

No. Reg. 1950

TS

Class. 625.7

H 557 p



# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

ESCUELA DE INGENIERIA

PROYECTO DEL CAMINO:  
ENTRONQUE CARRETERA (SAN  
JUAN DEL RIO - XILITLA) - PATHE.

*Biblioteca Central*

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

T E S I S

P R O F E S I O N A L

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

Antonio Hernández Maya

*A la Universidad Autónoma de Querétaro*

*A Mis Padres*

*Con el mayor Cariño*

*A Mis Hermanos*

*Teresa*

*Lupe*

*Juana*

*Rosa*

*Carmen*

*Joaquin*

*Martha*

*A mis Maestros*

*A mi Director de Tesis*

*Ing. Jesús Nuñez Villarreal*

*A mis Compañeros y Amigos*



## EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR

OFICIO NUM: 111

SEPTIEMBRE 18 DE 1974.-

DEP. ESCUELA DE INGENIERIA

ASUNTO: SE APRUEBA TEMA -  
DE TESIS.

SR. PASANTE ANTONIO HERNANDEZ MAYA  
P R E S E N T E .-

En respuesta a su atenta Solicitud, relativa al Tema de Tesis Profesional, me permito comunicar a Usted, el que para tal efecto fué propuesto por el Sr. Ing. Jesús Núñez - - - Villarreal. El Título de su Tesis será:

"PROYECTO DEL CAMINO: ENTRONQUE CARRETERA (SAN JUAN DEL RIO-XI-LITLA ) - PATHE " .

- I.- INTRODUCCION  
Los Caminos en el Mundo y en México
- II.- GENERALIDADES
  - 1).- Tipo de tránsito
  - 2).- Resistencias
  - 3).- Costo de operación en función de la superficie de rodamiento
  - 4).- Perfil virtual
  - 5).- Secciones variables
- III.- CARACTERISTICAS DE ESTE PROYECTO
  - 1).- Justificación económica de esta obra
  - 2).- Zonas de influencia
  - 3).- Clasificación de los Caminos Vecinales
  - 4).- Especificaciones Geométricas
  - 5).- Especificaciones Estructurales
  - 6).- Entronque
- IV.- LOCALIZACION
  - 1).- Objeto de la localización
  - 2).- Reconocimiento
  - 3).- Rutas

##



## EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR

hoja # 2

- V.- PROYECTO
  - 1).- Estudio preliminar
  - 2).- Estudio definitivo
- VI.- DRENAJE
  - 1).- Objeto e importancia del drenaje
  - 2).- Reconocimiento
  - 3).- Drenaje superficial
  - 4).- Drenaje subterráneo
- VII.- PAVIMENTACION
  - 1).- Tipos de pavimento
  - 2).- Proyecto de pavimento flexible
- VIII.- PRESUPUESTO
- IX.- CONSERVACION
- X.- CONCLUSIONES
- XI.- BIBLIOGRAFIA

También hago de su conocimiento las disposiciones de nuestra Escuela, en el sentido de que antes de su Examen Profesional deberá cumplir el requisito del Servicio Social y de que el presente Oficio se imprima en todos los ejemplares de su Tesis.-

“EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR” .  
ING. ANTON LO SANCHEZ HERNANDEZ.  
DIRECTOR

C.c.p.- Mesa de Profesiones de la U.A.Q. Centro Universitario  
C.c.p.- Archivo Escuela de Ingeniería.- Centro Universitario.

CAPITULO I  
INTRODUCCION



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

### LOS CAMINOS EN EL MUNDO Y EN MEXICO:

Los diversos tipos de caminos que actualmente conocemos, tuvieron un origen en un instinto natural del hombre, - que para hallar un fácil acceso a los lugares en donde - satisfacer su hambre y sed, y que posteriormente arrai - gado ya, a estos lugares en donde tuvo que atender y re - colectar sus elementos de subsistencia, se vio obligado a transportarse de un lugar a otro, es entonces cuando - nació la vereda y el atajo y que con el tiempo históri - camente y lógicamente se convirtieron en brechas y éstas a su vez con el advenimiento de la rueda dieron origen a los caminos, que les servirían para unir poblaciones ve - cinas.

Se han encontrado huellas de caminos muy antiguos. Uno - de ellos se hallaba en la Mesopotámia y que según los - investigadores su construcción data del año 3,500 A.C. - aproximadamente; también en la Isla de Creta en el Medi - terráneo se encontró un camino recubierto con piedras, - contruido antes del año 1,500 A.C.. En el Hemisferio - Occidental existen indicios de extensas redes de caminos contruidos por los pueblos aztecas, incas y mayas, las cuales habitaron Centro y Sudamérica.

Los caminos en la antigüedad, llegaron a tener gran preponderancia durante el Imperio Romano, el cual se consolidó junto con su extensa red de caminos que radiaban en muchas direcciones desde Roma. Con la caída de este imperio, la construcción de caminos vino a ser nula por mucho tiempo.

En el Siglo XVIII, la construcción de caminos volvió a tener bastante incremento, pues para entonces hubo un fuerte aumento de población y se hizo necesaria la comunicación con las zonas internas y alejadas de las vías marítimas y pluviales. Para esa época ya Tersaguet ---- (1716 - 1796), había desarroyado métodos de construcción en Francia y que posteriormente bajo Napoleón se hizo posible un extenso sistema de caminos en este país. En Inglaterra poco después también desarrollaron sus propios métodos y técnicas de construcción de caminos. Una de las personas que aportaron más en este aspecto fue Macadan (1756 - 1836).

A principio del Siglo XIX, los caminos volvieron a ser relegados a segundo término a consecuencia del gran auge del ferrocarril. Pero posteriormente se reconoció -- las grandes ventajas del transporte por medio de los caminos, ya que por ellos se puede llegar a todas partes.

La mecanización de los vehículos y posteriormente con el perfeccionamiento de los motores de combustión, dio lugar a abrir más caminos; implantándose nuevas técnicas de -- construcción y conservación de los mismos. De esta manera, al pasar los años se han obtenido grandes progresos en el aspecto caminero hasta llegar a realizarse las -- grandes supercarreteras y autopistas, existentes en muchos países en la actualidad.

No obstante, que la ruta terrestre es solamente complemento de otros medios de comunicación humana, como el -- telégrafo, teléfono, televisión etc., estos no han men-- guado la comunicación terrestre, forma en la cuál, el -- hombre estrecha toda clase de relaciones con sus seme-- jantes, porque sólo así, la idea, la voz y la imagen, cobran la fuerza dinámica de la acción inmediata en las -- múltiples actividades humanas.

En México, la evolución vial tuvo un origen un tanto peculiar, pues no obstante que en la época precortesiana, en nuestro territorio no se hacía uso de la rueda en -- vehículos de transporte y tampoco contaban con animales de tiro y carga; sin embargo, se disponía de buenas calzadas de piedra, así como de una gran cantidad de cami --

nos, veredas y senderos. Se destacaban en este aspecto - constructivo los aztecas y los mayas, quienes por sus actividades comerciales, religiosas y bélicas utilizaban -- ampliamente dichos caminos.

Posteriormente en la época de la conquista, aparecieron los caminos reales, que tuvieron como finalidad primordial los envíos de metales preciosos extraídos de nuestro subsuelo a España; y en las postrimerías del siglo pasado , hacia los Estados Unidos de Norte América, incluyéndose para entonces otros minerales y quedando el tráfico de -- satisfactores en un plano muy secundario, partiendo de -- una idea errónea de autosuficiencia local de productos de primera necesidad, principalmente agropecuarios.

Al terminarse el período de dominación española, el vasto territorio mexicano contaba ya aproximadamente con -- siete mil seiscientos cinco kilómetros de caminos reales y con diecinueve mil setecientos veinte kilómetros de caminos de herradura.

La verdadera ruta de progreso de México, se define claramente a partir de 1925; cuando se inicia la construcción de la carretera México - Puebla, primer camino que se -- construye y se abre al servicio en 1927, dentro de las --

características y especificaciones de los caminos que hasta ahora se siguen construyendo en el país. A éste le siguió el de México - Nuevo Laredo y después otros más que se fueron construyendo de acuerdo con las nuevas exigencias y necesidades reales que demandaba nuestro país, llegando a establecerse grandes ejes longitudinales y transversales para conectar entre sí las capitales de los estados y luego a la república entera con el exterior; contando en la actualidad, con ocho ejes principales que atraviesan el territorio nacional en diferentes direcciones.

Articulado y consolidado en principio lo que se podría llamar "El Sistema Arterial de las Carreteras Mexicanas", es entonces cuando se hizo más notoria la ausencia de un sistema venoso vial complementario, el cual sería formado por los caminos vecinales.

Estos caminos, que en la mayoría son modestos en sus características de diseño, por su longitud y por su costo de construcción; sin embargo, desempeñan un importante papel en la economía y progreso del país; y palpando claramente los beneficios de éstos, en la actualidad se viene trabajando a un ritmo acelerado, construyéndose --

caminos de este tipo a lo largo de todo el territorio nacional. De ésta manera, se pretende que algún día se lleguen a comunicar las 556 (según estadísticas) poblaciones de más de 5,000 y menos de 50,000 habitantes y los 41,865 centros de población, incluyendo rancherías con más de 500 y menos de 5,000 habitantes. Cuando se llegue a realizar ésta magna obra, México quedará integrado cabalmente en una unidad física, económica y social; y será una comunidad en pleno desarrollo político.

CAPITULO II  
GENERALIDADES

## GENERALIDADES

### 1.-) TIPO DE TRANSITO:

El tipo de tránsito influye en forma decisiva en el proyecto de un camino y que afecta en forma notable tanto a la parte geométrica como a la estructural del mismo ; por lo tanto, es necesario que dicho tránsito sea estimado de la mejor manera posible, previendo cualquier aumento para evitar de este modo llegar a la capacidad práctica de trabajo muy pronto después de su construcción.

En los caminos ya construidos, bastan unos conteos horarios de los vehículos para determinar su volumen y tipo de tránsito. En el caso en que el camino apenas esté en proyecto, entonces es necesario llevar a cabo estudios socio-económicos y políticos de la región y de esta manera, obtener datos que nos indiquen el tipo de tránsito y volumen probable de vehículos que transitarán por él y que atendiendo a ello se proyecte dicha obra; pues para un camino turístico, casi la totalidad de su tránsito, será de automóviles de pasajeros, mientras que un camino minero la mayoría de los vehículos serán de carga, y un tránsito mixto lo tendrá un camino que transite por una región agrícola.



La capacidad práctica de trabajo de que hago mención anteriormente, es el volumen de vehículos que alcanza a tener un camino antes de congestionarse o antes de perder la velocidad estipulada.

En México, se ha observado que la capacidad práctica de las carreteras es superior al tránsito actual con excepción de un 5% aproximadamente de la longitud total de la red caminera. Esto ha servido para fijar normas para el proyecto geométrico en las carreteras mexicanas.

## R E S I S T E N C I A S

### 2.-) RESISTENCIA AL RODAMIENTO:

Los factores principales que constituyen la resistencia que en el rodamiento encuentra una rueda de automóvil - son: la deformación de la superficie de rodamiento y la deformación de la propia llanta.

En el primer caso, si la superficie es elástica, ésta recobra su forma original después que pasa la rueda; pero - si la superficie es muy suave o plástica se forma un borde enfrente de la rueda, siendo esta condición la más desfavorable y que ocasiona la mayor resistencia al avance.

Fórmula para valorar la resistencia por rodamiento:

$$R_r = KW$$

En donde:

$R_r$  es la resistencia por rodamiento en Kgs.;

$K$  es el coeficiente variable que depende del tipo de superficie de rodamiento, de la forma de las llantas y del tamaño de la rueda y que es producto de numerosas observaciones;

$W$  es el peso del vehículo en Kgs.

Valores de  $K$  para determinadas superficies de rodamiento:

SUPERFICIE DE RODAMIENTO	VALORES DE $K$
Asfalto en buen estado	0.010
Empedrado bueno	0.020
Revestimiento	0.025
Tierra según su estado	0.080-0.160

RESISTENCIA AL VIENTO:

Esta resistencia generalmente está en función de la proyección que se obtenga de la superficie del vehículo en un plano normal a la dirección en que se mueve y de su velocidad.

La fórmula para valorar esta resistencia es:

$$R_v = K A v^2$$

En donde:

Rv es la resistencia al viento en Kgs.;

K es el coeficiente cuyo valor es generalmente 0.052, y en el cual se incluyen los promedios usuales de los esfuerzos de succión en la parte posterior del vehículo;

A es la proyección en metros cuadrados, de la superficie del vehículo en el sentido de su marcha y cuyo valor se obtiene mediante esta fórmula:  $A = 0.9 B H$ , en donde B es la distancia entre llantas en mts., y H es la altura máxima del vehículo también dada en mts.;

v es la resultante obtenida de sumar algebraicamente la velocidad del vehículo y la del viento, si es en favor se restará, si es en contra se sumará, en Km./hor.

#### RESISTENCIA POR PENDIENTE:

Esta resistencia está en función del peso del vehículo y el ángulo de inclinación de la pendiente del camino, y - cuya magnitud es valorada por medio de la siguiente fórmula:

$$R_p = W \tan \alpha$$

En donde:

Rp es la resistencia por pendiente, en Kgs.;

W es el peso del vehículo, en Kgs.;

$\tan \alpha$  es la tangente del ángulo formado por el plano - del camino y el plano horizontal.

#### FRICCIONES INTERIORES:

Generalmente la potencia del motor de los vehículos sufren pérdidas por fricciones en la caja de velocidades, crucetas, diferencial, etc., y que en conjunto varían entre 9 y 15%. Se toma como término medio un rendimiento igual a:

$$e = 0.88$$

La suma de las resistencias que se opone a la potencia del vehículo es:

$$\text{Suma de Resistencias} = R_r + R_v + R_p$$

#### 3.-) COSTOS DE OPERACION EN FUNCION DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO:

La superficie de rodamiento, influye directamente en el consumo de combustible de los vehículos al igual que en la resistencia al rodamiento, el desgaste mecánico del vehículo, la capacidad del camino, la velocidad, la seguridad y comodidad.

En Estados Unidos, se han realizado estudios para diferentes superficies de rodamiento, y se han obtenido estos resultados, tomándose como base el camino con carpeta asfáltica.

COSTO RELATIVO

CONCEPTO	CARPETA	REVESTIMIENTO	TIERRA
Gasolina	73	83	81
Aceite	5	9	13
Conservación	6	37	74
Llantas	16	23	20
T O T A L	<u>100</u>	<u>152</u>	<u>188</u>

4.-) PERFIL VIRTUAL:

Un vehículo en movimiento, va almacenando energía cinética capaz de permitirle recorrer alguna distancia, - venciendo todas las resistencias que anteriormente se mencionaron, sin recurrir a la fuerza tractiva del motor. Esa energía cinética, le permitirá subir una altura:

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

v es la velocidad en metros por segundo;

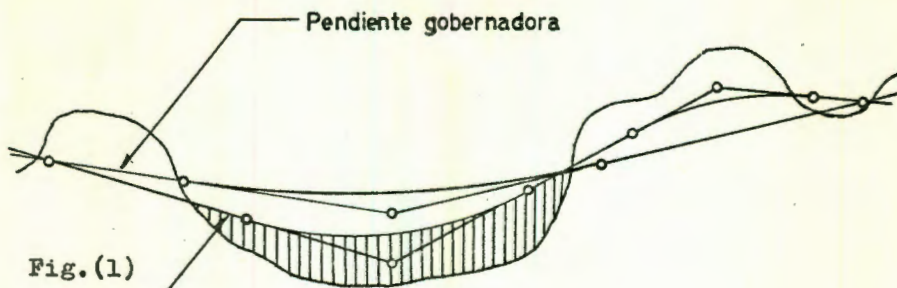
g es la aceleración de la gravedad (9.8).

Al comenzar a ascender una cuesta saliendo de una curva vertical cóncava, el vehículo dispone de dos energías, la propia del motor con la que puede vencer resistencias de pendiente, viento y rodamiento; y la carga de

velocidad adquirida con el descenso en la curva vertical servirá para poder ascender una pendiente más pronunciada que la que le permitiría únicamente el motor, venciendo desniveles iguales a la carga de velocidad.

Por lo tanto, es conveniente procurar un alineamiento adecuado en los columpios, a fin de permitir las máximas velocidades dentro de la seguridad, además, la carga de velocidad en los columpios puede ser aprovechada con el objeto de aminorar los costos de construcción, pues los terraplenes se podrán hacer más bajos, ver figura (1).

Las pendientes mayores virtuales, nunca deberán exceder en más de 3% a las gobernadoras del camino, pues este porcentaje excedente, permisible para aprovechar la velocidad en 300 m. de distancia a cada lado de PIV permitirá disponer de 9 m. para economizar en el proyecto.



Pendiente mayor que la gobernadora, fácil de dominar, debido a la carga de velocidad. Se economiza en terraplén y en corte.

#### 5.-) SECCIONES VARIABLES:

Un camino, no necesariamente debe tener una sección tipo constante a lo largo de toda su extensión o trayecto; sino que de un estudio previo a su construcción, de la cantidad de vehículos que vaya a circular por toda la longitud o por cada uno de sus tramos, se determinará la sección más adecuada. Y de esta manera, se podrá obtener un ahorro en su construcción, pues el proyecto estará - apegado a las necesidades reales requeridas.

C A P I T U L O    I I I  
C A R A C T E R I S T I C A S   D E   E S T E   P R O Y E C T O



### 1.-) JUSTIFICACION ECONOMICA DE ESTA OBRA:

Los beneficios que emanarán de la construcción de este camino, son incontables y trascendentales, pues significará para los pobladores de las tierras que atraviese, un impulsor de vida social y poderoso instrumento de civilización, les dará una mayor comunicación con sus semejantes dentro de una sociedad que aspira a su más perfecto equilibrio económico y social. Tendrán nuevas libertades y formas más humanas de existencia.

Los campesinos, podrán aumentar la superficie de sembrado, lo cual significará una mayor producción de frutos y tendrán la seguridad de poder sacar las cosechas por medio del camino y venderlas en la ciudad, también podrán aumentar la ganadería, sacándolos de esta manera de una condición de pobreza y de incapacidad de compra.

Una vez concluida la obra, se les podrá incrementar los beneficios de la salubridad, la educación, la cultura y también se llevarán a cabo las obras públicas indispensables como son las de captación de aguas e irrigación etc..

Por otra parte, esta zona poseé un potencial turístico, el cual aún no se sabe su magnitud por falta de estudios antropológicos en la zona, pues de un lado y otro del trazo del camino a diferentes distancias y en determinados lugares, hay pinturas rupestres. Ignoro su autenticidad por falta de conocimientos en esta ciencia y por ello, me permito hacer un llamado por medio de este libro a los profesionales en la materia a hacer un estudio en relación a lo antes mencionado. Si los resultados llegaran a ser positivos, esto repercutirá en forma favorable no solamente en la región, sino que podrá trascender a un plano estatal o nacional.

Este camino, posteriormente se podrá continuar hasta Te-cozautla, perteneciente al Estado de Hidalgo, de hacerlo así, las corrientes benéficas a la zona serán aún mayores y el camino será más transitado, pues disminuirá grandemente las distancias de comunicación entre las zonas de los extremos del camino en proyecto.

Por ser este camino en proyecto, potencialmente un vehículo reductor de distancias y por el gran número de beneficios que por medio de él recibirán los residentes de la zona por la cual pase y reconociendo en ésta, amplias perspectivas para la agricultura y ganadería, (como se verá en

el sub-título Zona de Influencia ) y que por lo tanto podrá ayudar a surtir de productos frescos a los mercados de Querétaro. Por todo ello, a mi criterio, queda justificada plenamente la inversión monetaria a la obra aquí citada; así como sus características de construcción escogidas para su realización.

2.-) ZONA DE INFLUENCIA:

Este camino en proyecto, tendrá una determinada influencia en una área de tierra circundante a él, y que se le denomina "Zona de Influencia" del camino, sus límites con otras zonas de influencia de otros caminos de iguales características, serán límites imaginarios que las dividirán, y a los lados de los cuales costará lo mismo transitar por cualquiera de ellos.

Las características que prevalecen en esta zona de influencia del camino en proyecto, son las siguientes:

a).- GEOGRAFICO -FISICAS.- Dentro de la dicha zona, se encuentran dos centros de población: El Palmar, el cual está ubicado en el paralelo  $20^{\circ}43'$  de latitud norte y en el meridiano  $99^{\circ}42'$  de longitud oeste (respecto al meridiano de Greenwich). El otro centro de población es Pathé ubicado en el paralelo  $20^{\circ}38'$  de latitud norte y en el meridiano  $99^{\circ}43'$  de longitud oeste.

La zona de influencia abarca aproximadamente ocho mil quinientas hectáreas de superficie. Su topografía se puede considerar como lomerío fuerte. Su clima es subtropical, debido a que su altura sobre el nivel del mar está entre 2,000 y 2,100 mts. El promedio de su régimen pluviométrico es de 500 milímetros anuales. Aproximadamente un 45% - - - - - 21

de la zona de influencia poseé tierras apropiadas para la agricultura.

b.-) ASPECTOS ECONOMICOS Y SOCIALES:

Los poblados antes mencionados que se van a encontrar dentro de la zona de influencia del camino, cuentan en conjunto con 1,600 habitantes. Su idioma fundamentalmente es el castellano, aunque hay algunos que aún practican el otomí. En el aspecto religioso, en su totalidad practican la religión Católica, Apostólica, Romana.

