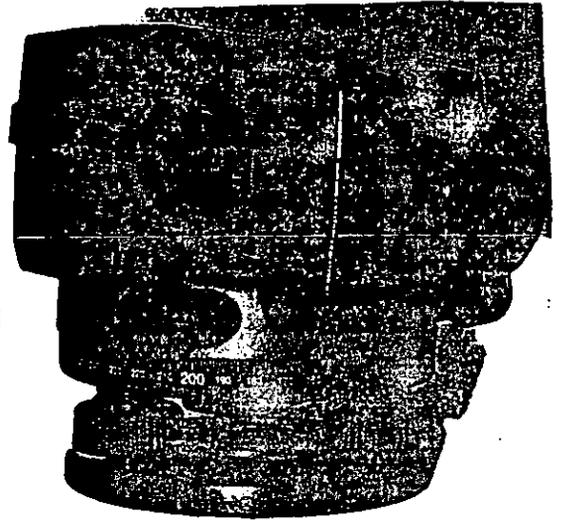
Círculo horizontal con 360 grados ó 400 gon

Utilizando el círculo horizontal pueden realizarse mediciones con una exactitud de hasta 0,1 grados ó 0,1 gon. El círculo horizontal, con su perfil moleteado en los bordes, es fácilmente ajustable a cero o a cualquier valor deseado.



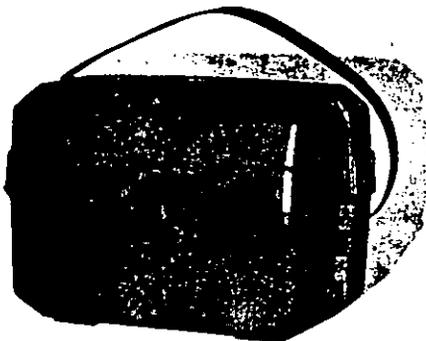
NIVEL AUTOMATICO

- Nivel de ingeniero sólido, fiable y preciso
- Totalmente impermeable al agua
- Las carcasa del anteojo y del compensador están rellenas de gas
- Utilizable también bajo condiciones meteorológicas extremas
- Anteojo con aumento 24 veces y amplio campo visual
- Amortiguación perfecta contra la influencia de vibraciones
- Visor para apuntar aproximadamente a la mira
- Círculo horizontal con 360° ó 400 gon para medición de ángulo y replanteo
- Puesta en horizontal automática de la línea de puntería con el compensador de precisión
- La tecla de control del compensador ofrece absoluta seguridad de función
- Hilos estadimétricos para la medición óptica de distancia
- Tornillos nivelantes sin juego y nivel esférico para la puesta en horizontal aproximada
- Sujeción por fricción y movimiento horizontal sin fin con mando a ambos lados para manejo sencillo y confortable
- Tornillos nivelantes protegidos y sin juego
- Desviación estándar de 2 mm para 1 km de nivelación doble
- La imagen clara y bien contrastada permite la lectura descansada
- Se adapta a todos los tripodes con tornillos 1/4 de pulgada
- Distancia mínima de puntería 0,5 m



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Desviación estándar para 1 km de nivelación doble	2,0 mm
Anteojo	imagen al derecho
aumento	24 veces
diámetro libre del objetivo	36 mm
diámetro del campo visual a 100 m	3,5 m
Distancia mínima de puntería del objetivo al blanco	0,4 m
del eje al blanco	0,5 m
constante de multiplicación	100
constante de adición	0
Margen de inclinación del compensador	~30'
precisión de estabilización	0,8"
Sensibilidad del nivel esférico	8 1/2 mm
Círculo horizontal	400 gon ó 360°
diámetro de la graduación	108 mm
intervalo de la graduación	1 gon ó 1°
lectura a estima	0,1 gon ó 0,1°



Nivel automático universal Wild NA2 (NAK2)

El nivel automático universal Wild NA2, está destinado para la medición altimétrica en geodesia, ingeniería civil como también en la industria. Un compensador sólido, con alta sensibilidad de balance, reemplaza el nivel tubular y el tornillo basculante. Centrando el nivel esférico, la línea de puntería se pone automáticamente horizontal. Un pulsador por debajo del ocular permite al observador un control absoluto del funcionamiento del péndulo. Apuntando la mira y apretando el pulsador, se puede ver como la línea de puntería se desplaza pero inmediatamente se reestablece en la posición anterior con una amortiguación óptima. Este control, "que da al observador la seguridad requerida, es mucho más completo que el de golpear el tripode o el instrumento, actualmente costumbre general en los niveles automáticos.

Para una puntería rápida, el NA2 tiene un botón para el movimiento de enfoque grueso/fino, una abrazadera a fricción con un tornillo sin fin para el movimiento lateral y un botón de manejo en ambos lados del anteojo.

El micrómetro de placa planoparalela y con escala de cristal, Wild GPM3, embutido sobre el objetivo, permite, sobre mira invar con división de trazos, una nivelación de precisión. Para este fin, la retícula ha sido prevista con trazos en forma de cña al lado izquierdo y para la nivelación con la mira normal, se lee al lado derecho sobre el trazo horizontal. El modelo NAK2 está equipado con un círculo de cristal, orientable (360° ó 400°). Este modelo es muy ventajoso para levantamientos taquimétricos en terrenos llanos lo mismo que para el trazo de ángulos en los campos de construcción. El círculo se lee en un microscopio a escala, al lado derecho del ocular. El nivel automático universal NA2 (NAK2), tiene una imagen real directa, dando así al observador la posibilidad de ver la imagen en pie y correcta de lado.

Descripción detallada en el folleto G 1 108 s.

Características técnicas

Error medio para 1 km de doble nivelación con micrómetro	± 0,7 mm*
Anteojos	± 0,3 mm
imagen real directa	
aumento:	
ocular standard	32 x
ocular 73 (accesorio suplementario)	40 x
ocular 117 (accesorio suplementario)	25 x
diámetro del objetivo	45 mm
diámetro del campo visual a 100 m	2,3 m
distancia mínima de enfoque	1,6 m
constante de multiplicación	100
constante de adición	0
Compensador	
alcance de balanceo	± 15'
precisión de estabilización	± 0,3"
Sensibilidad del nivel esférico	8'/2 mm
Círculo de cristal (modelo K)	360° ó 400°
diámetro de la graduación	70 mm
intervalo de la graduación	1° (1')
intervalo de la escala	10' (10°)
Lectura a estima	1' (1°)
Peso del instrumento	2,9 kg
Peso del estuche	1,8 kg

Micrómetro de placa planoparalela (con escala de cristal):

Alcance	Intervalo	Estima
10 mm	0,1 mm	0,01 mm
0,02 pies	0,0001 pie	0,00005 pies
0,5 pulg.	0,01 pulg.	0,001 pulg.

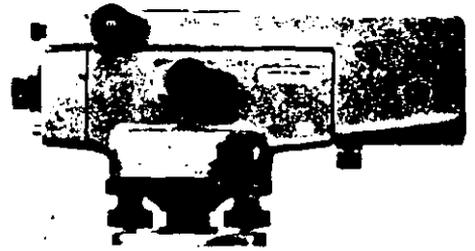
* Según tipo de mira y procedimiento de trabajo

Wild Heerbrugg Ltda., CH - 9435 Heerbrugg/Suiza

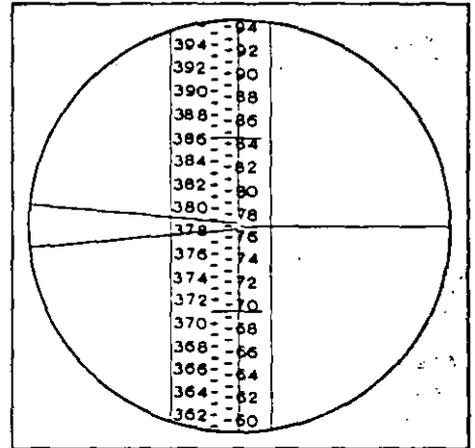
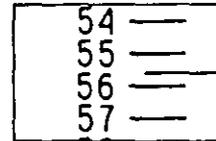
Fábrica de Óptica, Electrónica y Mecánica de Precisión

Teléfono (071) 703131

Telegramas: Wico Heerbrugg / Telex 77191

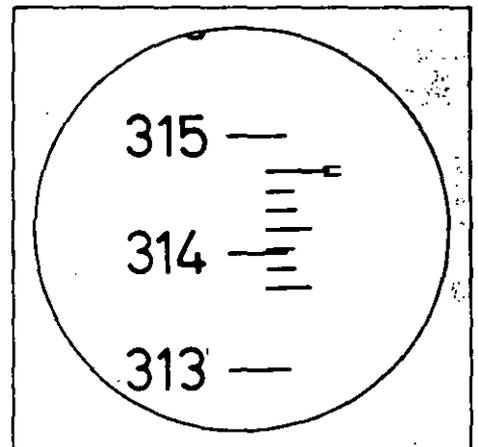


Wild NAK2 (sin círculo) con micrómetro de placa plano-paralela GPM3



Campo visual del NA2 con mira invar. Lectura en el trazo cuneiforme puesta en 77 cm, con el micrómetro de placa-plano-paralela GPM3.

Arriba: lectura en el ocular 0,556 cm; lectura completa 77,556 cm.



NAK2, lectura del círculo (360°) 314° 42'

NIVELACION

Por: Ing. Jesús Albo Lara

1.1) DEFINICION.-

Se le llama NIVELACION a la operación que permite determinar la diferencia de alturas entre dos o más puntos de los terrenos. Dicha operación se realiza por medio de un instrumento llamado NIVEL o ALTIMETRO.

Para el desarrollo adecuado de los procedimientos que proporcionan las diferencias de alturas, es importante tomar en cuenta los siguientes elementos:

- a).- BANCO DE NIVEL
- b).- SUPERFICIE DE NIVEL
- c).- PLANO HORIZONTAL

UN BANCO DE NIVEL es una referencia que indica una determinada altura con respecto a un plano de comparación.

UNA SUPERFICIE DE NIVEL es perpendicular en todos los puntos de la tierra a la dirección de la gravedad, se compara con la superficie del agua tranquila.

UN PLANO HORIZONTAL es normal a la dirección de la gravedad y solamente en un punto es tangente a la superficie de nivel.

1.2) INSTRUMENTOS .-

Los instrumentos que se utilizan para obtener las distintas alturas entre puntos, son fundamentalmente:

- a).- NIVELES O ALTIMETROS
- b).- ESTADALES O MIRAS

Los niveles son instrumentos que se componen de los elementos siguientes:

- 1.) Anteojo con lentes de prismas
- 2.) Nivel de burbuja tubular
- 3.) Tornillos de aproximación y coincidencia

4.) Retícula

5.) Tripode fijo o con patas extensibles

Todo el conjunto está armado de una manera compacta. Se fabrican de distintas características lo que los hace pertenecer a los siguientes tipos:

a) TIPO AMERICANO, que es un nivel de burbuja unido a un telescopio desmontable.

b) TIPO FRANCÉS, que es un nivel unido a una barra la que soporta un telescopio desmontable.

c) TIPO INGLÉS, es un nivel ajustable unido a un conjunto rígido formado por el telescopio y la barra.

d) TIPO SUIZO-ALEMAN, es un nivel unido a un telescopio articulado al eje vertical.

CONDICIONES DE USO

Los alfileros o niveles que se fabrican con nivel de burbuja y telescopio y que a su vez, se montan en tripodes deben de satisfacer las condiciones siguientes para su uso:

1) La línea de colimación y la directriz del nivel deben estar en el mismo plano y ser paralelas entre sí.

2) Las dos líneas deben estar en planos perpendiculares al eje vertical en cualquier posición del telescopio.

Satisfaciendo estas condiciones cuando el alfilero se encuentra calado correctamente, toda visual que se dirige a un punto será horizontal; propiedad que se utiliza para conocer las distintas alturas de los terrenos al aplicar cualquiera de los siguientes métodos o procedimientos de nivelación:

a) NIVELACION SIMPLE

b) NIVELACION COMPUESTA

c) NIVELACION DE PERFIL

1.3) NIVELACION SIMPLE

La nivelación simple consiste en determinar la diferencia de alturas entre dos puntos, para lo cual únicamente hay que proceder en la forma siguiente:

a) Se coloca y cala el alfilero firmemente entre dos estadales; procu-

rando antes, que el instrumento esté ajustado correctamente.

b) Se efectúa la lectura en el primer estadal a la cual se le llama lectura en más (+) o lectura de adelante.

c) Se efectúa la lectura en el segundo estadal a la que se le llama lectura en menos (-) o lectura de atrás.

d) El desnivel entre los dos puntos será la diferencia de lecturas de adelante y de atrás.

Si llamamos D_n al desnivel entre dos puntos y Y a la lectural del estadal de adelante y Y' a la lectura del estadal de atrás, el desnivel será:

$$D_n = Y - y'$$

EJEMPLO:

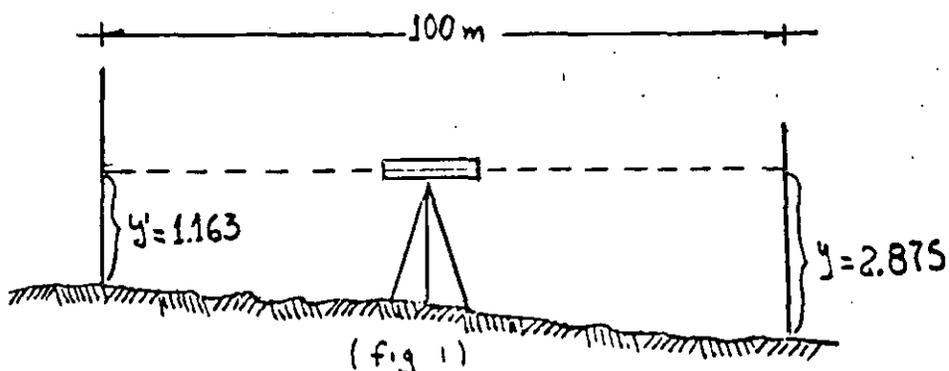
En una distancia de 100 metros entre dos estadales se leyó con un nivel colocado a la mitad, una lectura de 2.875 al visar el estadal de adelante y 1.163 al visar el estadal de atrás. ¿Cuál será el desnivel? entre los puntos A y B.

DATOS:

$$Y = 2.875$$

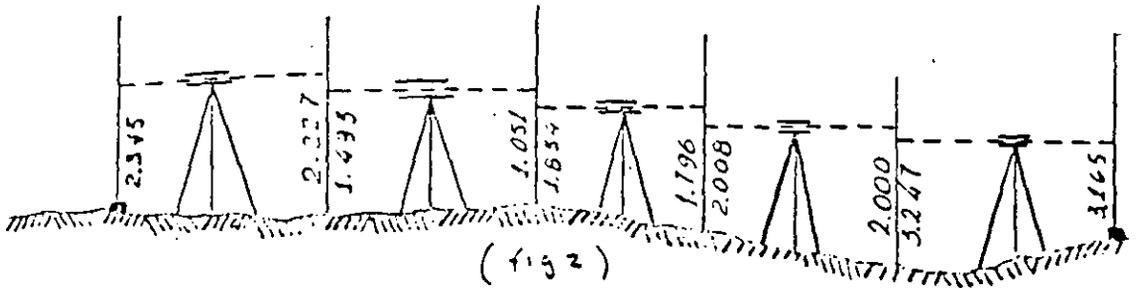
$$Y' = 1.163$$

$$\text{RESPUESTA } D_n = 2.875 - 1.163 = 1.712 \text{ mts.}$$



1.4) NIVELACION COMPUESTA.-

Se llama nivelación compuesta a la suma de nivelaciones simples. Sumando todas las lecturas en (+) o de adelante y restando todas las lecturas en menos o de atrás se obtiene el desnivel entre el primer y el último punto. (fig 3)



El desnivel de A a B de la figura es:

$$D_N = \text{Suma lecturas adelante} - \text{Suma lecturas atrás}; \text{ o bien}$$

$$DN = (Y_1 + Y_3 + Y_5 + Y_7 + Y_9) - (Y_2 + Y_4 + Y_6 + Y_8 + Y_{10})$$

Si se conoce la elevación del primer punto A y se desea conocer las del segundo B, a la elevación conocida se le suman todas las lecturas de adelante y se les restan todas las de atrás, el resultado es la elevación del segundo punto.

UN REGISTRO APROPIADO ES

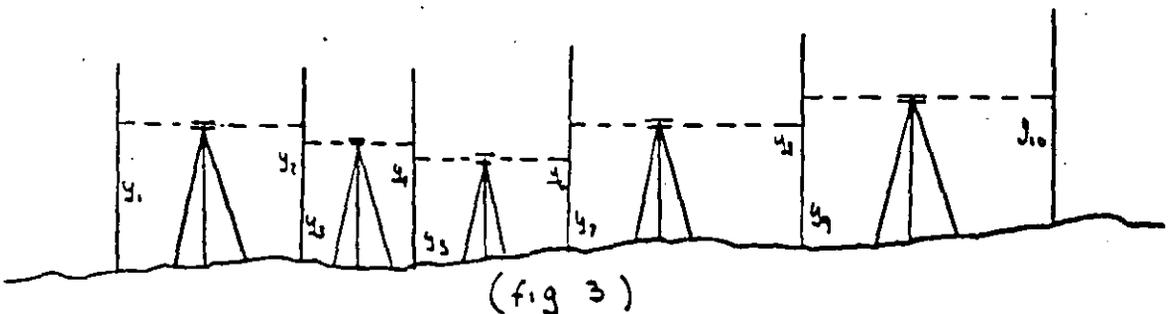
P.V. \rightarrow

ESTACION	LEC (+)	LEC (-)	ELEVACION
	Y_1		BNA
	Y_2	Y_3	
	Y_4	Y_5	
	Y_6	Y_7	
	Y_8	Y_9	
		Y_{10}	
	$= Y_1 + Y_3 +$	$S = Y_2 + Y_4 +$	
	$Y_5 + Y_7 + Y_9$	$Y_6 + Y_8 + Y_{10}$	

$$\text{ELEVACION DE B} = \text{BNA} + (Y_1 + Y_3 + Y_5 + Y_7 + Y_9) - (Y_2 + Y_4 + Y_6 + Y_8 + Y_{10})$$

EJEMPLO: VER (fig 2)

OBSERVESE DE LA FIGURA LAS LECTURAS EN LOS ESTADALES



P.V.

EST	LEC (+)	LEC (-)	ELEVACION
A	2.345		2200.000
	1.493	2.227	
	1.834	1.051	
	2.008	1.976	
	3.247	2.000	
		3.165	2200.508
Z	10.927	10.419	

ELEVACION DE A = 2200.000
 SUMA LECT. (+) = + 10.927
 2210.927

SUMA LECT. (-) = - 10.419
 ELEVACION DE B = 2200.508

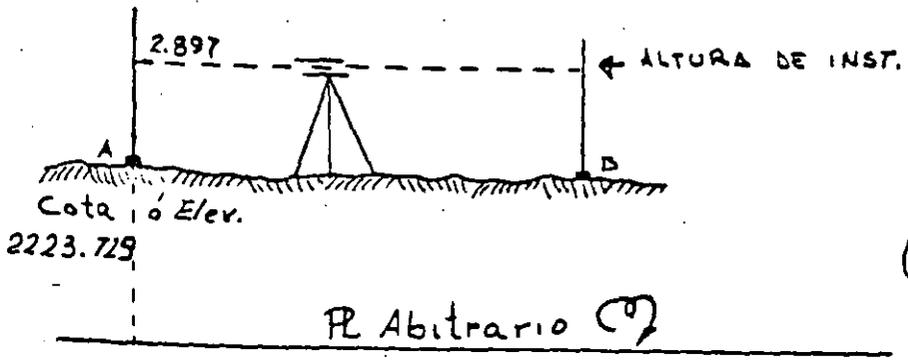
La elevación de B será = 2200.000 + 10.927 - 10.419 = 2200.508
 ELV. DE A Suma lect.(+) Suma lect. (-)

1.5) NIVELACION DE PERFIL

La nivelación de perfil considera a tres nuevos elementos necesarios:

- a) Altura del instrumento
- b) Punto de liga
- c) Kilometraje

ALTURA DE INSTRUMENTO () se define como la altura que adquiere la línea de colimación con respecto a un BANCO DE NIVEL REFERIDO AL NIVEL DEL MAR O BIEN con respecto a un plano arbitrario (fig 4)



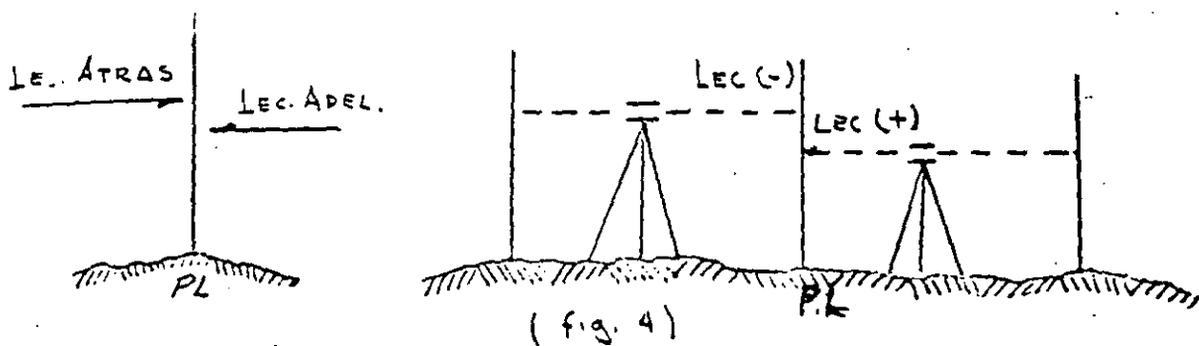
(fig 4)

En la figura si la elevación es 2223.¹²⁵ y la lectura es de 2.897 la altura del instrumento es 2226.622.

$$\begin{array}{r}
 \text{ELEVACION} = 2223.725 \\
 \text{LECT. (+)} \quad + 2.897 \\
 \hline
 \text{I.T. DE INSTR.} \quad 2226.622
 \end{array}$$

PUNTO DE LIGA:

Se le llama así a la posición del estadal donde se juntan las lecturas de atrás y de adelante en una nivelación (fig 4).



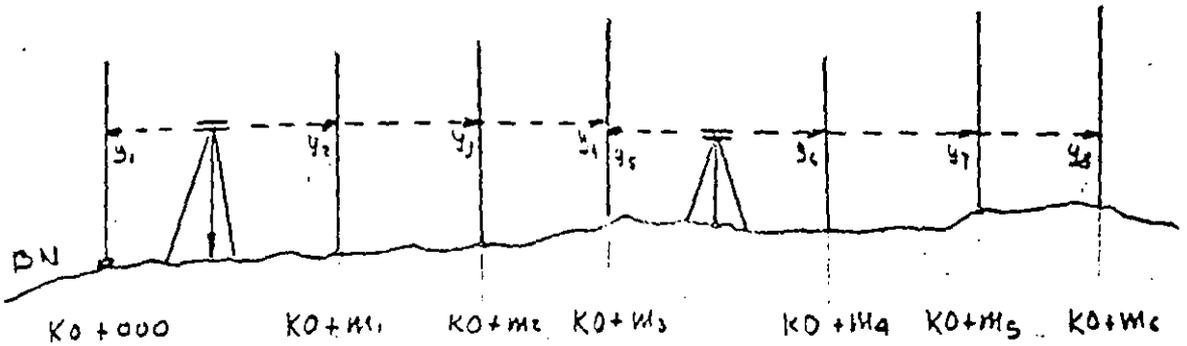
KILOMETRAJE O CADENAMIENTO

Es la distancia a partir de un origen y se considera necesaria para el trazo del perfil.

Los pasos a seguir para una nivelación de perfil es la siguiente:

- a) Se coloca un estadal en el origen del kilometraje.
- b) Se coloca el instrumento, se afirma sobre el terreno a una determinada distancia y se cala.
- c) Se efectúa la lectura de adelante o (más) en el estadal colocado en el origen.
- d) Se mide la distancia del origen a la puesta del segundo estadal.
- e) Se efectúa la lectura del segundo estadal.
- f) Se mide la distancia al tercer estadal y se efectúa la lectural.
- g) Se sigue así hasta que es necesario cambiar el instrumento, sin mover el último estadal donde se efectuó la lectura o sea el punto de liga.
- h) Se empieza nuevamente.

i) El punto de liga puede o no ser punto de kilometraje.



(fig 5)

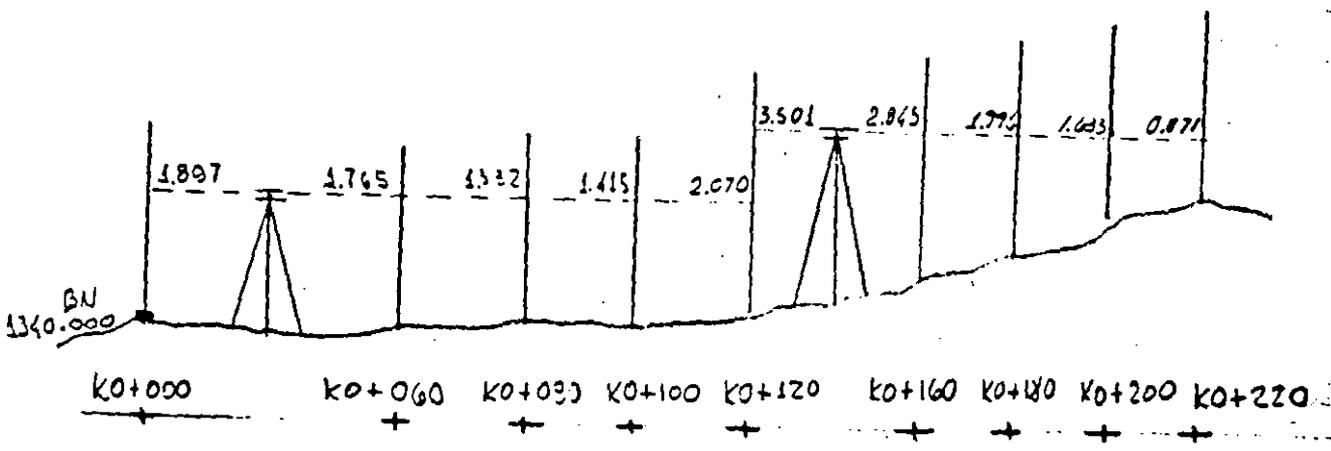
K_m	LEC (+)	∇	LEC (-)	PL	ELEV:
KO+000	y_1	$BN + y_1$			BN
KO+ m ₁			y_2		$BN + y_1 - y_2$
KO+ m ₂			y_3		$BN + y_1 - y_3$
KO+ m ₃	y_5	$BN + y_1 - y_4 + y_5$		y_4	$BN + y_1 - y_4$
KO+ m ₄			y_6		$BN + y_1 - y_4 + y_5 - y_6$
KO+ m ₅			y_7		$BN + y_1 - y_4 + y_5 - y_7$
KO+ m ₆			y_8		$BN + y_1 - y_4 + y_5 - y_8$

La elevación o cota de cada uno de los puntos se puede obtener con solo efectuar la resta de la altura del instrumento, la lectura de atrás.

