

Lij. 97

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



"Apuntes de la Clase de Carreteras"

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A**

FAUSTO GILBERTO MACIAS LOEZA

México, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

Página

CAPITULO I

Reconocimiento Preliminar

I.1	Primer Reconocimiento	1
-----	-----------------------	---

CAPITULO II

Trazo Definitivo

II.1	Línea a Pelo de Tierra	5
II.2	Curvas Horizontales	6
II.3	Cadenamiento	

CAPITULO III

Perfil y Rasantes

III.1	Lectura de elevaciones	14
III.2	Dibujo del Perfil	14
III.3	Rasantes	15
III.4	Alineamiento Vertical	15
III.5	Curvas Verticales	16

CAPITULO IV

Curva de Masas y Movimiento de Tierras

IV.1	Cálculo de Areas	21
IV.2	Curva de Masas	27
IV.3	Propiedades de la curva de Masas	30
IV.4	Movimiento de Tierras	30

CAPITULO V

Obras de Drenaje

V.1	Tipos de Drenaje	34
-----	------------------	----

CAPITULO VI

Pavimentos

VI.1	Pavimentos Flexibles	45
------	----------------------	----

VI.2	Pavimentos rígidos	65
------	--------------------	----

	Proyecto	67
--	----------	----

CAPITULO I

RECONOCIMIENTO PRELIMINAR

En la construcción de una carretera, es necesario realizar primero un estudio socio-económico de la región, para así conocer el grado de necesidad de esta carretera, y así proponer tanto el tipo de camino como los puntos obligados por los que deberá pasar.

Una vez, conociendo lo anterior, podemos acudir a otro tipo de información, la cartografía, de la que se puede obtener una variada información que sirva para el proyecto, la cual es:

Topográfica, Geológica, de Uso de Suelo, de Uso Potencial, de Climas, así como de Mapas Urbanos.

Así el proyectista al estudiar las cartas se forma un panorama referente a la topografía, hidrología y asentamientos humanos de la región, determina los puntos obligados, y de esta manera inicia el estudio de rutas. Las diferentes rutas se dividen en tramos y estos a su vez en subtramos, dependiendo del tipo de camino que se va a construir.

I. 1. PRIMER RECONOCIMIENTO:

Con las posibles rutas marcadas en las cartas, se hace el reconocimiento del terreno por donde pasan las alternativas de ruta, este reconocimiento puede ser:

- a) Aéreo
- b) Terrestre
- c) La combinación de ambos

Los puntos obligados son por los que forzosamente debe pasar el camino, hay dos clases de puntos obligados:

- a) Por razones topográficas
- b) Por razones económicas, políticas o sociales

Para fines de nuestro proyecto en clase se obtuvo el plano de curvas de nivel LORETO-SANTA ROSALIA, escala 1:2000 con curvas de nivel a cada metro.

Cuando ya se cuenta con los planos que se obtienen de los reconocimientos anteriormente descritos, se procede a proyectar sobre los mismos la línea preliminar, tomando en cuenta las especificaciones -- SAHOP, existentes para ello.

ESPECIFICACIONES SAHOP

Tipo	Plano y lomerio suave	Lomerio fuerte	Montañoso poco encarpado	Montañoso muy escarpado
------	-----------------------------	-------------------	--------------------------------	-------------------------------

PENDIENTE MAXIMA (%)

	4	4.5	5	6
Especial				
A	4	5	6	7
B	4.5	6	7	8
C	5	7	8	10
D	6	9	12	14

	Plano y	Lomerio	Montañoso	Montañoso
Tipo	lomerio	fuerte	poco	muy
	suave		escarpado	escarpado

ANCHO DE CORONA (m)

Especial

(2 carriles)	9 a 13.5	9 a 13.5	9 a 13.5	9 a 13.5
----------------	----------	----------	----------	----------

Especial

(4 carriles)	22.5 a 24	22.5 a 24	22.5 a 24	22.5 a 24
----------------	-----------	-----------	-----------	-----------

A	9	9	8.5	8
B	8	8	7.5	7
C	7	7	7	7
D	6.5	6.5	6.5	6.5

VELOCIDAD DE PROYECTO
(Km/h)

Especial	110	100-90	80-70	70-60
A	110-90	90-80	70-60	60-50
B	80	70	50	40
C	70	60	40	30
D	60	50	30	30

GRADO MAXIMO DE CURVATURA

()

Especial	3	4.5	7.5	11
A	3	5.5	12	18
B	5.5	7.5	18	64
C	7.5	12	30	67
D	12	18	64	67

Tomando en cuenta las especificaciones anteriores, podemos clasificar nuestro proyecto de clase como camino tipo A, con una pendiente máxima de 0,5 %, un ancho de corona de 12m., con un grado de curvatura máximo de 20 :

CAPITULO II

TRAZO DEFINITIVO

Una vez teniendo definidos los puntos que vamos a unir, se procederá a trazar la línea a pelo de tierra, basandonos en el plano de curvas de nivel obtenido.

Para el proyecto en clase, el profesor señala 2 puntos, los cuáles debemos unir con dos rutas, para así formar un circuito, el plano obtenido para tal efecto está construído escala 1:2000 con curvas de nivel a cada metro.

II. 1 LINEA A PELO DE TIERRA

La pendiente gobernadora que debemos tener es del 0.5 %, lo que quiere decir que podemos subir o bajar, según el caso, medio centímetro en cada metro, ó 50 cm. en cada 100 metros.

Con un compás, el cuál deberá tener una abertura de 5 cm. en sus extremos, (5 cm. por que escala 1:2000 significan 100 m.) apoyado en uno de los puntos marcados por el profesor, debemos señalar otro punto entre curva y curva, esto significa que vamos a ascender o descender medio metro según el caso, una vez realizado ésto, nos apoyamos en el punto marcado anteriormente y hacemos una nueva señal en la siguiente curva, así hasta llegar al otro punto señalado por el profesor; esto es una ruta, pero el circuito deberá cerrarse por lo que se deberá continuar hasta llegar al punto de partida.

En nuestro caso, el punto de partida es en la curva de nivel de 53 m, y la siguiente marca es medio metro arriba, (53.5 m), y a 100 m. del primer punto, el segundo punto señalado por el profesor, es en la curva de 58 m.

En el paso anterior debemos tener cuidado en que los angulos que se formen no sean muy cerrados, porque es ahí donde vamos a alojar las curvas horizontales.

La línea a pelo de tierra aparece en color negro en nuestro plano de curvas de nivel.

II. 2 CURVAS HORIZONTALES

Las curvas horizontales deberán ser las envolventes de los puntos en donde se encuentra un cambio de dirección en la línea a pelo de tierra, para el trazo de dichas curvas debemos contar con unas planillas que tengan diferentes grados de curvatura, dichas planillas se obtienen de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{10 \text{ m.}}{\text{Sen. } \frac{G}{2}}$$

R = Radio de Curvatura
G = Grado de Curvatura

dándole valores a G obtendremos sus correspondientes radios de curvatura.

Los utilizados para el proyecto en clase son:

G	R
1°	1145.93 m.
3°	382.02 m.
5°	229.26 m.
8°	143.36 m.
10°	114.74 m.
12°	95.67 m.
15°	76.61 m.
18°	63.92 m.
20°	57.58 m.

Con los valores anteriores y escala 1:2000 construimos nuestras plantillas, las cuáles contienen el radio de curvatura descrito.

Colocamos las plantillas en los puntos donde cambia de dirección la línea a pelo de tierra, comenzando por la más grande, pero la que sea mejor envolvente es la que determinará nuestra curva.

El profesor determina si realmente las envolventes propuestas son las adecuadas.

Una vez aprobadas por el profesor, debemos unir las por medio de rectas.

II. 2.a) SOBRE ELEVACION:

Un vehículo en curva tiende a salirse en sentido tangencial a ésta, debido a la fuerza centrífuga, para contrarrestar en parte este efecto, se le da al camino una sobre elevación, de acuerdo con el radio de la curvatura.

La formula para calcular la sobre elevación para una velocidad dada es :

$$S = \frac{v^2}{127.14 R} - f$$

Siendo:

S	Sobre elevación
V	Velocidad K/h
R	Radio de la curva
f	Coefficiente que varía de 0.14 a 0.16

Como la gama de velocidades de los vehículos es muy grande debemos proyectar nuestras curvas horizontales con una sobre-elevación adecuada para que puedan circular los vehículos a diferentes velocidades

Tabla de Sobre-elevaciones más usuales

GRADO DE LA CURVA	SOBRE ELEVACION EN %
2°	2 % bombeo máximo para que corra agua
4°	8.5 %
6°	11 %
8°	12.3 %
10°	13 %

13 % es la sobre elevación máxima permitida por el peligro de volteamiento.

II. 2. b TRANSICION:

Para evitar el cambio brusco de la tangente a la curva, se lleva a efecto una sobre elevación gradual en un tramo anterior, sobre la tangente, a esto se llama tangente de transición.

Deberá considerarse una longitud de transición L_t , tal que el vehículo pueda sostenerse sin salirse de su carril de circulación.

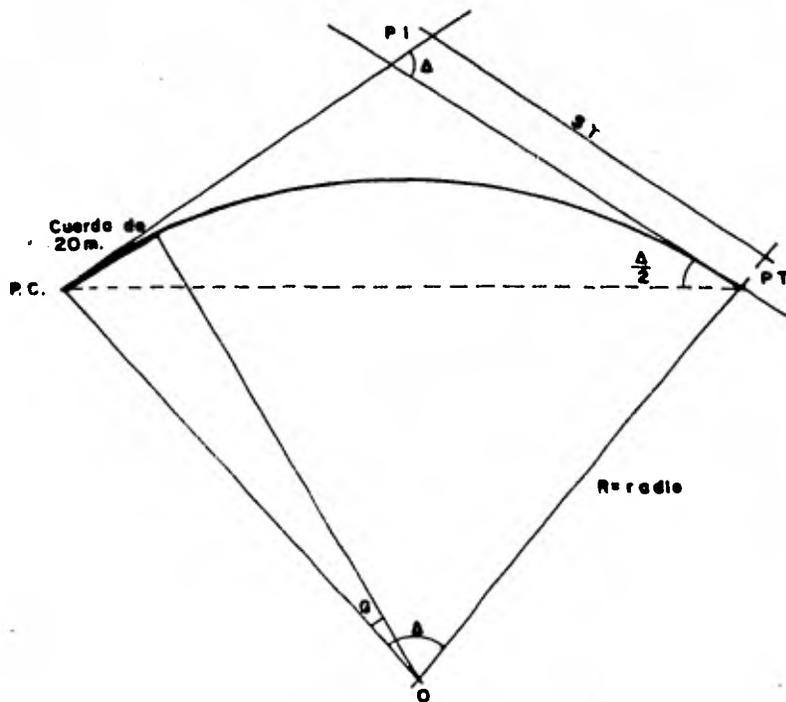
TRANCISIONES EN METROS

GRADO	ESPECIAL	A	B	C
.2°	60	20	20	10
4°	80	20	20	10
6°	100	25	25	15
8°	100	25	25	15
10°	100	30	30	20
12°	100	30	30	20
14°	100	30	30	20
25°	100	35	35	30