En el aspecto productivo, actualmente prevalece la agricultura; sin embargo, solamente se está aprovechando por ahora aproximadamente el 40% de las tierras que son potencialmente productivas, los productos que mayormente se cultivan en la zona son: el maíz, el frijol y en segundo término otros frutos en menor cantidad incluyendo el maguey. La ganadería tiene amplias perspectivas; principalmente el ganado vacuno, porcino, cabrío; ya que existen los elementos indispensables para la cría de estas especies.

3.-) CLASIFICACION DE LOS CAMINOS VECINALES:

A) TIPO ESPECIAL.- Son casos excepcionales en este tipo de caminos y que se utilizan preferentemente en las zo-

nas agrícolas de grandes sistemas de riego del país. Se construirán en donde se espere un tránsito diario de -- promedio anual de 100 a 400 vehículos.

B.-) DE PRIMER ORDEN.- Para cuando se espere un tránsito diario de promedio anual de 50 a 100 vehículos.

C.-) DE SEGUNDO ORDEN.- Se construirá para un tránsito diario promedio anual de hasta 50 vehículos.

D.-) DE TERCER ORDEN.- Se proyectarán para un tránsito de hasta de 25 vehículos diarios en promedio anual.

El camino del que trata esta tesis, se proyectó como de primer orden de acuerdo a la clasificación citada anteriormente.

CARACTERISTICAS DE LOS CAMINOS VECINALES

CARACTERISTICAS	T I P O			
	ESPECIAL	1o.ORDEN	2o.ORDEN	3o.ORDEN
CLASE DE TERRENO	Plano Lomerío Suave	Plano Lom.Suave Montañoso	Plano Lom.Suave Montañoso Escarpado	Plano Lom.Suave Montañoso Escarpado
VEL. MAXIMA EN Kph.	80	60	40	30
DRENAJE	Definitivo	Algo Semi-definitivo	Semi-definitivo y provisorio - nal.	Provisional
CARGA	H-20	Mínimo H-15	H-15	H-10
SUPERFICIE DE RODAMIENTO	Petroli- zada	Revestida o petroli- zada	Revestida en lo ne- cesario	La natural del terre- no

4.-) ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS:

A).- ALINEAMIENTO:

Se trató en todo momento, que la línea de trazo quedara alojada en terreno plano la mayor extensión posible, conservándose siempre dentro de la ruta general, pero debido a la topografía del terreno, no siempre se pudo hacerlo en esta forma, ya que se presentaron pendientes fuertes, aunque no rebasaron las pendientes máximas permitidas para este tipo de camino; pero - debido a ello, se tuvieron que hacer desarrollos en la ruta, y sumado esto a la búsqueda de pasos adecuados, el camino resultó de mayor longitud que la marcada en línea recta entre el - punto de partida y el punto de llegada.

Sin embargo, se trató siempre hasta donde ello fue factible, que el alineamiento entre los puntos obligados fuera lo más recto posible, tomándose, desde luego en cuenta la topografía de la región; también se previó el tránsito - que tendrá en lo futuro, a efecto de que las mejoras que posteriormente se lleven a cabo en el alineamiento, no - signifiquen considerables pérdidas al tener que desechar algunos tramos del camino.

Se evitó, el trazo de curvas agudas entre tangentes largas, y cuando coincidió en una cima una curva vertical y otra horizontal, se le dio mayor visibilidad a la primera que a la segunda. Por lo tanto, el alineamiento quedó de tal - forma, que no tuvo cambios bruscos que constituyan en la posteridad un peligro para el conductor.

B).- CURVATURA:

Grado de curvatura es: el ángulo en el centro correspondiente de un desarrollo de arco de veinte metros y su relación con el radio de la curvatura es:

$$\frac{360}{G} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{20}$$

Por lo tanto:

$$G = \frac{1145.91}{R} = \frac{1146}{R}$$

En donde:



G es el grado de curvatura dado en grados;  
 R el radio dado en metros;  
 $\pi$  constante , cuyo valor es 3.1416.

En la curva de un camino el radio mínimo aplicable, depende de la sobre-elevación máxima, que a su vez está ligada a la adherencia de los vehículos y que varía con la velocidad .

Como a la velocidad, está ligada la menor o mayor -- curvatura, es por ello que se tuvo especial cuidado en escoger las curvas adecuadas de acuerdo a la velocidad - de proyecto, y se les dio la sobre-elevación necesaria y sus correspondientes transiciones antes y después de cada curva.

GRADOS DE CURVA RECOMENDABLES  
 PARA EL CAMINO VECINAL DE 1o.  
 ORDEN.

CLASE DE	VEL. K.P.h.	GRADO MAX.
TERRENO		
PLANO	60	9
LOMERIO	60	14
MONTAÑOSO	40	25
ESCARPADO	--	--

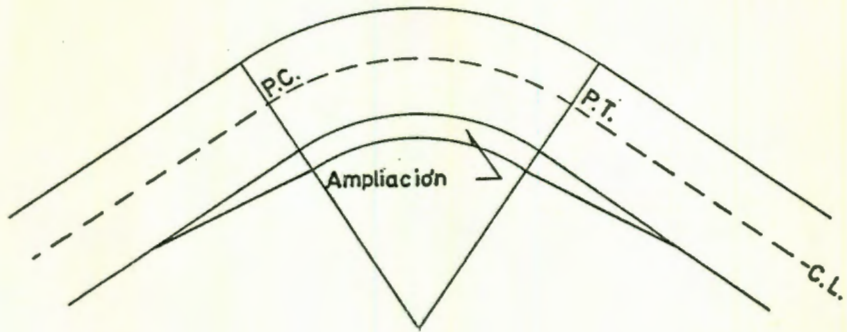
C).- AMPLIACION DE LAS CURVAS:

Se amplió el pavimento en las curvas, en virtud de que se necesita mantener entre los vehículos, claros iguales a los

que existen en las tangentes. El principal factor que en una curva no ampliada no se conservan estas distancias - entre los vehículos , es el que las ruedas traseras no - tengan el mismo movimiento que las ruedas delanteras y que por ello no siguen la misma trayectoria.

Las curvas horizontales, se ampliaron en una cantidad - constante desde el PC hasta el PT y después se les hizo disminuir hasta los extremos de las transiciones. Ver Fig. (2).

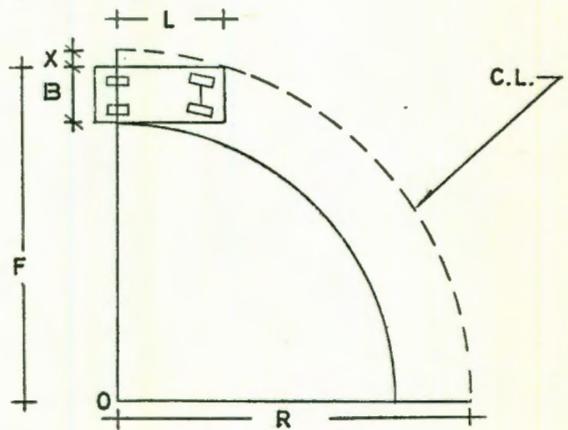
Fig. (2)



Deducción de la fórmula para la ampliación

$X = R - F$  según Fig. (3)

Fig.(3)



$$F = \sqrt{R^2 - L^2}$$

$$X = R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

Por lo tanto, el sobre ancho necesario para que transiten dos vehículos en un camino será:

$$X^1 = 2 \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right)$$

La Asociación Americana de Funcionarios de Caminos, recomienda se le agregue un término empírico y que es independiente del número de vías, el valor es:

$$\frac{v}{10\sqrt{R}}$$

La fórmula de la ampliación quedará entonces de la siguiente manera:

$$X^1 = 2 \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{v}{10\sqrt{R}}$$

En la que:

$X^1$  es la ampliación en mts.

R el radio de la curva en mts.

L La longitud entre el eje tracero y la parte delantera del vehículo, se considera generalmente con un valor de 6 metros.

V es la velocidad de proyecto en Km. por hora.

AMPLIACIONES RECOMENDABLES PARA  
CAMINOS VECINALES

GRADO DE LA CURVA	AMPLIACION EN mts.
DE 4 a 9	0.60
DE 10 a 12	0.75
DE 13 a 16	1.00
MAS DE 16	1.20

D).- TRANSICION:

Al pasar un vehículo de una recta a una curva, debe ser efectuado por medio de una curvatura progresiva o transición. El proyecto adecuado de esta curva de transición proporcionará al usuario del camino mayor seguridad en su trayectoria, pues la fuerza centrífuga aumentará y disminuirá gradualmente conforme el vehículo entre y salga de la curva circular, disminuyendo con ello, la tendencia a invadir el carril adyacente, también facilitará efectuar gradualmente un cambio tanto en la sobre-elevación como en la ampliación de la curva.

Las longitudes de las transiciones de las curvas, se calcularon de acuerdo a los siguientes conceptos.

El tiempo en el cual el vehículo recorre la longitud de transición es dado por la fórmula:

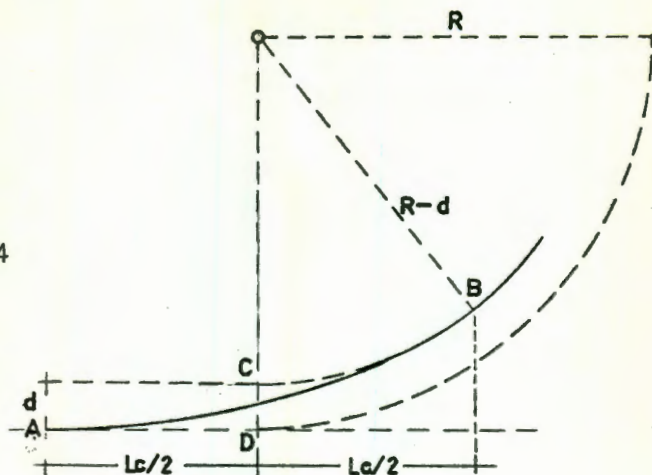
$$t = \frac{L_c}{V}$$

En la cual:

$L_c$  es la longitud de transición (Ver Fig. No. 4);

$V$  la velocidad de proyecto .

Fig. No. 4



La aceleración normal pasa de un valor cero a un valor  $\frac{V^2}{R}$  en un tiempo  $t$ , el incremento de la misma unidad de tiempo valdrá:

$$\ddot{a} = \frac{\frac{V^2}{R}}{t} = \frac{V^3}{Lc R}$$

El valor de  $J$  varía entre 0.61 a 0.915 m/Seg.<sup>3</sup>. Se adopta generalmente el valor de 0.61 m/Seg.<sup>3</sup> ya que proporciona la suficiente seguridad. Por lo tanto la fórmula de la longitud de transición quedará como sigue:

$$Lc = \frac{V^3}{0.61 R} = 1.64 \frac{V^3}{R}$$

En la cual:

- Lc es la longitud de transición en mts;  
V la velocidad de proyecto en m/Seg.;  
R el radio de la curva circular dado en mts.

O también:

$$Lc = \frac{1.64 V^3}{(3.6)^3 R} = 0.0351 \frac{V^3}{R}$$

En donde:

- V está dada en kilómetros por hora;  
R dado en metros;  
Lc en metros .

Pasos que se siguieron para el trazo de las curvas de --  
transición. Ver Fig. (4)

- A).- Se calcula d por la fórmula  $d = \frac{Lc}{24 R}$   
B).- Se traza un círculo concéntrico al círculo primitivo  
con ( R - d ) como radio;  
C).- Se lleva el valor de Lc/2 a cada lado de D, quedando  
de esta manera fijados los puntos A y B;  
D).- Luego se traza la curva AB tangente en A a la recta  
y en B al círculo y pasando por el punto medio de CD

VALORES DE LAS LONGITUDES EN (mts.) RECOMENDABLES DE LAS TRANSICIONES, EN LAS CURVAS CIRCULARES EN CAMINOS VECINALES DE PRIMER ORDEN .

GRADO DE CURVA	LONG. EN MTS.
2°	15.0
2°30'	15.0
3°	20.0
3°30'	20.0
4°	20.0
4°30'	20.0
5°	20.0
5°30'	20.0
6°	25.0
6°30'	25.0
7°	25.0
8°	30.0
9°	30.0
10°	30.0
Hasta 14°	35.0
Hasta 25°	40.0
Hasta 40°	40.0

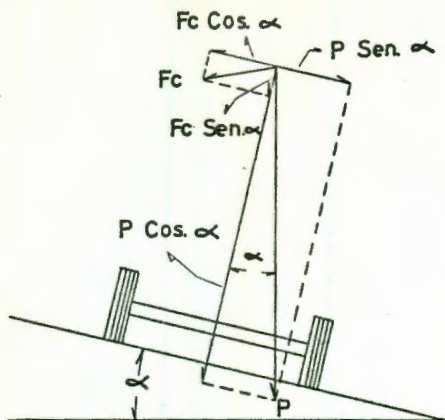
E).- SOBREELEVACION:

Cuando un vehículo pasa de una tangente a una curva, al recorrer ésta, aparece la fuerza centrífuga; la cual origina dos peligros de estabilidad para el vehículo en movimiento y que son el peligro de deslizamiento y el peligro de volteo.

Para evitar los peligros mencionados, es necesario sobre-elevar las curvas. Ver Fig. No. (5).



Fig. (5)



La fuerza centrífuga es representada mediante esta fórmula:

$$F_c = \frac{P V^2}{g R}$$

En la cual:

$P$  es el peso del vehículo;

$V$  la velocidad;

$g$  la aceleración de la gravedad;

$R$  el radio de la curva.

La condición de equilibrio es:

$$F_c \cos \alpha = P \sin \alpha + U_t \quad (F_c \sin \alpha + P \cos \alpha)$$

En donde:

$F_c \cos \alpha$  es la componente paralela al plano del camino de la fuerza centrífuga  $F_c$ ;

$P \sin \alpha$  La componente paralela al plano del camino del peso del vehículo;

$U_t (F_c \sin \alpha + P \cos \alpha)$  La fuerza resistente provocada por el rozamiento.

Sin tomarse en cuenta el efecto por rozamiento y sustituyendo valores se obtiene la fórmula de la sobreelevación:

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{g R}$$

En la cual:

V es la velocidad de proyecto en K.P.H.;

R el radio de la curva en mts..

Esta sobreelevación teórica da resultados muy altos, lo que podría provocar que el vehículo se deslizara hacia la parte interna de la curva, si al pasar por ella su velocidad fuera menor que la de proyecto.

En la práctica se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{Sobreelevación en \%} = \frac{V^2}{2.26 R}$$

En la cual:

V es la velocidad de proyecto en K.P.H.;

R el radio de la curva en mts..

Esta fórmula, está basada en el criterio de absorber con el peralte la fuerza centrífuga, debido a los 3/4 de la -

velocidad o sea el 56% de la fuerza centrífuga total y el 44% restante debe ser absorbido por la fricción.

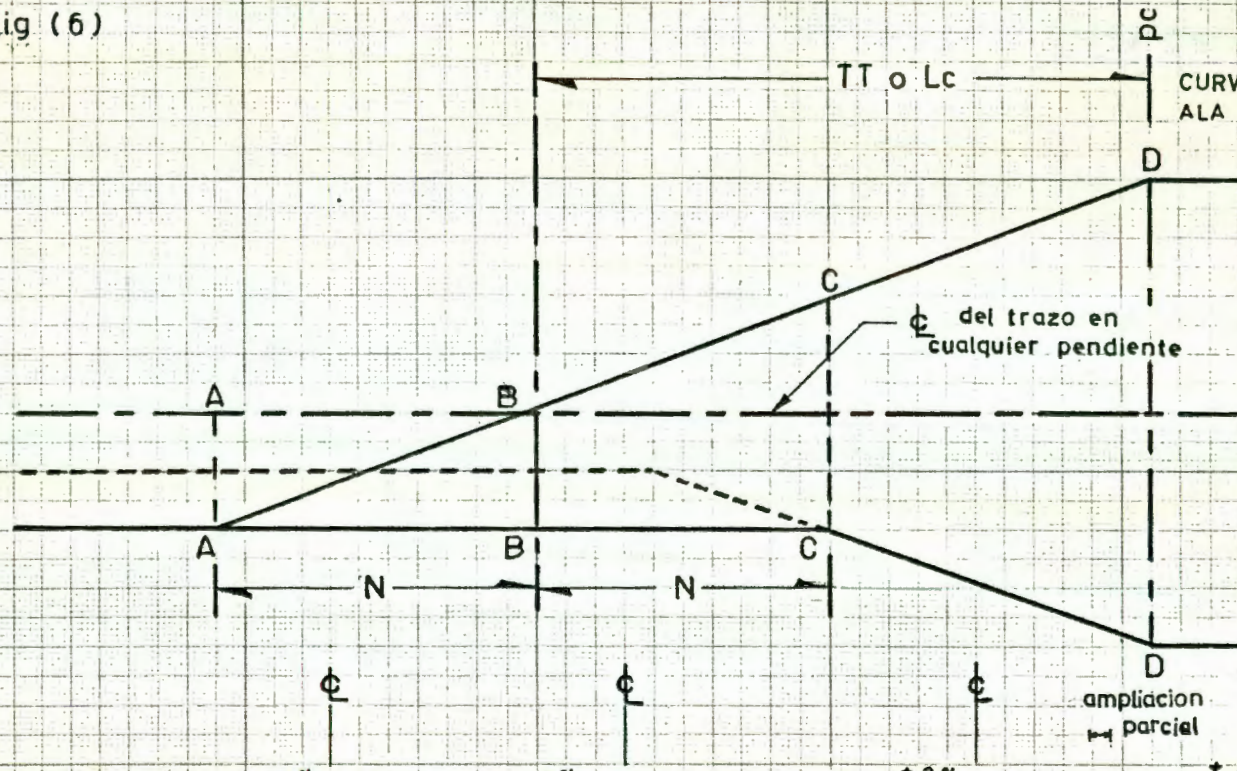
El valor de la sobreelevación en las curvas circulares, se alcanzó gradualmente dentro de la distancia  $TT + N$  (Ver Fig. No. 6) en donde  $TT$  es la tangente de transición y  $N$  la semidistancia del punto donde termina el bombeo al punto donde la pendiente es -2%.

Según la figura (6), que representa la sobreelevación de una curva circular derecha, los pasos que se siguieron para alcanzar la sobreelevación calculada fueron los siguientes:

- a).- En la sección A-A , se inició el giro del ala externa, mientras el ala interna conservó el -2% de bombeo;
- b).- En la sección B-B el ala externa continuó su giro, partiendo de 0% de pendiente. El ala interna siguió conservando el -2% de bombeo;
- c).- En la sección C-C el ala externa continuó su giro, partiendo de +2% y se inició el giro del ala interna partiendo de -2% de pendiente. También se inició la ampliación parcial;
- d).- En la sección D-D se terminó el giro y comenzó la sobreelevación calculada y también se comenzó la ampliación total.

GRAFICA DE SOBREELEVACION

Fig (6)



Al salir de la curva se siguió la misma secuela pero inversamente.

También se pueden conocer las sobreelevaciones de las curvas circulares, por medio de las tablas de especificaciones expedidas por la Secretaría de Obras Públicas, y que dan los valores de las sobreelevaciones en función del grado de las curvas.

F).- P E N D I E N T E :

La pendiente máxima que deba tener un camino debe estar en relación a la categoría del mismo.

Si en terreno montañoso se construye un camino con pendientes bajas, su costo se elevará considerablemente y si se construye con pendientes altas el costo del transporte aumentará mucho, debido al mayor consumo de combustible y al mayor deterioro de las piezas del vehículo principalmente de los neumáticos. La solución que se dio a este respecto fue la de trazar el camino con la distancia más corta, sin rebasar las pendientes máximas recomendadas, en base a la categoría del mismo.

PENDIENTES MAXIMAS RECOMENDADAS PARA  
EL CAMINO VECINAL DE PRIMER ORDEN .

CLASE DE TERRENO	PENDIENTE EN %
PLANO	3
LOMERIO	4
MONTAÑOSO	6
ESCARPADO	7

G).- ANCHO DE LA SECCION:

El ancho de la sección de un camino, está en función de la velocidad, densidad y clasificación del tránsito.

La Secretaría de Obras Públicas, recomienda se emplee la sección de 6.60 metros para el camino vecinal de lo. orden.

H).- ANCHO DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO:

En un camino pavimentado, la superficie de rodamiento generalmente es menor que la corona del camino.

Las porciones comprendidas entre el borde de la vía exterior de tránsito y el borde interno de la cuneta o del talud según si la sección, es en corte o terraplén, se les llama acotamientos (Ver Fig. (7)). Los cuales son una seguridad para el tránsito, disminuyendo de esta manera el número de accidentes y en relación a su mayor anchura las terracerías tendrán mayor estabilidad.

