

2
2ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE UNA CARRETERA POR
PROCEDIMIENTOS FOTOGRAMETRICOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO

TOPOGRAFO Y GEODESTA

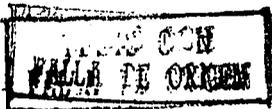
PRESENTA

FLORES HERNANDEZ JAVIER

RAMIREZ GOMEZ FRANCISCO

SOTO RUIZ RICARDO

CIUDAD UNIVERSITARIA 1992.





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.

INDICE

CAPITULO I	1
Introducción	1
CAPITULO II	3
Antecedentes	3
Definición de carretera	3
2.1 Clasificación por transitabilidad, por su aspecto administrativo y técnicamente oficial	3
2.2 Clasificación socio-económica de las carreteras	5
2.3 Historia	7
CAPITULO III	11
Estudios preliminares de rutas posibles	11
Reconocimiento terrestre	13
Reconocimiento aéreo preliminar	14
3.1 Fotogrametría	14
CAPITULO IV	19
Acopio de información	19
CAPITULO V	25
Reconocimiento directo, fotogramétrico y combinado	25
Reconocimiento directo	25
Reconocimiento fotogramétrico	45
Reconocimiento combinado	47

CAPITULO VI	49
<hr/>	
Toma de fotografías aéreas y usos correspondientes	49
CAPITULO VII	53
<hr/>	
Restitución fotogramétrica	53
Equipo de restitución	55
Estudios de anteproyecto	56
Proyecto definitivo	57
Alineamiento horizontal	58
Elementos de una curva circular simple	59
Deducción de las fórmulas empleadas para el cálculo de los elementos de una curva circular simple	62
Alineamiento vertical	70
Elementos de las curvas verticales	73
Estudios de drenaje	80
CAPITULO VIII	87
<hr/>	
Ventajas del método fotogramétrico en el proyecto de vías terrestres	88
Restricciones	88
Gráficos complementarios	89
BIBLIOGRAFIA	90
<hr/>	

CAPITULO I INTRODUCCION

El desarrollo de un país depende fundamentalmente de sus medios de comunicación, los cuales son poderosos instrumentos de civilización.

Debido al extenso territorio con que cuenta nuestro país, surge la necesidad de implementar nuevas y modernas vías de comunicación, básicamente terrestres, para aprovechar e incorporar a la economía nacional las diferentes zonas de producción y explotación.

El avance de la tecnología permite que en la actualidad el diseño y construcción de una carretera sea más fácil y de mayor precisión, lográndose un mejor aprovechamiento de los recursos humanos y naturales.

La fotogrametría ha demostrado su enorme eficacia y gran utilidad aplicada en las vías de comunicación terrestre; por ello las dependencias oficiales del país han decidido adoptar sus procedimientos y mantenerse actualizadas conforme a los avances de esta técnica.

En México ya se cuenta con los instrumentos más sofisticados, y con la ingeniería necesaria para lograr grandes avances en el proyecto y construcción de vías terrestres, tal es el caso de las nuevas carreteras México-Toluca, México-Acapulco, grandes obras de ingeniería como los puentes Tampico y Coatzacoalcos, obras en la que se ha aplicado la fotogrametría como tecnología de precisión y rapidez.

En esta obra presentamos de manera general, los procedimientos básicos para el diseño de una carretera utilizando la fotogrametría; esperando que la presente ayude a conocer y ampliar las nuevas técnicas de esta interesante rama de la ingeniería.

CAPITULO II. ANTECEDENTES.

Se considera como camino a todo el medio accesible al hombre para que se comunique de un lugar a otro, ya sea por algún medio de transporte o por su propio pie. Las características de un camino le dan nombre o lo hacen diferente a otro. Existen caminos rurales, vecinales y carreteros.

DEFINICION: Carretera es la adaptación de una faja de terreno de características geométricas apropiadas para el rodamiento adecuado de vehículos motorizados.

Se pueden distinguir varias clasificaciones, tales como las siguientes:

2.1. CLASIFICACION POR TRANSITABILIDAD, POR SU ASPECTO ADMINISTRATIVO Y TECNICAMENTE OFICIAL.

Clasificación por Transitabilidad.-

De acuerdo a las etapas de construcción de una carretera se dividen en carreteras de:

1) Terracerías.- Cuando se ha construido la sección de proyecto hasta su nivel de subrasante, transitable en tiempo de secas.

2) Revestida.- cuando sobre la subrasante se han colocado una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.

3) Pavimentada.- Cuando sobre la subrasante se ha construido totalmente el pavimento y su transitabilidad es permanente.

Clasificación Administrativa.-

Desde el punto de vista administrativo las carreteras se clasifican en:

1) Federales.- Cuando son costeadas íntegramente por la federación y se encuentran por lo tanto a su cargo para su conservación y mantenimiento.

2) Estatales.- Cuando son construidas por el sistema de cooperación a razón del 50 % aportado por el Estado donde se construye y el 50 % por la federación. Estos caminos quedan a cargo de las juntas locales de los estados.

3) Vecinales.- Cuando son construidas con la cooperación de los vecinos pagando éstos un tercio de su valor, otro tercio lo aporta la Federación y el tercio restante el Estado. Su construcción y conservación se hace por intermedio de las juntas locales de caminos o por lo beneficiarios.

4) De cuotas.- Las cuales quedan a cargo de la dependencia oficial descentralizada denominada Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, siendo la inversión recuperable a través de cuotas de paso.

Clasificación Técnica Oficial.-

Esta clasificación toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino y las especificaciones geométricas aplicadas. En México se clasifican técnicamente de la siguiente manera:

- 1) Tipo especial.- Para un tránsito promedio diario anual superior a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o más.
- 2) Tipo "A".- Para un tránsito diario anual de 1,500 a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos.
- 3) Tipo "B".- Para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1,500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo de 60 a 180 vehículos.
- 4) Tipo "C".- Para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos.

2.2. CLASIFICACION SOCIO-ECONOMICA DE LAS CARRETERAS.

A) Carretera de función social.

B) Carretera de penetración económica.

C) Carretera de Zonas en Pleno Desarrollo.

A) Carretera de Función Social.- Son aquellas que se construyen con el fin de incorporar todos los núcleos de población que viven marginados del movimiento social nacional. En nuestro país, existen núcleos de población dispersos y por lo tanto sin ninguna comunicación

propiamente dicha. Estos núcleos dispersos, precisamente por permanecer incomunicados, llevan una economía de subsistencia, concretándose a producir solamente lo indispensable y en estas condiciones no participan en el esfuerzo común por impulsar el desarrollo, sino que al contrario obran como una carga que gravita sobre los demás.

En términos generales, puede decirse que una gran parte de la población rural, no está localizada en las regiones de mayores recursos naturales y por el contrario ocupan zonas empobrecidas que fueron sede de antiguas culturas; por lo tanto, la introducción del camino motiva la migración interna espontánea de acuerdo con los intereses de la comunidad.

B) Carreteras de Penetración Económica.- Son aquellas que se construyen para abrir a la explotación regiones con una riqueza potencial, susceptible de ser explotada económicamente. En estas regiones se considera que el elemento fundamental para que inicie su desarrollo es el camino que provocará en su primera etapa, la explotación de los recursos agropecuarios y, posteriormente, inversiones en otros campos de la economía.

La riqueza de estas regiones puede ser de varios tipos como a continuación se mencionan:

- Zonas aptas para la agricultura.
- Yacimientos minerales.
- Bosques no explotados racionalmente.
- Zonas ganaderas.
- Litorales con riquezas pesqueras, etc.

C) Carreteras de Zonas en Pleno Desarrollo.- Son aquellos caminos que van a propiciar el desarrollo de zonas que por su ubicación y condiciones particulares, son aptas para la creación de grandes centros

industriales. En estos casos siempre ya con vías de comunicación existentes, por lo tanto se tienen datos de vialidad de las mismas.

Debemos entender por zonas en pleno desarrollo a aquellas que han superado las etapas anteriores y que por tal motivo son asiento de núcleos importantes de población y concentración económica.

2.3. HISTORIA.

Desde la más remota antigüedad los caminos han sido el sistema nervioso de la humanidad, pues facilitaron su comunicación y fomentaron su desarrollo. Ya en tiempos bíblicos de Moisés se hablaba de caminos reales, indicando con ello las grandes rutas públicas construídas y mantenidas a expensas del gobierno, utilizando el comercio y el rápido desplazamiento de los ejércitos. Los egipcios primero, los israelitas después y más tarde los griegos, dieron a sus caminos el nombre de reales.

Gran importancia se concedía en Grecia a las vías de comunicación terrestre, pues los caminos quedaban directamente bajo la fiscalización de Atenas. Los cartagineses, pueblo de comerciantes, fueron los primeros que empedraron los caminos; los romanos siguieron su ejemplo, construyendo amplias calzadas pavimentadas con lajas o empedrados, que constituyeron notables obras de ingeniería, la mayor parte de las cuales perduran hasta nuestro tiempo. Casi todas esas rutas forman la base de gran número de modernas carreteras y autopistas que cruzan casi toda Europa.

En México desde los tiempos más remotos, los viajeros fueron los pueblos mismos en masa, que se trasladaban de un lugar a otro en busca de un lugar adecuado para establecerse. La mayoría emigraron del Norte al Sur por las costas del Golfo y del Pacífico, hasta llegar a poblar la Mesa Central y la Mesa del Sur.

Es difícil precisar cuando quedaron establecidas rutas fijas de uso constante para comunicar los muchos pueblos prehispánicos entre sí,

desde luego se trata de los pueblos sedentarios, agricultores y pescadores establecidos en la región conocida como Mesoamérica.

Las primeras rutas establecidas fueron locales, destinadas a la comunicación entre los pobladores de un mismo grupo. En los códices se representan con dos líneas paralelas y entre ellas, figuran las huellas que dejan los pies al caminar. Eran veredas que conducían desde los sitios de las milpas y cultivos hasta el mercado común y el centro ceremonial religioso.

Fue principalmente para fines de comercio y de dominio que los guerreros se plantearon trazar por primera vez los caminos más accesibles hacia los lugares que se proponían conquistar; trazaban las mejores rutas para llegar a ellos.

En el momento de la llegada de los españoles, las principales rutas de Mesoamérica ya estaban trazadas; todas llevaban a Tenochtitlán y Occidente hasta el Nayar (Nayarit) y había comunicación con la zona Purépecha en Michoacán.

Lo cierto es que los españoles sólo transformaron las veredas prehispánicas en caminos de herradura, pero las extendieron hacia el Norte y hacía el Noroeste, conforme avanzaban en su colonización.

Humboldt da como testimonio las rutas principales de esta época y advierte que no hubo mejoras importantes en los caminos durante la época colonial, aunque algunos de éstos, los del altiplano, fueron convertidos en "carreteros" adecuados para viajar en carretas.

En la época independiente y, en realidad, hasta 1924, el panorama de los caminos mexicanos no cambió gran cosa, por lo contrario, empeoró durante los 11 años de la guerra de independencia y las guerras civiles que se suscitaron hasta el Porfiriato.

En el primer año de vida independiente se lee: **"Se puede decir que nuestras tres principales carreteras son: la carretera de Veracruz,**

Acapulco y la conocida como la de la tierra adentro que va de México a Santa Fe del Nuevo México".

Sin embargo, nada pudo hacerse hasta 1853 en que se creó el Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, al cual se encomendaron las obras públicas "y muy principalmente los caminos".

En 50 años de vida independiente no hubo cambios importantes en la red de caminos mexicanos.

La política de caminos fue muy precaria hasta antes de 1925; sólo a partir de este año se puede hablar de una verdadera política de caminos en México.

El C. Presidente Plutarco Elías Calles, creó la Comisión Nacional de Caminos y un impuesto especial sobre ventas de primera mano de gasolina, para dotar fondos a esta comisión, la cual se encargaría de construir, conservar y mejorar los caminos mexicanos. Este organismo fue primero independiente y en 1931, se agregó a la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas; se trataba entonces de construir carreteras casi "a como diera lugar".

Se inició con un organismo de participación estatal, la Constructora del Sur, S. A. de C. V., la construcción de caminos directos de cuota, el primero a Cuernavaca; tal organismo se ha convertido a partir del 3 de junio de 1959, en Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, que sólo administra y conserva los caminos directos de cuota.

Posteriormente se creó la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, que a través de sus diferentes dependencias se encargaba de planear, proyectar, construir y conservar toda la red de carreteras nacionales.

Actualmente, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes es la dependencia oficial encargada de realizar dichos trabajos.

En conclusión se puede decir entonces que México comienza la construcción de su red carretera en forma sistemática, en el año de 1925 con la creación de la "Comisión Nacional de Caminos". De ese año a la fecha, se han construido más de 198,918.16 km., de carreteras de diferentes tipos y con diferentes finalidades.

CAPITULO III. ESTUDIOS PRELIMINARES DE RUTAS POSIBLES.

El estudio de rutas es fundamental para el proyecto de un camino, pues en él deben compararse todas las alternativas posibles respecto a costo y beneficio, para seleccionar la que ofrezca mayores ventajas, tanto técnicas como económicas y sociales.

Se llama ruta a la faja de terreno entre dos puntos obligados (origen y destino), en la que es posible construir una carretera. El ancho de la faja puede ser variable dependiendo de las condiciones topográficas y del uso de suelo a lo largo de la ruta.

Los puntos obligados son aquellos sitios por los que necesariamente debe pasar el camino, por razones técnicas, económicas, sociales y políticas, tales como zonas productivas, puertos geográficos, poblaciones, etc., cuyos puntos dependen de los siguientes factores:

- 1.- Naturaleza topográfica de la región, que obliga el paso por los puntos más bajos, tales como: puertos en las cadenas montañosas, cruces de ríos y barrancas, etc.
- 2.- Naturaleza económica, que obliga el paso por poblados o ciudades cuya producción agrícola, minera, industrial o ganadera sea de tal

importancia como para que el paso del camino por ellos beneficie a la economía nacional.

3.- Naturaleza política, que obliga el paso por aquellas ciudades o poblados de importancia política.

La selección de ruta comprende el desarrollo de varias actividades de gabinete, basadas en la información cartográfica, que se pueda recopilar acerca de la región, por ejemplo planos de todo tipo: hidrográficos, orográficos, políticos, de tierras y suelos, geológicos, catastrales, etc., cuyos datos se buscan en las distintas dependencias tanto oficiales como privadas; pueden existir planos de distritos de riego que muestren canales existentes, diques y presas, así como planos de servicios públicos gubernamentales y privados que contengan la localización de líneas eléctricas, tuberías de conducción y otras instalaciones superficiales y subterráneas, como gasoductos, oleoductos, etc., que pueden tener gran influencia en la selección de una ruta; por otro lado, estos mapas son de gran utilidad para los estudios de reconocimiento posteriores.

Los mapas geológicos y de suelos tienen importancia porque muestran la formación geológica de la región; en cuanto a los mapas de suelos por lo general son hechos para fines agrícolas, pero que cumplen la misión de informar sobre los distintos tipos de suelos y de sus usos.

La topografía, la geología, el drenaje y el uso de la tierra por lo tanto, tiene un efecto determinante en la localización de un camino.

Los estudios preliminares se realizaban sobre cartas geográficas de la región antes elaboradas por la Secretaría de la Defensa Nacional a escalas de: 1:50,000, 1:100,000, 1:250,000; en cambio hoy se puede disponer de las cartas elaboradas por el INEGI, a escalas mejores: 1:50,000, 1:30,000, 1:25,000, etc., con los adelantos técnicos del momento.

Con toda esta información cartográfica, los ingenieros proyectistas se pueden formar una idea acerca de las características más importantes de la región, sobre todo de su topografía, hidrología y la ubicación de las poblaciones más importantes; y auxiliados por las cartas geológicas

existentes y por otro tipo de mapas elaborados con anterioridad que muestran la potencialidad económica de la región, se van estableciendo las rutas que pueden satisfacer el objetivo de comunicación deseado. Se deberá dar prioridad a aquellos puntos obligados primarios o principales que sirvan de guía al alineamiento general de la ruta; para esto la ruta en estudio se divide en tramos y estos a su vez en subtramos, designados generalmente con los nombres de los pueblos extremos que unen, o con el nombre de los parajes conocidos, como se ve en la figura siguiente.

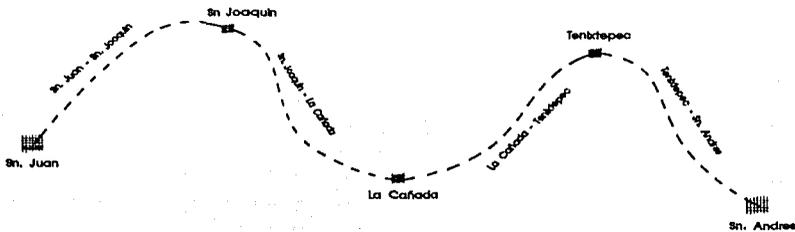


Figura No. 1

De esta manera es posible señalar sobre la carta varias rutas probables, es decir diversas franjas para estudio; en las diferentes rutas se apreciarán nuevos puntos de paso obligados, tales como: cruces de ríos, puertos intermedios que se encuentren, cruces con otras vías de comunicación, etc., esto dará origen a los puntos secundarios obligados de la vía. Al dibujarse las diferentes líneas que definen las posibles rutas, deben considerarse los desniveles entre los puntos obligados, así como las distancias estimadas entre ellas, para conocer de manera preventiva, la pendiente que registrará su trazado.

Un vez representadas las diferentes rutas en los mapas geográficos y estimadas las ventajas de cada una de ellas, se inicia el trabajo de campo con el Reconocimiento Preliminar directo del terreno conocido como Reconocimiento Terrestre.

El reconocimiento terrestre es un estudio general de una franja de terreno determinada por donde se pretende construir el camino, con el objeto de conocer los diferentes factores que puedan influir en la elección

de una ruta como la más conveniente que deba seguir el camino, además de fijar los puntos obligados intermedios.

Para el reconocimiento terrestre directo, realizado por el Método Tradicional se organiza una brigada de estudios y proyectos, que comúnmente se le conoce como brigada de localización, la cual se compone, a grandes rasgos, del siguiente personal: Técnico, prácticos, administrativos y jornaleros. Esta brigada tiene por objeto recorrer por diferentes medios (caminando, jeep, caballo, etc.), las alternativas de ruta y realizar sus respectivas anotaciones: topográficas, geológicas, hidrológicas, etc., de cada recorrido; y, fundamentalmente, va demarcando cada línea por medio de señales de pintura o de otro tipo, los puntos de inflexión o cambios de cada lado de la línea principal.

Reconocimiento Aéreo Preliminar.

Este reconocimiento tiene por objeto determinar las rutas que se consideren viables, a base de sobrevolar las rutas marcadas en la hoja cartográfica y determinar el área que se debe fotografiar a escala 1:50,000 ó a la escala más conveniente. Este procedimiento es conocido también como: "Método fotogramétrico"; debido a los ajustes que por estos medios se le hace al Reconocimiento preliminar. Antes de iniciar el vuelo los especialistas deben estudiar y memorizar las cartas geológicas y geográficas disponibles, a fin de que durante el vuelo observen las distintas rutas, estudiándolas dentro de su especialidad.

3.1. FOTOGRAMETRIA.

La fotogrametría es una disciplina compleja que tiene sus componentes básicos en: las matemáticas, técnicas para la formación de imágenes (fotografía, teledetección), técnicas para el procesamiento de imágenes y los equipos correlacionados, y, dentro de la cartografía y los

levantamientos, como parte de una disciplina geodésica más amplia y a la cual pertenecen las principales aplicaciones de la fotogrametría.

En la actualidad se acepta como definición de fotogrametría la expuesta por la S.A.F. (Society American of Photogrametry).

Es el arte, ciencia y tecnología de obtener información del relieve de objetos físicos a través de procesos de grabado, medición e interpretación de imágenes y patrones fotográficos de la energía electromagnética radiante y otros fenómenos.

Los conceptos fundamentales de la fotogrametría se iniciaron con perspectivas dibujadas a mano, destacándose en esta disciplina los trabajos e investigaciones sobre la geometría perspectiva realizada por Albert Durer (1471-1528), renombrado pintor y grabador. Las matemáticas involucradas en relaciones perspectivas fueron estudiadas por varias gentes, siendo de particular importancia los trabajos de J.H. Lambert (1728-1777), cuyo trabajo todavía es parte importante de la geometría proyectiva utilizada como base en algunas operaciones fotogramétricas.