II. 2. c. ELEMENTOS DE UNA CURVA CIRCULAR

P.C. —	Punto de Comienzo de una Curva
P.I. —	Punto de Inflexión
P.T.	Punto de tangencia o final de una curva
S.T.	Subtangente = PC. PI = PI .PT
L.C.	Longitud total de la curva
Δ	Deflexión

FIGURA No. 1



Del análisis de figura 1, se tiene:

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

dividiendo en cuerdas de 20 m

$$L. C. = \frac{\Delta}{G} (20)^m \quad \therefore \quad \Delta = \frac{G}{20 m} L. C. ;$$

$$G = \frac{\Delta (20) m}{L. C.}$$

como

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

$$R = \frac{ST}{\tan \frac{\Delta}{2}} \quad \text{pero} \quad \frac{1}{\tan \frac{\Delta}{2}} = \text{Cot} \frac{\Delta}{2}$$

$$\therefore R = ST \text{ Cot} \frac{\Delta}{2}$$

Considerando el grado que subtiende una cuerda de 20 m,
se tendrá:

$$10^m = \text{Sen} \frac{G}{2} R$$

$$\therefore R = \frac{10^m}{\text{Sen} \frac{G}{2}}$$

Expresión usada anteriormente para construir nuestras plan-
tillas de grados de curvatura.

II. 2.d CURVAS COMPUESTAS:

Son las que tienen el mismo punto de tangencia y punto de comienzo, pero de radios diferentes, generalmente se trazan en caminos de 1er orden y especiales, aunque muchas veces se evitan por su incomodidad en el trazo.

II. 3 CADENAMIENTO

Cuando tengamos nuestras curvas horizontales unidas por medio de rectas, lo cuál constituye el trazo definitivo (en color rojo en el plano de curvas de nivel), procederemos a marcar con un compás a partir de uno de los puntos señalados por el profesor, estaciones a cada 20 m. - (un centímetro en el plano), hasta llegar nuevamente al punto de partida. A nuestro punto de partida lo denominaremos Km 0 + 000, y como nuestras estaciones son cada 20 m, tendremos que la siguiente estación es la - - - 0 + 020, 0 + 040..., y así sucesivamente hasta llegar a nuestro punto de partida que en nuestro caso es el Km. 2 + 092.

CAPITULO III

PERFIL Y PASANTES

En el terreno, detrás de la brigada de trazo sigue la de nivelación que se encarga de determinar las elevaciones del estacado del eje y aquellos puntos intermedios que sean importantes como: thalwas, cambios bruscos de pendiente, huellas de nivel de aguas máximas, bordos, fondos de ríos, crestas, etc., con el objeto de conocer el perfil detallado del terreno a lo largo del trazo.

El método de nivelación que se usa es el de nivelación de perfil, el cuál consiste en dar cota al estacado del trazo.

Estas cotas nos sirven para dibujar en papel milimétrico nuestro perfil y ahí proyectar nuestras razantes.

III.1. LECTURA DE ELEVACIONES

Para el proyecto en clase en lugar de una nivelación de perfil se interpola entre las curvas de nivel para determinar las elevaciones a lo largo del trazo y a cada 20 m., para conocer con cierta exactitud nuestras elevaciones.

III. 2. DIBUJO DEL PERFIL

El perfil deberá dibujarse en papel milimétrico, para efectos del proyecto en clase se utilizó un pliego de 2 m de largo, por 1 metro de ancho, la parte ancha se dividió en tres partes, a todo lo largo. En los

15 centímetros de la parte superior se dibujó el perfil con el eje horizontal escala 1:2000 y el eje vertical 1:50.

Como ya hemos deducido, nuestras elevaciones podemos graficarlas en el papel milimétrico, cuidando no omitir los cruzamientos con arroyos y cimas.

III. 3 RASANTES

Para el trazo de rasantes, debemos tomar en cuenta que nuestros movimientos de tierras sean mínimos, por ser uno de los aspectos más costosos en la construcción de un camino, sin descuidar los demás aspectos técnicos, como son las pendientes, la visibilidad de frenado, la visibilidad de rebase, etc.

Deberán hacerse varios tanteos de rasante para poder elegir el que más nos convenga, moviendo ligeramente nuestras rasantes, en el perfil pueden modificarse los cortes y los terraplenes, buscando el volumen mínimo.

III. 4 ALINEAMIENTO VERTICAL

Elementos que lo integran

- a) Tangentes verticales
- b) Pendiente gobernadora
- c) Pendiente máxima

III. 4. a TANGENTES VERTICALES

Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y su pendiente, y están limitadas por 2 curvas sucesivas. La longitud de una tangente vertical es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente; se representa como T v.

La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre 2 puntos de la misma.

Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina P I V .

III. 4. b PENDIENTE GOBERNADORA

Es la pendiente media que tóricamente puede darse a la rasante para dominar un desnivel determinado.

III. 4. c PENDIENTE MAXIMA

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto, queda determinada por el volúmen, la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno. Se empleará cuando convenga, desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos como: Cantiles, fallas y zonas inestables; siempre que no rebase la longitud crítica.

III. 5 CURVAS VERTICALES

Son las que enlazan 2 tangentes consecutivas del alineamien

to vertical para que se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Al principio de una curva vertical se representa como P C V y el final como P T V .

III. 5. a CALCULO DE UNA CURVA VERTICAL

Las curvas verticales corresponden a una parábola de eje vertical del tipo dado por la expresión.

$$X^2 = 4 P Y$$

En esta expresión dando valores a X, obtenemos los de Y, por facilidad, se puede trabajar con la siguiente tabla en la cual la corrección es igual a :

$$\text{Correc.} = \frac{S_2 - S_1}{10 N}$$

Cadenamiento	N	N ²	N ² . Correc. $Y = \frac{X^2}{4 P}$	Cota de la tangente de entrada	Cota de la Curva	Observaciones
--------------	---	----------------	---	--------------------------------	------------------	---------------

En donde la primera columna corresponde al cadenamiento, en el cual se encuentra P C V, la 2a. columna, son los valores de X que en nuestro caso denominaremos N y son el número de estaciones que debemos tener para llegar al P T V, el valor de N se calcula de la siguiente manera:

$$N = / S_2 - S_1 / \text{ para carreteras}$$

Deberá ser entero, positivo y par, resulta dar una variación de pendiente aproximadamente de 1 %.

$$N = 2 / S_2 - S_1 / \text{ para el metro}$$

Deberá ser entero, positivo y par, lo que da una variación de pendiente aproximadamente del 0.5 %

$$N = 10 / S_2 - S_1 / \text{ para ferrocarril}$$

Deberá ser entero, positivo y par, dando una variación de pendiente aproximadamente del 0.1 %

Ejemplo para carreteras :

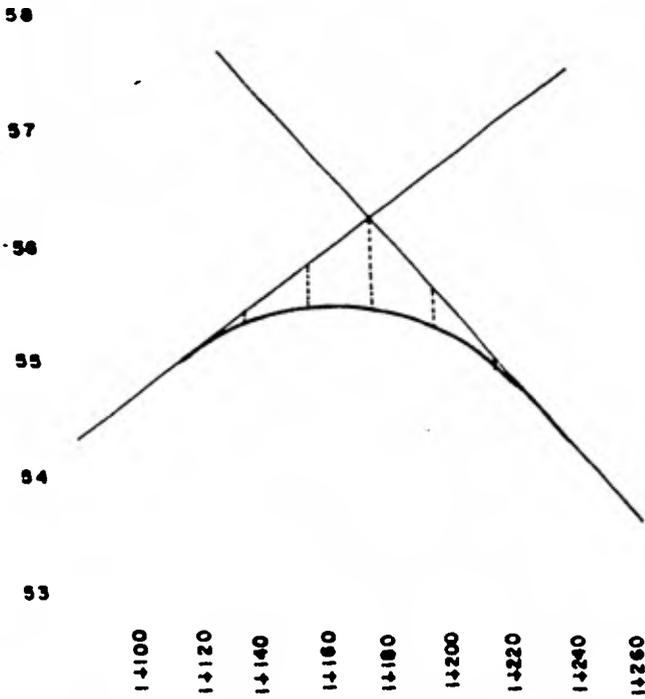
Si tenemos que $S_1 = 2 \%$ y $S_2 = - 3 \%$

$$N = / - 3 - (+ 2) / = / - 5 / \quad N = 6$$

El recíproco de : $4 P = \frac{10 N}{S_2 - S_1}$ se le conoce como la corrección

y se utiliza con su valor exacto y con su signo

$$4 P = \frac{10 (6)}{- 3 - (+ 2)} = - 12$$



CURVA VERTICAL

CAPITULO IV
CURVA DE MASAS Y MOVIMIENTO
DE TIERRAS

IV. I CALCULO DE AREAS

La curva de masas es la representación gráfica de los movimientos de tierra, y para poder construirla es necesario primero cuantificar los cortes y terraplenes.

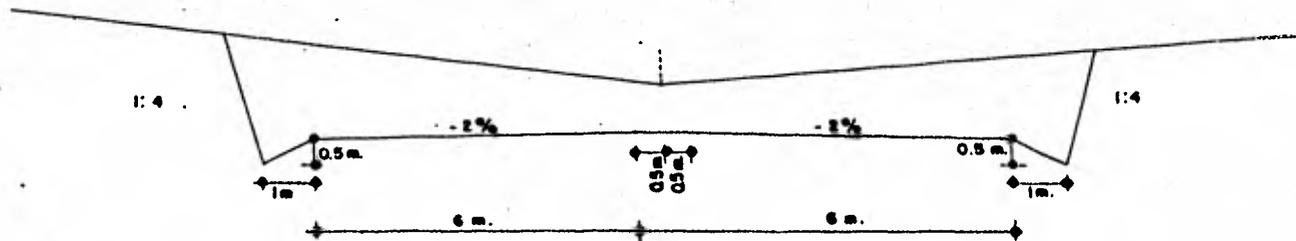
En el campo se saca una sección cada 20 metros para obtener los volúmenes por mover en ese camino, para fines de proyecto en clase se deducen las áreas de las secciones de la siguiente manera; se toman los 10 cortes y 10 terraplenes más grandes, se cuantifican sus áreas y sus espesores, con éstos obtendremos unas constantes llamadas de corte y de terraplén.

