



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TOPOGRAFIA DEL PROYECTO DE LA CARRETERA
MOCHIS-TOPOLOBAMPO, SIN.

T E S I S

Que para obtener el título de
INGENIERO TOPOGrafo Y GEODESTA
p r e s e n t a

J. FRANCISCO ESPITIA PEREZ



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

P R O L O G O

I.	INTRODUCCION.....	7
II.	PROYECTO PRELIMINAR.....	14
	1. RECONOCIMIENTO.....	14
	2. TRAZO PRELIMINAR.....	21
	3. LEVANTAMIENTO DE SECCIONES TRANSVERSALES..	30
	4. LEVANTAMIENTO DE DETALLES.....	36
	5. ORIENTACION.....	37
	6. CALCULO DE COORDENADAS.....	46
	7. DIBUJO DE LA PLANTA Y DEL PERFIL.....	47
III.	PROYECTO DEFINITIVO.....	50
	1. TRAZO DEFINITIVO.....	50
	2. SECCIONES DE CONSTRUCCION.....	56
	3. OBRAS DE DRENAJE Y DIAGNOSTICO.....	62
	4. REFERENCIAS.....	68
	5. DIBUJO DEL TRAZO DEFINITIVO.....	70
	6. HOJAS DE REGISTRO.....	73
	7. COORDENADAS DEFINITIVAS.....	85
IV.	CONCLUSIONES.....	89

PROLOGO

En vista de que la inversión en cualquiera de los sectores económicos del país representa sacrificio de parte del consumo actual en aras de una esperanza de mayor desarrollo en el futuro, y dado que en México, el desarrollo y producción aún no alcanza niveles satisfactorios, se hace necesario hacer un cuidadoso análisis de las inversiones en la infraestructura, la cual deberá cubrir tanto el monto de inversión como sus efectos.

Para proporcionar la base del desarrollo económico, se requiere llevar a cabo grandes inversiones en los sectores básicos o de infraestructura, puesto que el uso óptimo de los recursos para lograr los objetivos implica, entre otras cosas la modificación del medio físico. Tales son, por ejemplo, las inversiones en obras para la generación de energía, obras de irrigación para aumentar la productividad en el campo, los complejos industriales básicos y primordialmente, dado que los productos agrícolas e industriales requieren de trasladarse de una región, el mejoramiento y creación de obras para el transporte eficiente de bienes y personas. Estas obras pueden quedar resumidas en dos; vías ferreas y carreteras.

Se hace referencia en este caso a la segunda, por

los problemas que existen en nuestro país de carreteras anárquicas o sea, carreteras que ya no tienen la capacidad ni la funcionalidad para los volúmenes de tránsito existentes, se hace un estudio topográfico para alojar un nuevo cuerpo asfáltico paralelo al ya existente, con la finalidad de dar mayor fluidez a cada vez mayor número de vehículos.

CAPITULO I

INTRODUCCION

En la tercera década del presente siglo, México tuvo que afrontar, la urgente necesidad de controlar la infraestructura para impulsar su desarrollo económico y su evolución social.

Las inversiones se realizaron mediante el análisis individual de cada proyecto, sin establecer una relación con la economía en general. Los resultados fueron satisfactorios, porque la magnitud de los problemas requería solución inmediata y no se hacía necesario establecer una prelación en las inversiones: era urgente lograr la comunicación entre las ciudades más importantes del país; era indispensable dotar de servicios a las grandes ciudades, rehabilitar los ferrocarriles y los puertos, proporcionar energía a la incipiente industria.

Las administraciones actuales, han sentido la preocupación por mejorar los procedimientos que permitan definir con precisión, cuáles son las inversiones en obras que resulten más benéficas para los intereses de la colectividad.

Actualmente, existe en México una política de desarrollo basada en varios factores, tales como la estabilidad

monetaria la reforma fiscal, la estimación periódica de los posibles recursos de inversión y la necesidad de crear empleo para más de medio millón de mexicanos cada año.

Con base a estos lineamientos, la S.C.T. tuvo la necesidad de contar con un marco de referencia en el que quedan inscritas dichas actividades, razón por la cual preparó un plan sectorial a mediano plazo, para definir metas por alcanzar en la expansión y mejoramiento de la red de carreteras, vías ferreas y aeropuertos, del cual se han derivado los proyectos de programas de inversiones y en el que se fundarán futuras proporciones.

Un plan así formulado, considera la interacción entre todos los sectores que participan en el esfuerzo común y toma en cuenta además, que las metas por lograr deben fijarse en razón de las rápidas transformaciones de la estructura social y económica, que caracterizan a la etapa de desarrollo actual y que por lo mismo, obligan a establecer plazos que hagan buenas estas previsiones.

Al señalar los objetivos y los medios necesarios para lograrlos, se debe tener presente las posibilidades y restricciones en materia económica y de recursos, dado que no es razonable suponer una disposición libre de fondos para el encauzamiento a un sector dado, y que por lo mismo, se

ha considerado que el crecimiento anual en la economía, implica un ritmo superior, en cierto grado, el desarrollo en las inversiones en vías terrestres.

Los principales lineamientos de política general en materia de carreteras, que se toman en cuenta para la formulación de proposiciones son los siguientes:

1. Conservar en buen estado la red existente, para asegurar el servicio eficaz y eficiente.
2. Terminar al ritmo adecuado, las obras iniciadas, buscando la oportuna obtención de los beneficios previstos.
3. Construir nuevas carreteras que sirvan a núcleos de población actualmente incomunicados y propiciar la incorporación de zonas capaces de aumentar la producción del país.
4. Construir obras que mejoren el sistema carretero en zonas ya comunicadas, cuando la demanda así lo requiera. Tal es el caso de ampliaciones, acortamientos, libramientos y autopistas.

El crecimiento de una red de carreteras y el uso cada vez más intenso a que se encuentran sujetas, obligan a otorgar una particular atención a su conservación dentro

de los programas de inversiones; algunos tramos de la red deben ser reconstruidos dado que fueron realizados con las limitaciones y experiencias propias de la época en que se construyeron; otros tramos requieren una verdadera modernización entendida esta como una modificación radical de las características geométricas y físicas.

Se hace necesario analizar por otro lado, los enlaces carreteros necesarios para desarrollar las actividades generadas entre los diversos centros de concentración en el país, con objeto de determinar cuáles resultan más deseables desde los puntos de vista político, social y administrativo por una parte y económico por la otra, para su posterior evaluación.

Es también conveniente que se establezcan relaciones político-administrativas de la capital federal con los puertos marítimos y fronterizos, de las capitales de los estados entre sí y entre los puertos, condición que se logra cumplir al establecer un cierto número de proposiciones que se suman a las ya mencionadas. Todo esto puede presentarse gráficamente resultando la red integrada por las carreteras existentes y por las proposiciones obtenidas en cada una de las estructuras anteriores.

En cuanto al aspecto económico, el análisis del fun-

cionamiento de una red se lleva a cabo mediante la determinación de los enlaces carreteros necesarios entre los polos de concentración de la producción y los centros consumidores, según las siguientes actividades.

- a) Agrícolas
- b) Ganaderas y pesqueras
- c) Industriales
- d) Comerciales, educacionales y turísticas

El primer paso consiste en fijar los polos de concentración de los diferentes productos seleccionados, usos potenciales del suelo del territorio nacional, centros representativos de mayor consumo. Dado que la diferencia entre el volumen de producción y el consumo de cada uno de los artículos, define una corriente en el sentido de que el consumo es mayor que la producción.

El esquema de enlaces resultante permite determinar las proposiciones de carreteras deseables en relación con las actividades económicas, que a la vez satisfagan las necesidades de transporte carretero a nivel nacional como es el caso del tema que se va a tratar a continuación, el cuál comprende el estudio topográfico del proyecto de la ampliación de la carretera Mochis-Topolobampo, Sin. Por ser esta zona de vital importancia para el desarrollo económico del país

y principalmente de la región, dado que es un polo en constante crecimiento urbano, gran productor agrícola, pesquero, turístico y portuario por ser el punto más cercano con la península de Baja California Sur y últimamente la incipiente industrialización de la zona al pretender hacer de ésta una industria moderna y rentable que ayude a la cada vez más crítica situación del país.

Haciendo referencia a las inversiones en carreteras, los efectos son diferentes según el medio económico en que se aplican. Es decir que las consecuencias serán muy distintas si la inversión se realiza en una zona con cierto grado de desarrollo, o en otra en la que apenas se inicie un proceso de incorporación a la economía del mercado; lo que obviamente da origen a las siguientes categorías.

a) Carreteras de función social (fuerte concentración de población).

b) Carreteras de penetración económica (incorporación al proceso de desarrollo general de zonas productivas).

c) Carreteras para zonas en pleno desarrollo (aquellas ubicadas en zonas en las que ya existen las vías necesarias para prestar el servicio de transporte y las cuales se desean mejorar o substituir, dada su incapacidad vehicular).

Así pues se presentan a continuación los pasos más comunes empleados en la construcción de un cuerpo nuevo.

CAPITULO II.
PROYECTO PRELIMINAR

I. RECONOCIMIENTO

Una vez realizados los estudios socioeconómicos, que justifican la construcción de nuevos caminos y las mejoras de los existentes, es necesario programar los estudios de viabilidad, que permitan establecer la conveniencia y las prioridades para elaborar los nuevos proyectos y las obras correspondientes. Con este fin, es necesario realizar una serie de trabajos preliminares que básicamente comprenden el estudio comparativo de todas las rutas posibles y convenientes, para seleccionar en cada caso, la que ofrezca las mayores ventajas económicas y sociales.

Se entiende por ruta, la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados, dentro de la cuál es factible hacer la localización de un camino.

La selección de ruta es un proceso que involucra varias actividades, desde el acopio de datos, examen y análisis de los mismos, hasta los levantamientos aéreos y terrestres necesarios para determinar a éste nivel los costos y ventajas de las diferentes rutas para elegir la más conveniente. Siendo

esta una de las fases más importantes en el estudio de una carretera.

La topografía, la geología, el drenaje y el uso de la tierra, tienen un efecto determinante en la localización y en la elección del tipo de carretera. Se debe contar con cartas geográficas y geológicas, sobre las cuales se puedan ubicar esquemáticamente las diferentes rutas. Para la zona de influencia de la obra en proyecto, se recopilará información sobre las existentes, así como la que se puede obtener sobre las planeadas a corto y largo plazo, ya sea de la propia S.C.T. o de otras dependencias oficiales y privadas.

Una vez representadas las posibles rutas en los mapas geográficos, se inicia propiamente el trabajo de campo con reconocimiento del terreno, los cuales pueden ser; como ya se menciono antes, aéreos, terrestres o la combinación de ambos. El reconocimiento aéreo es el que ofrece mayor ventaja sobre los demás, por la oportunidad de observar el terreno desde la altura que más convenga.

El reconocimiento terrestre se lleva a cabo después de haber estudiado en las cartas geográficas las diferentes rutas y estimar las cantidades de obra de cada una de ellas, eligiendo la más conveniente, pues este procedimiento es poco práctico, ya que no es posible analizar en el terreno todas

las alternativas posibles. En este reconocimiento se definen los puntos obligados de paso que haya en el trayecto entre los puntos inicial y terminal y de buscar o elegir los puntos secundarios de cierta importancia por donde convenga llevar la línea, tal como pasos de ríos, barrancas, puertos orográficos, poblados, fábricas, etc. teniendo siempre presente el rendimiento que pueda obtenerse, la pendiente límite tolerable y el costo de la obra.

Un buen mapa de la región puede servir para efectuar este reconocimiento, el cual se debe completar en el mismo terreno, siguiendo el trayecto que se hubiere juzgado más conveniente como resultado del estudio del mapa.

Para efectuar el reconocimiento es bien importante contar con un guía que conozca la región, para tener la seguridad de que el reconocimiento se haga sobre los mismos lugares que previamente se han fijado en la carta. Durante este reconocimiento se deberán dejar señales sobre la ruta para que posteriormente puedan ser seguidas por el trazo de la preliminar. De esto se concluye, que la elección de la ruta entre varias posibles es un problema de cuya solución depende el futuro de la carretera.

Dentro de las especificaciones indispensables para el reconocimiento, las más importantes son la pendiente y

curvatura máximas.

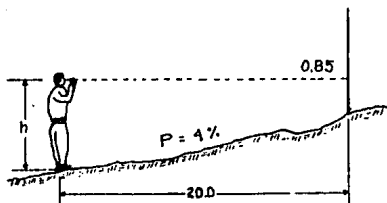
El equipo necesario para efectuar el reconocimiento son; brújula de reflexión, un clisímetro o nivel de mano, un anerode, cinta metálica y estadal. La brújula sirve para dar las direcciones de algunas líneas importantes como son ejes de caminos, ríos, arroyos y en general el rumbo de la línea que se va a estudiar. El anerode sirve para verificar las cuotas de los puertos orográficos, fondos de cañadas y puntos más notables del terreno. Por medio del clisímetro se va buscando la línea cuya pendiente se acerque más a la que se hubiere adoptado como pendiente gobernadora; al mismo tiempo se van tomando datos respecto a la producción y recursos naturales de los lugares de paso, propiedades que se toquen y cantidad aproximada de excavación o terraplen.

Basandose en estos datos, el estudio topográfico de la vía se hace por tramos entre puntos obligados consecutivos, siguiendo una secuela establecida de antemano.

El trabajo sobre el terreno consiste en ir marcando la línea a seguir en la dirección requerida, por los lugares más adecuados cuando el terreno es plano; si para seguir por la misma ruta se encuentran cuestas cuya pendiente es mayor que la admisible, se hace necesario desarrollar dicha línea para llegar al punto obligado siguiente con una pendiente

menor a igual a la máxima admisible. Este último caso sucede por lo general en lugares de topografía agreste, siguiendo entonces el método de obtención explicado a continuación.