Las perspectivas hechas a mano tuvieron limitaciones obvias, tanto por sus defectos geométricos como por la finalidad de los detalles. La cámara obscura proporcionó un medio mucho mejor para obtención de imágenes perspectivas. Inicialmente fue, literalmente, un cuarto oscuro con un pequeño agujero en una de sus paredes a través del cual se proyecta la imagen perspectiva del entorno exterior, sobre la pared opuesta. La cámara obscura descrita por un estudiante árabe al principio del siglo XI, nos hace ver que fue conocida para los árabes cultos antes de esa época.

En el siglo XVI se orientaron los esfuerzos hacia la corrección de las imágenes creadas por la cámara obscura y la reducción de ésta para hacerla portátil.

El desarrollo de la cámara obscura proporcionó uno de los dos componentes básicos de la fotografía, el otro sería una substancia capaz de registrar y retener la imagen creada en la cámara

A mediados del siglo XVII surge la invención de la emulsión fotográfica, realizada por Giovanni Battista Beccaria.

En el año de 1816 el francés Joseph Nicéphore Niépce demostró que usando papel tratado con cloruro de plata y después parcialmente fijando con ácido nítrico, podían obtenerse imágenes negativas expuestas en una cámara. a este proceso lo llamó Heliográfico. Dicho hecho histórico le valió a Niépce para ser nombrado como padre de la fotografía.

Por su parte Daguerre, después de algunos años de trabajo, desarrolla un proceso conocido como "Daguerrotipo", para la retención permanente de imágenes fotográficas; dicho invento lo mostró al físico Francois Arago, quien lo reportó a la Academia de Ciencias en el año de 1839.

Las bases matemáticas desarrolladas especialmente por Lambert, la invención y continuo desarrollo de la cámara oscura, la introducción de la cámara lúcida y, sobre todo la invención de la fotografía, hicieron posible el nacimiento de la fotogrametría.

Los fundamentos de la fotogrametría son debidos al Coronel francés Aimé Laussedat, considerado como el padre de la fotogrametría, quien creó el primer instrumento para levantamientos fotográficos y el primer procedimiento para trabajo de gabinete, iniciándose así el desarrollo de la fotogrametría cuyo primer período abarca de 1839 a 1900.

A consecuencia de las diferentes dificultades que era necesario vencer; por esa misma época se dan los inicios de la fotogrametría aérea, que se practicaba desde papalotes, cometas y globos. Esto fue con la necesidad de abarcar extensiones de terreno más grandes y hacer cartografía a base de fotografías.

Las pruebas desde globos, fueron primero que las que se hicieron desde cometas, así, con el intento fructuoso llevado a cabo en 1856, en el año de 1858 se pudo tomar la primera fotografía aérea en París, desde la barquilla del globo de Gobard, la cual era de tipo oblicua alta y fue tomada por el fotógrafo Nadar.

En el año de 1858, los señores King y Black hicieron pruebas fotográficas y aéreas, éstas de tipo oblicuas bajas, sobre la ciudad de Boston, de las que obtuvieron dos buenas fotografías desde globos en el año de 1881, y por ese mismo año comenzaron en Alemania.

En 1886 se hicieron los primeros ensayos en Rusia, cuando Kovanco tomó diversas fotografías aéreas desde las zonas fortificadas de Kronstadt y San Petesburgo desde un globo.

El segundo período de desarrollo de la fotogrametría abarca de 1900 a 1915; Pulfrich construyó el primer aparato con fines cartográficos; en 1910 se fundó la Primera Sociedad Fotogramétrica y en 1913 se celebró el primer Congreso Internacional de Fotogrametría.

El tercer período abarca de 1925 a 1930, en donde Oscar Mester construyó la primera cámara con fines métricos de carácter cartográfico.

En 1920 se construyó el primer autógrafo para fotografías de eje vertical o de eje inclinado.

En 1923, fue construido el primer estéreo-planígrafo, por la Casa Zeiss.

En el cuarto período de 1930 a la fecha es donde se efectúa la restitución de fotografías (modelo estereoscópico con el 60 % de sobreposición y distancia conocida), en este período se inicia la fotogrametría electrónica y la aplicación del radar.

En México se inicia la construcción de carreteras en 1925; en aquel tiempo, la localización y proyectos de carreteras eran muy laboriosos, lentos, costosos y sin llegar a tener la seguridad de que se estaba eligiendo la mejor localización posible.

Así se trabajó hasta el año de 1945, en el cual se empezaron a usar los reconocimientos aéreos, los cuales fueron muy útiles desde el principio y constituyeron un notable avance en éste campo.

En el año de 1949, se inicia la aplicación de la fotogrametría al proyecto de carreteras, a través del Departamento de Proyectos y Estudios Técnicos de la S.O.P., los primeros caminos en los que se aplicó esta nueva técnica fueron: México-Acapulco y Durango-Mazatlán. Con estos trabajos se reconocieron las ventajas de las fotografías aéreas y que los planos fotogramétricos tenían la precisión requerida.

En el 1958, una tercera parte de los estudios preliminares para el proyecto de carreteras se hacían mediante el uso de fotografías aéreas y planos fotogramétricos que se encargaban a las compañías privadas.

En los años de 1962 y 1963 es organizada la oficina de fotogrametría en la S.O.P., en donde se elaboran y desarrollan los métodos y programas de cómputo electrónico para el proyecto de carreteras. Actualmente la Secretaría de Comunicaciones y Transportes es la encargada de dichos trabajos.

CAPITULO IV. ACOPIO DE INFORMACION.

Para la realización de esta etapa tanto la topografía, como la geología, la hidrología y el uso de la tierra, son determinantes en la localización y elección del tipo de carretera, que junto con los estudios de planeación y de ingeniería de tránsito constituyen la información básica para el proyecto.

La planeación se puede considerar como la norma para realizar o rechazar la vía de comunicación que se desea, así como para fijar las características de la misma. En la planeación se realizan estudios socio-económicos, geográficos y políticos.

Los estudios socio-económicos que se realizan para caminos son en cada caso diferentes, teniendo como norma principal la economía tanto en su construcción como en su conservación.

Construir y conservar las vías terrestres, representa una de las principales preocupaciones del gobierno ya que éstas han coadyuvado al desenvolvimiento integral y equilibrado del país. En efecto, el menor costo en los transportes y la mayor facilidad de acceso a los servicios, aunado a la mejor distribución del ingreso nacional y al empleo de técnicas modernas especialmente en el sector agropecuario, contribuyen a elevar el nivel de vida del país.

Para analizar y encaminar las inversiones a un buen propósito, los principales lineamientos, en materia de carreteras, son los siguientes:

- 1.- Conservar en buen estado las obras existentes y modernizar las que lo ameriten, para asegurar con ello, un servicio eficaz y permanente.
- 2.- Terminar las obras que se encuentran en proceso de construcción con el objetivo de obtener los beneficios previstos oportunamente.
- 3.- Planear y construir nuevas carreteras que sirvan para crear la infraestructura básica a fin de acelerar el desarrollo agrícola, industrial, ganadero y comercial del país.
- 4.- Construir obras con el propósito de mejorar el sistema carretero en zonas ya comunicadas, conforme se requiera, tal es el caso de ampliaciones, acotamientos y autopistas.

Para cumplir con lo anterior, se debe establecer un equilibrio deseable entre los recursos que se asignen para las obras en servicio y los destinados a construir nuevas obras, esto es que los recursos humanos y materiales empleados, deberán ser distribuidos conforme a dicha asignación, con base en el principio de que las obras en sí, no constituyen un fin sino un medio para alcanzar metas de mayor trascendencia que contribuya a activar el proceso evolutivo de la nación.

Los estudios socio-económicos se realizan recabando los datos que nos proporcionan los censos que se llevan a cabo periódicamente relativos a la población, comercio, industria, turismo, agricultura, ganadería, pesca, minería, actividad forestal, etc., con esta información se puede realizar una evaluación de todas y cada una de dichas actividades, obteniendo el crecimiento que se ha tenido en cada área antes de establecer el camino. Al hacer dicha evaluación se puede dar una solución por lo que respecta a la necesidad económica del camino.

En cuanto al estudio geográfico, se deben consultar mapas y cartas topográficas con el fin de recabar toda la información de la zona en estudio, tales como:

Informes geológicos.

Informes Hidrográficos.

Informes sobre la Temperatura de la Zona.

Informes sobre el Tipo de Vegetación en la Zona.

Informes Demográficos sobre los Núcleos de Población.

En nuestro país contamos con las cartas elaboradas por la Secretaría de la Defensa Nacional y las del estudio del territorio nacional elaboradas por la antigua DETENAL, que dependía de la Secretaría de Programación y Presupuesto (hoy Coordinación de los Servicios Nacionales de Estadística, Geográfica e Informática). En estas cartas podemos estudiar la oro-hidrografía de la región. La distribución demográfica, vías de comunicación, así como el clima y la configuración geológica de la zona; con ésto, se pueden fijar las posibilidades físicas para construir el camino.

Por último, el estudio político determina, salvo casos muy especiales, el que se deba o no apegar a la política que sobre vías de comunicación se tenga de acuerdo al programa elaborado dentro del plan de desarrollo federal, sin olvidar los programas de los gobiernos estables elaborados de acuerdo a sus necesidades.

Generalmente, la información necesaria abarca los siguientes puntos:

- Factores económicos determinantes del desarrollo.
- Población.
- Uso de suelo.
- Transporte existente.
- Tendencia de los viajes.

- Terminales y zonas de transferencias.
- Características básicas de la vialidad existente.
- Volumen de tránsito y su composición.
- Normas.
- Fuentes de financiamiento.
- Factores sociales y de valores de la comunidad.

El estudio de ingeniería de tránsito forma parte de la información básica del proyecto. Dicho estudio consiste en analizar factores importantes como son: la determinación del volumen y tipo de tránsito probables (camiones y automóviles), y del tránsito generado con motivo de la apertura del nuevo camino.

De acuerdo a lo anterior el camino debe adaptarse a ciertas características geométricas de proyecto que sean las adecuadas para ese volumen y composición de tránsito.

Por último, se dan las especificaciones generales de proyecto que deberá absorber el tránsito probable en los próximos 15 ó 20 años (vida útil de esa nueva vía de comunicación).

En la recopilación de datos también está la obtención de fotografías aéreas de la zona en estudio, que pueden existir en compañías particulares y en otras dependencias gubernamentales.

Haciendo una evaluación en conjunto de lo anterior, se tendrán las soluciones que se deben seguir, pues ya se podrá elegir la ruta que se debe seleccionar, el tipo de camino por construir y sobre todo el financiamiento de la obra.

Los factores que determinan la economía en la construcción son los siguientes:

- Alineamiento.
- Desarrollo.
- Pendiente.
- Movimiento de tierra.
- Drenaje.

El proceso de planeación requiere de grandes cantidades de información que reflejan los patrones de comportamiento del crecimiento de la región en estudio.

Esta investigación debe estar relacionada con las metas y objetivos de la planeación. Tales metas podrán ser: mejoramiento de la ecología, optimización del tiempo de transporte de las personas, las cosas y otros. Sin embargo, estos objetivos son sumamente amplios y es necesario desglosarlos en otros más específicos como los siguientes:

- Minimización del tiempo del viaje.
- Minimización del costo del viaje.
- Capacidad del sistema acorde a la demanda.
- Seguridad, comodidad y confiabilidad del sistema.
- Distribución equilibrada de accesibilidad a centros de trabajo, de salud, educativos y comerciales.
- Fomentar la integración de la comunidad.

- Minimización de la contaminación ambiental, y otros.

Es de gran importancia la información directa de las dependencias anteriores sobre obras que se hayan efectuado con anterioridad o que se vayan a efectuar en la zona por estudiar.

Aunado a la información anterior, está el conocimiento de estudios y proyectos de obras que se hayan efectuado con anterioridad por otras direcciones de la propia Secretaría de Obras Públicas, tales como las de construcción, conservación y operación.

Con toda la información anterior (Topografía, Geología, Hidrología, etc., de la zona en estudio, estudios de planeación, ingeniería de tránsito, etc.), se abre el expediente del camino y se tienen todos los datos necesarios para llevar a cabo el reconocimiento directo y fotogramétrico, es decir, el reconocimiento combinado.

CAPITULO V. RECONOCIMIENTOS DIRECTO, FOTOGRAMETRICO Y COMBINADO.

El reconocimiento es un estudio general de la región; se desarrolla a lo largo de la zona de terreno entre las poblaciones que se van a comunicar y entre puntos obligados intermedios.

Como primer paso se debe pensar en el estudio detallado de la ruta a seguir, en función de las cartas geográficas, o cualquier elemento de este tipo que esté al alcance. En estos mapas se pueden elegir varias rutas que posteriormente se han de inspeccionar sobre el terreno, en forma cuidadosa.

Para realizar el *Reconocimiento Directo o Terrestre* es necesario contar con el personal debidamente especializado y con experiencia necesaria en este tipo de labores.

Una vez seleccionada la ruta que se va a seguir, se procede a organizar la brigada de localización, la cual se compone del personal: Técnico, Práctico, Administrativo y Jornaleros, agrupados en la siguiente forma:

TECNICOS:

- 1.- Un ingeniero localizador (jefe de la brigada).
- 2.- Un ingeniero trazador (sub-jefe de la brigada).
- 3.- Un ingeniero nivelador o un técnico práctico
- 4.- Un ingeniero drenajista.
- 5.- Dos topógrafos.
- 6.- Un curva-masero.
- 7.- Un dibujante.

PRACTICOS:

- 1,- Cadenero (1ª. y 2ª.).
- 2.- Estadaleros (1ª. y 2ª.).

ADMINISTRATIVOS:

- 1.- Empleado jefe de oficina.
- 2.- Bodeguero.
- 3.- Choferes.
- 4.- Cocineros.
- 5.- Veladores.

JORNALEROS:

El número de jornaleros es variable, pero generalmente se requiere de 20 a 25 peones de acuerdo a la vegetación de la zona y la importancia del camino; este mismo criterio se aplica al personal técnico.

Esta clase de personal queda distribuido de la siguientes forma:

- 1.- Aparateros.
- 2.- Baliceros.
- 3.- Cabo de brecheros.
- 4.- Estaqueros.
- 5.- Tromperos.
- 6.- Caballerango.
- 7.- Brecheros.

El reconocimiento se lleva a cabo usando instrumentos portátiles, tales como brújulas, aneroides, clisímetros, cuenta pasos, etc. La forma de llevar el reconocimiento depende de las condiciones de la región, pues unas veces será necesario hacerla a pie, otras a caballo, en jeep, avión o helicóptero.

Una vez decidido cómo se va a efectuar el trabajo, los datos a tomarse son los siguientes:

- Altura de los puntos obligados para obtener la diferencia relativa entre ellos, cosa que se puede llevar a cabo con el aneroides.

- Distancias entre los puntos obligados, haciendo uso del cuenta-pasos en los reconocimientos a pie, o empleando marcador de distancias de los vehículos cuando este sea el caso en la ejecución del reconocimiento.

- Pendientes aproximadas del terreno, dato que se obtiene de la diferencia de nivel entre los puntos y su distancia horizontal. La pendiente será el cociente de dividir el desnivel entre la distancia si el terreno es uniforme.

Cuando el terreno no es uniforme, es decir, que hay subidas y bajadas, entonces el clisímetro nos proporciona la pendiente. Para ello se coloca una persona con un estadal en un punto del terreno, a cierta distancia, y con el clisímetro se dirige una visual al estadal para hacer una lectura igual a la altura del ojo del observador, y así el clisímetro registra el ángulo que le visual forma con la horizontal, ángulo cuya tangente es igual a la pendiente.

Durante esta etapa el ingeniero anota todos los datos que considera convenientes y que le van a servir posteriormente, tales como la estructura y composición de la capa terrestre a través de reconocimientos superficiales, que permita por ejemplo, predecir la inestabilidad de un corte en una formación cavernosa, etc.

El reconocimiento geológico superficial también puede indicar la presencia de alguna estratificación, como de caliza en una de las rutas probables, estratificación cuyo echado puede ocasionar deslizamientos. El Ingeniero puede darse cuenta de la presencia de filtraciones que provengan de corrientes subterráneas y que puedan dañar el camino construido, por exceso de humedad.

El Ingeniero que realiza el reconocimiento puede recorrer la franja tantas veces como sea necesario, con el objeto de poder observar y realizar las anotaciones correspondientes e ir estableciendo los puntos obligados por donde deberá realizarse el trazo de la línea preliminar. Además el Ingeniero Localizador llevará a cabo las entrevistas con las autoridades locales para resolver los problemas que se presenten con propietarios de terrenos por donde pasa la línea o en su caso los ejidos afectados.

De esta manera con el reconocimiento se pueden obtener los datos generales para formar un croquis que complete los datos de las cartas geográficas y así hacer un plano aproximado de la región y los perfiles aproximados de las rutas posibles.

Una vez llevado a cabo el reconocimiento durante el cual se fijaron los puntos obligados de origen y destino y los intermedios también obligados por la topografía o por otras razones, se lleva a cabo el trazo preliminar, que no es más que una poligonal abierta, partiendo de un punto al que se le denomina km 0+ 000, y se van clavando estacas a cada 20m.; y en aquellos lugares accidentados y puntos notables que lo ameritan hasta llegar al vértice que sigue; continuando en esta forma a todo lo largo de la línea. Este trazo se realiza de acuerdo a los diferentes métodos topográficos de trazo, que aconsejan los tratados de topografía.

Los datos tomados en el campo se llevan en un registro de campo (libreta de tránsito); con el rumbo astronómico del primer lado y las deflexiones en los P.I.s se calculan los rumbos de los lados de la poligonal comprobando al llegar al siguiente lado orientado; para continuar se parte del rumbo del lado orientado hasta llegar a la siguiente orientación y así sucesivamente.

Con los rumbos y las distancias tomadas del registro de campo, se procede a calcular las coordenadas de los vértices de dicha poligonal, partiendo de un valor arbitrario para el origen, o de valores ya establecidos para dicho punto.

Teniendo calculadas las coordenadas del trazo preliminar, se procede a la construcción del o de los planos correspondientes, para lo cual se puede emplear papel dúplex u otro tipo de material, a base de cuadrícula rectangular, la cual consta de ejes perpendiculares y equidistantes cada 10 ó 20 cm. Estos ejes estarán orientados para el dibujo, de acuerdo con la dirección dominante de la línea preliminar. Generalmente los planos se dibujan a escala de 1:2000, y en terreno accidentado se usa 1:5000, o según las circunstancias del caso.

Una vez dibujada a lápiz la poligonal y después de revisada, se tinta y se cadena con un compás cada 20 m., de acuerdo a la escala empleada,

poniendo el valor del cadenamiento cada 100m. y los kilometrajes correspondientes a los P.I.s, y P.S.T., con lo cual queda terminado lo referente al trazo preliminar, como se ve en la figura siguiente.

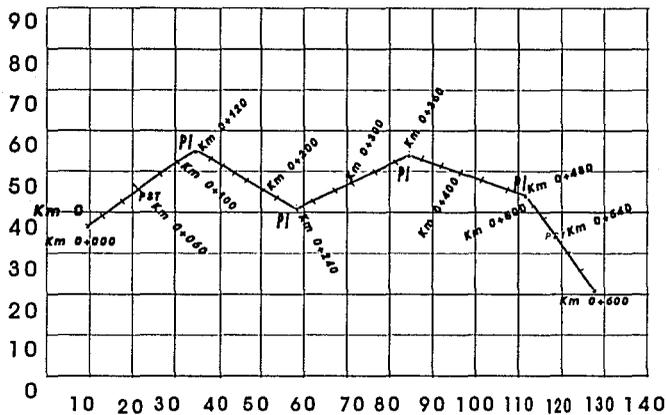


Figura No. 2

Nivelación de la Preliminar

La nivelación del trazo de la preliminar, se desarrolla conforme avanza el trazo; y tiene por objeto conocer el perfil del terreno por donde se trazo la poligonal preliminar, por lo tanto esta nivelación se lleva de perfil de ida y se comprueba de regreso con una nivelación diferencial; o también las dos nivelaciones en forma simultánea; en la nivelación de perfil se deben tomar las elevaciones de todas las estaciones de 20 metros, P.I.s y los P.S.T., además de los puntos sobre el alineamiento donde el terreno cambie de pendiente, al centímetro tan sólo.