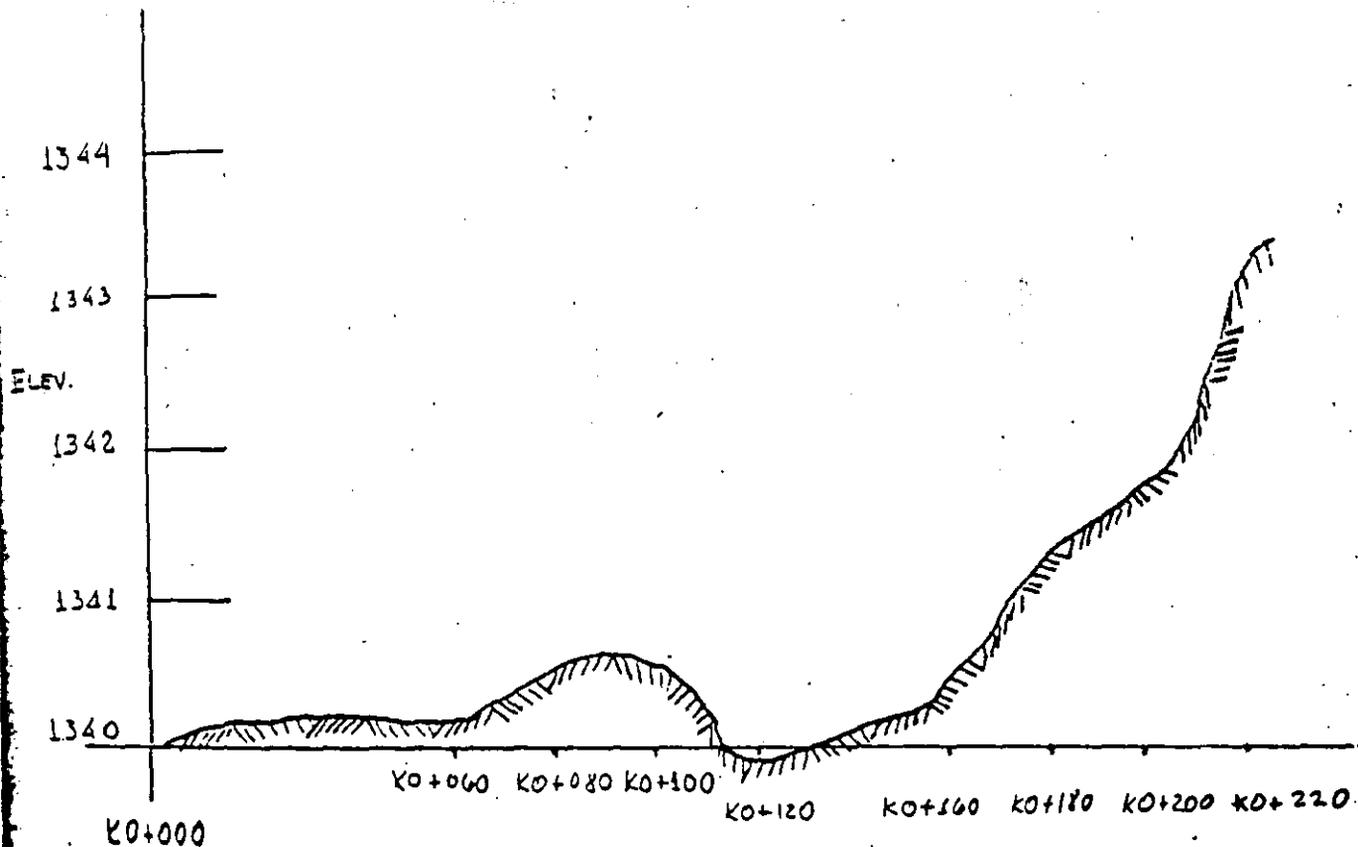
Algunas personas acostumbran eliminar la columna de los puntos de liga y cuando tienen que anotar alguno, lo escriben en la columna del kilometraje.

CALCULOS	(+)	π	(-)	ELEV.
K0+000	y_1	$BN + y_1$		$BN + y_1$
+ m1			y_2	$BN + y_1 - y_2$
+ m2			y_3	$BN + y_1 - y_3$
PL (K0+m3)	y_5	$BN + y_1 - y_4 + y_5$	y_4	$BN + y_1 - y_4$
+ m4			y_6	$BN + y_1 - y_4 + y_5 - y_6$
+ m5			y_7	$BN + y_1 - y_4 + y_5 - y_7$
+ m6			y_8	$BN + y_1 - y_4 + y_5 - y_8$

Ejemplo ilustrativo:



Km	LEC (+)	\bar{x}	LEC (-)	PL	ELEV.
K0+000	1.897	1341.897			1340.000
K0+060			1.765		1340.132
+080			1.332		1340.565
+100			1.415		1340.812
+120	3.501	1343.328		2070	1339.227
+160			2.845		1340.483
+180			1.996		1341.332
+200			1.633		1341.695
+220			0.071		1343.257



CADENAMIENTO

(fig 7)

1.6) COMPROBACIONES

Toda nivelación debe comprobarse para conocer la precisión con la que se trabajó o bien para evitar o descubrir equivocaciones durante el trayecto y se pueden efectuar de las siguientes maneras:

- a) NIVELACION DE IDA Y VUELTA
- b) NIVELACION ENTRE DOS B.N DE COTAS CONOCIDAS
- c) NIVELACION POR DOBLE PUNTO DE LIGA
- d) NIVELACION POR DOBLE ALTURA DE INSTRUMENTO

NIVELACION DE IDA Y VUELTA. -

Esta comprobación consiste en efectuar el recorrido entre dos puntos y obtener el desnivel o las cotas y posteriormente regresar por el mismo camino o por otro distinto y calcular el desnivel o las cotas.

De la comparación de estos dos valores se obtiene el error con el que se trabajó y dependiendo del recorrido efectuado se obtiene la tolerancia a la cual se acepta para una nivelación de ida y vuelta como:

$$t = \pm 0.01 \text{ m } \sqrt{K}$$

Estando 0.01 en metros y K representa el kilometraje recorrido.

NIVELACION ENTRE DOS BANCOS DE NIVEL DE COTA CONOCIDA.

Cuando se parte de un banco de nivel de cota conocida y se recorre hacia otro también con cota conocida, el resultado de la nivelación se compara con la cota existente del segundo Banco, aceptándose como tolerancia la siguiente:

$$t = \pm 0.015 \text{ M } \sqrt{K}$$

NIVELACION CON DOBLE PUNTO DE LIGA

Este tipo de comprobación se realiza para no efectuar el recorrido de la nivelación de regreso, sobre todo cuando las distancias son muy grandes. Tiene la propiedad de que las alturas de instrumento dan resultado iguales, en el recorrido. El procedimiento de campo es el siguiente:

- a) Se coloca el instrumento; procurando esté bien calado.
- b) Se observa el punto de partida y la lectura que se obtiene se anota dos veces en el registro.

c) Si se tiene la elevación del punto de partida también se anota dos veces en el registro.

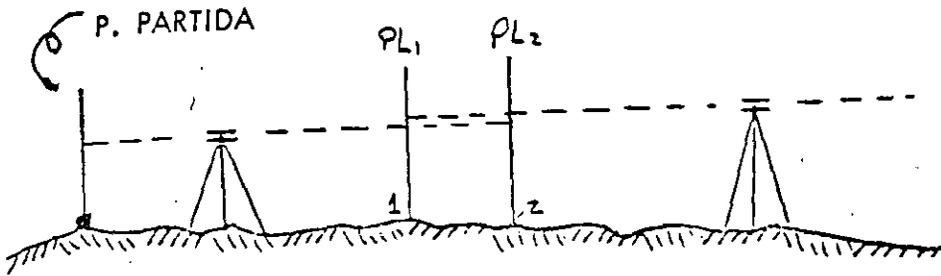
ces en el registro.

d) Se lee el estadal que se le llama UNO y se anota en el registro, se

procede a leer el estadal DOS y se anota en el registro.

e) El estadal UNO y DOS se transforman en puntos de liga cuando se cam-

bia el recorrido.

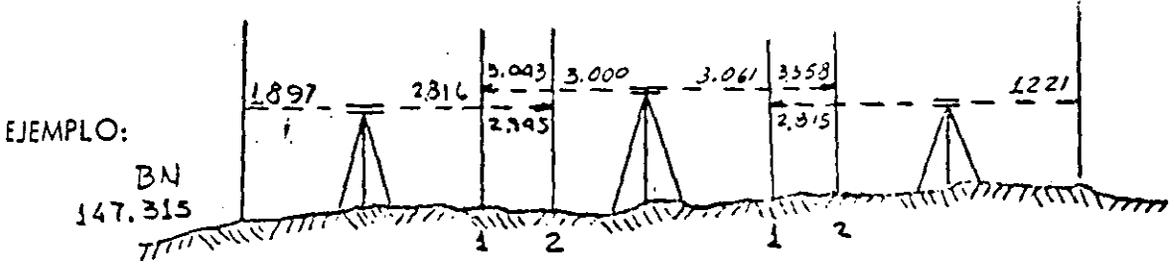


f) Hay que tener cuidado en no confundirse de estadal, pues prácticamen-

te se están realizando dos nivelaciones al mismo tiempo.

El inconveniente de este procedimiento es que si el instrumento no está bien corregido los errores pueden ser acumulativos.

La tolerancia aceptada es: $t = \pm 0.02 m \sqrt{k}$



PV	(+)	π	(-)	Elevación
A	1.897	149.212		147.315
A	1.897	149.212		147.315
1	2.871	149.267	2.816	146.396
2	3.000	149.267	2.945	146.267
1	2.815	149.021	3.061	146.206
2	3.358	149.021	3.358	145.663
B			1.221	147.800
B			1.221	147.800

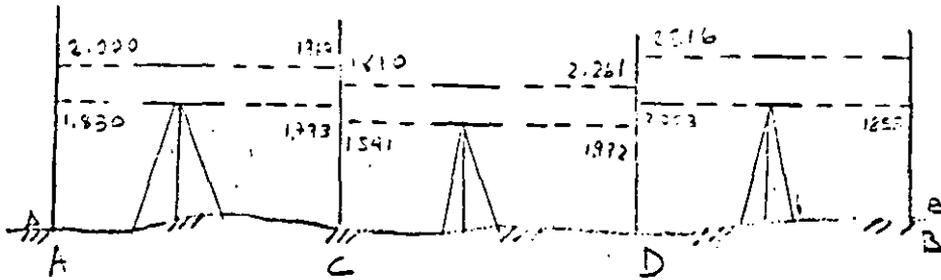
NIVELACION CON DOBLE ALTURA DE INSTRUMENTO

Este tipo de nivelación se efectúa levantando o bajando el instrumento y los resultados de las elevaciones van siendo iguales, no como el caso de los dobles puntos de liga que son iguales las alturas de los instrumentos. El procedimiento es un poco tardado ya que haya necesidad de centrar y calar los niveles en cada posición del instrumento.

El modelo de registro para este tipo de nivelaciones es idéntico a los mencionados en páginas anteriores y las tolerancias que se admiten para nivelaciones de precisión es:

$$t = 0.015 \text{ m } \sqrt{K}$$

EJEMPLO ILUSTRATIVO:



REV	(-)	TR	(-)	ELEVATION
P.L.	1.820	2251.830		2250.030
P.L.	2.000	2252.000		2250.030
C	1.541	2251.548	1.793	2250.037
C	1.000	2251.000	1.963	2250.037
D	2.003	2251.581	1.792	2249.586
D	2.516	2252.102	2.261	2249.586
BNA			1.882	2249.704
BNA			2.378	2249.704

133.- ERRORES EN LAS MEDIDAS.-

1.1 Clases de errores y como evitarlos.

Los errores pueden dividirse en "sistemáticos y accidentales"

Los errores sistemáticos obran siempre como una causa constante, no siendo susceptibles de compensación.

Ejemplos de estos errores son: los "errores atmosféricos" como la refracción, la temperatura, etc. Los "errores instrumentales" como el error de índice, ajuste imperfecto de instrumentos; "errores personales" debidos a la manera peculiar de trabajar el observador. En general todos estos errores se pueden eliminar por la manera de observar.

Los errores accidentales son aquellos que proceden de causas verdaderamente accidentales y no siguen ninguna Ley determinada presentandose con diversas magnitudes y sentidos.

Los errores accidentales se compensan al azar y es a ellos a los que se les aplica la teoría de la probabilidad del error.

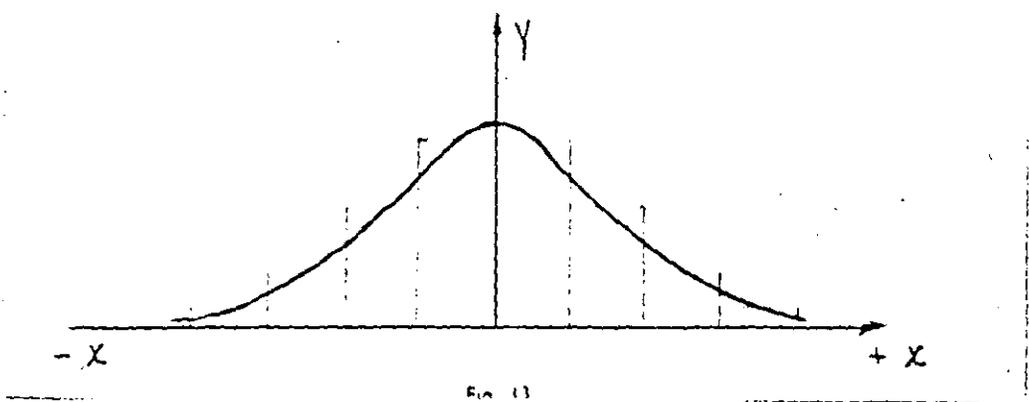
Los errores accidentales son como la mala bisección de una señal, la lectura de un ángulo por la apreciación del observador, la variación de los niveles por efecto del viento, etc.

Un error es el resultado de una infinidad de errores infinitesimales debidos a causas que son imposibles de analizar; pero que se sujetan a las siguientes leyes:

- 1.- Los errores positivos y negativos de una misma cantidad son igualmente frecuentes.
- 2.- A medida que los errores aumentan en magnitud su frecuencia disminuye.
- 3.- Los errores muy grandes no se presentan.

Entendiendo por error muy grande aquellos que sobrepasan cierto limite que se ha fijado.

De acuerdo con lo anterior, debido a Gauss, se puede construir la siguiente gráfica:



En donde el eje de las X o abscisas representa las magnitudes de los errores y el eje de la Y u ordenadas la probabilidad de que dichos errores se presenten.

1.2 Valor más probable de una magnitud medida.

En una serie de valores observados, el valor más probable de la cantidad desconocida, es el valor medio de dichos valores observados.

Entre los valores medios debemos considerar: el medio aritmético, el geométrico y el cuadrático.

Si las cantidades observadas fueron:

$$M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$$

$$\text{Medio aritmético} = \frac{\sum M}{n}$$

$$\text{Medio geométrico} = \sqrt[n]{M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot \dots \cdot M_n}$$

$$\text{Medio cuadrático} = \sqrt{\frac{\sum M^2}{n}}$$

Todos satisfacen la condición de valor medio.

1.3 Diversas clases de errores.

Como no se conoce el verdadero valor de una magnitud, tampoco se conocerá el error conque se haga una observación.

De acuerdo con lo anterior lo único que se llega a saber de una cantidad es su valor más probable; es decir, el más cercano a la verdad, la diferencia entre este valor y el observado se designa con el nombre de RESIDUO. En efecto; sea:

$M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$ los valores observados y n el número de observaciones.

La media aritmética será:

$$\bar{Z} = \frac{M_1 + M_2 + \dots + M_n}{n}$$

De lo anterior: $\bar{Z} - M_1 = v_1$

$$\bar{Z} - M_2 = v_2$$

$$\bar{Z} - M_n = v_n$$

en donde $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ son los RESIDUOS.

Como los errores se presentan con la misma frecuencia positivas y negativas entonces.

$$v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n = 0$$

elevando al cuadrado cada término y haciendo la suma, esto será un mínimo es decir:

$\sum v^2$ es un mínimo.

El error medio es una cantidad cuyo cuadrado, es el promedio de los cuadrados de los residuos individuales:

$$E^2 = \frac{\sum v^2}{n}$$

De donde el error medio será:

$$E = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n}}$$

E = Error medio

Se define como error probable de una magnitud al error medio, multiplicado por una constante:

Suponiendo que se llegase a conocer el verdadero valor de una magnitud y por ende los errores, tendríamos entonces que:

$$E = \pm \sqrt{\frac{\sum X^2}{n}}$$

en donde X nos representa los errores de las observaciones.

De acuerdo con la definición anterior:

$$E = 0.6745 \epsilon$$

como $0.6745 \approx \frac{2}{3}$

entonces: $E = \pm \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\sum X^2}{n}}$

Cuando se hace un gran número de observaciones los residuos coinciden bastante cerca con los errores tal que podemos escribir:

$$\sum X^2 = \sum v^2$$

Pero para un número limitado de observaciones:

$$\sum v^2 < \sum X^2$$

Para que se cumpla la igualdad es necesario introducir una constante como sigue:

$$\sum X^2 = \sum v^2 + C^2$$

Constante que es todavía indeterminada, pero sabemos que disminuye conforme aumenta el número de observaciones ya que en estas condiciones se tiende a la igualdad.

$$\sum X^2 = \sum v^2$$

Para un aumento de $\sum v^2$ aumenta también $\sum X^2$ y podemos poner como el valor más probable de C^2

$$C^2 = \frac{\sum X^2}{n}$$

Por tanto:

$$\sum X^2 = \sum v^2 + \frac{\sum X^2}{n}$$

De donde:

$$\frac{\sum X^2}{n} = \frac{\sum v^2}{n-1}$$

De lo anterior:
$$\Xi = \pm \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$$

En donde E es el error probable de una observación.

Suponiendo que el peso de cada medida es uno, el peso del promedio será n.

Como E es el error probable de una medida, el error probable del promedio de observaciones E_0 será:

$$n : 1 :: \frac{1}{E_0^2} : \frac{1}{E^2}$$

De donde:

$$E_0 = \pm \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}}$$

ecuación que nos dá el error probable del promedio.

1.4 PESO DE UNA MEDIDA

El peso de una observación nos expresa el valor relativo de dicha observación o sea el grado de confianza que se pueda depositar en ella. Si las observaciones han sido efectuadas por el mismo observador, con el mismo instrumento y siguiendo el mismo método, estas observaciones nos merecen la misma confianza y decimos entonces que tienen el mismo peso, en caso contrario son de peso diferente y por lo tanto tienen distintas precisiones.

Supongamos que se han efectuado 16 mediciones de una línea en tres grupos como sigue:

- 1.- Dos mediciones cuyo promedio fué 456.27
- 2.- Seis mediciones cuyo promedio fué 456.00
- 3.- Ocho mediciones cuyo promedio fué 456.18

Los números 2, 6 y 8 nos representan respectivamente los pesos de cada grupo de observaciones.

Ya que el peso, es el valor relativo de una observación, entonces podemos tomar como peso cualquier número proporcional a 2, 6 y 8 como:

2	6	8
4	12	16
1	3	4

El peso de una observación indica el número de observaciones individuales que equivalen a la primera.

1.5 Concepto de precisión y tolerancia.

Se puede decir, que la tolerancia es una cantidad que nos indica el grado de confianza que se puede tener al efectuar una medida y la precisión nos indica la exactitud con que se ha efectuado dicha medida.

Al efectuar la medida de una cantidad la precisión con que se mide dicha cantidad debe de estar sujeta a cierta tolerancia; cuando la tolerancia -- con que se ha efectuado una medida es mayor que la precisión de la misma, se dice que dicha medida está dentro de la tolerancia, en caso contrario - la medida efectuada no ha alcanzado la tolerancia fijada.

Por ejemplo:

Al efectuarse el levantamiento de una poligonal cerrada se estableció como tolerancia 1/5000 y la precisión que se obtuvo del levantamiento fué 1/7500, en tal caso la precisión es menor que la tolerancia ya que en esta se admitía un error de uno por cada 5000 y el levantamiento de acuerdo con la precisión se hizo con un error de uno por cada 7500, lo que quiere decir que la precisión es menor que la tolerancia y por tal razón el levantamiento efectuado estuvo dentro de tolerancia.

Ejemplo:

Se midió un ángulo y se obtuvieron los siguientes valores:

	v	v^2
57° 45' 52".2	+ 1.9	3.61
46 00 .3	2.2	4.84
45 57.8	0.3	0.09
<u>57° 45' 58".1</u>	$\Sigma v^2 =$	8.54

$$E = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n}} = \pm \sqrt{\frac{8.54}{3}}$$

De donde $E = \pm 1.7$

$$E = 0.6745 \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}} = 0.6745 \sqrt{\frac{8.54}{2}}$$

De donde

$$E = \pm 1.4 \quad E_0 = 0.6745 \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{8.54}{6}}$$

De donde

$$E_0 = 0.8$$

57° 45' 58" es el valor más probable del ángulo.

1.- INTRODUCCION

La Fotogrametría es la ciencia que tiene por objeto obtener mediciones en posición y dimensión de un objeto cualquiera, utilizando fotografías.

Los resultados que nos brinda esta ciencia pueden ser:

Numéricos, o sea por medio de cifras que nos dan posición.

Gráficos, o sea en forma de plano o carta con signos convencionales o también en forma de fotoplanos.

La Fotogrametría se aplica principalmente en los trabajos de mediciones sobre la superficie de la tierra y en la representación de la misma por medio de planos y cartas.

Se pueden distinguir de ella, la Fotogrametría sobre una imagen y la Fotogrametría sobre dos imágenes, también las podemos distinguir según el lugar donde se encuentre su punto de estación desde la que se hicieron las tomas; Fotogrametría Terrestre y Fotogrametría Aérea.

La Fotogrametría Terrestre. Cuando las cámaras se fijan sobre el terreno. Inventada por Laussedat en 1870, se emplea solamente hoy día en casos especiales como el levantamiento en alta montaña, levantamiento a gran escala o levantamiento en acantilados, grietas o cañones.

La Fotogrametría Aérea. Se obtienen vistas sobre la extensión del terreno y sus puntos de estación son aéreos, una de sus aplicaciones más importantes es en la topografía.

Aplicaciones Diversas

El desarrollo de la Fotogrametría ha permitido que se le aplique en diferentes ramas. Ejemplos:

Arquitectura

Restauración de Monumentos

Arqueología

Geología

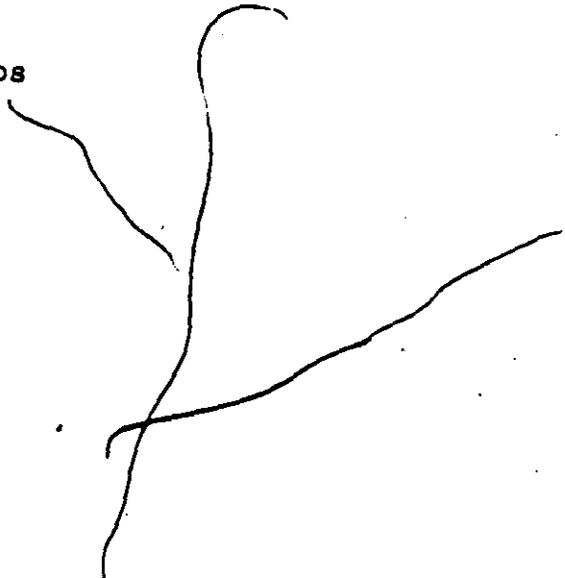
Astronomía

Zootecnia

Medicina

Meteorología

Balística



Hidrología

Glaciología

Microbiología

Algunas ventajas de la Fotogrametría aplicadas a la Topografía.

1. - Levantamientos rápidos.
2. - Ejecución de las medidas sin tocar el objeto.
3. - Fotografías obtenidas con un corto tiempo de exposición que permite registrar objetos en movimiento, (tránsito, olas, etc...)
4. - La eliminación del trazo de curvas de nivel por medio de interpolación con excepción de algunos casos. La Fotogrametría nos da facilidad de trazar directamente del modelo óptico y se tendrá una mayor fidelidad y precisión del terreno.
5. - También nos permite detectar los diferentes tipos de vegetación y la naturaleza del suelo, utilizando un material fotográfico especial.
6. - Aplicada sobre objetos convenientes y ejecutada correctamente, la fotogrametría puede lograr un alto grado de economía.

Utilización de la elaboración de cartas

Una de las aplicaciones más importantes de la Fotogrametría, es la elaboración de cartas y planos. En esta época podemos asegurar que es casi necesaria tal aplicación debido a la suficiencia versatilidad, rapidez y precisión que nos brinda.

La fotografía aérea es la materia prima de la Fotogrametría, con éstas pueden formarse modelos en gabinete de la realidad que se quiera cartografiar.

Obteniéndose de este modelo, todas las características en forma y dimensiones de la superficie de la tierra, esta información es vaciada en planos o cartas y completada con información adicional obtenida en campo.

Historia.

Antes de la invención de la Fotogrametría, se trazaban ocasionalmente algunas cartas según perspectivas dibujadas del terreno. En 1500 Dürer en Alemania, encontró una relación entre el objeto y la perspectiva de mismo, y de esta forma se elaboró la carta de la Isla de Sta. Cruz. En 1726, Capeller en Suiza dibujó una carta del monte Pilatus con el mismo método. En 1839, cuando se inventa la fotografía por Daguerre en Francia, surge la idea de construir una carta partiendo de la fotografía. En 1870 Laussedat, en Francia, inventa la Fotogrametría Terrestre con el método de plancheta, al que llamó "Metrofotografía", en Alemania p

esas fechas también se hacían estudios al respecto. En 1881 se obtiene la primera fotografía aérea desde un globo. Y en el año de 1896 el Prof. Koppe en Alemania, inventa el procedimiento de restitución de la fotografía a través del objetivo de la cámara, en Italia para esa fecha también estudiado este procedimiento por el Prof. Porro, hoy día a este método se le conoce con el nombre Porro Koppe.

De 1901 a 1923 fueron inventados los primeros restituidores y estereocomparadores.

A partir de 1930, los instrumentos fotogramétricos se han ido modificando y modernizando sin cambiar de principios de construcción.