Se utiliza nivel de mano, cinta y estadal, se determina la altura visual del observador la cual permanecerá constante a todo lo largo del recorrido; se calcula lo que debe leerse en el estadal para que, a la longitud de la cinta, este suba o baje la altura deseada según la pendiente que se busca, por ejemplo en la figura siguiente tenemos que:



h : Altura visual = 1.65 m.

l : Longitud de la cinta
= 20 m.

p : Pendiente = 4%

La lectura en el estadal se obtiene al restarle a la altura visual del observador, la altura correspondiente a la longitud de la cinta de la pendiente especificada, es decir:

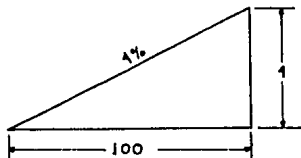
$$le = h - p(l)$$

$$le = 1.65 \text{ m.} - 0.04(20\text{m.})$$

$$le = 1.65 - 0.8 = 0.85 \text{ m.}$$

en la que le dice: Lectura en el estadal

La pendiente es el número de unidades (metros) que sube o baja una línea por cada 100 unidades horizontales, expresándose en por ciento; así para la siguiente figura con una pendiente del cuatro por ciento bajará o subirá cuatro metros.



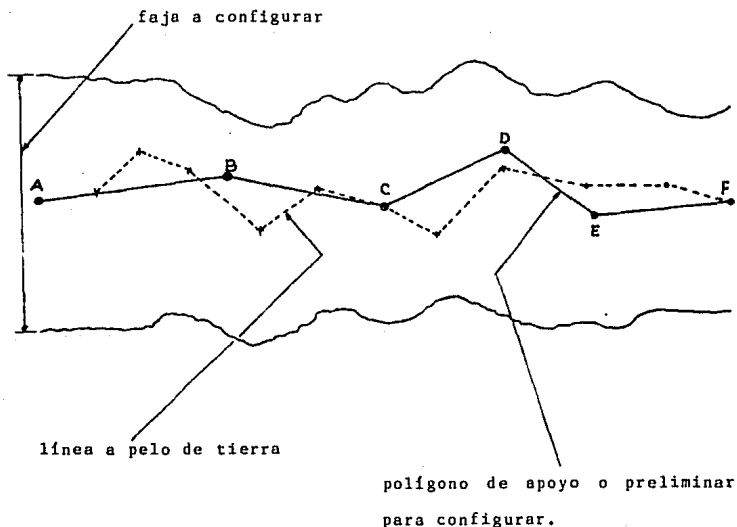
Cuando el terreno es muy accidentado, donde no es posible utilizar la longitud total de la cinta, se hace con distancias horizontales cualesquiera según se pueda y se calculan las lecturas correspondientes en el estadal.

El clisfímetro que es un aparato semejante al nivel de mano pero con el nivel movable, para poder marcar en un círculo vertical el ángulo o la pendiente necesaria, de tal forma que al llevar la burbuja del nivel al centro, automáticamente queda la pendiente establecida al visar al estadal; no es necesario medir distancias y siempre se lea la altura visual.

Una vez localizados una serie de puntos por éste o por cualquier procedimiento, si se unen éstos puntos originan una línea quebrada que nos marcaría el camino general que debe seguirse, llamada comunmente "línea a pelo de tierra",

pero como no es posible trazar una vía de comunicación siguiendo ésta línea, se debe configurar una faja de terreno que tenga como eje la línea así trazada y estudiar después sobre el dibujo el trazo definitivo más conveniente de acuerdo a las necesidades y especificaciones del problema siguiendo lo más pegado posible a la línea encontrada.

En la figura siguiente se trata de representar, la faja por configurar, la línea a pelo de tierra, el polígono de apoyo o preliminar para la configuración; en una palabra la ruta elegida.



2. TRAZO PRELIMINAR

Se requiere establecer el trazo del eje del camino, por lo que se hace necesario completar y definir los datos recogidos previamente en la selección de ruta. Esto requiere de un levantamiento topográfico, ya sea utilizando los métodos convencionales terrestres o fotogramétricos; dicho levantamiento se traducirá en un plano con curvas de nivel de la faja en estudio, un plano del perfil longitudinal del terreno en el eje de la poligonal que sirvió de base para el levantamiento y además de los datos necesarios para dibujar las secciones transversales a éste eje. Sobre de éstos planos se efectuará el anteproyecto del eje de la vía hasta situar en ellos una línea que se considere cumpla con los requisitos establecidos para la carretera.

En terreno plano o lomerío suave se llega al caso de no necesitar o recurrir a levantamientos preliminares, por lo que el trazo definitivo se efectúa directamente en campo.

El método que se emplea generalmente en vías ferreas y en carreteras, es levantar una poligonal abierta que se acerque lo más posible a la línea a pelo de tierra. Esta poligonal se traza por el método de deflexiones conservando una pendiente menor que la gobernadora, colocando un trompo

y una estaca a cada 20 metros, los trompos indicarán el eje de la línea y las estacas el cadenamamiento. Cuando existe algún detalle intermedio de alguna importancia, también se clavará una estaca midiendo su distancia y anotándola sobre la misma; esta numeración se va corriendo aún en las curvas, dado que estas unen dos tangentes consecutivas. Si las tangentes libres son muy grandes entre P.I. y P.I., se deben establecer puntos sobre tangentes (P.S.T.) en las partes altas o necesarias para efectuar los cambios de aparato; estos P.S.T. se pondrán promediando los puntos dados por el teodolito en posición directa e inversa; (generalmente se efectúa doble vuelta de campana) la diferencia de estos dos puntos, será promediada y así se eliminará el posible error de colimación del aparato.

Al ir efectuando el trazo preliminar sobre el terreno, se sitúa el aparato en el punto de partida escogido de antemano en el reconocimiento, se visará al punto de adelante, ya sea P.S.T. o P.I., se tomará el rumbo magnético de este primer lado; sobre de este alineamiento se deben colocar trompos y estacas a cada 20 m. y en los lugares necesarios como centros de obras, arroyos, puentes, ríos, caminos, veredas y puntos prominentes del terreno. Se traslada el aparato al punto de adelante, colocando el índice del vernier en coincidencia con el cero de la graduación; se fija el movimiento de la aliada, se dirige la visual al punto de atrás, se fija

el movimiento del limbo; se hace girar el anteojo alrededor del eje de alturas para que la línea de colimación quede en la prolongación de la línea y por último, con el movimiento de la aliada se dirige la visual al punto de adelante.

La lectura se designa con el nombre de deflexión derecha o izquierda, es decir, en la graduación que va en sentido retrogrado o en la que va en sentido directo y se designan por las letras D e I respectivamente. Si se quiere más precisión en el levantamiento; se gira el aparato azimutaneamente con la misma posición del telescopio y sin borrar la lectura del ángulo se vuelve a visar el punto de atrás, se da vuelta de campana al telescopio y nuevamente se visa el punto de adelante. Siendo la lectura del limbo horizontal el doble de la anterior y la posición del telescopio en posición directa. Esta operación se debe efectuar en cada vertice de la poligonal o en cada punto de inflexión, la medición de los lados generalmente se ejecuta una sola vez con cuidado y usando cinta de acero.

Para comprobar la poligonal y para poder dibujar la línea levantada, se debe orientar astronómicamente la línea, con el rumbo astronómico calculado y las deflexiones de los lados siguientes se calcularán los rumbos astronómicos de los siguientes lados y así proceder al cálculo de coordenadas y al dibujo del trazo como se vera posteriormente. Para checar

que nuestra poligonal este correcta se debe efectuar al final del tramo una nueva orientación astronómica, la cual con el rumbo obtenido y el valor del R.A.C. (rumbo astronómico calculado) anterior no deben exceder de una cierta tolerancia. Esta tolerancia no debe ser mayor de 5' y también se afectará por el número de P.I. que existan en la línea y por la fórmula: $T = \pm \sqrt{n}$ donde "n" es el número de P.I. existentes en el trazo.

El trazo preliminar debe ser señalado con pintura color rojo, el P.I. y P.S.T. se indicará en las estacas y en la planta, se indicará con el siguiente símbolo \triangle , se colocarán tachuelas a todos los trompos que indiquen P.I. o P.S.T.

La tolerancia para levantamientos preliminares que sirven de guía para levantamientos posteriores, ángulos medidos al minuto, cinta de acero de 20m. es:

$$T = \begin{cases} \text{angular: } 1 \ 1/2' \ \sqrt{n} \\ \text{líneal: } 1/1000 \end{cases}$$

donde n: es el número de deflexiones

Una vez trazada la línea, para poder obtener los

datos necesarios y dibujar el perfil del terreno sobre de un plano y efectuar comparaciones posteriores entre las elevaciones originales del terreno y las representadas en la superficie representativa a lo largo de la línea central levantada. Se nivelará esta línea trazada por cualquiera de los métodos conocidos.

Puede ser nivelación indirecta (Barométrica o Trigonométrica) o nivelación directa o topográfica.

La diferencia que existe entre estos dos métodos de nivelación, es que la primera se vale de otros elementos auxiliares para obtener sus desniveles y en la segunda se obtiene directamente de campo. Dos son los métodos para nivelar directamente:

- a) Nivelación diferencial
- b) Nivelación de perfil

El primero de ellos tiene por objeto determinar la diferencia de nivel entre dos puntos, generalmente bancos de nivel, el segundo tiene por objeto obtener el perfil del terreno o sea, el perfil de la línea del proyecto. Se le llama perfil porque intervienen dos elementos; uno que es el eje de las abscisas que es el desarrollo de la línea del proyecto y las ordenadas, que son las elevaciones de cada

punto de la línea estacada.

Se deben nivelar todas las estacas o testigos y todos los puntos donde cambie el terreno longitudinalmente.

En esta nivelación de perfil se emplean puntos de liga (P.L.), los cuales son puntos fijos, invariables dado que ligan una posición del aparato con la siguiente. Se debe procurar en todo momento que la distancia que exista del aparato hacia atrás y hacia adelante sea igual, con objeto de eliminar cualquier error por desviación de la línea de colimación, refracción y curvatura.

Las lecturas que se hagan en las estacas y puntos especiales del terreno no requieren de mucha precisión, por lo que pueden hacerse al cm. lo que no sucede cuando se lee en B.N. o puntos de liga que son el control de la nivelación y sus lecturas deben aproximarse al mm.

Los puntos de partida y llegada son bancos de nivel (B.N.) que sirven para controlar y checar la nivelación. Los cuales deben tener su elevación bien definida y que se conserve invariable. La inalterabilidad de este banco debe estar relacionada con el tiempo para el cuál se necesitará usar este banco. Cuando la nivelación es preliminar estos bancos se ubicarán sobre la misma línea de trazo, establecien-

dose en raíces o troncos de árboles bien desarrollados, labrando la saliente con un machete, se emplean también rocas sanas y duras que afloren en el terreno, señalando la saliente con pintura roja.

Cuando se establezca el B.N. sobre raíz o tronco de árbol se acostumbra clavar sobre la saliente una grapa de 1.5" y encima de ella perpendicularmente otra grapa igual, que es la que define la altura del banco de nivelación. Estos B.N. son designados por las iniciales "BN" seguidos de un número que sirve para la identificación, se debe anotar también su elevación promedio.

Esta nivelación debe ser checada cada 500m., y el error en ningún caso deberá ser mayor de 5mm., o de 1cm. por km.

Para checar la nivelación realizada se puede emplear cualquiera de los métodos siguientes:

- a) Nivelación de ida y regreso
- b) Nivelación con doble punto de liga
- c) Nivelación con doble altura de aparato

En carreteras se emplea el primer método de nivelar de ida y regreso, teniendo como valor más probable la media

aritmética de los dos valores obtenidos, y como error de cada nivelación, la diferencia que tenga con dicho valor más probable, debiéndose cumplir que; la sumatoria de lecturas positivas ($\Sigma(+)$) menos la sumatoria de lecturas negativas ($\Sigma(-)$) es igual al desnivel del banco de nivel de partida al banco de nivel de llegada.

La precisión en estos trabajos depende de muchos factores como son; el tipo de aparato utilizado, cuidado y experiencia del nivelador y método empleado para ello, temperatura ambiente, condiciones climatológicas, número de puestas del aparato, tipo de terreno, etc. Lo más conveniente para nivelar un tramo definido entre dos bancos de nivel, es que sea el mismo observador el que lo haga hasta finalizar, y en el mismo día en forma continua y sin interrupciones.

Así para una nivelación de ida y de regreso entre dos puntos, ya sea siguiendo el mismo o diferente camino es:

$$T = \pm 0.01 \text{ m. } \sqrt{p}$$

donde p: es el número de kilómetros recorridos con la nivelación.

El registro que se acostumbra llevar es el siguiente:

Registro

Obra vial Ampliación a cuatro carrilesTramo Los Mochis-Topolobampo De Km. 12+000 A Km. 15+000Subtramo _____ Origen Los Mochis, Sin.

EST.	+	π	-	LEC. I	ELEV.	OBSERVACIONES
BN-12-1	1.253	51.253			50.000	BN-12-1 S/ GRAPA EN RAIZ DE MEZQUITE, A 25.40 m. IZQUIERDA DE ESTACION 12+020 ELEV. PROMEDIO = 50.000 m.
12+000				0.40	50.85	
020				0.60	50.65	
040				1.20	50.05	
060				1.10	50.15	
080				1.00	50.25	
P.L.	1.125	51.348	1.080		50.228	
100				0.75	50.60	
120				0.98	50.37	
140				1.12	50.29	
160				1.32	50.03	
180				1.20	50.25	
P.L.	0.898	50.993	1.253		50.095	
200				1.75	49.24	
220				1.82	49.17	
240				1.97	49.02	
260				2.05	48.94	
280				1.75	49.26	

BN-12-2			1.354		49.581	
---------	--	--	-------	--	--------	--

3. LEVANTAMIENTO DE SECCIONES TRANSVERSALES

Una vez que se ha trazado y nivelado el eje preliminar, se procede a configurar la faja que va a servir de base para el estudio del eje definitivo.

Para obtener la configuración del terreno se aplican dos procedimientos terrestres directos:

- a) Con secciones transversales
- b) Puntos aislados de configuración

Las secciones transversales son parte del levantamiento preliminar, por lo que deben tomarse estas a una distancia normal de 20m. o más según sean las disposiciones generales del trabajo. Estas secciones transversales proporcionan una representación semejante a la del terreno en una dirección normal a la línea de trazo.

Dado que ya se conocen todas las elevaciones de cada una de las estacas o testigos, las secciones pueden hacerse con el espaciamiento que convenga, según el grado de aproximación con que se requiera tener el relieve. Entre más cerrado se haga el seccionamiento, menos detalles se escapen, y más fiel resultará la representación del terreno. Así pues se sacan secciones transversales en todos y cada uno de los puntos

del polígono, si el terreno es muy uniforme, puede seccionarse cada 3 ó 4 estaciones. El seccionador debe elaborar un croquis en el cual se represente la configuración aproximada del terreno.