Primero deberán dibujarse las secciones tipo en papel milimétrico, escala 1:50, como se muestra en las figuras 1, 2, 3 y 4, tomando en cuenta que las sobre elevaciones de las curvas son únicamente para efectos de deducción de áreas, pues para un proyecto en campo deben calcularse las secciones a cada 20 metros ó antes si el caso lo amerita.

Por la regularidad de nuestras áreas, descompusimos nuestras secciones en triángulos, rectángulos y trapecios como se muestra en la figura (5) y calculamos el área de cada uno de ellos con las fórmulas conocidas para calcularlas.

De las 10 secciones mencionadas anteriormente tenemos:

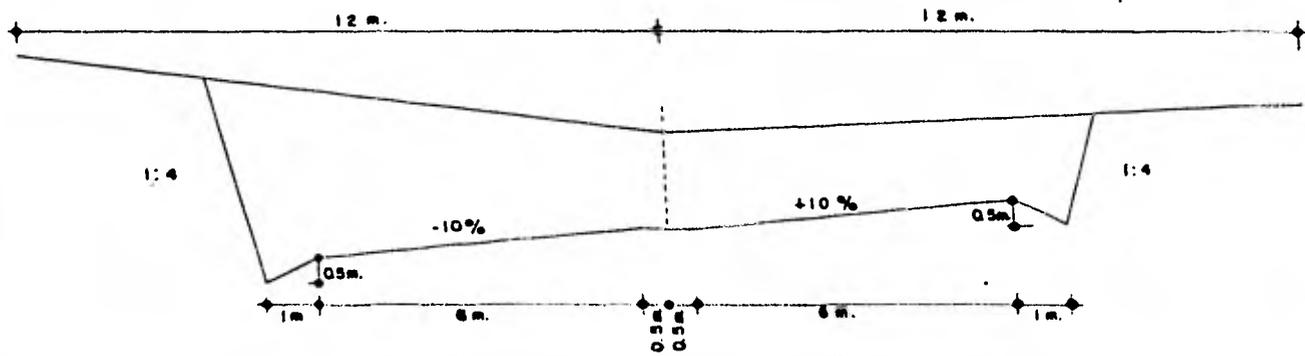
FIGURA No. 1



Sección de Corte en Tangente.

- 22 -

FIGURA No. 2



Sección de Corte en Curva.

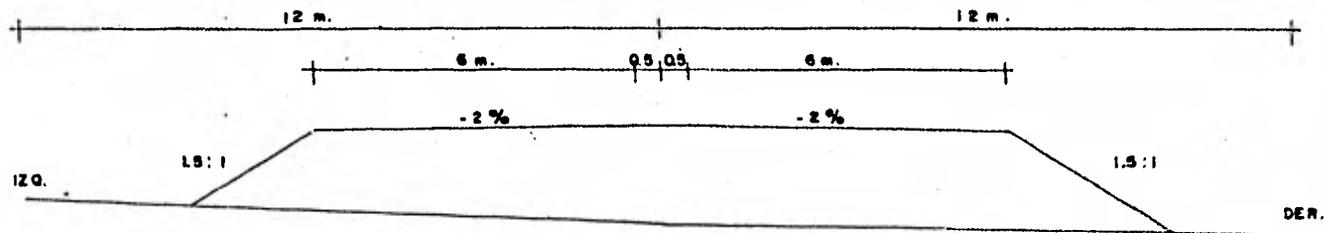
ADENTRO

- 5% si la curva es $\leq 5^\circ$
- 10% si la curva es $> 5^\circ$

A FUERA

- + 5% si la curva es $\leq 5^\circ$
- + 10% si la curva es $> 5^\circ$

FIGURA No. 3



Sección de Terraplén en Tangente

- 23 -

FIGURA No. 4

Sección de Terraplén en Curva

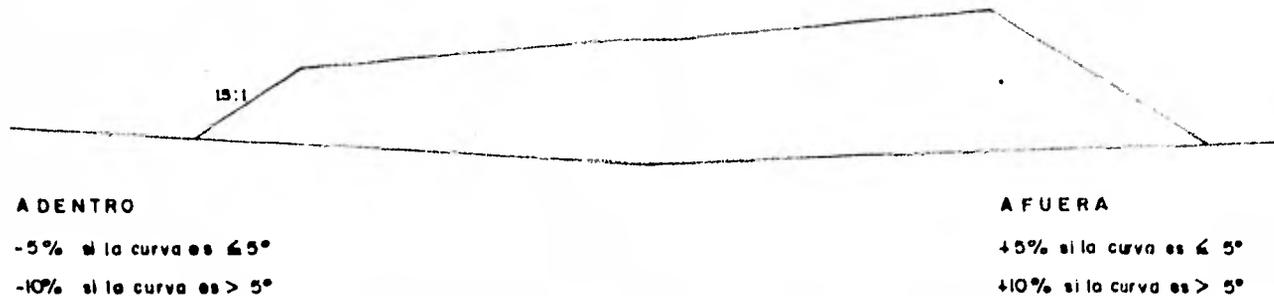
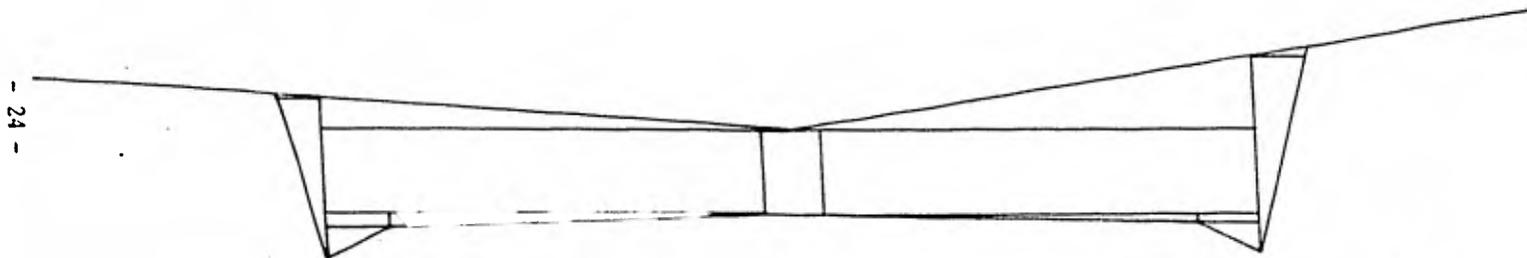


FIGURA No. 5



AREAS DE CORTE

$$\begin{aligned}A_1 &= 6.932 \text{ m} \\A_2 &= 8.185 \text{ m} \\A_3 &= 6.981 \text{ m} \\A_4 &= 9.338 \text{ m} \\A_5 &= 15.55 \text{ m} \\A_6 &= 11.725 \text{ m} \\A_7 &= 11.838 \text{ m} \\A_8 &= 10.934 \text{ m} \\A_9 &= 11.468 \text{ m} \\A_{10} &= 8.134 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\Sigma A_C = 101.085 \text{ m}^2$$

AREAS DE TERRAPLEN

$$\begin{aligned}A_1 &= 8.375 \text{ m} \\A_2 &= 7.086 \text{ m} \\A_3 &= 5.298 \text{ m} \\A_4 &= 6.071 \text{ m} \\A_5 &= 7.095 \text{ m} \\A_6 &= 7.93 \text{ m} \\A_7 &= 7.723 \text{ m} \\A_8 &= 6.134 \text{ m} \\A_9 &= 19.654 \text{ m} \\A_{10} &= 12.149 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\Sigma A_T = 87.515 \text{ m}^2$$

ESPESOR CORTES

$E_1 =$	0.42 m
$E_2 =$	0.48 m
$E_3 =$	0.44 m
$E_4 =$	0.50 m
$E_5 =$	0.96 m
$E_6 =$	0.76 m
$E_7 =$	0.60 m
$E_8 =$	0.60 m
$E_9 =$	0.58 m
$E_{10} =$	0.47 m

$$\Sigma E_c = 5.81$$

ESPESOR TERRAPLEN

$E_1 =$	0.63 m
$E_2 =$	0.55 m
$E_3 =$	0.35 m
$E_4 =$	0.55 m
$E_5 =$	0.59 m
$E_6 =$	0.62 m
$E_7 =$	0.62 m
$E_8 =$	0.40 m
$E_9 =$	1.36 m
$E_{10} =$	0.85 m

$$\Sigma E_t = 6.52$$

Para obtener la constante se utiliza la fórmula

$$K = \frac{\Sigma A}{\Sigma E}$$

Por lo que

$$K_c = \frac{\Sigma A_c}{\Sigma E_c} = \frac{101.095}{5.81} = 17.398$$

$$K_t = \frac{\Sigma A_t}{\Sigma E_t} = \frac{87.515}{6.52} = 13.423$$

Con los valores de las constantes anteriormente obtenidas procederemos a deducir las áreas a cada 20 metros, de la siguiente manera

Se obtendrá la diferencia de Cotas entre el perfil del terreno y la razante propuesta, y se multiplicará por la constante correspondiente

Si la diferencia de Cota de razante-Cota de terreno es positiva, será un terraplen y si es negativa será un corte.

IV. 2 CURVA DE MASAS

Para facilitar los cálculos en nuestro pliego de papel milimétrico donde tenemos graficado nuestro perfil, tomaremos los 16 centímetros de la parte inferior construiremos la siguiente tabla:

Vol. Acumulado					
Vol. Terraplén					
Vol. Corte	11.409	0			
Area de Terraplén		0			
Area de Corte		0	3.48	7.307	
Cota Rasante	53.0	53.85	53.80	53.78	7.307
Cota Terreno	53.0	54.0	54.0	54.20	
Cadenamiento	0+000	0+016	0+020	0+040	

Utilizando para cada renglón 2 centímetros, y cuidando que el cadenamiento ahí tabulado coincida con el de el perfil para que en donde

la cota del terreno y la de la rasante sean la misma, signifique que existe un cambio de corte a terraplén o de terraplén a corte.

A esos puntos les llamaremos ceros, pues no existe área a calcular en esos puntos.

IV. 2 a CALCULO DE VOLUMENES

Una vez conocidas las áreas de las secciones a cada 20 metros procederemos a calcular los volúmenes con la siguiente fórmula:

$$\text{Vol} = \frac{A_1 + A_2}{2} D$$

Colocando los valores obtenidos en el renglón correspondiente, ya sea de corte o de terraplén.