DESARROLLO DE LA FOTOGRAMETRIA EN MEXICO

En el año de 1857, fué creado el Ministerio de fomento y se le encargó la recopilación de todos los datos geográficos y estadísticos para tratar de elaborar la Carta General a una escala media. Sin poder llevar a sus consecuencias finales el plan, debido a las desfavorables condiciones políticas y sociales que tuvo que afrontar nuestro país a causa de las guerras de Reforma e Intervención Francesa.

En 1877, se creó la llamada "Comisión Geográfica Exploradora", que duró 37 años (de 1878 a 1915), inclusive logrando en ese período levantar y construir, poco más de la cuarta parte del Territorio a Esc. 1:100 000.

Mucho se criticó la cartografía elaborada por esta institución, debido a que no estaba apoyada en caneavá geodésico y tratando de llegar a establecer una red conveniente de triangulación de este género, fue por lo que se fundó la llamada Comisión Geodésica Mexicana.

En 1938, se creó la "Comisión Cartográfica Militar" dependiente de la Secretaría de la Defensa Nacional, con objeto de elaborar la cartografía militar a escala 1:100 000 por el método aerofotogramétrico.

Esta cartografía ha sido de utilidad general y ha servido tanto al sector público como privado.

En el sector privado, es iniciada esta ciencia comercialmente en 1937, cuando el Ing. Luis Struck, fundó la Cía. Mexicana Aerofoto, S. A., con trabajos exclusivamente de fotografía aérea. Posteriormente realizó trabajos de topografía y restitución.

Dentro del sector privado en 1945 se fundó la Sociedad de Responsabilidad Limitada, llamada Fotogrametría Mexicana, con trabajos puramente Fotogramétricos para la Comisión Federal de Electricidad.

En el mes de septiembre de 1961, se creó otra compañía Aerofotogrametría, S. A., con un levantamiento topográfico del Istmo de Tehuantepec.

Hoy en día se cuentan entre dependencias gubernamentales y Cías. privadas, un número aproximado de 16 dedicadas a trabajos fotogramétricos.

El 1º de octubre de 1968, fue creada la Comisión de Estudios del Territorio Nacional, que ha venido a modificar completamente el panorama Nacional en su aspecto cartográfico, puesto que esto significa que en la actualidad existe ya un organismo, ^{CUYA MISIÓN FUE} que tiene por misión la elaboración de la carta topográfica del país a la escala 1:50 000, usando los métodos más modernos y precisos. La carta topográfica sirve de base para elaboración de la carta geológica, Uso del Suelo, Edafológica y Uso potencial, que tiene por objeto formar el inventario de los recursos naturales del Territorio Nacional.

La conformación de CETENAL, es sin duda alguna un hecho que habrá de señalar la iniciación de una nueva e importante etapa del desarrollo en nuestro país, en la que la información básica disponible permitirá programar y dirigir con mayor seguridad las actividades productivas o las de carácter social y político, así como facilitar el progreso individual y colectivo.

2.- FOTOGRAFIA.

El elemento fundamental del trabajo fotogramétrico es la fotografía. Su origen es la representación real y sincera del objeto en el momento de la toma fotográfica.

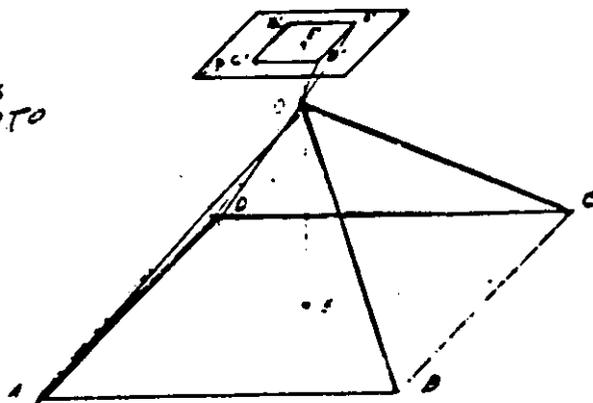
Bases Geométricas

Antes de tratar sobre las propiedades geométricas de una fotografía, nos referimos a los principios geométricos sobre los cuales se basa.

La fotografía es una proyección central. Se forma la imagen fotográfica de un objeto espacial sobre un plano, al atravesar por un objetivo los rayos reflejados por los puntos del objeto e inciden sobre un plano, formando una proyección central, al conjunto de rectas se le llama haz de rayos perspectivos.

Definición: El haz de rayos perspectivos es el haz de rectas, que partiendo de los puntos de un objeto convergen a un punto llamado centro de perspectiva o centro de estación.

NOTAR QUE LOS RAYOS
SE INVIERTEN EN LA FOTO



Todos los rayos que provienen del objeto A B C D E atraviesan el objetivo representado por el centro de proyección O e inciden sobre el plano P. - ver Fig. 1

La proyección central muestra las siguientes propiedades:

A cada punto del objeto corresponde un sólo punto de la imagen. Contrariamente, a un punto de la imagen corresponde a una infinidad de puntos del objeto, por encontrarse todos en la misma línea recta. (Este conjunto de rectas convergen a un mismo punto, llamado Punto de Fuga o Centro de Perspectiva, de ahí que la fotografía será una proyección central, perspectiva central).

A la transformación de la proyección central, (fotografía) en un plano, se llama proyección ortogonal. SI SE TRANSFORMA EN COORDENADAS ESPACIALES O NORMALES.

Diremos pues que uno de los objetivos fundamentales de la Fotogrametría es transformar una proyección central a una proyección ortogonal.

En una proyección ortogonal las diferentes rectas del terreno son proyectadas sobre un plano por líneas verticales, conservando su dirección y orientación. Fig. 2.

Hemos visto la representación de la proyección central por medio de un haz de rayos que atraviesa el centro de proyección, y existirá una relación de interdependencia terminante entre los puntos del terreno y los puntos de la imagen.

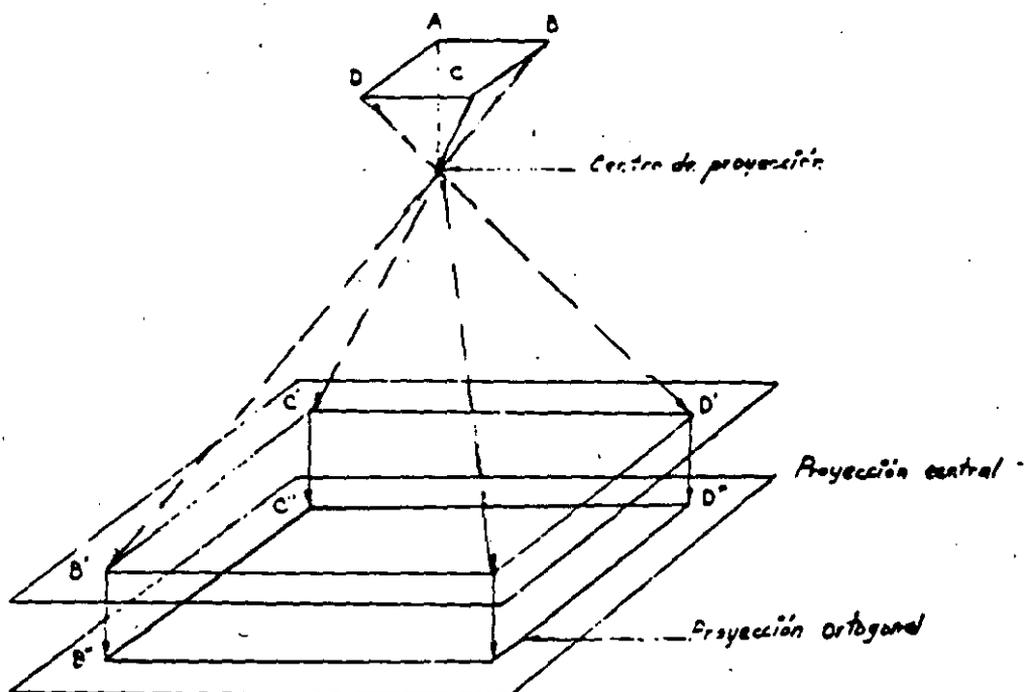


Fig. 2

Definición.

La fotografía aérea, es la representación real del terreno.

Podemos clasificar las fotografías aéreas según la posición del eje principal, con respecto al objeto.

a) Fotografías nadirales o verticales, cuyo eje principal es vertical. Fig. 3.

b) Fotografías inclinadas u oblicua, que puede ser a su vez convergentes o panorámicas en las que el eje principal, no es vertical. Fig. 4.

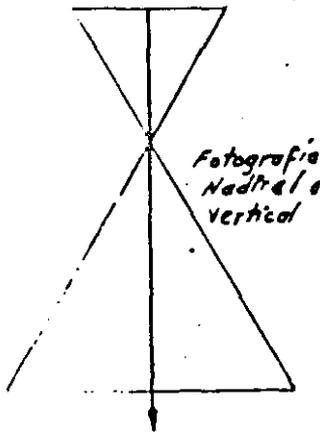


Fig. 3

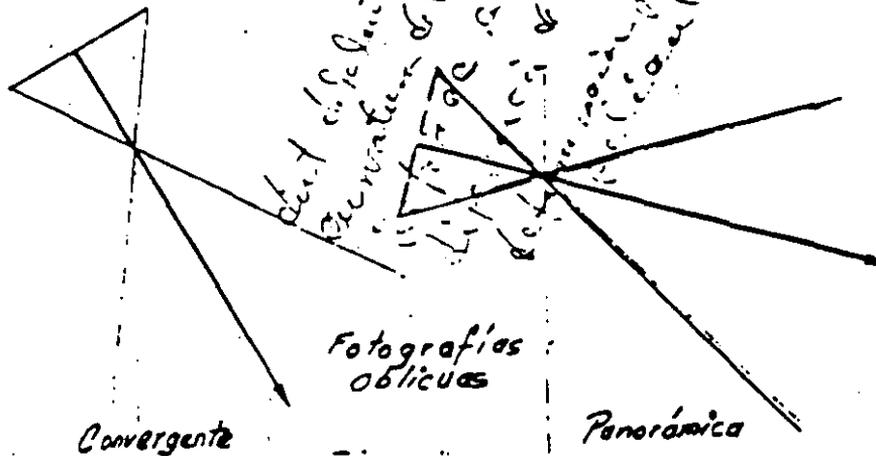


Fig. 4

Características	Fotografía vertical	Baja oblicua ó convergente	Alta oblicua ó panorámica
inclinación	inclinación de 4°	No hay horizonte en la foto	Horizonte contenido en la foto
Curvatura	Mínima	Menor	Mayor
Area	Rectangular	Trapezoidal	Trapezoidal
Escala	+ Uniforme dependiendo de lo accidentado	Disminuye del frente hacia el fondo	Como la baja oblicua pero en mayor extensión
Diferencia en comparación con un mapa	Mínima	Menor	Mayor
Ventajas	la más fácil para hacer un mapa		Económica e ilustrativa (tipo comercio promoción)

Escala de la Fotografía:

Definición: La escala de la fotografía (E_f), es la razón que nos da la magnitud entre un objeto real y su representación. Fig. 5.

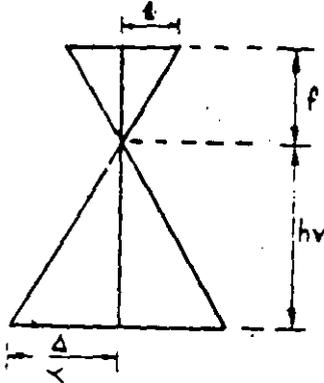


Fig. 5

$$\frac{1}{X} = \frac{f}{hv}$$

$$\frac{1}{E_f} = \frac{d_f}{d_p}$$

$$E_f = \frac{d_p \cdot E_p}{d_f}$$

- d_f = distancia en la fotografía
- d_p = distancia en el plano
- E_p = Escala en el plano
- d_t = distancia en el terreno

Ejemplos de cálculo de escala de fotografía.

EJEMPLOS DE SOLUCIÓN

- 1.- $f = 210.17 \text{ mm}$
 $hv = 2300 \text{ m}$
 $E_f = 1:10943$

$$E_f = \frac{hv}{df} = \frac{2300 \text{ m}}{210.17 \text{ mm}} = \frac{2300 \text{ m}}{0.21017 \text{ m}} = 10943$$

Que objetivo de cámara

- 2.- $d_f = 1.7 \text{ cm}$
 $d_t = 730 \text{ m}$
 $E_f = 1:42991$

$$E_f = \frac{d_t}{df} = \frac{730}{0.017} = 42991$$

- 3.- $E_p = 1:2500$
 $d_p = 7.4 \text{ cm}$
 $d_f = 6.17 \text{ cm}$
 $E_f = 1:2998$

$$E_f = \frac{d_p \cdot E_p}{df} = \frac{7.4 \text{ cm} \times 2500}{6.17 \text{ cm}} = 2998$$

Indicaciones Marginales

En los bordes de la fotografía, podemos encontrar los datos necesarios para efectuar el cálculo anterior junto con otros que son importantes.

- 1.- Las marcas fiduciarias, son pequeñas marcas que pueden ser cruces, puntos o muescas, que se encuentran en el marco soporte de la cámara y nos sirven para localizar el centro de la fotografía.

- 2.- Nivel esférico que indica la inclinación de la cámara.
- 3.- Reloj que puede servir para el análisis de sombras.
- 4.- Altimetro para la determinación de la altitud a/nm .
- 5.- Contador donde se encuentra.
 - a) Número de la cámara.
 - b) Número de fotografía.
 - c) Distancia principal.

Nota:

$H_v = \text{Altitud} - \text{Cota media.}$

Definiciones.

Plano de la perspectiva: Es cualquier plano que corte al haz de rayos --
perspectivos. Cuando el plano perspectivo corta el haz de rayos a una --
distancia "f" del centro de estación, tiene la misma posición del plano
del respaldo de la cámara de toma y recibe el nombre de plano de la im-
gen o plano principal.

Este plano también recibe el nombre de plano focal por encontrarse a una
distancia igual a la distancia focal a partir del centro óptico de la lente.

Centro de estación. Es el punto donde convergen todos los rayos del haz
de rayos perspectivos, este punto es la representación geométrica del -
centro óptico de la lente de la cámara de toma, recibe también los nom-
bres de centro de perspectiva u objetivo.

Punto principal. Es el pie de la perpendicular que va del centro de esta-
ción al plano de la perspectiva, también podemos decir que es la proyec-
ción ortogonal del centro de estación al plano de la imagen.

Distancia principal. O distancia focal, es la distancia que existe entre el
plano de la imagen y el centro de estación.

Eje principal. Es el eje que bisecta el haz de rayos perspectivos, y es -
perpendicular al plano de la negativa pasando por el centro de estación.

Eje nadiral. Es el eje vertical que pasa por el centro de estación.- Cuan-
do la toma fotográfica es vertical coincide con el eje principal.

Punto nadiral. Es el punto donde se corta el eje nadiral con el plano de -
la perspectiva, cuando la toma fotográfica es vertical, este punto coinci-
de con el punto principal.

Recta principal. Es la que pasa por el punto principal y el punto nadiral, nos define la dirección de máxima pendiente de la fotografía y se encuentra en el plano principal.

Espacio imagen. Es el espacio entre el plano de la perspectiva y el centro de estación.

Espacio objeto. Es el espacio entre el centro de estación y el objeto.

Altura del vuelo hv. Relación que existe entre escala de la fotografía y distancia principal.

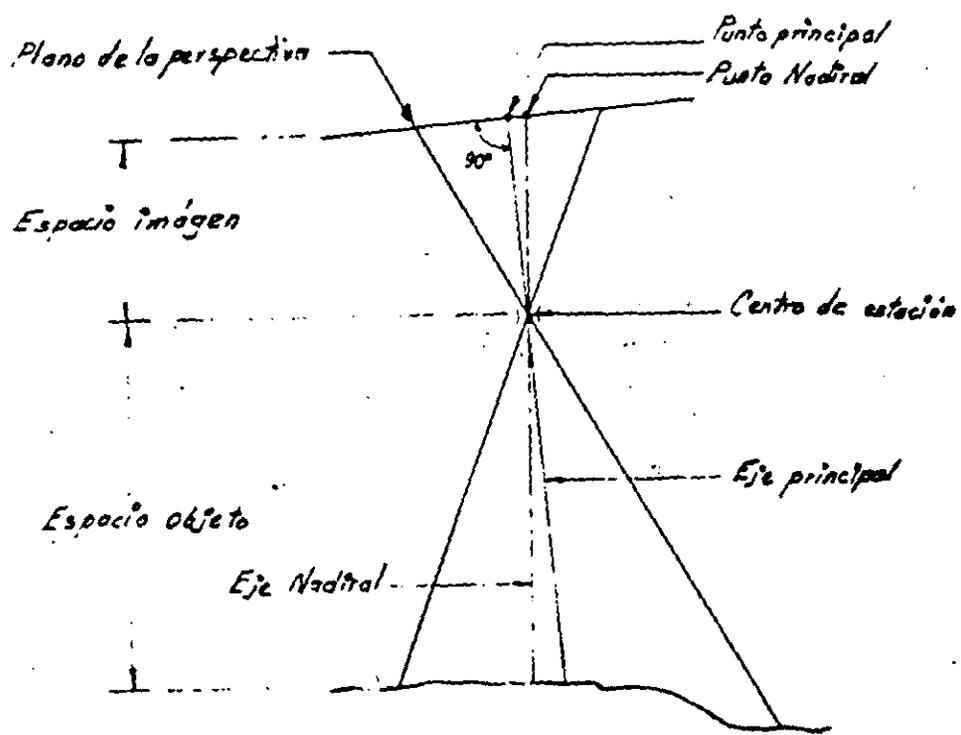
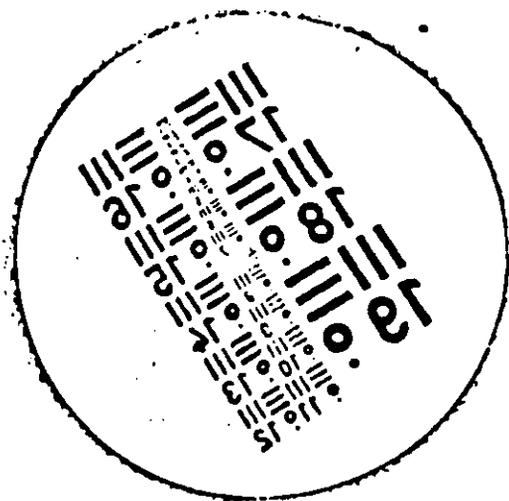


Fig. 6

Al incidir el haz de rayos en un plano en el cuál se encuentra una película emulsionada, ésta es sensibilizada y forma una imagen, al formarse la imagen, hay que considerar dos factores que provocan pérdida de calidad en dicha imagen.

- a) La distorsión del objetivo que influirá sobre la precisión geométrica de la proyección central. En este caso se trata de un error de posición radial de los puntos formados, los rayos se desvían con diferente intensidad según su ángulo de inclinación, lo que provoca un error de posición en el plano de la imagen. La desviación se notará al reconstruir el haz de rayos perspectivas. Los cuales no se cortarán en el mismo punto.
- b) El poder de resolución que se refiere a la claridad de la imagen, es decir a la calidad de la imagen respecto a la separación de objetos -- mínimos.

El límite de poder de resolución se indica por aquel grupo de lín que aparecen entre ellas aún separadas. Actualmente se tienen buenos objetivos que presenta un poder de resolución de 30 - 50 líneas / mm. El poder de resolución disminuye fuertemente hacia los bordes de la imagen. Fig. 7.



Ejemplo de una imagen de prueba.

FIG. No. 7.

Deformación de la imagen.

Existen una serie de fuentes de errores que influyen a la deformación de la imagen.

1. Curvatura terrestre.
2. Refracción atmosférica.
3. Distorsión de la lente.
4. Deformación de la imagen provocada por la deformación del film.
5. Desplazamiento por influencia del relieve.

1. Errores provocados por la curvatura terrestre.

El desplazamiento de los detalles en la imagen fotográfica es radial y en dirección del nadir y su magnitud depende de la altura de vuelo, el radio de curvatura de la tierra y las características geométrica de la cámara.

$$\Delta r = \frac{Hr^3}{2Rf^2} \quad Dz = \frac{L^2 (Km)}{2r}$$

2. Errores provocados por la refracción atmosférica.

Provoca desplazamientos en la imagen, radiales a partir del punto nadir - cuyas condiciones dependen de las condiciones atmosféricas, de la altura de vuelo, de la altura del terreno y de las condiciones geométricas de la cámara.

$$-r' = \frac{f^2 + r^2}{f} \cdot \Delta$$

$$\Delta = K \text{tg} \dots$$

$$K = f (H, h)$$

3. Error de la distorsión de la lente.

Causado por pequeñas imperfecciones en la curvatura de la lente y el centro del juego completo de vidrios que la forman.

Mediante la calibración periódica de la cámara pueden obtenerse curvas de distorsión que son usadas para corregirlas.

El procedimiento para compensar estos errores, se lleva a cabo de varios modos.

- a) Utilización de diapositivas ya compensadas (procesadas en U4.

Opticos

- b) Utilización de placas de compensación de instrumentos de restitución.

a) Aplicación del principio pseudo - Porrokoppe.

Mecánico

b) Utilización de cams. o levas.

Analítico

4. Distorsión de la imagen provocada por la deformación del film o película.

Durante el proceso fotográfico la película es sometida a constantes cambios de temperatura ocasionando así contracciones y dilataciones, las cuales son manifestadas deformando la imagen.

Cuando la deformación es irregular, los errores que producen no siguen una ley de variación determinada, su localización se hace difícil y su corrección prácticamente imposible.

Considerando de suma importancia procesar el material fotográfico con extremo cuidado, también se recomienda que la temperatura del medio ambiente donde se procesa sea constante.

Los errores antes mencionados, se manifiestan en imágenes fotográficas de terrenos planos, como en terrenos de altos relieves.

La presencia del relieve en la fotografía implica un desplazamiento radial y a partir del punto nadiral de todos los puntos de la imagen de tal forma que la escala de la fotografía no es uniforme.

Desplazamientos de los puntos de la imagen ocasionados por el relieve. En la práctica tendremos que apartarnos de la suposición tomada hasta ahora - un terreno horizontal y plano.

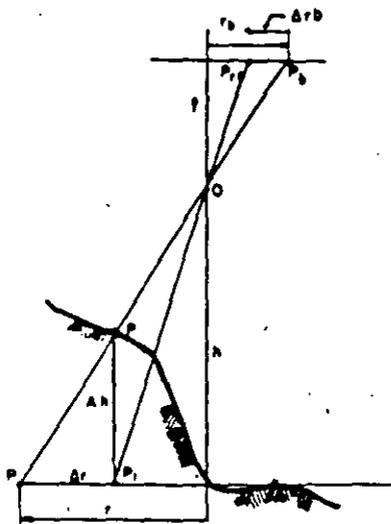
La existencia de un relieve implica un desplazamiento en los puntos de la imagen. Para simplificar, observemos nuevamente una fotografía nadir.

La diferencia de altura Δh del punto P. respecto al plano de referencia provoca un desplazamiento Δr_b de su imagen desde Pr_b a pb ver Fig. No. 8

Vemos, sin embargo, que esta desviación Δr_b en la imagen depende de la distancia "r" entre el punto correspondiente y el punto nadir; la diferencia de altura entre el punto y el plano de referencia de altura entre el punto y el plano de referencia; y la altura de vuelo sobre el terreno. La imagen del punto "p" figura en el mismo lugar que la de punto p_0 . Debido a ello nota que el relieve influye decisivamente sobre la escala de la imagen.

De lo mencionado anteriormente se comprende que una sola imagen no tiene mucha importancia para fines de mensuración. Con una sola imagen es

posible únicamente reconstruir un haz de rayos perspectivas. La posición real de los puntos del objeto; sin embargo no se podrán ser fijados con estos rayos.



$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta h}{h} = \frac{\Delta r_b}{r_b}$$

$$\Delta r_b = r_b \frac{\Delta h}{h}$$

Fig. No. 8

Por ello, habrá que utilizar pares de fotogramas que ofrezcan un sector común del terreno fotografiado desde dos puntos de estación diferentes y tendremos así las ventajas de una vista espacial del terreno; es decir, los dos haces de rayos - perspectivas nos permitirán la observación estereoscópica de la imagen.

2.- CAMARA METRICA.

Las fotografías de las que hacemos uso en Fotogrametría, son tomadas con una cámara métrica; estas fotografías deben servirnos para la reconstrucción del haz de rayos perspectivas. Esto no se puede conseguir con la precisión exigida empleando una fotografía obtenida con una cámara ordinaria. Es una condición esencial para dicha reconstrucción el conocer la posición exacta del centro de proyección. Una fotografía para la cual se conoce la posición exacta del centro de proyección O se llama fotograma. Debemos de conocer sobre la imagen la proyección vertical del centro de perspectiva y la distancia entre estos dos puntos.

A la proyección del centro perspectivo sobre la imagen se le llama punto principal (E de la imagen)

La distancia entre el punto principal y el centro de proyección se llama - constante de la cámara (distancia principal o distancia focal - f) Fig. 9

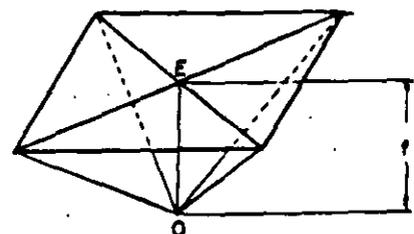


Fig. No. 9

La visión estereoscópica.

El principio de la visión estereoscópica se basa en el hecho de que debido a la separación de los ojos (60-75 mm) las imágenes que percibe cada retina, no son idénticas. El cerebro transforma las diferentes impresiones dando una percepción espacial de lo mirado. Este es el fenómeno que se utiliza en la estereo-fotogrametría.

Al ángulo que resulta de la intersección de la dirección visual se le llama ángulo paraláctico.

La diferencia de ángulos paralácticos nos da la impresión de profundidad - y es considerada como agudeza visual estereoscópica.

La Visión estereoscópica en la fotogrametría.

En la fotogrametría se emplea visión estereoscópica artificial, en lugar de mirar un objeto con ambos ojos, se le muestra a cada uno, una imagen del objeto fotografiado desde puntos diferentes. Es decir un par de fotografías estereoscópicas.

Si las imágenes, según la situación de la fotografía, se llevan en la exacta posición la una con la otra, se produce al mirarlo una impresión espacial.

Método de percepción del relieve.

La observación de un par de imágenes estereoscópicas se puede realizar - por los siguientes métodos: naturales y artificiales.

Métodos naturales.

1. Con las visuales cruzadas (bizco)
2. Con las visuales paralelas.
3. Alternando las imágenes.

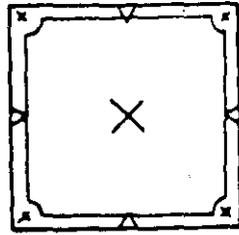
Métodos artificiales.