En general las secciones son normales al polígono, pero en ciertos casos se necesitan secciones especiales, en algún punto intermedio, o en cierta dirección, para fijar detalles importantes, o para cubrir vacíos que a veces quedan en los vértices.

Las secciones transversales pueden hacerse con nivel fijo si el ancho de la zona por configurar es grande, y el terreno plano, sin pendiente fuerte, para no tener que efectuar cambios de aparato que retardan el trabajo.

Lo más indicado y frecuente es obtener las secciones transversales con nivel de mano, generalmente cuando el terreno es accidentado, dado además que el aparato en este caso es el mismo observador y puede trasladarse rápidamente de un lugar a otro.

El punto de partida para obtener cada sección es el de la poligonal cuya cota ya es conocida y sobre la línea normal el trazo hacia uno y otro lado.

El método que se emplea es el de punto de cota cerrada, pues tiene la ventaja de proporcionar puntos que permiten hacer el trazo de curvas directamente sobre el dibujo.

El método de obtención es el siguiente:

- Se coloca el observador con su nivel de mano en el punto de cota conocida midiendo su altura visual sobre el estadal.

- Con esta altura visual y la cota conocida del punto de la poligonal, calculará la lectura que se lea sobre el estadal para obtener el siguiente punto de cota cerrada.

La lectura se calcula de la forma siguiente:

Sea $H = 74.20$: el punto de cota conocida

$a = 1.60$: altura visual del observador

$H' = 74.00$: el siguiente punto de cota cerrada

L = lectura sobre el estadal

de donde $L = H + a - H'$ (solo si el terreno va descendiendo)

sustituyendo valores: $L = 74.20 + 1.60 - 74.00 = 1.80$

Con esta lectura calculada, el observador debe guiar al estadalero en dirección normal a la línea hasta leer en el estadal la lectura calculada.

Una vez que el estadalero, se ha colocado en el punto en donde el observador lea 1.80, se traslada este último al mismo y como la equidistancia es de un metro, deberá leer en el estadal la indicación de: $1.80+1.00=2.80$, para encontrar el siguiente punto de cota redonda. Esta magnitud deberá leerse también en los puntos restantes, pues tanto la altura del ojo del observador como la equidistancia entre curvas es constante.

Si el terreno va ascendiendo, es recomendable que el nivelador vaya adelante y el estadalero se va situando en los puntos ya fijados. Por ejemplo; en el caso anterior, para conocer la lectura en el punto de cota cerrada número 74 se empleo la fórmula $L=H+a-H'$.

Cuando el terreno va ascendiendo en lugar de sumar la cota del punto conocido se restará, y en lugar de restar el siguiente punto de cota cerrada se sumará, es decir:

$$L= H'+a-H$$

sustituyendo valores

$$L= 75+1.60-74.20= 2.40$$

Una vez fijado el punto de cota 75, se traslada el estadalero a este, y el observador busca el punto desde el cual lea la indicación de 2.60, que será el punto de cota

redonda siguiente.

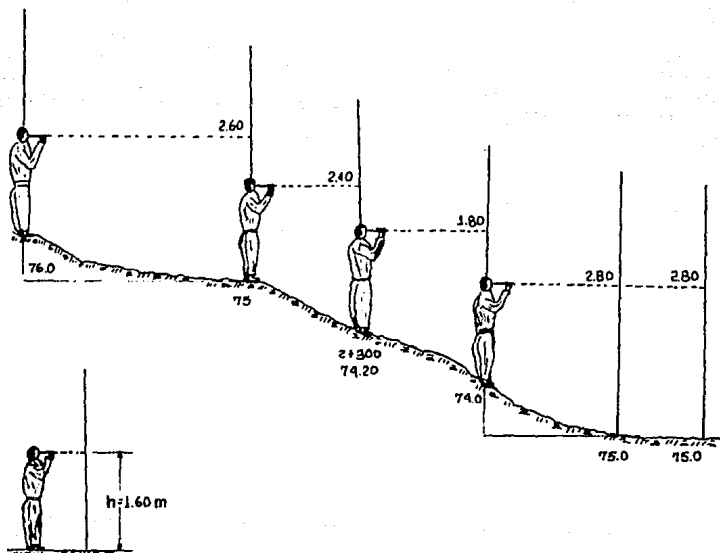
Dado que el alineamiento en esta forma no queda exactamente perpendicular, la desviación aumentará conforme se aleja del polígono. Aunando a esto las medidas de las distancias que son tomadas entre puntos consecutivos, lo que puede acarrear un error acumulativo.

La obtención de secciones para no tener errores fuertes debe limitarse a un alejamiento máximo del polígono de 100m. entonces, como máximo se podrá cubrir por este método una faja de 200 m. de ancho. Si la zona que se quiere configurar tiene mayor amplitud, es necesario llevar polígonos auxiliares trazados convenientemente, para que con sus respectivas fajas configuradas se cubra toda el área.

El registro que se acostumbra llevar es el siguiente:

$\frac{58.0}{18.0}$	RC.	$\frac{50.0}{18.0}$	$\frac{48.0}{19.0}$	$\frac{82.0}{L.A.T.}$	$\frac{18.0}{20.0}$	$\frac{7.0}{20.0}$	$\frac{3.5}{19.0}$	$\left(\frac{11+820}{19.61}\right)$	$\frac{5.4}{19.0}$	$\frac{6.0}{POSTE TEL. C/60 MTS.}$
				$\frac{32.0}{POSTE}$	L.A.T.	$\left(\frac{11+840}{19.72}\right)$				
$\frac{56.0}{19.0}$		$\frac{50.0}{20.0}$	$\frac{47.4}{20.0}$	$\frac{32.0}{P.L.A.T.}$	$\frac{16.0}{21.0}$	$\frac{8.0}{21.0}$	$\frac{5.0}{20.0}$	$\left(\frac{11+900}{19.86}\right)$	$\frac{2.5}{20.0}$	BAJA $\frac{15.0}{20.0}$ FONDO $\frac{18.0}{20.0}$
								$(11+988)$	5.0	SIFON GORTA CANAL A LA D.
$\frac{52.0}{21.0}$		$\frac{50.0}{20.0}$	$\frac{47.4}{20.0}$	$\frac{32.0}{P.L.A.T.}$	$\frac{16.0}{21.0}$	$\frac{4.0}{21.0}$	$\left(\frac{12+000}{20.63}\right)$	$\frac{5.5}{20.0}$	$\frac{9.0}{20.0}$	$\frac{21.0}{20.0}$
32.0	POSTE	15.8	O.CARPETA	5.0	O.CAR	$(12+050)$	14.5	CANAL	18.2	POSTE CRUZA L.A.T.

En el centro se coloca un quebrado en el cual el numerador es el punto de apoyo del polígono y el denominador su cota, en los otros quebrados, el numerador es la distancia al origen y el denominador, la cota del punto fijado.



Con estos datos levantados, se dibuja la faja configurada con sus curvas de nivel como se verá adelante.

4. LEVANTAMIENTO DE DETALLES.

Consiste en levantar todos los accidentes o detalles naturales o artificiales que quedan incluidos a ambos lados de la línea de trazo, a una distancia de 40 m. mínimo y si es necesario a una distancia mayor.

Se debe considerar la ubicación exacta de casas, calles, cercas de alambre, líneas de alta tensión, telegrafos, telefonos cruces con el eje de trazo y alturas de los mismos. Se debe indicar además el tipo de postería de las líneas (madera, concreto o torres metálicas). Indicar también las líneas de tubería como son acueductos, gaseoductos, oleoductos, etc. registrando el cadenamamiento del cruce sobre el eje, profundidad, diámetro y especificaciones de cada una de las obras mencionadas, se tomará su ángulo de esviaje con respecto al sentido del eje o su distancia si es paralelo al mismo, anotando el destino de los caminos, nombres de propietarios, poblaciones o ejidos por donde pase el trazo del eje.

Estos detalles son un complemento para dibujar la planta. Dado que sobre ésta se va a efectuar el proyecto definitivo. Este se debe planear de tal forma que; el trazo definitivo afecte lo menos posible las propiedades y detalles antes mencionados con objeto de que el proyecto al llevarse a efecto resulte el más adecuado a las condiciones del terre-

no y a las necesidades económicas, sociales y políticas del proyecto mismo.

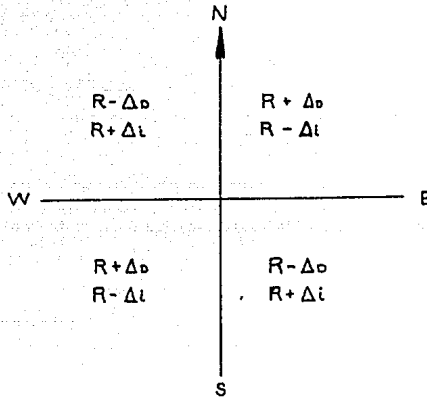
5. ORIENTACION

Como ya se menciona en párrafos anteriores, es necesario orientar astronómicamente la primer línea del eje levantado, para checar que la poligonal este correcta y para poder representar gráficamente este trazo sobre la planta de dibujo. Una vez que se encuentre orientado este primer lado, se procede a calcular su rumbo y en base a este y las deflexiones de los lados siguientes se calcularán los rumbos astronómicos de cada uno de ellos de la siguiente manera.

Si el lado de que se trate se encuentra en el cuadrante "NE" o "SW", se agregan al rumbo del lado las deflexiones derechas y se le resta las izquierdas; si esta en los cuadrantes "SE" o "NW" se procede al contrario, es decir; se le suman las deflexiones izquierdas y se le restan las derechas.

Cuando la suma del rumbo con la deflexión excedan de 90° , se toma el suplemento y se cambia la letra "N" por "S" y viceversa; y si al tomar la diferencia entre un rumbo y la deflexión, esta resulta negativa, se cambia la letra "E" por la "W" y viceversa.

A lo expuesto anteriormente agregamos la siguiente tabla:

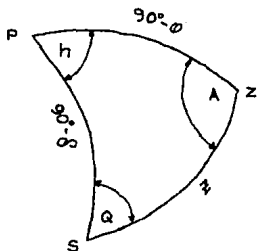


Una vez que esten calculados todos los rumbos de los primeros 5 km. se efectua otra orientación para checar estos rumbos y comprobar así la poligonal.

En el trazo de vías de comunicación se deben efectuar orientaciones astronómicas cada 5 km. y cada 10 km. en caminos vecinales.

Generalmente para determinar el azimut de una línea es necesario determinar el azimut de un astro y el ángulo que este forma con la línea.

Usualmente para la topografía ordinaria, no se requiere mucha precisión del azimut, y con las observaciones de los ángulos horizontal y vertical del sol y con la resolución del triángulo astronómico formado por el polo, el zenit y el astro, se puede determinar el azimut del astro con la precisión necesaria y en consecuencia, de una línea. El método más comunmente empleado es por distancias cenitales del sol que como ya se mencionó se basa en el triángulo astronómico que se muestra a continuación:



donde:

- P: polo boreal
- Z: zenit
- S: astro
- h: ángulo horario del astro
- A: azimut del astro

- Q : ángulo paraláctico
 φ : latitud del lugar
 δ : declinación del astro
 z : distancia cenital del astro

Utilizando la ley de los cosenos:

$$\text{Sen } \delta = \text{sen } \varphi \cos z + \cos \varphi \text{ sen } z \cos A$$

despejando:

$$\text{Cos } A = \frac{\text{sen } \delta - \text{sen } \varphi \cos z}{\cos \varphi \text{ sen } z}$$

Fórmula empleada para obtener el azimut de un astro en función de su declinación, distancia cenital y de la latitud del lugar.

Para calcular por logaritmos el azimut es necesario transformarla, para lo cual se resta de I ambos miembros de la ecuación anterior.

$$I - \cos A = I - \frac{\text{sen } \delta - \text{sen } \varphi \cos z}{\cos \varphi \text{ sen } z}$$

Por sustitución trigonométrica tenemos que:

$$2 \text{ sen}^2 \frac{I}{2} A = \frac{\cos \varphi \text{ sen } z + \text{sen } \varphi \cos z - \text{sen } \delta}{\cos \varphi \text{ sen } z}$$

Factorizando:

$$2 \operatorname{sen}^2 \frac{I}{2} A = \frac{\operatorname{sen} (Z + \varphi) - \operatorname{sen} \delta}{\cos \varphi \operatorname{sen} Z}$$

$$= \frac{2 \cos \frac{I}{2} (Z + \varphi + \delta) \operatorname{sen} \frac{I}{2} (Z + \varphi - \delta)}{\cos \varphi \operatorname{sen} Z}$$

Simplificando:

$$\operatorname{sen}^2 \frac{I}{2} A = \frac{\cos \frac{I}{2} (Z + \varphi + \delta) \operatorname{sen} \frac{I}{2} (Z + \varphi - \delta)}{\cos \varphi \operatorname{sen} Z}$$

Finalmente:

$$\operatorname{sen} \frac{I}{2} A = \sqrt{\frac{\cos \frac{I}{2} (Z + \varphi + \delta) \operatorname{sen} \frac{I}{2} (Z + \varphi - \delta)}{\cos \varphi \operatorname{sen} Z}}$$

La manera de obtener en campo los rumbos astronómicos es la siguiente:

Se deben efectuar las observaciones cuando el astro tiene gran azimut, es decir que conviene observarlo o muy temprano o muy tarde, dado que un error de I' en la latitud, produce un error de $2'$ en el azimut.

La observación se ejecuta de la siguiente manera:

- Se centra el instrumento en uno de los extremos del lado que se va a orientar, una vez que se encuentre nivelado, se pone el índice del vernier en coincidencia con el cero

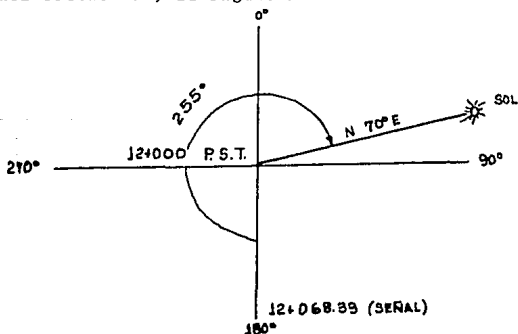
del limbo y se ve al otro extremo, despues de lo cual se fija el movimiento general. Se dirige luego la visual al sol valiendose del movimiento de la aliada, lo cual puede hacerse de varios modos; ya sea bisectando directamente al sol colocando un helioscopio o vidrio ahumado delante del ocular.