IV. 2 b VOLUMENES ACUMULADOS

Los volúmenes acumulados se calculan de la siguiente manera:

Al cadenamiento 0 + 000 le corresponde un volumen Acumulado arbitrario, de acuerdo al rango de volúmenes a manejar, para que no nos de valores negativos, en nuestro caso iniciamos con 10,000, se suman los cortes y se restan los terraplenes, ejemplo:

Vol. Acumulado	10,000	9908.728	9915.688	1023.56	1005.33	10106.20	10085.66
Vol. Terraplén		91272					20.538
Vol. Corte			6.96	107.87	81.77	0.87	
Area de Terraplén	11.409	0				0	2.282
Area de Corte		0	3.480	7.307	0.870	0	
Cota Rasante	53.85		53.80	53.78	53.75		53.72
Cota Terreno	53.00		54.00	54.20	53.80		53.55
Cadenamiento	0+000	0+016	0+020	0+040	0+060	0+062	0+080

Con los valores de los volúmenes Acumulados podemos ya graficar nuestra curva de masas en el mismo pliego de papel milimétrico - donde está la tabla, con los volúmenes acumulados como ordenadas y el cadenamamiento como absisas; para saber la escala que vamos a utilizar dividimos la diferencia del mayor valor y el menor valor entre el espacio que tenemos entre la tabla y el perfil:

$$\text{Esc.} = \frac{12\ 807.33 - 9\ 908.73}{65} = 44.59$$

la escala será 1 cm. = 45 m³

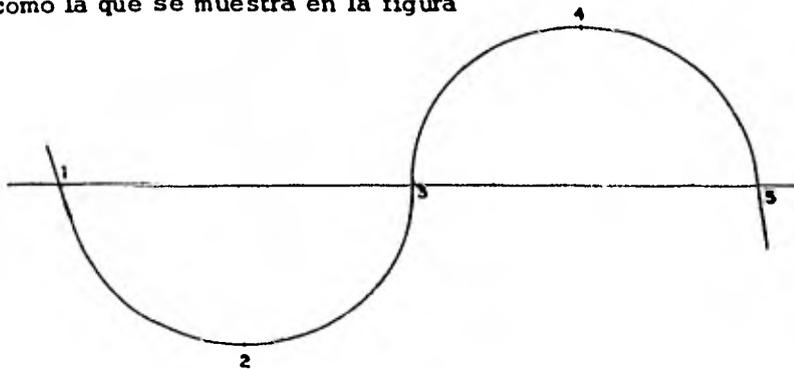
En la práctica se debe obtener en el campo una coeficiente de abundamiento que depende del material que se va a mover.

IV. 3 PROPIEDADES DE LA CURVA DE MASAS:

- 1.- Cuando es corte la curva de masas sube
- 2.- Cuando es terraplón la curva de masas baja
- 3.- Cuando es un cero existe un máximo ó un mínimo en la curva de masas.

IV. 4 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Si en nuestra curva masa trazamos una línea horizontal como la que se muestra en la figura



En la figura los puntos 1, 3 y 5 tienen la misma ordenada, la línea horizontal que los une se le denomina compensadora, pues distribuye los volúmenes de tal manera que quedan compensados, pues el terraplén de 1 a 2 lo podemos compensar con el corte de 2 a 3, y al terraplén

de 4 a 5 lo compensamos con el corte de 3 a 4, el orden que se sigue siempre es el mismo, si la compensadora queda arriba de un mínimo el material se mueve hacia atrás, y si queda abajo de un máximo, el material deberá moverse hacia adelante.

Los centros de gravedad de corte ó terraplen se obtienen de la curva de masas y se encuentran a la mitad de la distancia entre una compensadora y la siguiente.

La Secretaría de Obras Públicas clasificó los acarrees de acuerdo con la distancia máxima por mover el material en:

- a) Acarreo libre.- Es el que se efectúa dentro de una distancia de 20 metros, estando el precio de esta operación incluido en el de la excavación, y es la línea horizontal que está en la zona inmediata a los máximos o mínimos de la curva masa.
- b) Sobre acarreo.- Es el que se efectúa cuando la distancia está comprendida entre 20 y 120 m., y sus unidades son en m³ Estación, la fórmula para calcular la distancia sobre acarreo es :

$$d = \frac{C. G. \text{ corte} - C. G. \text{ terr} - 20 \text{ m}}{20 \text{ m}}$$

y está dada en estaciones; para el sobre acarreo se debe utilizar el tractor.

- c) Acarreo corto.- Es el que se efectúa cuando la distancia máxima está comprendida entre 120 y 520 m, sus unidades están dadas

en m³ - Hectómetro y para su movimiento se debe utilizar la motoescrepa. La fórmula para calcular la distancia de acarreo corto es:

$$d = \frac{C. G. corte - C. G. terr}{100} - 20$$

y sus unidades están dadas en hectómetros.

- d) Acarreo Largo. - Es el que se efectúa cuando la distancia es mayor que 520 metros, sus unidades están dadas en m³ - Km., y para su movimiento debe utilizarse camión, para calcular la distancia de acarreo largo se emplea la siguiente fórmula :

$$d = \frac{C. G. corte - C. G. terr}{1000} - 20$$

sus unidades están dadas en kilómetros.

Como no siempre es posible compensar todos los cortes y terraplenes, debido a que los acarreos se vuelven más largos e incosteables, en ocasiones se recurre a solicitar préstamos de material a los lados del camino para los terraplenes, ó a desperdiciar material de corte que resulta incosteable transportar.

La calidad de los materiales que se encuentran en la zona en donde se localiza el camino, es factor muy importante. Por la dificul-

tad que ofrecen a su ataque, las Especificaciones Generales de Contrucción de la Secretaría de Asentamientos Humanos y de Obras Públicas, clasifican a los materiales como A, B, C; por el tratamiento que van a tener en la formación de terraplenes los clasifican en compactables y no compactables.

Un suelo se clasifica como material A, cuando puede ser atacado con facilidad mediante pico, pala de mano, escrepa ó pala mecánica de cualquier capacidad, además se consideran como material A los suelos poco o nada cementados con partículas hasta de 7.5 centímetros.

Se clasifica como material B el que para ser atacado requiere del uso de explosivos ligeros, o arado y se consideran como material B las piedras sueltas menores de 75 centímetros de lado, areniscas blandas y tepetates.

Como material tipo C se clasifican aquellos que únicamente pueden ser atacados con explosivos.

CAPITULO V

OBRAS DE DRENAJE

Para el buen funcionamiento de un camino, es necesario proporcionarle un drenaje adecuado que facilite la salida del agua pruvial y la que por escurrimiento llegue al camino, la finalidad de construir el drenaje es la de evitar que el agua sin control dañe el camino.

El drenaje de un camino debe preverse desde la localización del camino, pues por la naturaleza de los materiales de corte y terraplén, cualquier exceso de agua ó humedad ocasiona deslaves, asentamientos, oquedades y desprendimientos de material, los cuales producen pérdidas económicas, tanto en conservación del camino como en transtornos para los usuarios.

Los puntos obligados motivados por el drenaje lo constituyen principalmente los puentes grandes, ya que en la mayoría de los casos el resto del drenaje queda supeditado al proyecto integral del camino, teniendo en cuenta que el cuidado en el estudio no solo es aplicable a cruces de grandes ríos, sino para cualquier obra de drenaje por pequeña que ésta sea, pues el drenaje menor es el que regula la vida del camino.

V.I. - TIPOS DE DRENAJE :

Se divide en dos tipos :

- a) Drenaje superficial
- b) Drenaje subterráneo

a).- Drenaje superficial .- Es el que elimina el agua que escurre al

camino, ya sea que provenga del agua de lluvia, de escurrideros naturales, o de aguas almacenadas y elimina el agua que escurre al terrono adyacente al camino.

a.1).- Bombeo.- Es la pendiente transversal que se da al camino para que escurra el agua que llega a él, para evitar encharcamientos, infiltraciones y socavaciones que encarecen el mantenimiento del camino. Generalmente dicha pendiente es 2 % del centro hacia los lados.

a.2).- Sobre elevación.- A las curvas se les da una sobre elevación que es mayor que la pendiente dada al bombeo, sirve para contrarestar en parte la fuerza centrífuga de los vehículos y por tener una pendiente mayor que la del bombeo drene mejor la superficie de rodamiento.

a.3).- Cunetas.- Estas obras se destinan a recolectar el agua procedente del bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes. Su forma y dimensiones depende del volumen escurrido, en la actualidad se prefiere construir las en forma V tendida, para que en casos de emergencia funcione como estacionamiento, ó como parte del camino y deberán mantener se limpias para su mejor funcionamiento. Generalmente su pendiente longitudinal es la misma que la del resto del camino.

a.4).- Contra cunetas.- Son canales destinados a evitar que el agua

de lluvia que cae en las laderas de los cortes llegue a las cunetas, así como también sirven para evitar deslaves en los taludes de los mismos, siempre se colocan en las laderas del lado aguas arriba y a cierta distancia de la orilla del talud, y son paralelas al eje del camino en la mayoría de las ocasiones. Generalmente se construyen de forma trapezoidal, pueden ser revestidas ó zampeadas dependiendo de la estrategia del lugar, su pendiente debe ser uniforme para no ocasionar disturbios hidráulicos que la perjudiquen.

a.6).- Guarniciones o bordillos.- Son obras que se construyen para proteger los taludes de los terraplenes, se colocan a los lados del camino sobre el terraplén, su altura depende de su longitud, debiendo procurarse que no tengan mucha longitud para evitar que el agua invada el camino, se construyen de concreto hidráulico, de concreto asfáltico y de mampostería.

a.7).- Lavaderos.- Bajan el agua que transporta la guarnición, hasta fuera del terraplén, deberán construirse de 100 a 150 metros uno de otro, y si es necesario a menor distancia, se construyen de concreto, mampostería y metálicas en algunos casos. Cuando no puede eliminarse el agua e inevitablemente tiene que cruzar el camino, debe encauzarse de tal forma que no se interrumpa el paso de vehículos, los principales cruces de agua

lo constituyen las alcantarillas y los puentes, para determinar si se coloca una alcantarilla ó un puente, es necesario realizar un estudio hidrológico de la región, para que partiendo de éste se determine el gasto, el área hidráulica necesaria, así como el tipo de corriente que se tiene y así proponer la obra adecuada.

La diferencia entre alcantarillas y puentes se basa en que para el cálculo estructural de estas obras; para carreteras, se consideran las líneas de influencia correspondientes al 100 % de los camiones H - 20 y H - 20 S - 16 que quepan en un claro menor de 10 m. y que para obras de un claro mayor de 10 m. se considera el 75 % de la carga correspondiente, utilizando las líneas de influencia más un camión cargado al centro; en el primer caso se trata de una alcantarilla y en el segundo de un puente; en caso de existir un colchón de tierra sobre la obra se considera alcantarilla.

a.9).- Alcantarillas.- Se usan para dar paso al agua de pequeños arroyos o al agua de lluvia a través del camino, su forma y tamaño depende del gasto que tengan que drenar.