1. Con anaglifos.
2. Con estereoscopios.
3. Alternador de imágenes con auxilio de mecanismos.

El método de visuales cruzadas, se emplea raramente ya que resulta muy - fatigoso.

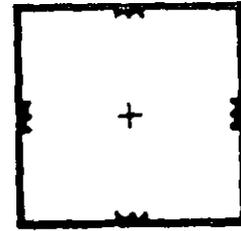
La observación estereoscópica con visuales paralelas, requiere de un acomodamiento de los ojos a la imagen de 25 cm. y tener sus direcciones de - observación paralelas.

Descripción de la cámara. A fin de que la constante de la cámara sea verdaderamente una constante, ésta tiene que presentar un dispositivo que mantenga la película siempre en el mismo lugar en el momento de tomarse la fotografía y para este fin, la cámara métrica dispone de un marco-soporte (o respaldo de la cámara) extremadamente estable sobre el cual se pone la película. En este marco están contenidas las marcas fiduciarias; éstas se pueden encontrar en los lados o en las esquinas de dicho marco, según la marca de la cámara. El cruce de las marcas fiduciarias nos definen el centro de la imagen. Fig. 10 y 11.



Cámara Wild

Fig. No. 10



Cámara Zeiss

Fig. No. 11

El centro de la imagen así encontrada corresponde en una cámara ajustada, también al punto principal y al centro óptico de la imagen, es decir al punto de intersección del eje óptico con el plano de la imagen.

Descripción de la Cámara.

Las partes principales de una cámara métrica son:

- Chasis para película
- Cuerpo
- Placa de succión (Plano focal)
- Marco de presión
- Cono
- Objetivo
- Obturador
- Diafragma

En el chasis se encuentran las bobinas para almacenamiento de película.

La placa de succión cuida de que la parte de la película que hay que exponer quede completamente plana, ya que una desigualdad provocaría un error de posición en la imagen.

El objetivo de la cámara está constituido por un conjunto de lentes, un obturador y un diafragma.

ESCALA DE UN PLANO

La escala y la equidistancia de las curvas de nivel dependerá de los detalles que se quieran mostrar en él, o bien de la finalidad que se le quiera dar para un proyecto determinado.

METODO DE CUADRICULA

Este método es el apropiado para pequeñas áreas en las que se quiere efectuar una edificación.

La superficie que se desea representar se divide en cuadros uniformes y sobre cada uno de los vértices se obtiene la elevación y cota del terreno.

Por medio de interpolación se pueden conocer las curvas respectivas.

Para el trazo de la cuadrícula se utiliza un tránsito y se miden ángulos a 90° así como la distancia respectiva a cada vértice, el tamaño adecuado de los cuadros es de 20 a 25mts. ya que en una puesta de nivel se pueden observar de cuatro a cinco vértices en una misma línea, cuando el terreno es plano.

VOLUMENES

Para conocer la cantidad del movimiento de tierras, o bien para conocer la cantidad de material que se requiere para una obra, se determinan los volúmenes, sean para rellenas o para cortar.

Hay obras que requieren de movimientos de tierras, tales que, puedan servir para cuantificar desde el punto de vista económico o bien de tiempo, estos pueden ser:

- 1) Alcantarillas
- 2) Conducciones
- 3) Sótanos
- 4) Canteras
- 5) Carreteras
- 6) Ferrocarriles
- 7) etc.

Otro tipo de volúmenes y utilizando las curvas de nivel puede ser el almacenamiento de vasos de depósito; para conocer la capacidad de la presa, o bien para obtener la demanda para un fin determinado.

Los volúmenes se calculan generalmente a partir de las secciones transver

de los lados paralelos y la longitud que hay entre ellos.

FORMULA DEL PRISMOIDE DE BASES EXTREMAS

Conocida el área A_1 de la sección y el área A_2 de la otra paralela, si la distancia es l se tiene:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} l$$



En la que las áreas son bases extremas, por lo que la fórmula recibe el nombre fórmula media de bases extremas.

FORMULA DEL PRISMOIDE

Se le llama Prismoide a un sólido limitado por planos cuyas caras extremas son paralelas y con el mismo número de lados.

La fórmula del prismoide es:

$$V = \frac{l}{6} (A_1 + 4A_m + A_2)$$

En la que l es la distancia entre bases y A_m es el Área de la sección media, téngase en cuenta que A_m no se define como el promedio de las secciones A_1 y A_2 .

Para encontrar la sección media deben encontrarse primero las dimensiones de la sección media como valor medio de las dimensiones extremas y a partir de este se calcula el área de la sección media.

PRISMA TRUNCADO CUADRANGULAR

Para calcular el volumen de una figura rectangular en la que se tengan cuatro vértices, es decir que corresponda a la figura de un prisma truncado en el que h_1, h_2 es la elevación o profundidad que se requiere y A es el área horizontal,

404

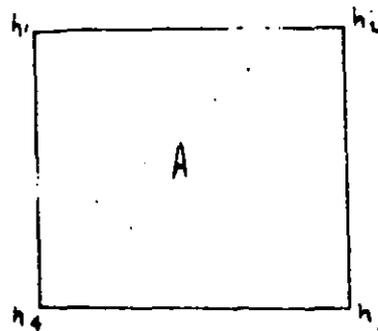


fig 9

entonces

$$V = A \left(\frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \right)$$

PRISMA TRUNCADO TRIANGULAR

De una manera semejante se puede obtener el volumen de un prisma triangular truncado por la siguiente fórmula:

$$V = A \left(\frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} \right)$$

 $A = A_1 \text{ ó } A_2 \text{ ó } A_3$
 $h_1, h_2, h_3 = \text{ALTURAS}$

Cuando en un terreno se tiene un número grande de prismas que tienen una sección recta, pueden agruparse todos ellos y calcularse su volumen por la fórmula que proporciona el conjunto de prismas. Un grupo de prismas contiguos de una misma sección recta tiene la particularidad de que el valor de la sección recta y el divisor 4 son comunes a todos los cálculos, también las alturas pueden resultar comunes.

FÓRMULA DE LA SUMA DE PRISMAS RECTANGULARES

El volumen se puede obtener por medio de la fórmula siguiente

$$V = A \left(\frac{\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4}{4} \right)$$

Dando:

A : Área de las secciones rectas del conjunto

$\sum h_1, \dots$: Suma de todas las alturas que pertenecen a un solo cuadro

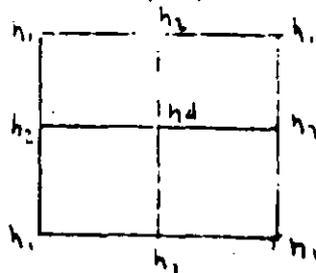


fig 10

$Sh_2 =$ Suma de todas las alturas comunes a dos cuadros.

$Sh_3 =$ Suma de todas las alturas comunes a tres cuadros.

$Sh_4 =$ Suma de todas las alturas comunes a cuatro cuadros.

Ejemplos:

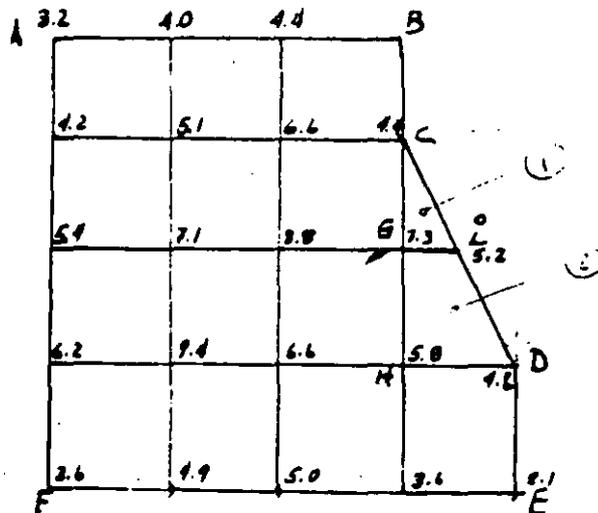


Fig 10

El volumen de CGI es un prisma truncado y se calcula

$$V = \frac{225}{3} (4.4 + 5.2 + 7.3) = 1268 \quad (1)$$

El volumen $GIHDE$ es

$$V = \frac{450}{4} (7.3 + 5.2 + 4.6 + 5.8) = 2644 \quad (2)$$

El volumen de $ABCGHDEF$ es

$$V = \frac{900}{4} (17.3 + 2 \times 49.4 + 3 \times 5.8 + 4 \times 43.6) = 69278$$

Sumando todos los volúmenes se tiene

$$V = 69278 + 1268 + 2644 + 1125 = 74315$$

$$V = 74315 \text{ m}^3$$

VOLUMEN CON CURVAS DE NIVEL

Cuando se tienen curvas de nivel de un plano configurado se determina el volumen entre dos secciones de las curvas de nivel, posteriormente entre otras dos y se va sumando el volumen.

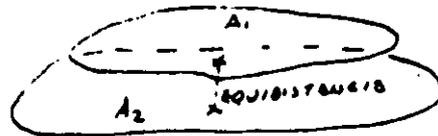


fig 11

El área puede obtenerse por medios mecánicos usando un planímetro, o simplemente calculando por cualquier método topográfico conocido.

El volumen está dado de una manera aproximada por

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} E$$

SUMA DE PRISMAS TRIANGULARES

Cuando se desea obtener el volumen de una porción de terreno en el que se ha realizado una nivelación de cuadrícula, y esta, es necesaria que se obtenga con aceptable precisión.

Se debe emplear el método de prismas triangulares, que consiste en formar prismas y contar cuantos acuden a cada vértice.

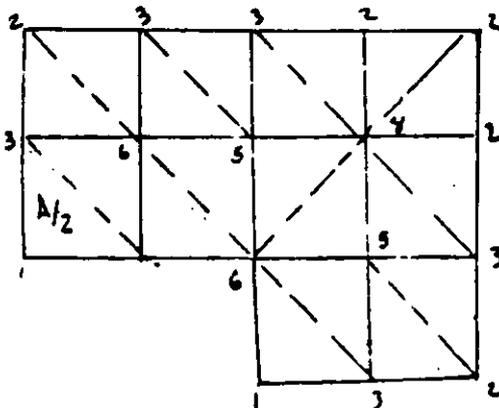


fig 12

$A/2$ es el área de un prisma

1, 2, 3, 4, 5, etc. son los prismas que se concentran en un vértice;

El volumen se obtiene por la fórmula

$$V = \frac{A}{6} (\varepsilon h_1 + \varepsilon h_2 + \varepsilon h_3 + \varepsilon h_4 + \dots + \varepsilon h_n)$$

LOCALIZACION Y TRAZO

134

METODO GENERAL DE LOCALIZACION DE UN CAMINO .

INTRODUCCION.-

En TOPOGRAFIA se considera como camino o vía de comunicación a todo medio que permite llevar algo de un lugar a otro, por ejemplo: personas, fluidos, energía eléctrica, etc.

Por lo general una vía de comunicación se realiza de la siguiente manera:

- a) Localización preliminar.
- b) Configuración.
- c) Proyecto.
- d) Trazo definitivo.

LOCALIZACION PRELIMINAR.-

La localización preliminar requiere de personal especializado, cuyas brigadas se formaran con el siguiente personal:

- Un localizador trazador.
- Un nivelador.
- Un seccionador dibujante.
- Dos cadeneros.
- Dos estadaleros.
- Dos Peones, brecheros, etc.

El equipo debe ser lo mas ligero posible ya que el camino recorrido debe realizarse sin molestias, agotamiento o disgusto, además de buen criterio.

Se recomienda generalmente:

- Cintas de lienzo y de acero.
- Un nivel de mano.
- estadales, Machetes, marro, pintura, etc.

El trabajo de localización preliminar consiste en ir marcando sobre el terreno, puntos con determinada pendiente, pero siempre en direccion de la ruta elegida.

Para esto debe contarse entre el equipo con una brujula de buena calidad.

NIVEL DE MANO. - *ES UN INSTRUMENTO EN QUE SE UTILIZA EL OJO DEL OBSERVADOR COMO VISUAL Y SU ALTURA DEL DISO AL OJO COMO ALTURA DE INSTRUMENTO.*
Con los datos de pendiente máxima y mínima

el localizador trazador, con el nivel de mano va localizando los puntos sobre los terrenos, si no cuenta con un nivel con clisfmetro, que es un aditamento del nivel de mano que sirve para marcar el porcentaje de pendientes, puede realizar la localización calculando esta para una determinada pendiente en una distancia dada, es decir, Si el localizador tiene una estatura de 1.60 metros y quiere marcar una pendiente máxima de 5% en 20 metros, entonces debe buscar una lectura en el estadal de 0.60 metros que será la pendiente máxima sobre el terreno, o bien de 2.60 en el estadal que será el punto que proporciones la mínima.

El clisimetro sirve para facilitar el trabajo ya que el observador unicamente buscará su propia estatura.

Una vez localizados todos los puntos de máxima y mínima pendiente, durante y a lo largo de todo el camino, se procede a localizar el mejor eje.

TRAZO DEL EJE PRELIMINAR QUE PUEDE SER EL DEFINITIVO.

Elegida la franja que comprende los puntos de máxima y mínima pendiente en la parte media de estos puntos se traza el eje, que es una poligonal abierta medida por el método de deflexiones.

Los quiebres o deflexiones que vayan quedando se suavizaran por medio de curvas Horizontales posteriormente.

Cuando la eleccion del eje esta hecha con buen criterio, el proyectista del camino respetará en su totalidad los datos, pero si no es así, sufrira modificaciones que hagan mas económica y servicial la vía.

CADENAMIENTO. - *ES LA MEDIDA DE LAS DISTANCIAS A PARTIR DE UN ORIGEN Y CUYA LONGITUD SE BUSCA SEA UNIFORME*
Sobre el eje y a una distancia de 20 metros dehen

colocarse estacas, así mismo como en cada punto de inflexión.

Se mide la distancia a partir de un origen a cada una de las estacas, lo que se le llama Kilo-
metraje o Cadenamiento.

NIVELACION DEL EJE.-

Ya colocadas las estacas sobre el eje se procede a Efectuar una nivelacion de perfil que tendrá dos objetivos:

- 1.- Tener el perfil de todo el eje de la vía.
- 2.-Las cotas de las estacas servirán como base para la obtención de las secciones transversales.

El perfil debe obtenerse para poder fijar las cotas de proyecto, buscando los factores de servicio, economía y tiempo.

SECCIONES TRANSVERSALES.-

Con las cotas de las estacas y con un nivel de mano se procede a buscar cotas cerradas de los terrenos, lo cual permitirá tener una franja configurada de todo el camino, y sobre la cual se analizara la mejor ruta posible.

Las cotas cerradas se obtienen de la siguiente forma,

- a.-Se mide la altura del suelo al ojo del observador
- b.-A la cota de la estaca mas la estatura del observador proporcionará la altura de aparato.
- c.-A dicha altura deberá sumarse o restarse según se sume o se baje, el valor de la cota que se desea.
- d.-

- d.-Teniendo los puntos a cota cerrada de cada seccion se procede a dibujar estas.
- e.- Localizados los puntos en planta se unen con líneas los del mismo valor ,quedando así las curvas de nivel,que permitira analizar los posibles cambios o modificaciones del eje.

PLANO CONFIGURADO.-

Con todo el plano configurado y contando además con el perfil y las secciones transversales, comienza la etapa que se le llama Proyecto y que es el analisis de todos los elementos con que se cuenta en el levanta--- miento.

SUB RASANTE./

La sub rasante se define como una linea ideal de equilibrio entre los cortes y terraplenes.

Para poder proyectar esta línea en el lugar - mas adecuado hay que tener en cuenta condiciones fundamentales como lo son:

- a.- Topografia.
- b.- Geologia.
- c.- Economia.
- d.- Servicio.

LA TOFOGRAFIA.-

Practicamente se resuelve con el levantamiento sin embargo,hay problemas topograficos que pueden hacer que la subrrazante no este el el lugar mas adecuado.

LA GEOLOGIA.-

Junto con la topografia pueden facilitar el estudio,ya que de la calidad de los terrenos depende

el menor o mayor costo en cortes y terraplenes.

Todos los elementos, es decir la Topografía, la Geología, la Economía y el Servicio deben de analizarse plenamente para que la obra resulte proyectada con todas las características apropiadas.

COTAS ROJAS.-

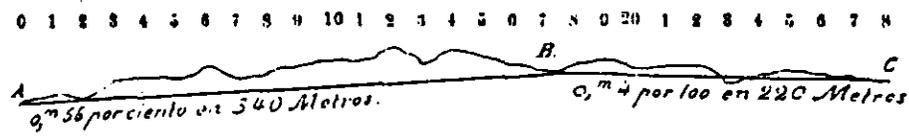
En un proyecto de camino se define como Cotas Rojas a la distancia vertical que hay entre la subrasante o línea de equilibrio entre cortes y terraplenes, al terreno existente.

Es muy importante el conocimiento de las cotas rojas en razón de que al construir el camino es necesario, dejar marcas en el terreno que permitan controlar los cortes y los terraplenes.

SECCIONES DE CONSTRUCCION.-

Con las secciones transversales obtenidas en el levantamiento preliminar, con las Cotas Rojas o sea la distancia vertical del terreno al proyecto se dibujan las secciones de construcción, gráficamente se puede obtener el punto donde se corta el talud con el terreno, pero también se puede hacer analíticamente por el método que se llama de Estacas Laterales.

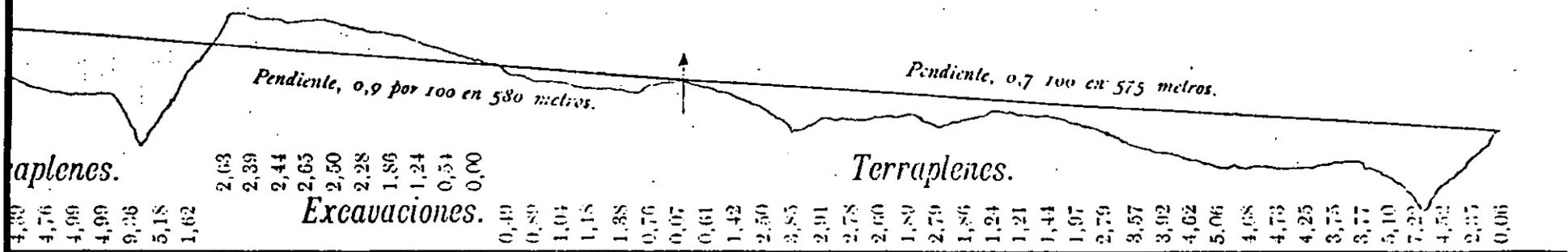
No. 1.



CITAS TERRENO	CITAS ROJAS
100.00	100.00
100.25	100.13
100.65	100.26
101.25	100.39
101.51	100.52
101.16	100.65
102.17	100.78
101.39	100.91
102.01	101.01
102.19	101.17
102.28	101.30
102.05	101.43
103.30	101.56
102.74	101.69
103.45	101.82
103.60	101.95
102.67	102.08
102.27	102.21
102.78	102.04
102.86	102.05
102.43	101.97
102.16	101.89
102.07	101.81
101.55	101.73
101.67	101.65
102.65	101.57
101.98	101.49
101.28	101.41
101.20	101.33

Escala de horizontales 1:500
 Escala de verticales 1:20

6 7 8 9 10 1 2 3 4 5 6 7 8 9 30 1 2 3 4 5 6 7 8 9 40 1 2 3 4 5 6 7 8 9 50 1 2 3 4 5 6 7



Plano general de comparación, à 20 metros bajo del 0.

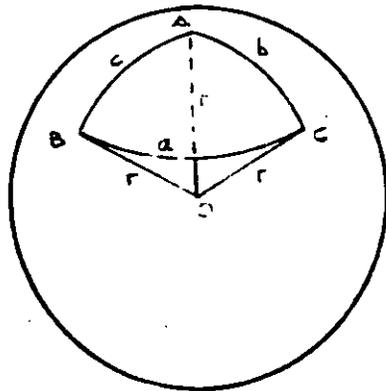
15,25	19,10	15,25	19,10	14,53	18,92	13,98	18,74	13,57	18,56	13,49	18,38	8,84	12,20	12,84	18,02	16,22	17,84	20,29	17,66	19,87	17,48	19,74	17,30	19,77	17,12	19,44	16,94	19,04	16,76	18,44	16,58	17,64	16,40	16,76	16,22	16,04	16,04	15,87	14,79	15,68	14,46	15,50	14,14	15,32	13,76	15,14	14,26	14,96	14,71	14,78	14,03	14,64	13,08	14,50	11,86	14,36	10,37	14,22	11,17	14,08	11,16	13,94	11,20	13,80	11,77	13,66	10,73	13,52	11,52	13,38	12,00	13,24	11,89	13,10	11,52	12,96	10,85	12,82	9,89	12,68	9,07	12,64	8,48	12,40	7,64	12,26	7,06	12,12	7,30	11,98	7,11	11,84	7,45	11,70	7,81	11,56	7,65	11,42	6,18	11,28	3,92	11,14	6,48	11,00	8,51	10,86	10,66	10,72
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	-------	-------

le horizontales $\frac{1}{4000}$ Escala de verticales $\frac{1}{500}$

FORMULAS FUNDAMENTALES DE TRIGONOMETRIA ESFERICA

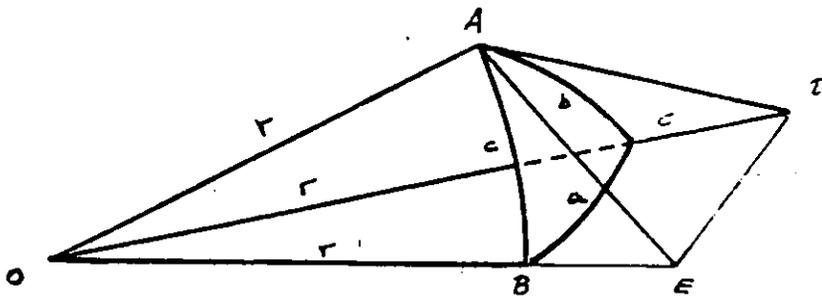
1.1 - Fórmulas fundamentales de la Trigonometría esférica.

Sea una esfera de radio unitario y sobre ella los puntos A, B y C que unidos por líneas sobre la superficie de la esfera nos define el triángulo que se aprecia y que recibe el nombre de "Triángulo Esférico". Los lados a, b y c de este triángulo esférico serán arcos de círculo y "O" el centro de la esfera.



$r = 1$

Al separar el triángulo esférico de la esfera se tiene:



$r = 1$

Las líneas AD y AE son tangentes a los arcos AC y AB respectivamente en el punto A. Luego los ángulos formados por estas líneas en dicho punto con respecto al radio de la esfera OA son de 90°

En el triángulo ODE y AED respectivamente:

$$\overline{DE}^2 = \overline{OE}^2 + \overline{OD}^2 - 2\overline{OE}\overline{OD} \cos \widehat{EOD} \quad (1)$$

$$\overline{DE}^2 = \overline{EA}^2 + \overline{AD}^2 - 2\overline{EA}\overline{AD} \cos \widehat{EAD} \quad (2)$$

igualando (1) y (2):

$$\overline{OE}^2 + \overline{OD}^2 - 2\overline{OE} \overline{OD} \cos \widehat{OED} = \overline{EA}^2 + \overline{AD}^2 - 2\overline{EA} \overline{AD} \cos \widehat{EAD}$$

Haciendo operaciones:

$$\overline{OE}^2 - \overline{EA}^2 + \overline{OD}^2 - \overline{AD}^2 - 2\overline{OE} \overline{OD} \cos \widehat{OED} = - 2\overline{EA} \overline{AD} \cos \widehat{EAD}$$

$$2 - 2\overline{OE} \overline{OD} \cos \widehat{OED} = - 2\overline{EA} \overline{AD} \cos \widehat{EAD}$$

$$1 - \overline{OE} \overline{OD} \cos \widehat{OED} = - \overline{EA} \overline{AD} \cos \widehat{EAD} \tag{3}$$

$$\text{tg } b = \overline{AE} \quad \text{y} \quad \text{sec } b = \overline{OE}$$

$$\text{tg } c = \overline{AD} \quad \text{sec } c = \overline{OD}$$

$$\widehat{EOD} = a \quad \widehat{EAD} = A$$

valores que sustituidos en (3):

$$1 - \text{sec } b \text{ sec } c - \text{cosa} = - \text{tg } b \text{ tg } c \cos A$$

Multiplicando por $\cos b \cos c$ ambos miembros de esta igualdad:

$$\cos b \cos c - \cos a = - \text{sen } b \text{ sen } c \cos A$$

De donde: $\cos a = \cos b \cos c + \text{sen } b \text{ sen } c \cos A$

Análogamente $\cos b = \cos a \cos c + \text{sen } a \text{ sen } c \cos A$

$\cos c = \cos a \cos b + \text{sen } a \text{ sen } b \cos A$

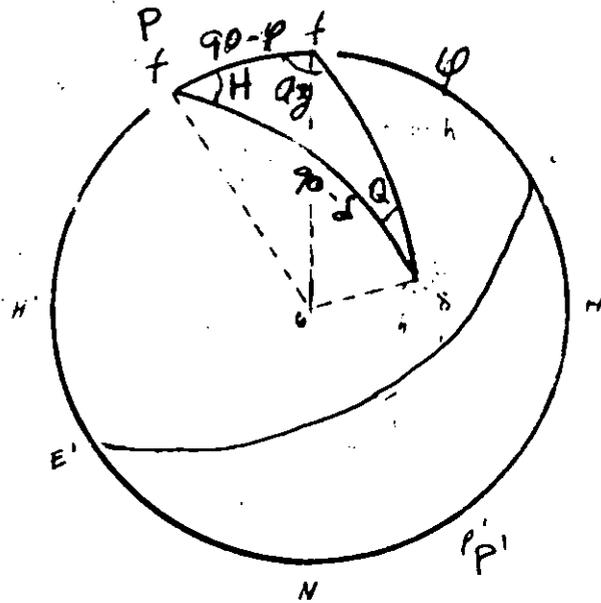
Ecuaciones que se conocen como las fórmulas fundamentales de la trigonometría esférica. En forma semejante se obtienen:

$$\frac{\text{sen } A}{\text{sen } a} = \frac{\text{sen } B}{\text{sen } b} = \frac{\text{sen } C}{\text{sen } c}$$

Ecuación conocida como la ley de los senos.

TRIANGULO ASTRONÓMICO

El triángulo astronómico queda definido en la esfera celeste por el zenit del lugar, el polo y el astro observado. (ZPS).



Sea "O" el centro de la esfera celeste, ocupado por el observador.
 "S" el astro observado.

P y P' los polos celestes.

Z y N el zenit y el nadir respectivamente

El arco $\widehat{PSP'}$ el círculo horario que contiene al astro observado S.

El arco $\widehat{HH'}$ el plano del horizonte.

El arco $\widehat{EE'}$ el plano del Ecuador.