Otra manera de hacerlo es que el disco solar quede tangente a los hilos de la reticula en posición directa del anteojo en un cuadrante, repitiendo luego la operación en posición inversa del anteojo, haciendo que el disco quede tangente a los hilos de la reticula en posición directa del anteojo en una cuadrante, repitiendo luego la operación en posición inversa del anteojo, haciendo que el disco quede tangente a los hilos en el cuadrante opuesto al de la otra posición. En ambas observaciones se toman la hora en el momento de las tangencias, las lecturas del circulo horizontal en los dos vernieres si el aparato cuenta con ellos y también del circulo vertical. Se deben efectuar una serie de 4 observaciones como mínimo y 7 como máximo para tener seguridad de nuestro trabajo, dado que el rumbo final a utilizar es el promedio de todos los obtenidos en la serie de observaciones siempre y cuando esten dentro de la tolerancia. AL finalizar las observaciones, se visa nuevamente el extremo opuesto de la línea para comprobar que el aparato no se haya movido o desnivelado.

El registro que se lleva en campo es el siguiente:

SERIE	POSICION	PTO. V.	TIEMPO C.	C. HORIZON. A	C. HORIZON. B	C. VERT.
1	D	SEÑAL SOL	9 ^h 22 ^m 15 ^s	256° 08'	76° 08'	33° 41'
	I	SOL SEÑAL	9 24 12	75 45	255 45	33 35
PROMEDIOS			9 ^h 23 ^m 18.5 ^s	255° 56'	80"	33° 38'
2	D	SEÑAL SOL	9 ^h 25 ^m 44 ^s	256° 26'	76° 26'	34° 18'
	I	SOL SEÑAL	9 27 10	76 08	256 08	34 15
PROMEDIOS			9 ^h 26 ^m 27 ^s	256° 17'	00"	34° 16' 30"
	D	SEÑAL	—	—	—	—

Este registro se debe acompañar de su croquis respectivo, indicando la posición del sol, el rumbo magnético de la línea orientada y su ángulo sol señal.



La fórmula empleada para obtener el rumbo es la siguiente:

$$\text{Seno } I/2 A = \sqrt{\frac{\text{Sen } I/2 (\bar{z} + \varphi - \delta) \cos I/2 (\bar{z} + \varphi + \delta)}{\cos \varphi \text{ sen } \bar{z}}}$$

Para entrar a esta fórmula es necesario conocer todos y cada uno de sus elementos; los cuales se obtienen unos del anuario y otros de la observación como es el caso de la latitud del lugar. cuando esta no se encuentra en las tablas del anuario, es necesario determinarla; se puede obtener de la siguiente forma:

Directamente de cartas geográficas, siempre que estén dibujadas a una escala conveniente para poder localizar el punto que necesitamos.

Sabemos que un ángulo de un I' en el centro de la tierra abarca en la superficie de la misma I,800 m. lo que producirá en la latitud una variación de I'.

Para los cálculos topográficos se requiere tener una proximación de I' en la latitud; en el mapa debe localizarse el punto donde se necesite este dato, con una precisión de I km. enseguida midiendo la distancia de este punto a un punto de latitud conocida, se obtiene la diferencia la latitud

con el dato de la variación y sumando o restando esta variación a la latitud del punto conocido, se obtiene la latitud del lugar.

Si no se dispone de ninguno de estos datos, se tendrá que calcular por los siguientes métodos:

- Midiendo la altura de la polar en el momento de su paso superior o inferior por el meridiano del lugar.

$$\varphi = A \pm P$$

$$\text{donde } P = 90 - \delta$$

- Midiendo la altura del sol en el momento de su paso superior por el meridiano del lugar.

$$\varphi = A - 90 - \delta \text{ al norte del Zenit.}$$

$$\varphi = 90 - A + \delta \text{ al sur del zenit.}$$

- Midiendo la altura de la polar en cualquier momento.

- Por observaciones del sol en dos posiciones.

En carreteras para ahorrar tiempo se obtiene la latitud generalmente de las cartas geográficas.

6. CALCULO DE COORDENADAS.

Conocidos todos los datos anteriores como son distancias de P.I. a P.S.T. o de P.I. a P.I., las deflexiones de sus lados y sus rumbos; se procede a calcular las coordenadas de cada uno de estos puntos.

Las coordenadas de todos los P.S.T., P.I., P.C., P.T. se emplean como apoyo para obtener el control horizontal de los levantamientos y estudios topográficos.

Cuando se ejecuta un trabajo pueden ocurrir dos casos:

a) Que la zona se ubique dentro o junto a otra, donde ya se hayan establecido vértices de apoyo posteriores y deba quedar el nuevo trabajo relacionado con el anterior. En este caso basta tomar entre los puntos de apoyo, uno de los ya establecidos de coordenadas conocidas, y a partir de él se calculan las coordenadas de los demás.

b) Que no haya sistema de ejes previamente establecidos. Estando en libertad de ubicarlo como mejor convenga, procurando que todo el polígono de apoyo quede en el primer cuadrante para que todas las coordenadas sean positivas.

Basta pues que a un punto se le fijen sus coordenadas para que queden fijados sus ejes, y a partir de esas coordenadas se calculan las de los demás, sumando o restando las proyecciones de los lados que ligan consecutivamente los vértices.

Por medio de estas coordenadas se procede a dibujar la cuadrícula, sobre la cual se dibujan estos puntos independientemente uno de otro; es decir que la línea trazada se va localizando sobre la planta dibujada por medio de las coordenadas de cada uno de sus vértices y el posible error en el dibujo de un punto, no se efectúa en los otros. De esto se concluye que el dibujo por coordenadas es el método más conveniente a utilizar en carreteras porque los errores cometidos en el dibujo se aprecian fácilmente.

7. DIBUJO DE LA PLANTA Y DEL PERFIL

El plano de planta se hace en papel duplex o albanene a escala 1:2000 a tinta, donde deben figurar todos los accidentes topográficos como son cruces de carreteras, ductos con sus respectivos esviajes, líneas de energía eléctrica, teléfonos, postes de telegrafos, plazas kilométricas de la línea actual, pasos a desnivel y al nivel, el kilometraje cada 100 m. y al cm. en puntos importantes, cuadrícula de coordenadas, curvas de nivel, curvas horizontales con todos sus datos, 200 m. anteriores y posteriores para la liga del tramo siguiente.

te, nombres de propietarios, de ríos y arroyos, sentido de la corriente etc. Ubicación exacta de las casas, calles y propiedades. Se entintará la preliminar con tinta negra, el eje del trazo cadeneado cada 20 m., delimitando el derecho de vía.

La franja topográfica se entintará con color sepia y línea delgada en las curvas de nivel equidistantes 2 m. y con tinta negra y gruesa en las de 10 m.

Todos los levantamientos de caminos, carreteras, vías ferreas, drenajes y otros de carácter lineal se grafican con frecuencia en perfil, dado que este es la proyección vertical de la línea de intersección de un plano vertical con la superficie del terreno. Estos perfiles se toman generalmente en las líneas centrales de caminos y carreteras.

Al graficar los perfiles se acostumbra usar una escala vertical exagerada con el fin de mostrar claramente los cambios de elevación. El perfil se dibuja en papel milimétrico grueso y la escala horizontal debe ser igual a la empleada en el dibujo de la planta, por ejemplo:

I: 2,000	horizontal	o	I: 500	horizontal
I: 200	vertical		I: 100	vertical

Este perfil será entonces el eje de la vía proyectada, siguiendo por las tangentes y curvas horizontales.

CAPITULO III

PROYECTO DEFINITIVO

1. TRAZO DEFINITIVO

Una vez obtenidos los planos con curvas de nivel a una escala apropiada, se inicia el estudio para el trazo del camino, basándose en la planta del proyecto preliminar y considerando un número variable de posibilidades, hasta seleccionar la más conveniente que se tomará como tentativa del eje de la carretera, quedando así definidos el alineamiento horizontal y vertical.

Un trazo óptimo es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno. Sin embargo, la selección de una línea y su adaptabilidad al terreno dependen de los criterios adoptados, y estos a su vez dependen del tipo y volumen de tránsito previstos durante la vida útil del camino, así como de la velocidad de proyecto.

Por consiguiente, una vez clasificada la vía y fijadas las especificaciones que regirán el proyecto geométrico, se deben buscar una combinación de alineamientos que se adapten al terreno planimétrica y altimétricamente y cumplan con los requisitos establecidos.

En muchas ocasiones, algunos factores pueden llegar a forzar una línea. Entre ellos quedan los requerimientos del derecho de vía, división de propiedades, cruces con ríos, intersecciones con otras carreteras o ferrocarriles, previsiones para lograr un buen drenaje, naturaleza geológica del terreno donde se alojará la carretera, etc.

Muchas veces una tangente de la preliminar, puede cambiarse de posición cuando se vea que un nuevo trazo evita curvas innecesarias, o bien si se logra disminuir la curvatura de estas. Puede ocurrir también que se adopte un nuevo trazo que consiga disminuir la pendiente sin gran aumento de longitud.

En los lugares planos con pocos obstáculos, es posible trazar directamente sin dificultad la línea definitiva apoyándose en la línea preliminar, en algunos casos ni siquiera se exige la línea preliminar. Pero cuando la topografía es complicada es conveniente estudiar las posiciones y direcciones de las tangentes, así como las pendientes de éstas en el plano de la línea preliminar.

Después de haber dibujado en el plano la línea definitiva con color azul, que la diferencie de la preliminar, se toman los datos necesarios para efectuar la localización en el terreno, también se puede hacer el perfil deducido y

proyectar sobre el la subrasante que permitirá con auxilio de las secciones transversales de construcción el cálculo de la curvamasa.

Para efectuar la localización en el terreno, cuando se hace un estudio preliminar y se proyecta la línea definitiva en gabinete; se lleva el plano en el cual estan marcados los puntos de unión de la línea definitiva con la preliminar, así como los ángulos y distancias de referencia, radio y grado de la curva adoptada.

Se centra el teodolito en el punto de inicio del trazo, se dirige la visual al punto extremo del primer lado de la preliminar, con la indicación de cero grados en el limbo; después, por medio del movimiento de la alidada, se dirige una visual según el ángulo anotado en el proyecto, y en esa dirección se van clavando estacas a cada 20 m. en las tangentes y a cada 20, 10 ó 5 m. en las curvas, según sus grados hasta llegar a la intersección con un lado de la preliminar, lo cual permitirá comprobar el trabajo, o bien, se continuará el trazo de varias líneas diferentes de las preliminares hasta que una de estas encuentre de nuevo a una de las últimas.

En los cruces de importancia como son caminos, FFCC, canales, ríos, arroyos, linderos, etc., conviene colocar si

es posible, trompos con testigos para su posterior nivelación.

Las longitudes de los lados son las dadas en el proyecto las discrepancias que se encuentren con respecto a la preliminar, no son de gran importancia pues se deben en gran parte a los errores gráficos al hacer el proyecto, pero se deben corregir en el plano para la localización de las líneas que se tracen posteriormente.

Cuando no se requiere del levantamiento preliminar y el trazo definitivo se efectúa directamente sobre el campo; se inicia el trazo en el punto previamente escogido, tomando en cuenta las restricciones y especificaciones del proyecto como son: la selección del tipo de camino, las intersecciones, los accesos y los servicios que a su vez dependen de la demanda es decir, del volumen de tránsito que circulará en un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de incremento y de su composición, dado que una carretera en la mayoría de los casos se diseña para satisfacer las necesidades de tránsito dentro de un período hasta de 20 años adelante del año en que se hizo el proyecto.

La selección del tipo de camino puede obligar a que el trazo definitivo sea paralelo a un cuerpo existente, lo que provocará en algunas ocasiones al "Pivoteo" de la línea (el "pivoteo es un ángulo o deflexión utilizado en caminos

que no es suficientemente grande para ameritar una curva), pero que deberá de tomarse en cuenta, dado que en base a esta deflexión se calculará el rumbo de la siguiente tangente.

Cuando se emplean curvas circulares para unir dos tangentes, se deben aplicar las constantes especificadas para el tipo de camino; así por ejemplo, en los caminos influye la velocidad, la visibilidad, etc. Factores que limitan el radio de la curva a un mínimo adecuado según el caso, tomándose generalmente un radio mayor de 100 m. se emplean también curvas de transición de entrada y salida en FFCC y caminos de primer orden, las cuales con la sobreelevación y la ampliación con trarestan gradualmente el efecto de la fuerza centrífuga sobre el vehículo al entrar a la curva. Las curvas de transición estan formadas por varios tramos iguales, o cuerdas de 10 m. y en algunos casos de 5 m. pero con radios que van variando desde el infinito al inicio de la transición hasta el radio mismo de la curva circular; como los radios van variando y la cuerda permanece constante, los grados también deben ir variando y esta variación de una a otra cuerda puede ser de 15', 30' o 1° según el terreno y las especificaciones de la vía que se proyecta.

En caminos donde tengan que circular vehículos de toda clase en doble fila, el radio de curvatura no debe ser inferior a 50 m. deben evitarse en todo lo posible las curvas

antes de las cuestas, ya sean ascendentes o descendentes. Cuando haya necesidad de trazarla, se disminuye la pendiente en la parte que esta abarque a fin de contrarrestar la resistencia que opone. Estas curvas deben ser visibles a 80 ó 100 m. de distancia, a fin de evitar accidentes.

La magnitud del radio mínimo depende de la clase de vehículos que van a circular y del ancho de la carretera.

Así como en el proyecto preliminar se trazo y niveló la línea, de igual manera se nivela cada una de las estacas del trazo definitivo, los bancos de nivel se localizarán fuera del derecho de vía, a una distancia de 30 m. como mínimo pintados de color azul, se identificarán con un número de orden progresivo, cadenamiento del trazo, distancia del trazo a la derecha o a la izquierda, referencias y elevación promedio.