TIPOS DE ALCANTARILLAS.

- 1.- Alcantarillas de tubo
- 2.- Alcantarillas de losa

3.- Alcantarillas de bóveda

Alcantarillas de tubo.- Pueden ser metálicas o de concreto, tienen la ventaja de la rapidez de su construcción, pues inmediatamente después de tondido el tubo se puede construir el terraplén, generalmente se colocan muros de cabeza que sirven tanto a la entrada como a la salida para anclar la obra e impedir que el agua erosione el material que se encuentra a la entrada y salida de la alcantarilla.

Alcantarillas de losa.- Se construyen por lo general con muros de mampostería y cabezal de concreto y se usan cuando no es posible utilizar alcantarillas de tubo; existen con colchón de tierra y sin él.

Alcantarillas de bóveda.- Son estructuras en las que la parte que recibe la carga del camino es un arco; se construyen de mampostería, concreto armado y concreto simple.

a.10).- Puentes.- Se construyen de concreto armado, metálicos y mixtos; es necesario conocer con detalle la topografía del sitio del cruce para proyectar los terraplenes de acceso, estribos, aleros, pilas, caballetes y la super estructura más adecuada, sin descuidar la presentación del puente, existen diferentes tipos de puentes como son: Arcos, Marcos rígidos, Contínuos, Celulares, de Armaduras, etc.

Deberá hacerse un estudio profundo para proponer las dimensiones y el tipo de puente, así como de las condiciones del suelo en donde se va a apoyar; los puentes deberán construirse con anticipación al resto del camino para no retrasar la construcción de éste.

a.11).- Vados.- Cuando el camino es poco transitado, y existen cauces con poca corriente, en los que un gran puente es incosteable, se recomienda construir un vado, permitiendo el paso del agua sobre el camino, colocando un señalamiento adecuado para no causar problemas graves a los automovilistas, cuando está alta la lámina de agua que cruza el vado, en ocasiones se utilizan como obras temporales, mientras que construyen las alcantarillas y puentes.

ã.12).- Marimbas.- Son estructuras formadas con tubos colocados uno junto a otro y se utilizan como ayuda de los vados ó como alcantarillas múltiples y pueden ser obras permanentes ó temporales dependiendo de la importancia del camino.

b).- Drenaje subterráneo.- Es el que elimina el agua que llega al camino en forma subterránea; ya sea para abatir el nivel freático ó la humedad que llega a éste.

Principalmente se usan los siguientes tipos de drenaje subterráneo.

1.- Zanja con materiales graduados.- Como su nombre lo indica es una zanja de profundidad variable, dependiendo del nivel freático, la cuál se rellena con materiales graduados los que sirven como dren y encausan el agua hasta una salida conveniente.

2.- Zanja con tubo perforado.- Como en el caso anterior es una zanja que el fondo lleva un tubo con perforaciones, las que de preferencia deben ir abajo del tubo por que si se realizan en la parte superior del tubo se taponean facilmente con los finos acarreados por el agua.

3.- Dren francés.- También es una zanja pero en lugar de llevar materiales graduados en su interior, se acomodan piedras de regular tamaño, de tal manera que entre los huecos dejados por ellas escurra el agua; es el más barato y el que mejor funciona de los tres métodos.

A continuación se presentan cuatro maneras de calcular hidráulicamente una obra y así determinar el tipo de obra a instalar.

- 1.- Por comparación de obras cercanas.
- 2.- Para zonas inundables menores de 100 Has.
- 3.- Para zonas inundables mayores de 100 Has.
- 4.- Para corrientes establecidas

1.- Por comparación de obras cercanas.- Se busca en la región una corriente como la que pensamos atacar, y estudiamos el tipo de obras que tiene para determinar la posibilidad de construir una semejante en nuestra corriente.

2.- Para las zonas inundables menores de 100 Has. - Se emplea la fórmula de talbot para calcular el área de la sección a drenar; y se representa:

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

donde

a = Area de la sección

c = Coeficiente de escurrimiento según el tipo de terreno por drenar.

A = Area por drenar en Has.

Valores del coeficiente C para la fórmula de Talbot

Terreno plano	0.20
Terreno ligeramente ondulado	0.30
Terreno ondulado	0.50
Lomerío	0.60
Lomerío fuerte	0.80
Montañoso	0.9 - 1

3.- Para zonas inundables mayores de 100 Has.

Se emplea la fórmula de Bur Kli Ziegler

$$Q = 0.022 C A h \sqrt{\frac{B}{A}}$$

donde: Q = gasto en m^3 /seg.

h = precipitación en cm/hr. correspondientes al aguacero más intenso durante 10 minutos.

C = Coeficiente que depende de la naturaleza del terreno.

A = Superficie en Has.

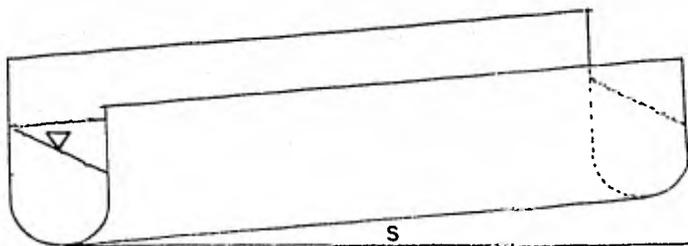
0.022 = Constante experimental

S = Pendiente del terreno en m/Km.

Empleandose los siguientes valores del coeficiente C para la fórmula de Bur Kli Ziegler:

Calles pavimentadas	0.75
Zonas residenciales	0.62
Jardines	0.30
Terrenos de cultivo	0.25
Terrenos montañosos	0.18
Zonas boscosas selváticas	0.18

4.- Para corrientes establecidas.- Consiste en la determinación del gasto por medio de 2 secciones hidráulicas definidas y su pendiente conocida:



debiendo tener cuidado de buscar los niveles de aguas máximas extraordinarias para determinar las secciones hidráulicas.

La fórmula de Manning es la que se utiliza para el método de sección y pendiente y se representa como

$$V = \frac{1}{n} r^{2/3} S^{1/2}$$

donde: V = velocidad en m/seg.

r = radio hidráulico = $\frac{\text{Área de la sección}}{\text{Perímetro mojado}}$

S = pendiente = $\frac{\text{desnivel}}{\text{longitud}}$

N = Coeficiente que depende del material.

Una vez obtenida la velocidad calculamos el gasto con la fórmula de continuidad :

$$Q = A V$$

donde: Q = gasto en m/seg.

A = Area hidráulica en metros

V = velocidad en m/seg.

Valores de N para la fórmula de Manning.

<u>Tramo</u>	<u>Ideal</u>	<u>Buena</u>	<u>Regular</u>	<u>Mala</u>
1. Limpio, margenes rectas, sin grietas ni pozos:	0.025	0.0275	0.030	0.033
2. Limpio, margenes rectas, con hierbas y piedras.	0.030	0.033	0.035	0.040
3. Sinuoso pero limpio	0.033	0.035	0.040	0.045
4. Sinuoso con hierbas y piedras	0.035	0.040	0.045	0.050
5. Muy enyerbado	0.075	0.100	0.125	0.150

CAPITULO VI

PAVIMENTOS

Se considera pavimento al conjunto de capas de materiales que se coloca sobre las terracerías, para hacer apropiada la circulación de los vehículos; y sus principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, del intemperismo y demás agentes perjudiciales; así como de transmitir adecuadamente los esfuerzos producidos por el paso de vehículos a las terracerías.

Existen dos tipos de pavimentos :

VI. 1 Pavimentos flexibles

VI. 2 Pavimentos rígidos

Los pavimentos flexibles están compuestos por las siguientes capas:

VI. 1 a) Subrasante

Es la capa que se coloca inmediatamente arriba de las terracerías, se construye generalmente del mismo material con que están construidas éstas; escogiendo para ser del tipo gravo-arenoso, y que cumpla con las siguientes características:

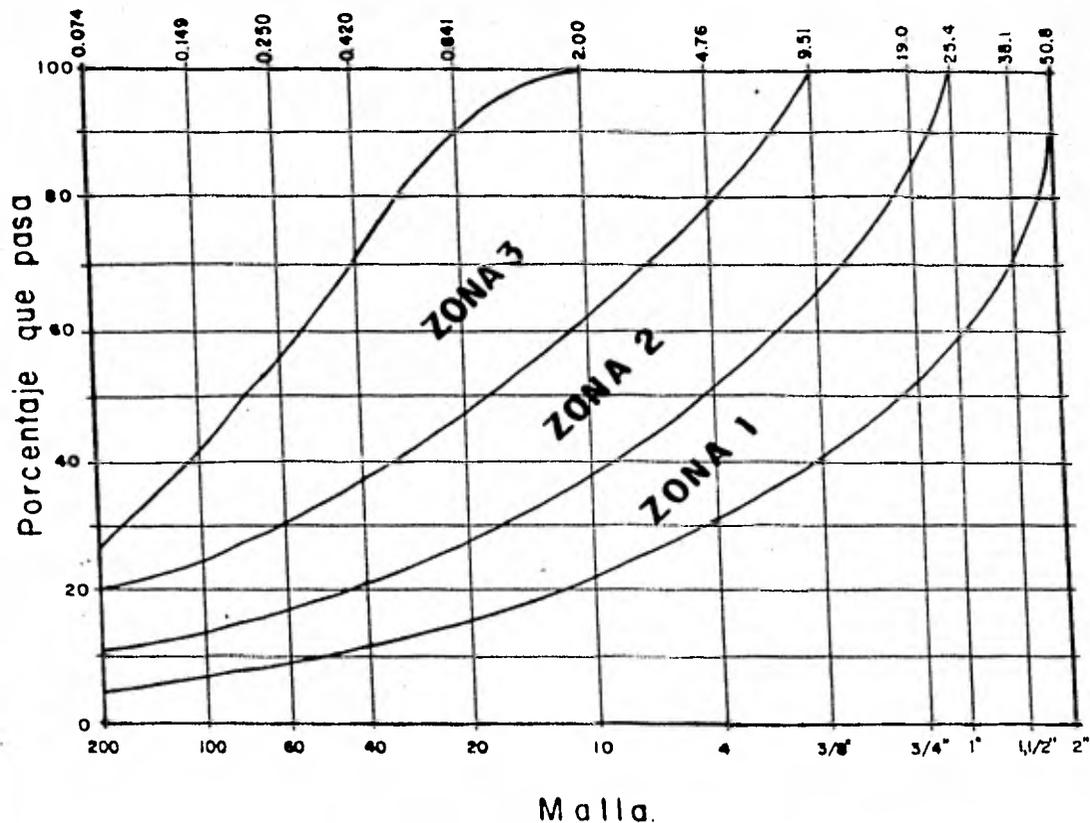
Deberá tener un mínimo de 30 centímetros de espesor, y no deberá tener partículas mayores de 3 pulgadas ni suelos orgánicos con límite líquido mayor del 50 %, deberá darsele una compactación del 95 %, deberán tener un valor relativo de soporte mínimo del 5 %.