Al principiar la nivelación se establece un banco de nivel "BN" cerca del origen del trazo; y para darle cota a este banco se averigua si próximo a éste hay algún punto de cota conocida referida al nivel medio del mar;

en caso de no haberlo se fija provisionalmente una cota arbitraria con un valor grande para no tener cotas negativas.

Una vez conocido el banco del nivel (B.N) de partida se procede a la nivelación de perfil hasta completar el primer tramo donde se fija un nuevo "BN", que por lo general es a cada 500m.; hecho lo anterior se procede a la nivelación de regreso para comprobar la nivelación de ida; la ubicación de los bancos debe ser lo más cerca posible de la línea, siempre y cuando queden a salvo de la construcción del camino.

Los bancos de nivel deben tener ciertas características como son: debe ser fijo (inamovible), perfectamente definido, de difícil destrucción y de fácil identificación.

Los puntos de liga (P.L.s) deben tener las mismas características de punto fijo definido, aunque después de la nivelación sean destruidos.

Como se sabe, las lecturas sobre el estadal se hacen al milímetro en los B.N. y en los P.L.s, las demás lecturas se hacen sobre el terreno al centímetro, tal como ya se dijo anteriormente.

Al fijar cada B.N. deberá comprobarse con el anterior por medio de una nivelación diferencial donde los P.L.s, son distintos a los de ida; lo mismo se debe procurar la lectura de salida distinta a la de llegada. La tolerancia esta dada por la fórmula:

$$T = 0.01 \sqrt{K}, \text{ en la que: } T = \text{tolerancia}$$
$$K = \text{kilometraje.}$$

En el caso de caminos, como los bancos quedan a cada 500 metros, el valor de la tolerancia es de 5mm. entre bancos de nivel.

Todos los Bancos de nivel se deben referenciar con respecto a la línea preliminar, en la forma del esquema siguiente; a cada B.N. se le debe poner la leyenda que le corresponda con pintura.

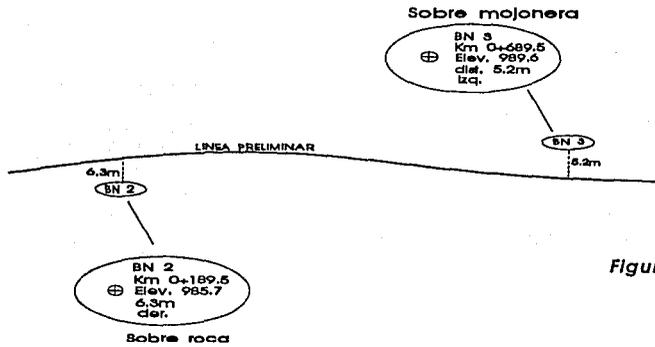


Figura No. 3

Se recomienda que se hagan todas las operaciones en el campo, pues en caso de errores se puede repetir la nivelación de perfil, en el sentido en que avanza el trazo.

En gabinete se vuelven a comprobar las operaciones de cálculo con calculadoras; y con las cotas de la nivelación se procede al dibujo del perfil en papel milimétrico a las escalas usuales horizontal 1:2,000 y vertical 1:200.

En la parte inferior del papel se anota el cadenamiento cada 100m.; en el extremo izquierdo y cada vez que sea necesario sobre la línea vertical las elevaciones a cada 10m., como se ve en el ejemplo siguiente.

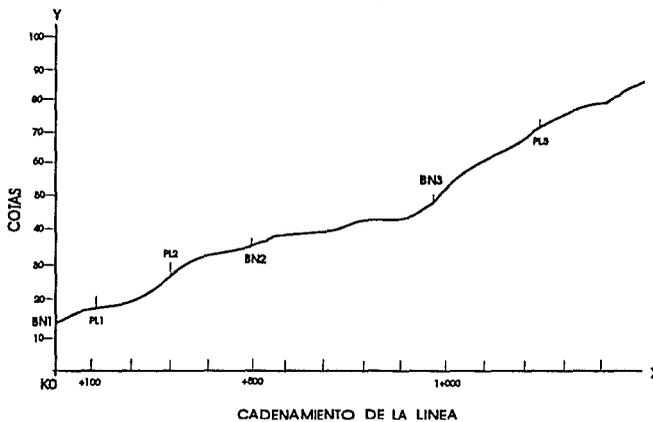


Figura No. 4

Para llevar a cabo una nivelación; se recomiendan las siguientes precauciones:

- a) Antes de iniciar la nivelación se debe comprobar el aparato.
- b) No se debe hacer la nivelación con el procedimiento de doble P.L.
- c) Las lecturas de los B.N.s y P.L.s que son al milímetro se deben anotar en la libreta hasta que se haya comprobado que la burbuja está en el centro del nivel y la lectura sobre el estadal es la correcta.
- d) Caminar lo menos que sea posible cerca del aparato y al hacer las lecturas que el pie del tripie no quede entre las piernas del operador.

EQUIPO NECESARIO.

- Nivel fijo o montado.
- Nivel de mano.
- Cinta de género de 20m.
- Estadales Filadelfia o de charnela.
- Una pequeña hacha.
- Un machete por cada peón.
- Un mazo y otros elementos.

Una vez obtenida la nivelación de la línea preliminar, se procede a sacar la configuración de toda la faja de terreno, esto se realiza mediante secciones transversales apoyadas en la poligonal que permite conocer los puntos de cota cerrada y la cota de los puntos notables del terreno utilizando el nivel de mano, la cinta de género y la brújula.

El ancho de la faja depende del tipo de camino y del terreno, generalmente en terreno plano o lomerío suave se requiere un ancho de 200 metros a cada lado de la línea, en lomerío fuerte basta con 100 metros a cada lado; cuando el trazo recae en la ladera con una pendiente transversal fuerte (terreno montañoso), basta con 60 u 80 metros de ancho de cada lado.

El nivelador necesita apoyarse en el trazo para iniciar su trabajo, el ingeniero topógrafo necesita conocer el trazo y la nivelación para efectuar el trabajo de seccionamiento o sea el levantamiento de las secciones de topografía. Estas secciones son normales a la línea preliminar y se trazan en cada estación de 20 metros, además en los puntos intermedios donde la topografía así lo requiera; en los puntos de inflexión (P.I.) es necesario obtener una sección, se saca una bisectriz en el lado de afuera y en la parte de adentro se saca completa la primera normal, la otra no se necesita, y en las secciones siguientes al P.I. solo se llegará hasta encontrar la sección anterior, tal como se ve en el esquema siguiente.

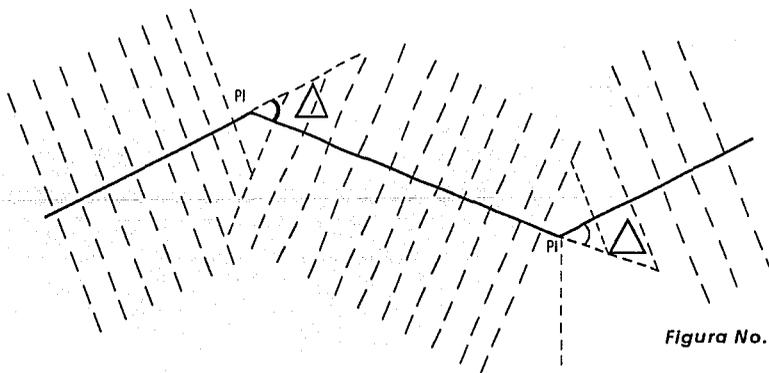


Figura No. 5

El Ingeniero topógrafo no se concreta únicamente a sacar la sección de topografía, sino que debe captar la formación del terreno anotándola en la libreta por medio de un croquis, así como todos los datos que se crea convenientes, como ubicación de alambradas, caminos, arroyos, construcciones, líneas de transmisión, etc., para que la reproducción en la planta topográfica sea la más exacta posible; el ingeniero topógrafo como

el trazador y el nivelador, deben ir al día con su trabajo, lo que se levanta en el día se debe calcular y dibujar, ya que de esta manera se tienen presentes todos los accidentes del terreno; pues en caso de algún error, rápidamente se puede corregir y no retrasar el trabajo.

Para las secciones de topografía hay varios procedimientos a seguir siendo el más empleado en caminos, el conocido como de "cota redonda". Este procedimiento consiste en obtener de la nivelación las cotas y kilometrajes correspondientes al tramo que se va a seccionar; se recomienda que los tramos (generalmente 10 secciones), correspondan alternadamente a los seccionadores pues de esta manera además de poder comprobar el correcto levantamiento al empalmar dos personas distintas, la distribución del trabajo es más equitativo ya que no hay manera de escoger tramos fáciles.

La manera de proceder es la siguiente: si no hay vegetación el mismo ingeniero topógrafo fija las normales en forma aproximada, extendiendo los brazos en la dirección de la línea y juntándolos lentamente al frente, en esa dirección clava una baliza a unos 20 metros, con esto y otra baliza junto al trompo se tiene la normal.

Otro procedimiento es por medio de la brújula, tomando primero el rumbo magnético de la línea y luego se gira la brújula 90 grados con las pínulas en esta posición se fijan las balizas que dan la normal a la línea.

Para controlar las cotas cerradas se necesita fijar la equidistancia vertical entre curvas de nivel.

Terreno ligeramente plano	Equid. V. = 0.5m.
Terreno lomerío suave	Equid. V. = 1.0m.
Terreno lomerío fuerte	Equid. V. = 2.0m.
Terreno montañoso (se emplean otros procedimientos)	Equid. V. = 5 a 10m

Por ejemplo:

$$\text{Estación 130} + 020, \text{ Elev} = 985.58$$

Curvas de nivel a cada 2 metros.

A la derecha sube el terreno, a la izquierda baja.

Se calcula la lectura de salida a la derecha.

$$\text{Cota del trompo} = 985.58$$

$$\text{Cota por buscar} = 986.00$$

$$\text{Desnivel} = 0.42$$

$$\text{Alt. ojo del obs.} = 1.60$$

$$\text{Lectura s/estadal} = 1.82$$

Se coloca el estadal en el trompo de la línea por la cual se desea hacer una sección transversal; con el nivel de mano se lee en el estadal sin ninguna condición se obtiene por ejemplo una lectura de 1.82 m; sumando esta lectura a la cota del trompo se obtiene la elevación de la línea de colimación, $985.58 + 1.82 = 987.40$. La primera cota, múltiplo de dos metros hacia arriba del trompo es 986 m, y el punto de esta cota en la sección transversal forzosamente debe ser el que de la lectura del estadal, por ejemplo $987.40 - 986 = 1.40$ m; por lo tanto se mueve el estadal hasta obtener esta lectura de 1.40 m, este punto es de la cota 986; se mide la distancia de este punto desde el trompo y se registran cota y distancia. Una vez obtenida la primera cota redonda, se pasa el estadal al punto de cota 986 m, el observador se traslada hasta un punto de donde se puedan leer 4 m del estadal, se mueve el estadal por la línea de la sección hasta el punto donde se lee 2 m que es el punto de cota 988.0 m, se mide la

distancia desde el trompo y se registran estos datos. Para encontrar el punto de la cota 990 m se sigue subiendo el estadal hasta leer 0.00 m y se mide a este nuevo punto registrándose estos datos. Se traslada el observador al punto de lectura de 4 m y se repiten las operaciones anteriores, y así sucesivamente hasta completar la longitud tal como se ve en el esquema siguiente.

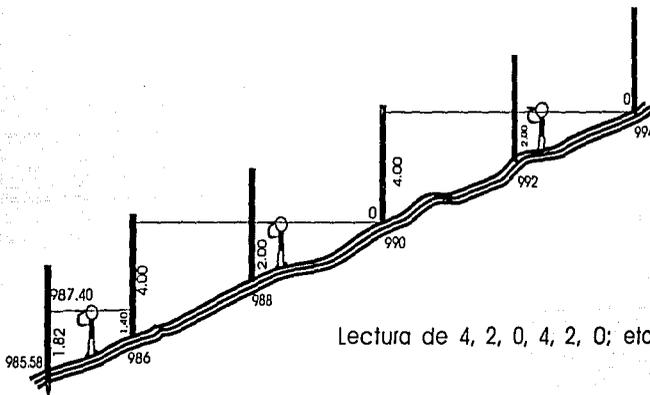


Figura No. 6

Lectura de salida a la izquierda:

Cota trompo = 985.58

Cota buscada = 984.00

Desnivel = 1.58

Altura ojo obs = 1.60

Lectura s/estadal = 3.18

Se coloca el observador en la estación y se mueve el estadal hacia abajo y al leer sobre el estadal 3.18 se pone una ficha y se mide teniendo

el punto de cota 984.00; se mueve el observador hacia abajo hasta leer en el estadal que está en el punto anterior 0.00; hecho lo anterior se mueve el estadal hasta leer 2.00 con lo que se obtiene la cota 982.00 y se mide su distancia, después se sigue moviendo el estadal hasta leer 4.00 con lo que tiene el punto de cota 980.00 midiendo su distancia, queda en este punto el estadal y se mueve el observador repitiendo la misma operación anterior hasta cubrir la longitud de la sección, como se ve en el esquema siguiente.

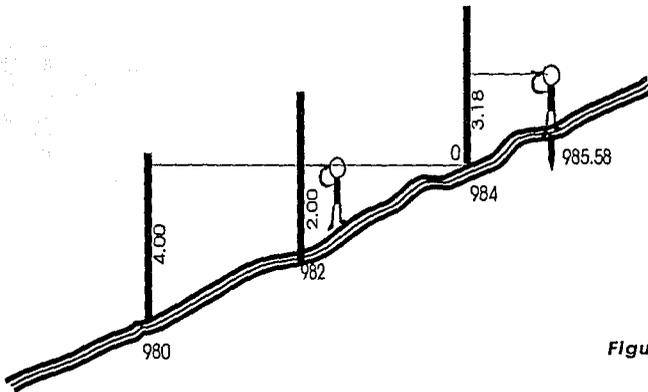


Figura No. 7

Otra forma es: calculadas las lecturas de salida si el terreno sube, se mueve el observador en dirección de la sección, hasta leer como en este ejemplo 1.82 m., se mide la distancia y se coloca una ficha en este punto; el estadal se mueve hasta la ficha y el observador se sube hasta leer 3.60 metros, se pone una ficha y se mide la distancia y se repite esta operación hasta completar la sección.

Desnivel = 2.00

Alt. ojo = 1.60

Lectura = 3.60

El terreno baja.- El observador se coloca sobre el trompo y el estadal se mueve hacia abajo hasta leer 3.18 y se tiene la cota 984.00 se mide la distancia y se pone una ficha; el observador se traslada hasta la ficha y el estadal se mueve hasta que se lea 3.60 (la misma lectura que en el caso anterior), en este punto se tiene la cota 982.00, se mide la distancia y se pone una ficha, repitiendo la operación hasta completar la longitud de la sección. En este método solamente se calculan las lecturas de salidas ya que las demás lecturas serán 3.60 metros sobre el estadal, lo que se hace es poner una marca en los 3.60 y solamente se visará hasta encontrar la marca, tal como se indica en el esquema siguiente.

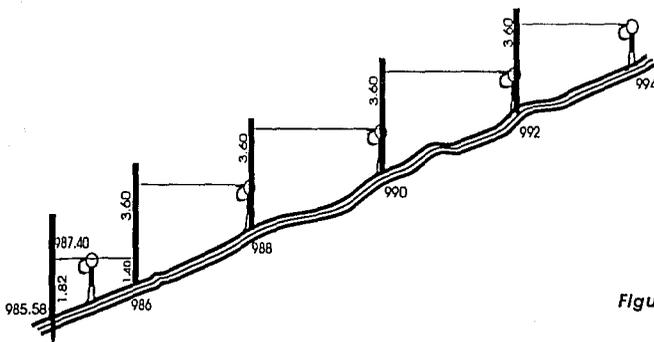


Figura No. 8

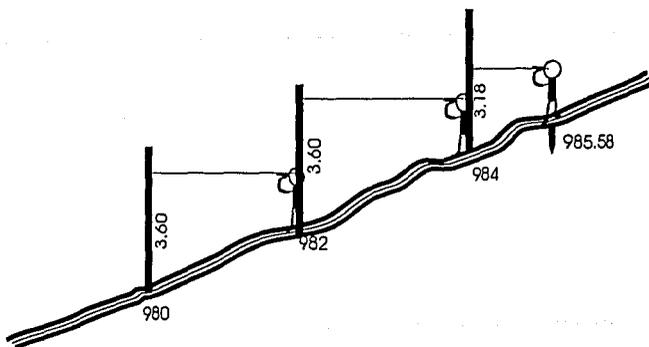


Figura No. 9

El registro se lleva en una libreta de secciones, en la hoja izquierda y en la derecha se llevan las notas y croquis, como a continuación se indica.

REGISTRO

sección izq. sección der.

<u>64.30</u>	<u>40.20</u>	<u>22.50</u>	<u>130 +020</u>	<u>12.00</u>	<u>22.50</u>	<u>42.50</u>
980	982	984	985.58	986	988	990

OTRA FORMA DE REGISTRO

sección izq. sección der.

<u>980</u>	<u>982</u>	<u>984</u>	<u>985.58</u>	<u>986</u>	<u>988</u>	<u>990</u>
64.30	↓ 40.20	↓ 22.50	130+020	12.00	↓ 22.50	↓ 42.50
24.10	17.70			10.50	20.00	

En el primer caso la parte de arriba de la raya indica la distancia del punto a la línea preliminar, es decir, el cadenamieto; y el número de abajo indica la cota.

En el segundo caso la parte de arriba indica la cota, el número de abajo la distancia total a la preliminar y los número de abajo a los anteriores son las distancias parciales entre los puntos o sea, la distancia que se mide en el terreno entre dos puntos consecutivos.

Una vez levantada la topografía en el campo, en gabinete se procede a transferir los datos en la planta donde está dibujada la poligonal preliminar, para lo cual se dibujan líneas normales en cada una de las estaciones y en los puntos auxiliares que se hayan tomado en el campo; ya dibujado lo anterior, se van pasando las distancias marcando las cotas correspondientes de cada sección (según la escala del plano). Pasadas las secciones de topografía, se marcan las cruces de cada cota en la preliminar para lo cual se vé el kilometraje correspondiente a cada cota en el perfil de la nivelación, estos puntos se llaman puntos de paso, con todo lo anterior se hace la configuración uniendo los puntos de igual cota; y para que la

configuración sea lo más apegada a la realidad, se auxilia con los croquis tomados en el campo sobre todo en las zonas donde hay arroyos, zanjas, etc.; una vez dibujada a lápiz y revisada la configuración, el dibujante procede a entintar las curvas de nivel siendo más gruesas las curvas de cotas cerradas de 10 en 10 metros, y las intermedias más suaves lo cual facilita conocer el valor de las cotas a la hora de proyectar.

Para el seccionamiento se requiere el siguiente:

EQUIPO

- Un nivel de mano
- Una brújula tipo de Brunton
- Un estadal de charnela
- Una cinta de género (20 ó 30 m)
- Un juego de fichas

MATERIAL

- Una libreta de secciones
- Un lápiz 3H
- Una goma de borrar (para croquis)

El trazo se debe hacer procurando una adaptabilidad al terreno de acuerdo al volumen y tipo de tránsito previsto, así como a la velocidad de proyecto, es decir, de acuerdo a las especificaciones geométricas del tipo de camino por construir; se debe buscar una combinación de alineamientos planimétricos y altimétricos que se adapten al terreno y que se cumplan los requisitos establecidos, lineamientos que se deben

estudiar. Simultáneamente para obtener la mayor seguridad y el balance entre los volúmenes de corte y terraplén.

Las especificaciones geométricas para el proyecto de un camino dependen fundamentalmente del tipo de camino que se pretende construir y del terreno donde éste se va a construir; y son:

- Alineamiento horizontal.
- Alineamiento vertical.
- Ancho de corona.
- Ancho de carpeta.
- Derecho de vía.

Las características geométricas de un camino determinado dependerá de las velocidades a las que se mueven los vehículos. Por lo tanto, la elección de la velocidad de proyecto, debe hacerse tomando en cuenta el volumen y composición del tránsito, así como de su incremento a través del tiempo.

ALINEAMIENTO HORIZONTAL.- Es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal, está formado por tramos rectos y tramos curvos.

Los tramos rectos se llaman tangentes horizontales y los tramos curvos están formados por curvas que enlazan a los tramos rectos y pueden ser curvas circulares simples, compuestas o de transición.

Las tangentes horizontales quedan definidas por su longitud y su rumbo. Las curvas circulares son los arcos de circunferencia que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas para pasar de una dirección a otra, tal como se ve en la siguiente figura.