Se establecerán bancos de nivel a cada 500 m, checando la nivelación de banco a banco. El error máximo admisible en esta nivelación será:

$$E_{\max} = \pm 0.004 \sqrt{P} \text{ donde } P = \text{No. Km.}$$

Se pueden emplear visuales de un máximo de 150 m. a ambos lados, lecturas en el estadal con aproximación al mm. longitudes de visuales atras y adelante igualadas aproximadamente, puntos de liga solidos y bien definidos.

La tolerancia para levantamientos como es la localización de caminos y ferrocarriles, con ángulos medidos al minuto, visuales tomadas a puntos y señales bien plomeadas, distancias horizontales medidas con cinta de acero y precaución será:

$$T \begin{cases} \text{Angular: } I' \sqrt{n} \quad n; \text{ Número de vértices ó P.I.} \\ \text{Lineal : } I/3000 \end{cases}$$

Al iniciar y al terminar el trazo definitivo, se pondrán mojoneras de concreto con varillas o clavos bien referenciadas, que nos auxilien a la identificación posterior cuando se proceda a construir el camino.

2. SECCIONES DE CONSTRUCCION

Las secciones transversales de un camino en un punto cualquiera de este, es un perfil del terreno normal al alineamiento horizontal que permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Se obtienen cada 20 m. siguiendo el kilometraje y muchas veces en puntos intermedios especiales donde cambie la pendiente longitudinal o transversal del terreno.

Se obtienen de igual manera que las secciones transversales de configuración; el punto de partida será siempre el trompo o estaca del trazo ya nivelado. Con la altura visual del observador se procede a tomar las diferentes lecturas en el estadal en los puntos donde cambie de pendiente el terreno, anotando también las distancias desde el punto del observador a cada posición del estadal.

Se deben tomar hacia la derecha e izquierda del trazo a una distancia mínima de 20 m. o según el criterio adoptado para el tipo de camino.

Deben tomarse con buena precisión para que al dibujar y calcular, den una realidad más fidedigna del resultado obtenido, dado que en base a estas secciones se calcula el área y volumen del material a cortar o terraplenar.

El procedimiento de campo es sumar o restar a la altura visual del observador la cantidad numérica que se lea en el estadal al subir o bajar el terreno.

Por ejemplo:

Sea $L = 1.60$; la altura visual del observador

Si el terreno sube 1.30 m. a una distancia de 7.60 m., el observador leera sobre el estadal 0.30 m. si por el

contrario el terreno bajo 0.70 m. a una distancia de 11.40, se leera sobre el estatal 2.30 m. etc.

El registro que se acostumbra llevar es semejante al de las secciones de configuración.

C. AEROPUERTO															
$\frac{21.8}{-0.9}$	$\frac{18.7}{-0.6}$	$\frac{15.4}{0.1}$	$\frac{12.4}{0.2}$	(12 + 068.93)				$\frac{8.0}{0.0}$	$\frac{20.0}{0.0}$						
$\frac{21.6}{-0.9}$	$\frac{19.2}{-0.6}$	$\frac{15.5}{0.2}$	$\frac{12.4}{0.2}$	(12 + 060)				$\frac{4.0}{0.0}$	$\frac{9.7}{-0.5}$	$\frac{14.5}{-0.4}$	$\frac{15.6}{-1.4}$	$\frac{16.6}{-1.6}$	$\frac{20.0}{-0.4}$		
$\frac{20.5}{-0.6}$	$\frac{19.1}{-0.2}$	$\frac{15.5}{0.6}$	$\frac{12.3}{0.6}$	$\frac{11.7}{0.4}$	$\frac{4.0}{0.6}$	(12 + 040)				$\frac{8.0}{-0.3}$	$\frac{10.4}{-0.3}$	$\frac{11.6}{-0.7}$	$\frac{12.8}{-1.0}$	$\frac{14.8}{-0.7}$	$\frac{20.0}{-0.3}$
$\frac{20.4}{0.0}$	$\frac{18.3}{1.9}$	$\frac{9.2}{1.3}$	$\frac{4.6}{1.1}$	$\frac{1.7}{0.4}$	$\frac{0.8}{0.2}$	(12 + 020)				$\frac{1.0}{-0.1}$	$\frac{6.5}{0.2}$	$\frac{8.3}{-0.4}$	$\frac{12.5}{-0.4}$	$\frac{13.0}{0.3}$	$\frac{20.0}{0.0}$
P.S.T.															
$\frac{22.0}{-0.4}$	$\frac{19.3}{-0.4}$	$\frac{16.4}{0.8}$	$\frac{12.1}{0.7}$	$\frac{4.2}{0.6}$	$\frac{1.8}{0.1}$	(12 + 000)				$\frac{4.8}{-0.1}$	$\frac{5.5}{-0.8}$	$\frac{6.6}{-1.1}$	$\frac{7.9}{-0.3}$	$\frac{11.5}{-0.2}$	$\frac{20.0}{-0.3}$

Las secciones se dibujarán en papel milimétrico y a la misma escala horizontal y vertical 1:100, sirviendo para dibujar sobre ella la sección tipo que debe construirse.

Estas secciones serán de corte o de terraplén según lo indique el perfil en el punto correspondiente y en el cual se mide la diferencia de cotas ó espesor de cada una.

La pendiente o talud que deba darsele a las excavaciones y terraplenas, depende de la clase de terreno que se encuentre, dado que siempre deberá darsele la inclinación de reposo natural para evitar derrumbes. Así pueden necesitarse taludes a plomo y hasta 1 I/2: 1, y terraplenes desde 1 I/2: 1 a 2: 1 debiéndose proyectar en las secciones el bombeo y las cunetas de desagüe. Resultarán también secciones que tengan al mismo tiempo corte y terraplen, las cuales se producen cerca y de los puntos de paso que son los lugares donde la subrasante cruza el perfil del terreno al pasar de corte a terraplen y viceversa.

En toda sección, al ancho de excavación en la base es mayor que en la corona por alojar las cunetas. El área de estas se puede obtener con planimetro o contando los cuadrados de cada una de ellas, donde $I_{cm}^2 = I_m^2$; ó bien dividiendo la superficie verticalmente en fajas del mismo ancho con líneas separadas una cantidad constante, donde el área será:

$$A = K (\sum l) \quad K: \text{separación constante.}$$

$\sum l$: sumatoria de las longitudes de las líneas verticales.

El volumen se calculará con la fórmula del prismoide:

$$V = \frac{d}{6} (AI + 4 Am + A2)$$

Donde:

d: distancia entre dos secciones contiguas

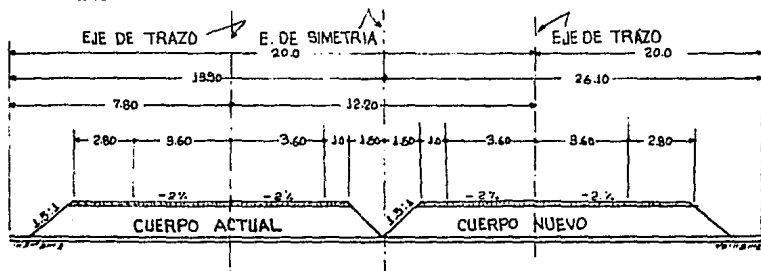
Am: área de una sección que resulta del promedio de las dimensiones de las secciones extremas.

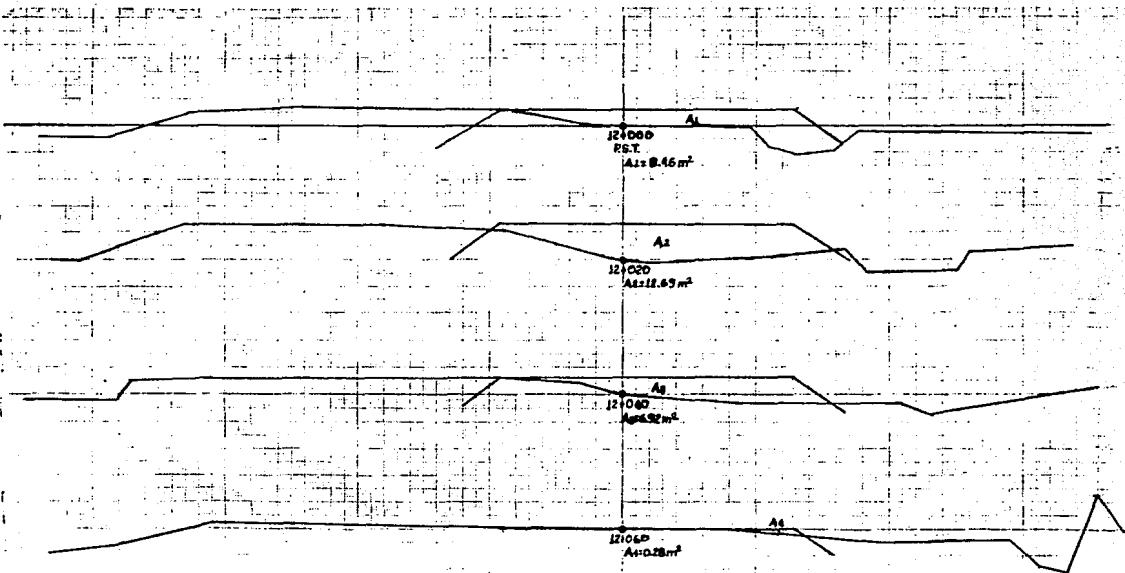
o bien con la fórmula siguiente, aunque menos precisa.

$$V = \left(\frac{AI + A2}{2} \right) d = (AI + A2) 10$$

Estos cálculos, así como el dibujo de ellos, corresponden a una de las etapas finales del proyecto, que es donde se evalúan los costos totales de material aprovechable y no aprovechable que determina la realización del proyecto.

La sección tipo elegida para este proyecto fue la A4S mostrada a continuación:





3. OBRAS DE DRENAJE Y DIAGNOSTICO

El drenaje debe proyectarse en escurriederos definidos ó proyectar obras de alivio a cada 250 m. en terreno plano con áreas hidráulica suficiente para que operen satisfactoriamente y se protejan así las terracerías.

Se deben trazar y nivelar los ejes de las alcantarillas menores de 6 m. obteniendo los datos hidráulicos necesarios para su proyecto, como son esviaje con respecto al eje de trazo, kilometraje, área hidráulica necesaria, sentido de escurrimiento y emitir un diagnostico concienzudo de las obras ya construidas; es decir, si son funcionales por encontrarse en buen estado, ó son obsoletas por encontrarse medio azolvadas o completamente azolvadas.

Los caminos y carreteras deben tener una pendiente mínima longitudinal para drenaje de 0.5% para el conservamiento del cuerpo asfáltico. El ancho de la carretera se determina por el número de carriles de tránsito y por los requerimientos de estacionamiento, dicho cuerpo debe tener una pendiente transversal del eje de la carretera hacia cada lado del 2%, con el fin de evitar encharcamientos sobre el cuerpo que deterioren su material, se deben proyectar cunetas y contracunetas a los lados de la carretera que conduzcan el agua a un escurridero natural ó artificial del terreno. Las cunetas

y contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas dentro de la sección transversal, dado que conducen el agua que escurre por la corona y taludes de corte.

La capacidad hidráulica de la cuneta de esta sección debe de estar de acuerdo con la precipitación pluvial de la zona y el área drenada.

Las carreteras que se construyen en terreno llano, no presentan dificultades, sin embargo hay que procurar que haya cierto declive, a fin de que el agua pueda correr sin dificultad por las cunetas; se debe elegir el terreno de tal manera que no este sujeto a sufrir inundaciones. Si se van a proyectar obras de alivio, nos auxiliamos del perfil longitudinal del terreno ya dibujado, el cuál nos indicará el cadernamiento sobre el que ha de proyectarse dicha obra.

Para lograr la economía deseada en el proyecto y no alterar el buen funcionamiento del drenaje, es necesario que en el estudio de la subrasante se respete la elevación mínima de las obras menores que existan o se proyecten, muchas veces las construcción de puentes en los cruces de corrientes determinan la elevación definitiva de la subrasante.

En el diseño de un sistema de drenaje, uno de los factores principales que intervienen es el número de mm. por

hora de precipitación pluvial esperada en un período de 2 ó 5 años en una localidad dada. Estos datos relativos al volumen de precipitación, se pueden obtener de los registros que los municipios llevan, o bien se puede estimar si se considera que 1 pulgada de precipitación pluvial por hora es igual a 1 pie^3 lo que equivale también a 0.028317 m^3 de agua creyendo en un acre o 0.4050 Ha. de terreno por segundo = $0.06992 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{seg.}$ es decir que; volumen de precipitación de $\frac{1 \text{ pie}^3}{1 \text{ acre}}$ = $\frac{0.028317}{0.405 \text{ Ha}} \text{ m}^3 = 0.06992 \text{ m}^3/\text{Ha}/\text{seg.}$

Debemos tomar en cuenta que no toda la lluvia que cae sobre la superficie del terreno llega a la línea de drenaje, algo se pierde por evaporación y algo se absorbe en el terreno dependiendo de su porosidad. El agua que llega al sistema de drenaje se llama de derrame.

La tabla siguiente proporciona las relaciones de derrame a la precipitación pluvial total en diversas superficies.

COEFICIENTES DE DERRAME

Techos	0.95
Concretos o asfáltos de caminos y pavimentos	0.95
Caminos de macadam bituminoso	0.80
Áreas y senderos con grava: suelta	0.30
Áreas y senderos con grava: compacta	0.70

Lotes vacios, calles sin pavimentar: con pocas plantas	0.60
Lotes vacios, calles sin pavimentar: sin plantas	0.75
Prados, parques, campos de golf	0.35
Ares baseosas	0.20

El volumen de derrame se puede estimar por medio de la fórmula conocida como la fórmula racional.

$$Q = ACI$$

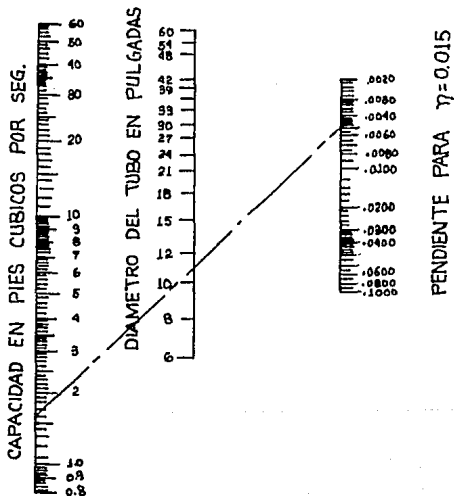
donde:

- Q = EL derrame de un área en pies³/seg.
- A = El área que se va a desaguar ó drenar en acres
- C = Coeficiente de derrame
- I = Intensidad de precipitación pluvial en pulgadas/h

Cuando se ha calculado el volumen de derrame, el siguiente paso es determinar el tamaño adecuado de tubería que lo va a deslojar. La cantidad de agua que puede desalojar un tubo depende de varios factores entre los que se encuentra la inclinación de la tubería y la rugosidad de su superficie interna. El factor de fricción "n" se toma generalmente de 0.015 para tubos de drenaje.