VI. I. b) SUB-BASE :

Es la capa que sigue en orden ascendente, tiene como función servir de transición entre la base y la subrasante, pues es de mejor calidad que la subrasante sin llegar a tener la calidad de la base; esto se hace por economía en la construcción de la base, los requerimientos granulométricos de los materiales para la construcción de la Sub-base se muestran en la figura 1; se pide que la curva granulométrica, además de estar comprendida en las zonas 1, 2 ó 3 tenga una forma semejante a las curvas que marcan esas zonas, y además que no tengan cambios bruscos con respecto a éstas; la relación del porcentaje en peso del material que pase la malla número 200 al que pase la malla número 40, no deberá exceder de 0.65; el tamaño máximo deberá ser de 2 pulgadas y su valor relativo de soporte mínimo será del 30 % con el material en condición saturada; con un grado de compactación mayor que el 95 %.

Existen dos cualidades básicas en los materiales de sub-base, que son la resistencia friccionante y su impermeabilidad, la primera asegura la resistencia del conjunto, pues estando bien compactado el material se tendrán pocas deformaciones; la segunda permitirá que el agua que penetre a las capas inferiores, así como la que asciende por capilaridad no suba a la carpeta, el espesor depende de cada proyecto específico pero se considera de 12 a 15 centímetros como mínimo.

Abertura, en milímetros.



CURVAS DE GRANULOMETRIA

FIGURA 1.

VI. 1. c) BASE :

Es la capa que se coloca arriba de la sub-base y es un elemento resistente a la acción de las cargas del tránsito y capaz de transmitir los esfuerzos resultantes con intensidades adecuadas, el material que constituye la base deberá ser friccionante y con una compactación adecuada para lograr una resistencia estructural optima. Las zonas 1 y 2 de la figura 1, limitan las curvas granulométricas de las bases, sin cambios bruscos de curvatura; la relación en peso del material que pase la malla número 200 al que pase la malla número 40 no deberá ser mayor de 0.65, el máximo tamaño de agregado petreo se fija en pulgada y media en materiales triturados y cribados, el límite líquido deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6; según porter el valor relativo de soporte, se fija como mínimo el 80 %, SAHOP aceptaba como mínimo el 50 % para caminos de menos de 1000 vehículos pesados por día, actualmente se exige mayor del 100 % para caminos con más de 1000 vehículos pesados por día.

La capa debe ser permeable para que pueda pasar el agua de posibles grietas de la carpeta, sin formar bolsas y para tal fin deberá tener un máximo de un 4 % de finos tipo inerte, de preferencia, el polvo de la misma trituración ó un material limo-arenoso (sin arcillas), la compactación deberá ser mayor del 100 %, el espesor mínimo que se considera es de 12 a 15 centímetros.

Las especificaciones generales de construcción en su parte cuarta

en lo referente a la construcción de bases y sub-bases establece :

Los procedimientos de ejecución de las bases y sub-bases, así como sus proporcionamientos serán fijados en el proyecto. En términos generales la secuencia de operación es la siguiente:

- A) Cuando se empleen dos o más materiales, se mezclarán en seco con objeto de obtener un material uniforme.
- B) Cuando se empleen motoconformadoras para el mezclado y el tendido, se extenderá parcialmente el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, para alcanzar la humedad que se fije y hasta obtener homogeneidad en granulometría y humedad. A continuación se extenderá en capas sucesivas de materiales sin compactar cuyo espesor no deberá ser mayor de 15 centímetros.
- C) Cuando se emplee otro equipo para el mezclado y tendido, tanto el equipo como el procedimiento de construcción deberán ser previamente aprobados por la Secretaría.
- D) Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar un grado mínimo de 95 %, sobreponiéndose las capas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto y ordenados por la Secretaría, la cual podrá ordenar que cualquier capa ya compactada se escarifique superficialmente y se le agregue agua, si es necesario, antes de tender la siguiente capa, a

fin de ligarlas debidamente. Se darán riegos superficiales de agua, durante el tiempo que dura la compactación, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

- E) En las tangentes la compactación se iniciará de las orillas hacia el centro, y en las curvas de la parte interior de la curva hacia la parte exterior.

VI. 1. d) CARPETA:

Es la parte superior del pavimento y es la que está sujeta directamente a la acción de las cargas, la fricción de las llantas, intemperismo, impactos... etc., por lo que deberá ser una superficie con la resistencia suficiente para soportar todo ello y además proporcionar una superficie de rodamiento estable.

Existen tres tipos principales de carpeta que se enumerarán después.

VI. 1. I ASFALTOS:

El asfalto es un material sólido, residuo de la destilación del petróleo, sirve como aglutinante en las carpetas asfálticas, para poderlo emplear se licúa y para poderlo licuar se emplean los siguientes tres procedimientos:

- 1.- Se disuelve y nos da los robajados asfálticos.

2.- Se emulsiona y nos da emulsiones asfálticas.

3.- Se calienta y se conoce como cemento asfáltico.

Tipos de rebajados asfálticos y temperaturas a que deberán

emplearse:

Asfaltos rebajados de fraguado lento

FL - 0 de 20 °C a 30 °C

FL - 1 de 30 °C a 45 °C

FL - 2 de 75 °C a 85 °C

FL - 3 de 85 °C a 95 °C

FL - 4 de 95 °C a 100 °C

Asfaltos rebajados de fraguado medio

FM - 0 de 20 °C a 40 °C

FM - 1 de 30 °C a 60 °C

FM - 2 de 70 °C a 85 °C

FM - 3 de 80 °C a 95 °C

FM - 4 de 90 °C a 100 °C

Asfaltos rebajados de fraguado rápido

FR - 0 de 20 °C a 40 °C

FR - 1 de 30 °C a 50 °C

FR - 2 de 40 °C a 60 °C

FR - 3 de 60 °C a 80 °C

FR - 4 de 80 °C a 100 °C

VI. 1. I a) RIEGO DE IMPREGNACION

Es la aplicación de un asfalto rebajado a la base terminada, con el objeto de impermeabilizarla y / o estabilizarla, para favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica.

Los materiales asfálticos que deberán emplearse para riego de impregnación serán rebajados de fraguado medio o lento del tipo que fije el proyecto.

Se procederá al barrido de la base para tratar de eliminar todo el material suelto, polvo y materias extrañas que se encuentran en ella, antes de aplicar el riego de impregnación.

Si la base se ha deteriorado o destruído, por no haber sido impregnada a su debido tiempo, deberá reacondicionarse para dejarla de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Una vez barrida la superficie se procederá a dar el riego de material asfáltico por medio de una petrolizadora; por ningún motivo deberá regarse material asfáltico cuando la base se encuentre mojada; el riego deberá hacerse de preferencia en las horas más calurosas del día; la penetración del riego deberá ser mayor de 4 m m .

La superficie impregnada de la base deberá cerrarse al tránsito durante las 24 horas siguientes a su terminación.

VI. 1. I. b) RIEGO DE LIGA

Sobre la base impregnada para pegar una carpeta de cualquiera de los diferentes tipos ó para pegar una capa de material petreo, se da un riego de liga con un rebajado asfáltico de fraguado rápido en cantidad de 0.6 a 1.1 litros por metro cuadrado. Se permite que el riego de liga avance hasta 100 metros adelante del tendido de la carpeta, ó del material petreo.

VI. 1. I. c) Clasificación de los materiales Petreos :

Denominación	Que pase por la malla de	Y se retenga en la malla
1	25.4 mm - 1 "	12.7 mm - 1/2 "
2	12.7 mm - 1/2 "	6.3 mm - 1/4 "
3 A	9.5 mm - $\frac{3}{8}$ "	Num. 8
3 B	6.3 mm - 1/4 "	Num. 8
3 E	9.5 mm - $\frac{3}{8}$ "	Num. 4

Los materiales de la tabla anterior deberán cumplir con lo

siguiente:

MALLAS	Condiciones	Denominación del Material Petreo.				
		1	2	3-A	3-B	3-E
1, 1/4"	DEBE PASAR	100 %				
1"	DEBE PASAR	95% †				
3/4"	DEBE PASAR		100 %			
1/2"	DEBE PASAR		95 % †	100 %		100%
	DEBE RETENERSE	95 % †				
3/8"	DEBE PASAR	1		95% †	100 %	95% †
1/4"	DEBE PASAR				95% †	
	DEBE RETENERSE		95 % †			
NUMERO 4	DEBE RETENERSE					95% †
NUMERO 8	DEBE RETENERSE		100%	95% †	95% †	100%
NUMERO 40	DEBE RETENERSE			100%	100%	

† = % mínimo

VI. 1 2) TIPOS DE CARPETAS

VI. 1. 2. a) Carpeta por sistema de riegos.

Son las carpetas que se construyen mediante uno, dos ó tres riegos de materiales asfálticos, cubiertos sucesivamente con capas de materiales petreos de diferentes tamaños, triturados y/o cribados.

Los materiales asfálticos que se empleen en la construcción de carpetas por el sistema de riegos, serán: Asfaltos rebajados de fraguado rápido ó emulsiones asfálticas de rompimiento de medio a lento.

Antes de proceder a la construcción de la carpeta, la base deberá ser debidamente preparada e impregnada. SAHOP fijará, en cada caso, el lapso que debe transcurrir entre la impregnación de la base y la iniciación de la construcción de la carpeta.

Las cantidades de los distintos tamaños de materiales petreos que se empleen, así como las del rebajado asfáltico serán fijadas por el proyecto y/ o por SAHOP, en cada caso.

En términos generales esas cantidades dadas en litros por metro cuadrado estarán comprendidas dentro de los siguientes límites:

TIPO DE CARPETA

<u>Materiales</u>	<u>Tres riegos</u>	<u>Dos riegos</u>	<u>Un riego</u>
Rebajado asfaltico	0.6 - 1.1		
Material petreo 1	20 - 25		
Rebajado asfaltico	1.0 - 1.4	0.6 - 1.1	
Material petreo 2	8 - 12	8 - 12	
Rebajado asfaltico			0.7 - 1.0
Material petreo 3 - A			8 - 10
Rebajado asfaltico	0.7 - 1.0	0.8 - 1.1	
Material petreo 3 - B	6 - 8	6 - 8	
Rebajado asfaltico			0.8 - 1.0
Material petreo 3 - A			9 - 11

Para calcular la cantidad de material asfaltico por aplicar, deberá dividirse, el valor anotado en la tabla anterior entre el contenido de cemento que presente el material asfaltico utilizando ambos expresados en litros.