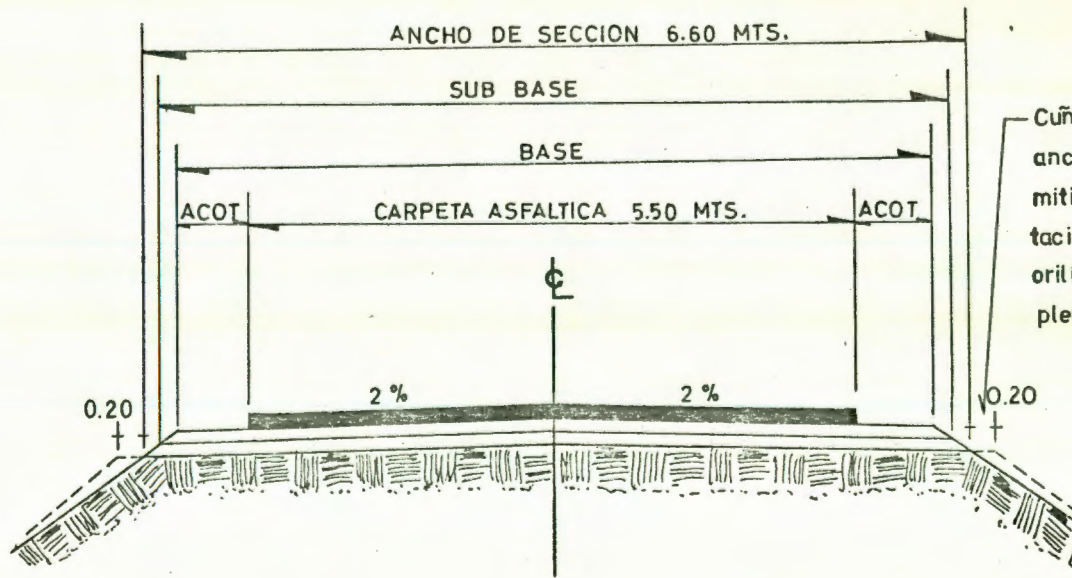


Fig (7)

VALOR DE EL ANCHO DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO .

TIPO DE CAMINO VECINAL	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	
	ANCHO	TIPO
1o. ORDEN	6.60 m.	REVEST.PAVIM.5.50 m.

I).- DERECHO DE VIA:

El derecho de vía, es la faja de terreno en la cual se alojan una vía de comunicación y sus servicios auxiliares.

En el caso de este camino, el derecho de vía se debe reducir al mínimo con objeto de afectar lo menos posible - los terrenos de cultivo.

EL VALOR RECOMENDADO PARA EL DERECHO DE VIA EN ESTE TIPO DE CAMINO VECINAL ES EL SIGUIENTE:

TIPO DE CAMINO	ANCHO DE DERECHO DE VIA
1o. ORDEN	20.00 m.



5).- ESPECIFICACIONES ESTRUCTURALES:

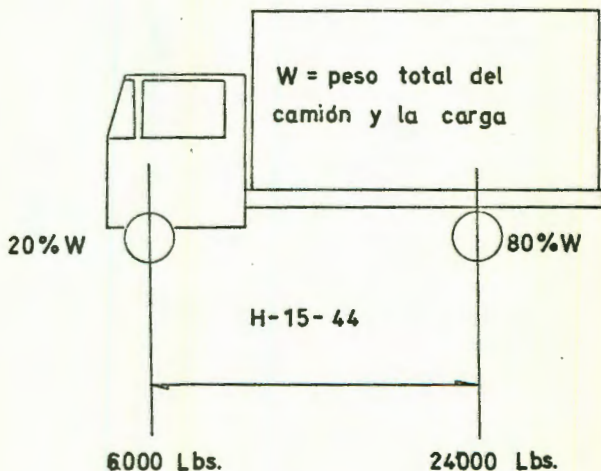
A).- CARGA VIVA DE PROYECTO:

Según las especificaciones de la American Association of State Highway aceptadas en México, la carga viva consiste: en el peso de la carga móvil proveniente de peatones y vehículos. Sin embargo, en el cálculo de puentes y alcantarillas, se omite el peso producido por los peatones.

LA S.O.P. DE MEXICO, PARA EL CAMINO VECINAL DE 1o. ORDEN ACEPTA LA SIGUIENTE CARGA.

TIPO DE CAMINO	CARGA DE PROYECTO
1o. ORDEN	MINIMO H - 15 - 44

CARGA VIVA



(Fig. 8).

Significado de las cargas especificadas:

Una carga H es la carga de un camión de dos ejes (Ver Fig. 8), esta carga se puede considerar en su equivalente, formada por una determinada carga uniformemente repartida y una concentrada.

El numero (I5), indica el peso bruto en toneladas del sistema inglés (2000 lbs.) del camión especificado como carga. Esta carga se considera repartida en la siguiente forma: Un 20% cae en su eje delantero y un 80% en el eje posterior.

Finalmente se pone el numero 44, y que significa el año en el que se elaboraron estas especificaciones. Se considera una distancia de I4 piés entre ambos ejes del camión.

#### B).- DIMENSIONES MAXIMAS DE LOS CAMIONES:

Para las dimensiones máximas que tendrán los camiones se adoptarán los valores que da la AASHO y son los siguientes:

El ancho máximo de un vehiculo vacio o cargado será de 96 pulgadas o 2.44 metros.

La altura máxima, vacio o cargado será de I2 pies y 6 pulgadas o 3.8I metros.

El largo máximo, será de 35 pies o 10.67 metros incluyendo defensas, para camiones de cargas H. Para caminos de mayor categoría a los de tipo vecinal de lo. orden se permiten longitudes mayores en los camiones y que tendrán cargas de la combinación H S. (Tractor - camión de dos - ejes con un semi-remolque de un solo eje).

C).- ESPESOR DEL REVESTIMIENTO:

En los caminos vecinales, el cálculo del espesor de revestimiento hecho por laboratorio en función de la calidad de las terracerías y de los materiales de revestimiento disponibles, sólo es justificable el gasto invertido en este estudio, en los caminos de tipo especial y de primer orden que lo ameriten, principalmente cuando van a ser pavimentados ya que en estos casos se tratarán los revestimientos como capas de subbase y base.

En los caminos de primer orden, cuando solamente van a quedar hasta la etapa de revestimiento, se deberá tender un espesor flojo de 20 cm. como mínimo y compactarlo siempre.

6).- ENT RON QUE :

El entronque del camino con la carretera, representa un factor de perturbación de primer orden y por lo tanto,

debe ser analizado en forma cuidadosa para darle la mejor solución de proyecto, de acuerdo con los aspectos - de vialidad, seguridad y economía. Pues un entronque mal proyectado, expone a los conductores a sufrir accidentes los cuales constituirán grandes pérdidas que gravitarán sobre la economía nacional.

En este caso, yo propongo la construcción de un entron - que a nivel, oblicuo a la carretera con curvas auxilia - res, (ver plano de la planta del camino).

CAPITULO IV  
LOCALIZACION

## LOCALIZACION

### 1).- OBJETO DE LA LOCALIZACION:

El objeto de la localización, fué el de fijar los puntos obligados intermedios dentro de la ruta del camino, estos puntos dependieron de la topografía del terreno, de sus características físicas, geológicas y geotécnicas.

La localización también tuvo como propósito el hacer -- que con el menor costo de construcción dé el mínimo -- costo de operación del tránsito que tendrá no solamente después de su construcción sino que en un futuro -- previsible de por lo menos 10 años, sin necesidad de -- hacer modificaciones de importancia. Estos fines se lo graron principalmente mediante la aplicación de un buen criterio para atacar a cada uno de los problemas -- que se presentaron.

### 2).- RECONOCIMIENTO:

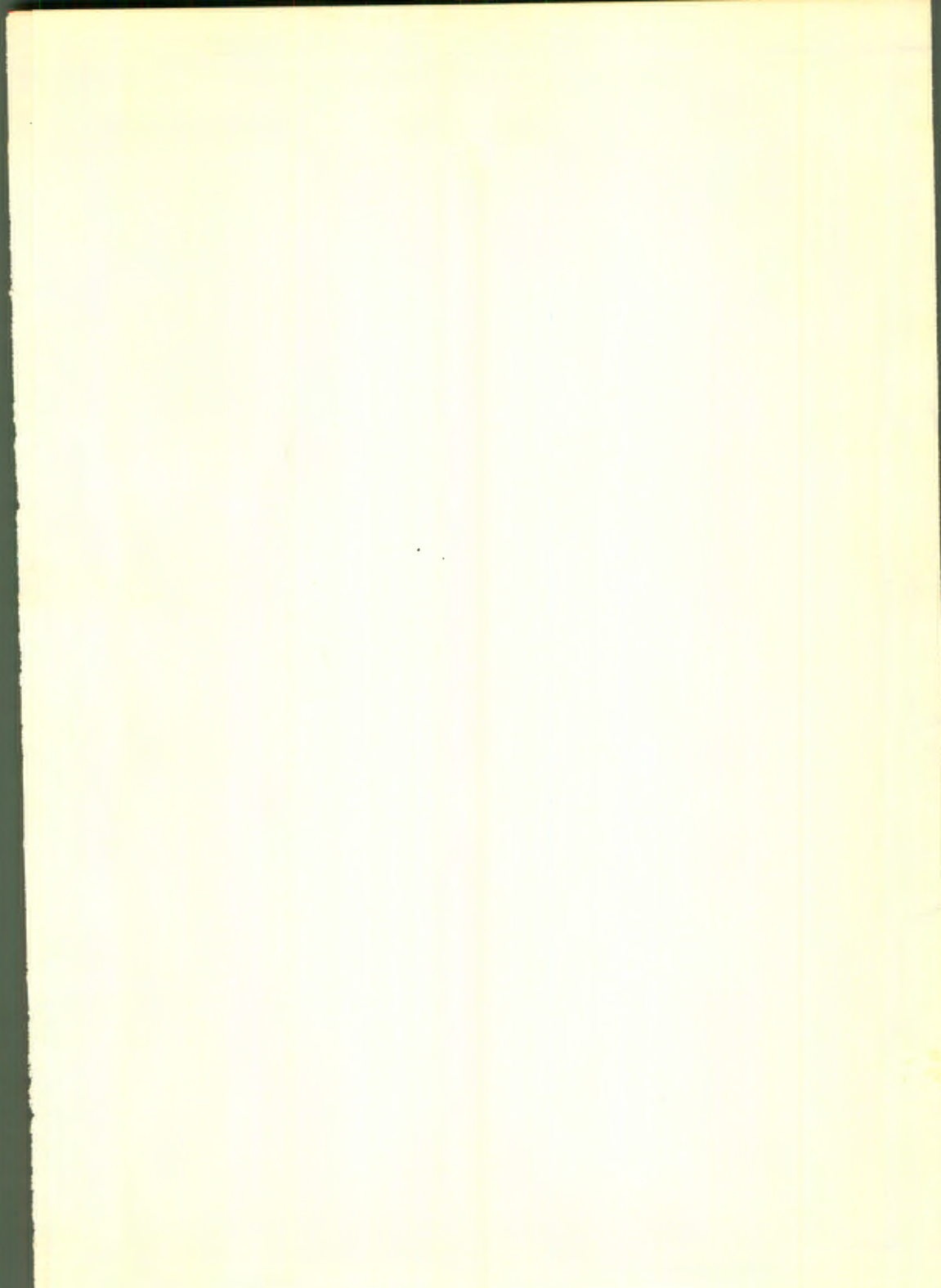
Cuando se trata de un camino vecinal, como del que -- trata la presente tesis, al haber realizado un exámen minucioso de la ruta para su construcción, no solamente se tuvo en cuenta el aspecto puramente ingenieril, sino que también se atendió el punto de vista del beneficio social.

Primeramente se hizo un recorrido a pié, con el objeto de hacer una observación directa del terreno y ver sus características. Se tomó el mayor número de datos posible de la zona y se recabó de parte de los residentes de ésta, toda clase de sugerencias que contribuyeron a la elección de la mejor ruta.

Posteriormente se habló a los propietarios de las tierras por las cuales se vio la conveniencia de pasar el camino, y se les convenció para que faciliten la labor constructiva del mismo, haciéndoles ver que el beneficio que les reportará la obra, compensará con creces el valor del terreno afectado.

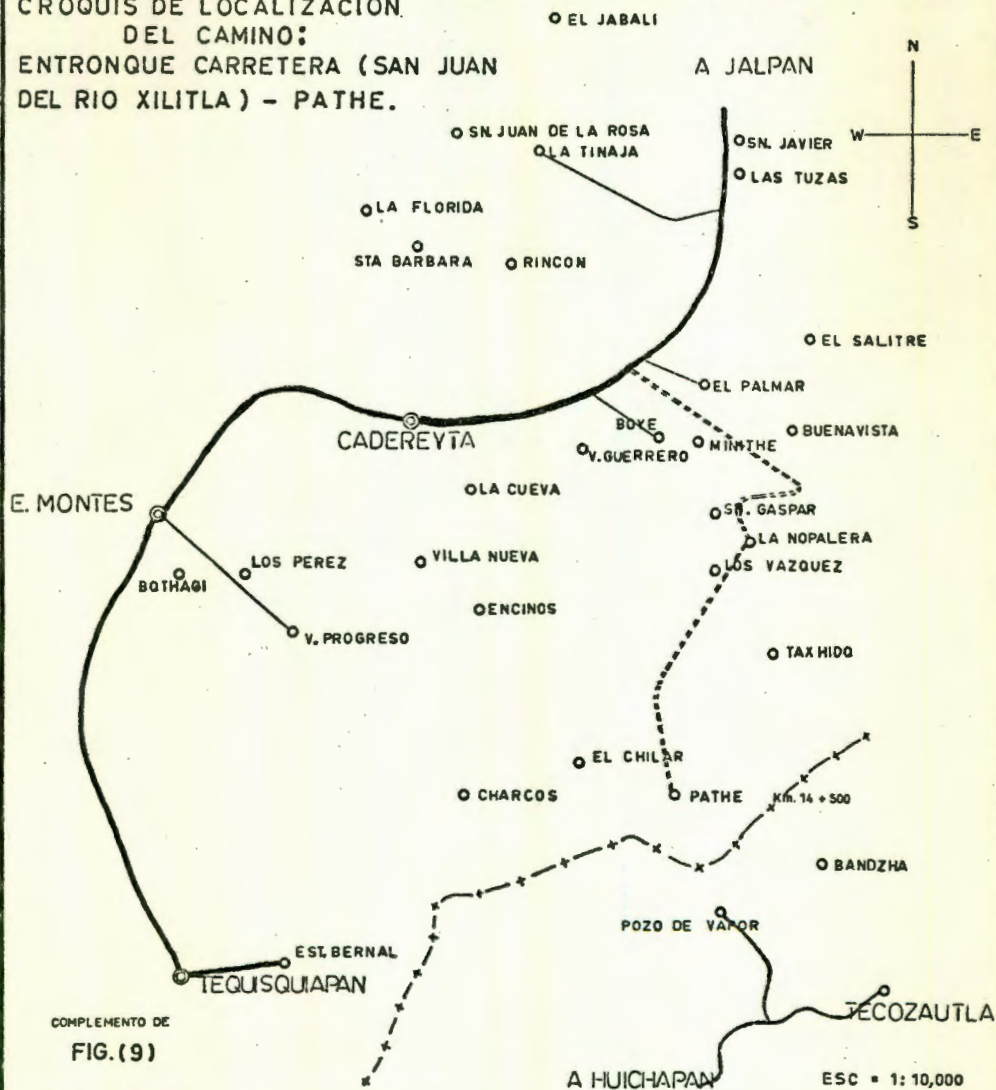
Se elaboró un croquis (ver Fig. 9), en el cual se ubicó el camino, especificando a que municipio y estado pertenece, en donde se iniciará y en donde terminará y se orientó respecto a los puntos cardinales.

Se midieron las longitudes aproximadas entre los puntos más importantes a lo largo de la ruta, esto sirvió para apreciar la importancia y el costo que iría a tener cada tramo. Se hicieron observaciones de los centros de población, los centros ganaderos y agrícolas que se cruzaron y se especificó el kilometraje aproximado que les correspondió.





CROQUIS DE LOCALIZACION  
DEL CAMINO:  
ENTRONQUE CARRETERA (SAN JUAN  
DEL RIO XILITLA) - PATHE.



COMPLEMENTO DE  
FIG.(9)

Se rindió un informe detallado del alineamiento, o sea se especificó claramente cuantas tangentes se podrian alojar - en cada tramo, con sus longitudes aproximadas. También se - anotó el tipo de topografía que predomina en cada tramo, -- así como su pendiente.

Se tomó nota de la clasificación del terreno, por donde - pasará el camino, esta clasificación se hizo en porcentajes de tierra, roca suelta y roca fija o sus equivalentes en de nominación, el total de los tres porcentajes es el 100%.

Clasificación del terreno por donde pasará el camino:

De Km. a Km.	Clasificación.
0 + 000 a 3 + 300	100 - 00 - 00
3 + 300 a 4 + 200	00 - 70 - 30
4 + 200 a 4 + 960	00 - 00 - 100
4 + 960 a 5 + 040	30 - 70 - 00
5 + 040 a 6 + 100	100 - 00 - 00
6 + 100 a 7 + 600	30 - 70 - 00
7 + 600 a 9 + 000	80 - 20 - 00
9 + 000 a 11 + 500	100 - 00 - 00
11 + 500 a 12 + 080	00 - 100 - 00
12 + 080 a 13 + 500	40 - 60 - 00
12 + 500 a 14 + 500	100 - 00 - 00

Aproximadamente se calculó el número de obras de drenaje, - (once cruces obligados y siete obras de alivio). Se les agrupó

por su tipo y tamaño, y se especificó si las obras van a ser definitivas o semi-definitivas.

Se ubicaron los bancos de material para la sub-base, base y carpeta. También se determinó la clasificación del material que se vá a extraer de cada uno de ellos y si se debe o no utilizar explosivos para su extracción.

Por último se informó si existen vías de comunicación - próximas al camino en proyecto y si hay abundancia o escases de mano de obra en la zona.

### 3).- R U T A S :

La elección de la ruta definitiva, fue un trabajo delicado y en ocasiones difícil, pues se presentaron al mismo tiempo varias soluciones, por lo tanto, el acierto de la solución escogida estuvo basada principalmente en un amplio conocimiento de la zona en sus diferentes aspectos , tanto físicos, sociales y políticos, ya que estos influirán directamente en el costo de la construcción del camino.

CAPITULO V  
PROYECTO

## P R O Y E C T O

### 1).- ESTUDIO PRELIMINAR

#### A).- TRAZO DE LA LINEA PRELIMINAR:

Una vez que se fijaron los puntos obligados por medio del reconocimiento, así como los puntos intermedios definidos por la topografía del terreno, se procedió a trazar la línea preliminar, que sirvió de base para apoyar la topografía de la faja de terreno que alojó el trazo definitivo. La línea preliminar del camino, consiste en una poligonal abierta; su punto inicial se le denominó el - Km. 0+000 en el cual se clavó un trompo con tachuela en el centro y en el que se centró y niveló el tránsito, y apretando los tornillos tanto del movimiento particular como del general, se visó en seguida el primer vértice, procediéndose luego a clavar trompos y estacas numeradas en orden progresivo a cada 20 mts. y también en todos - los puntos notables que lo ameritaron, hasta llegar a dicho vértice, en donde se clavó otro trompo con tachuela en el centro y a donde se volvió a centrar y nivelar el aparato.

En seguida se visó el punto 0+000 con los ceros del limbo y la alidada en coincidencia, luego se dio vuelta de - campana y aflojando el tornillo del movimiento particu - lar se giró hacia el siguiente vértice, registrando en

la libreta de trazo la deflexión dada, ya sea derecha o izquierda de acuerdo al sentido del cadenamiento. Esta misma secuela se siguió a lo largo de toda la línea . Se estableció el azimut del punto de partida. También se observó el rumbo magnético para el primer lado de la poligonal y con ello se calculó las de los siguientes lados. En cada PI (Punto de intersección) y en los PST (Punto sobre tangente), también se pusieron trompos con un punto fijamente marcado con tachuela ya que en cada uno de estos puntos se centró el tránsito. Los PST, fueron tomados dos veces, basculando el anteojo y luego girando  $180^{\circ}$  para la segunda lectura. En todos los ángulos del PI se hizo doble lectura por repetición, anotando en la libreta de campo el ángulo simple como el doble . En la libreta de campo, también se fue registrando los cruces de arroyos y acequias, cercas, cruces de líneas de propiedad etc.. Teniéndose los datos del trazo de la línea preliminar, se calcularon las coordenadas de los diferentes vértices, tomando uno de ellos como origen y como ejes el primer lado y la perpendicular a él, y se procedió a dibujar la poligonal , entintándose a color negro, (ver Fig. B) .