Se puede emplear un nomograma, el cual contiene tres escalas; del lado izquierdo el volumen de derrame, del lado derecho la inclinación del tubo para un "n" = 0.015, al colocar una regla que una estos dos valores; en la escala central se encuentra el tamaño requerido de tubo.

NOMOGRAMA PARA CALCULAR EL DIAMETRO REQUERIDO DE UN DRENAJE
CIRCULAR CON FLUJO A LLENO TOTAL.



4. REFERENCIAS.

Las referencias quedan incluidas en el registro de trazo definitivo, debiéndose referenciar todos los puntos más notables como P.I., P.S.T. y puntos que lo requieran para el replanteo posterior del trazo; deben ser un mínimo de 4 puntos por kilometro.

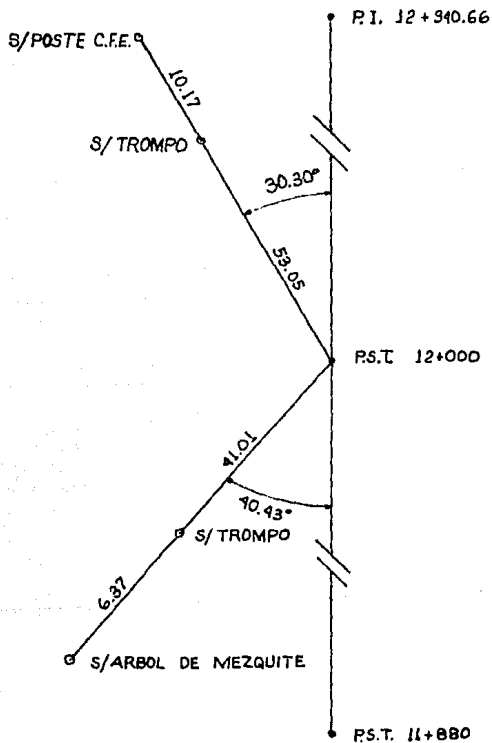
Se deben investigar los nombres de los propietarios de los terrenos afectados por la línea de trazo, si no son propiedad se debe indicar el nombre del ejido o municipio al que pertenecen.

Para referenciar un punto en el terreno se procede de la siguiente manera:

Se situa el aparato en el punto a referenciar, se visa hacia el punto de adelante, ya sea P.S.T. ó P.I., en cero grados, si existe alguna referencia notable como troncos de árboles o postes, se gira azimutalmente hasta encontrar con la visual dicha referencia, se toma su ángulo horizontal y se mide la distancia desde la estación a dicho punto; en esa misma dirección se marcará otro punto colocando un trompo grande si no se aprecian referencias notables, se debe girar un ángulo de 45° y en esa dirección colocar dos trompos con sus respectivas estacas indicando la distancia y el número

de referencia.

A continuación se visa con el aparato el punto de atrás y se procede de la misma manera, por ejemplo:



5. DIBUJO DEL TRAZO DEFINITIVO.

Como se indico anteriormente, el trazo definitivo se dibuja sobre el plano de planta del proyecto preliminar, dado que es en éste donde se proyecto dicho trazo. La línea defintiva se debe entintar con color rojo y la preliminar en color negro el eje de trazo se dibujará cadeneando cada 20 m. con marcas a cada 100 m. y km. cerrado, delimitando el derecho de vía. Las curvas de nivel de separación a cada 2 m. se entintarán con color sepia (cafe), y con tinta negra y gruesa en las de 10 m.

Se deben anotar también los datos de las curvas con los cadenamientos y puntos principales como: P.I., P.C., P.T., P.S.T., P.S.C., dibujandose cada uno de ellos por coordenadas para que el posible error que se cometa en uno ellos, no se propage a los demas; se deben anotar sobre este trazo los rumbos de todos los lados y la longitud de la tangente libre de cada lado, las referencias del trazo o lista de mojoneras, nombre de arroyos, ríos, poblaciones, vías ferreas, caminos, etc.

El dibujo del perfil definitivo se hará en papel milemetrico a la misma escala (1:2000 horizontal y 1:200 vertical) que el perfil preliminar. Es sobre de este perfil donde se proyectarán las subrasantes para la evaluación del proyecto.

PST. 11+000
K12

TAN. LIBRE = 220 m. R.A.C. $84^{\circ}10'W$

TAN. LIBRE = 661.26 m. R.A.C. $513^{\circ}59'W$

TERRENO DE CULTIVO SR. MARTIN ESTRADA

P.L. 12+120
ALICUI

PST. 12+500-41

CARRERA A MOCHIS

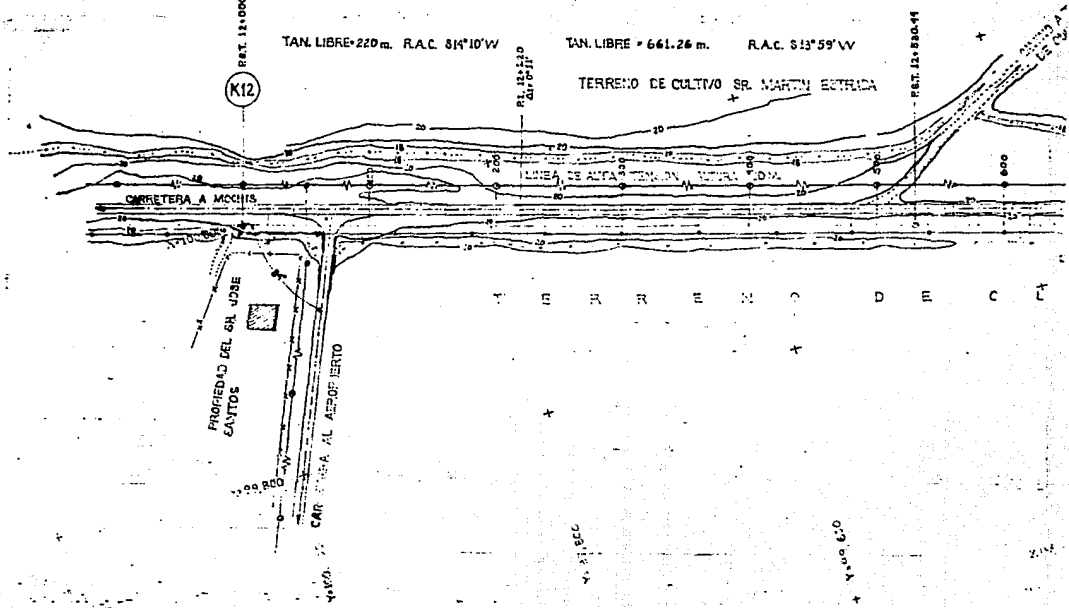
PROPIEDAD DEL SR. JOSE
SANTOS

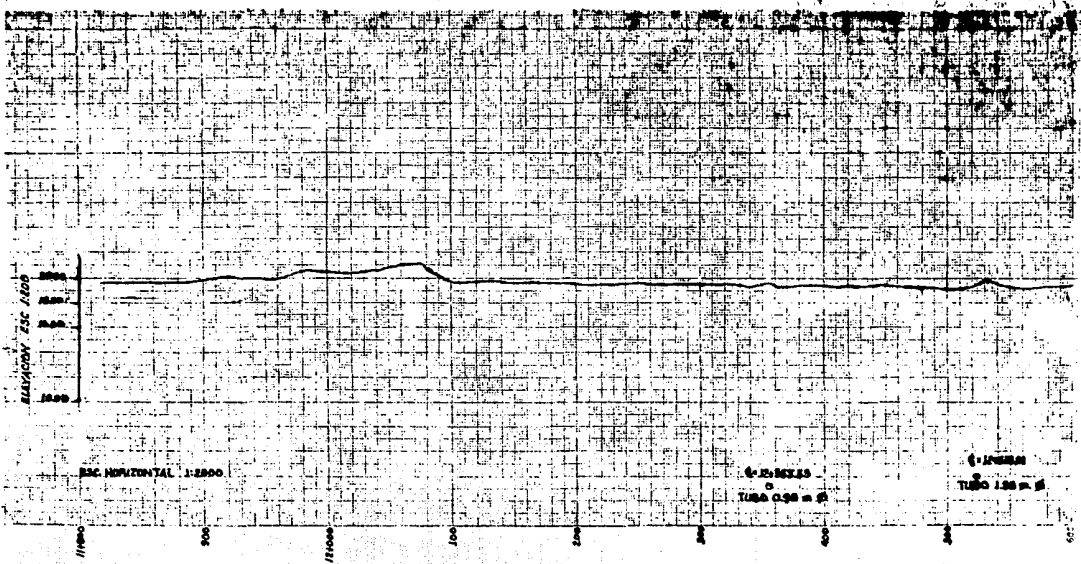
CARRERA AL AEROPUERTO

I M U R M E D M C T

4.31 SEC

4.00 SEC





6. HOJAS DE REGISTRO

Son todos los registros que se obtienen en campo y se llevan en libretas de campo, de las cuales se vacian estos datos a las hojas de registros definitivo, en gabinete estas son: registro de trazo definitivo, registro de nivel, de secciones, de drenaje y referencias.

Estas hojas de registro deben acompañar al dibujo del trazo definitivo dado que son parte de el y estan sujetas a revisión para la aprobación o rechazo del proyecto.

A continuación se anexan las hojas de registro de los primeros 500 metros del proyecto.



Consultores Asociados en Proyectos y Caminos, S. A.

Vista Hermosa 106 Bis Col. Portales 03300 México, D. F.

Tel. 672-46-46

REGISTRO DE TRAZO DEFINITIVO

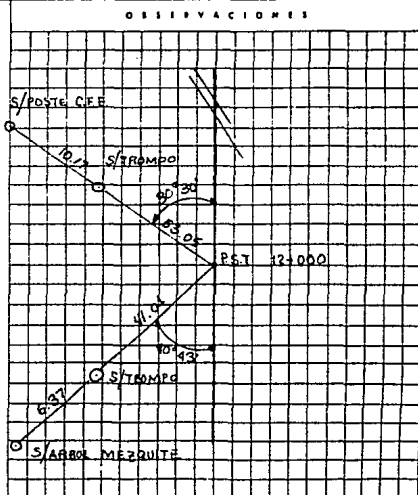
Hoja Nº _____ de _____

OBRA VIAL AMPLIACION DEL CAMINO ACTUAL

TRAMO LOS MOCHIS - TOPOLOBAMPO DE km 12+000 A km 15+000

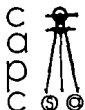
SUBTRAMO _____ ORIGEN LOS MOCHIS, SIN.

ESTACION	PUNTOS DE ESTACION	DEFLEXION	BATOR DE CURVA	RUMBO MAGNETICO OBSERVADO	RUMBO ASTROGNOMICO CALCULADO
12+020					
12+000	P.S.T.				
980					
960					
940					
920					
900					
880					
860					
840					
820					
11+800					



TRAZO _____ REVISO _____ APROBO _____

FECHA _____ FECHA _____ FECHA _____



Consultores Asociados en Proyectos y Caminos, S. A.

Vista Hermosa 106 Bis Col. Portales 03300 México, D. F. Tel. 672-46-46

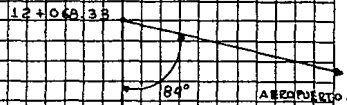
REGISTRO DE TRAZO DEFINITIVO

Hoja N° _____ de _____

OBRA VIAL AMPLIACION DEL CAMINO ACTUAL
 TRAMO LOS MOCHIS - TOPOLDBAMPO DE km 12+000 A km 15+000
 SUBTRAMO LOS MOCHIS, SIN

ESTACION	PUNTOS DE ESTACION	DEFLESION	BAIOS DE CURVA	ÁNGULO MAGNÉTICO OBSERVADO	ÁNGULO ASTRONÓMICO CALCULADO	OBSERVACIONES
12+240						
220	P.T.	00° 11'				
200						
180						
160						
140						
120						
100						
080						
068.33						
060						
12+040						

TANGENTE 220.00 MTS



TRAZO _____ REVISO _____ APROBO _____
 FECHA _____ FECHA _____ FECHA _____



Consultores Asociados en Proyectos y Caminos, S.A.

Vista Hermosa 106 Bis Col. Portales

03300 México, D. F.

Tel. 672-46-46

REGISTRO DE TRAZO DEFINITIVO

Hoja Nº _____ de _____

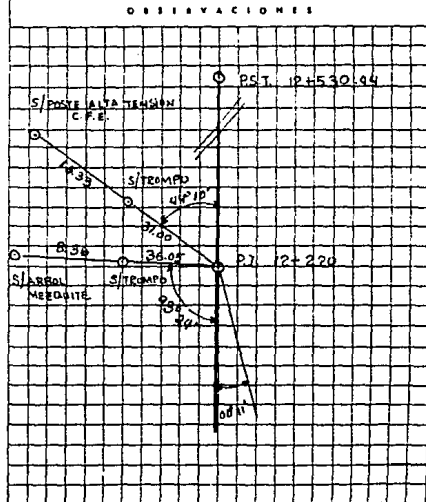
OBRA VIAL AMPLIACION DEL CAMINO ACTUAL

TRAMO LOS MOCHIS - TOPOLOBAMPO DE km 12+000 A km 15+000

SUBTRAMO LOS MOCHIS, CIN ORIGIN LOS MOCHIS, CIN

ESTACION	PUNTOS DE ESTACION	DEFLEXION	DAIOS DE CURVA	ANGULO MAGNETICO OBSERVADO	ANGULO ASTRONOMICO CALCULADO
12+480					
460					
440					
420					
400					
380					
360					
340					
320					
300					
280					
12+260					

TANGENTE = 316.44 MTS



TRAZO _____ REVISO _____ APROBADO _____

FECHA _____ FECHA _____ FECHA _____



Consultores Asociados en Proyectos y Caminos S. A.