Para la construcción de carpeta de un riego se procederá de acuerdo con las siguientes etapas.

Carpeta de un riego

A) Se barrerá la base impregnada

- B) Sobre la base superficialmente seca se dará un riego de material asfáltico del tipo y en la cantidad fijados en el proyecto y/u ordenados por SAHOP.
- C) Se cubrirá el riego de material asfáltico con una capa de uno de los materiales petreos 3-A ó 3-E , que fije el proyecto.
- D) Se rastreará con una rastra ligera fabricada de cepillos de fibra ó de raíz y planchará el material petreo.
- E) Transcurrido un tiempo no menor de tres días se recolectará mediante barrido y se removerá el material petreo excedente que no se adhiera al material asfáltico.

Carpeta de dos riegos

En términos generales se procederá de acuerdo con las siguientes etapas:

- A) Se barrerá la base impregnada
- B) Sobre la base superficialmente seca se dará un riego de material asfáltico.
- C) Se cubrirá el riego de material asfáltico con una capa de material petreo número 2 en la cantidad fijada en el proyecto.
- D) Se rastreará con una rastra ligera, fabricada de cepillos de fibra ó de raíz y planchará el material petreo.
- E) Se dará sobre el material petreo un segundo riego de material asfáltico, del tipo y en la cantidad fijada en el proyecto.

- F) Se cubrirá el segundo riego de material asfáltico con una capa de material petreo 3-B en la cantidad fijada en el proyecto.
- G) Se rastreará con una rastra ligera y planchará el pavimento.
- H) Transcurrido un tiempo no menor de tres días se recolectará y removerá el material petreo 3-B, excedente que no se adhiera al material asfáltico del segundo riego.

Carpeta de tres riegos

Para la construcción de carpetas de tres riegos, en términos generales se procederá de acuerdo con las siguientes etapas:

- A) Se barrerá la base impregnada.
- B) Sobre la base superficialmente seca se dará un riego de material asfáltico, del tipo y en la cantidad fijados por el proyecto.
- C) Se cubrirá el riego de material asfáltico con una capa de material petreo número 1 en la cantidad fijada en el proyecto.
- D) Se rastreará con una rastra ligera fabricada de copillos de fibra o de raíz y se planchará el material petreo.
- E) Se dará sobre el material petreo un segundo riego de material asfáltico del tipo y en la cantidad fijados en el proyecto.
- F) Se cubrirá el segundo riego de material asfáltico con una capa de material petreo número 2 en la cantidad fijada en el proyecto.
- G) Se rastreará con una rastra ligera fabricada de cepillos de fibra o de raíz y se planchará el material petreo.

- H) Se dará sobre el material petreo un tercer riego de material asfáltico del tipo y en la cantidad fijados en el proyecto.
- I) Se cubrirá el tercer riego de material asfáltico con una capa de material petreo 3-B en la cantidad fijada en el proyecto.
- J) Se rastreará con una rastra ligera fabricada de cepillos de fibra o de raíz y planchará el material petreo.
- K) Transcurrido un tiempo no menor de tres días se recolectará y removerá el material petreo excedente que no se adhiera al material asfáltico del tercer riego.

Los materiales petreos tendidos y rastreados, se plancharán inmediatamente con rodillo liso ligero, únicamente para acomodar las partículas del material, teniendo especial cuidado en el planchado de los materiales petreos 3, para no fracturar las partículas del material petreo por exceso de planchado.

Los materiales petreos 3 acomodados con rodillo liso, se plancharán inmediatamente con compactador de llantas neumáticas, los que deberán tener un peso máximo de 4 500 kilogramos y se pasarán alternativamente con la rastra el número de veces que sea necesario para asegurar que el máximo de material petreo se ha adherido al material asfáltico.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta, ésta se verificará previamente dentro de las siguientes tolerancias.

- A) Ancho de la carpeta, del eje a la orilla + 5 cm.

- B) Pendiente transversal para carreteras \pm 1/2 %
- C) Profundidad de las depresiones observadas colocando una
 regla de tres metros de longitud, para carreteras, paralela y
 normalmente al eje 1 Cm.

VI. 1. 2. b) Carpeta asfáltica por el sistema de mezcla en el lugar.-
 Son las que se construyen en la carretera, aeropista ó plataforma de trabajo
 mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales petreos y un ma-
 terial asfáltico.

Los materiales asfálticos para la construcción de carpetas
 serán rebajados de fraguado rápido o medio ó emulsiones de rompimiento me-
 dio o lento.

Los materiales asfálticos que deberán emplearse en los rie-
 gos de liga, serán rebajados asfálticos de fraguado rápido ó emulsiones de
 rompimiento de medio a lento del tipo fijado en el proyecto.

Antes de proceder a la construcción de la carpeta, la base
 deberá estar debidamente preparada o impregnada.

Salvo orden en contrario, se dará un riego de liga, con petro-
 lizadora, en toda la superficie que quedará cubierta con la carpeta. Este
 riego deberá darse antes de iniciar el tendido de la mezcla asfáltica, dejan-
 do transcurrir, entre ambas operaciones, el tiempo necesario para que el
 material asfáltico regado adquiera la viscosidad adecuada.

Cuando se empleen moto conformadoras para efectuar la mezcla de los materiales pétreo y asfáltico, deberá aplicarse éste último por medio de petrolizadora y en el número de riegos que se ordene sobre el material pétreo parcialmente extendido. Después de cada riego se procederá a revolver los con objeto de facilitar la incorporación del material asfáltico al pétreo. Una vez que se haya aplicado toda la cantidad de material asfáltico fijada, se efectuará un mezclado final hasta obtener un producto homogéneo.

Cuando se emplean mezcladoras ambulantes para efectuar la mezcla de los materiales pétreo y asfáltico, el procedimiento de ejecución será fijado por la Secretaría, de acuerdo con el equipo que haya sido autorizado; al final del mezclado el producto deberá ser homogéneo.

No deberá regarse material asfáltico, si el pétreo contiene una humedad superior a la de absorción, o tiene agua superficial.

Cuando el material pétreo contenga una humedad excesiva, deberá procederse a su oreado extendiéndolo por medio de una moto conformadora, hasta lograr que el material tenga una humedad que no perjudique su adherencia con el asfalto.

Después de tendida la mezcla asfáltica y antes de iniciar la compactación, se verificará que la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla sea la fijada en el proyecto; de encontrarse correcta, se iniciará la compactación utilizando un rodillo liso tipo tándem; a continuación se compactará la mezcla empleando compactadores de llantas neumáticas adecuados para alcanzar un mínimo de 95 % del peso volumétrico máximo que

fije el proyecto; inmediatamente después se empleará una plancha lisa adecuada para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas.

Cuando la carpeta quede compactada se procederá a efectuar el recorte de las orillas de la misma, con objeto de ajustar el ancho y alineamiento conforme al proyecto, teniendo cuidado de que al efectuarlo no se dañe la base.

VI. 1. 2. c.) Carpetas de concreto asfáltico.

Son las que se construyen mediante el tondido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria utilizando cementos asfálticos.

En la elaboración de concretos asfálticos se emplearán exclusivamente cementos asfálticos; los materiales asfálticos que deberán emplearse en el riego de liga, serán: asfaltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento de medio a lento, del tipo fijado en el proyecto.

Antes de proceder a la construcción de la carpeta, la base deberá estar debidamente preparada e impregnada.

Salvo orden en contrario, se dará un riego de liga con petroliadora, en toda la superficie que quedará cubierta con la carpeta, utilizando un material asfáltico del tipo y en la cantidad que fije el proyecto. Este riego deberá darse antes de iniciar el tondido de la mezcla asfáltica,

dejando transcurrir el tiempo necesario para que el material asfáltico regado adquiera la viscosidad adecuada.

Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, ésta deberá ser barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo; además de no haber material asfáltico encharcado.

La temperatura del material ptreo deberá estar comprendida entre 120 °C y 160 °C, en el momento de agregarle el cemento asfáltico y la temperatura de la mezcla deberá estar comprendida entre 120 °C y 150 °C al salir de la planta de elaboración.

El concreto asfáltico deberá transportarse en vehículos con caja metálica, cubierto con una lona que lo preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida del calor durante el trayecto. La superficie interior de la caja deberá estar siempre libre de residuos de concreto asfáltico.

El concreto asfáltico deberá tenderse con una máquina especial para éste trabajo, de propulsión propia con dispositivos para ajustes el espesor y el ancho de la mezcla tendida y dotada de un sistema que permita la repartición uniforme de la mezcla sin que se presente segregación por tamaños de la misma. Deberá estar dotada de un calefactor en la zona de acabado superficial.

La mezcla deberá vaciarse dentro de la caja receptora de la máquina y ser inmediatamente tendida por ésta en el espesor y ancho fijados en el proyecto. Las juntas de construcción longitudinales, en caso

de que el tendido se haga en dos ó más fajas , con un intervalo de más de un día , entre faja y faja , deberán impregnarse de preferencia con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido , antes de proceder al tendido del siguiente tramo .

El concreto asfáltico deberá tenderse a una temperatura mínima de 110 ° C ; después de tendido deberá plancharse uniforme y cuidadosamente por medio de una aplanadora tipo tandem adecuada para dar un acomodo inicial a la mezcla ; este planchado deberá efectuarse longitudinalmente a media rueda . A continuación se compactará , utilizando compactadores de llantas neumáticas adecuados para alcanzar un mínimo de 95 % del peso volumétrico máximo que fije el proyecto , inmediatamente después se empleará una plancha de rodillo liso adecuado para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas ; la compactación de la carpeta deberá terminarse a una temperatura mínima de 70 ° C .

En carreteras sobre la carpeta terminada se dará un riego de sello , cuando ésta resulte con mayor permeabilidad del 10 % permitido .

Para dar terminada la construcción de la carpeta se verificarán : el alineamiento , el perfil , la sección , la compactación , el acabado y el espesor , de acuerdo con lo fijado en el proyecto .

VI. 1. 3.) RIEGO DE SELLO

En la aplicación de un material asfáltico que se cubre con

una capa de material petreo del número 3, para impermeabilizar la carpeta, protegiendola del desgaste, proporcionando una superficie antiderrapante y antideslumbrante.

Los materiales petreos que se emplean en la construcción de riego de sello, serán los que pasen las mallas de media pulgada y tres cuartas de pulgada, y los materiales asfálticos serán asfáltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento de medio a lento.

Antes de aplicar el riego de sello, la superficie por tratar deberá estar seca y ser barrida para dejarla libre de materias extrañas y polvo.

No deberán regarse con material asfáltico tramos mayores de los que pueden ser cubiertos de inmediato con material petreo.