B).- NIVELACION DE LA LINEA PRELIMINAR:

En seguida, se llevó a cabo la nivelación del perfil - (con nivel fijo) de la línea preliminar, la que tuvo como propósito, el obtener las cotas de todos los trompos colocados a cada 20 mts. y de los puntos intermedios más sobresalientes, estas cotas sirvieron de base para sacar la topografía del terreno. La nivelación se llevó en la siguiente forma:

Primero se fijó un Banco de nivel cerca del comienzo del trazo del camino, cuya altura de cota, fue la que le correspondió respecto al nivel del mar. Se colocó el nivel fijo en un lugar de tal forma que se alcanzara a ver el mayor número de estaciones; una vez nivelado, el aparato, se visó primeramente el banco de nivel que se había fijado y en el cual el estadalero puso el estadal dándole un movimiento de vaivén, tomándose la lectura menor (al milímetro), a esta lectura obtenida se le sumó el valor de cota del banco, obteniéndose en esta forma la altura de aparato y que posteriormente a esta altura se le restaron las lecturas obtenidas (al centímetro) de las visuales hechas en cada una de las estaciones cerradas de 20 metros y también, de los puntos característicos del eje del camino, obteniéndose así, las cotas de dichos puntos. Cuando por el anteojo del nivel ya no se pudo ver el estadal, entonces se fijó un punto de liga (P.L.) , en el -

cual se puso el estadal y se hizo una lectura al milímetro, habiendo hecho lo anterior se, cambió el nivel adelante del (P.L.) y se puso y se niveló en un lugar en donde se podía ver la parte más baja del estadal (estando este sobre el (P.L.) si se iba de bajada o que se viera la parte más alta si se iba de subida. Se hizo la lectura al milímetro y se le sumó la cota que se había obtenido del (P.L.), dando como resultado la nueva altura de aparato y así sucesivamente se repitió la secuela hasta llegar a un segundo banco de nivel. Los bancos de nivel, se situaron a distancias no mayores de 500 mts. y se pusieron en lugares visibles pero fuera del área de construcción para evitar que sean destruidos. Se numeraron de acuerdo al kilometraje en el cual quedaron situados y el número de orden que les correspondió. La nivelación hecha entre banco y banco de nivel se checó efectuando otra nivelación en sentido contrario y que al llegar al banco anterior la diferencia de cotas no rebazó la tolerancia que da la fórmula  $0.01 \sqrt{P}$ , en donde P es la distancia nivelada en kilómetros, sumando ida y regreso.

EJEMPLO DEL REGISTRO QUE SE LLEVO A CABO DEL TRAZO PRELIMINAR DEL EJE DEL CAMINO .

EST.	+	PK	-	COTAS	OBSERVACIONES
BN 0-1	2.271	2102.271		2100.00	BN 0-1 sobre gra-
0+000			0.67	2101.60	pas, en tronco de
0+020			1.48	2100.79	mezquite a 40.00
0+040			1.68	2100.59	mts. derecha de



EST.	+	∩	-	COTAS	OBSERVACIONES
0+060			2.53	2099.74	la estación - -
0+080			3.19	2099.08	0+000 Elev.=- -
PL	0.192	2099.036	3.427	2098.844	2100.00 mts.
0+100			1.13	2097.91	
0+120			1.54	2097.50	
0+140			1.93	2097.11	
0+160			2.25	2096.79	
0+180			2.30	2096.74	
0+185			2.45	2096.59	
0+190			4.32	2094.72	
0+200			4.10	2094.94	
PL	0.373	2096.976	2.433	2096.603	etc.

C).- SECCIONES TRANSVERSALES.

Tomándose como base la nivelación longitudinal de la poligonal y utilizando un nivel de mano, cinta, brujula y un estadal, se sacaron las secciones transversales normales a la línea preliminar en todos aquellos puntos que fueron estaqueados en el trazo, estas secciones tuvieron como objeto conocer las curvas de nivel del terreno a cada metro. La amplitud de la faja topográfica abarcó 100 mts. de cada lado de la línea preliminar.

Ejemplo del registro que se llevó en la libreta de campo para las secciones transversales.

SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAMINO: SAN JUAN DEL RIO -  
XILITLA - PATHE

		<u>100.0</u>	<u>83.9</u>		<u>71.6</u>	<u>88.6</u>	<u>100.2</u>	
		2106	2105		2096	2095	2094	
<u>67.9</u>	<u>25.9</u>	<u>20.2</u>	<u>9.9</u>	0+040	<u>11.5</u>	<u>25.5</u>	<u>39.1</u>	<u>53.8</u>
2104	2103	2102	2101	2100.59	2100	2099	2098	2097
<u>96.7</u>	<u>84.7</u>	<u>70.8</u>	<u>57.1</u>		<u>69.0</u>	<u>99.5</u>		
2108	2107	2106	2015		2096	2095		
<u>47.4</u>	<u>14.0</u>	<u>7.5</u>	<u>0.90</u>	0+020	<u>4.1</u>	<u>23.6</u>	<u>38.0</u>	<u>53.1</u>
2104	2103	2102	2101	2100.74	2100	2099	2098	2097
	<u>101.6</u>	<u>90.0</u>	<u>75.2</u>		<u>72.7</u>	<u>93.0</u>	<u>102.0</u>	
	2108	2107	2106		2097	2096	2095	
<u>59.0</u>	<u>44.0</u>	<u>25.8</u>	<u>1.9</u>	0+000	<u>3.0</u>	<u>20.3</u>	<u>35.5</u>	<u>53.1</u>
2105	2104	2103	2102	2101.60	201	2100	2099	2098
B			A		B'			

Las secciones transversales, se anotaron en la libreta de campo de abajo para arriba.

En A, los numeradores corresponden a las estaciones y los denominadores a sus cotas correspondientes.

En B y B', los numeradores corresponden a la distancia en las cuales se encuentran las cotas cerradas y en los denominadores las cotas cerradas correspondientes.

Cuando se tuvo los datos de las secciones transversales, se procedió a dibujarlas en el dibujo de la planta del camino a color c6pia, ver figura B.

2).- ESTUDIO DEFINITIVO:

A).- PROYECTO DE LINEA DEFINITIVA:

Habiéndose elaborado el plano que contuvo la línea preliminar y la topografía del terreno, se procedió a proyectarse la línea definitiva.

Se separaron las puntas de un compás (una distancia que dependió de la pendiente que se quiso dar en cada caso), a la misma escala con que está dibujado el plano, y partiendo del punto inicial se empezó a ascender o descender, brincando de curva en curva siguiendo las pendientes deseadas, dando como resultado la línea teórica denominada "a pelo de tierra" ver figura (10), esta línea quebrada fue la base para proyectar el trazo de la línea definitiva, que con las mayores tangentes posibles, se trató de ajustarse lo más que se pudo a la línea teórica antes mencionada. A través de varios tanteos se logró una buena compensación.

Ejemplo:

En la Fig. 10 del punto A al punto B ( 80 mts. de distancia ), se quiere subir con una pendiente de 5%, por lo tanto las puntas del compás se tendrán que abrir una distancia de 20 mts. empleando la misma escala con la que está dibujada la planta del camino.

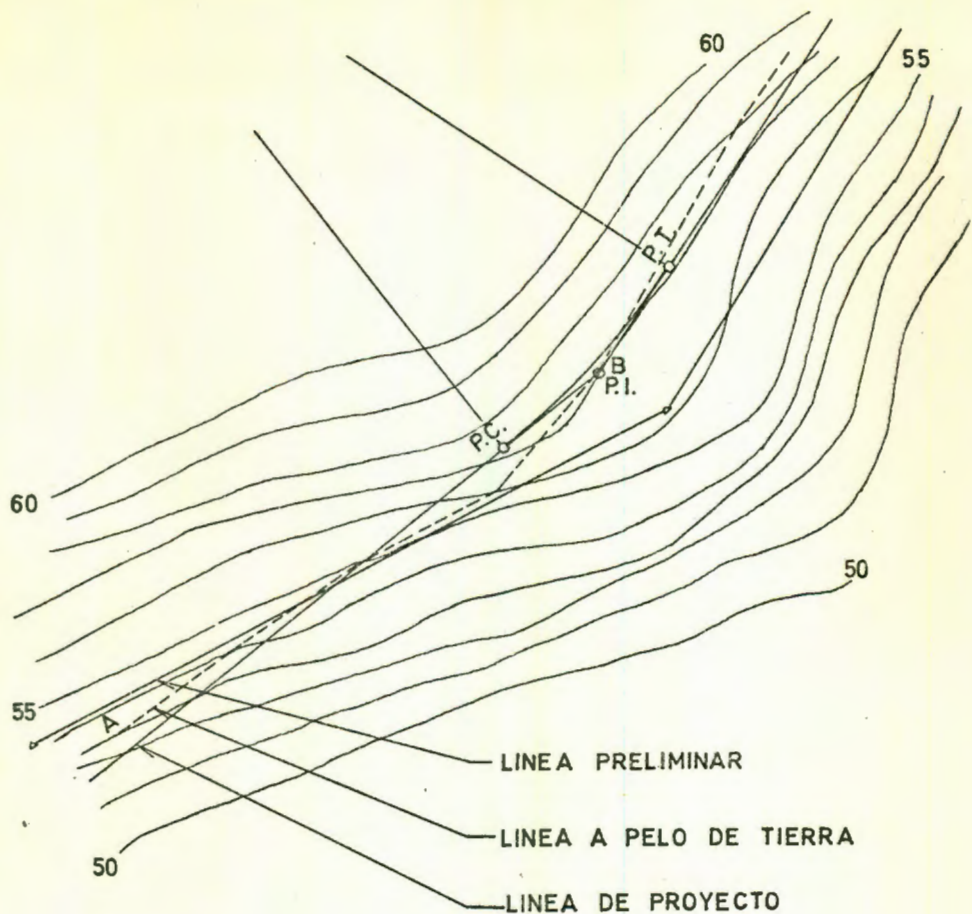


FIG. (10)

Dibujadas las tangentes de la línea definitiva, se unirán éstas, mediante curvas circulares. Las curvas fueron proyectadas mediante varios tanteos hasta encontrar la más adecuada en cada caso y se calcularon sus elementos de cada una de ellas. Siempre que fue posible se proyectaron curvas que tuvieron el mayor radio y que por lo tanto el grado fue menor.

ELEMENTOS DE UNA CURVA CIRCULAR.

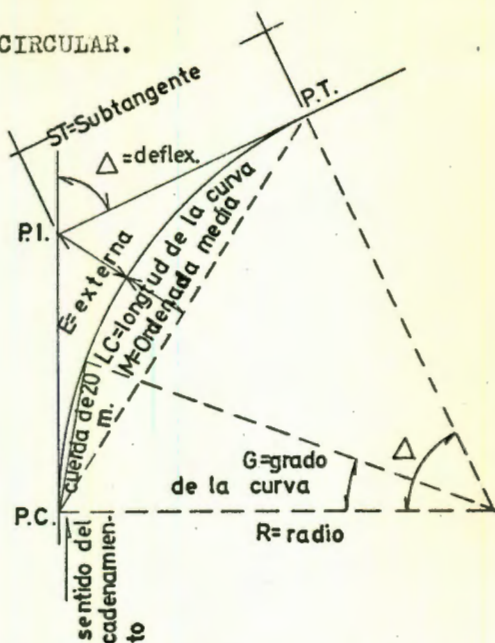


Fig. (11)

Cálculo de los elementos de una curva circular del camino, teniendo como datos:

$$PI = 0+142.51$$

$$G=1^{\circ}$$

$$\Delta = 8^{\circ} 17' \text{ DER.}$$

FORMULAS:

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

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

$$R = \frac{1146}{G}$$

$$Pc = PI - ST$$

$$PT' = Pc + Lc$$

Aplicando las fórmulas anteriores se obtuvieron los siguientes resultados:

$$ST = 82.98 \text{ mts.}$$

$$Lc = 165.67$$

$$R = 1146 \text{ mts.}$$

$$Pc = 0+059.53 \quad PT=225.20$$

La línea definitiva, se dibujó en el plano (en donde se dibujó la línea preliminar, ver Fig. B), a color azul y se referenciaron debidamente entre ambas líneas los PI y PST, denominados "ligas" y los cruces entre la preliminar y la definitiva. Con el objeto de tener elementos suficientes para hacer comprobaciones en el campo, del trazo.

#### B).- TRAZO DE LA LINEA DEFINITIVA.

Se trazó en el terreno , la línea definitiva proyectada, con sus tangentes y curvas, para lo cual se llevó - al campo una copia del proyecto elaborado en el gabinete.

El trazo se inició a partir de un cruce entre la línea definitiva y la línea preliminar, el cual estaba debidamente referenciado, tanto en el ángulo como en la distancia en donde se efectuó el cruce respecto a la línea preliminar. A lo largo de todo el trayecto se fue comprobando que la línea proyectada en el plano fuera siendo trasladada fielmente al terreno.

Fijados los puntos de intersección de las tangentes, se estuvo en disposición de trazar las curvas de acuerdo con los datos de proyecto y los cuales se anotaron en la libreta de tránsito. En el campo, primero se fijó el PI ,

luego se cadeneó la subtangente para fijar el PC y el PT de la curva y centrando el aparato en cualquiera de estos puntos se empezó a trazar la curva por medio de deflexiones.

Cálculo de las deflexiones de una curva del camino:

Fórmulas:

$$\text{Deflexión por metro} = \frac{G/2.60}{20}$$

$$\text{Deflexión por 20 metros} = \frac{G}{2}$$

ESTACION	P.O.	DEFLEXION	DAOS DE CURVA .
0+059.53	Pc	0° 00'	
060		0° 00' 42''	$\Delta = 8^\circ 17'$ IZQ.
080		0° 30' 42''	ST=82.98 mts..
0+100		1° 00' 42''	Lc=165.67 mts.
120		1° 30' 42''	R=1146 mts.
140		2° 00' 42''	G=1° 00'
160		2° 30' 42''	PI=0+142.5
180		3° 00' 42''	
200		3° 30' 42''	
220		4° 00' 42''	
0+225.20	PT	4° 08' 30''	

Como comprobación, la última deflexión será igual a un medio de  $\Delta$ .

En el trazo definitivo, se pusieron trompos a cada 20 mts. y en los puntos más notables del terreno, la parte superior de estos quedaron al nivel del terreno natural y de-

bidamente alineados, se numeraron en forma progresiva mediante estacas. En los PI, PST, PC, PT, se pusieron trompos con una tachuela en el centro, además se referenciaron debidamente respecto a puntos relativamente notables y que se encontraban fijos en el terreno.

C).- NIVELACION DE LA LINEA DEFINITIVA:

La nivelación se llevó siguiendo el trazo definitivo y se siguió el mismo procedimiento que el que se llevó en la nivelación preliminar.

Los resultados de la nivelación se dibujaron en papel - milimétrico grueso, obteniéndose el perfil longitudinal del camino, el cual se entintó a color negro, utilizando las escalas 1:2000 para la Horizontal y 1:200 para la Vertical. El perfil dibujado sirvió fundamentalmente para el proyecto de la sub-rasante del camino.

D).- PROYECTO DE SUB-RASANTE:

Tomando como base el dibujo del perfil del camino, se procedió a proyectar la sub-rasante, (ver Fig. C), que es el perfil de las terracerías del mismo y que se formó con líneas rectas unidas entre sí por arcos de curvas parabólicas verticales. Las pendientes de las rectas no rebasaron las pendientes máximas especificadas



para este tipo de camino y se proyectaron al décimo , excepto en el caso en que la rasante debió pasar por algún punto obligado, entonces se proyectaron con las decimales requeridas. Se le dio un valor positivo a las pendientes ascendentes y negativo a las descendentes.

Los fines que se persiguió en el proyecto de la sub-rasante fue el de compensar en todo lo posible, los cortes con los terraplenes, en el sentido longitudinal. -- Cuando el eje del camino pasó por una ladera, también se trató de que hubiera una compensación de volúmenes lateralmente.

En los caminos vecinales de primer orden, se suele proyectar con cierta holgura aunque ello signifique hacer movimientos de terracerías mayores a los mínimos, lo importante es que el camino tenga buena operación. Si no existen problemas de drenaje se deberá preferir la sub-rasante más baja posible, pues la mejor sub-rasante es el propio terreno que generalmente ya está compactado . Por lo tanto se evitó en todo lo posible terraplenes altos pues estos requerirán compactación mecánica, y que precisamente en este tipo de caminos esta compactación

mecánica se tratará de reducir al mínimo, principalmente por el aspecto económico. Un buen proyecto de sub-rasante desde el punto de vista económico y técnico será el resultado de los varios intentos que se harán con el objeto de lograr una compensación adecuada de las terrazas.

#### E).-- CURVAS VERTICALES:

Para pasar gradualmente de un tramo a otro con diferentes pendientes, se proyectaron arcos de curvas parabólicas, estos fueron en cima o en columpio si el arco quedó hacia arriba o hacia abajo respectivamente. Se proyectaron únicamente cuando la diferencia entre dos pendientes fue mayor de 0.5%. La distancia mínima que se dio entre dos PIV (Puntos de Intersección Vertical de dos rectas) fue de 160 mts. según especificaciones de la S.O.P. de México.

#### CALCULO DE UNA CURVA VERTICAL DEL CAMINO EN PROYECTO:

Del Km. 4+220 al Km. 4+500 se tiene una pendiente de -1.2% y del Km. 4+500 (que es el PIV de la curva) al Km. 5+180 tiene una pendiente de -4.4%.

Utilizando las fórmulas  $Y=Kd^2$

K es una constante cuyo valor es  $K=\frac{D}{10 L}$

En donde:

- Y es la ordenada de la curva vertical con relación a la tangente de la curva, en la estación correspondiente. Estas ordenadas se restarán o se sumarán - según se trate de una cima o un columpio respectivamente a las cotas de las tangentes;
- d es el número de orden que le corresponda a la estación para la cual se calcula la ordenada.
- D es la diferencia algebraica de las pendientes.
- L es la longitud de la curva vertical, dada en estaciones cerradas de 20 mts. La longitud mínima será en estaciones cerradas la diferencia algebraica de pendientes si esta distancia resultante no proporciona la visibilidad necesaria, esta distancia se alargará hasta obtener una curva con la visibilidad adecuada.

$$D = -4.4 - (-1.2) = -3.2$$

$$L = 4 \text{ Estaciones de } 20 \text{ mts.} = 80 \text{ mts.}$$

$$K = \frac{-3.2}{40} = -0.80$$

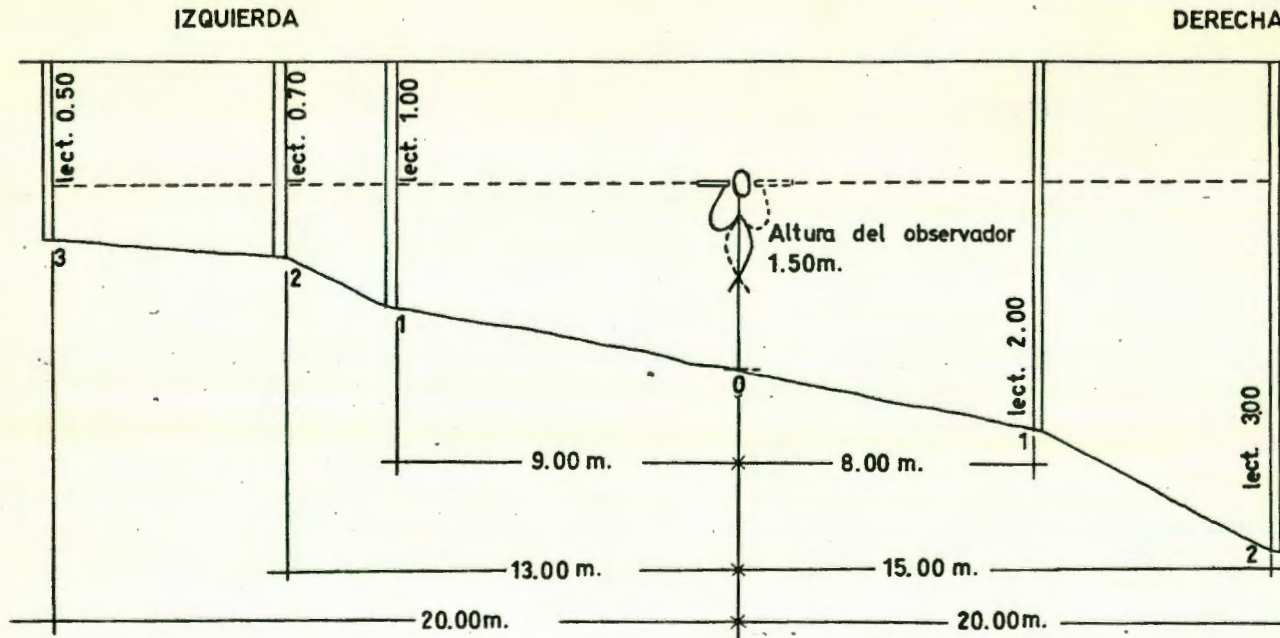
$$PCV = 4+500 - 40 = 4+460$$

$$PTV = 4+540$$

ESTACION	COTAS EN TANGENTE	d	d <sup>2</sup>	K	Y	COTAS DE
PCV 4+460	2142.582	-	-	-	-	2142.582
4+480	2142.342	1	1	0.080	0.080	2142.262
PIV 4+500	2142.102	2	4	0.080	0.320	2141.782
4+520	2141.222	1	1	0.080	0.080	2141.142
PTV 4+540	2140.342	-	-	-	-	2140.342



# SECCION DE CONSTRUCCION



En este caso, los desniveles respecto al punto medio son los siguientes: PUNTOS

DESNI

En B y B' , los numeradores corresponden a las distancias en que se encuentran los puntos característicos de la sección y en los denominadores se indican los desniveles de dichos puntos respecto al punto central.

Estas secciones se dibujaron en papel milimétrico, a escala 1:100 tanto vertical como horizontalmente y tuvieron como objeto colocar en ellas las secciones tipo del camino, (ver Fig. A), que podrán ser en corte o terraplén según el proyecto de la sub-rasante. Los valores de "Corte" o "Terraplén" en cada sección se obtuvieron de la diferencia de cotas de terreno y sub-rasante.