Vista Hermosa 106 Bis Col. Portales 03300 México, D. F. Tel. 672-46-46

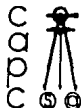
REGISTRO DE NIVEL

Hoja N° _____ de _____

OBRA VIAL AMPLIACION DEL CAMINO ACTUAL
 TRAMO LOS MOCHIS - TOPOLOBAMPO De km 12+000 A km 15+000
 SUBTRAMO _____ ORIGEN Los Mochis, Sin.

ESTACION	+	X	-	ESCURVA INTER- MEDIA	ELEVACION	TRAMO DE LIGA.	OBSERVACIONES		
BN=12-1	2.058	22.058			20.000				
11+820				2.45	19.61				
840				2.34	19.72				
860				2.39	19.67				
880				2.31	19.75				
900				2.20	19.86				
920				1.96	20.10				
940				2.11	19.95				
960				2.17	19.89				
980				1.46	20.60				
P.L.	1.080	22.114	1.624		21.034				
BN=12-1			2.116		19.998				

NIVELO _____ REVISO _____ APROBO _____
 FECHA _____ FECHA _____ FECHA _____



Consultores Asociados en Proyectos y Caminos S. A.

Vista Hermosa 106 Bis Col. Portales

03300 México, D. F.

Tel: 672-46-46

REGISTRO DE NIVEL

Hoja N° ____ de ____

OBRA VIAL AMPLIACION DEL CAMINO ACTUAL						OBSERVACIONES	
TRAMO LOS MOCHIS TOPOLOBAMPO						De km 12+000 A km 15+000	
SUBTRAMO						ORIGEN LOS MOCHIS, SIN.	
ESTACION	+	X	-	LECTURA INTER-MEDIA	ELEVACION		
BN=12-1	2.285	22.285			20.000	BN=12-1 S/PIEDRA ANCLADA EN CONCRETO	
12+000	P.S.T			1.76	20.52	BASE INFERIOR IZQUIERDA DE ESTRUCTURA METALICA A 37.20 M.C. IZQUIERDA DE EST. 12+000	
020				1.89	20.40	ELEV. PROM. = 20+000	
040				1.68	20.61		
060	O.C.			1.25	21.04		
068.33	O.C. AEROPUERTO			1.18	21.11		
076.20	O.C.			1.23	21.06		
080				1.48	20.81		
100				1.65	20.64		
120				2.52	19.77		
140				2.51	19.78		
160				2.53	19.76		
180				2.55	19.74		
P.L.	0.124	20.993	1.476		20.809		
200				1.20	19.74		
220	P.I.			1.24	19.60		
240				1.43	19.51		
260				1.32	19.62		
280				1.37	19.57		
300				1.37	19.57		
320				1.35	19.59		
340				1.65	19.29		
355.53	C.L.			1.29	19.65		

NIVEL _____ REVISO _____ APROBO _____
 FECHA _____ FECHA _____ FECHA _____



Consultores Asociados en Proyectos y Caminos S. A.

Vista Hermosa 104 Bis Col. Portales 03300 México, D. F. Tel. 672-46-46

REGISTRO DE NIVEL

Hoja N° _____ de _____

OBRERA VIAL AMPLIACION DEL CAMINO ACTUAL						OBSERVACIONES	
TRAMO LOS MOCHIS - TOPOLOBAMPO						De km 12+000 A km 15+000	
SUBTRAMO						ORIGEN LOS MOCHIS, SIN.	
ESTACION	+	\bar{X}	-	LECTURA INTER-MEDIA	ELEVACION		
		20.943				BN=12-2 S/PUNTO ROJO EN MOJONERA DE CONCRETO A 34.20 MTS. IZQUIERDA DE EST 12+551.	
12+360				1.53	19.41	ELEV. PROM. = 19.641 MTS.	
380				1.49	19.45	NIVEL CHECK	
400				1.51	19.43	$E + = 4.295$ 6.122	
P.L.	1.876	21.304	1.515		19.428	$E - = 4.653$ 5.762	
420				1.88	19.42	DIF = - 0.358 + 0.360 ERROR = +0.002 MTS.	
440				1.87	19.43		
460				1.92	19.38		
480				1.94	19.36		
500				2.10	19.20		
520				1.97	19.33		
530.49 P.S.T.				1.39	19.91		
540				1.78	19.62		
BN=12-2			1.662		19.642		
		CHECK					
BN=12-2	1.250	20.892			19.642		
P.L.	1.623	20.943	1.472		19.420		
P.L.	1.584	21.170	1.357		19.586		
P.L.	1.765	21.739	1.196		19.974		
BN=12-1			1.737		20.002		
NIVEL _____ REVISO _____ APROBO _____							
FECHA _____ FECHA _____ FECHA _____							



Consultores Asociados en Proyectos y Caminos, S. A.

Vista Hermosa 106 Bis Col. Portales 03300 México, D. F. Tel. 672-46-46

REGISTRO DE SECCIONES

Hoja N° _____ de _____

OBRA VIAL AMPLIACION DEL CAMINO ACTUAL

TRAMO LOS MOCHIS - TOPOLOBAMPO DE km 12+000 A km 15+000

SUBTRAMO ORIGEN LOS MOCHIS SIN

24.6	18.0	15.5	12.5	9.9	2.1	(12+120)	4.8	7.2	9.8	11.1	12.7	13.5	14.6	20.0	
0.2	0.6	1.5	1.5	1.4	0.4		0.0	0.5	-0.3	-0.6	-0.2	0.5	1.0	0.0	
	20.4	15.5	12.4	9.1	2.5	(12+100)	8.9	10.5	11.9	13.6	14.6	16.2	20.0		
	0.0	0.6	0.6	0.5	0.2		-0.6	-1.0	-1.4	-1.2	0.0	0.2	-0.6		
	21.0	15.3	12.6	9.2	3.4	(12+080)	13.8	15.3	16.4	17.5	18.8	20.0			
	-0.4	0.6	0.6	0.6	0.4		0.2	-1.2	-1.4	-1.0	-0.1	0.4			
		21.8	18.8	15.4	12.4	(12+076.20)			20.0						
		-0.9	-0.6	0.1	0.2				0.0						
		21.8	18.7	15.4	12.4	C. ASPTO. (12+068.30)			20.0						
		-0.9	-0.6	0.1	0.2				0.0						
		21.6	19.2	15.5	12.4	(12+060)	4.0	9.7	14.5	15.6	16.6	17.8	19.4	20.0	
		-0.9	-0.6	0.2	0.2		0.0	-0.5	-0.4	-1.4	-1.6	1.3	-0.4	-0.4	
	25.5	19.0	15.5	12.3	11.7	9.0	(12+040)	5.0	10.4	11.6	12.8	14.5	15.8	18.6	20.0
	-0.6	-0.2	0.6	0.6	0.4	0.6		0.3	-0.3	-0.7	-1.0	-0.7	0.0	0.3	-0.1
	20.4	12.3	9.2	4.5	1.7	0.8	(12+020)	1.0	6.5	8.3	9.1	12.5	13.0	17.0	20.0
	0.0	1.3	1.3	1.1	0.4	0.2		0.1	0.2	0.4	-0.4	-0.4	0.3	0.5	0.0
	22.0	19.3	16.4	12.1	4.2	1.8	(R.S.T. 12+000)	4.8	5.5	6.6	7.9	8.8	11.5	20.0	
	-0.4	-0.4	0.5	0.7	0.6	0.1		0.1	-0.8	-1.1	-0.9	-0.2	-0.2	-0.3	

SECCIONO _____

REVISO _____

APROBO _____

FECHA _____

FECHA _____

FECHA _____

Pasa a la hoja N° _____

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA



Consultores Asociados en Proyectos y Caminos, S. A.

Vista Hermosa 106 Bis Col. Portales

03300 México, D. F.

Tel. 672-46-46

REGISTRO DE SECCIONES

Hoja N° _____ de _____

OBRA VIAL AMPLIACION DEL CAMINO ACTUAL															
TRAMO LOS MOCHIS - TUPILORAMPO DE km 12+000 A km 15+000															
SUBTRAMO ORIGEN LOS MOCHIS, SIN.															
	20.7	15.6	12.3	9.2	5.9	12+420	8.5	10.2	10.7	11.0	11.3	12.0	13.0	20.0	
	0.6	1.3	1.4	1.3	0.3		0.1	0.5	0.1	-0.4	-0.3	0.3	0.5	0.0	
	20.6	15.5	12.3	9.4	6.0	12+400	3.5	8.0	9.8	11.7	12.8	12.9	14.0	20.0	
	0.7	1.3	1.4	1.3	0.3		0.4	0.0	0.5	-0.4	-0.3	0.0	0.5	0.0	
	20.4	15.4	12.3	9.4	5.7	12+380	8.0	9.9	10.6	12.0	13.0	13.2	14.0	20.0	
	0.6	1.3	1.4	1.3	0.3		0.1	0.5	0.1	-0.4	-0.3	0.2	0.4	0.0	
	25.0	19.9	15.6	12.2	9.3	5.3	12+360	8.7	11.0	12.6	13.3	13.5	17.0	20.0	
	0.0	1.0	1.4	1.5	1.4	0.3		0.0	0.3	-0.2	-0.2	0.3	0.1	0.0	
	20.5	15.6	12.2	9.2	5.8	5.8	C.L. 12+355.5	10.2	10.2	11.0	12.6	13.2	13.5	14.2	20.0
	1.0	1.4	1.5	1.4	1.1	0.5		0.0	0.5	0.3	-0.2	-0.2	0.3	0.6	0.2
	20.0	15.6	12.2	9.2	6.0	12+340	9.1	11.0	12.7	13.5	13.7	14.5	16.3	20.0	
	0.6	1.2	1.3	1.2	0.6		0.3	0.4	-0.2	-0.2	0.7	0.7	0.1	0.0	
	20.0	15.6	12.2	9.2	6.3	12+320	8.4	10.4	12.2	13.4	13.7	14.4	16.2	20.0	
	0.4	1.2	1.3	1.2	0.3		0.1	0.5	-0.2	-0.2	0.3	0.5	0.0	0.0	
	20.0	15.6	12.2	9.2	6.3	12+300	8.6	10.0	10.7	12.3	13.4	13.7	16.1	20.0	
	0.4	1.2	1.3	1.2	0.3		0.1	0.5	0.3	-0.2	-0.2	0.3	0.0	0.0	
	20.0	15.6	12.2	9.2	6.2	12+280	9.7	9.5	9.9	12.0	13.0	13.2	14.4	20.0	
	0.6	1.2	1.3	1.2	0.3		0.4	0.1	0.5	-0.3	-0.2	0.1	0.5	0.0	

SECCIONO _____

REVISO _____

APROBO _____

FECHA _____

FECHA _____

FECHA _____



Consultores Asociados en Proyectos y Caminos, S. A.

Vista Hermosa 106 Bis Col. Portales 03300 México, D. F.

Tel. 672-46-46

PARA LA HOJA NO. _____

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	T	-	LECTURAS NIVEL MEDIDA	ELEVA- CIONES
12+390	2.30	21.59			19.29
12+2530				2.16	19.43
12+22.90				1.69	19.90
12+22.80				1.21	20.38
NI-2 20.00				1.19	20.40
NI-1 6.00				1.30	20.29
12+590				1.83	19.76
↓				2.30	19.29
DER. 8.00				2.38	19.21
ND1 10.00				1.75	19.84
DER 12.00				2.56	19.03
ND2 20.00				2.26	19.34
12+360			2.18		19.41

CANAL

CAMINO LOS MOCHIS
 TRAMO TOPOLORAMPO
 SUB-TRAMO _____
 DE KM 12+000 A KM 15+000

NIVELO _____
 HORA _____
 FECHA _____
 TIEMPO _____

Est. 12+355.53 Obra TUBO 0.90 ø

Cuenca EXISTE ACTUALMENTE

Suelo UN TUBO DE 0.90 ø

Mat. del Cauce DRENA A LA DER-

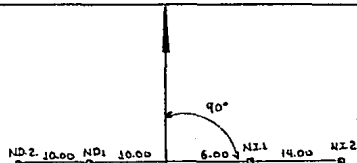
Mat. de Arrastre CHA. ES NORMAL

Coef. de Esc. EN TANGENTE

Fatiga terreno _____

Drena _____

CROQUIS





Consultores Asociados en Proyectos y Caminos, S. A.

Vista Hermosa 106 Bis Col. Portales 03300 México, D. F. Tel. 672-46-46

PASA A LA HOJA Nº _____

REGISTRO DE DRENAJE

ESTACION	+	T	-	LECTURAS INTER- MEDIAS	ELEVA- CIONES
12+520	2.23	21.62			19.33
NI 2393				1.52	20.10
120 2000				1.09	20.53
120 923				1.03	20.59
NI 623				2.59	19.03
¢				2.36	19.26
ND1 10.00				1.85	19.77
ND2 12.30				2.49	19.19
ND2 20.00				2.32	19.30
12+540				2.11	19.51

CANAL

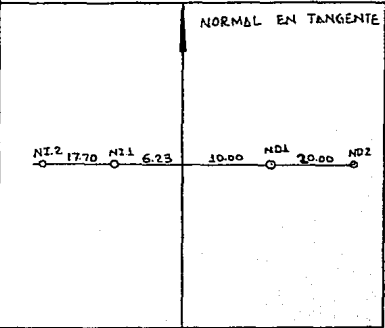
CAMINO LOS MOCHIS
TRAMO ITOLOLOCANPO
SUB-TRAMO
DE KM 12+000 A KM 13+000

NIVELADO _____
HORA _____
FECHA _____
TIEMPO _____

Est. 12+523.01 Obra TUBO 1:30 ¢

Cuenca EXISTE ACTUALMENTE
Suelo UN TUBO DE 1.30 ¢
Mat. del Cauce AREA ESTANCADA EN
Mat. de Arrastre EL CENTRO.
Coef. de Esc. AZOLVA TOTAL MEN
Fatiga terreno TE DE LODO IZQUIERDA
Drena

CROQUIS



7. COORDENADAS DEFINITIVAS

Si al efectuar el proyecto definitivo sobre la planta del proyecto preliminar, el primer lado del proyecto definitivo sufre modificaciones en su trazo. Se debe reorientar astronómicamente dicha línea, para obtener su rumbo astronómico y en base a este calcular los rumbos astronómicos calculados de los siguientes lados. Igualmente como se procedió al orientar la línea del trazo preliminar, se debe comprobar la poligonal con una nueva orientación a los 5 kilometros del trazo definitivo, checando de esta manera la poligonal; la cuál debe estar dentro de la tolerancia establecida en el trazo definitivo.