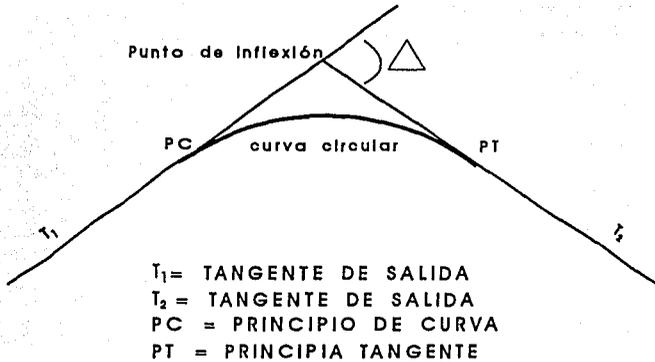


Figura No.10

Curvas de Transición.- Son las curvas que nos permiten pasar gradualmente de una tangente, (curva de radio infinito), a una curva circular (curva de radio finito), tanto por lo que se refiere a la dirección, como para dar la sobre-elevación en las curvas circulares y la ampliación que se requiere en dichas curvas como se ve en la figura siguiente:

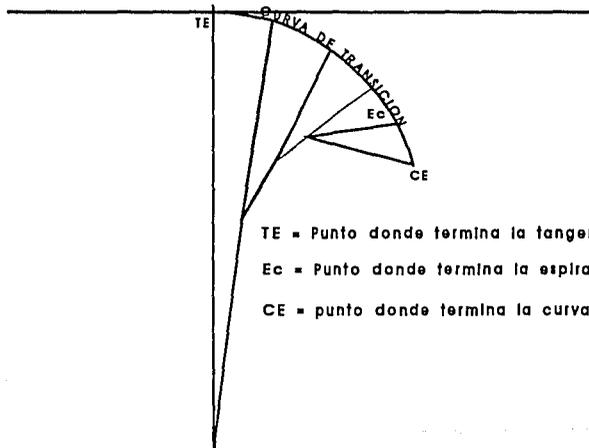


Figura No.11

ALINEAMIENTO VERTICAL.- Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de un camino, la cual recibe el nombre de rasante y si se trata del eje de la sub-corona, recibe el nombre de subrasante.

El alineamiento vertical está compuesto también de tramos rectos y tramos curvos, los tramos rectos se llaman tangentes verticales y los curvos son las curvas verticales que unen dos tangentes verticales consecutivas.

Las tangentes verticales quedan definidas por la longitud de su proyección horizontal y su pendiente, y están limitadas por dos curvas verticales consecutivas.

Las curvas verticales son arcos de parábola que enlazan a dos tangentes verticales sucesivas y nos permiten pasar gradualmente de una pendiente a otra, como se ve en el siguiente esquema.

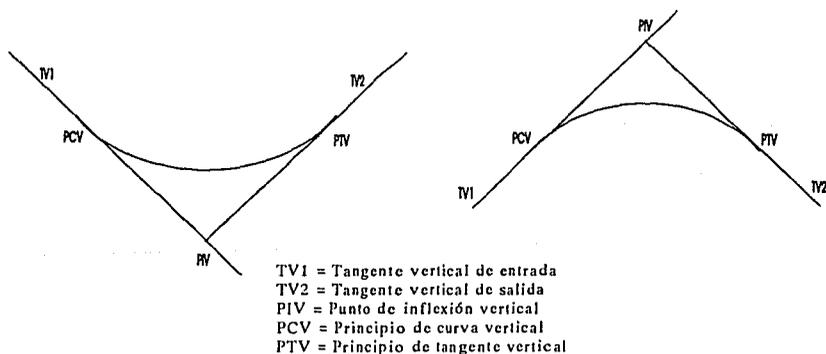


Figura No. 12

Los alineamientos tanto vertical como horizontal se deben considerar en forma simultánea ya que se complementa uno con otro. Con esto se logra un proyecto armónico, que da como resultado un camino económico, seguro y agradable.

RECONOCIMIENTO FOTOGRAMENTRICO

Para el estudio del reconocimiento fotogramétrico, es necesario contar con mapas y planos topográficos de la zona, actualizada de preferencia. De existir, planos de distritos de riego que muestren canales existentes, diques, presas, etc., y también proyectos futuros.

Planos de servicios públicos, gubernamentales y privados, que contengan la localización de líneas eléctricas, tuberías, gasoductos, oleoductos, y otras instalaciones que estén sobre el terreno o subterráneas, pueden tener gran influencia en la selección de una ruta, por lo que estos mapas son de gran utilidad para los estudios de reconocimiento.

El objeto primordial de un reconocimiento aéreo es obtener zonas que se configurarán mediante procedimientos fotogramétricos a escalas, 1:30,000 a 1:50,000.

El reconocimiento aéreo es el que ofrece mayor ventaja sobre los demás, por la oportunidad de observar el terreno desde la altura que convenga, abarcando grandes zonas, lo que facilita el estudio; se efectúa con avionetas y helicópteros, distinguiéndose tres reconocimientos aéreos.

A) El primer reconocimiento aéreo que se efectúa en avioneta y tiene por objeto determinar las rutas que se consideren viables y fijar el área que se debe fotografiar a escala 1:50,000, para que en ella queden incluidas con amplitud. Lo realizan técnicos especialistas en planeación, localización y geotecnia. Antes de iniciar el vuelo, los especialistas deben estudiar y memorizar las cartas geográficas y geológicas disponibles, a fin de que durante el vuelo observen las distintas rutas, estudiándolas dentro de su especialidad; así por ejemplo, el especialista en planeación verificará si la potencialidad de la zona concuerda con la que se ha supuesto en los estudios previos, observando las áreas de cultivo o de agostadero, así como las poblaciones que quedan dentro de la zona de influencia de las diferentes rutas; el especialista en localización verificará en el terreno si la ruta marcada en el plano es

correcta, sobre todo en lo relacionado con el relieve topográfico, ya que en las cartas, por ser escalas pequeñas, existe la posibilidad de cometer errores al marcarla. En caso de que haya discrepancia entre el terreno y el mapa con que se cuenta, la cual puede ser de índole local o general, se deberá buscar una nueva ruta que se ajuste a las condiciones reales del terreno.

El especialista en geotecnia comprobará desde el avión, la clasificación general de rocas y suelos, la morfología del terreno, la existencia de fallas y problemas de suelos. De acuerdo con el localizador observará la hidrografía de la zona, apreciando tamaños y tipos de cuencas para prever las dificultades que se pueden presentar en el cruce de las corrientes fluviales.

En este primer reconocimiento los especialistas tienen opción de volar sobre las áreas en estudio, tantas veces como crean necesario, a fin de escudriñar toda la zona de influencia del camino.

Al final de este reconocimiento deberán determinar la zona por cubrir con las fotografías a escala 1:50,000.

B) El segundo reconocimiento se lleva a cabo después de haber hecho la interpretación de las fotografías a escala 1:50,000 y tiene por objeto comprobar en el terreno lo estudiado en las fotografías; este reconocimiento se efectúa en helicóptero, lo que permite a los ingenieros descender en los lugares de interés y recabar en ellos información que consideren necesaria.

Al finalizar este reconocimiento, se delimita la zona que deberá cubrirse con fotografías a escala 1:25,000. Una vez realizado este trabajo, se hará el control terrestre necesario para poder estudiar estas fotografías sobre una mesa hasta una escala cinco veces mayor; sobre esa proyección estereoscópica, los ingenieros proyectistas estudian varias líneas, obteniendo sus perfiles y estimando los volúmenes de materiales por mover en cada una, lo que permite elaborar un presupuesto con una aproximación razonable, que pueda ser factor determinante en la elección de una de las rutas.

- C) El tercer reconocimiento, que puede ser aéreo o terrestre es propiamente un refinamiento del estudio que se ha efectuado en el Balplex, en el cual generalmente ya no interviene el técnico en planeación y se realiza a lo largo de la poligonal en estudio, llamada trazo preliminar del camino.

En este reconocimiento, un ingeniero especializado en estudios toponométricos de cruces, sustituye al ingeniero geólogo, con el fin de estudiar el comportamiento de los ríos y de acuerdo con el ingeniero localizador fija el lugar donde debe cruzarse.

RECONOCIMIENTO COMBINADO

Es una combinación de los dos anteriores y se lleva a cabo en las siguientes circunstancias:

- a) Cuando no se dispone de fotografías aéreas de la zona y existe la posibilidad de recorrerla en avión o helicóptero. El reconocimiento se hace en forma similar al que se describe como primer reconocimiento aéreo, con la diferencia de que al volar sobre la zona de posibles rutas, habrá que definir desde el aire las mejores, marcándolas en las cartas geográficas disponibles, para que posteriormente se recorran por tierra siguiendo los procedimientos indicados para el reconocimiento directo.
- b) Cuando se cuenta con fotografías aéreas de las zonas y de momento no es posible continuar con el reconocimiento aéreo. En este caso se hará la fotointerpretación de las fotografías con que se cuenta, marcando en ellas las diferentes rutas posibles. Si la línea llega a salirse de las fotografías disponibles, se utilizarán cartas geográficas para completar lo faltante, a fin de que al efectuar el reconocimiento terrestre se tenga una idea clara de la situación general de la ruta.

Teniendo delimitada el área a fotografiar a escala 1:50,000 o a la más conveniente, se procede a elaborar una diagrama de vuelo, el cual consiste en fijar las líneas que han de cubrir la trayectoria elegida durante el reconocimiento aéreo, para la toma de fotografías, con base en un plan de vuelo.

CAPITULO VI. TOMA DE FOTOGRAFIAS AEREAS Y USOS CORRESPONDIENTES.

La toma de fotografías aéreas a lo largo de la ruta propuesta para el proyecto de un camino, se ejecuta siempre con apego a un proyecto previo de vuelo llamado "Plan de Vuelo", en el cual se estipulan las especificaciones necesarias a las que debe sujetarse el piloto, tales como las siguientes:

 Volar a una altura constante durante todo el levantamiento, salvo pequeños cambios ocasionados por agentes atmosféricos ajenos al control de vuelo.

 Levantar el terreno en fajas rectas y paralelas según una dirección dada, procurando un traslape entre fotografías consecutivas, que por lo regular es de 60 % de las dimensiones de las fotografías; de igual manera entre fajas de vuelo debe verificarse un traslape entre 20 % a 40 %, pero que por regla general es de 30 % del tamaño del lado de la fotografía.

 Los levantamientos fotogramétricos para el proyecto de caminos, o para proyectar canales, son por lo regular en una sola línea de vuelo, es decir, en una sola faja de terreno, pero con diferentes direcciones, en atención a los cambios de la ruta propuesta para el camino. En estos casos se procura que la toma de fotografías tenga como eje central

aproximadamente la línea o eje preliminar del proyecto, como se indica en el esquema siguiente:

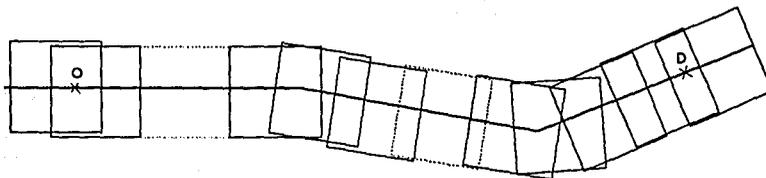


Figura No. 13

Cuando los cambios de la línea de eje preliminar no son muy pronunciados, el vuelo de toma de fotografías puede realizarse en una sola dirección; en cuyo caso el eje preliminar puede quedar un poco desplazado respecto al centro de la fotografía, pero con margen suficiente para el estudio o mejora de alternativas, como se indica en la siguiente figura:



Figura No. 14

La escala a que deben tomarse las fotografías debe ser aquella que se considere apta para varios procesos fotogramétricos subsecuentes; por ejemplo la escala de 1:25,000 tiene versatilidad, sin embargo, de existir fotografías tomadas con anterioridad, pueden usarse para esta fase de trabajo aun que estén a otras escalas, siempre y cuando no dificulten notoriamente el estudio a desarrollar con ellas.

Usos correspondientes.- Una vez contando con las fotografías aéreas por contacto de la franja de terreno a lo largo de la ruta propuesta, marcada en la hoja cartográfica correspondiente, se procede a usarlas en diversas formas, como las que a continuación se mencionan:

a) **Análisis estereoscópico.-** El análisis estereoscópico se realiza a lo largo y ancho de la franja de terreno que contiene la ruta propuesta, la cual ha sido transferida a las mismas fotografías, con el propósito de buscar otras alternativas, hasta llegar a establecer la más conveniente.

La transferencia del trazo, de una carta a las fotografías, se hace por detalle, es decir: se van identificando detalles gráficos y se comparan con las fotografías en cada punto de inflexión, que son los extremos de los lados de la ruta propuesta.

Acervo informativo.- Desde el punto de vista informativo la fotografía es insuperable; por tal razón, durante el análisis estereoscópico, se va obteniendo toda la información posible en relación con la existente a lo largo y ancho de la franja de terreno, con el propósito de ir encontrando los pasos adecuados de la vía en estudio.

Drenaje.- De igual manera se emplean las fotografías en los estudios previos de drenaje del camino en proyecto; en este caso, se obtiene información de la forma y extensión de las cuencas hidrográficas y de la forma de concentración de las aguas, para su estudio correspondiente en los lugares de cruzamiento con el camino en proyecto.

Fotointerpretación.- Otro uso muy significativo de las fotografías lo constituye la fotointerpretación, mediante la cual se logra información

acerca de la Hidrología, de la vegetación de los suelos, de la mecánica de suelos, propiamente en la construcción de caminos, etc.

CAPITULO VII RESTITUCION FOTOGRAMETRICA Y EQUIPO EMPLEADO.

El uso más importante de las fotografías está en el proceso fotogramétrico conocido como Restitución Fotogramétrica, cuya operación consiste en elaborar cartas y planos topográficos a través de modelos estereoscópicos restituidos.

En el caso que nos ocupa, se trata de planificar la franja de terreno necesario donde se alojará el proyecto del camino de que se trate. Por lo general, los planos para el estudio conocidos como plantas topográficas, se elaboran en dos fases y a diferente escala; en la primera fase se construyen planos a escala 1:10,000, con curvas de nivel a cada 2m., y se utilizan para estudios preliminares.

En la segunda fase se realizan planos con fines de proyecto definitivo, a escalas grandes como la de 1:2000, con curvas de nivel a cada 2m.; y la 1:1,000 con equidistancia vertical a cada metro, o según las condiciones topográficas lo requieran.

Tradicionalmente para la obtención de los planos topográficos, era necesario hacer levantamientos topográficos directos de campo en su totalidad, como hoy día todavía se hacen para el proyecto de caminos cortos; en cambio, actualmente con la ayuda de la Fotogrametría, tales trabajos se han reducido muy considerablemente, quedando en puntos de

terreno de coordenadas conocidas, a los cuales se les denomina como puntos de apoyo terrestre; cuya estructura sirve de base para los levantamientos indirectos, como en el caso de los procedimientos fotogramétricos.

Los puntos de apoyo terrestre sirven esencialmente para restituir los modelos estereoscópicos representativos de las partes del terreno fotografiado; de cuyos modelos se obtienen los planos topográficos correspondientes a las escalas deseadas.

Se ha estipulado que para poder restituir un modelo estereoscópico, son suficientes tres puntos de apoyo, pero bien distribuidos en cada modelo, como se indica en el esquema siguiente.



Figura No. 15

También pueden ser posiciones invertidas según la facilidad de identificación en cada caso. La cantidad de puntos de apoyo puede aumentar en razón directa de la precisión de los planos.

Coordenadas.- Para dar coordenadas a los puntos de apoyo terrestre, se desarrollan levantamientos topográficos por los métodos conocidos como poligonales y triangulaciones, ambos de lados largos. Las mediciones de los ángulos y de las distancias son de alta precisión, con el uso de equipo adecuado: teodolitos de segundo y distanciómetros de cualquier tipo.

Como para el proyecto de caminos sólo se requiere una franja de terreno de relativo ancho, con la línea de Eje Preliminar aproximadamente al centro, los puntos de Apoyo Terrestre pueden ser los PIs, o los puntos intermedios del mismo trazo, de ser posible, complementados con otros puntos de una sólo coordenada, la "Z", como se indica en las figuras siguientes:

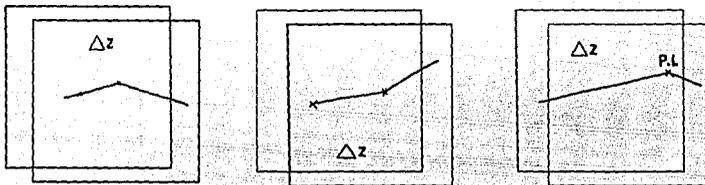


Figura No. 16

(En este modelo deben ser dos puntos de (x, y, z)).

Equipo de Restitución.- Los aparatos que se usan en la restitución de modelos y en la elaboración de los planos fotogramétricos, son de diseño especial; y son diferentes tanto en forma, tamaño, precisión, etc., pero todos ellos se sujetan a los mismos principios: reconstruir el haz de rayos fotográficos y tratarlos uno a uno para poder ubicar en el plano cada punto del terreno hasta lograr la integración de un plano. Los hay de primer orden, segundo y tercer orden; y se emplean según sea la precisión que se espera obtener. Sin embargo, se puede establecer que para planos con fines preliminares, se pueden utilizar aparatos de segundo orden; en cambio para planos de proyecto definitivo, se usan aparatos de primer orden. Hoy día, para no decir marcas ni modelos, están a la cabeza todos los aparatos electrónicos y automáticos en todo.

Planos Fotogramétricos.- Los planos fotogramétricos son insuperables en extensión, en detalles, en precisión y en economía; características que

se denotan en los análisis subsecuentes relativos a los alineamientos horizontal y vertical, en los cuales se buscan los mejores elementos de proyectos, como a continuación se describen.

ESTUDIOS DE ANTEPROYECTO

Un anteproyecto es la segunda etapa de los estudios de un camino; y consiste en marcar en los planos la mejor ruta del camino, después de haber analizado diferentes alternativas; y con ello quedan definidos tanto el alineamiento horizontal como el vertical. Se considera mejor ruta aquella que se llega a adaptar técnica y económicamente a la topografía del terreno, tanto en planimetría como en altimetría.

Variación de los Alineamientos.- No obstante lo anteriormente dicho, un alineamiento puede llegar a forzarse por la influencia de diversos elementos, tales como por necesidad del derecho de vía, por las afectaciones ocasionadas, por los cruces mas viables con ríos, por la naturaleza geológica del terreno, etc., cuyos efectos se manifiestan en las características geométricas del camino al evadir tales obstáculos; pero sin exceder los límites permisibles por las normas de los alineamientos, según el tipo de camino de que se trate.

Normas Generales para el Alineamiento Horizontal.- En cualquier tipo de camino deben observarse ciertas normas que son importantes para el logro de una circulación cómoda y segura. Para el tipo de camino de condiciones modestas como las de un camino alimentador, por ejemplo, en donde se consideran indispensables las siguientes:

- 1.- Ofrecer seguridad al tránsito considerado en el proyecto.
- 2.- Adecuados radios de curvatura y velocidad de proyecto.
- 3.- Distancias de visibilidad tan necesaria en todos los casos.
- 4.- Alineamiento direccional adaptable al terreno natural.

- 5.- Uso de curvas suaves y curvas máximas según las circunstancias.
- 6.- Evitar cortes y terraplenes frecuentes.
- 7.- Cruces económicos de arroyos y ríos, etc.

Normas Generales para el Alineamiento Vertical. De igual manera se cuenta con normas prácticas para un alineamiento vertical correcto, de las cuales se mencionan las necesarias para el tipo de camino que se cita como ejemplo.

- 1.- Adaptación de la subrasante a las condiciones topográficas; ejemplo, en terreno plano se regula en razón del drenaje; en lomerío, son rasantes ondulares y en terreno montañoso se restringe convenientemente al terreno.
- 2.- Evitar pendientes máximas y longitudes críticas, usando en todo lo posible subrasantes suaves con cambios graduales.
- 3.- Por seguridad de tránsito y estética de un camino, deben evitarse vados en curvas verticales muy cortas.
- 4.- Deben evitarse dos curvas verticales sucesivas en la misma dirección separadas por tangentes verticales cortas.