El círculo máximo que contiene a los polos celestes, al zenit y al nadir se llama Meridiano.

En estas condiciones el triángulo astronómico queda definido por los puntos P, Z y S; es decir, por el polo celeste el cenit y el astro observado.

En el vértice P, se define el ángulo llamado "Angulo horario" que es el arco de ecuador, formado a partir del meridiano al pie del círculo horario que pasa por el astro; se define por T y se mide de 0 a 360^0 ó de 0^h a 24^h .

En el vértice Z, se define el suplemento del ángulo llamado "Azimut del astro observado" y es el arco de horizonte formado a partir del meridiano

al pie del círculo vertical que pasa por el astro observado se mide de 0° a 360° y se define por az.

En el vértice S se define el ángulo llamado "Paraláctico" y lo define el círculo horario y el círculo vertical que pasan por el astro en el mismo astro; se designa por la letra Q.

Los lados del triángulo que no dejan de ser arcos de círculo por estar sobre la superficie de la esfera celeste son:

El lado llamado distancia polar o codeclinación del astro es, el complemento de la declinación la cual se mide a partir del ecuador sobre el círculo horario que pasa por el astro hasta el astro mismo y se designa por la letra δ (declinación); puede ser positiva o negativa según que el astro decline al norte o al sur respectivamente. Es un elemento fijo para cada astro en un instante dado.

La distancia polar o codeclinación es igual a $90 - \delta$

El lado \widehat{ZS} es el complemento de la altura del astro considerado y se llama distancia zenital, la altura del astro se mide a partir del horizonte sobre el círculo vertical que pasa por el astro de 0° a 90° ; se designa por "h", la distancia zenital es igual a $90-h$.

El lado \widehat{PZ} se llama colatitud y es un elemento fijo para cada punto de la tierra, es además el complemento de la latitud, la cual se mide a partir del ecuador sobre el meridiano del lugar de 0° a 90° y se designa por la letra ϕ .

En el triángulo astronómico, generalmente se conoce ϕ del lugar y -

la declinación δ del astro, luego también conocemos $90-\varphi$ y $90-\delta$ - colatitud y codeclinación respectivamente; lo que se mide directamente es Z o h o lo que es lo mismo la distancia zenital o la altura.

De la fórmula fundamental:

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

haciendo:

$$a = 90 - \delta$$

$$b = 90 - \varphi$$

$$c = Z$$

$$A = a_z$$

se tiene:

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

de donde:

$$\cos a_z = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cos z}{\cos \varphi \sin z} \quad (1)$$

Ecuación que nos sirve para determinar el azimit del astro en un momento dado.

Para hacer la ecuación anterior calculable por logaritmos se opera como sigue: Restando ambos miembros de la igualdad de uno:

$$1 - \cos a_z = 1 - \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cos z}{\cos \varphi \sin z}$$

de donde:

$$2 \sin^2 \frac{1}{2} a_z = \frac{\cos \varphi \sin z + \sin \varphi \cos z - \sin \delta}{\cos \varphi \sin z}$$

$$2 \sin^2 \frac{1}{2} a_z = \frac{\sin (Z + \varphi) - \sin \delta}{\cos \varphi \sin z}$$

Luego:

$$2 \sin^2 \frac{1}{2} a_z = \frac{2 \cos \frac{1}{2} (Z + \varphi + \delta) \sin \frac{1}{2} (Z + \varphi - \delta)}{\cos \varphi \sin z}$$

Por tanto:

$$\text{sen } \frac{1}{2} Q_z = \sqrt{\frac{\text{cos } \frac{1}{2} (Z + \varphi + \delta) \text{ sen } \frac{1}{2} (Z + \varphi - \delta)}{\text{cos } \varphi \text{ sen } z}}$$

Fórmula que permite calcular por logaritmos el azimut del astro observado en función de su distancia zenital; azimut que combinado con el ángulo as no señal, obtenemos el azimut de la línea considerada.

F4. - ORIENTACION ASTRONOMICA

1.1 Método de observación en la mañana y en la tarde

Generalmente la forma de observar el sol en la mañana, y en la tarde, es la misma; la única diferencia consiste en que para aprovechar el movimiento del sol y hacer las tangencias de los hilos usando uno solo de los movimientos del aparato, ya sea el azimutal o el de alturas, es conveniente observar el sol en las mañanas en los cuadrantes primero y tercero, y en la tarde en los cuadrantes segundo y cuarto.

Se centra y nivela correctamente el aparato, se ponen los vernieres en una lectura origen que puede ser cero grados, se fija el movimiento particular y con el movimiento general teniendo el círculo vertical a la derecha se bisecta la marca de referencia, anótase la lectura de los vernieres del círculo horizontal, fíjese el movimiento general (éste no deberá volver a tocarse hasta no terminar completamente la observación), véase el sol y hágase la tangencia en un cuadrante, de acuerdo con lo indicado anteriormente, y dése la voz de tiempo cuando dicha tangencia se logra, después de que el apuntador tenga anotada la hora, díctense las lecturas de los vernieres, tanto horizontal como vertical.

Inviértase el anteojo, nos quedará ahora el círculo vertical a la derecha, hágase la tangencia al sol en el cuadrante opuesto a aquel en que se servó la primera vez, anótase el tiempo y la lectura a los círculos y en esta acción del aparato se visa nuevamente la marca, habiendo llegado con una diferencia de 180° a la lectura inicial.

Todo esto nos representa una serie de la observación del sol, es cas

tumbre hacer por lo menos tres series en la mañana y otras tantas en la tarde, - con el objeto de aumentar la precisión y sobre todo para anular aquellas series - cuyo valor se dispare mucho con respecto a los valores que predominan.

Logaritmos LOGARITMOS

El logaritmo de un número en un sistema de base dada, es el exponente que hay que aplicar a la base para que dicho número sea una potencia de dicha base. Ejemplo:

$$5^3 = 125 \text{ puede escribirse } \log_5 125 = 3$$

y se lee:

Logaritmo de base cinco de ciento veinticinco es igual a tres

$$a^x = y \quad ; \quad \log_a y = x$$

En la práctica, sólo se usan dos bases, la base diez que dá origen a los logaritmos decimales o vulgares y la base "e" que dá origen a los logaritmos naturales o hiperbólicos.

$$e = 2.718281828459045$$

Por convención en el futuro "log a" es el logaritmo decimal y "La" es el logaritmo natural. Puesto que:

$$a^1 = a \quad , \quad \log_a a = 1$$

1 - En cualquier sistema, el logaritmo de la base es uno. Puesto que:

$$a^0 = 1 \quad , \quad \log_a 1 = 0$$

2 - En cualquier sistema, el logaritmo de uno es cero.

3 - En cualquier sistema ni cero, ni los números negativos tienen logaritmo.

4 - En cualquier sistema, la suma de los logaritmos de varios números es igual al logaritmo del producto de dichos números. En efecto sea:

$x = \log_a b$ $a^x = b$

$y = \log_a c$ $a^y = c$

$z = \log_a d$ $a^z = d$

De donde: $a^x \cdot a^y \cdot a^z = bcd$

Luego: $a^{x+y+z} = bcd$

Por tanto: $x + y + z = \log_a (bcd)$

Luego: $\log_a b + \log_a c + \log_a d = \log_a (bcd)$

5 - En cualquier sistema, el logaritmo de un cociente *es igual al logaritmo del numerador menos el logaritmo del denominador.* Sea:

$x = \log_a b$ $a^x = b$

$y = \log_a c$ $a^y = c$

De donde: $\frac{a^x}{a^y} = \frac{b}{c}$

Luego: $a^{x-y} = \frac{b}{c}$

Por tanto: $x - y = \log_a \left(\frac{b}{c}\right)$

Luego: $\log_a b - \log_a c = \log_a \left(\frac{b}{c}\right)$

6 - En cualquier sistema, el logaritmo de una potencia es igual al exponente multiplicado por el logaritmo de la base. Sea:

$x = \log_a b$ $b = a^x$

elemando a la n ambos miembros:

$(a^x)^n = b^n$

de donde: $a^{xn} = b^n$, $xn = \log_a b^n$

luego: $n \log_a b = \log_a b^n$

La parte entera del logaritmo de un número se llama **CARACTERÍSTICA** -

CA. La parte fraccionaria del logaritmo de un número se llama **MANILLA**.

La característica del logaritmo vulgar de un número es igual al número

ro de cifras enteras del número propuesto, menos unas.

En efecto, cualquier número está comprendido entre dos potencias. - -

Ejemplo:

$$10^2 < 275.8 < 10^3$$

$$\log 10^2 < \log 275.8 < \log 10^3$$

$$2 < \log 275.7 < 3$$

$$10^{n-1} < \text{número de } n \text{ cifras enteros} < 10^n$$

$$\log 10^{n-1} < \log \text{número de } n \text{ cifras enteros} < \log 10^n$$

$$n-1 < \log \text{número de } n \text{ cifras enteros} < n$$

luego $n - 1$ es la característica del número propuesto. Ejemplo:

$$\log 500 = 2.6990$$

$$\log 50 = 1.6990$$

$$\log 5 = 0.6990$$

$$\log 0.5 = 0.6990 - 1 = 1.6990 = -0.3010$$

$$\log 0.05 = 0.6990 - 2 = 2.6990 = -1.3010$$

$$\log 0.005 = 0.6990 - 3 = 3.6990 = -2.3010$$

La característica del logaritmo vulgar de un número menor que uno es negativa e igual al número de orden que ocupa la primera cifra significativa diferente de cero del número propuesto después del punto decimal, siendo la mantisa positiva.

El cologaritmo de un número, es el logaritmo del recíproco de dicho número. Sea:

$$x = \log a$$

$$\text{Por definición: } \text{colog } a = \log \frac{1}{a}$$

de donde: $\log. 1 - \log a = \log a = -x$

En cualquier sistema el logaritmo y el cologaritmo de un mismo número son simétricos.

La suma del logaritmo y el cologaritmo de un mismo número es nula.

El cologaritmo de un número es lo que le falta a su logaritmo para valer cero.

Orientación Astronómica. - La parte a desarrollar de este tema es con el fin de dejar preparado al lector en las primeras fases correspondientes al cálculo de elementos astronómicos más elevados, de ahí la necesidad de esta forma de planteamiento, tratando de obtener un resultado de acuerdo a la práctica.

1.1.- Cálculo de la Latitud. - Como ya se vio con anterioridad, la latitud puede ser medida al norte o al sur. Cada grado de la misma equivale a una distancia de 110.56 Km. en el ecuador y 111.68 Km. en las regiones polares, aceptándose para fines generales que 1' de arco de latitud es igual a una milla náutica (1852m.)

Este último concepto mencionado es de valiosa utilidad y constituye en sí el fundamento del sistema, en sus dos variantes, que trataremos en este tema.

El cálculo de la latitud mencionada consiste fundamentalmente en situarnos aproximadamente con respecto al lugar más próximo de coordenadas geográficas conocidas.

Esto se logra mediante el empleo de un buen plano, carta, o en relación a la lista de lugares que trae consigo el Anuario Astronómico.

Veamos los dos casos, aprovechando un ejemplo de cada uno de ellos para mejor comprensión.

1o. Obtengamos la latitud de un lugar auxiliandonos de un plano como el de la figura F3.1

Supongamos que el pueblo más cercano del lugar de observación fue Tololapan, Oax., lugar donde nos embarcamos río arriba 7 Km. desembarcamos y en la ribera estamos ya dispuestos a acampar, por lo cual deseamos obtener aproximadamente la latitud de dicho lugar.

$$6700: 1852 = 3'62 = 3'40''$$

$$\text{del lugar} = 16^{\circ}40'00' - 03'40'' = 16^{\circ}36'20''$$

- 2o. Obtengamos la latitud del mismo lugar prescindiendo del plano y auxiliándonos del Anuario del Observatorio Astronómico Nacional.

En la página 219 del mismo buscamos el pueblo de Totolapan (55) y vemos que tiene por $16^{\circ}40'40''$. Enseguida suponemos que en el itinerario se obtuvo un promedio de la dirección del río que se remontó, el cual necesariamente es muy parecido o igual al que obtuvimos del mapa anterior.

A partir de entonces de los datos así obtenidos, el proceso cae en la rutina del ejemplo anterior, con lo cual llegamos al siguiente resultado:

$$\text{del lugar} = 16^{\circ}40'04'' - 03'40'' = 16^{\circ}36'24'' = 16^{\circ}36'20''.$$

1.2 Corrección por refracción.- Esta corrección es necesario aplicarla a todas las observaciones que se hacen a los astros, antes de entrar al cálculo con las mismas.

Este error provocado por las capas atmosféricas nos produce en la visual al astro observado un cambio de dirección que origina situar al mismo más alto de lo que en realidad esta, razón por la cual esta corrección es substractiva cuando trabajamos con alturas ó aditiva cuando trabajemos -- con distancias zenitales.

El valor de esta corrección viene tabulada en las tablas XXXI, del Anuario Astronómico Nacional usando como argumento a la distancia zenital.

Así pues supongamos la necesidad de obtener la corrección a la siguiente altura observada.

$$A' = 30^{\circ}45'$$

primeramente la transformamos a distancia zenital, para usar la misma como argumento en la tabla correspondiente.

$$Z' = 59^{\circ}15'$$

de la tabla del anuario, obtenemos el valor de la corrección interpolando mentalmente $1'38''$. Nótese que se redondean los segundos.

El resultado del problema es:

$$A = 30^{\circ} 45' 00'' - 01' 38'' = 30^{\circ} 43' 22''$$

$$Z = 59 \ 15 \ 00 \ + 01 \ 38 \ = 59 \ 16 \ 38$$

Cómo se puede razonar, cuando al observar un astro obtenemos Z' con el instrumento empleado, con ese mismo valor entramos a las tablas obteniendo la corrección correspondiente.

1.3 Cálculo de la declinación del Sol. - La declinación del Sol viene calculada en el Anuario para cada día del año a la hora del paso por el meridiano 90°, pudiéndose interpolar por medio de la variación horaria, la cual viene dada también por días.

Ahora bien, nosotros necesitamos, en base a los datos mencionados, calcular la declinación del Sol a la hora de observación y en el meridiano del lugar adoptado en el mismo. Con el fin de obtenido el mismo, poder - continuar, con el desarrollo de la fórmula adoptada para el cálculo del -- azimut y/o latitud.

Este cálculo lo llevamos a cabo de la siguiente manera:

EJEMPLO ILUSTRATIVO

Usemos un ejemplo para mejor comprensión de la descripción. Supongamos que la observación la hicimos en el D.F., el 27 de marzo de - 1971, a la hora promedio 8:52:30.

Del anuario, en efermérides del Sol para el meridiano 90°W.G. en marzo 27, transcribimos , y procedemos al cálculo.

Hora del paso del Sol por el meridiano 90° el 27/111/71	12:05:31
Hora promedio de las observaciones	8 52 30
Obtenemos el intervalo por diferencia de horas	- 3 13 01

El signo lo damos siguiendo el criterio: falta para que pase (-), o ya paso (+). Ahora el valor de la diferencia de horas lo transformamos a decimales de hora, para usarlo más adelante.

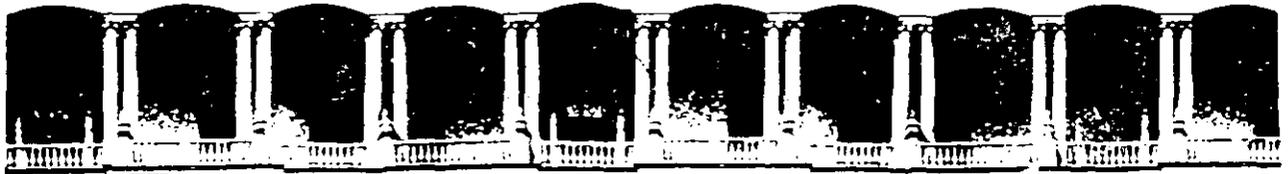
$$01s \ \frac{1}{60} = 0.017m.$$

ahora

$$13:017m. \ \frac{1}{60} = 0.217h.$$

finalmente ya transformado

$$- 3h \ 12m \ 01s = 3.217 \ h.$$



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

DEPARTAMENTO DE CURSOS INSTITUCIONALES

**SCT DIRECCION GENERAL DE CARETERAS FEDERALES
CURSO: TOPOGRAFIA APLICADA A LAS VIAS TERRESTRES
7-9 SEPTIEMBRE DE 1994**

MATERIAL DIDACTICO

**ING. JOSE MANUEL ALBO LARA
Veracruz, Ver.
1994**

En caminos trazados, con curvas simples, toda la ampliación se agrega por el lado interior del pavimento y la longitud destinada a la ampliación gradual se aloja sobre la tangente total o parcialmente.

En el segundo caso se puede proceder de las siguientes maneras:

a).- La mitad de la longitud se aloja sobre la tangente y el resto sobre la curva.

b).- Los dos tercios de la longitud se alojan sobre la tangente y el resto sobre la curva.

Cuando se trata de caminos trazados con curvas espirales para proporcionar la ampliación en las curvas se puede proceder de dos formas:

a).- Dar toda la ampliación por el lado interior de la curva.

b).- La ampliación se divide en dos y se proporciona -- una parte al interior y otra al exterior de la curva.

Como se ve pues, la ampliación en las curvas es algo muy necesario para el buen funcionamiento de los caminos, por lo tanto su estudio es muy necesario.

DISTANCIAS DE VISIBILIDAD

Vamos a definir como distancia de visibilidad, a la longitud de camino que un conductor ve siempre delante de él, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables.

Las distancias de visibilidad para el estudio de los caminos, son tres:

- Distancia de visibilidad de rebase
- Distancia de visibilidad en curvas horizontales
- Distancia de visibilidad de parada

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE.

Se dice que un tramo de carretera tiene distancia de visibilidad de rebase, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra.

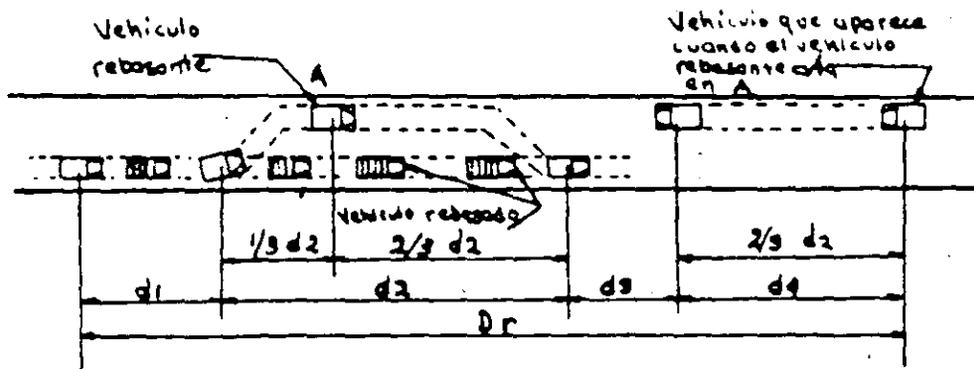
Para definir la distancia mínima de visibilidad de rebase, la AASHO ha realizado estudios que permiten formular algunas hipótesis sobre el comportamiento de los conductores en las maniobras de rebase.

- 1a.)- El vehículo que va a ser rebasado circula a una velocidad uniforme.
- 2a.)- El vehículo que va a rebasar, alcanza al vehículo que va a ser rebasado y circulan a la misma velocidad, hasta que se inicia la maniobra de rebase.
- 3a.)- Cuando se llega al tramo de rebase, el conductor del vehículo que va a rebasar, reacciona acelerando su vehículo para iniciar el rebase.
- 4a.)- El rebase se realiza bajo lo que puede llamarse maniobra de arranque demorado y retorno apresurado, pues cuando se ocupa el carril izquierdo, para iniciar el rebase, se presenta

un vehículo en sentido contrario con igual velocidad que el vehículo rebasante. Aunque el rebase se realiza acelerando durante toda la maniobra, se considera que la velocidad del vehículo rebasante, mientras ocupa el carril contrario, es constante y tiene un valor de 15 km/hora mayor que la velocidad del vehículo rebasado.

5a).- Cuando el vehículo rebasante regresa a su carril, hay suficiente distancia entre él y el vehículo que viene en sentido contrario, durante la maniobra se considera que el vehículo que viene en sentido contrario viaja a la misma velocidad que el vehículo que está rebasando y la distancia que recorre es $\frac{2}{3}$ de la distancia que ocupa el vehículo rebasante en el carril izquierdo.

En la siguiente figura se ilustra la forma como se efectúa la maniobra, según las hipótesis anteriores.



- d_1 - Distancia recorrida durante el tiempo de reacción y durante la aceleración inicial hasta el punto donde el vehículo rebasante invade el carril izquierdo.
- d_2 - Distancia recorrida por el vehículo rebasante desde que invade el carril izquierdo hasta que regresa a su carril.
- d_3 - Distancia entre el vehículo rebasante al terminar su maniobra y el vehículo que viene en sentido opuesto.
- d_4 - Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto.

Para fines prácticos de proyecto, se usa la siguiente expresión para calcular la distancia mínima de visibilidad de rebase.

$D_R = 4.5 V$ en la cual:

D_R = Distancia de visibilidad de rebase en metros.

V = Velocidad de proyecto en Km/hora.

La distancia de visibilidad de rebase es un elemento que debe tenerse presente desde las etapas preliminares del proyecto.

Determinando gráficamente sobre los planos las distancias de visibilidad y anotándoles a intervalos frecuentes, el proyectista puede apreciar de conjunto todo el trazo y realizar un proyecto más equilibrado, con un mínimo de correcciones en planta y en perfil.

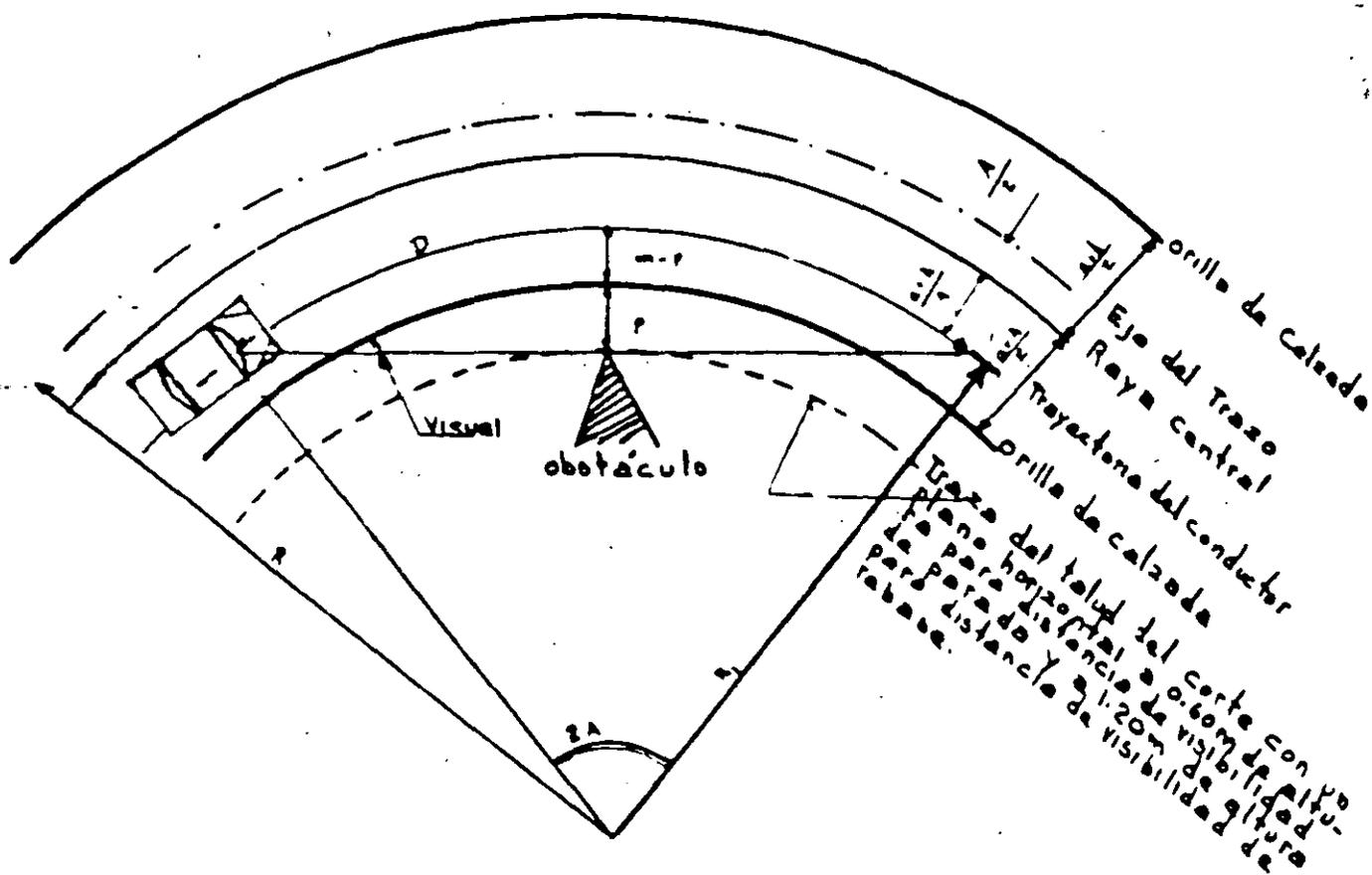
La distancia de visibilidad de rebase debe medirse tanto en el alineamiento horizontal como en el vertical y se toma la menor.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES.

Otra distancia de visibilidad que es importante analizar, es la distancia en las curvas horizontales.

Cuando existe un obstáculo lateral, si el paramento del obstáculo es vertical, todos los objetos de cualquier altura sobre la superficie del camino, se pueden ver a la misma distancia. Cuando el obstáculo es el talud de un corte, la distancia de visibilidad se ve afectada por la altura del objeto.

En la siguiente figura, se ilustra la razón por la cual se debe de proyectar de tal manera, que los obstáculos laterales estén lo suficientemente alejados de la orilla de la calzada.



- a = Ancho de calzada en tangente en m.
- A = Ampliación de la calzada en curva en m.
- E_1 = Radio de la trayectoria del conductor en m.
- m = Distancia del obstáculo al eje de la trayectoria del conductor en m.

P = Distancia del obstáculo a la orilla de la calzada en m.

D = Distancia de visibilidad de parada ó de rebase en ()

De la figura tenemos:

$$m = R_1 - R_1 \cos \Delta$$

pero: $2\Delta = \frac{D}{R_1} \therefore \Delta = \frac{D}{2R_1}$

Sustituyendo en la primera ecuación el valor de Δ y desarrollando en serie el coseno:

$$m = R_1 - R_1 \left(1 - \frac{D^2}{8R_1^2} + \dots \right) = \frac{D^2}{8R_1}$$

y por lo tanto:

$$P = \frac{D^2}{8R_1} - \frac{a+A}{4}$$

en donde:

$$R_1 = R - \frac{a + 3A}{4}$$

La distancia de visibilidad en la parte interior de la curva está limitada por obstrucciones, tales como edificios, cercas, bosques y taludes.