Con los rumbros de todos los lados, las distancias de ellos y las deflexiones, se calculan nuevamente las coordenadas de cada uno de los puntos del trozo definitivo, las cuales como se menciono antes, sirven de base para dibujar el trazo definitivo sobre la planta que se entregará para su evaluación.

Estas coordenadas definitivas y las orientaciones, también deben acompañar al paquete de hojas de registro, para la verificación y comprobación del dibujo.

Se anexan a continuación la hoja de coordenadas definitivas del kilometro 12+000 al kilometro 15+000, así como el registro de la orientación astronómica solar.



Consultores Asociados en Proyectos y Caminos, S. A.

Vista Hermosa 106 Bn Col. Portales 03300 México, D. F. Tel. 6724646 5325341

CALCULO DE COORDENADAS DEL TRAZO DEFINITIVO

Hoja No. ___ de ___

OBRA VIAL AMPLIACION DEL CAMINO ACTUAL

DE KM. 12+000 A KM. 15+000

TRAMO 10% MODAL - TOPOGRAMFO

ORIGEN LOS MARCHIS SIN

SUBTRAMO

SECCION	PUNTO OBSERVADO	ABSTANCIAS ALTAZ	TANGENTE	SUSTAN GENTE ADELANTE	DISTANCIA	DEFINICIONES UD DMS	RUMBO ASTRONOMICO CALCULADO	PROYECCIONES				COORDENADAS				
								MM	+1	-W	CON	MM	-1	E	N	
	PT=12+000		220.00				S 14° 16' W 0.241143					0.363588			100.000	100.000
	PT=12+000				220.00							63.84		213.97	99.94616	99.78649
	PT=12+000	PT=12+220										63.84		213.97	99.94616	99.78649
	PT=12+270	PT=12+230	210.44			0° 11'	S 13° 56' W 0.216314					75.01	0.970366		99.87115	99.48548
	PT=12+270	PT=12+230	220.81									84.77		210.42	99.78638	99.44563
	PT=12+270	PT=12+230			461.76							153.79		641.66	99.78637	99.44563
	PT=12+281.26	PT=12+230	375.51			0° 02'	S 14° 01' W 0.142204					80.45	0.978225		99.61567	98.72070
	PT=12+281.26	PT=12+230	187.48									45.41		181.40	99.65001	98.53850
	PT=12+281.26	PT=12+230	256.75									61.94		218.14	99.53807	98.36066
	PT=12+281.26	PT=12+230	181.80									44.03		176.39	99.53807	98.36066
	PT=12+281.26	PT=12+230	249.46									60.42		242.03	99.48367	97.93324
	PT=12+281.26	PT=12+230			1250.00							302.75		1217.78	99.48362	97.93325
	PT=12+312.26	PT=12+230	219.04			0° 03'	S 13° 58' W 0.241357					76.04	0.970436		99.40358	97.62652
	PT=12+312.26	PT=12+230	215.70									35.71		300.43	99.33787	97.32204
	PT=12+312.26	PT=12+230	280.00									87.58		271.72	99.26429	97.00077
	PT=12+312.26	PT=12+230			808.74							219.23		881.87	99.26424	97.00078
	PT=12+312.26	PT=12+230	370.55			0° 10'	S 14° 08' W 0.244179					78.27	0.964130		99.18607	96.79353

CALCULO

REVISO

APROBO

FECHA

FECHA

FECHA



Consultores Asociados en Proyectos y Caminos, S. A.

Vista Noturna 104 Bv. Col. Portales 05300 México, D. F. Tel: 672-46-46 532-53-41

ORIENTACION SOLAR

OBSERVACIONES

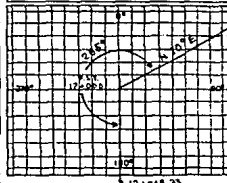
SER	POS	PV	TEMPODEL CENTRO	CIRCULO HORIZONTAL		CIRCULO VERTICAL
				A	B	
1	DIREC	SE	9 ^h 22' 30"	256° 45'	76° 08'	33° 43'
		INVER	9 ^h 24' 16"	75° 45'	255° 45'	33° 35'
		SE				
		SE				
PROMEDIOS			9 ^h 23' 23"	256° 15'	76° 08'	33° 38'

SER	POS	PV	TEMPODEL CENTRO	CIRCULO HORIZONTAL		CIRCULO VERTICAL
				A	B	
2	DIREC	SE	9 ^h 26' 40"	256° 45'	76° 26'	34° 18'
		INVER	9 ^h 27' 50"	76° 48'	256° 08'	34° 15'
		SE				
		SE				
PROMEDIOS			9 ^h 27' 15"	256° 17'	76° 16'	34° 16'

SER	POS	PV	TEMPODEL CENTRO	CIRCULO HORIZONTAL		CIRCULO VERTICAL
				A	B	
3	DIREC	SE	9 ^h 30' 00"	256° 06'	77° 06'	34° 43'
		INVER	9 ^h 33' 58"	76° 50'	256° 50'	35° 40'
		SE				
		SE				
PROMEDIOS			9 ^h 31' 29"	256° 28'	77° 09'	35° 11' 30"

OBSERVO J. F. L. M. S.
 ANIO 1977
 TRANSITO
 FECHA: 15/05/1977

DESARROLLO DE LA FORMULA		CALCULO			
CORRECCION POR INTERVALO		SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	SERIE 4
CORRECCION POR INTERVALO		2.0	0.2	0.6	1.5
CORRECCION POR INTERVALO		1.5	4.4	3.3	1.3
CORRECCION POR INTERVALO		1.5	4.6	3.9	1.3
CORRECCION POR INTERVALO		3.3	3.8	0.0	3.4
CORRECCION POR INTERVALO		5.6	3.2	7.0	5.5
CORRECCION POR INTERVALO		0.0	0.1	2.1	0.0
CORRECCION POR INTERVALO		5.6	2.3	2.7	5.5
CORRECCION POR INTERVALO		2.7	4.0	3.0	2.7
CORRECCION POR INTERVALO		6.8	1.7	1.8	6.7
CORRECCION POR INTERVALO		5.6	5.0	3.1	5.6
CORRECCION POR INTERVALO		4.7	2.2	1.8	4.7
CORRECCION POR INTERVALO		3.0	6.8	2.3	3.2
CORRECCION POR INTERVALO		9	2.2	1.5	9
CORRECCION POR INTERVALO		0	2.4	1.2	0
CORRECCION POR INTERVALO		0.045	0.045	1.463	0.045
CORRECCION POR INTERVALO		0.039	0.039	1.145	0.039
CORRECCION POR INTERVALO		1.695	1.695	4.251	1.695
CORRECCION POR INTERVALO		9	9	4.9	9
CORRECCION POR INTERVALO		4.5	4.5	0.5	4.5
CORRECCION POR INTERVALO		9.0	9.0	0.7	9.0
CORRECCION POR INTERVALO		2.5	2.5	6.6	2.5
CORRECCION POR INTERVALO		14	14	11	14



Camino LOS MOLINOS - TOPOLORAMPO
 Tramo 12+000 - 13+000
 Localidad AEROPUERTO
 Brigada de Localización N° 1
 Línea Orientación 12+000 Estación 12+058.33
 Rumbo Magnético Línea Orientada SUR FRANKO
 Coordenadas Geográficas del Origen del Tramo 13° 44' 33"
 Declinación 13° 44' 33"
 Cálculo J. F. L. M. S. Revisó
 Fecha 15/05/1977
 Fórmula empleada $\text{Sen}^2 A = \sqrt{\frac{\text{Sen}^2(2710-2) \text{Cos}(2710+2)}{\text{Cos } 2 \text{ Sen} 2}}$

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

- La selección de ruta es un proceso que involucra varias actividades, desde el acopio de datos, examen y análisis de los mismos, hasta los levantamientos aéros y terrestres necesarios para determinar los costos y ventajas de las diferentes rutas para elegir la mas conveniente. La elección de la mejor ruta entre varias posibles, es un problema de cuya solución depende del futuro de la carretera.

- Al localizar una línea es necesario hacer el estudio económico, es decir, el volumen y la clase de carga que se va a mover, el estado económico actual y el estado probable futuro, dado que estos influyen directamente en la clase de vía que se localiza.

- La selección de una línea y su adaptabilidad al terreno dependen de los criterios adoptados, del tipo y volumen de tránsito y de la velocidad de proyecto.

- Una de las maneras de obtener información detallada para efectuar un levantamiento, es contando con planos o cartas topográficas con curvas de nivel, a escala adecuada, sobre las cuales se hara un estudio antes de ir a campo.

- Empleando métodos fotogramétricos se pueden seleccionar las mejores rutas y trazos, llegando inclusive a la obtención de secciones transversales y cálculo de volúmenes.

- La manera más correcta de definir los puntos obligados, es mediante reconocimientos preliminares.

- Los reconocimientos son estudios directos que se hacen en el terreno en el cuál se desea alojar una vía que tenga los costos de construcción, operación, de transportes y de conservación mínimos.

- La localización al igual que el proyecto y construcción, son más que todo, producto de la experiencia de individuos y organizaciones especiales, existiendo no una, sino varias soluciones, debido a que todos los detalles, considerados, desde distintos puntos de vista; topográficos, sociales, económicos, etc., dan origen a múltiples soluciones.

- El objeto del trazo preliminar consiste en determinar por medio de una poligonal, el lugar donde se va a alojar la línea que se proyecta y en elaborar un plano topográfico con suficiente faja en donde se pueda hacer el estudio de la localización.

- La topografía, la geología, la hidrología, el drenaje y el uso potencial de la tierra, tienen un efecto determinante en la localización y en la elección del tipo de la carretera.

- El anteproyecto es el resultado del conjunto de estudios y levantamientos topográficos que se llevan a cabo con base a los datos previos, para situar en los planos obtenidos el eje que seguirá el camino.

- La línea definitiva viene a ser el eje del camino, la cual debe reunir las condiciones siguientes; poca pendiente pequeña separación respecto a la línea recta que uno dos puntos obligados, el menor número de cuestas ascendentes o descendentes, poca excavación o terraplén o bien que se compensen en parte, cruce de ríos o barrancas en ángulo recto, pocas curvas y que sean de radio grande, que no haya curvas inversas consecutivas de preferencia se deben eliminar o que exista al menos entre ellas una tangente de 50 m.

- Un trazo óptimo es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno.

- Los bancos de nivelación deben tener su elevación bien definida y que se conserve invariable.

- Cuando se traza el perfil de un camino, las especificaciones de proyecto estipulan las pendientes máximas permitidas y la distancia de visibilidad necesaria en las crestas

- Toda subrasante que se quiera proyectar sobre el perfil del trazo, deberá compensar lo más posible las excavaciones y rellenos, lograndose esto, pegandose lo más posible al perfil del terreno sin sobrepasar las máximas pendientes admisibles según el tipo de vía del proyecto.

- Las carreteras que se construyan en terreno plano, se deben alojar en terreno que no este sujeto a inundaciones, procurando que haya cierto declive a fin de que el agua pueda correr sin dificultad por las cunetas.

- La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la subrasante. En terrenos planos la altura es regulada por el drenaje, en lomerios las subrasantes son onduladas y en terrenos montañoso es controlada por las restricciones y condiciones del terreno.

- El camino debe ofrecer la menor resistencia a los vehículos, lo cual depende de la fricción entre las ruedas y el pavimento, de la falta de uniformidad en la superficie del mismo, de la falta de resistencia a fuertes pesos, pendiente del camino y de la resistencia del aire.

- La fuerza centrífuga es producida sobre cualquier cuerpo que se mueve a lo largo de una trayectoria curva, y esta fuerza tiene que equilibrarse por la resistencia que ofrecen los neumáticos a la superficie de rodamiento así como con ayuda de las curvas de transición, ancho y sobreelevación del camino.

- Deben evitarse las curvas antes de las cuestas, ya sean ascendentes o descendentes. Si hubiera necesidad de proyectar una curva en una cuesta, se debe disminuir la pendiente en la parte que esta abarque para contrarrestar la resistencia que ofrece la curva.

- Las curvas deben ser visibles a 80 ó 100 m. de distancia, a fin de evitar accidentes.

- La magnitud del radio mínimo depende de la clase de vehículos que van a circular, la velocidad de proyecto y el ancho de la carretera.

- La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y la velocidad de proyecto.

- La distancia de visibilidad debe ser tomada en cuenta en todos los casos, porque con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad en sí.

- El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser consistente con la topografía. Una línea que se adapta al terreno natural es preferible a otra con tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.

- Para una velocidad de proyecto dada, debe evitarse el uso de la curvatura máxima permisible, empleandola solo en condiciones críticas.

- Deben evitarse curvas forzadas después de Tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.

- En camino abierto debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas forzadas.

- Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, dado que estos cambios hacen difícil al conductor mantenerse en su carril, resultando peligrosa la maniobra. Estas deben proyectarse con una tangente intermedia, que permita el cambio de dirección suave y segura.

- Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre

ellas pero puede proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 500 m.

- Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas, pues la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan somnolencia, especialmente durante la noche, por lo que es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas amplias.

- El alineamiento horizontal debe estar coordinado con el vertical para evitar la apariencia de distorsión.

- La curvatura y la pendiente deben estar balanceadas ofreciendo lo máximo en seguridad, capacidad, velocidad, estética, facilidad y uniformidad en la operación.

- No deben proyectarse curvas horizontales forzadas en o cerca del punto bajo de una curva vertical en columpio, porque el camino da la impresión de estar cortado.

- deben evitarse dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección, separadas por una tangente vertical corta, particularmente en columpios.

- Un perfil escalonado es preferible a una sola pendiente sostenida, pues permite aprovechar el aumento de

velocidad previo al ascenso.

- La curvatura vertical sobrepuesta a la curvatura horizontal o viceversa, generalmente da como resultado una vía más agradable a la vista.

- A las curvas que tienen el grado de curvatura máximo, corresponderá una sobreelevación máxima.

- La ampliación de calzada se debe dar por regla general en la parte interior de las curvas del alineamiento horizontal.