PROYECTO DEFINITIVO

El proyecto definitivo es la tercera etapa en el estudio de un camino; llamándose de esta manera al resultado final de diversas alternativas que se han analizado hasta llegar a establecer el Eje Definitivo del camino; quedando definidos también, el alineamiento horizontal y el alineamiento vertical, ambos con sus características geométricas para el tipo de camino en estudio.

ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal en el proyecto de un camino, es la proyección horizontal del eje del camino. Los elementos que lo integran son: tangentes, curvas circulares y curvas de transición o espirales.

TANGENTES.- Se llaman tangentes a los tramos rectos del camino y se unen con curvas que también se apeguen lo más posible a la línea " a pelo de tierra", esto es: a la topografía del terreno. La longitud máxima de una tangente esta condicionada por la seguridad de uso, ya que las tangentes muy largas pueden ocasionar accidentes; la longitud mínima de una tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la distancia necesaria para dar la sobreelevación y la ampliación en las curvas.

Las tangentes pueden cambiar de posición cuando con un nuevo trazo mas largo, se eviten curvas o se disminuya, por lo menos su curvatura; también puede adaptarse un trazo si se reduce la pendiente sin gran aumento de longitud o cuando se sustituyen algunas curvas innecesarias por una sola que permita buena visibilidad y que quede ligada a las curvas anterior y posterior, por tangentes de transición adecuadas que hagan del camino una ruta cómoda y segura.

Los rumbos y longitudes de las tangentes proyectadas se calculan con las coordenadas de los PIs, gráficamente en el proyecto definitivo.

CURVAS CIRCULARES.- Las curvas circulares son arcos de círculo y se emplean para unir dos tangentes consecutivas, como ya se dijo anteriormente. Los radios de curvatura dependen evidentemente de la clase y dimensiones de los vehículos, de la velocidad a que circulen, de las condiciones de la carga y de la pendiente longitudinal del camino.

CLASES DE CURVAS CIRCULARES	Simples
	Compuestas
	Inversas o Reversas

CURVAS SIMPLES.- Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple. En el sentido del kilometraje las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha.

Elementos Característicos de una Cura Circular Simple.- Grado de curvatura "G".- Se llama grado de curvatura al ángulo subtendido por una cuerda de 20m.

Subtangente "ST".- Es la distancia tangencial comprendida entre el Pc y el PI, o entre el PI y el PT.

Principio de Curva (PC) y Principio de tangente (PT).- Son los puntos de tangencia de la curva y las tangentes.

Radio de la Curva "R".- Es el radio de la curva circular.

Cuerda "C".- Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva.

Angulo de la cuerda "d".- Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada

Externa "E".- Es la distancia mínima entre el PI y la curva.

Flecha "f".- Es la ordenada media de la curva circular.

Cuerda Larga "CL".- Es la distancia entre el PC y el PT.

Longitud de Curva "LC".- Es la longitud del PC al PT.

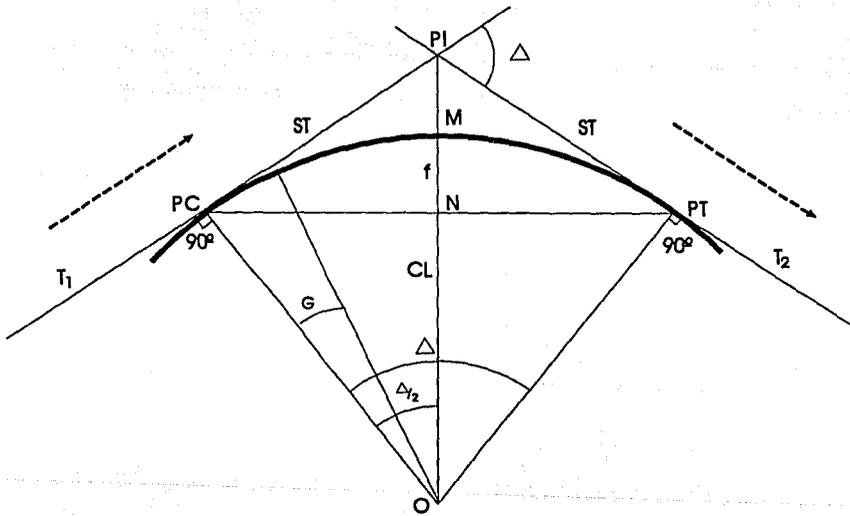


Figura No. 17

Descripción completa de la simbología usual en una curva circular simple.

T_1 = tangente de entrada.

T_2 = tangente de salida.

PI = punto de inflexión o punto de intersección.

Δ = deflexión.

PC = principio de curva o punto de comienzo.

PT = principio de tangente o punto de terminación

LC = longitud de curva.

CL = cuerda larga.

ST = subtangente.

O = centro de la curva.

R = radio de la curva.

M = punto medio de la curva.

N = punto medio de la cuerda larga.

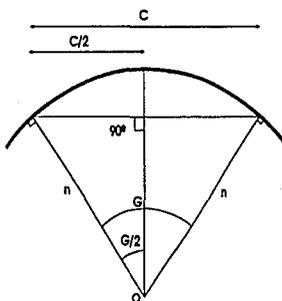
Ext. = externa.

f = flecha u ordenada media.

G = grado de la curva.

**DEDUCCION DE LAS FORMULAS EMPLEADAS PARA EL
CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE UNA CURVA CIRCULAR
SIMPLE.**

a) Grado de Curvatura "G".- De la figura No. 17, por trigonometría se tiene que:



$$\text{Sen } \frac{G}{2} = \frac{C/2}{R}$$

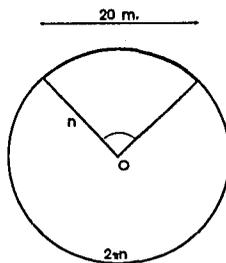
Para C = 20 metros

$$\text{Sen } \frac{G}{2} = \frac{10}{R} \dots\dots\dots(1)$$

Figura No. 18

b) Radio de la curva "R"

Por la proporción siguiente:



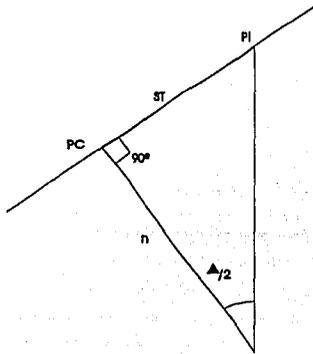
$$\frac{2n}{360^\circ} = \frac{20}{G}$$

$$n = \frac{(360)20}{2 \cdot G} = \frac{7200}{2 \cdot G} \dots\dots\dots n = \frac{1145.92}{G} \dots\dots\dots(2)$$

Figura No. 19

c) Subtangente "ST"

Del triangulo rectángulo que se forma, se tiene:



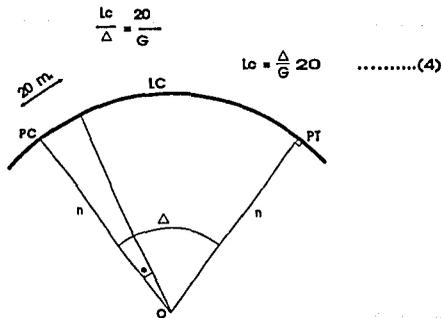
$$\tan \frac{\Delta}{2} = \frac{ST}{n}$$

por lo tanto $ST = n \tan \frac{\Delta}{2}$ (3)

Figura No. 20

d) Longitud de la curva "LC"

De la proporcion:



$$\frac{Lc}{\Delta} = \frac{20}{G}$$

$$Lc = \frac{\Delta}{G} 20 \quad \text{.....(4)}$$

Figura No. 21

e) Kilometraje del PC (Km, PC)

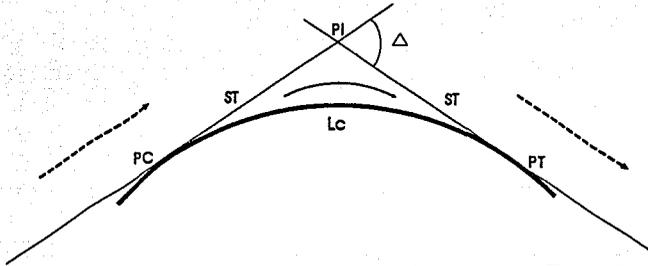


Figura No. 22

$$\text{KmPC} = \text{Km. PI} - \text{St.} \dots\dots\dots(5)$$

f) Kilometraje del PT (Km. PT).

$$\text{Km. PT} = \text{Km. Pc} + \text{LC} \dots\dots\dots(6)$$

g) Angulo de deflexión por metro, en minutos de arco (D' m)

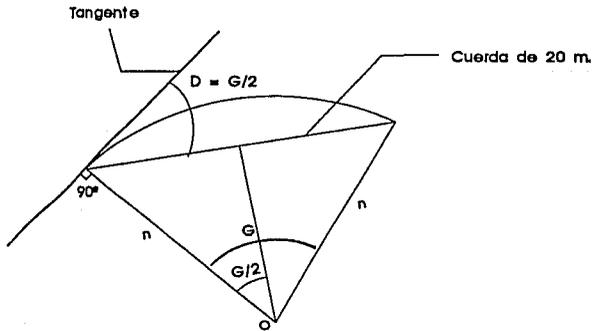


Figura No. 23

Si se designa D'm a la deflexión por metro, el ángulo de deflexión que corresponde a una cuerda de 1 m., se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\frac{Dm}{1} = \frac{\frac{G}{2}}{20} \quad \text{ó bien} \quad Dm = \frac{G}{40}$$

Se multiplica D'm por 60' para obtenerlo en minutos:

$$D'm = \frac{60}{40} G \quad \text{por lo tanto} \quad D'm = 1.5 G \dots\dots\dots(7)$$

h) Cuerda larga "CL"

De la figura No. 17 se tiene que:

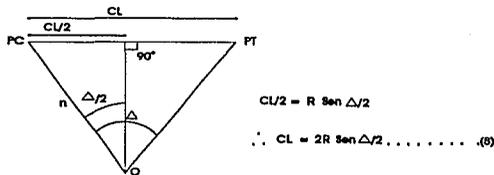


Figura No. 24

i) Flecha "f"

De la figura No. 17 se tiene:

$$f = OM - ON = R - R \text{ COS } \Delta/2 = R (1 - \text{COS } \Delta/2)$$

pero $(1 - \text{cos } \Delta/2) = \text{Sen Vers } \Delta/2$

por lo tanto $f = R \text{ sen vers. } \Delta/2 \dots\dots\dots(9)$

j) Externa (Ext.)

Por trigonometría también:

$$\cos \Delta/2 = \frac{R}{R + \text{Ext.}} \quad \text{por lo tanto} \quad \text{Ext.} = \frac{R}{\cos \Delta/2} - R$$

$$\text{Ext.} = R \sec \Delta/2 - R = R (\sec \Delta/2 - 1)$$

$$\text{pero } \sec \Delta/2 - 1 = \text{ext. sec. } \Delta/2$$

$$\text{por lo tanto } \text{Ext.} = R \text{ ext. sec } \Delta/2 \dots \dots \dots (10)$$

Grado máximo de Curvatura.- El grado máximo de curvatura es el que permite a un vehículo recorrer una curva con seguridad, con la sobreelevación máxima y a la velocidad de proyecto; para lo cual se tiene la siguiente relación

TIPO DE CAMINO	GRADO MAXIMO DE CURVATURA
Especial	11°
Primer Orden	28°
Segundo Orden	40°
Tercer Orden	40°

Criterio para el uso de Longitud de Cuerda.- Aunque la cuerda usada en nuestro país es de 20m., cuando el radio de la curva es corto, conviene emplear cuerdas de menor magnitud; por ejemplo, de 10.00m. ó de 5.00m., pues de otro modo el arco no se confundiría sensiblemente con la cuerda; por lo que se recomienda la siguiente relación:

Usar cuerdas de 20 m. para	$G < 10^\circ$
Usar cuerdas de 10 m. si	$10^\circ < G \leq 20^\circ$
Usar cuerdas de 5 m si	$20^\circ < G \leq 40^\circ$

Procedimiento para el proyecto de Curvas Circulares:

- a) Trazar en el plano la curva que mejor se adapte y calcular después su grado; sobre el plano de la preliminar en la que aparecen los dos alineamientos, se marca la bisectriz en el PI, y sobre ella con un compás y por tanteos, se traza el arco de círculo; luego se mide gráficamente el radio; ya conocido el radio, se calcula el grado de curvatura. Por facilidad se adopta el valor en grados, para volver a calcular el radio y este valor será el que se admita.

- b) Utilizar curvas de grado determinado y calcular todos sus elementos.- Para adaptar las curvas gráficamente a la línea "a pelo de tierra" se utilizan plantillas de papel transparente de corte circular y a escala del plano; luego, se van colocando tangentes a los dos alineamientos para saber cual es la curva que más conviene, escogiendo la que más se apegue al terreno. Si el terreno es accidentado, primero se acomodan las curvas y después las tangentes; y si es plano, se sigue el procedimiento en forma inversa.

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo de una curva horizontal, hasta la tabla de trazo.

Datos:

$$\begin{aligned} \text{Km. PI} &= 7+283.11 \\ \Delta &= 36^\circ 20' \text{ D} \\ G &= 5^\circ 00' \end{aligned}$$

Solución:

$$R = \frac{1145.92}{G} = \frac{1455.92}{5} = 229.18 \text{ m.}$$

$$ST = R \tan \Delta/2 = 229.18 \tan 18^\circ 10' = 75.20 \text{ m.}$$

$$LC = \frac{\Delta}{G} 20 = \frac{36.33}{5} (20) = 145.32 \text{ m}$$

$$\text{Km PI} = 7 + 283.11$$

$$- ST = 75.20$$

$$\text{Km PC} = 7 + 207.91$$

$$+ Lc = 145.32$$

$$\text{Km PT} = 7 + 353.23$$

$$D'm = 1.5 G = 1.5 (5) = 7.5$$

$$f = R \text{ sen Verso } \Delta/2 = 229.18 (0.0498463) = 11.42$$

$$\text{Ext.} = R \text{ ext. sec } \Delta/2 = 229.18 (0.0524613) = 12.02 \text{ m}$$

$$G = 5^\circ 00' \text{ por lo tanto } C = 20 \text{ m}$$

Estaciones	Cuerdas	Deflexiones parciales	Deflexiones totales
PC 7+207.91	12.09	1° 31''	0° 00'
+220.00	20.00	2° 30''	1° 31'
+240.00	20.00	2° 30''	4° 01'
+260.00	20.00	2° 30''	6° 31'
+280.00	20.00	2° 30''	9° 01'
7+300.00	20.00	2° 30''	11° 31'
+320.00	20.00	2° 30''	14° 01'
+340.00	20.00	2° 30''	16° 31'
PT. 7+353.23	13.23	1° 39''	18° 10' = $\Delta/2$
LC.=145.32			

El esquema siguiente es un ejemplo de alineamiento horizontal de un tramo del eje de un camino.

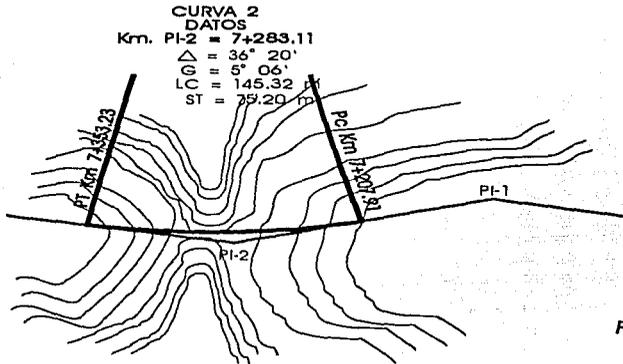


Figura No. 25

Las cuerdas de 12.09m. y 13.23m. de longitud menor que la empleada de 20m se llaman subcuerdas:

$$D1 = 7.5' (12.09) = 91' = 1^{\circ} 31'$$

$$D2 = 7.5' (20.00) = 150' = 2^{\circ} 30'$$

$$D3 = 7.5' (13.23) = 99' = 1^{\circ} 39'$$

$$\text{Comprobación } 145.32 (7.5') = 1090' = 18^{\circ} 10'$$

$$\frac{\Delta}{2} = 18^{\circ} 10' \quad \therefore \quad \Delta = 36^{\circ} 20'$$

En este ejemplo se prescinde de los otros tipos de curvas, como las de transición, porque el tipo de camino de que se trata no los amerita; aunque sólo se dirá que en el caso de curvas compuestas cada una se calcula por separado por ser de radios diferentes.

ALINEAMIENTO VERTICAL

El alineamiento vertical es la proyección del desarrollo del eje de un camino, sobre un plano vertical. En el perfil longitudinal de un camino la subrasante es la línea que define el alineamiento vertical y su posición depende principalmente de la topografía de la zona, esto es: de lo accidentado del terreno.

Los elementos que conforman un alineamiento vertical son las tangentes verticales y las curvas parabólicas que ligan dichas tangentes.

Proyecto de la subrasante.- La subrasante es el perfil de las terracerías terminadas del camino; y la rasante es el perfil de la superficie de rodamiento, paralela a la subrasante, y queda sobre ella.

La subrasante está formada por una serie de líneas rectas con sus respectivas pendientes, y unidas de una pendiente a otra por curvas verticales tangentes a ellas. Las pendientes en sentido del kilometraje o caminamiento son ascendentes o descendentes.

El proyecto de la subrasante se hace sobre el perfil del trazo definitivo, procurando compensar las excavaciones y los rellenos, pero sin sobrepasar las pendientes especificadas para el camino que se proyecta. Durante el desarrollo es necesario tomar en cuenta los puntos obligados, como son: cruces con caminos, vías férreas, oleoductos, líneas de alta tensión, barrancas, etc., ya que en estos lugares tanto el trazo como las elevaciones son elementos que limitan las posibilidades de compensar los cortes y terraplenes al proyectar la rasante.

Tangentes Verticales.- Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una pendiente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente, y su pendiente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma tangente.

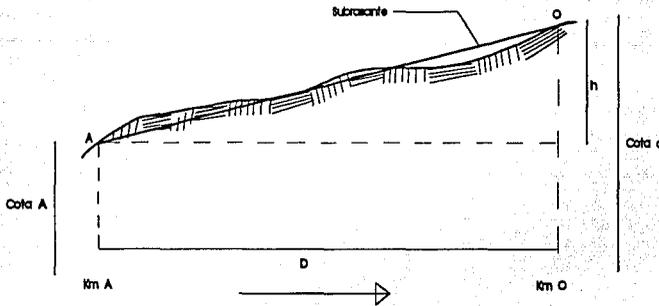


Figura No. 26

$$\text{Pendiente línea AO} = \tan \alpha = \frac{h}{D}$$

h = desnivel entre A y O

D = distancia horizontal entre A y O

PERFILES DEDUCIDOS.- Los perfiles de líneas trazadas sobre la tierra pueden ser longitudinales y transversales, como corresponde al trazo preliminar y a las secciones transversales; y por otro lado pueden ser levantados y deducidos. Son perfiles levantados cuando son por trabajos directos de campo, como la nivelación de perfil del Eje preliminar y de las secciones transversales; y son deducidos cuando los datos para su construcción son tomados de las plantas topográficas como a continuación se describe: el proyecto de un trazo se rige por tangentes y pendientes a base de ir cortando curvas de nivel de cota conocida; por lo que una vez establecido el Eje Definitivo; se puede deducir su perfil correspondiente con sólo ir registrando las cotas y las distancias de cada intersección entre eje y curva de nivel, como se ve en el ejemplo gráfico siguiente:

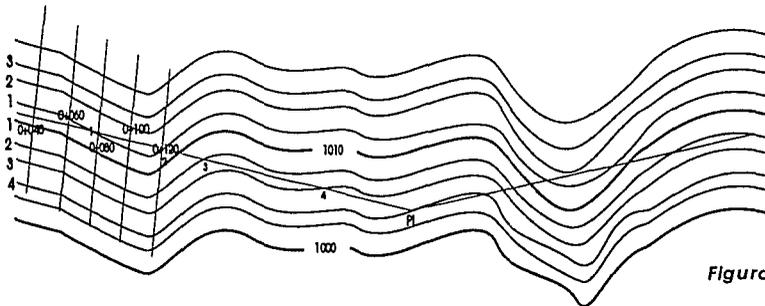


Figura No. 27

En el esquema anterior los puntos para el perfil serían: 1,2,3,4,5, etc., cuyas cotas serían las de las curvas intersectadas en el mismo orden anterior: 1012, 1014, 1012, 1010, 1008, etc., y el cadenamiento de cada punto, a la escala del plano, serían de 0 + 000 al punto 1, de 0 + 000 a 2, a 3, 4, 5, etc., esto es, en forma acumulada; y con ello se completan los elementos para el dibujo del perfil deducido del Eje Definitivo de un camino en proyecto.