Preferentemente, la distancia de visibilidad debe medirse entre puntos del eje del carril interior de la curva; aunque en caminos de dos carriles, de poco volumen de tránsito, basta con medirla sobre el eje del camino.

Un camino debe tener en toda su longitud una distancia de visibilidad por lo menos igual a la distancia de visibilidad de parada. Si se desea que el camino tenga un buen nivel de servicio, se deben proyectar suficientes tramos con visibilidad de rebase.

Los elementos del alineamiento horizontal y vertical que interfieren con la visual del conductor son: curvas horizontales y curvas verticales.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

Es la distancia de visibilidad mínima necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de proyecto ó muy cerca de ella, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él. Por lo tanto esta distancia es la mínima - que debe proporcionarse en cualquier punto del camino.

La distancia de visibilidad de parada, está dada por la suma de dos distancias: la distancia de reacción y la distancia de frenado. La primera es la distancia que recorre el vehículo desde el instante en que el conductor ve el objeto, hasta que coloca su pié en el freno y la segunda es la distancia que recorre el vehículo desde que se aplica el freno hasta que se para.

Si lo anterior, lo expresamos por medio de una ecuación, tenemos: $D_p = d_r + d_f$ en la cual

D_p = Distancia de visibilidad de parada.

d_r = Distancia de reacción

d_f = Distancia de frenado

Durante el recorrido de la distancia de reacción, el vehículo no ha modificado en lo absoluto su velocidad, por lo tanto esta distancia se calcula por medio de las expresiones:

$$d_r = \frac{V T}{3.6} \text{ ó bien } d_r = 0.278 VT \text{ en las cuales}$$

$$d_r = \frac{1}{3.6} VT = 0.278 VT$$

d_r = Distancia de reacción en metros.

V = Velocidad en Km/hora

T = Tiempo de reacción en segundos.

La distancia de frenado se calcula igualando la energía cinética del vehículo, con el trabajo realizado para detenerlo.

$$\frac{1}{2} m v^2 = W_f d_f + W_p d_f \text{ en esta expresión}$$

m = masa del vehículo

v = Velocidad en m/seg.

W = P so del Vehículo.

f = Coeficiente de fricción longitudinal.

p = Pendiente del camino.

d_f = Distancia de frenado.

Como la masa es igual al peso dividido entre la gravedad tenemos: --

$m = \frac{W}{g}$ y si sustituimos este valor en la expresión anterior y

expresamos la velocidad en km/hora tenemos:

$$(0.278 v)^2 \frac{W}{2 \times 9.81} = W f d_f + W p d_f$$

En esta expresión podemos eliminar el peso del vehículo y haciendo operaciones y despejando d_f , finalmente nos queda:

$$d_f = \frac{v^2}{254(f + p)}$$

Ahora bien, como se dijo que

$$D_p = d_r + d_f \text{ tenemos } D_p = 0.278 VT + \frac{v^2}{254(f+p)}$$

Al deducir la expresión anterior, se supone que el vehículo se detiene solo por la aplicación de los frenos y se desprecia la inercia de las partes móviles, las resistencias internas, la resistencia al rodamiento, la resistencia del aire y la variación en la eficiencia de los frenos.

Todas las variables antes mencionadas, quedan involucradas implícitamente al considerar el tiempo de reacción y los valores del coeficiente de fricción longitudinal.

Los valores del coeficiente de fricción longitudinal, la experiencia ha demostrado, que varían con la velocidad y se ha encontrado que sus valores fluctúan entre 0.40 y 0.295 cuando la velocidad varía de 30 a 110 Kph., además corresponden a pavimentos mojados.

Estudios realizados, han demostrado que el tiempo que necesitan los conductores para reaccionar es muy variable, por lo tanto, con el fin de que queden cubiertas la gran mayoría de los casos y con base en numerosas experiencias, la AASHO ha determinado que con fines de proyecto debe emplearse un tiempo de reacción de 2.5 segundos para todas las velocidades.

La tabla siguiente, muestra los resultados que se obtienen con las recomendaciones anteriores.

Vel. de proy.	Tiempo de reac.	Coef. de fric.	Dist. de visibi. redondeada
30	2.5	0.400	27.00
40	2.5	0.387	40.00
50	2.5	0.374	55.00
60	2.5	0.361	73.00
70	2.5	0.348	92.00
80	2.5	0.334	113.00
90	2.5	0.321	135.00
100	2.5	0.308	157.00
110	2.5	0.295	177.00

$$\begin{array}{r} 0.400 \\ -0.295 \\ \hline 0.105 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 110 \\ - 30 \\ \hline 80 \end{array}$$

$$\frac{0.105}{80} = 0.0013125$$

~~se traslada la línea en el campo, se corre una nivelación~~
sobre la misma para, obtener el perfil definitivo, sobre el -
cual se hará el estudio del eje del camino en el plano verti-
cal.

Sobre este perfil, con el antecedente de las tangentes -
verticales elegidas en el anteproyecto, se procederá a hacer
todos aquellos ajustes necesarios con el fin de afinar tanto
las pendientes como la compensación de las terracerías, para
lo cual se procede a calcular las curvas de enlace de las tan-
gentes verticales.

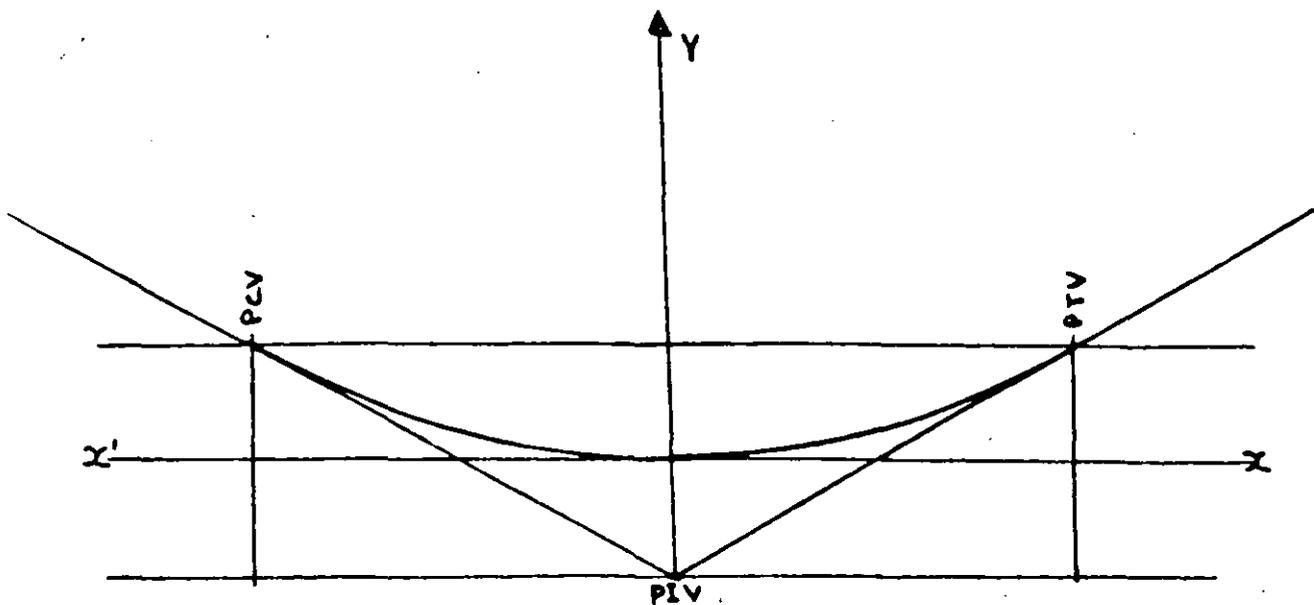
Así como en planta hubo necesidad de emplear segmentos -
circularés y espirales de enlace en los casos que era necesario,
en el estudio del perfil, se ha visto que la curva que mejor
resuelve estos casos, es la parábola, por conjugar ella sola,
en cierta forma, las propiedades tanto del círculo como de la
espiral.

La expresión general de la ecuación de la parábola, es --
 $Y = Kx^2$ en la cual $K = 4p$, siendo "p" el parámetro de la curva.

Es propiedad de la parábola, que si se traza entre dos -
puntos, simétricamente con relación a un eje perpendicular a
la línea que une esos puntos (PCV y PTV), la curva pasa a la
mitad de la ordenada levantada en el punto de intersección , -
(PIV) de las tangentes a la curva, trazadas por los puntos que
se ligan (subrasantes).

Otra propiedad de la parábola, es que la variación de la
pendiente en la entrada y en la salida de la curva tiene la -
mitad del valor que en el resto de la misma quedando por lo -
tanto suavizadas, lo que le da la característica de conjugar
a la curva circular y la espiral.

Si analizamos una parábola simétrica; es decir, que su --
PCV y su PTV tengan la misma cota y por lo tanto la pendiente
de la tangente de entrada es igual a la pendiente de la tangen-
te de salida, vemos que se cumple la primera propiedad enun-
ciada, es decir, que el punto más bajo de la curva (ó el más -
alto) pasa a la mitad de la diferencias de ordenadas entre el
PIV y PCV ó PTV.



La segunda propiedad se concluye observando la ecuación de la curva.

$Y = Kx^2$ si hacemos la primera derivada tenemos:

$$\frac{dy}{dx} = 2Kx \text{ que es la pendiente de la curva.}$$

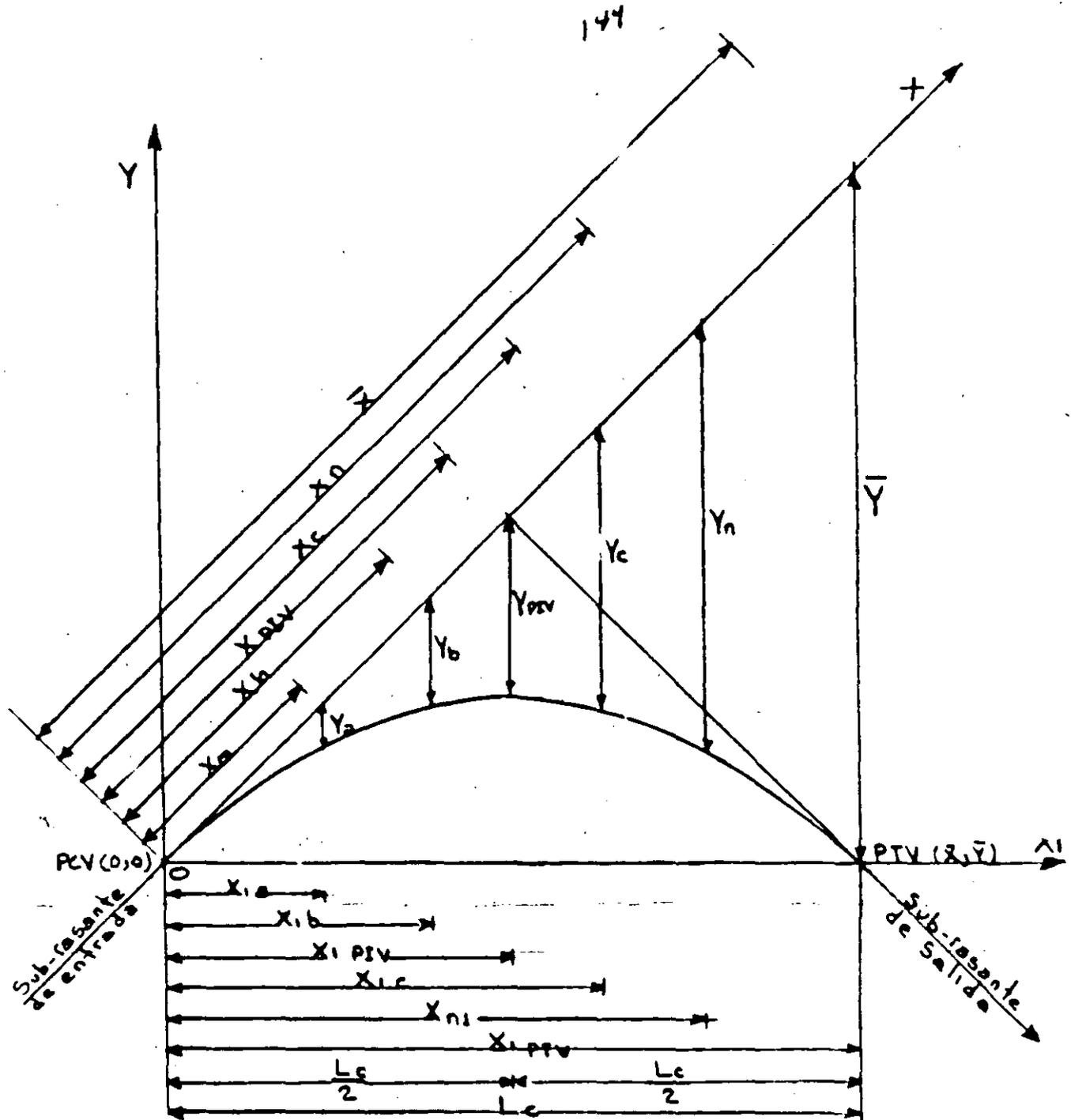
y si hacemos la segunda derivada tenemos:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 2K \text{ que es la variación de la pendiente y es una } \underline{\text{can}}$$

tividad constante.

La ley de variación no puede ser más sencilla, al duplicarse la "X", la "Y" se cuadruplica; al triplicarse la "X", la "Y" se multiplica por nueve y así sucesivamente.

En la práctica para que las coordenadas de los puntos de la curva resulten del mismo signo, se conviene en tomar el eje "Y" vertical y pasando por el PCV y el eje "X" pasando también por el PCV pero tangente a la curva en dicho punto, (lo que resulta ser la tangente vertical de entrada, o sea, una de las tangentes por ligar). Por lo tanto este eje formará un determinado ángulo \angle con la horizontal X_1 . Las abscisas se toman en proyección sobre la horizontal.



- L_c = Longitud de la curva en proyección horizontal.
- \bar{x}, \bar{y} = coordenadas del PTV en el sistema (x, Y)
- $Y = Kx_1^2$, ecuación de la parábola en el sistema (x_1, y)
- $Y = Kx^2$, ecuación de la parábola en el sistema (X, Y)
- O = origen de coordenadas para los dos sistemas = PCV
- PCV, a, b, PIV, c, y PTV = Puntos de la curva.
- n = Un punto cualquiera de la curva.

$$Y = K X^2 \text{ ----- (1) } \therefore K = \frac{Y}{X^2}$$

Para el punto PTV Con coordenadas (\bar{X}, \bar{Y}) tenemos:

$$\bar{Y} = K \bar{X}^2 \quad \therefore K = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}^2}$$

Sustituyendo este valor de K en la ecuación (1) tenemos:

$$Y = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}^2} X^2 \text{ ----- (2)}$$

de la figura tenemos $\cos \alpha = \frac{L_c}{X} \therefore$

$$\bar{X} = \frac{L_c}{\cos \alpha}; \text{ por lo tanto } \bar{X}^2 = \frac{L_c^2}{\cos^2 \alpha}$$

Sustituyendo este valor en la ecuación (2) tenemos:

$$Y = \frac{\bar{Y}}{\frac{L_c^2}{\cos^2 \alpha}} X^2 = \frac{\bar{Y} \cos^2 \alpha}{L_c^2} X^2 \text{ ----- (3)}$$

Para un punto cualquiera $n(X_n, Y_n)$ tendremos:

$$Y_n = \frac{\bar{Y} \cos^2 \alpha}{L_c^2} X_n^2 \text{ ----- (4)}$$

De la figura tenemos $\cos \alpha = \frac{X_{n1}}{X_n} \therefore$

$$X_n = \frac{X_{n1}}{\cos \alpha}; \text{ por lo tanto } X_n^2 = \frac{X_{n1}^2}{\cos^2 \alpha}$$

sustituyendo este valor en la ecuación (4) tenemos:

$$Y_n = \frac{\bar{Y} \cos^2 \alpha}{L_c^2} \frac{X_{n1}^2}{\cos^2 \alpha} \therefore Y_n = \frac{\bar{Y}}{L_c^2} X_{n1}^2 \text{ ----- (5)}$$

En las expresiones anteriores:

Y = Distancia máxima vertical u ordenada máxima desde la sub-rasante izquierda prolongada (eje X) hasta el P T V de la curva.

X_n = Abcisa de un punto cualquiera " n " sobre el eje X,

L_c = Longitud de la curva en proyección horizontal.

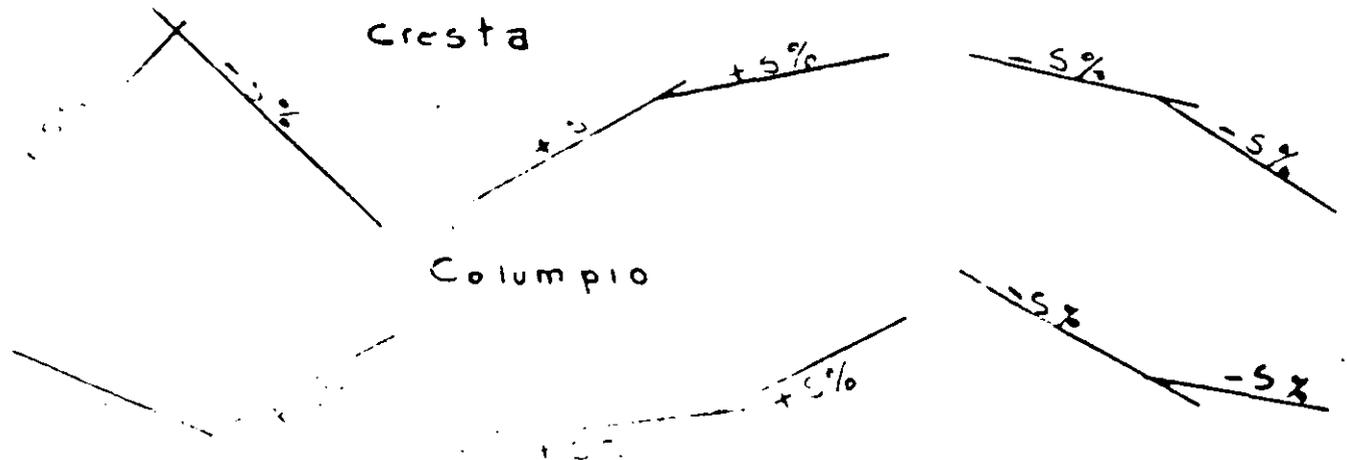
En las curvas verticales aplicadas a los caminos, debe guardar una relación muy estrecha su longitud, con los demás elementos que intervienen en el proyecto, por lo tanto para cada velocidad de proyecto dada habrá una longitud de curva, determinada por las pendientes de las tangentes que ligue y fundamentalmente por la distancia de visibilidad de parada.

La experiencia ha demostrado que, para el proyecto geométrico de caminos, la influencia del valor de "p" (pendiente longitudinal, término que aparece en la expresión para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada) es tan pequeña, que el despreciarla no implica ningún error, por lo tanto, puede tomarse o no en cuenta dicho valor.

Cuando ya se ha determinado la distancia de visibilidad de parada, se procede a calcular la longitud mínima necesaria para la curva vertical.

En caminos se presenta la necesidad de ligar tangentes verticales, cuyo PIV se localiza en la parte superior, o bien tangentes verticales cuyo PIV se localiza en la parte inferior, así como también tangentes verticales cuyas pendientes sean del mismo signo o bien de signo contrario.

Atendiendo a la ubicación del PIV, se tienen dos tipos de curvas verticales: - Curvas verticales en "Cresta" (PIV arriba) y curvas verticales "Columpio" (PIV abajo). Atendiendo a las combinaciones de los signos de las pendientes, se presentan tres casos en cada uno de los tipos anteriores:



Teniendo por lo tanto, en total, seis casos de curvas verticales, tres en cresta y tres en columpio.

Para las curvas verticales en cresta, la expresión para calcular la longitud mínima de las mismas es:

$$L = \frac{A D_p^2}{200 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

en esta expresión:

L = Longitud mínima de la curva vertical, en metros.

D_p = Distancia de visibilidad de parada, en metros.

A = Diferencia algebraica de pendientes, en %

h₁ = Altura del ojo del conductor sobre la superficie de rodamiento, en metros.

h₂ = Altura del objeto sobre la superficie de rodamiento, en metros.

El valor de h₁, en la realidad, es sumamente variable, pero entre más alto esté el ojo del conductor, mayor alcance tendrá dentro del camino, por lo tanto y para fines de mayor seguridad, el valor que adopta es el de los vehículos más pequeños y se ha establecido que dicho valor sea de 1.15 metros.

Para el valor de h₂, se ha establecido considerarlo de 0.12m, por lo tanto, sustituyendo h₁ y h₂ por sus valores respectivos y simplificando la expresión, finalmente queda:

$$L = \frac{A D_p^2}{400} = 0.0025 A D_p^2$$

Para el caso de las curvas verticales en columpio, la condición que rige el cálculo de la longitud mínima de las mismas, está supeditada a la distancia que el haz luminoso del vehículo alcance en la noche, la cual en ningún caso deberá considerarse menor que la distancia de visibilidad de parada.

Su cálculo también está en función de la velocidad de proyecto y de la diferencia algebraica de pendientes de las tangentes verticales por ligarse.

Las expresiones para calcular la longitud mínima de curva, en el caso de columpios, son dos: Cuando $D_p < L$ ó bien cuando $D_p > L$

Para el primer caso:

$$L = \frac{A D_p^2}{120 + 3.5 D_p}$$

Y para el segundo caso:

$$L = 2 D_p - \frac{120 + 3.5 D_p}{A}$$

En ambas expresiones:

L = Longitud mínima de la curva vertical, en metros.

A = Diferencia algebraica de pendientes, en %

D_p = Distancia de visibilidad de parada, en metros.

Ya determinadas las expresiones para el cálculo de todos los elementos de las curvas verticales, su aplicación será de acuerdo con las características particulares en cada caso.

Con el objeto de entender mejor lo dicho anteriormente, procederemos al cálculo de un ejemplo.

Sea calcular la curva vertical para ligar dos tangentes de un camino, con las siguientes características:

- Cadenamiento del PIV = K 7 + 486.53 ✓
- Elevación del PIV = 834.28 ✓
- Velocidad de proyecto = 70 Kms. p.h. ✓
- Tiempo de reacción = 2.5 seg. ✓
- Pend. de la Tang. ent. = + 5% ✓
- Pend. de la Tang. salida = - 4% ✓
- Coefficiente de fricción. = 0.35 ✓

n: nº de Estaciones.

1.- Cálculo de la distancia de visibilidad de parada.

$$D_p = 0.278 VT + \frac{V^2}{254 (f + p)} = 0.278 \times 70 \times 2.5 + \frac{4900}{254 (0.35 + 0.05)}$$

$$D_p = 48.65 + 48.23 = 96.88 \text{ m.}$$

2.- Cálculo del valor de A (DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES).

$$A = 5 - (-4) = 9$$

3.- Cálculo del valor de la longitud mínima de curva.

$$L = 0.0025 A D_p^2 = 0.0025 \times 9 \times 96.88 \times 96.88 = 211.18 \text{ m.}$$

4.- Cálculo de n

$$n = \frac{L}{20} = \frac{211.18}{20} = 10.559 \text{ estaciones}$$

Cuando se ha calculado ya el valor de n, si da un número fraccionario de estaciones, es facultad del proyectista, si el caso lo permite, aumentar la longitud a un número cerrado, ya que mejorará su proyecto y además facilitará su cálculo.

Para nuestro caso podemos tomar 11 estaciones, quedando por lo tanto

$$L = 220 \text{ metros.}$$

5.- Cálculo del valor de K.

El cálculo del valor de K, está en función de los valores de las pendientes de las tangentes por ligarse y del número de estaciones de la curva, la expresión para su cálculo es:

$$K = \frac{\text{diferencia algebraica de pendientes}}{10 n} = \frac{9}{10 \times 11} = 0.081818$$

6.- Cálculo de los kilometrajes del PCV y del PTV.

Como la curva debe quedar simétricamente distribuida con respecto a la vertical que pasa por el PIV, tenemos:

$$Km \text{ PCV} = Km \text{ PIV} - \frac{L}{2}$$

$$Km \text{ PCV} = 7 + 486.53 - 110 = 7 + 376.53$$

$$Km \text{ PTV} = Km \text{ PIV} + \frac{L}{2} \text{ ó bien } Km \text{ PCV} + L$$

Teniendo por lo tanto, en total, seis casos de curvas verticales, tres en cresta y tres en columpio.

Para las curvas verticales en cresta, la expresión para calcular la longitud mínima de las mismas es:

$$L = \frac{A D_p^2}{200 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

en esta expresión:

L= Longitud mínima de la curva vertical, en metros.

D_p= Distancia de visibilidad de parada, en metros.

A= Diferencia algebraica de pendientes, en %

h₁= Altura del ojo del conductor sobre la superficie de rodamiento, en metros.

h₂= Altura del objeto sobre la superficie de rodamiento, en metros.

El valor de h₁, en la realidad, es sumamente variable, pero entre más alto esté el ojo del conductor, mayor alcance tendrá dentro del camino, por lo tanto y para fines de mayor seguridad, el valor que adopta es el de los vehículos más pequeños y se ha establecido que dicho valor sea de 1.15 metros.

Para el valor de h₂, se ha establecido considerarlo de 0.12m, por lo tanto, sustituyendo h₁ y h₂ por sus valores respectivos y simplificando la expresión, finalmente queda:

$$L = \frac{A D_p^2}{400} = 0.0025 A D_p^2$$

Para el caso de las curvas verticales en columpio, la condición que rige el cálculo de la longitud mínima de las mismas, está supeditada a la distancia que el haz luminoso del vehículo alcance en la noche, la cual en ningún caso deberá considerarse menor que la distancia de visibilidad de parada.

Su cálculo también está en función de la velocidad de proyecto y de la diferencia algebraica de pendientes de las tangentes verticales por ligarse.

Las expresiones para calcular la longitud mínima de curva, en el caso de columpios, son dos: Cuando $D_p < L$ ó bien cuando $D_p > L$

Para el primer caso:

$$L = \frac{A D_p^2}{120 + 3.5 D_p}$$

Y para el segundo caso:

$$L = 2 D_p - \frac{120 + 3.5 D_p}{A}$$

En ambas expresiones:

L = Longitud mínima de la curva vertical, en metros.

A = Diferencia algebraica de pendientes, en %

D_p = Distancia de visibilidad de parada, en metros.

Ya determinadas las expresiones para el cálculo de todos los elementos de las curvas verticales, su aplicación será de acuerdo con las características particulares en cada caso.