El dibujo de la sección transversal del camino se comenzó a partir del centro de la sección, luego se llevaron los valores de desnivel obtenidos en el campo tanto a la izquierda como a la derecha, (ver Fig. A).

Dibujadas las secciones transversales, en el centro de éstas se marcó un punto que indicará los espesores, hacia arriba o hacia abajo según haya sido corte o terraplén y a partir de ese punto se proyectó el ancho de la sub-rasante que en este caso fue de 6.60 mts. con un bombeo de -2.0% en tangente. Luego se dibujaron las cunetas si hera corte o los taludes en caso de que hayan sido terraplén. Ver. Fig. A.

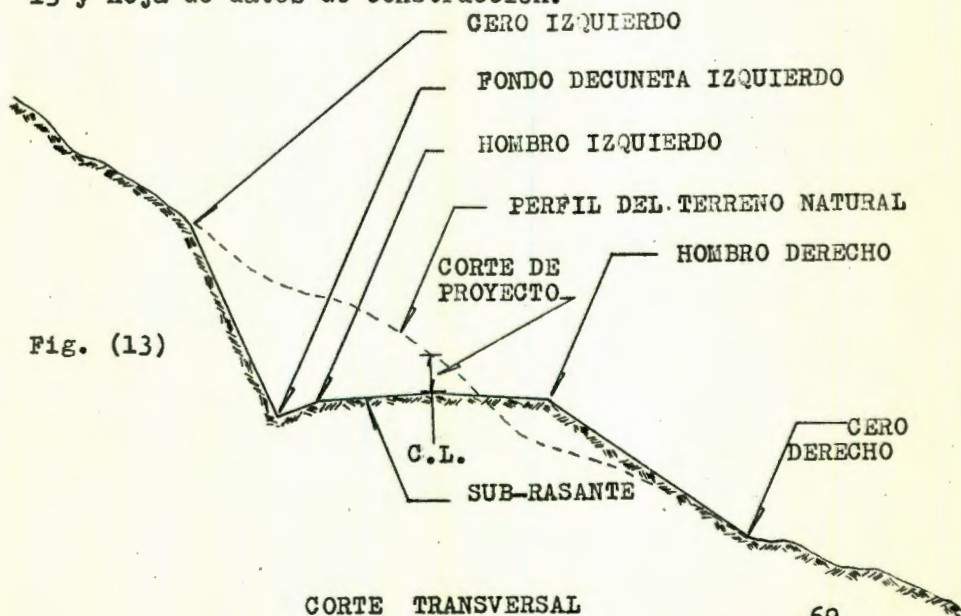
Los taludes que se utilizaron fueron los siguientes:

Para terraplenes menores de 0.70 m. de altura	3:1
" " de 0.70 m. a 1.50 m. de altura	2:1
" " mayores de 1.50 m. de altura	1.5:1

G).- DATOS DE CONSTRUCCION:

Los datos de construcción se extrajeron del dibujo en donde se encuentran las secciones de construcción y las secciones tipo del camino. Ver Fig. (A).

Estos datos servirán fundamentalmente para efectuar - conforme al proyecto, los trabajos en el campo, ver Fig. 13 y hoja de datos de construcción.



# DATOS DE CONSTRUCCION DE LAS TERRACERIAS

Camino: ENTRONQUE CARR. (SAN JUAN DEL RIO - XILITLA)-PA

Ancho de Corona 7.00 m.

De Km. 0+280 A Km. 0+640

ELEVACIONES		CERO IZQ.	F. C. IZO.	HOM-BRO IZO.	ESTACION ESPESOR	HOM-BRO DER.	F. C. DER.	CERO DER.	OBSERVACIONES
TERRENO	SUB-RAS.								
			4.35	3.50	0+280	3.50			
2096.90	2097.46	4.50	-0.35	-0.07	T=0.56	-0.07		5.60	Tangente
2096.86	2096.90	4.70	-0.35	-0.07	T=0.04	-0.07		4.20	" "
2094.97	2096.34	5.70			3.50 T=1.37	3.50 -0.07		5.60	" "
2095.94	2095.78	4.80	4.35	3.50	0+340	3.50	4.35		
			-0.35	-0.07	C=0.16	-0.07	-0.35	4.50	" "
2095.64	2095.18	4.90	4.35	3.50	0+360	3.50	4.35		
			-0.35	-0.07	C=0.46	-0.07	-0.35	4.70	" "
2095.25	2094.70	4.60	4.35	3.50	PST 0+378.92	3.50	4.35		
			-0.35	-0.07	C=0.55	-0.07	-0.35	4.50	PST= 0+378.92
2095.30	2094.49	5.00	4.35	3.50	0+380	3.50	4.35		
			-0.35	-0.07	C=0.81	-0.07	-0.35	4.80	Tangente
2093.68	2093.76	4.80	4.35	3.50	0+400	3.50		3.80	" "
			-0.35	-0.07	T=0.08	-0.07			
2092.78	2093.03	4.70			3.50	0+420	3.50	4.50	" "
					-0.07	T=0.25	-0.07		
2091.74	2092.30	4.00			3.50	0+440	3.50	5.00	" "
					-0.07	T=0.56	-0.07		
2091.26	2091.57	4.50	4.35	3.50	0+460	3.50		5.30	" "
			-0.35	-0.07	T=0.31	-0.07			
2089.94	2091.21	4.90			3.50	0+470	3.50	5.00	" "
					-0.07	T=1.27	-0.07		
2090.38	2090.84	3.90			3.50	0+480	3.50	5.00	" "
					-0.07	T=0.46	-0.07		
2089.30	2090.11	4.70			3.50	0+500	3.50	5.20	" "
					-0.07	T=0.81	-0.07		
2088.61	2089.38	4.40			3.50	0+520	3.50	5.00	" "
					-0.07	T=0.77	-0.07		
2087.84	2088.65	4.50			3.50	0+540	3.50	5.30	" "
					-0.07	T=0.81	-0.07		
2087.19	2087.98	4.40			3.50	0+560	3.50	5.40	" "
					-0.07	T=0.73	-0.07		
2086.45	2087.19	4.50			3.50	0+580	3.50	5.30	" "
					-0.07	T=0.74	-0.07		
2085.76	2086.46	4.30			3.50	0+600	3.50	5.00	" "
					-0.07	T=0.70	-0.07		
2085.01	2085.73	4.40			3.50	0+620	3.50	5.00	" "
					-0.07	T=0.72	-0.07		
2084.43	2085.00	4.30			3.50	0+640	3.50	5.30	Tangente
					-0.07	T=0.57	-0.07		

Formuló: \_\_\_\_\_

Aprobó: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_



#### H).- AREADO DE SECCIONES:

El areado de las secciones se puede llevar a cabo mediante varios métodos, sin embargo, el método que se usó para determinar las áreas fue por medio del planímetro, por ser un método muy exacto y a la vez sencillo. Se determinaron por separado las áreas de corte y terraplén en cada sección.

#### I).- VOLUMENES ENTRE ESTACIONES:

Obtenido el areado de las secciones, el volumen de material entre dos de ellas se obtuvo mediante la fórmula siguiente:

$$V = \frac{A + A'}{2} d$$

En donde:

A y A' son las secciones extremas, en metros cuadrados;  
d la separación entre dichas secciones, en metros.

Se pueden presentar tres casos: a).- Cuando el volumen entre dos secciones sea totalmente en terraplén. b).- Cuando solamente hay corte. c).- Cuando hay corte y terraplén al mismo tiempo y los volúmenes se calcularán por separado.

#### J).- A B U N D A M I E N T O :

El volumen de material producto de la excavación de un corte aumenta al ser extraído, llamándole a este fenómeno --- "Abundamiento".

Al formarse los terraplenes con el material abundado, en estos se producen asentamientos debido a que el material tiende a consolidarse. Es por ello que en los caminos, - principalmente cuando se van a pavimentar, se recurre al - empleo de equipo de compactación que se utiliza por lo - general solamente en la parte superior de las terracerías, la parte inferior se construye por capas, bandeadas por - tractores, de esta manera se obtiene una compactación uni- forme y así se evita que se destruya el pavimento.

El factor de abundamiento del material se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$F.A. = \frac{\gamma_b}{\gamma_s} = \frac{V_s}{V_b}$$

En donde:

- F.A. es el factor de abundamiento;
- $\gamma_b$  el peso volumétrico del material en banco o corte;
- $\gamma_s$  el peso volumétrico del material suelto;
- $V_s$  el volumen del material suelto ;
- $V_b$  el volumen del material en banco o corte.

Factor de abundamiento de algunos materiales:

M A T E R I A L	FACTOR DE ABUNDAMIENTO		
Tierra negra	1.00	a	1.25
Material arenoso	1.10	a	1.30
Roca suelta	1.30	a	1.40
Roca fina	1.40	a	1.65

Cuando un material es acarreado, para su pago, se considera el volumen de los materiales ya abundados.

K).- DIAGRAMAS DE MASAS:

El estudio de las cantidades de excavación en corte y de relleno, se llevó a cabo mediante un diagrama llamado "Curva Masa" o "Diagrama de Masas" y consistió en una curva cuyas ordenadas equivalen a los volúmenes acumulativos de las terracerías y las abcisas al cadenamien - to correspondiente.

El diagrama se dibujó en el mismo papel milimétrico en que está dibujado el perfil del terreno, ver Fig. C., y en el cual se proyectó la rasante. Se usaron las escalas siguientes: Para la horizontal lcm. igual a una estación de 20 mts. y para la vertical, lcm. igual a 400 mts. cúbicos.

Para el cálculo del diagrama de masas se siguió la siguiente secuela: Se efectuó lo especificado desde D hasta I del subtítulo "ESTUDIO DEFINITIVO" del presente capítulo, culminando con el dibujo de la curva masa, con los valores de la suma algebraica de los volúmenes de cortes y terraplenes. Esta secuela se repitió varias veces hasta que la curva masa logró los objetivos siguientes:

Compensar volúmenes, fijar tanto el sentido de los movimientos del material como los límites de acarreo libre , así como calcular los préstamos y desperdicios.

Se facilitó el cálculo de la curva masa registrándose la secuela en la forma que se puede apreciar en la hoja de "CALCULO DE RASANTE Y CURVA MASA".

L).- COMPENSACION DE VOLUMENES:

Cualquier línea horizontal (que se le da el nombre de línea compensadora) que se hizo curzar una cresta o un columpio del diagrama de masas, marcó los límites de corte y terraplén que se compensan. La línea de compensación que dio los acarreos mínimos, fue aquella que cortó con el mayor número de veces a la curva masa.

LL).- SENTIDO DE LOS MOVIMIENTOS:

Los cortes arriba de la línea de compensación, se moverán hacia adelante y los cortes que queden abajo, se deberán mover hacia atrás.

M).- ACARREO LIBRE:

Debido a la forma en que se emplea el equipo habrá material que se considera deba moverse libre de pago, en una distancia que se le denomina "ACARREO LIBRE", o sea es

la distancia a la que cada metro cúbico de material pueda ser movido sin que se haga, por lo tanto un pago adicional. Y esto se debe a que el costo de acarreo dentro de esta distancia ya está considerado dentro del costo de excavación.

La Secretaría de Obras Públicas de México, ha adoptado la distancia de 20 mts. como acarreo libre.

**N).- SOBRE ACARREO:**

El "SOBRE ACARREO", es el transporte de los materiales ya sea de corte o de un préstamo a mayor distancia que la del acarreo libre. Esta distancia se obtiene restando el acarreo libre, a la distancia entre el centro de gravedad de la excavación en corte o préstamo y el centro de gravedad del terraplén. Esta distancia se valua en estaciones de 20 mts. a décimos de estación.

**Ñ).- PRESTAMOS Y DESPERDICIOS:**

En la práctica casi siempre hay préstamos como desperdicios, pero se deben evitar en lo posible, por medio de una línea compensadora y un proyecto de una sub-rasante adecuadas. Sin embargo, en determinadas circunstancias no se pueden evitar, en tal caso tanto los préstamos como los cortes deben estar plenamente justificados, esto sucede principalmente cuando hay un tramo largo de camino

En firme en una ladera muy inclinada, en este caso todo el material se desperdiciará hacia la ladera.

0).- ESQUEMA DE LA CURVA MASA:

En la figura (14), está la curva ABCDE y que representa la curva de masas del perfil abcde cuya sub-rasante es xy.

Pasando la línea compensadora AFGE indicará que los volúmenes de corte comprendidos entre A y B C y G , G y D serán suficientes para formar los volúmenes en terraplén, -- comprendidos entre B y F, F y C , D y E respectivamente.

En cada cresta o columpio de la curva masa, se traza una línea horizontal que tenga la longitud del acarreo libre y que en la figura está representada por las líneas fg , hi y jk, las cuales marcan el acarreo libre. Se bajan las referencias de cada uno de estos puntos al perfil del terreno, obteniéndose así, los límites de los cortes y los terraplenes dentro del acarreo libre.

Dividiéndose por la mitad la ordenada comprendida entre la línea de compensación y la línea de acarreo libre, o sea dividiendo en el caso concreto l m. entre dos partes iguales; por el punto medio resultante se traza la horizontal ñ o, a la que se le medirá su longitud y restándole

el acarreo libre  $f g$ , dará como resultado la distancia de sobre acarreo .

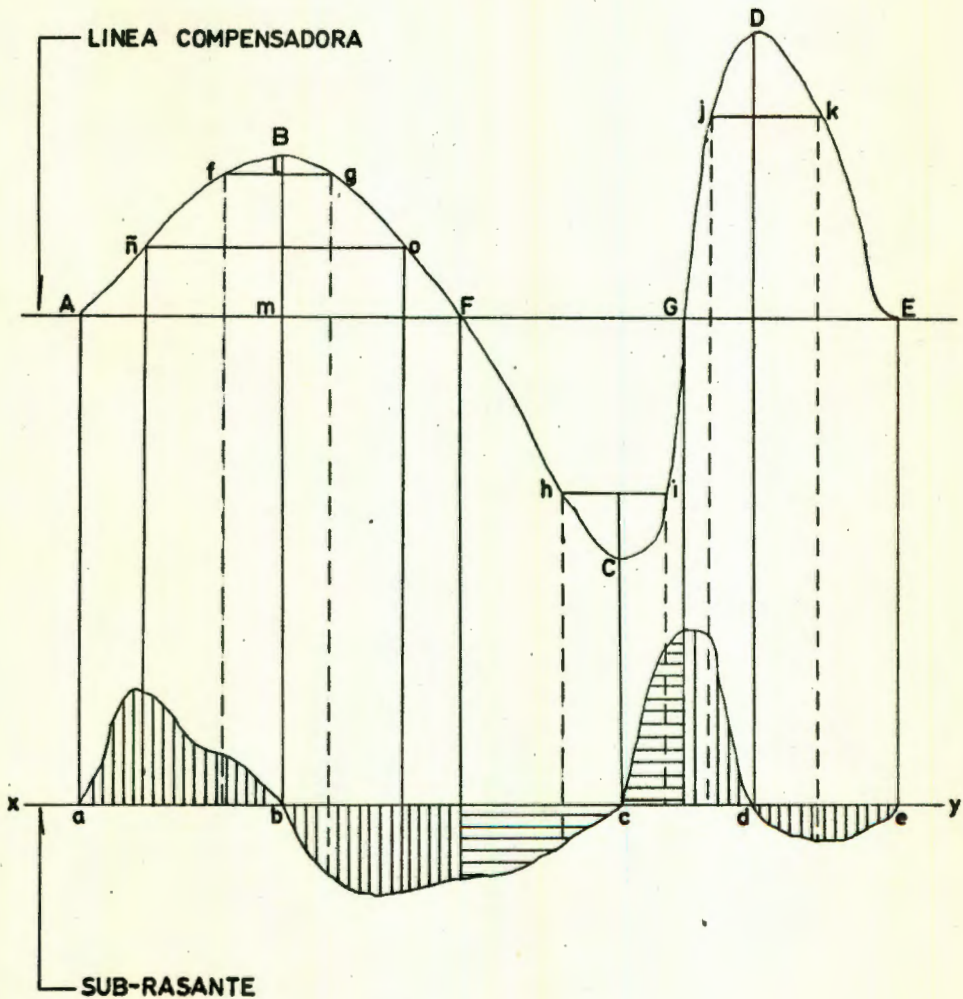


FIG.(14)

ESQUEMA DE LA CURVA MASA

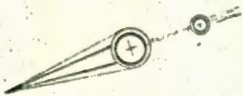
Carretera Carr. (San Juan del Rio - Xilitla) - Pathe

Sección Número: \_\_\_\_\_

CALCULO DE RASANTE Y CURVA MASA

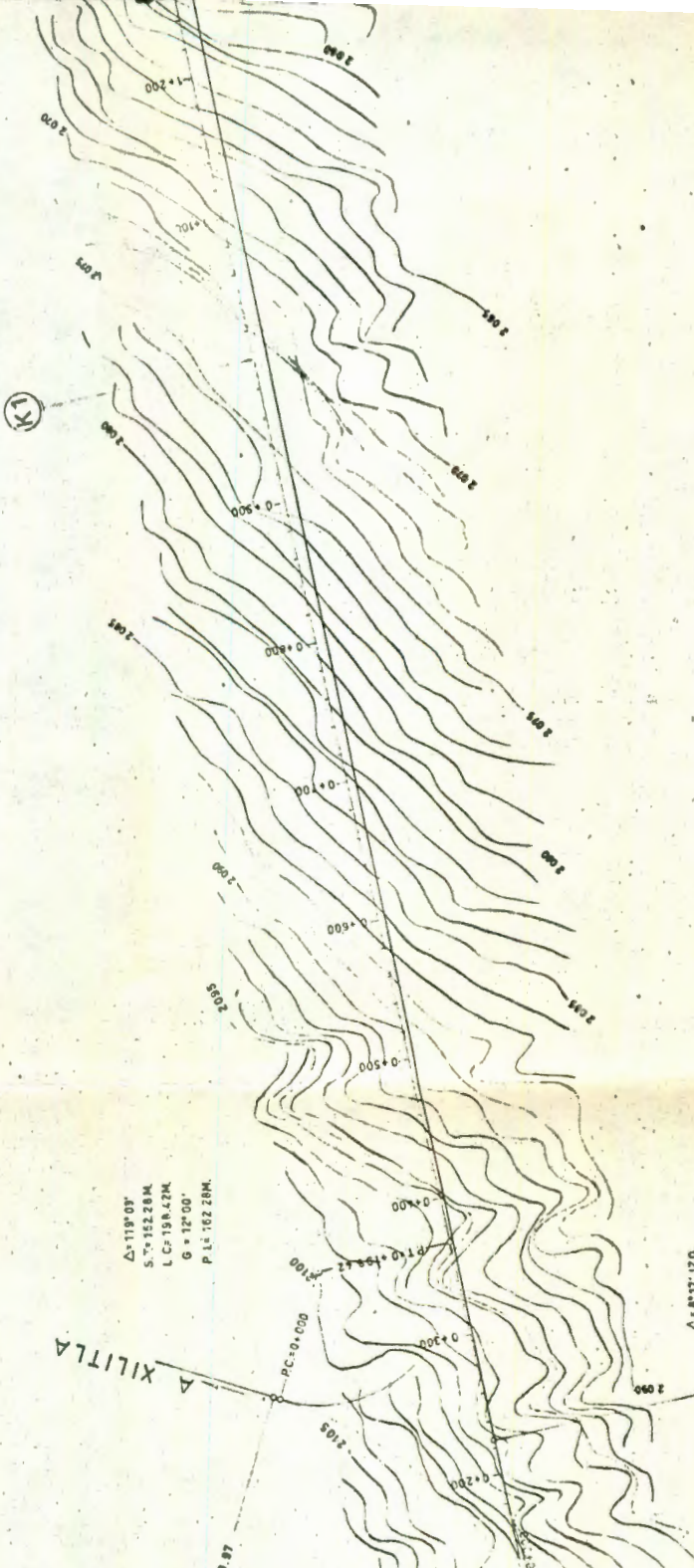
ELEVACION TERRENO	TANGENTE VERTICAL		CURVA VERTICAL CORRECCION	ELEVACION RASANTE	ESPORES		AREAS		A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub>		SEMI-DIS-TANCIA	VOLUMEN		COEFICIENTE ABUNDAMIENTO	
	PENDIENTE	COTAS			CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN		CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN
2099.73	+1.38%			2099.73	0.00	0.00	0.3	1.6							
2099.99	"			2100.00		0.01	0.1	3.1	0.4	4.7	10.00	4	47	1.1	
2100.21	"			2100.27		0.06	0.2	2.7	0.3	5.8	"	3	58	"	
2100.51	"			2100.56		0.05	0.3	4.2	0.5	6.9	"	5	69	"	
2100.75	"			2100.84		0.09	0.2	0.8	0.5	6.0	"	5	50	"	
2100.98	"			2101.11		0.13	0.2	2.3	0.4	3.1	"	4	31	"	
2101.21	"			2101.39		0.08	0.3	1.3	0.5	3.6	"	5	36	"	
2101.64	PCV	2101.67	$K = -2.800 - 1.384$	2101.67		0.03	0.2	1.0	0.5	2.3	"	5	43	"	
2101.90			60	2101.90	0.00		0.3	1.4	0.5	2.4	9.76	5	23	"	
2101.90				2101.88	0.02		0.4	1.5	0.7	2.9	0.24	0	1	"	
2101.84				2101.94		0.10	0.0	4.0	0.4	5.5	10.00	4	55	1.1	
2101.62	PIV			2101.87		0.25	1.0	2.9	1.0	6.9	"	10	69	"	
2100.82				2101.66		0.83		5.5	1.0	8.4	"	10	84	"	
2100.81				2101.39		0.58		4.2		9.7	"		97	"	
2100.58	PTV			2100.89		0.21		1.3		5.5	"		55	"	
2100.83	-2.80%			2101.26		0.43		3.6		4.9	"		49	"	
2099.16	"			2099.70		0.54		3.7		7.3	"		73	"	
2098.21	"			2099.14		0.93		9.1		12.8	10.00		128	1.1	
2098.25	"			2099.00		0.75		6.7		15.8	2.59		41	"	
2097.60	"			2099.58		0.98		8.4		15.1	7.41		112	"	
2097.22	"			2098.02		0.80		6.0		14.4	10.00		144	"	
2096.90	"			2097.46		0.56		3.8		9.8	"		98	"	
2096.86	"			2096.90		0.04	1.1	0.5	1.1	4.3	"	11	43	"	
2094.97	"			2096.34		1.37	0.0	12.1	1.1	12.6	"	11	126	"	
2095.94	PCV	2095.78	$K = -3.65 + 2.800$	2095.78	0.16			2.3		3.4	12.1		34	121	"
2095.64	PIV		20	2095.18	0.46			5.4		7.7	"		77	"	
2095.25	PTV			2094.70	0.55			8.3		13.7	"		137	"	
2095.20	-2.50%			2094.40	0.81			0.7	0.4	9.0	"		90	"	