Perfil Fotogramétrico.- Un alineamiento vertical requiere de un perfil lo más apegado al terreno, lo que se logra únicamente por procedimientos fotogramétricos, en virtud de que en esta forma se tiene el terreno a la vista a través del modelo estereoscópico, en donde se facilitan las lecturas de todos los puntos que se necesiten.

Para el desarrollo de este procedimiento, se requieren aparatos fotogramétricos de primer orden, fotografías a escalas grandes y puntos del terreno de coordenadas conocidas llamados puntos de Apoyo Terrestre o puntos de control terrestre, como también se les conoce.

El desarrollo es como a continuación se indica: una vez que se tiene nivelado el Modelo estereoscópico en el aparato de restitución, se va colocando la marca flotante en cada punto de interés a lo largo del trazo y los valores coordenados se pueden leer en los registradores del mismo aparato, a la vez que se van almacenando en tarjetas o en cintas magnéticas.

La rapidez y precisión del trabajo dependerá de la pericia del operador, tanto en el manejo del aparato como en la toma de puntos para el perfil.

Cada perfil se va desarrollando por tramos entre puntos de cota conocida, como si se tratara de una nivelación directa entre bancos de nivel.

Existen aparatos fotogramétricos con un sistema para perfiles, a cuyos implementos se les conoce como perfiloscopios; y hoy día ya se dispone de procedimientos electrónicos que facilitan enormemente el desarrollo de los perfiles.

CURVAS VERTICALES.- La liga entre dos tangentes verticales se hace mediante arcos de parábola, tanto por la suavidad que se requiere en la transición como por la facilidad de cálculo. Las curvas verticales contribuyen a la seguridad, apariencia y comodidad del camino y son de tanta importancia en el alineamiento vertical como las curvas circulares los son en el alineamiento horizontal.

ELEMENTOS DE LAS CURVAS VERTICALES

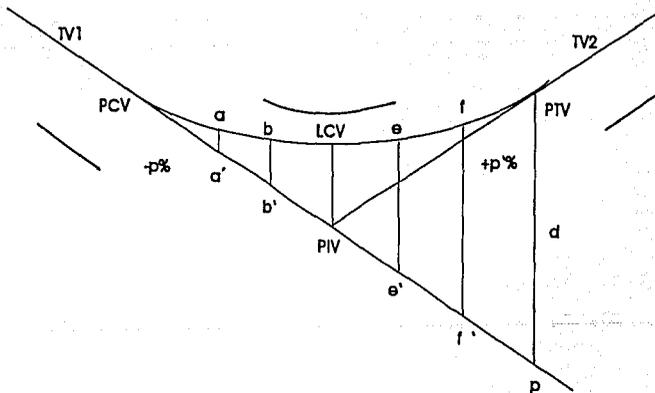


Figura No. 28

TV1= tangente vertical de entrada

TV2 = tangente vertical de salida

P% = pendiente de la tangente de entrada

P'% = pendiente de la tangente de salida

PIV = punto de inflexión vertical

PCV= principio de curva vertical

PTV = principio de tangente vertical

LCV = longitud de curva vertical

d = ordenada del PTV (Distancia vertical del PTV a la tangente de entrada)

p = punto de intercepción de la tangente de entrada y la vertical que pasa por el PTV.
 a', b' ... e', f' = puntos sobre la tangente de entrada
 a, b ... e, f = puntos sobre la curva
 aa', bb' ... ee', ff' = ordenadas de los puntos a, b, ... e, f de la curva vertical

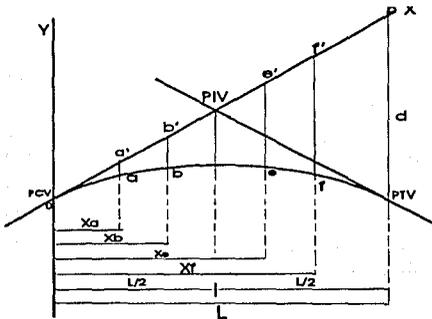


Figura No. 29

Ecuación de la parábola: $Y = Kx^2$ (1)
 $d = KL^2$ por lo tanto d/L^2 (2)
 $bb' = d/L^2(xb)^2$ (3)

$C = d/N^2 n^2$, por lo tanto $K = d/N^2$

En donde:

C = Corrección que hay que aplicar a la cota de una estación. Sobre la tangente para obtener la cota sobre la curva.

d = Ordenada del PTV.

n = Número de orden de la estación, contando a partir del PCV.

N = Número de estaciones de la curva vertical.

Existen condiciones para proyectar curvas verticales, como las siguientes:

- 1º Sólo se proyectarán curvas verticales cuando la diferencia algebraica de las pendientes por ligar sea mayor de 0.5%.
- 2º La distancia vertical mínima de tangente que deberá proyectarse entre dos curvas verticales será de 20m.
- 3º La longitud de la curva vertical se mide tomando como unidad una estación de 20 m.
- 4º Tanto en caminos como en ferrocarriles conviene que la longitud de la curva vertical sea de un número de estaciones enteras.
- 5º Cuando el PIV se localiza en estación cerrada y la longitud de la curva es de un número par de estaciones, se dará la mitad de ellas a cada lado del PIV.
- 6º Si el PIV cae en estación cerrada y la longitud de la curva es de número impar de estaciones, se agregará una más para hacerla par y repetirla en la forma anterior.
- 7º Cuando el PIV se localiza en media estación y la longitud de la curva es de un número par de estaciones, se agregará una más para hacer el número impar, repartiendo media estación a cada lado del PIV, con lo que el PCV y el PTV quedarán en estación cerrada.

LONGITUD MINIMA DE CURVA VERTICAL

$$LCV = P\% - (-P\%)/1\% = P + P'$$

por lo tanto $LCV = P + P'$

1% = Variación máxima admisible de pendiente entre dos estaciones consecutivas.

$P\% - P'\%$ = Pendiente por ligar.

Ejemplo de un desarrollo de curva vertical en cima.

Km. PIV = 70+930

Elev. PIV. = 95.56 m

$P = +4.6\%$

$P' = -6.0\%$

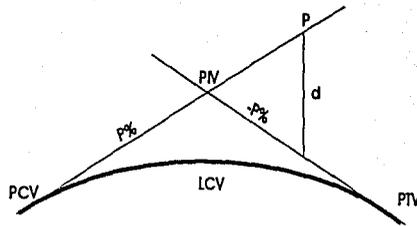


Figura No. 30

SOLUCION:

a) Longitud de la curva vertical

$$LCV = P - P' = 4.6 - (-6.0) = 10.6 = 11 \text{ Estaciones.}$$

$$LCV = 11 \text{ est.} = 220 \text{ m}$$

$$N = 11$$

b) Kilometraje del PCV. y del PTV.

$$\text{Km. PIV.} = 70+930$$

$$\text{Km. PIV.} = 70+930$$

$$-1/2(LCV) = -110$$

$$+1/2(LCV) = +110$$

$$\text{Km. PCV} = 70+820$$

$$\text{Km. PTV} = 71+040$$

c) Elevaciones del PCV. , PTV. y P

Elev. PIV. = 95.56m

Elev. PIV. = 95.56m

$-1/2(LCV) = -5.06m$

$-1/2(CV) P' = -6.60m$

Elev. PCV = 90.50m

Elev. PTV = 88.96m

Elev PIV= 95.56

$+1/2(LCV)P = 5.06m$

Elev. P = 100.62m

d) Cotas de las estaciones sobre la tangente de entrada:

Desnivel por estación: $h_{EST} = +4.60/5 = +0.92 m$

ESTACIONES	COTAS
PCV 70+820	90.50 +0.92
+840	91.42 +0.92
+860	92.34 +0.92
+880	93.26 +0.92
70+900	94.18 +0.92
920	95.10 +0.46
PIV 70+930	95.56 +0.46

ESTACIONES	COTAS
+940	96.02 +0.92
+960	96.94 +0.92
+980	97.86 +0.92
71+000	98.78 +0.92
+020	99.70 +0.92
P 71+040	100.62

c) Constante K:

$$K = d / N^2 = (\text{Cota P} - \text{Cota PTV}) / N^2$$

$$K = (100.62 - 88.90) / 11^2 = 0.09636$$

f) Correcciones que se aplican a las cotas dadas sobre la tangente para obtener las cotas sobre la curva.

$$\text{Aplicando la fórmula: } C = Kn^2 = 0.09636 n^2$$

Siendo "n" el número de orden de la estación, contada a partir del PCV.

g) Cota sobre la curva, según la tabla:

ESTACIONES	n	n ²	COTAS / TAN	C = Kn ²	COTAS / CURVA
PCV 70+820	0	0	90.50	0	90.50
+840	1	1	91.42	-0.10	91.32
+860	2	4	92.34	-0.39	91.95
+880	3	9	93.26	-0.87	92.39

ESTACIONES	n	n ²	COTAS / TAN	C= Kn ²	COTAS / CURVA
70+900	4	16	94.18	-1.54	92.64
+920	5	25	95.10	-2.41	92.69
PIV 70+930	5.5	30.25	95.25	-2.91	92.65
+940	6	36	96.02	-3.47	92.55
+960	7	49	96.94	-4.72	92.22
+980	8	64	97.86	-6.17	91.69
71+000	9	81	98.78	-7.81	90.97
+020	10	100	99.70	-9.64	90.06
PTV. 71+040	11	121	100.62	-11.66	88.96

NOTA: La curva calculada es en cima, por lo cual las correcciones son negativas. En el caso de una curva en columpio, las correcciones serían positivas y se sumarían a las cotas dadas sobre la tangente.

La cota del último punto debe ser igual a la calculada para PTV.

Diferentes tipos de curvas verticales que se pueden usar según las necesidades de proyecto:

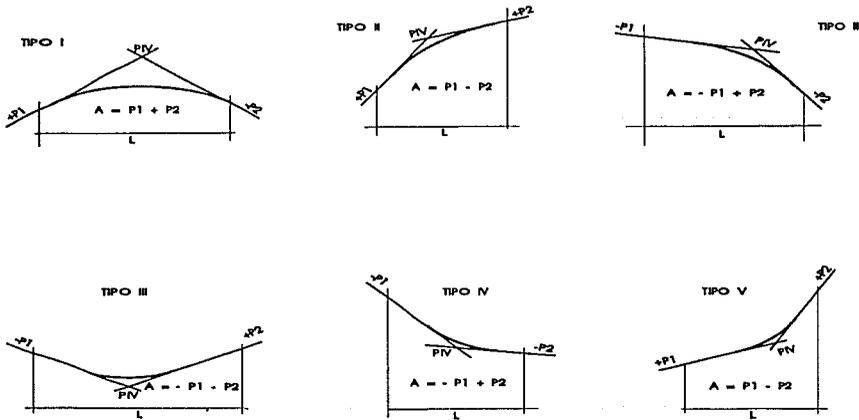


Figura No. 31

Nomenclatura:

P_1 = pendiente de entrada

P_2 = pendiente de salida

A = diferencia de pendientes

L = longitud de la curva por unidad de pendiente $K = L / A$

ESTUDIOS DE DRENAJE

Se entiende por drenaje a las distintas obras que se realizan para conducir el agua hacia sitios apropiados, de tal manera que no llegue a perjudicar al camino durante y después de su construcción; lo cual se sujeta a una serie de estudios de tipo especializado.

De acuerdo con la forma de escurrimiento, las obras de drenaje pueden ser superficiales y subterráneas:

- 1.- Drenaje superficial.-** Se llama así a las distintas obras que se construyen para eliminar el agua que escurre encima del terreno o del camino, sin inportar su procedencia; pero que generalmente es por lluvia.
- 2.- Drenaje subterráneo.-** De este modo se llama al conjunto de obras que se realizan para desalojar el agua que se presenta bajo la superficie de la tierra, ya sea en forma de corrientes o estancada, cuyos efectos pueden llegar a alterar la estructura de un camino, ya sea afectando la superficie de rodamiento o causar deslizamientos en cortes y terraplenes por saturación de humedad.

Como obras apropiadas para el drenaje subterráneo, se pueden contar los drénes ciegos, tales como zanjas rellenas de materiales permeables y los tubos perforados, así como otros medios; tanto la sección de las zanjas como el diámetro de los tubos, dependerán del volumen de agua por drenar.

3.- Drenaje longitudinal.

3.1. Cunetas.- Las cunetas son obras de drenaje que se construyen en forma paralela al camino para recoger el agua de lluvia que cae y escurre sobre éste y la que escurre por los taludes de los cortes; el agua del camino se dirige hacia las cunetas por medio de la inclinación que se da al propio camino en su construcción, a cuya inclinación se le denomina "Bombeo" y el agua que escurre por la cuneta es por la pendiente que se le da a ésta en su construcción, cuya pendiente es igual a la del camino.

3.2. Bombeo.- Es la pendiente transversal que se le dá a la corona de un camino hacia ambos lados del eje, para evitar que el agua de lluvia se estanque o que corra a lo largo del camino; por especificaciones la pendiente de bombeo en todo tipo de camino debe ser de 2%. En curvas horizontales, el bombeo transversal de la corona es para un solo lado del eje del camino a base de una sobreelevación de la parte exterior de la curva; la sobreelevación además de facilitar el bombeo del agua, sirve para contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga que acciona sobre un vehículo, con tendencias de sacarlo del camino en la curva precisamente. El porcentaje de sobreelevación dependerá del tipo de camino de que se trate.

Regularmente las cunetas son de sección triangular, cuyo ancho y profundidad depende del cálculo correspondiente, pero se puede citar un ancho de 1.00m , por 0.80m de profundidad; y la pendiente longitudinal, tal como ya se dijo es igual a la del camino. cuando la velocidad del agua sea mayor que la que puede resistir el terreno, se procura revestir la cuneta por medio de algún material resistente para evitar la erosión de las paredes de la cuneta. En la tabla siguiente se registran las velocidades máximas admisibles según el tipo de material de que se trate.

MATERIAL	VELOCIDAD MAXIMA ADMISIBLE DE ESCURRIMIENTO EN CUNETAS EN m/seg.
Arena	0.50
Arcilla	0.60

MATERIAL	VELOCIDAD MAXIMA ADMISIBLE DE ESCURRIMIENTO EN CUNETAS EN m/seg.
Sedimento	0.60
Arcilla Firme	0.90
Grava Gruesa	1.50
Pizarra	1.50
Tepetate	0.50

De igual modo se han especificado los gastos para cunetas de 1.00m X 0.30 m de sección triangular, en función de la pendiente y en condiciones medias de rugosidad.

PENDIENTE EN %	VELOCIDAD EN m/seg	GASTOS EN m ³ /seg
1	0.630	0.109
2	0.891	0.154
3	1.090	0.188
4	1.260	0.217
5	1.409	0.243
6	1.543	0.266

3.3.- Contracunetas. Se llaman contracunetas a las zanjas que se construyen paralelas a los cortes, aguas arriba de éstos y a una distancia de 20 a 30 m de la línea de ceros; se contruyen para evitar que el agua que escurre por las laderas del terreno resbale por los taludes de los cortes y los erosione; también con ello se impide que dicha agua llegue a las cunetas, lo cual alteraría su capacidad. La sección de las contracunetas es de forma trapezoidal, cuyas dimensiones son variables, en atención a la cantidad de agua que se espera que por ellas va a correr y también por la dureza del terreno; por ejemplo, las hay de 0.30 m de base inferior y 0.50 m de base superior por 0.40 m de profundidad o más; o, de 0.80 m en la base inferior, 1.00 m en la superior, por 0.50 m de profundidad. Igual que en las cunetas, cuando se presentan tramos de terreno blando, susceptibles a la erosión, se procede a revestirlos con materiales resistentes: zampeado de piedra, capa de concreto, o de alguna otra forma poco costosa.

3.4.- Bordillos y Canales.- En tramos de carretera en terraplén, el agua de la carpeta se conduce por medio de bordillos o guarniciones de concreto que se construyen a lo largo del tramo en cuestión, hasta el sitio de descarga que se considere más conveniente; en la inteligencia de que la longitud de la corriente no debe prolongarse a más de 200 m , porque ocurriría la sobresaturación que afectaría a la corona del camino; este mismo criterio se aplica tanto a las cunetas como a las contracunetas.

Cuando el terreno donde se sustenta el terraplén del tramo del camino es de riesgo humedad, con efectos lesivos para la resistencia del terraplén y alteración de las pendientes de los taludes, entonces es cuando deben construirse canales paralelos a los terraplenes, cercanos al pie de los taludes, cuyo desagüe se conduce hacia arroyos o hacia ríos cercanos al camino. La sección del canal puede fijarse a criterio o por cálculo; y la pendiente longitudinal es, como ya se dijo para las cunetas, igual a la del camino. Si el caso lo amerita también se revisten con el material más apropiado por su resistencia.

4.0 .- Drenaje Transversal

Se denomina "**Drenaje Transversal**" a las diferentes obras que se construyen para dar paso al agua que corre transversal al camino, como pueden ser ríos, arroyos, hondonadas y canales de descarga del drenaje longitudinal, dichas obras pueden ser puentes y alcantarillas.

4.1.- Puentes.- Los puentes son estructuras que se construyen en cruces de caminos con ríos y barrancos de más de 6 m de claro; y reciben el nombre de obras mayores y que no requieren de colchón de tierra.

4.2.- Alcantarillas.- Las alcantarillas son obras que se construyen en los cruzamientos de caminos con arroyos y barrancos, de claros menores.

4.3.- Tipos de alcantarillas.- Existen diferentes tipos de alcantarillas cuyo uso dependerá de las condiciones hidráulicas y topográficas del lugar

de cruce; pero se consideran como más usuales las siguientes: tubulares, de losa y las de bóveda, regidas por la tabla siguiente:

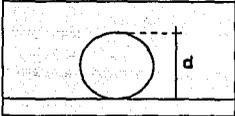
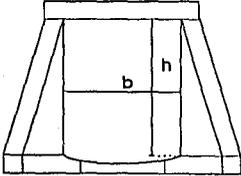
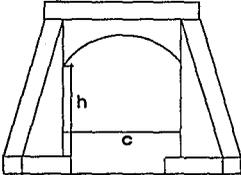
TIPO DE OBRA	DIMENSIONES EN m	AREA HIDRAULICA EN m ²
 <p data-bbox="330 675 444 696">Tubo Circular</p>	<p data-bbox="576 514 588 534">d</p> <p data-bbox="567 550 601 570">0.76</p> <p data-bbox="567 577 601 597">0.91</p> <p data-bbox="567 603 601 624">1.07</p>	<p data-bbox="822 555 863 575">0.333</p> <p data-bbox="822 581 863 602">0.478</p> <p data-bbox="822 608 863 628">0.660</p>
 <p data-bbox="376 969 416 989">Losa</p>	<p data-bbox="576 769 588 790">b</p> <p data-bbox="662 769 675 790">h</p> <p data-bbox="567 796 601 816">0.75</p> <p data-bbox="641 796 675 816">0.75</p> <p data-bbox="567 823 601 843">1.25</p> <p data-bbox="641 823 675 843">0.75</p> <p data-bbox="567 849 601 870">1.00</p> <p data-bbox="641 849 675 870">1.00</p> <p data-bbox="567 876 601 896">1.50</p> <p data-bbox="641 876 675 896">1.00</p> <p data-bbox="567 903 601 923">1.50</p> <p data-bbox="641 903 675 923">1.50</p>	<p data-bbox="822 796 863 816">0.375</p> <p data-bbox="822 823 863 843">0.625</p> <p data-bbox="822 849 863 870">0.667</p> <p data-bbox="822 876 863 896">1.000</p> <p data-bbox="822 903 863 923">1.500</p>
 <p data-bbox="299 1259 506 1279">Bóveda de Medio Punto</p>	<p data-bbox="576 1047 588 1067">h</p> <p data-bbox="662 1047 675 1067">c</p> <p data-bbox="567 1074 601 1094">1.00</p> <p data-bbox="641 1074 675 1094">1.00</p> <p data-bbox="567 1100 601 1121">1.50</p> <p data-bbox="641 1100 675 1121">1.50</p> <p data-bbox="567 1127 601 1147">1.00</p> <p data-bbox="641 1127 675 1147">2.00</p> <p data-bbox="567 1154 601 1174">1.25</p> <p data-bbox="641 1154 675 1174">2.50</p> <p data-bbox="567 1180 601 1201">1.50</p> <p data-bbox="641 1180 675 1201">3.00</p> <p data-bbox="567 1207 601 1227">1.75</p> <p data-bbox="641 1207 675 1227">3.50</p> <p data-bbox="567 1234 601 1254">2.00</p> <p data-bbox="641 1234 675 1254">4.00</p>	<p data-bbox="822 1074 863 1094">1.184</p> <p data-bbox="822 1100 863 1121">2.664</p> <p data-bbox="822 1127 863 1147">2.736</p> <p data-bbox="822 1154 863 1174">4.276</p> <p data-bbox="822 1180 863 1201">6.157</p> <p data-bbox="822 1207 863 1227">8.380</p> <p data-bbox="822 1234 863 1254">10.946</p>

Figura No. 32

4.4.- Puentes Vados.- Son estructuras similares a los puentes, generalmente se estrechan a un sólo carril, con la capacidad de gasto para las aguas máximas ordinarias y que, para gastos mayores como en el caso de avenidas extraordinarias, el agua puede pasar por encima de la estructura con interrupción del tránsito total o parcial según el tipo de vehículo de que se trate.