Con el objeto de entender mejor lo dicho anteriormente, procederemos al cálculo de un ejemplo.

Sea calcular la curva vertical para ligar dos tangentes de un camino, con las siguientes características:

Cadenamiento del PIV = K 7 + 486.53 /

Elevación del PIV = 834.28 /

Velocidad de proyecto = 70 Kms. p.h. /

Tiempo de reacción = 2.5 seg. /

Pend. de la Tang. ent. = +.5% /

Pend. de la Tang. salida = - 4% /

Coefficiente de fricción. = 0.35 /

n = No. de Estaciones.

1.- Cálculo de la distancia de visibilidad de parada.

$$D_p = 0.278 VT + \frac{v^2}{254 (f + p)} = 0.278 \times 70 \times 2.5 + \frac{4900}{254 (0.35 + 0.05)}$$

$$D_p = 48.65 + 48.23 = 96.88 \text{ m.}$$

2.- Cálculo del valor de A (DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES).

$$A = 5 - (-4) = 9$$

3.- Cálculo del valor de la longitud mínima de curva.

$$L = 0.0025 A D_p^2 = 0.0025 \times 9 \times 96.88 \times 96.88 = 211.18 \text{ m.}$$

4.- Cálculo de n

$$n = \frac{L}{20} = \frac{211.18}{20} = 10.559 \text{ estaciones}$$

Cuando se ha calculado ya el valor de n, si da un número fraccionario de estaciones, es facultad del proyectista, si el caso lo permite, aumentar la longitud a un número cerrado, ya que mejorará su proyecto y además facilitará su cálculo.

Para nuestro caso podemos tomar 11 estaciones, quedando por lo tanto L = 220 metros.

5.- Cálculo del valor de K

El cálculo del valor de K, está en función de los valores de las pendientes de las tangentes por ligarse y del número de estaciones de la curva, la expresión para su cálculo es:

$$K = \frac{\text{diferencia algebraica de pendientes}}{10 n} = \frac{9}{10 \times 11} = 0.081818$$

6.- Cálculo de los kilometrajes del PCV y del PTV.

Como la curva debe quedar simétricamente distribuida con respecto a la vertical que pasa por el PIV, tenemos:

$$Km \text{ PCV} = Km \text{ PIV} - \frac{L}{2}$$

$$Km \text{ PCV} = 7 + 486.53 - 110 = 7 + 376.53$$

$$Km \text{ PTV} = Km \text{ PIV} + \frac{L}{2} \text{ ó bien } Km \text{ PCV} + L$$

Km. P. C. V. + h. C. ✓

✓ Km PTV = 7 + 486.53 + 110 = 7 + 596.53

✓ Km PTV = 7 + 376.53 + 220 = 7 + 596.53

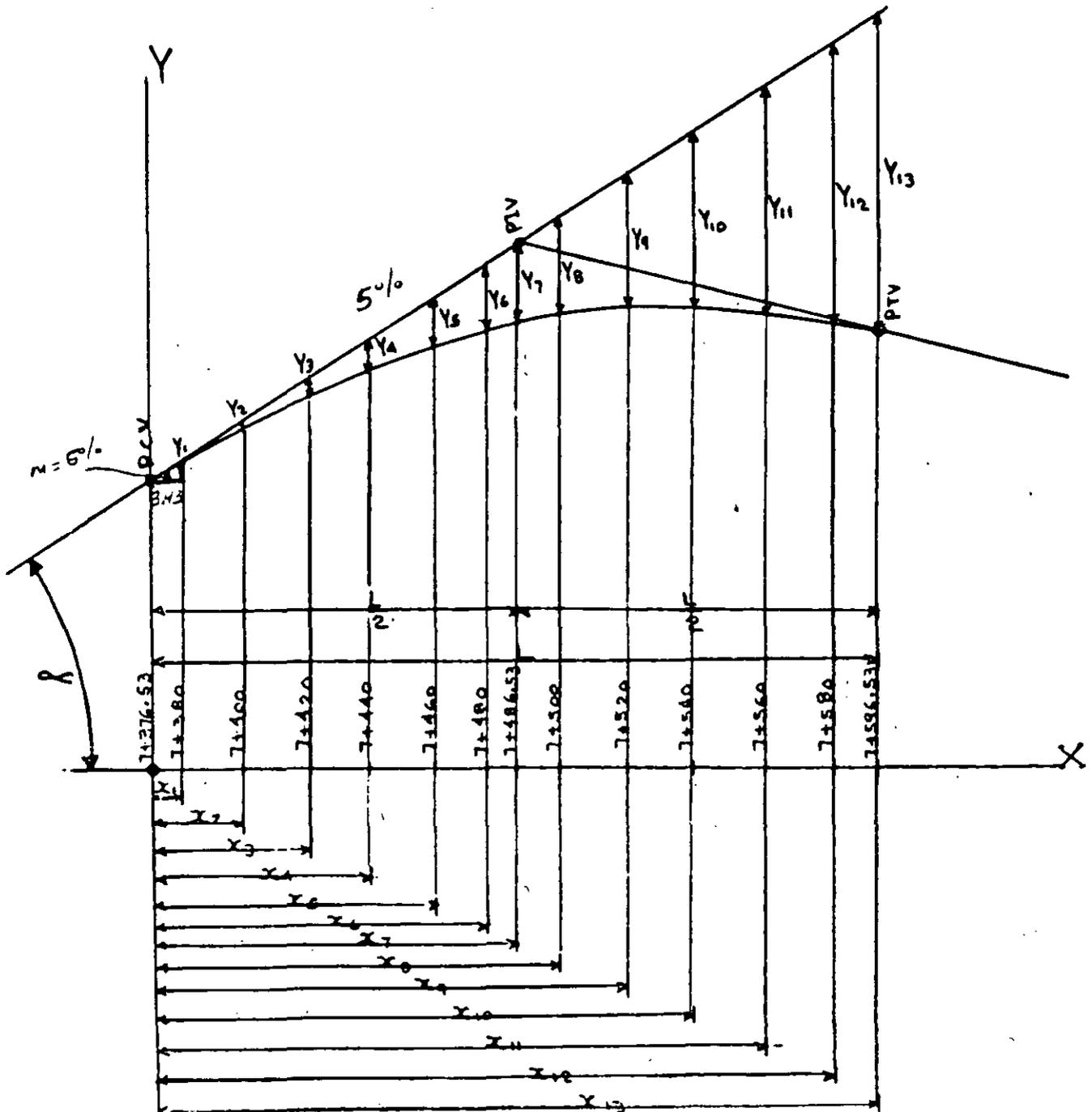
7.- Cálculo de las cotas del PCV y del PTV ✓✓

Cota del PCV = cota PIV - ($\frac{L}{2}$ por la pendiente de entrada) ✓

Cota del PCV = 834.28 - (110 x 0.05) = 834.28 - 5.50 = 828.78 ✓

Cota del PTV = cota PIV - ($\frac{L}{2}$ por la pendiente de salida) ✓

Cota del PTV = 834.28 - (110 x 0.04) = 834.28 - 4.40 = 829.88 ✓



8.- Determinación de los puntos necesarios para la construcción de la curva y sus cadenamientos.

Ya hemos determinado el cadenamiento de PCV, entonces los demás puntos - serán aquellos que sean estaciones cerradas, así para nuestro caso tenemos:

PCV KM 7 + 376.53

380.00

400.00

420.00

440.00

460.00

480.00

PIV 7 + 486.53

500.00

520.00

540.00

560.00

580.00

PTV 7 + 596.53

en total 14 puntos.

Se hace la aclaración que el número de puntos puede ser cualquiera según las necesidades que se tengan en cada caso y la afinación que se desee que tenga la curva.

9.- Cálculo de las cotas de cada uno de los puntos sobre la tangente de entrada prolongada.

Conociendo la cota del PCV y la pendiente de la tangente, así como la distancia a que se encuentre del origen cada uno de los puntos ó bien la dis

tancia entre cada uno de ellos, su cota puede ser calculada.

PCV 7 + 376.53	Elev.	828.78	
380.00		828.95	
400.00		829.95	
420.00		830.95	
440.00		831.95	
460.00		832.95	
480.00		833.95	
PIV 7 + 486.53		834.28	* OK (dato)
500.00		834.95	
520.00		835.95	
540.00		836.95	
560.00		837.95	
580.00		838.95	
PTV 7 + 596.53		839.78	

10.- Cálculo de los valores de X.

El cálculo de los valores de x, se hace tomando como unidad de longitud la estación, por lo tanto el valor correspondiente es la distancia que hay del origen al punto considerado, expresado en número de estaciones.

$$PCV = X_0 = 0.0$$

$$X_1 = 0.1735$$

$$X_2 = 1.1735$$

$$X_3 = 2.1735$$

$$X_4 = 3.1735$$

$$X_5 = 4.1735$$

$$X_6 = 5.1735$$

PIV = X ₇	=	5.50
X ₈	=	6.1735
X ₉	=	7.1735
X ₁₀	=	8.1735
X ₁₁	=	9.1735
X ₁₂	=	10.1735
PTV = X ₁₃	=	11.000

11.- Cálculo de los valores de Y.

Una vez conocidos todos los elementos necesarios, se procede a aplicar la ecuación de la parábola en cada uno de los puntos, con el fin de determinar el valor de la ordenada, medida a partir de la tangente de entrada prolongada.

$$Y = K X^2$$

PCV = Y ₀	=	K X ₀ ²	=	0.081818	x	0.0	=	0
Y ₁	=	K X ₁ ²	=		x	0.03	=	0.00
Y ₂	=	K X ₂ ²	=		x	1.3771	=	0.11
Y ₃	=	K X ₃ ²	=		x	4.7241	=	0.39
Y ₄	=	K X ₄ ²	=		x	10.0711	=	0.82
Y ₅	=	K X ₅ ²	=		x	17.4181	=	1.43
Y ₆	=	K X ₆ ²	=		x	26.7651	=	2.19
P.IV = Y ₇	=	K X ₇ ²	=		x	30.25	=	2.47
Y ₈	=	K X ₈ ²	=		x	38.1121	=	3.12
Y ₉	=	K X ₉ ²	=		x	51.4591	=	4.21
Y ₁₀	=	K X ₁₀ ²	=		x	66.8061	=	5.47
Y ₁₁	=	K X ₁₁ ²	=		x	84.1531	=	6.89
Y ₁₂	=	K X ₁₂ ²	=		x	103.5001	=	8.47
PTV = Y ₁₃	=	K X ₁₃ ²	=		x	121.00	=	9.90

12.- Cálculo de las cotas de los puntos sobre la curva.

Una vez conocidas las cotas de cada uno de los puntos sobre la tangente de entrada prolongada (9) y conocidos también los valores de "Y", solamente nos queda restar el valor de la "Y" correspondiente a cada punto, del valor de la cota del mismo.

Cadenamiento	Cota Tangente Vertical	Y	Cota Sub-rasante
PCV 7 + 376.53	828.78	0.0	828.78
380.00	828.95	0.0	828.95
400.00	829.95	0.11	829.84
420.00	830.95	0.39	830.56
440.00	831.95	0.82	831.13
460.00	832.95	1.43	831.52
480.00	833.95	2.19	831.76
PIV 7 + 486.53	834.28	2.47	831.81
500.00	834.95	3.12	831.83
520.00	835.95	4.21	831.74
540.00	836.95	5.47	831.48
560.00	837.95	6.89	831.06
580.00	838.95	8.46	830.48
PTV 7 + 596.53	839.78	9.90	829.88 * OK

El último valor debe coincidir con el calculado en (7), en este caso está correcto.

Con el fin de simplificar el cálculo de la sub-rasante, se tienen hojas formuladas exprofeso para ello, en las que también resulta más sencillo el cálculo de las curvas verticales.

El ejemplo anterior se incluye en la hoja de que se habla.

CAMINO _____
 TRAMO _____
 SURTEAMO _____
 KM. _____ A KM. _____
 ORIGEN _____ HACIA _____

CALCULO DE RASANTE Y CURVA MASA

SECCION DE _____
 BRIGADA DE ESTUDIOS HIM. _____
 HOJA NUM. _____

① ESTACION	② ELEVACION TERRENO	③ TANGENTE VERTICAL		④ CURVA VERTICAL CORRECCION			⑤ ELEVACION RASANTE	⑥ ESPESORES		⑦ AREAS		⑧ SEM. DISTAN CIA	⑨ VOLUMEN		⑩ COEFICIENTE		⑪ VOLUMENES APROXIMADOS	
		PEN DIENTE	COTAS	x	x^2	Kx^2		CORTE	TERRA PLEN	CORTE	TERRA PLEN		CORTE	TERRA PLEN	CORTE	TERRA PLEN	CORTE	TERRA PLEN
7+200							819.95											
220							820.95											
240							821.95											
260							822.95											
280							823.95											
300							824.95											
320							825.95											
340							826.95											
360							827.95											
PCV 7+37.53							828.78											
380							828.95	0.1735	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400							829.95	1.1735	1.3771	0.11	0.29	0.84						
420							830.95	2.1735	4.7241	0.39	0.56	1.13						
440							831.95	3.1735	10.0711	0.82	1.13	1.52						
460							832.95	4.1735	17.4181	1.43	1.52	2.19						
480							833.95	5.1735	26.7651	2.19	1.76	3.06						
PV 7+486.53							834.28	5.50	30.25	2.47	1.81	3.68						
500							834.95	6.1735	38.1121	3.12	2.03	4.81						
520							835.95	7.1735	51.4591	4.21	2.24	6.34						
540							836.95	8.1735	66.8061	5.47	2.45	8.17						
560							837.95	9.1735	84.1531	6.89	2.66	10.30						
580							838.95	10.1735	103.50	8.47	2.87	12.73						
PV 7+596.53							839.78	11.00	121.00	9.90	3.08	15.44						
600							839.74											
620							838.94											
640							838.14											
660							837.34											
680							836.54											
700							835.74											
720							834.94											
740							834.14											
760							833.34											
780							832.54											
800							831.74											

156

SECCION DE
BRIGADA DE ESTUDIOS NIIM
HOJA NUM. _____

CALCULO DE RASANTE Y CURVA MASA

A KM. _____
HACIA _____

TANGENTE VERTICAL		CURVA VERTICAL			ELEVACION		ESPEORES		AREAS		A ₁ A ₂		SEM-DISTAN CIA	VOLUMEN		COEFICIENTE		VOLUMENES APILADOS		SUMA ALGEBRAICA VOLUMENES ABTOS.		ORDENADAS CURVA MASA
PEN DIENTE	CO T A S	CORRECCION			SAB	RASANTE	CORTE	TERRA- PLEN	CORTE	TERRA- PLEN	CORTE	TERRA- PLEN		CORTE	TERRA- PLEN	CORTE	TERRA- PLEN	CORTE	TERRA- PLEN	+	(-)	
						819.95																
						820.95																
						821.95																
						822.95																
						823.95																
						824.95																
						825.95																
						826.95																
						827.95																
						828.78																
						828.95																
						829.95																
						830.95																
						831.95																
						832.95																
						833.95																
						834.28																
						834.95																
						835.95																
						836.95																
						837.95																
						838.95																
						839.78																
						829.74																
						828.94																
						828.14																
						827.34																
						826.54																
						825.74																
						824.94																
						824.14																
						823.34																
						822.54																
						821.74																

+ 5%

↑

- 4%

$K = 0.001818$
 $x \quad x^2 \quad Kx^2$

1564

La hoja anterior, como se ve, consta de varias columnas, vamos a explicar cada una de ellas.

1ª.- En esta columna, se anotan todas las estaciones donde se han tomado las secciones. En general, son todas aquellas estaciones de 20 metros; todos los PC y PT, los puntos de paso, los TE, EC, CE y ET; los PCV y PTV; los puntos que nos marquen cúspides y fondos en el perfil y en general todos aquellos que a juicio del Ingeniero sean importantes.

2ª.- Esta columna dice; elevaciones del terreno, este dato se obtiene del perfil o bien de la nivelación del campo.

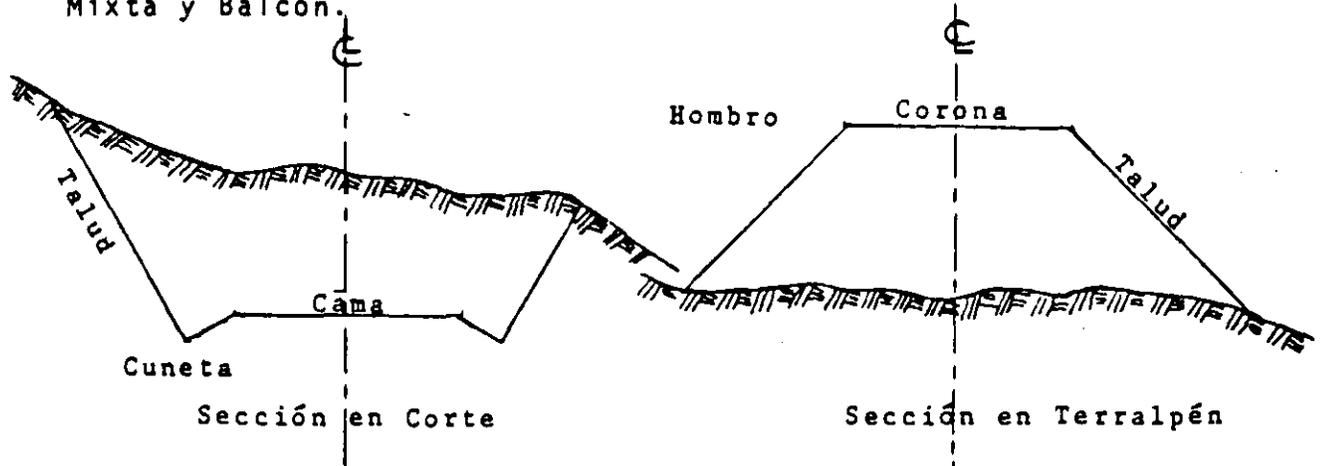
3ª.- La tercera columna se divide en dos, en la primera de ellas se indica la pendiente de las tangentes verticales y en la segunda se indican las cotas de cada uno de los puntos sobre la tangente vertical, cuando hay necesidad de una curva vertical.

4ª.- Es una columna que se usa para hacer el cálculo de las curvas verticales.

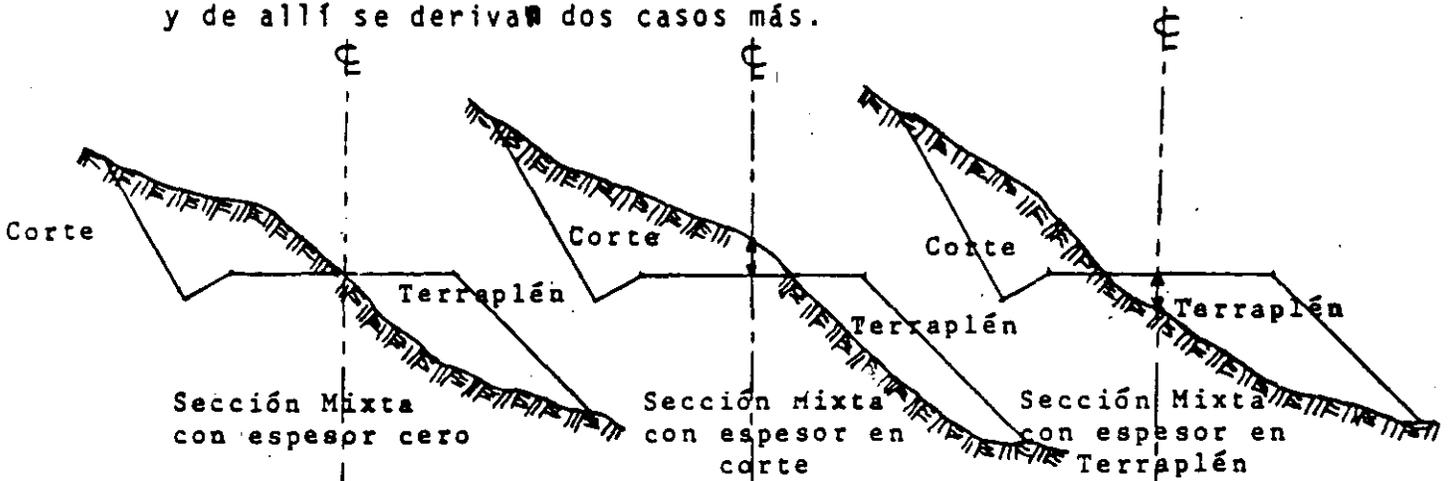
5ª.- "Elevación sub-rasante" ; en esta columna se anotan las cotas de todos y cada uno de los puntos sobre la sub-rasante, es decir, es la elevación que les corresponde de acuerdo con el perfil proyectado. Como se han proyectado ya las tangentes verticales con sus pendientes y como se han calculado también las curvas verticales, se puede saber la cota en cada punto de la sub-rasante.

6ª.- En esta columna, cuyo título es "Espesores", se anotarán los datos de corte o terraplén en cada caso, por lo tanto está dividida en dos, una para los datos de corte y otra para los datos de terraplén. Estos datos no son otra cosa que la diferencia entre la elevación del terreno y la de la sub-rasante, que pueden ser positivas o negativas; cuando el terreno es más alto que la sub-rasante, se baja haciendo un corte y cuando es más bajo que la sub-rasante, se sube terraplenando.

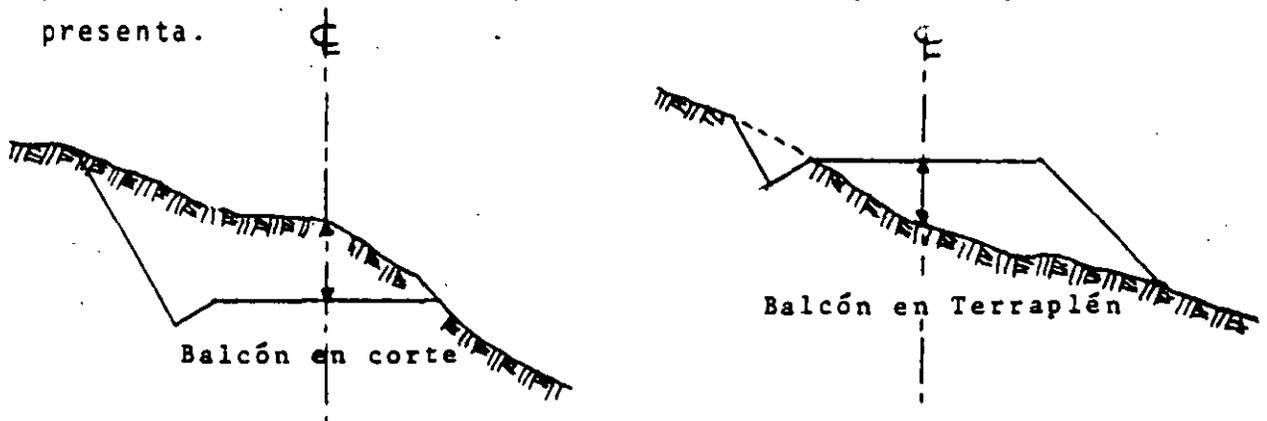
Observando la columna número 6 " espesores ", podemos ver que el valor de los mismos es muy variable y que en algunas ocasiones puede suceder que dicho valor sea nulo, por otra parte influye también la pendiente transversal del terreno, por lo que se presentan cuatro casos generales de secciones: Corte, Terraplén, Sección Mixta y Balcón.



En el caso de las secciones mixtas, se presentan varios casos según se combinen el espesor y la pendiente transversal del terreno, el caso clásico es cuando el espesor tiene un valor "cero" y de allí se derivan dos casos más.



En el caso del balcón, éste puede ser en corte o en terraplén. lo más común es el primer caso, el segundo muy raras veces se presenta.



7a.- Una vez conocidos los espesores, ya sean éstos de corte o de terraplén y teniendo previamente dibujada la sección transversal respectiva, se proyectan las secciones con sus ampliaciones, cunetas, pendientes transversales y taludes correspondientes, con el fin de poder obtener el área de todas y cada una de ellas, las que se anotan en la columna respectiva, de las dos en que está dividida.

8a.- Esta columna también se encuentra dividida en dos, una para corte y otra para terraplén; el encabezado de la misma es "Suma de Areas".

9a.- En esta columna se anota la semidistancia comprendida entre dos secciones consecutivas.

10a.- Esta columna al igual que las otras anteriores, se encuentra dividida en dos; en ella se anotarán los volúmenes correspondientes, ya sean éstos de corte o de terraplén. Dichos volúmenes no son más que el producto de la suma de áreas por la semidistancia respectiva en cada caso.

11a.- La mecánica de suelos nos ha demostrado que un material en su estado natural, posee un coeficiente de variación volumétrica, con respecto al volumen óptimo determinado en el laboratorio, por lo tanto, en el campo, un metro cúbico de material excavado nos puede proporcionar un volumen mayor, igual o menor cuando se coloca para formar un terraplén. En esta columna se anotarán los valores de esos coeficientes, determinados previamente en el laboratorio, los cuales son variables dependiendo de los cambios geológicos que presente el terreno.

12a.- En esta columna se anotan los volúmenes afectados por el coeficiente de variabilidad, mencionado anteriormente, es decir, el producto de la columna 10 por la 11.

13a.- Esta columna es para anotar la suma algebraica de los volúme -

nes ya afectados por el coeficiente de variabilidad, dando el signo (+) a los volúmenes de corte y el signo (-) a los volúmenes de terraplén.

14a.- En esta columna se anotan las ordenadas respectivas, correspondientes a todos y cada uno de los cadenamientos registrados en la columna 1, partiendo de un valor supuesto con el fin de evitar tener cantidades negativas.

Cuando ya se tienen los datos de las ordenadas sobre el plano del perfil, se procederá al dibujo de la curva-masa, eligiendo previamente una -- equivalencia entre una distancia vertical unitaria y el número de metros cúbicos que ésta representará.

CURVA DE MASAS

Vamos a definir la curva masa o diagrama de las masas de la siguiente manera:

La curva masa es un diagrama cuyas abscisas son las mismas distancias horizontales del perfil y cuyas ordenadas representan volúmenes acumulados, afectados por un coeficiente de variación volumétrica, dando el signo (+) a los volúmenes de corte y el signo (-) a los volúmenes de terraplén.

Dada la forma de como se construye, la curva masa tiene las siguientes propiedades.

1ª.- Cuando se va en excavación (corte), la curva masa sube.