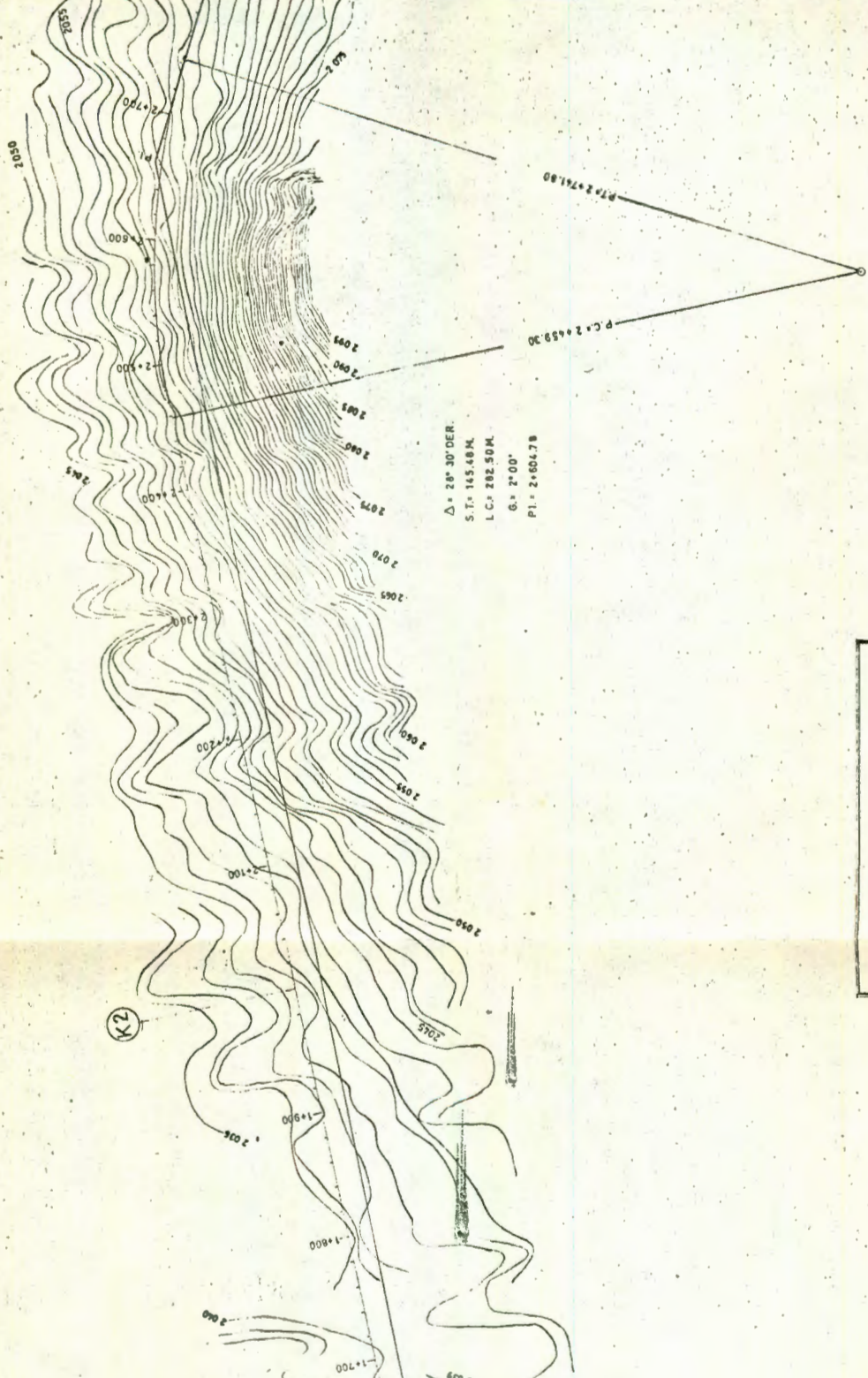


A XILITLA

$\Delta = 119^{\circ} 03'$   
 $S = 152.26M$   
 $LC = 198.42M$   
 $G = 12^{\circ} 00'$   
 $P = 152.26M$

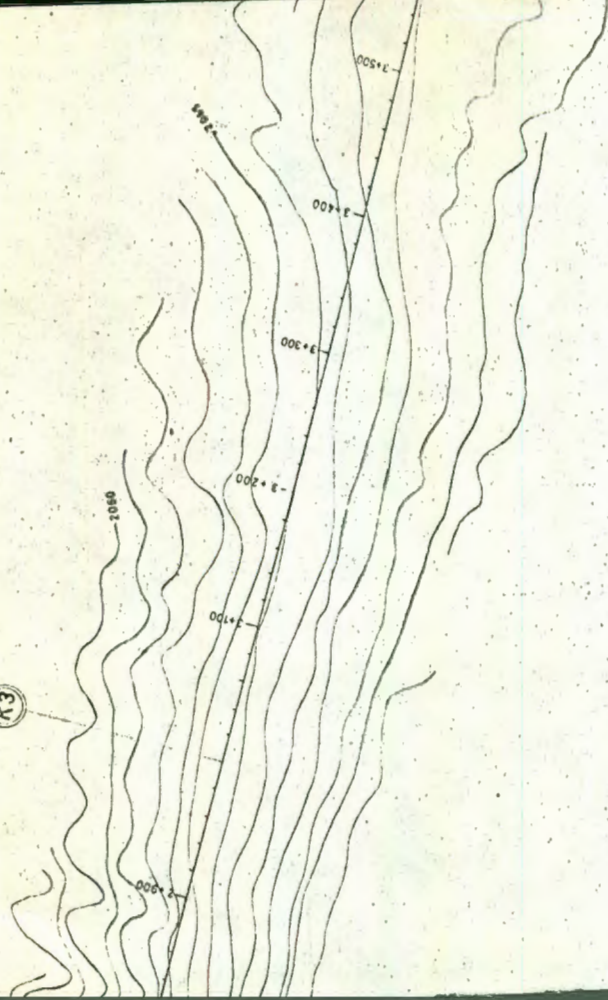


$\Delta = 8^{\circ} 17' 12''$



TESIS PROFESIONAL ANTONIO HERNANDEZ MAYA QUERETARO, QRO-1974	1:2000 ESC.
--	----------------

(K3)



CAPITULO VI  
OBRAS DE DRENAJE.

## OBRAS DE DRENAJE:

### 1).- OBJETO E IMPORTANCIA DEL DRENAJE:

El drenaje del camino tiene como objeto fundamental, la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma llegue a él, o bien dando salida a la que inevitablemente le llegue a cualquier parte de su estructura. Por lo tanto, proyectando un buen sistema de drenaje se evitará en el camino los deslaves, asentamientos, oquedades y desprendimientos de material y se tendrá el camino la mayor parte de su vida útil, en buen funcionamiento y los costos de conservación se reducirán considerablemente.

### 2).- RECONOCIMIENTO :

Se hizo un reconocimiento de la ruta, teniéndose mucho cuidado para que el proyecto del camino resultara equilibrado y armónico. Se cuidó el estudio de las obras de drenaje ya fueran grandes o chicas, pues éstas últimas son las que regulan la vida útil del camino y las que a la larga dan el índice de economía de él.

Se procuró que en el camino hubiera el menor número de cruces, que estos fueran definidos y de régimen hidráulico tranquilo, que el terreno no fuera húmedo, pues el nivel de las aguas subterráneas alcanzaría a perjudicar por capilaridad el revestimiento y la superficie de rodamiento. Lo ideal sería que el camino, aparte de tener buenos cruces, también -

tenga un buen alineamiento tanto vertical como horizontal.

### 3).- DRENAJE SUPERFICIAL:

Por medio del drenaje superficial, se tiende en primer lugar a reducir al mínimo el agua que afluye al camino, mediante la captación de la misma con obras de "CAPTACION Y DEFENSA". En segundo lugar, se busca la forma de dar rápida salida al agua que inevitablemente llegue al camino, por medio de la construcción de obras llamadas de "CRUCE".

#### OBRAS DE CAPTACION Y DEFENSA:

##### B O M B E O :

El bombeo del camino, es la forma transversal del mismo y su fin es el de drenar hacia los lados el agua que cae sobre él, de esta manera, se evita que el agua se estanque, y por lo tanto ocasione trastornos al tránsito e infiltraciones en las terracerías, que provoquen saturaciones en las mismas, también evitará que el agua corra longitudinalmente y erodione la superficie de rodamiento.

El bombeo que se empleó en este camino, estuvo en función de la clase de superficie de rodamiento, de la precipitación pluvial, también, se tomó en cuenta la comodidad de los usuarios del camino así como el aspecto del mismo.

El bombeo que recomienda la Secretaría de Obras Públicas para el camino vecinal de lo. Góndar es de 2% a 3%.

## CUNETAS :

Las cunetas, son estructuras que tienen como fin recoger y conducir el agua que escurra de la superficie del camino - debido al bombeo, del agua que escurra por los cortes y de la que escurra de pequeñas áreas adyacentes.

Las cunetas, se proyectaron de acuerdo a las siguientes normas:

- a).- CAPACIDAD.- La capacidad, se calculará en función de la precipitación y la naturaleza del terreno que recorre el agua que llega a la cuneta.
- b).- FORMA.- Para los caminos vecinales, se prefieren las cunetas en forma de V (ver Fig. I5), con el talud adyacente al camino lo más tendido posible (excepto en lugares montañosos), de preferencia como prolongación del mismo.

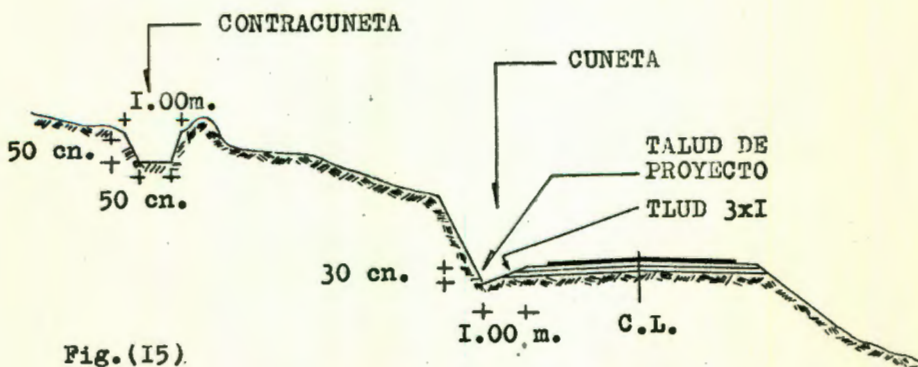


Fig. (I5).

c).- PENDIENTE.- La cuneta, seguirá la pendiente del camino. La velocidad adquirida por el agua debido a la pendiente de la cuneta, tendrá como límite, la velocidad que pueda resistir ésta sin erosionarse, se deberá conservar esta velocidad, por lo que es necesario proyectar transiciones y cambiar la sección en los cambios de alineamiento tanto vertical como horizontal.

En lugares en que necesite mucha protección la cuneta, ésta se podrá zampear y podrá tener utilización en el tránsito en este tipo de caminos (vecinales).

#### CONTRACUNETAS:

Las contracunetas, son canales cuyo fin, es el de evitar que llegue a las cunetas más agua que aquella para la que están proyectadas, así como evitar deslaves en los cortes de las terracerías del camino. Se sitúan siempre en la ladera de aguas arriba y a determinada distancia del corte.

No hay necesidad de contracunetas cuando el eje del camino siga la línea de máxima pendiente, pues en este caso su funcionamiento será nulo y hasta perjudicial.

La forma de las contracunetas, es generalmente trapezoidal (ver Fig. 15) y sus dimensiones pueden variar de acuerdo con las necesidades hidráulicas y tipo de terreno en que se construyan.



Las contracunetas, llevan las aguas a desembocar en el talweg u hondonada adyacente, y su desfogue debe ser siempre libre y lo suficientemente retirado del terraplén para no ocasionar perjuicios en él.

#### OBRAS DE CRUCE:

ALCANTARILLAS.- Las alcantarillas, constan de dos partes; el cañón y los muros de cabeza, (ver Fig. I6, I7, I8, I9) estos últimos sirven para impedir la erosión alrededor del cañón, guiar a la corriente y evitar que el terraplén invada el canal. El cañón forma el canal de la alcantarilla y es la parte principal de la estructura. Las alcantarillas, generalmente -- llevan un colchón de tierra sobre ellas.

Al localizar y proyectar las alcantarillas, se tomó en cuenta lo siguiente:

a).- No se forzó los cruces para hacerlos normales, cuando la localización razonable y natural era esviada, o sea que no eran normales al eje del camino. Cuando el esviajamiento fue menor de 5% se prefirió hacer la estructura normal al eje del camino, eliminando el esviajamiento y rectificando ligeramente el cruce.

b).- No se trató de simplificar el número de alcantarillas.

c).- Cuando el cruce se ajustó a la dirección de la alcantarilla, bastó poner en los extremos del cañón de la alcantarilla

# ALCANTARILLA

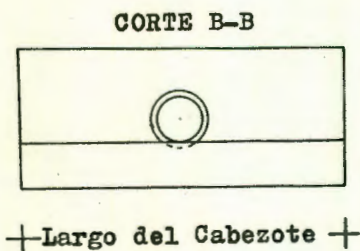
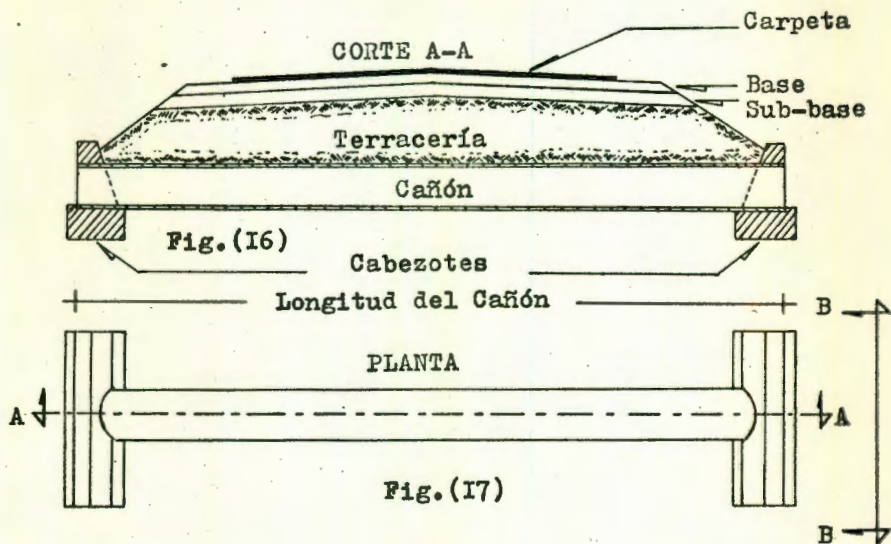


Fig. (I8)

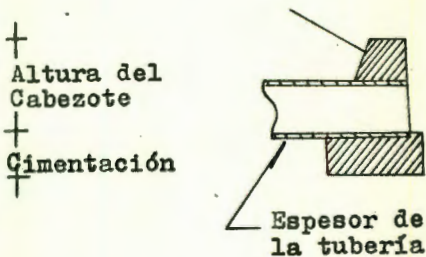


Fig. (I9)

aleros o muros de cabeza para encauzar el agua.

d).- Cuando el cruce fué irregular o se encontró cubierto de piedras y maleza, se canalizó un tramo tanto a la entrada como a la salida de la alcantarilla para que el agua se encauzara bien.

#### AREA HIDRAULICA:

Existen cuatro procedimientos para proyectar hidráulicamente una alcantarilla y son los siguientes: Procedimiento por comparación, procedimiento empírico, procedimiento de sección y pendiente y procedimiento racional mediante la - precipitación pluvial.

Todos estos métodos, pueden ser operantes para el cálculo del área hidráulica de las alcantarillas, según las cir--- cunstancias que se presenten en cada caso. Sin embargo, el - método que más se emplea es el método empírico, pues es espe cialmente usado cuando no se tienen datos de gasto máximo, ni precipitación pluvial.

El método empírico, consiste en encontrar el área hidráu- lica mediante fórmulas empíricas (de Talbot, Peck y Meyer) en función del área drenada.

La fórmula de Talbot es la más utilizada por el hecho -

de que dá un valor más o menos promedio de los valores que -  
dan las tres fórmulas.

Fórmula de Talbot para el cálculo del área hidráulica.

$$a = 0.183 C \sqrt[4]{A^3}$$

En donde

- a Es el área hidráulica en metros cuadrados que deberá tener la alcantarilla;
- A La superficie a drenar en hectáreas;
- C El coeficiente que depende de la naturaleza del área por drenar.

#### V A L O R E S   D E   C

NATURALEZA DEL TERRENO	COEFICIENTE
PLANO	0.20
LIGERAMENTE ONDULADO	0.30
ONDULADO	0.50
LOMERIO	0.60
LOMERIO FUERTE	0.80
MONTAÑOSO	0.90 - 1.00

Calculada el área hidráulica en cada arroyo, se pudo saber -  
qué clase de alcantarilla convenía construir en cada caso, -  
(ver Fig. 20).

Cálculo del área hidráulica de una alcantarilla del camino:

Alcantarilla 1 + 237

Datos      C = 0.80

A = 3 Hectáreas

$$\text{Fórmula } a = 0.183C \sqrt[4]{A^3}$$

$$a = 0.183 \times 0.80 \sqrt[4]{3^3} = 0.33 \text{ M}^2$$

Por lo tanto, se tendrá que usar una alcantarilla de tubería de 0.76 mts. de diámetro.

Habiendo calculado el área hidráulica en los cruces de este camino, propongo se construyan los siguientes tipos de obras;

Km. 0+320	ALC.	BOVEDA	H= 1.50 mts.	b= 1.5 mts.	
" 0+470	"	TUBO	0.91 mts.	de diámetro.	
" 1+237	"	TUBO	0.76 mts.	"	"
" 4+320	"	TUBO	0.76 mts.	"	(alivio)
" 4+826	"	TUBO	0.91 mts.	"	"
" 5+040	"	TUBO	0.76 mts.	"	(alivio)
" 5+220	"	TUBO	0.76 mts.	"	(alivio)
" 5+387	"	BOVEDA	H= 3.00 mts.	b= 2.0 mts.	
" 6+157	"	TUBO	0.76 mts.	de diámetro.	
" 6+756	"	TUBO	0.76 mts.	"	(alivio)
" 7+420	"	TUBO	0.76 mts.	"	(alivio)
" 7+779	"	TUBO	0.76 mts.	"	(alivio)
" 8+060	"	TUBO	0.76 mts.	"	"
" 8+484	"	2 TUBOS	0.91 mts.	"	"
" 9+820	"	TUBO	0.76 mts.	"	(alivio)
" 10+544	"	TUBO	0.91 mts.	"	"
" 11+221	"	TUBO	0.76 mts.	"	"
" 12+708	"	BOVEDA	H= 4.00 mts.	b= 4.00mts.	

Los principales objetivos de las alcantarillas de alivio -- son: a) hacer disminuir el caudal de agua que se iría acumulando en determinado tramo del camino por medio de las cunetas y contracunetas, y que forzosamente tendría que desembocar a una sola alcantarilla, b) ayudar a mantener limpias las estructuras de drenaje antes mencionadas.