4.5.- Vados.- Son obras de cruzamiento que se acondicionan al terreno natural y que permiten que el tránsito pueda cruzar ríos y arroyos en estado seco y cuando lleven poco caudal. Se diseñan de tal manera que su alineamiento vertical coincida con la rasante del camino, con lo que se evitan cambios bruscos que pudieran ocasionar accidentes de tránsito.

Los vados se pueden construir de mampostería o de concreto armado, de tal manera que el agua que llegue a pasar por la superficie de rodamiento no la erosione; por otro lado, para evitar socavaciones por el agua, se construyen dentellones. Los vados son muy funcionales en arroyos y ríos extendidos en terreno plano; y aunque las avenidas temporales llegan a ocasionar interrupciones de tránsito, ésto es sólo por pocas horas y por pocos días del año; por lo tanto son obras recomendables en atención también a su bajo costo de construcción.

4.6.- Lavaderos.- Un lavadero es una obra de drenaje que se construye transversalmente al camino, pero por el talud del terraplén, para que por ella escurra el agua de las guarniciones, es decir: que es la salida del drenaje longitudinal de tramos de camino en terraplén. Con este tipo de obras se evita que el drenaje paralelo se sature en su capacidad, acortando la longitud de los tramos para su descarga.

5.0.-Mantenimiento y Reconstrucción.

Aunque las obras de drenaje se construyen para que duren y para que funcionen, siempre es necesario darles mantenimiento y hacer las reparaciones necesarias.

5.1.- Mantenimiento.- El mantenimiento es por temporadas y consiste en hacer recorridos por todas las obras de drenaje para limpiarlas de escombros por arrastres y desensolverlas por erosión. Esta actividad se recomienda en épocas próximas a las lluvias y durante los primeros meses de temporal.

5.2.- Reconstrucciones.- De igual manera, durante los recorridos antes mencionados, se va tomando nota de los desperfectos que hayan sufrido las obras de drenaje a efectos de proceder a programar y ejecutar las reparaciones correspondientes.

Aunque el drenaje de un camino se analiza en planos topográficos en dos fases: preliminar y definitiva, hoy en día se emplean procedimientos fotogramétricos con mejores resultados, por la facilidad de apreciación de las cuencas hidrográficas, de sus parteaguas, de la densidad de escurrimiento, etc., a través de los modelos estereoscópicos. También se contemplan dos fases en fotografías a diferente escala: Para estudio preliminar 1:50,000 y 1:25,000 y para proyecto 1:5,000 y 1:10,000, etc. El estudio puede hacerse en aparatos de restitución fotogramétrica de primer y segundo orden; o con el uso de los estereoscopios de espejos, según más convenga.

CAPITULO VIII CONCLUSIONES.

Es evidente que la Fotogrametría aplicada al diseño de vías terrestres representa grandes ventajas, con respecto a los procedimientos tradicionales, especialmente en las etapas de elección de ruta y anteproyecto. Cuando las condiciones son propicias, tales como: vegetación, topografía y tamaño de la obra la fotogrametría es una solución rápida, precisa y económica.

El método fotogramétrico no siempre puede aplicarse, debido a que dicho método puede resultar algunas veces, incosteable (sobre todo cuando se trata de obras pequeñas). Debido a ésto se deberán tomar en cuenta factores tanto técnicos, económicos, sociológicos, etc., para determinar si la aplicación de dicho método proporcionará los resultados deseados.

Como se mencionó anteriormente, la fotogrametría representa grandes ventajas, pero también se observan grandes restricciones, las cuales deben ser estudiadas para decidir si es aplicable o se recurre al método directo tradicional.

**VENTAJAS EN EL METODO FOTOGRAMETRICO EN EL
PROYECTO DE VIAS TERRESTRES.**

- A) Mayor avance en los kilómetros proyectados debido al estudio simultáneo de varias rutas en sus diferentes etapas.
- B) El sorprendente avance de la electrónica facilita enormemente el estudio del proyecto.
- C) Los errores personales son reducidos al mínimo.
- D) Se mejora considerablemente la precisión.
- E) Da como resultado mejores proyectos y se reducen los problemas durante la construcción y operación de las obras.
- F) Se reduce considerablemente el costo de la obra.
- G) Se obtiene un mayor número de elementos necesarios para definir con rapidez y en forma óptima, el anteproyecto, el proyecto detallado del trazo y el perfil de la vía terrestre en estudio.

RESTRICCIONES:

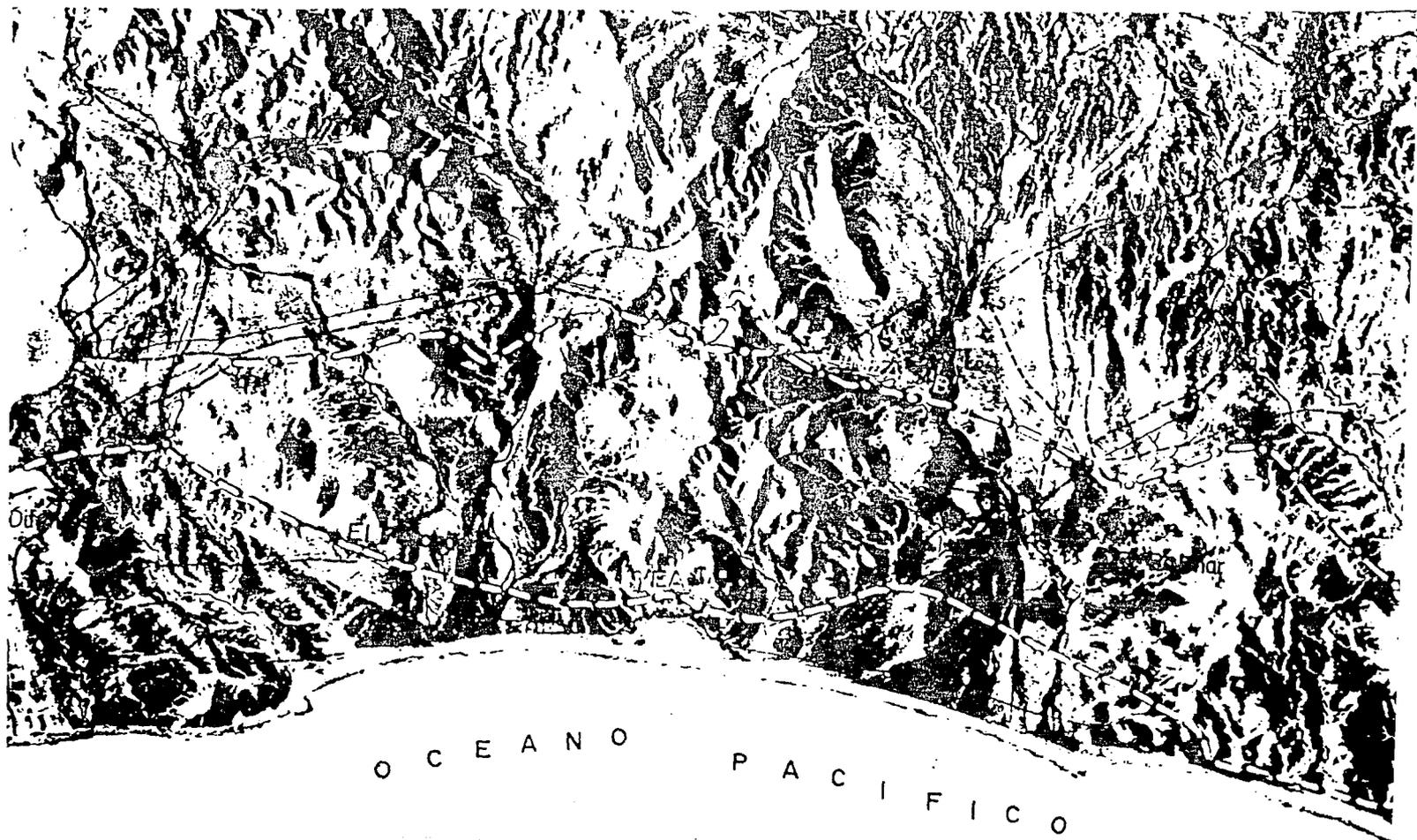
- A) En lugares de extrema vegetación, impide la exacta apreciación del terreno.
- B) Sólo puede efectuarse un vuelo fotogramétrico si se reúnen las siguientes características y condiciones:
 - cielo despejado

- ausencia de bruma
- ausencia de nubes que puedan producir zonas sombreadas
- se debe contar con el equipo necesario de vuelo
- no conviene usar el método para proyectos pequeños.

Del análisis anterior, de las ventajas y desventajas que ofrece el método fotogramétrico, podemos concluir que sus perspectivas son muy amplias y que su utilización práctica tenderá a mejorarlo y perfeccionarlo cada vez más, permitiendo la construcción de vías terrestres eficientes, en mayor número y menor costo. Contribuyendo así al desarrollo económico y social del país, en forma más racional.

GRAFICOS COMPLEMENTARIOS

Los gráficos que se anexan no son más que ejemplos de planos de proyecto definitivo normales, con todos los elementos debidos a un camino de cualquier tipo, pues todos ellos tan sólo pueden restringirse o ampliarse para ser acoplados al tipo de camino que se proyectó.



O C E A N O P A C I F I C O

C L A V E

PUEBLA
ACAPULCO

CORDOBA

CHAMPOTON

PALAU

El Cuarto

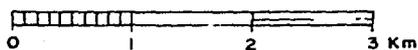
- Poblaciones de mas de 100 000 Habs
- Poblaciones entre 50 000 y 100 000 Habs
- Poblaciones entre 10 000 y 50 000 Habs
- Poblaciones entre 2 500 y 10 000 Habs
- Poblaciones entre 500 y 2 500 Habs
- Poblaciones menores de 500 Habs

- Carretera pavimentada
- Carretera revestida
- Carretera en ferrocarril
- Brecha
- Venado
- Ruta propuesta
- Ferrocarril
- Aeropuerto
- Limite internacional
- Limite estatal
- Linea de transmision
- Poblacion
- Casero
- Rio
- Arroyo
- Corriente intermitente
- Pantano
- Lago o Laguna
- Litoral
- Cima

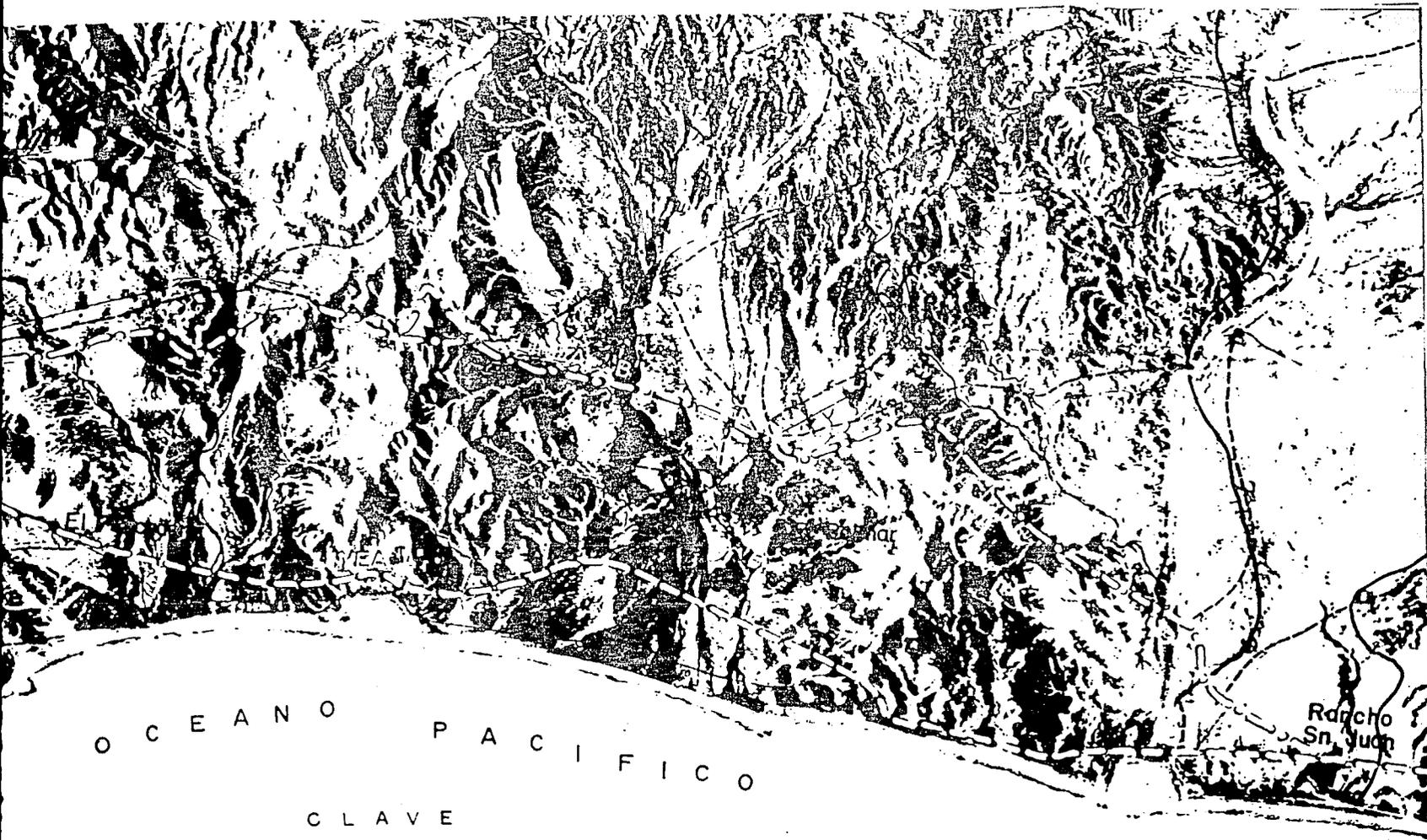
USO DE SUELO EN LA ZONA REPRESENTADA

- BM Bosque moderable
- BNM Bosque no moderable
- BaEM Bosque de mangle
- T Temporal
- R Riego
- PC Plantacion de café
- PA Plantacion de palma
- Ag Agostadero
- Ab Abrevadero
- M Mangle
- Mor Mar
- PA Potencial agrícola
- PA₂ Potencia de agostadero
- PS Potencial silvícola
- T₁ Tierra improductiva