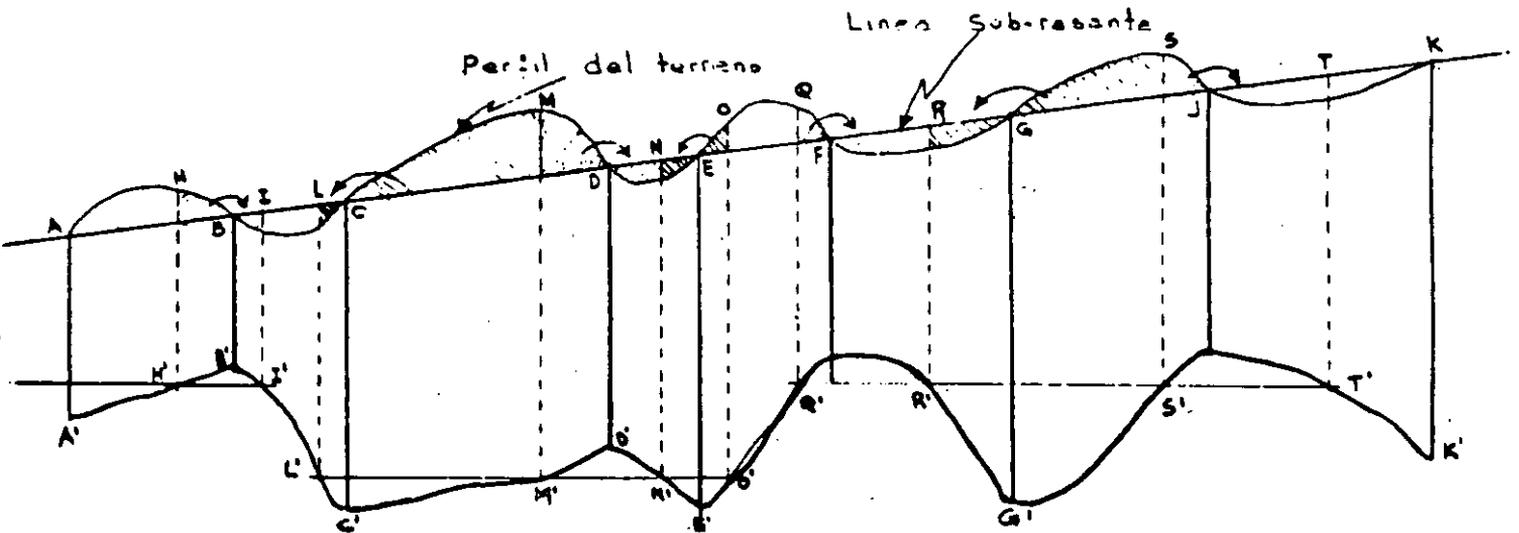
2a.- Cuando se va en terraplén (relleno), la curva masa baja.

3a.- Cuando se pasa de corte a terraplén, la curva masa presenta un máximo.

4a.- Cuando se pasa de terraplén a corte, la curva masa presenta un mínimo.

5a.- Si se traza una línea horizontal cualquiera, los puntos donde-

corte a la curva masa, indican hasta donde se compensan los volúmenes de corte y terraplén.



Vamos a considerar los puntos H' e I', el volumen excavado, representado por el área ashurada, es exactamente el necesario para rellenar la zona que sigue, hasta donde la ordenada I, la limita.

La línea horizontal que indica la distribución, recibe el nombre de línea distribuidora, porque dice una de las posibles maneras de distribuir el material, o bien, línea compensadora, porque indica hasta donde se compensan los volúmenes de corte y terraplén. En el ejemplo, esta línea indica que el material excavado entre H y B, alcanza precisamente para llegar a I.

6a.- Cuando la curva masa queda arriba de una línea distribuidora, el material excavado, se mueve de izquierda a derecha.

7a.- Cuando la curva masa queda abajo de una línea distribuidora, el

material excavado, se mueve de derecha a izquierda.

Las dos propiedades anteriores, la figura las demuestra con suficiente claridad. Entre L' y M', la curva queda abajo y el material se moverá de derecha a izquierda; en el caso de Q' y R', la curva queda arriba y el material se moverá de izquierda a derecha.

Supongamos ahora que, por determinadas razones, se haga necesario el empleo de una nueva línea distribuidora, en el ejemplo, de l' en adelante; esto origina que un tramo quede sin compensación debiendo terraplenarse tomando material de otro sitio. Lo anterior recibe el nombre de préstamo, pudiendo ser éste lateral o bien de banco, de aquí nace una nueva propiedad:

8a.- Cuando una nueva línea distribuidora queda más abajo de la anterior, el espacio comprendido entre los dos extremos correspondientes de ambas líneas, señala los límites de un préstamo.

Ahora bien, cuando la nueva línea distribuidora queda arriba de la anterior, está indicando que hay un sobrante de material excavado, por no tener donde colocarlo, lo que recibe el nombre de desperdicio. En la figura el material excavado entre E y F se moverá hasta N y R, sobrando material excavado que no hay donde usarlo; hay un desperdicio entre O y Q. De aquí nace también una propiedad de la curva masa.

9a.- Cuando una nueva línea distribuidora queda arriba de la anterior, el espacio comprendido entre los espacios correspondientes de ambas líneas, señala los límites de un desperdicio.

Cuando se trata de hacer un terraplén tomando el material de los cortes adyacentes, se busca naturalmente la distancia mínima de transporte y para ello se sube o baja una línea horizontal por medio de una regla transparente que se desliza sobre la curva masa hasta que las porciones interceptadas sean prácticamente iguales.

Esto significará que el transporte en distancia horizontal será mínimo, puesto que el transporte medio se mide por la distancia que existe entre los centros de gravedad de las áreas comprendidas a uno y a otro lado de la línea horizontal que se estudia.

Considerando un tramo cualquiera, comprendido entre una distribuidora y la curva de las masas, se puede establecer otra propiedad.

10a.- El área comprendida entre la curva masa y una distribuidora, representa el acarreo total del material entre los puntos de cruce.

Es decir, que el área $N' D' M'$ representa el acarreo total del material entre el punto M y el punto N.

Si se considera la figura descompuesta en una cantidad de tiritas horizontales infinitamente pequeñas, evidentemente el área total es la suma de todas esas áreas elementales; cada tirita es rectangular y su área es dA (diferencial de área) como el área de un rectángulo es base por altura tenemos $dA = Ldv$ o sea distancia por diferencial de volumen. (el dv podría ser lm^3 y la tirita representará con su área el acarreo de lm^3 a la distancia L).

La suma de las áreas elementales, es el área total; por lo tanto $A = LV$; por que se puede considerar el material, como concentrado todo en el centro de gravedad y entonces se llama L a la distancia entre los centros de gravedad y V a la diferencia de ordenadas.

Se acaba de decir que las áreas comprendidas entre la curva masa y una distribuidora representan acarreos entonces se puede enunciar la siguiente propiedad:

11a.- El acarreo más económico, es el que corresponde a la posición de la línea compensadora, que hace mínima la suma de las áreas comprendidas entre la curva de las masas y dicha distribuidora.

Se ha dicho que las áreas comprendidas entre la curva masa y una distribuidora, dan acarreos, pues bien, desde el punto de vista del acarreo, es -

$E'F' = d$ = distancia de acarreo libre

$L'M' = D$ = distancia total de acarreo

Una vez feñinida la distancia de acarreo libre, se acomoda horizon -
talmente en los máximos y mínimos de la curva masa, como queda indicada en la
figura.

Por lo que se refiere al acarreo, no se le va a pagar al contratista,
cuando mueva el material desde E hasta F, porque todo queda dentro de la distan -
cia de acarreo libre.

El material comprendido entre G y E si va a significar un pago por su
acarreo y se puede aplicar la hipótesis enunciada anteriormente y en vez de con -
siderar el material colocado en cada uno de sus puntos, se puede considerar con -
centrado en los centros de gravedad del corte y del terraplén.

Se traza una horizontal a la mitad de la distancia $I' J'$ y se prolonga
hasta que toque la curva masa. $I' K' = K' J'$.

Se levantan las referencias de los puntos así encontrados y la distan -
cia horizontal entre estas verticales, es la distancia entre los centros de gra -
vedad de los volúmenes de corte y terraplén .

La distancia "D" es el acarreo total que tendrá el material, como
acarreo libre no se paga, entonces la distancia de sobre acarreo será la di -
ferencia entre estas dos distancias.

Distancia de sobreacarreo = Distancia total de acarreo, menos
distancia de acarreo libre. Por lo tanto el costo de sobreacarreo será: costo
de sobreacarreo = $C V (D - d)$

C = Costo unitario.

V = Volumen movido.

$D-d$ = Distancia de sobreacarreo.

Vamos a ver ahora, como se encuentra el límite económic

El Ingeniero residente puede ordenar muchas formas de mover el material, pero es evidente que tiene que haber un límite, más allá del cual ya no es económico mover dicho material.

Antes es necesario aclarar que existen tres tipos de sobreacarreos, que son:

m^3 - estación o sea el transporte en $1m^3$ a la distancia de una estación.

m^3 - hectómetro o sea el transporte de $1m^3$ a la distancia de un hectómetro.

m^3 - Km. o sea el transporte de $1m^3$ a la distancia de 1km.

Como en cada uno de los casos anteriores el procedimiento a seguir es diferente, se estudian diferentes precios unitarios para cada caso.

El primer tipo de sobreacarreo se paga a partir del acarreo libre y hasta una distancia igual al acarreo libre más 5 estaciones, porque a partir de esa distancia las demás son mayores de 1 hectómetro, por lo tanto el pago se hará por m^3 - hectómetro hasta una distancia de: el acarreo libre, más cinco estaciones, más diez hectómetros y a partir de esta distancia se aplicará el pago de m^3 - Km hasta cualquier distancia.

Viendo un caso concreto, los demás ya no presentan dificultad.

Datos:

Costo por excavación en material "B" = $6.50 m^3$

Límite de acarreo libre = 2 estaciones

Costo de sobreacarreo por m^3 - estación. = 0.50

Costo de sobreacarreo por m^3 - hectómetro. = 0.35

Costo de sobreacarreo por m^3 - Km = 0.25

El dato de acarreo libre, así como los datos de costo, se fijan prebase en análisis hechos al respecto; por lo tanto ya no quedan -

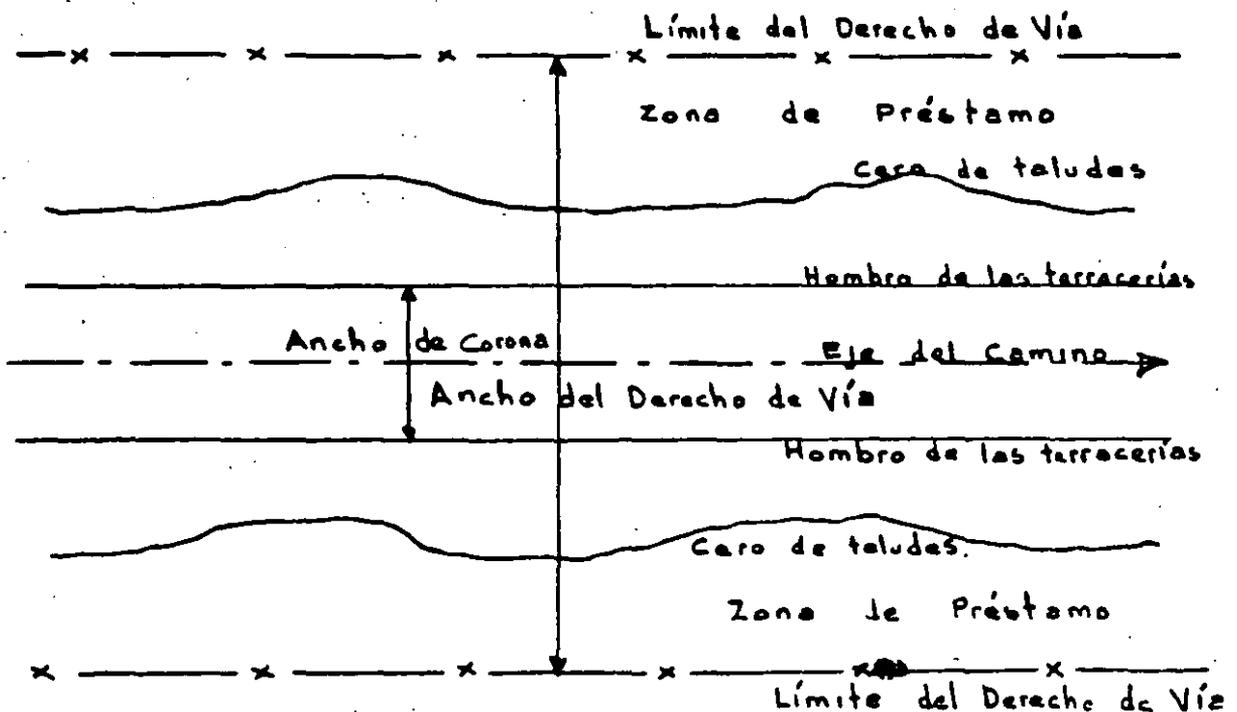
sujetos a discusión. En nuestro ejemplo se han fijado en forma arbitraria por tratarse de un caso hipotético.

El análisis se hace de la siguiente manera:

2 est. acarreo libre	0.00	40.00 m
5 est. x 0.50 m ³ /est.	2.50	100.00 m
10 Hec. x 0.35 m ³ /hec.	3.50	1000.00 m
2 Km. x 0.25 m ³ /Km.	0.50	2000.00 m
	<u>\$ 6.50</u>	<u>3140.00 m</u>

De lo anterior vemos que con ese costo de excavación se pueden hacer acarreo hasta una distancia de 3140 m., después de la cual ya es más económico el préstamo lateral.

Se da el nombre de préstamo lateral al hecho de tomar material del terreno adyacente al que aloja el camino, por lo tanto en este caso solo se pagará la excavación ya que la distancia de acarreo siempre queda dentro del límite del acarreo libre. La figura siguiente ilustra lo anterior.



TRAZO DEFINITIVO Y REFERENCIAS DEL MISMO.

Una vez terminados los trabajos en el gabinete, los datos son entregados a la residencia de construcción para que proceda al trazo definitivo en el campo. Así pues, lo primero que la residencia de construcción realiza, es el trazo del eje definitivo del camino.

Dependiendo del tipo de planos que se hayan empleado para el proyecto, será el procedimiento a seguir.

Así, por ejemplo, cuando se han empleado planos obtenidos por el método tradicional, el trabajo se simplifica mucho, porque estos planos al llevar implícita la "Línea a Pelo de Tierra", las tangentes de apoyo casi siempre son las mismas que las tangentes del eje definitivo, o bien, las correcciones hechas son pequeñas por lo que la variación resulta también mínima. Por otro lado -- cuando fué hecho el trazo preliminar, o sea la poligonal de apoyo, se dejaron trompos, estacas y referencias de los P I, por lo tanto, si no ha transcurrido mucho tiempo, es posible encontrarlos sin mucha dificultad y así poder reconstruir los tramos de la línea que sean necesarios.

Cuando se trata de un proyecto realizado en planos de restitución fotogramétrica, para hacer el trazo del mismo en el campo, es necesario ubicar puntos clave a partir de los cuales se pueda hacer dicho trazo.

En primer lugar vamos a recordar que cuando el proyecto ya ha sido terminado, se le da a la computadora todos los datos necesarios, con el fin de que elabore la hoja correspondiente con los datos para el replanteo de la línea.

Datos para el estacamiento del trazo definitivo. - Es el listado por medio del cual, se está en condiciones de trazar el eje definitivo del camino proyectado.

Este listado consta de dos grupos de columnas identificadas claramente por sus encabezados.

El grupo de columnas de la izquierda, contiene los datos de la poligonal de apoyo, que se encuentra señalada en el terreno mediante mojoneras.

DATOS PARA EL ESTACAMIENTO DEL TRAZO DEFINITIVO

TRAMO 116
MLJA 53

DATOS DE LA POLIGONAL DE APUYO				DATOS DEL TRAZO DEFINITIVO				REPLANTEO DE LAS CURVAS		COORDENADAS RECTANGULARES			
EST	PV	AZIMUT G MI	LONG M	ELEV M	ESTACION	DISTANCIAS ARIAL M	ANGULO MIRAL M	ANGULO POLAR G MI	DISTAN M	DEFLX G MI	CURVA M	ANGCISA	COORDENADA
					68+240.00	349.16	46.34	6 39	401.86			65665.74	196554.46
						-8.80	-46.34	-100 43	47.37				
43	66	136 SE	402.42	403.40								65705.82	196579.70
					68+260.00	10.56	55.69	70 16	56.69			65670.82	196535.10
						341.66	-55.69	-8 5	349.87				
					68+280.00	26.47	64.59	66 13	70.59			65675.40	196515.76
						373.95	-64.59	-9 48	379.49				
					68+300.00	44.18	73.49	57 44	86.90			65680.99	196496.41
						356.04	-73.49	-11 40	363.54				
					68+320.00	64.30	82.39	52 2	104.51			65686.07	196477.07
						338.13	-82.39	-13 42	348.02				
					68+340.00	82.21	91.28	47 60	122.65			65691.15	196457.73
						326.21	-91.28	-15 55	332.77				
					68+360.00	100.12	100.18	45 1	161.63			65696.24	196438.39
						302.30	-100.18	-18 20	318.47				
					68+380.00	118.03	109.08	42 45	160.72			65701.32	196419.06
						284.34	-109.08	-20 59	304.59				
	TE				68+392.55	129.27	114.66	41 34	172.79			65706.51	196400.91
						273.15	-114.66	-22 46	276.24				
					68+400.00	135.95	117.96	40 57	179.59	0 -9	7.45	65706.42	196359.70
						266.47	-117.96	-23 53	241.61				
					68+420.00	154.26	125.98	39 14	149.17	-2	3 19.99	65712.42	196380.66
						248.16	-125.98	-26 55	278.31				
	EC				68+435.55	167.16	130.30	37 36	213.55	-5	1 19.53	65718.99	196366.56
						233.24	-130.30	-29 11	267.17				
					68+440.00	173.57	131.07	37 4	217.50	-1	33 4.45	65721.29	196362.75
						221.35	-131.07	-29 48	261.73				
					68+460.00	193.91	131.51	34 12	233.77	-8	33 19.99	65734.09	196347.46
						203.91	-131.51	-32 11	246.65				
					68+480.00	212.47	127.10	30 50	248.02	-15	33 19.99	65750.20	196335.68
						189.45	-127.10	-33 51	223.14				
	CE				68+494.05	229.72	121.75	28 15	206.33	-20	29 14.83	65763.00	196329.93
						176.70	-121.75	-34 27	214.50				
					68+505.00	236.79	118.13	27 6	259.27	-1	30 5.95	65768.69	196326.17
						171.63	-118.13	-34 32	209.56				
					68+520.00	246.45	104.72	23 13	208.16	-7	15 19.98	65783.33	196324.56
						159.43	-104.72	-34 8	168.43				
	ET				68+537.05	258.75	93.69	19 57	275.24	-10	2 17.05	65805.34	196323.06
						143.67	-93.69	-33 10	171.63				
					68+540.00	260.85	91.82	19 24	276.54			65808.28	196322.84
						141.57	-91.82	-32 58	168.74				
					68+560.00	275.08	77.77	15 47	285.84			65824.27	196321.37
						127.24	-77.77	-31 25	149.21				
					68+580.00	289.31	63.71	12 25	298.24			65848.17	196319.69
						113.11	-63.71	-29 23	129.52				
					68+600.00	303.54	49.66	9 17	307.58			65868.11	196318.42
						98.83	-49.66	-26 40	110.65				
					68+620.00	317.77	35.61	6 24	319.76			65888.06	196316.95

Y X α β X Y

El grupo de columnas de la derecha, contiene los datos necesarios para el estacamiento del trazo definitivo, relacionados a los vértices de la poligonal de apoyo.

Los datos de la poligonal de apoyo se consignan en forma semejante a un registro de poligonal por conservación de azimutes.

Las primeras cinco columnas se refieren a los datos de la poligonal de apoyo y son:

- 1) Número de vértice o estación donde se centró el aparato.
- 2) Número del vértice visado.
- 3) Azimut de la recta que une dichos vértices, en grados y minutos.
- 4) Longitud de esa recta en metros, aproximación al centímetro.
- 5) Elevación del vértice estación.

Los datos de las coordenadas rectangulares de cada vértice estación, se localizan en las dos últimas columnas de la hoja de datos.

Los datos del estacamiento del eje, se definen para todas las estaciones de 20 m., y para aquellos puntos que limitan cambios de geometría en el alineamiento horizontal (TE, EC, CE, ET, PC, PT)

Se determina la ubicación del \oplus refiriéndolo a los dos vértices cuyos datos de poligonal se encuentran a la izquierda del grupo de secciones.

Las referencias al apoyo que están contenidas en dos renglones para cada estación, son las siguientes:

- 1) Kilometraje de la estación por situar.
- 2) Las siguientes cuatro columnas, están encabezadas por el título "Referencias al apoyo" y contienen los datos precisos para situar el \oplus de cada estación a partir de la poligonal de apoyo.

Para situar el punto que marca el \oplus de cada sección, se hace por coordenadas, pudiendo ser éstas cartesianas o polares.

Por coordenadas cartesianas. - Sobre la recta que une los dos vértices de -

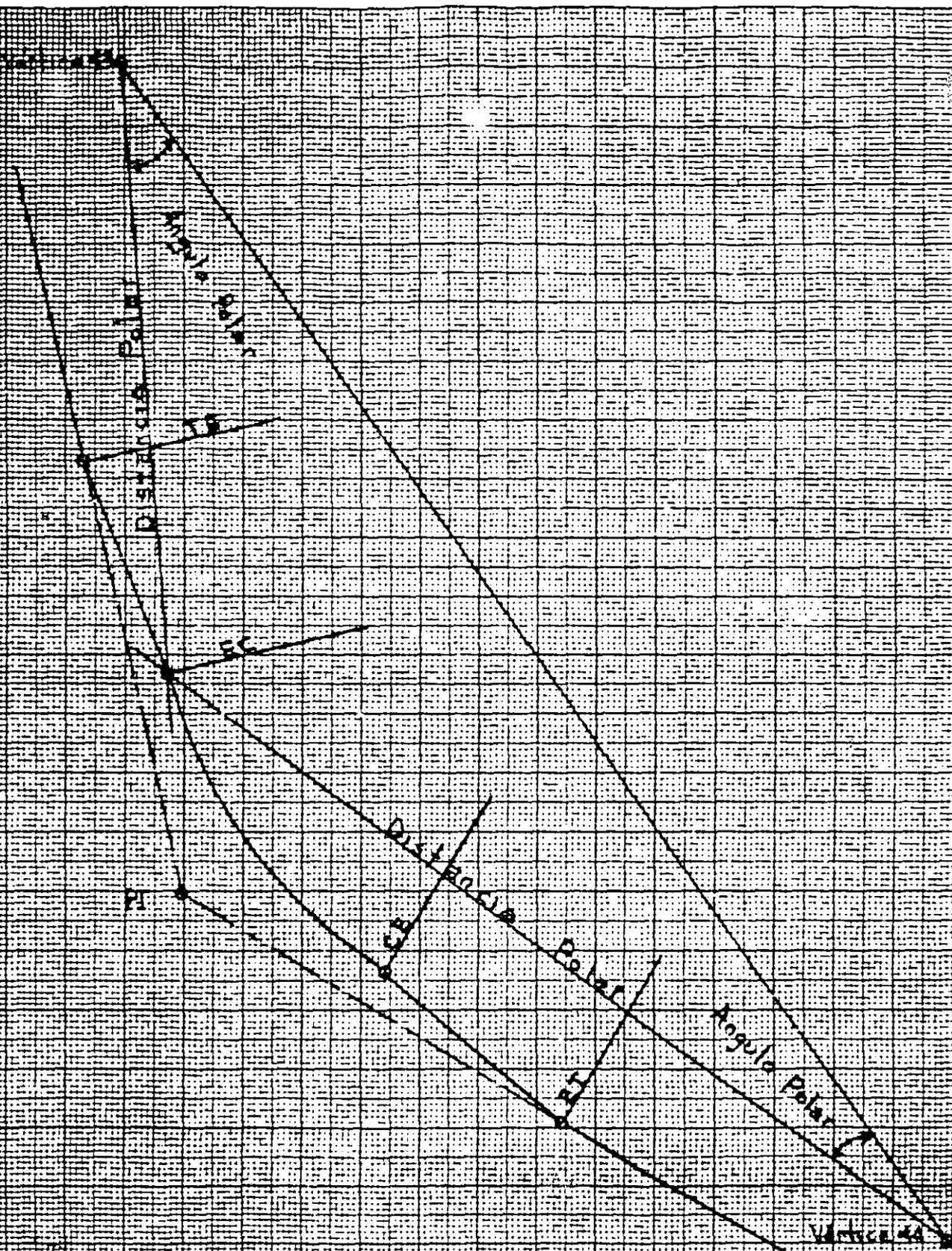
la poligonal de apoyo, se mide una distancia a partir del vértice estación, hasta un punto sobre el cual se pueda levantar una perpendicular que toque el punto que se desea ubicar, se mide la distancia que hay de la primer línea hasta dicho punto y así queda localizado. La primer distancia es la axial y la segunda la normal.

Cuando se emplee este método deberá respetarse la convención de la geometría en cuanto a signos y sentidos.

Para el primer renglón de datos, el eje de las ordenadas es la recta que une los dos vértices de la poligonal de apoyo, su sentido es: del vértice estación al vértice visado; el origen de coordenadas está en el vértice estación, por lo tanto todas las ordenadas serán positivas (Y) (distancias axiales) y las abscisas (X) (medidas normales) podrán ser positivas o negativas según queden a la derecha o izquierda del eje axial.

En el segundo renglón se consignan otras distancias axial y normal para la misma estación, pero ahora el eje de ordenadas tiene sentido del vértice visado al vértice estación y el origen de coordenadas se encuentra en el vértice visado; en vista de que el sistema de coordenadas de los datos del primer renglón se encuentra girado 180° con respecto a los datos del segundo renglón, las abscisas que en el primer renglón son positivas en el segundo son negativas y viceversa y las ordenadas son suplementarias de la distancia entre vértices.

De hecho se tienen dos maneras para localizar el punto deseado, por coordenadas cartesianas: una a partir del vértice estación y otra a partir del vértice visado.



Por Coordenadas Polares

Referencias. - Una vez que ha sido trazado el eje definitivo del camino, es necesario referenciar todos aquellos puntos que marcan cambios en la geometría del mismo, con el fin de poder reconstruirlos en cualquier momento, ya que los trabajos de construcción necesariamente destruirán los trompos y estacas del mismo.

Estas referencias deberán ser colocadas fuera de la zona que será afectada por los trabajos de construcción y de tal manera que sea fácil la ubicación del punto basándose en ellas, además se deben colocar en serie formando líneas rectas y para cada punto serán como mínimo dos series.

Ya sea que la sección quede en corte o terraplén, es conveniente colocar en la estaca, además de la distancia que hay al punto referido, el desnivel de la subrasante con respecto a la cota del punto de referencia.

Para entender mejor lo dicho en los párrafos anteriores se anexan las siguientes figuras.