TIPOS DE ALCANTARILLAS RECOMENDABLES SEGUN EL AREA  
HIDRAULICA DE LAS MISMAS

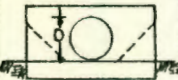
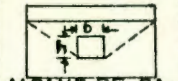
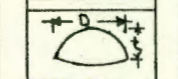
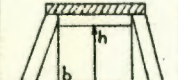

TIPO DE OBRA	MATERIALES	DIMENCIONES	AREA EN M <sup>2</sup>	
			Un tubo	Dos tubos
 <p>ALCANT. DE TU- BO SENCILLO</p>	Alcantarilla de lámina acanalada, de concreto simple o armado barro vitrificado o hierro fundido.	$\underline{D}$ 0.61 m. 0.76 m. 0.91 m. 1.07 m.	0.215 0.333 0.478 0.660	0.430 0.666 0.956 1.320
 <p>ALCANT. DE CA- JON SENCILLO.</p>	Alcantarilla de concreto armado.	$\underline{b}$ $\underline{h}$ 0.60 m. x 0.60 m. 0.75 m. x 0.75 m. 0.90 m. x 0.90 m.	0.24 0.38 0.54	
 <p>ALCANT. DE TU- BO ABOVEDADO</p>	Alcantarilla de lámina acanalada.	$\underline{D}$ $\underline{t}$ 0.375 m. x 0.10 m. 0.450 m. x 0.13 m. 0.550 m. x 0.15 m.	0.063 0.096 0.138	
 <p>ALCANT. DE LOSA CON ALEROS</p>	Alcantarilla de losa de concreto armado y aleros de mampostería.	$\underline{b}$ $\underline{h}$ 0.75 m. x 0.75 m. 1.25 m. x 0.75 m. 1.00 m. x 1.00 m. 1.50 m. x 1.00 m. 1.50 m. x 1.50 m.	0.375 0.625 0.667 1.000 1.500	
 <p>ALCANT. DE BO- VEDA SIMPLE</p>	Alcantarilla de bóveda de concreto o de mampostería con estribos y aleros de mampostería.	$\underline{b}$ $\underline{h}$ 1.00 m. x 1.00 m. 1.50 m. x 1.50 m. 2.00 m. x 1.00 m. 2.50 m. x 1.25 m. 3.00 m. x 1.50 m. 3.50 m. x 1.75 m. 4.00 m. x 2.00 m.	1.184 2.664 2.736 4.276 6.157 8.380 10.946	

FIG. 20:

#### ALCANTARILLAS DE TUBERIA:

Este tipo de alcantarilla, está formada por la tubería (que puede ser de lámina acanalada de concreto simple o armado, - barro vitrificado o fierro fundido), la cual forma el cañón de la alcantarilla (ver Fig. I6, I7, I8, I9) y que es la parte principal de la estructura. También está provista de muros de cabeza, que le sirve para guiar la corriente, para impedir la erosión alrededor del cañón y para evitar que el terra---plén invada el canal.

Cuando el cañón se alarga lo suficiente, de tal forma que - el terraplén no pueda invadir el canal de la alcantarilla, - entonces se podrá omitir los muros de cabeza.

Generalmente, la colocación de la alcantarilla se hace en el fondo del cauce que desagua, aunque existen casos muy particulares en que se puede cambiar esa localización.

#### ALCANTARILLAS DE BOVEDA:

Las bóvedas, son estructuras en las que la parte alta de - las mismas en la cual reciben la carga del camino, tienen la forma de arco, que puede estar formado de mampostería, con--creto armado, concreto simple o puede ser metálico. Su cons--trucción se recomienda cuando no se pueden colocar tubos y - hay piedras en abundancia, su inconveniente es que su ejecu--ción es lenta.

Generalmente las bóvedas llevan aleros (ver Fig. 21,22,23) tanto aguas arriba como aguas abajo y sirven principalmente para evitar que el canal de la bóveda se obstruya con el material de las terracerías, también, tienen como objeto, el encausar el agua del arroyo hacia el canal de la alcantarilla.



# BOVEDA

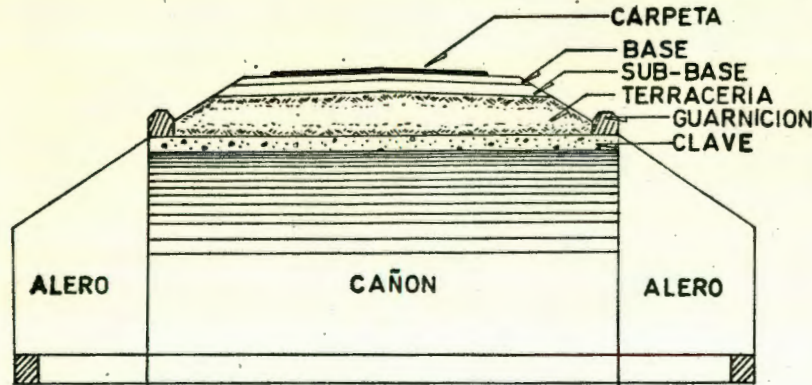


Fig.(21)

CORTE A-A

LONGITUD DEL CAÑON

PLANTA

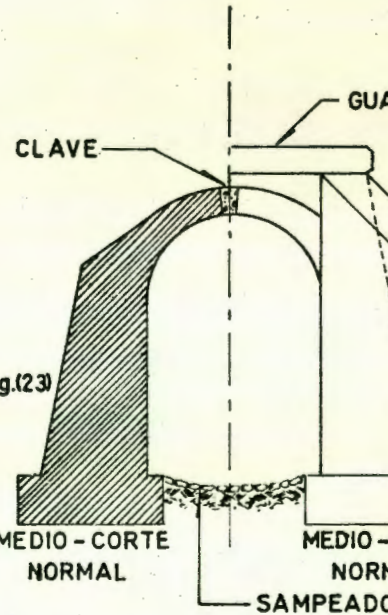
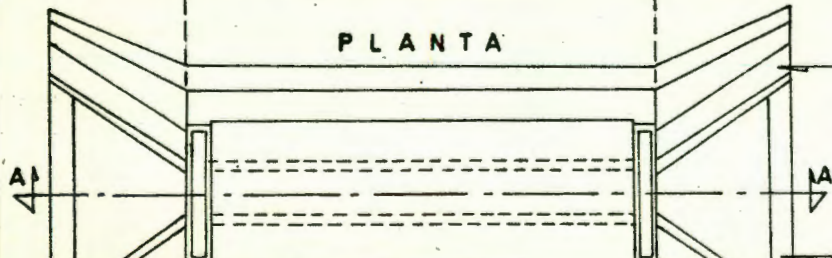


Fig.(23)

ALERO MEDIO - CORTE NORMAL

DENTELLON

#### 4).- DRENAJE SUBTERRANEO:

El drenaje subterráneo, proporciona conductos de drenaje adecuados para controlar el escurrimiento del agua subterránea. Existen lugares en que no se puede prescindir de este tipo de drenaje, debido a las propiedades de los suelos y a las características topográficas y geológicas especiales que se presenten y que por ello ocasionan una saturación de agua o humedad, en perjuicio de las terracerías y carpeta del camino.

En el caso del camino de que trata esta tesis, el drenaje subterráneo no se hace indispensable, pero en los casos en que sí lo es, se deberá dar toda la atención que se merece ya que de él dependerá gran parte de la seguridad y estabilidad del camino.

En la figura 24, se representa un "DREN CIEGO" y que consiste como se vé, en una zanja rellena de materiales de diferentes graduaciones.

Se acostumbra colocarlos a los lados del camino y su pendiente debe ser uniforme e ir a desenfogar a una salida adecuada.

Ejemplo de drén subterráneo:

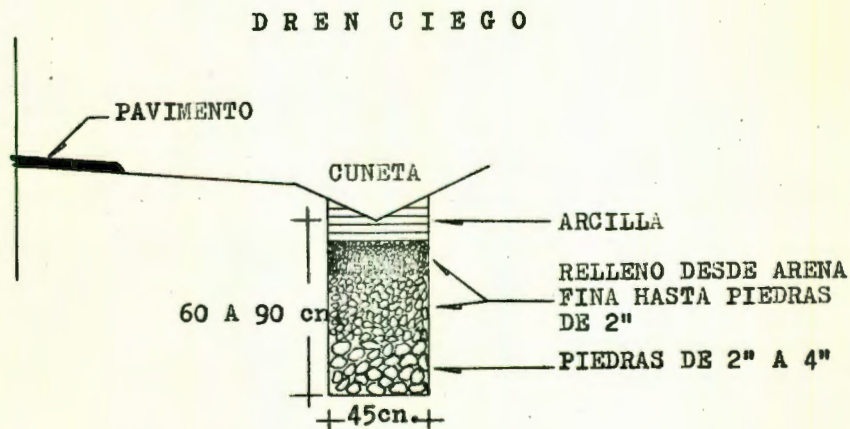


Fig. (24)

CAPITULO VII  
PAVIMENTACION .

## PAVIMENTACION :

### 1).- TIPOS DE PAVIMENTO:

Hay dos tipos de pavimentos; los pavimentos rígidos y los pavimentos flexibles.

#### A).- PAVIMENTO RIGIDO:

Los pavimentos rígidos tienen como característica principal la alta resistencia a la flexión. En estos pavimentos, la losa de concreto desempeña el doble papel como capa de rodamiento y como medio para soportar y distribuir las cargas. Si el suelo que forman las terracerías es de mala calidad se coloca bajo la losa una capa de material granular con características de subbase con el objeto de que las cargas queden mejor distribuidas.

#### B).- PAVIMENTO FLEXIBLE:

Los pavimentos flexibles, presentan muy poca resistencia a la flexión. Este tipo de pavimento está formado por tres capas (ver Fig. 25), las cuales cada una de ellas tienen una función definida.

#### PARTES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE:

**SUB-BASE.-** Se construye directamente sobre la terracería y se emplean generalmente, materiales de mejor calidad que el de las terracerías. La Sub-Base, tiene los siguientes fines:

a).- Reducir el costo del pavimento, disminuyendo el espesor de la base.

b).- Aislar la base de la terracería.

c).- Servir como revestimiento provicional del camino para - que pueda transitar el equipo de construcción en toda época del año antes de quedar pavimentado.

**B A S E :-** Se construye sobre la sub-base, y el material de que esté construida debe ser de mejor calidad que el de la - sub-base. Sus finalidades serán las siguientes:

a).- En todo tiempo deberá tener la resistencia estructural para soportar las presiones que sean transmitidas por los -- vehículos.

b).- Tener el espesor necesario para que las presiones al -- ser transmitidas a la sub-base o a la sub-rasante, no exce-- dan la resistencia estructural de ésta.

c).- Que al variar las condiciones de humedad no presenten - cambios volumétricos perjudiciales.

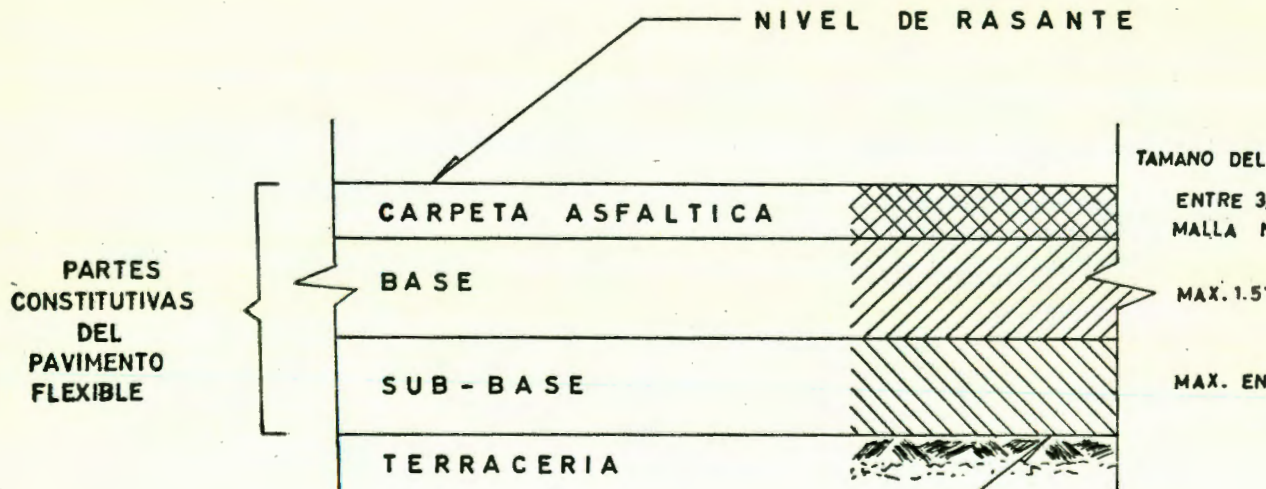
#### **C A R P E T A :**

Se coloca sobre la base y debe estar construida por una ca- pa de material pétreo cementado con asfalto y tendrá las si- guientes funciones:

a).- Distribuir y resistir adecuadamente las cargas produci- das por el tránsito.

b).- Tener la impermeabilidad necesaria para impedir que el agua se infiltre a las capas inferiores.

# PAVIMENTO FLEXIBLE



- c).- Resistir la acción destructora de los vehículos.
- d).- Tener resistencia a los agentes atmosféricos.
- e).- Tener una adecuada superficie de rodamiento que permita en todo tiempo, un tránsito fácil y cómodo de los vehículos.
- f).- Tener cierta flexibilidad para adaptarse a algunas fallas de la base o sub-base.

En el caso específico del camino de que trata esta tesis, tomando en cuenta el tránsito probable (tránsito diario promedio anual de 50 a 100 vehículos) se construirá una CARPETA ASFALTICA DE UN RIEGO, que para su construcción se siguen los siguientes pasos:

- A).- Se barre la superficie de la base ya compactada del camino con el objeto de quitarle el polvo.
- B).- Una vez barrida la base se le dá a esta un riego de impregnación de producto asfáltico FM<sub>1</sub> o FM<sub>2</sub>, dependiendo de la textura de su superficie.
- C).- Como tercer paso, se le dá a la base ya impregnada y limpia un riego de producto asfáltico FR-3, para la formación de la carpeta a razón de 1.5 a 2 litros por metro cuadrado.
- D).- Antes de que hayan transcurrido veinte minutos, se cubre el riego de FR-3 con material pétreo 3A, (comprendido entre la malla 3/8" a No. 8), a razón de 6 a 8 litros por metro cuadrado, extendiéndose con un espaciador para obtener un tendido uniforme del material al que se le pasa también una rastro ligera de raíz o de fibra para lograr una mejor distribu



ción del mismo.

E).- De inmediato se compacta la carpeta con rodillo liso de 5 a 8 toneladas, que se pasará dos veces por toda la superficie.

F).- Posteriormente se plancha la carpeta con el compactador de llantas alternándolo con la rastra ligera, el tiempo necesario para asegurar que el máximo de material pétreo se haya adherido al material asfáltico.

Terminado el planchado se debe evitar el tránsito en un lapso mínimo de 6 horas, pasando ese tiempo, entonces ya se podrá permitir que transiten los vehículos pero se les restringirá a una velocidad máxima de 30 Km./hora.

## 2).- PROYECTO DE PAVIMENTO:

En México, actualmente se efectúa el diseño de los pavimentos flexibles basándose en el método teórico del "VALOR RELATIVO DE SOPORTE" modificado (V.R.S.) y que se basa en ensayos al "CORTE" de los suelos y que para lo cual se realiza una prueba de proyecto.

Esta prueba, consiste en medir la resistencia a la penetración en especímenes de material compactado por medio de cargas aplicadas con una máquina de compresión, con el objeto de reproducir los pesos volumétricos correspondientes a diferentes grados de compactación, empleando diferentes

humedades de prueba para cada uno de los grados de compactación, Los resultados obtenidos de la prueba, deberán ser verificados posteriormente en el camino ya construido con el fin de comprobar dichos resultados, o de acuerdo con los nuevos datos obtenidos hacer las modificaciones necesarias.

Los pasos que se siguen para efectuar la prueba son los siguientes:

- a).- Se seca el material, y se determina si la muestra es de material fino (entre mallas # 4 y  $3/8''$ ) o si contiene material grueso (entre mallas  $3/4''$  y  $1/4''$ ).
- b).- Se determinan las humedades de prueba, para diferentes grados de compactación en función de la humedad óptima y de acuerdo con el drenaje del camino y la precipitación pluvial de la región.
- c).- Se calcula la cantidad de agua que sea necesaria incorporar al suelo, para que éste adquiera la humedad de prueba en cada uno de los grados de compactación que se deseé.
- d).- Se calcula la cantidad de material que deberá emplearse, para reproducir cada uno de los pesos volumétricos secos correspondientes a los diferentes grados de compactación considerados.
- e).- Se incorpora el agua, y se compacta el material con carga estática para reproducir el peso volumétrico correspondiente.
- f).- Se mide la resistencia a la penetración ofrecida por el

suelo, para las diferentes condiciones obtenidas en el paso anterior.

Como el valor relativo de soporte, se expresa como un tanto por ciento de la carga necesaria para introducir un pistón de sección circular de  $19.35\text{cm}^2$ , en una muestra de suelo respecto a la precisa ( $1,360\text{Kgs. o } 70\text{Kgs/cm}^2$ ), para que el pistón penetre a la misma profundidad  $2.54\text{mms.}$  o sea, un décimo de pulgada, en una muestra tipo de piedra triturada.

Por lo tanto, una vez efectuada la prueba; la carga registrada para la penetración de  $2.54\text{mms. (0.1")}$ , se debe expresar como un porcentaje de la carga estandar de  $1,360\text{Kgs.}$ , este porcentaje será el valor relativo de soporte correspondiente a la muestra de suelo ensayada.

Con el V.R.S., de la sub-razante se entra a la gráfica (de cálculo de espesor mínimo de pavimento flexible), y se obtiene el espesor del pavimento, abarcando sub-base, base y carpeta.

Para fijar el espesor de cada una de las capas por separado del pavimento flexible, generalmente se empieza por determinar el espesor de la carpeta asfáltica y que se hace por medio de la siguiente tabla.

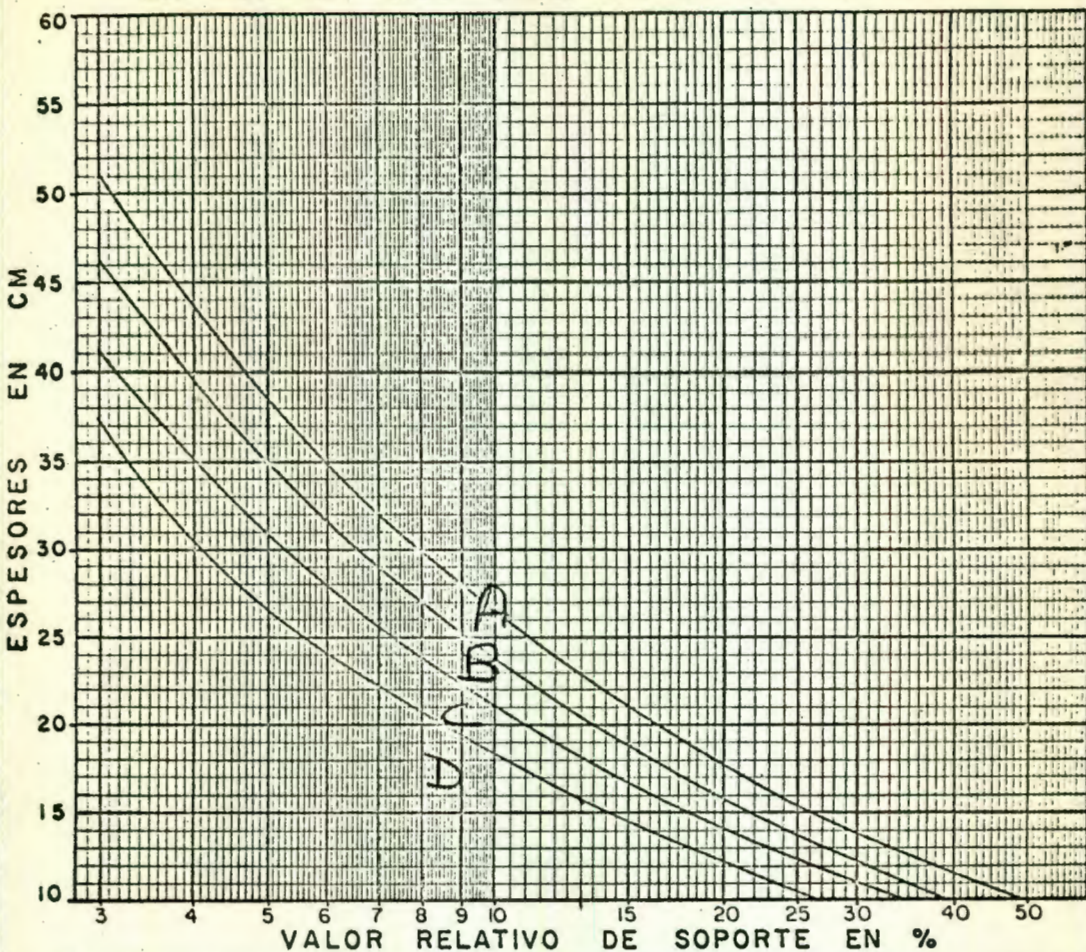
TIPO DE CARPETA ASFALTICA	ESPESOR DE LA CARPETA EN CENTIMETROS				
	TRANSITO MUY LIVIANO.	TRANSITO LIVIANO.	TRANSITO MEDIO.	TRANSITO PESADO.	TRANSITO MUY PESADO.
TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE.	1	1	-	-	-
TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE.	1.5	1.5	1.5	-	-
MEZCLA EN EL LUGAR	2	3	4	6	-
MEZCLA EN PLANTA DOSIFICADA POR VOLUMEN.	2	3	4	6	-
CONCRETO ASFALTICO, DOSIFICADO EN PLANTA POR PESO Y CON C.A.	2	3	4	6	8

Pero para aplicar los valores de la tabla anterior, es necesario conocer primero: la densidad de tránsito y clasificarlo de acuerdo con la tabla que sigue:

CLASIFICACION DEL TRANSITO	DENSIDAD DE TRANSITO (A)	
	VOLUMEN DIARIO DE CARROS DE PASAJE Y CAMIONES LIVIANOS (B).	VOLUMEN DIARIO DE CAMIONES COMERCIALES Y AUTOBUSES (C)
MUY LIVIANO	MENOS DE 50	NINGUNO
LIVIANO	MENOS DE 300	MENOS DE 20
MEDIO	MENOS DE 2000	MENOS DE 50
PESADO	MAS DE 2000	MENOS DE 500
MUY PESADO	MAS DE 2000	MAS DE 500

(A) La densidad, se refiere al número total de vehículos en ambas direcciones.