ESCALA GRAFICA



FAC
TODI
ALTERNATIVAS
E



O C E A N O P A C I F I C O

Rancho
Sn. Juan

CLAVE

PUEBLA
ACAPULCO

Poblaciones de mas de 100 000 Habs

Poblaciones entre 50 000 y 100 000 Habs

CORDOBA

Poblaciones entre 10 000 y 50 000 Habs

CHAMPOTON

Poblaciones entre 2 500 y 10 000 Habs

PALAU

Poblaciones entre 500 y 2 500 Habs

El Cuarto

Poblaciones menores de 500 Habs

Carretera pavimentada

Carretera revestida

Carretera en terraceria

Brecha

Vereda

Ruta propuesta

Ferrocarril

Aeropuerto

Limite internacional

Limite estatal

Linea de transmision

Poblacion

Casero

Rio

Arroyo

Corriente intermitente

Pantano

Lago o Laguna

Litoral

Cima

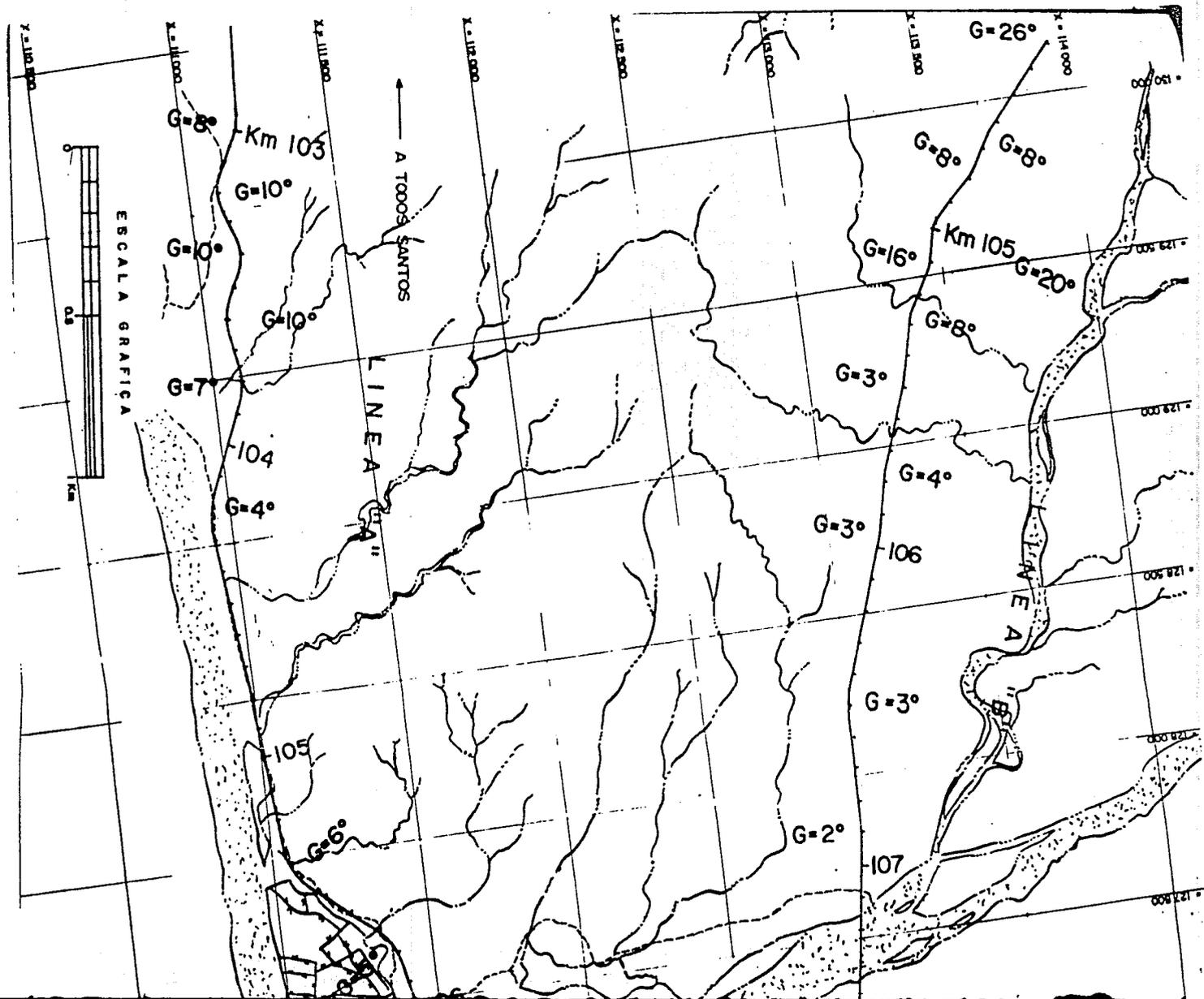
USO DE SUELO EN LA ZONA REPRESENTADA

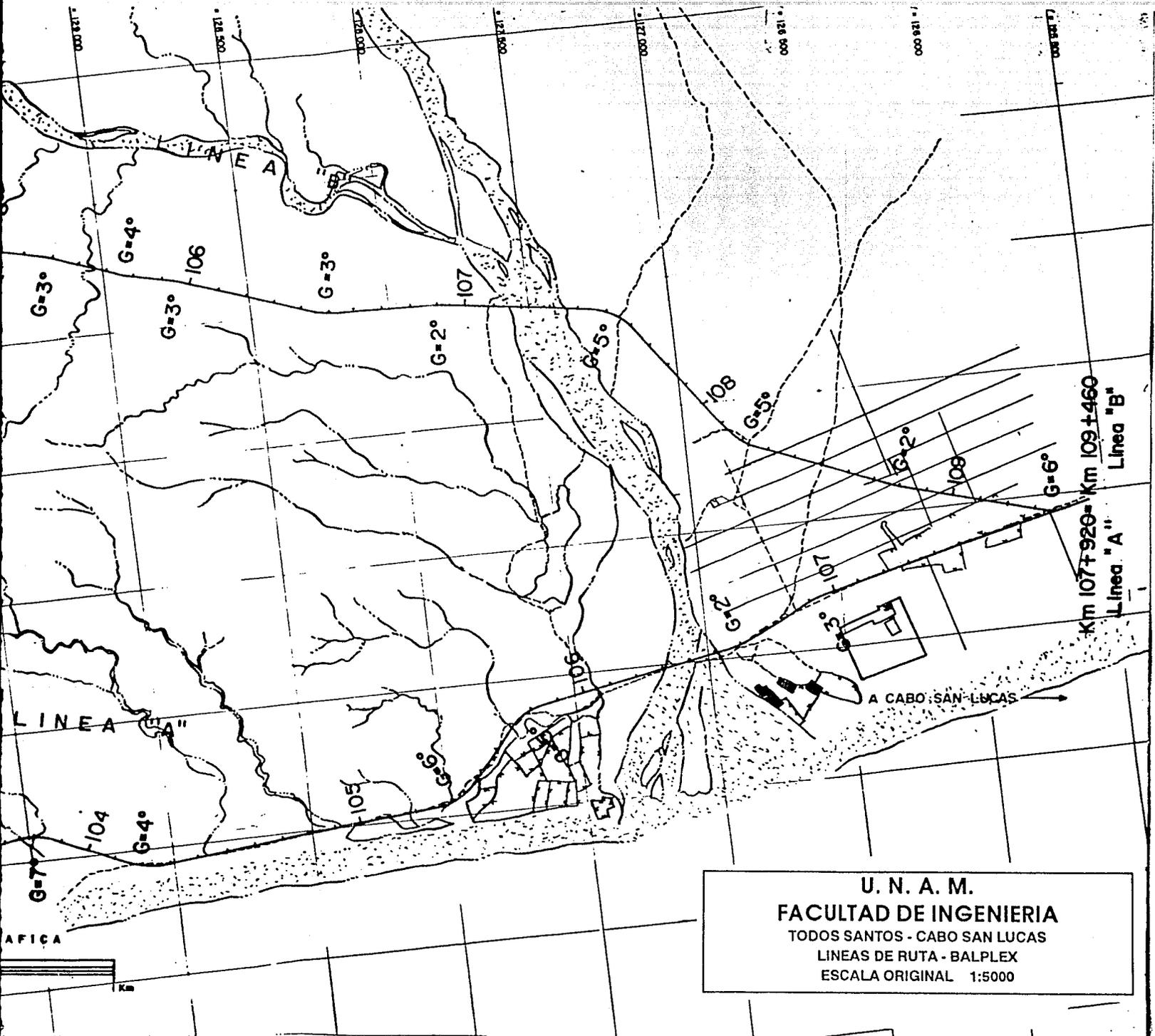
BM	Bosque moderable
BNM	Bosque no moderable
BdM	Bosque de mangle
T	Temporal
R	Riego
C	Plantacion de cafe
P	Plantacion de palma
Ag	Agostadero
Ab	Abrevadero
M	Mangle
Mar	Matorral
PA	Potencial agricola
PAC	Potencial de agostadero
PS	Potencial silvicola
TI	Tierra improductiva

U. N. A. M.
FACULTAD DE INGENIERIA
TODOS SANTOS - CABO SAN LUCAS
ALTERNATIVAS DE RURA EN MOSAICO FOTOGRAMETRICO
ESCALA ORIGINAL 1:50,000

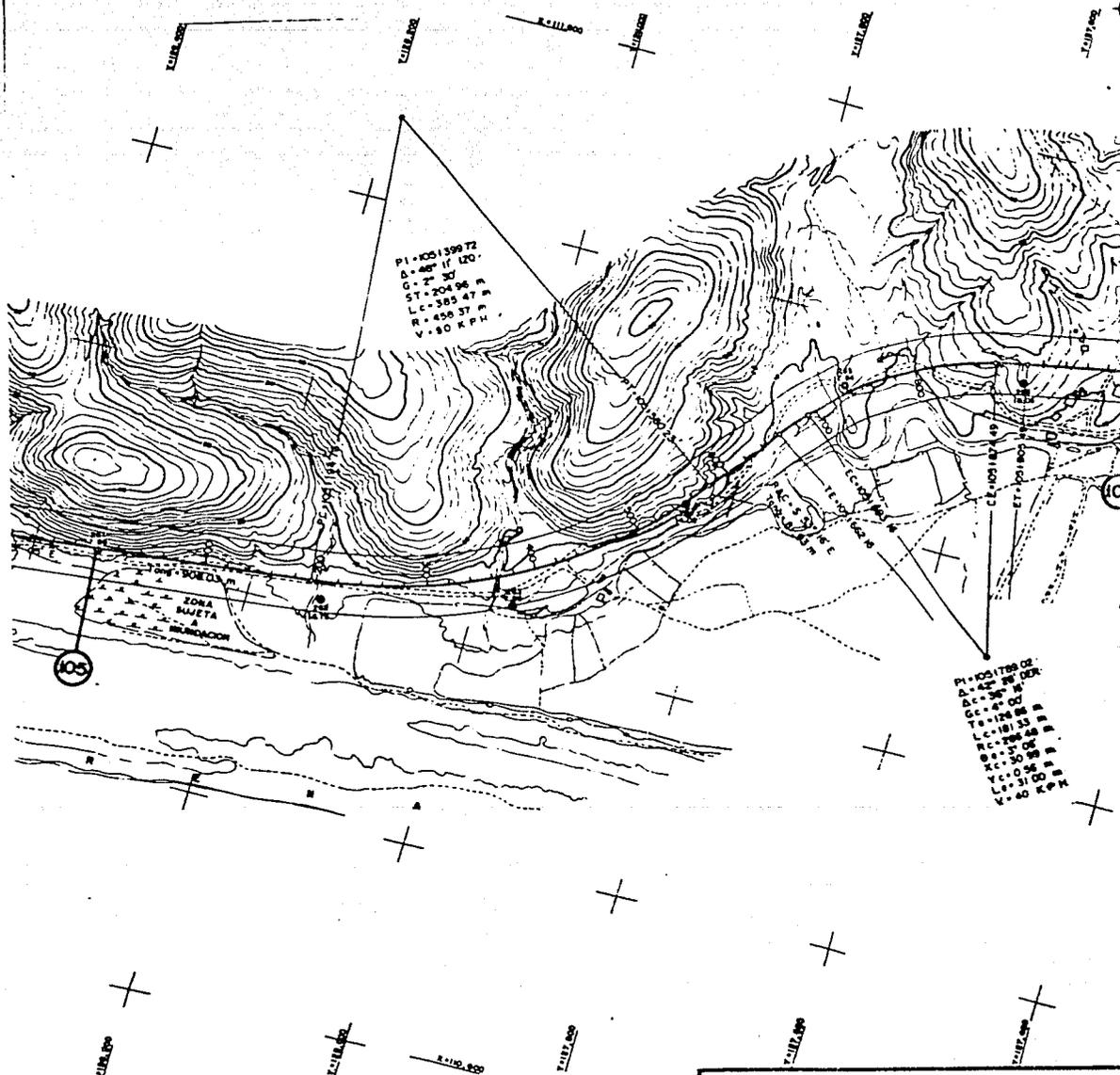
FICA

3 Km





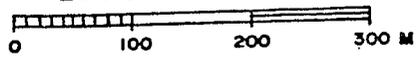
U. N. A. M.
 FACULTAD DE INGENIERIA
 TODOS SANTOS - CABO SAN LUCAS
 LINEAS DE RUTA - BALPLEX
 ESCALA ORIGINAL 1:5000



PI-K05159972
 D = 400' IF 120'
 G = 2% 30'
 ST = 204.96 m
 LC = 385.47 m
 R = 456.37 m
 V = 80 K.P.H.

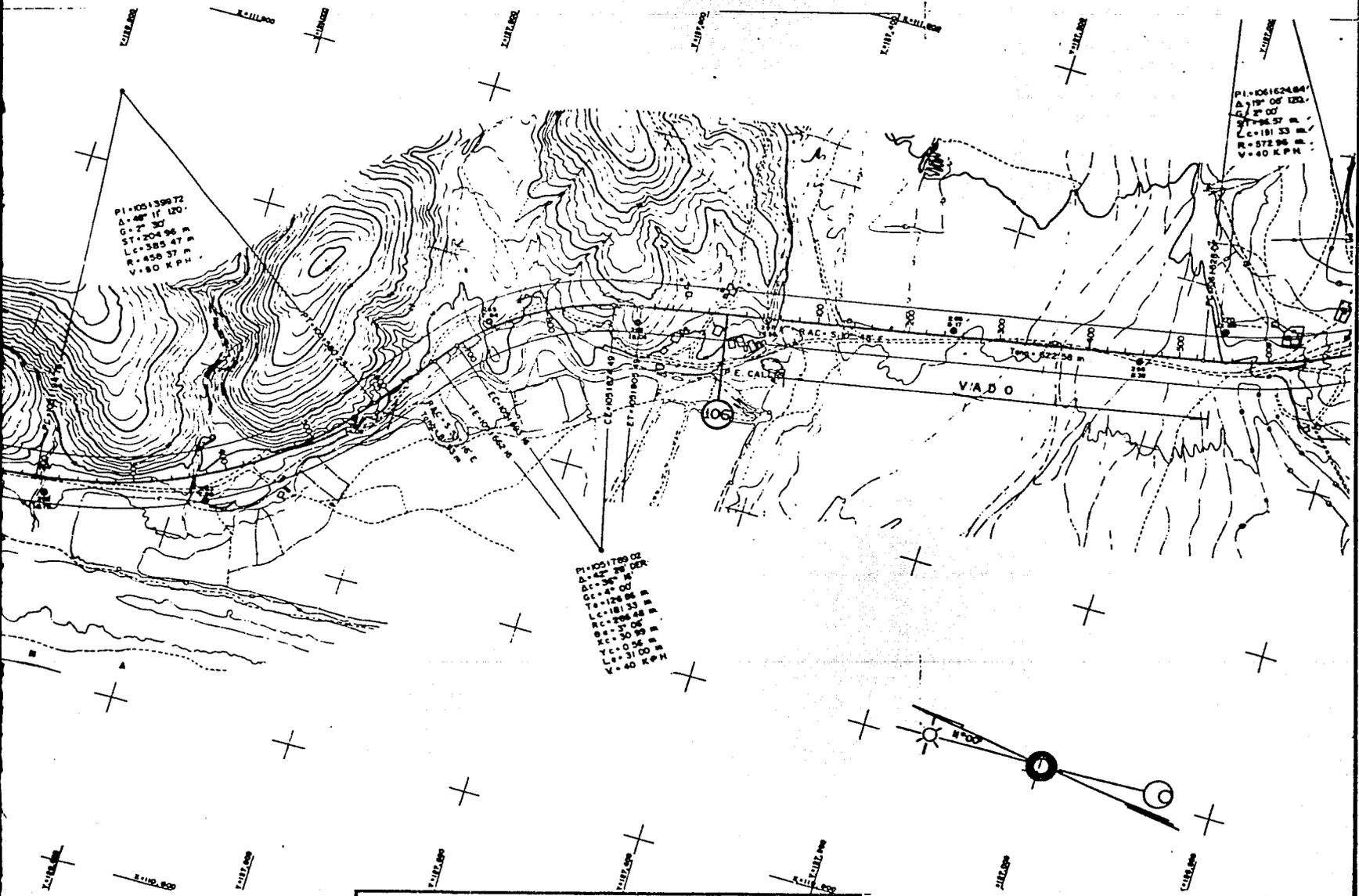
PI-K05178902
 D = 400' IF 120'
 G = 2% 30'
 ST = 204.96 m
 LC = 385.47 m
 R = 456.37 m
 V = 80 K.P.H.

ESCALA GRAFICA



DATOS DE PROYECTO

CONCEPTOS	CARACTERISTICA DEL TRAMO
CAMINO TIPO	"D"
VELOCIDAD	30 - 70
ANCHO DE CARROZA	8.00
ANCHO TRATAMIENTO SUPERFICIAL	8.00
ESPESOR DE REVESTIMIENTO	0.30
CURVATURA MAXIMA	28°00'
PENDECIENTE	12.00



PI-105139672
 A=42° 11' 12"
 G=37° 30'
 ST=204.96 m
 LC=385.47 m
 R=456.37 m
 V=60 K.P.H.

PI-105178902
 A=42° 38' 08"
 G=36° 00'
 ST=128.86 m
 LC=181.55 m
 R=298.48 m
 B=37° 00'
 K=30.98 m
 VC=0.56 m
 L=31.00 m
 V=60 K.P.H.

PI-105124684
 A=17° 05' 12"
 G=2° 00'
 ST=96.57 m
 LC=181.53 m
 R=572.96 m
 V=60 K.P.H.

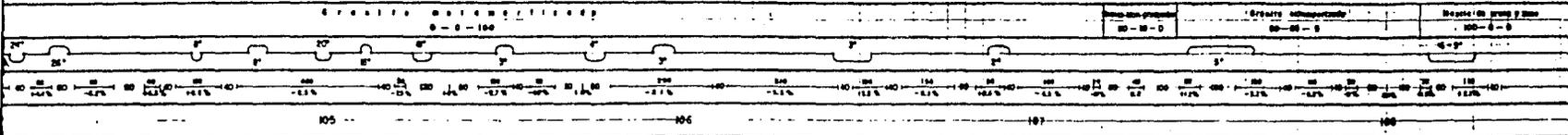
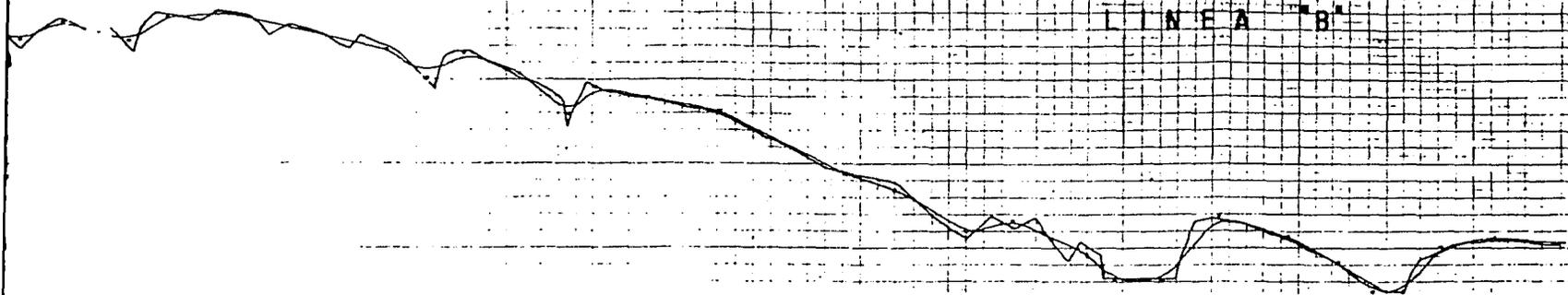


DATOS DE PROYECTO			
CONCEPTOS	CARACTERISTICA DEL TRAMO	EN ESTE PLANO	UNIDAD
CAMINO TIPO	"0"	"0"	
VELOCIDAD	30 - 70	40-30	Km/hora
ANCHO DE CORONA	6.00	6.00	M.
ANCHO TRATAMIENTO SUPERFICIAL	6.00	6.00	M.
ESPESOR DE REVESTIMIENTO	0.30	0.30	M.
CURVATURA MAXIMA	28°00'	4°00'	%
PENDIENTE	12.00	8.00	%

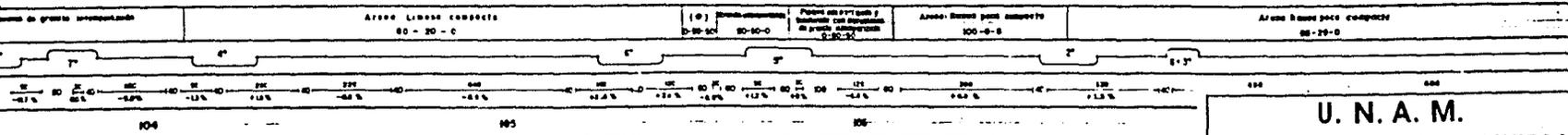
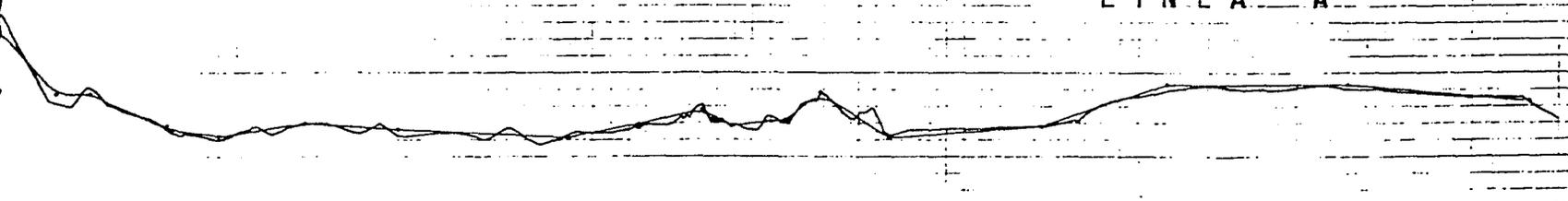
U. N. A. M.
FACULTAD DE INGENIERIA
 TODOS SANTOS - CABO SAN LUCAS
 PLANTA DEFINITIVA • ESCALA ORIGINAL 1:2,000
 Km. 105 - Km. 106+50

A CABO SAN LUCAS

LINEA "B"



LINEA "A"



U. N. A. M.
FACULTAD DE INGENIERIA
 TODOS SANTOS - CABO SAN LUCAS
 PERFIL LINEAS DE RUTA - BALPLEX
 ESCALA ORIGINAL VERT. 1:500 • HORIZ 1:5000

BIBLIOGRAFIA

- * **LA FOTOGRAMETRIA EN EL PROYECTO DE VIAS TERRESTRES**
Ing. Bulmaro Cabrera Ruiz
S. A. H. O. P. • Oficina de Fotogrametría.
México, D. F. • 1977
- * **TOPOGRAFIA Y FOTOGRAMETRIA EN LA PRACTICA MODERNA**
Ternryd C.O. & Lundin E.
México, 1973
- * **FUNDAMENTOS DE FOTOGRAMETRIA**
M. C. Guaiterio Luthé García
Facultad de Ingeniería U. N. A. M. • 1979
- * **MANUAL DE PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS**
S. O. P. • 1984
- * **FOTOGRAMETRIA, FOTOINTERPRETACION Y GEODESIA (No. 16)**
Revista editada por la Sociedad Mexicana de Fotogrametría,
Fotointerpretación y Geodesia, A. C.
México, D. F. • 1977
- * **REVISTA CARTOGRAFICA (Nos. 42 Y 45)**
Instituto Panamericano de Geografía e Historia
México 1982 y 1984
- * **PRINCIPIOS PARA EL PROYECTO GEOMETRICO DE CAMINOS**
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
México 1984
- * **TOPOGRAFIA GENERAL**
Ing. Saburo Higashida Miyabara
México, D. F. 1971
- * **APUNTES DE VIAS TERRESTRES III**
Ing. Emilio Cisneros Solano
I. P. N. - ESIA
México, D. F.
- * **INGENIERIA DE TRANSITO (VIAS DE COMUNICACION 2)**
Ing. Jorge Helen Treviño
México, D. F.
- * **TOPOGRAFIA APLICADA**
Ing. Fernando García Marquez
Ed. Concepto, S. A.
México, D. F. 1988

* **VIAS DE COMUNICACION**
Ing. David Crespo
Ed. Limusa
México, D. F.