# GRAFICA PARA EL CALCULO DE ESPESOR MINIMO DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA CAMINOS EN FUNCION DEL V.R.S. DE LA SUBRASANTE



INTENSIDAD DE TRANSITO DE VEHICULOS CON CAPACIDAD DE CARGA IGUAL O SUPERIOR A 3 TONELADAS METRICAS CONSIDERADO EN UN SOLO SENTIDO	CURVA APLICABLE PARA PROYECTO DE ESPESORES	TIPO RECOMENDABLE DE CARPETA ASFALTICA
MAYOR DE 1000 VEHICULOS AL DIA	A	MEZCLA EN PLANTA
De 600 a 1000 " " "	B	MEZCLA EN EL LUGAR A MEZCLA EN PLANTA
De 200 a 600 " " "	C	TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE O MEZCLA EN EL LUGAR
MENOR DE 200 " " "	D	TRATAMIENTO SUPERFICIAL; SIMPLE O DOBLE.

(B).- Se refiere a camiones livianos de 3000 Kgs., de carga máximo por eje.

(C).- Se refiere a camiones con más de 3000 Kgs., de carga por eje.

Una vez determinado el espesor de la carpeta, se procede a determinar el espesor de la base en función del (V.R.S.) de la sub-base. Si se le restan los valores de los espesores de la carpeta y de la base del espesor total del pavimento, se obtiene el espesor de la sub-base.

#### ANEXO

#### SEÑALAMIENTO :.-

En los caminos hay básicamente tres tipos de señales y que son las siguientes:

##### 1).- SEÑALES PREVENTIVAS

a).- O B J E T O :.- Advertir al usuario del camino, la existencia de un peligro potencial y la naturaleza del mismo.

b).- F O R M A :.- Deberá ser cuadrada con una diagonal en posición vertical.

c).- C O L O R :.- Su fondo deberá ser amarillo con letras negras y ribete color negro.

d).- D I M E N C I O N E S :.- 60 cm. por lado como mínimo.

e).- C O L O C A C I O N :.- Se recomienda que las señales, queden a una distancia no menor de 90 mts. ni mayor de 225 mts. del lugar de peligro. Se colocarán al lado derecho del camino,

correspondiente a la dirección de la circulación. Se colocarán a 1.50 mts. como mínimo y a 2.40 mts. como máximo del borde de la carpeta asfáltica. La altura de las señales preventivas, no será mayor de 2.10 mts. ni menor de 60 cms. respecto a la rasante.

## 2).- SEÑALES RESTRICTIVAS:

- a).- O B J E T O : .- Indican un reglamento de Tránsito, con el fin de que el usuario lo cumpla.
- b).- F O R M A : .- Deberán ser rectangulares y se colocarán en posición vertical.
- c).- C O L O R :.- Tendrán un símbolo negro inscrito en un círculo rojo, sobre fondo blanco con un letrero debajo del círculo.
- d).- DIMENSIONES:.- 70 cms. de alta por 42.5 cms. de ancha en zonas rurales y 50 cms. de alta por 30 cms. de ancha en zonas urbanas.
- e).- COLOCACION:.- Se colocarán al lado derecho del camino, correspondiente a la dirección de la circulación y estarán en el punto mismo en donde existe la restricción.

## 3).- SEÑALES INFORMATIVAS:

- a).- O B J E T O :.- Proporcionar al usuario alguna información que le ayude en su viaje.
- b).- F O R M A : .- Deberán ser rectangulares y se colocarán en posición horizontal, sin embargo, habrá excepcio-

nes en que se colocarán verticalmente.

c).- C O L O R : .- Su fondo será blanco, con letras y ribete negro.

d).- DIMENSIONES:.- El tamaño de estas señales, se ajustarán a las necesidades, pero se recomienda que no tenga más de tres renglones de leyenda.

#### MARCAS SOBRE EL PAVIMENTO:

En el pavimento puede haber varios tipos de marcas y que son las siguientes:

A).- SEÑALES LONGITUDINALES:.- Estas pueden ser de dos tipos:

a).- C O N T I N U A S :.- Estas líneas, restringen la circulación de tal manera, que ningún vehículo puede cruzar esta línea o circular sobre ella.

b).- D I S C O N T I N U A S :.- Estas líneas, tienen como objeto, el guiar y facilitar la circulación.

B).- TRANSVERSALES:.- Estas señales, delimitan fajas destinadas al cruce de peatones.

C).- Existen otras marcas que se emplean para indicar la restricción al estacionamiento y otras que indican la presencia de obstáculos materiales.



CAPITULO VIII  
PRESUPUESTO.

**P R E S U P U E S T O :**

Una vez realizado el proyecto del camino en todas sus etapas, se procede a la elaboración del presupuesto del mismo. El fin que se persigue al hacer dicho presupuesto, es desde luego conocer el costo que tendrá el camino, ya sea en cada uno de sus conceptos por separado o en su totalidad.

**P R E S U P U E S T O**

**DEL CAMINO : ENTRONQUE CARRETERA (SAN JUAN DEL RIO-KILITLA) - PATHE .**

---

**TERRACERIAS:.-**

Desmante (monte de región semi-árida)	
29 Has. a \$ 2,618.00 Ha. . . . .	\$ 75,922.00
Despalme (varias clasificaciones)	
34,800 m3. a \$ 2.20 m3. . . . .	76,560.00
Préstamo Lateral (varias clasificaciones)	
50,102 m3. a \$4.19 m3. . . . .	209,927.38
Cortes en Terracería (varias clasificaciones )	
25,578 m3. a \$ 4.85 m3. . . . .	124,053.30
Cortes para Contracunetas (varias clasif.)	
5,438 m3 a \$ 23.02 m3. . . . .	125,182.76
Sobreacarreos (Máxima distancia 100 mts.)	
17,144 m3. a \$ 1.05 m3. . . . .	18,001.20
Agua	
16,806 m3. a \$ 7.56 m3. . . . .	127,053.36
Acarreo Agua (de varios bancos)	
16,806 m3. a \$ 8.92 m3. . . . .	149,909.52
Formación y Compactación al 85%	
67,224 m3. a \$ 2.87 m3. . . . .	\$ 192,932.88
<b>S U M A</b>	<b>\$1'099,542.40</b>
	<b>=====</b>

**OBRAS DE DRENAJE:**

Zampeado de Cuneta	
206 m3. a \$ 230.57 m3. . . . .	\$ 47,497.42

Alcantarillas de Tubo.		
11 de 0.76 cm. de diámetro (sencillo) . . .	\$	57,068.00
3 de 0.91 cm. de diámetro (sencillo) . . .		22,940.25
1 de 0.91 cm. de diámetro (doble) . . .	\$	14,708.37

**ALCANTARILLA DE BOVEDA.**

1 de 1.50 m. X 1.5 m. . . . .	\$	19,687.50
1 de 3.00 m. X 2.0 m. . . . .		52,500.09
1 de 4.00 m. X 4.0 m. . . . .	\$	71,237.72

S U M A      \$      285,639.35  
=====

SUB-BASE:

Desmante (monte de región semi-árida)		
0.6 Has. a \$ 2,618.00 Ha. . . . .	\$	1,570.80
Despalme (80-20-0)		
1,800 m3. a \$ 2.48 m3. . . . .		4,464.00
Extracción (00-70-30)		
12,441 m3. a \$ 14.36 m3. . . . .		178,652.76
Disgregado		
12,441 m3. a \$ 3.50 m3. . . . .		43,543.50
Acarreo de Materia (varios bancos)		
14,929 m3. a \$ 19.58 m3. . . . .		292,309.82
Agua P/ Sub-base		
2,986 m3. a \$ 8.49 m3. . . . .		25,351.14
Acarreo de Agua (varios bancos)		
2,986 m3. a \$ 6.92 m3. . . . .		20,663.12
Mezcla Tendido y Compactado		
12,441 m3. a \$ 11.68 m3. . . . .	\$	<u>145,310.88</u>
S U M A		\$      711,866.02

BASE:

Adquisición de Material Triturado		
11,484 m3. a \$ 60.00 m3. . . . .	\$	.689,040.00
Carga de Material		
11,484 m3. a \$ 4.54 m3. . . . .		52,137.36
Acarreo de Material		
11,484 m3. a \$ 89.00 m3. . . . .		1'022,076.00
Extracción de Cementante (00-70-30)		
2,297 m3. a \$ 14,363 m3. . . . .		32,991.81
Disgregado		
2,297 m3. a \$ 3.50 M3. . . . .	\$	8,039.50

Acarreo de Cementante	2,756 m3. a \$ 19.58 m3. . . . .	\$ 53,962.48
Agua P/Base	1,723 m3. a \$ 8.49 m3. . . . .	14,628.27
Acarreo de Agua	1,723 m3. a \$ 6.92 m3. . . . .	11,923.16
Mezcla, Tendido y Compactado	11,484 m3. a \$ 15.25 m3. . . . .	<u>\$ 175,131.00</u>
	S U M A	\$ 2'059,929.58 =====

IMPREGNACION

Barrido de Base	8 Has. a \$ 262.74 Ha. . . . .	\$ 2,101.92
Acarreo de Asfalto	144 m3. a \$ 110.50 m3. . . . .	15,912.00
Impregnación	143,550 Lts. a \$0.60 Lt. . . . .	<u>\$ 86,130.00</u>
	S U M A	\$ 104,143.92 =====

S E L L O

Adquisición de Material 3-A	478 m3. a \$ 90.00 m3. . . . .	\$ 43,020.00
Carga de Material 3-A	478 m3. a \$ 4.54 m3. . . . .	2,170.12
Acarreo de Material 3-A	478 m3. a \$ 89.00 m3. . . . .	42,542.00
Acarreo de Asfalto	144 m3. a \$883.00. . . . .	127,152.00
Asfalto para Sello	143,550 Lts. a \$0.60 Lt. . . . .	86,130.00
Tendido y Rodillado	478 m3. a \$ 33.66. . . . .	<u>\$ 16,089.48</u>
	S U M A	\$ 317,103.60 =====

SEÑALAMIENTO : . . . . . \$ 64,521.00

R E S U M E N

TERRACERIAS. . . . .	\$ 1'099,542.40
OBRAS DE DRENAJE. . . . .	285,639.35
SUB-BASE. . . . .	711,866.02
BASE. . . . .	2'059,929.58
IMPREGNACION. . . . .	104,143.92
SELLO. . . . .	317,103.60
SEÑALAMIENTO. . . . .	\$ <u>64,521.00</u>
SUMA TOTAL. . . . .	\$ <u>4'642,745.87</u>

Para el pago se tomarán en cuenta las siguientes cláusulas impuestas por la Secretaría de Obras Públicas:

**MATERIALES:**- La clase de materiales que se utilizarán en la ejecución de cada una de las partes que constituyen el camino, se deberán ajustar a las Normas Generales de Construcción, a las Especificaciones Especiales que fije el proyecto y a las Normas que dicte la Secretaría de Obras Públicas en forma de Especificaciones Complementarias y que siendo adiciones o modificaciones de las antes citadas prevalecerán sobre todas.

Los materiales que se utilicen para la ejecución de las obras deberán ser oportunamente muestreados y sometidos a las pruebas de laboratorio que se requieran cuando lo fije el proyecto y/o lo ordene la Secretaría.

Los lugares de préstamo y bancos de materiales que se utilicen en la ejecución de las obras del camino serán fijados por la Secretaría o propuestos por el contratista y aprobados por la misma.

**EJECUCION:**- Las obras de cada una de las partes que constituyen el camino, deberán ejecutarse de acuerdo con las Especificaciones Generales, según las obras de que se trate, a las Especificaciones Especiales que fije el proyec-

to, las que prevalecerán en lo que corresponda sobre las Especificaciones Generales y a las Especificaciones Complementarias que dicte la Secretaría por condiciones particulares de las obras y que modificando o adicionando las Especificaciones Generales y/o las Especiales del proyecto, prevalecerán a su vez sobre ellas. Por lo tanto, el contratista deberá ejecutar las obras de acuerdo a lo anteriormente citado, ya que será el único responsable de la mala ejecución de las -- mismas.

El contratista, deberá someter a consideración de la Secretaría los procedimientos de construcción que vaya a emplear, - los proyectos de las obras auxiliares, obras falsas, en fin todo lo que en su caso se requiera como resultados del procedimiento de construcción que haya propuesto, salvo cuando el pago se haga por unidad de obra terminada, o que estén fijados en las especificaciones anteriormente citadas, en este - caso no será necesario que el contratista someta a consideración de la Secretaría para su aceptación los procedimientos de construcción que vaya a emplear.

La calidad, las dimensiones, las tolerancias y los acabados de las obras o de sus partes se sujetarán a lo que corresponda a las Especificaciones Generales, Especificaciones Especiales y Especificaciones Complementarias que dicte la Secretaría.

**M E D I C I O N :-** Solamente se medirán los trabajos que hayan sido ejecutados correctamente de acuerdo con las especificaciones que se enumeran en la cláusula anterior (EJECUCION). La forma de medir dichos trabajos y las unidades que se utilizarán las determinará la Secretaría de Obras Públicas; también la Secretaría determinará el número de decimales que deban emplear en cada caso.

**B A S E D E P A G O:-** El pago de cada uno de los conceptos de que consta la construcción del camino, se aplicará a los trabajos terminados medidos de acuerdo con lo indicado en la cláusula anterior (MEDICION). Los conceptos que no sean objeto de medición no estarán sujetos a pago por separado, pues se considera que sus importes ya se han distribuido proporcionalmente o como corresponda, en los diversos precios unitarios.

Cuando la Secretaría proporcione materiales y/o equipo al contratista, el cargo correspondiente que fije la Secretaría, se le descontará de las estimaciones o de la liquidación, que se le haga a éste.

**L I Q U I D A C I O N :-** Para llevar a cabo Estimaciones Mensuales para efecto de pago, de los avances que se hayan logrado en los diferentes conceptos de la obra, se utilizarán formas especiales (las cuales serán proporcionadas por la Secre-



taría), en donde se vaciarán los datos de avance logrados en el mes.

Los datos de avance que se asienten en la forma correspondiente serán obtenidos por la Secretaría y el contratista, como se indica en las cláusulas de Medición. Las anotaciones se harán de la manera que indique la Secretaría en instructivo que para ello tiene editado.

Cuando se formule la liquidación de la obra contratada se utilizarán las mismas Formas de Datos para Estimación, cruzando todas las hojas con un sello que diga LIQUIDACION.

CAPITULO IX  
CONSERVACION.

## C O N S E R V A C I O N .

Los trabajos de conservación en el camino son indispensables, ya que por medio de ellos se evitará el deterioro o destrucción del mismo. Estos trabajos deberán ser ejecutados oportunamente y en forma de ciclos tomando en cuenta las estaciones meteorológicas del año y los períodos de mayor intensidad de tránsito.

Por lo tanto, para la conservación del camino se deberá tener en cuenta los siguientes incisos:

- a).- DERECHO DE VIA: No se deberá permitir que se construyan dentro del derecho de vía ninguna construcción -- que obstaculice la visibilidad a los usuarios del camino, también se evitará que crezcan ramas dentro de esta distancia especificada anteriormente.
- b).- DERRUMBES Y DESLAVES: Los derrumbes de los cortes se deberán quitar casi de inmediato de la superficie de rodamiento y de las cunetas, ya que de no ser así obtaculizarán el tránsito y el funcionamiento de las cunetas será defectuoso, provocando deterioro en la corona del camino. En los deslaves que se hayan producido, se formarán nuevamente los taludes de la terracería y se observará el motivo que los produjo, con el objeto de tomar las precauciones necesarias y evitar así nuevos deslaves.
- c).- OBRAS DE DRENAJE: Abarcando este inciso; cunetas, --

contracunetas, alcantarillas y drenaje subterráneo si lo -- hay. Se deberán conservar todas estas estructuras en buen funcionamiento, dándoles la adecuada conservación a cada -- una de ellas para que éstas sigan dándole al camino la seguridad y estabilidad requerida.

La época en que se deberá recorrer el camino con más frecuencia, con el objeto de observar los deterioros en el sistema de drenaje, es la época de lluvias.

d).- ACOTAMIENTOS: Los acotamientos deberán mantenerse limpios en todo tiempo.

e).- PAVIMENTO: En el pavimento asfáltico, los trabajos de conservación se limitarán a lo siguiente:

1).- BACHEO:.- Los trabajos de bacheo se llevarán a cabo -- cuando la superficie del pavimento presente puntos deteriorados o deformados y de carácter aislado. Se recomienda hacer estos trabajos en los comienzos de la primavera y del otoño.

2).- RIEGOS DE VIGORIZACION EN ZONAS:.- Estos riegos son -- trabajos de conservación de tipo preventivo, y consistirán fundamentalmente en dar un riego de asfalto para vigorizar y revivir zonas aisladas del pavimento donde se adviertan signos de desgaste, grietas o inminente -- desintegración de la superficie. Se recomienda reali--

zar estos trabajos en los meses de otoño de cada año.

3).- TRATAMIENTOS SUPERFICIALES EXTENSOS:.- Estos trabajos consistirán en dar riegos livianos de productos asfálticos solo o con materiales pétreos, con objeto de asegurar la impermeabilidad de la carpeta y evitar el secado completo de las substancias volátiles que comunican elasticidad a los productos asfálticos. Estos tratamientos se harán periódicamente a criterio del ingeniero.

4).- TRATAMIENTOS ANTI-RESBALADIZOS:.- Cuando la carpeta se alisa hasta volverse resbaladiza y que por lo tanto represente un peligro para el usuario del camino, entonces se le dará el siguiente tratamiento: se ca--lentaré la superficie y de inmediato se le cubrirá -- con material pétreo clasificado entre las mallas ---- 1/4" y # 10, luego se planchará con rodillo liso li--viano para incrustar el material pétreo en el asfalto sobrante y sin dañar a la carpeta existente.

5).- RECONSTRUCCION:.- Cuando el pavimento se encuentra de--teriorado en un área bastante grande, en lugar de ba--chear se optará por reconstruir totalmente el tramo; para esto se deberá hacer primero algunas observacio--nes del área afectada con el objeto de descubrir las causas que provocaron los desperfectos y así hacer -- las modificaciones necesarias a la parte causante de

dichos desperfectos para evitar en lo posible futuros deterioros en el pavimento.

6).- PINTURA DE RAYAS Y SEÑALES DE TRANSITO:.- Para mayor seguridad del usuario del camino, se renovarán las marcas pintadas en el pavimento antes de que éstas pierdan visibilidad a la vista de los conductores, también se pondrán en buenas condiciones las señales que se encuentren en mal estado y se repondrán las que por algún motivo falten.

CAPITULO X  
CONCLUSIONES.

## C O N C L U S I O N E S :

La aportación de este trabajo lo constituye el proporcionar el proyecto de un camino vecinal, cuyas características que daron ampliamente definidas en este libro, y que si se si-gue fielmente todo el proceso aquí especificado para la realización del mismo, los resultados serán indiscutiblemente positivos en el aspecto técnico, proporcionando al usuario eficiencia y seguridad.

Una vez construido el camino; a los habitantes que se encuentren dentro de la zona de influencia de esta vía de comunicación, se les estimulará para que incrementen su productividad tanto en el aspecto agrícola como ganadero e industrial y que por lo tanto su nivel económico se elevará al po-der sacar por medio del camino sus productos y venderlos en la Ciudad de Querétaro. También recibirán toda clase de be-neficios provenientes de una sociedad progresista como lo -es la de nuestro Estado.

Todo lo anterior se podrá lograr si se mancomunan esfuerzos de Gobierno, Profesionistas y Beneficiarios.







CAPITULO XI  
BIBLIOGRAFIA.

B I B L I O G R A F I A .

VIAS TERRESTRES Y AEROPISTAS.

ING. CARLOS CRESPO VILLALAZ.

INGENIERIA DE CARRETERAS.

HEWES Y OGLESBY.

MANUAL DE CAMINOS VECINALES.

RENE ETCHARREN GUTIERREZ.

METODOS TOPOGRAFICOS.

ING. RICARDO TOSCANO.

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION S. O. P.