El tendido de los materiales petreos se hará con esparcidores mecánicos. Inmediatamente después de tendido el material petreo para tener una mejor distribución del mismo, se le pasará una rastra ligera de cepillos de fibra o de raíz, dejando así la superficie exenta de ondulaciones, bordos y depresiones.

Los materiales petreos, tendidos y rastreados se plancharán inmediatamente con rodillo liso ligero, únicamente para acomodar las partículas del material, teniendo especial cuidado de no fracturarlas por exceso de planchado.

VI. 2. PAVIMENTOS RIGIDOS:

Son los que tienen como elemento estructural losas de concreto hidráulico, apoyadas en la sub-base; si el material de la sub-rasante es suficientemente bueno se apoyan en la misma.

Los concretos que se emplean en la construcción de una losa son de resistencia alta y generalmente comprendida entre 200 y 400 Kg/cm²; las losas pueden ser de concreto simple ó de concreto reforzado.

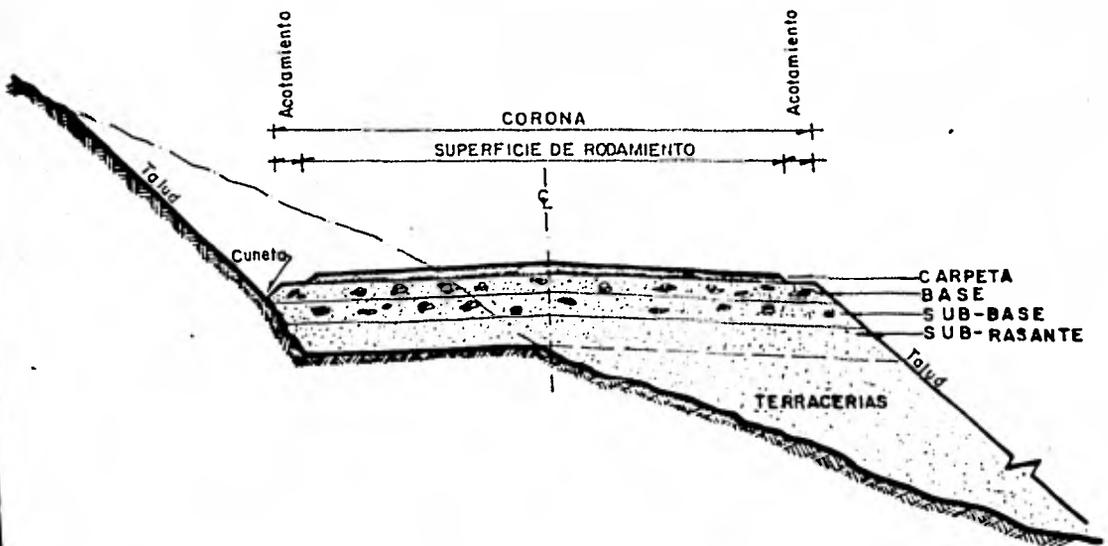
Los factores que afectan al espesor de la losa son principalmente el nivel de carga que han de soportar, las presiones de inflado de las llantas de los vehículos, el módulo de reacción del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas del concreto que en ellas se utilice.

Las presiones que transmiten al suelo de cimentación son relativamente pequeñas, pero si el suelo es deformable pueden producirse movimientos que la harán trabajar a flexión y por lo mismo agrietarse y hasta romperse; por lo que deberá tenerse cuidado en la calidad de la cimentación para que las losas trabajen únicamente a compresión. El problema es que las losas con las que se construyen; se expanden con el calor, mientras que con el frío se contraen, por lo que deberá colocarse entre losa y losa una junta que absorba esos movimientos, existen diferentes tipos de juntas, algunas de ellas son las siguientes:

De contracción, de expansión, de construcción de artísculación, placas, pasadores de unión, etc.

Este tipo de pavimento es de poco uso en carreteras por lo di-

fcil de su colocación y las dificultades de reparación y conservación; por lo que generalmente se destina a la construcción de Aeropuertos.



PROJECTA

CALCULO DE LAS CURVAS VERTICALES.

$$S = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$S_1 = \frac{53.50 - 53.85}{210 - 0} = -0.0017 = -0.17\%$$

$$S_2 = \frac{57.04 - 53.50}{706 - 210} = 0.0071 = 0.71\%$$

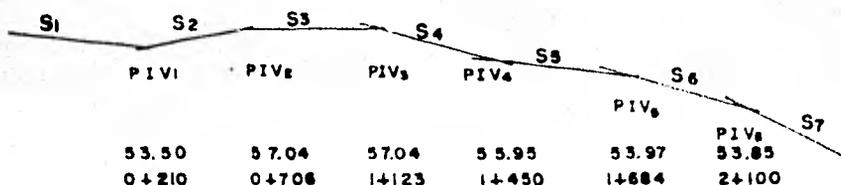
$$S_3 = \frac{57.04 - 57.04}{1123 - 706} = 0$$

$$S_4 = \frac{55.95 - 57.04}{1450 - 1123} = -0.003 = -0.3\%$$

$$S_5 = \frac{53.97 - 55.95}{1684 - 1450} = -0.0085 = -0.85\%$$

$$S_6 = \frac{53.85 - 53.97}{2100 - 1684} = -0.00028 = -0.028\%$$

$$S_7 = \frac{53.51 - 53.85}{2300 - 2100} = -0.0017 = -0.17\%$$



PRIMERA CURVA CALCULADA.



$N = |S_2 - S_1| = |0.71 - (-0.17)| = 1.081$, pero N debe ser positivo y par \therefore

$$N = 2$$

$$\text{Corrección } C = \frac{S_2 - S_1}{10 N} = \frac{0.71 - 0.17}{20} = 0.044$$

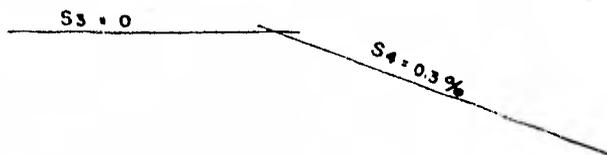
CADENAMIENTO	N	N ²	N ² x Corrección	Cota de la Tangente de Entrada S ₁	COTA DE LA CURVA	OBS.
0+190	0	0	0	53.534	53.534	PCV
0+210	1	1	0.044	53.50	53.544	PIV
0+230	2	4	0.176	53.466	53.642	PTV

Comprobación

$$0.71(0.20) = 0.142$$

$$\begin{array}{r}
 53.50 \dots\dots\dots \text{PIV} \\
 + \quad 0.142 \\
 \hline
 53.642 \dots\dots\dots \text{Cota de la curva en el} \\
 \text{PTV.}
 \end{array}$$

TERCERA CURVA CALCULADA



$$N = |S_4 - S_3| = |-0.3 - 0| = |-0.3| = 2$$

Por ser entero positivo y par

$$\text{Corrección} = C = \frac{S_4 - S_3}{10 N} = \frac{-0.3 - 0}{20} = -0.015$$

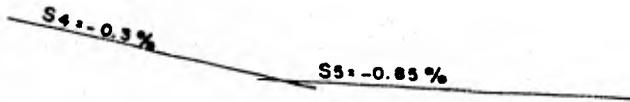
CADENAMIENTO	N	N²	Nº Corrección	Cota de la Tangente de Entrada S ₃	COTA DE LA CURVA	OBS.
1+103	0	0	0	57.04	57.04	PCV
1+123	1	1	-0.015	57.04	57.025	PIV
1+143	2	4	-0.060	57.04	56.98	PTV

Comprobación:

$$-0.3 (0.20) = -0.06$$

$$\begin{array}{r}
 57.04 \dots\dots\dots \text{PIV} \\
 - 0.06 \\
 \hline
 56.98 \dots\dots\dots \text{PTV}
 \end{array}$$

CUARTA CURVA CALCULADA



$$N = |S_5 - S_4| = |-0.85 - (-0.3)| = |-0.55| = 2$$

Por ser entero positivo y par

$$\text{Corrección } C = \frac{S_5 - S_4}{10N} = \frac{-0.85 - (-0.3)}{20} = -0.6275$$

CADENAMIENTO	N	N ²	N ² x Corrección	Cota de la Tangente de Entrada S ₄	COTA DE LA CURVA	O B S.
1 + 430	0	0	0	56.01	56.01	P C V
1 + 450	1	1	-0.0275	55.95	55.9225	P I V
1 + 470	2	4	-0.11	55.89	55.78	P T V

Comprobación

$$-0.85(0.20) = -0.17$$

$$\begin{array}{r}
 55.95 \dots\dots\dots P I V \\
 - 0.17 \\
 \hline
 55.78 \dots\dots\dots P T V
 \end{array}$$

QUINTA CURVA CALCULADA



$$N = |S_6 - S_5| = |-0.028 - (-0.85)| = |0.822| = 2$$

Por ser entero positivo y par

$$\text{Corrección: } C = \frac{S_6 - S_5}{10N} = \frac{-0.028 - (-0.85)}{20}$$

$$C = 0.0411$$

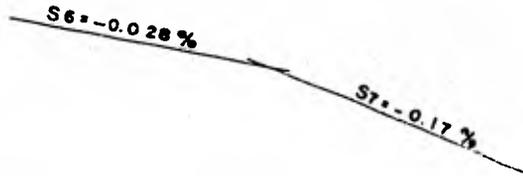
CADENAMIENTO	N	N ²	N ² x Corrección	Cota de la Tangente de Entrada S ₅	COTA DE LA CURVA	O B S.
1 + 664	0	0	0	54.14	54.14	P C V
1 + 684	1	1	0.0411	53.97	54.011	P I V
1 + 724	2	4	0.1644	53.80	53.9644	P T V

Comprobación:

$$-0.028(0.20) = -0.0056$$

$$\begin{array}{r} 53.97 \dots\dots\dots P I V \\ - \quad 0.0056 \\ \hline 53.9644 \dots\dots\dots P T V \end{array}$$

SEXTA CURVA CALCULADA



$$N = |S_7 - S_6| = |-0.17 - (-0.028)| = |-0.142| \div 2$$

Por ser entero positivo y par

$$\text{Corrección: } C = \frac{S_7 - S_6}{10N} = \frac{-0.17 - (-0.028)}{20}$$

$$C = -0.0071$$

CADENAMIENTO	N	N ²	N ² x Corrección	Cota de la Tangente de Entrada S ₆	COTA DE LA CURVA	O B S.
2 + 080	0	0	0	53.8556	53.8556	P C V.
2 + 100	1	1	-0.0071	53.85	53.8429	P I V
2 + 120	2	4	-0.0284	53.8444	53.816	P T V

Comprobación:

$$-0.17(0.20) = -0.034$$

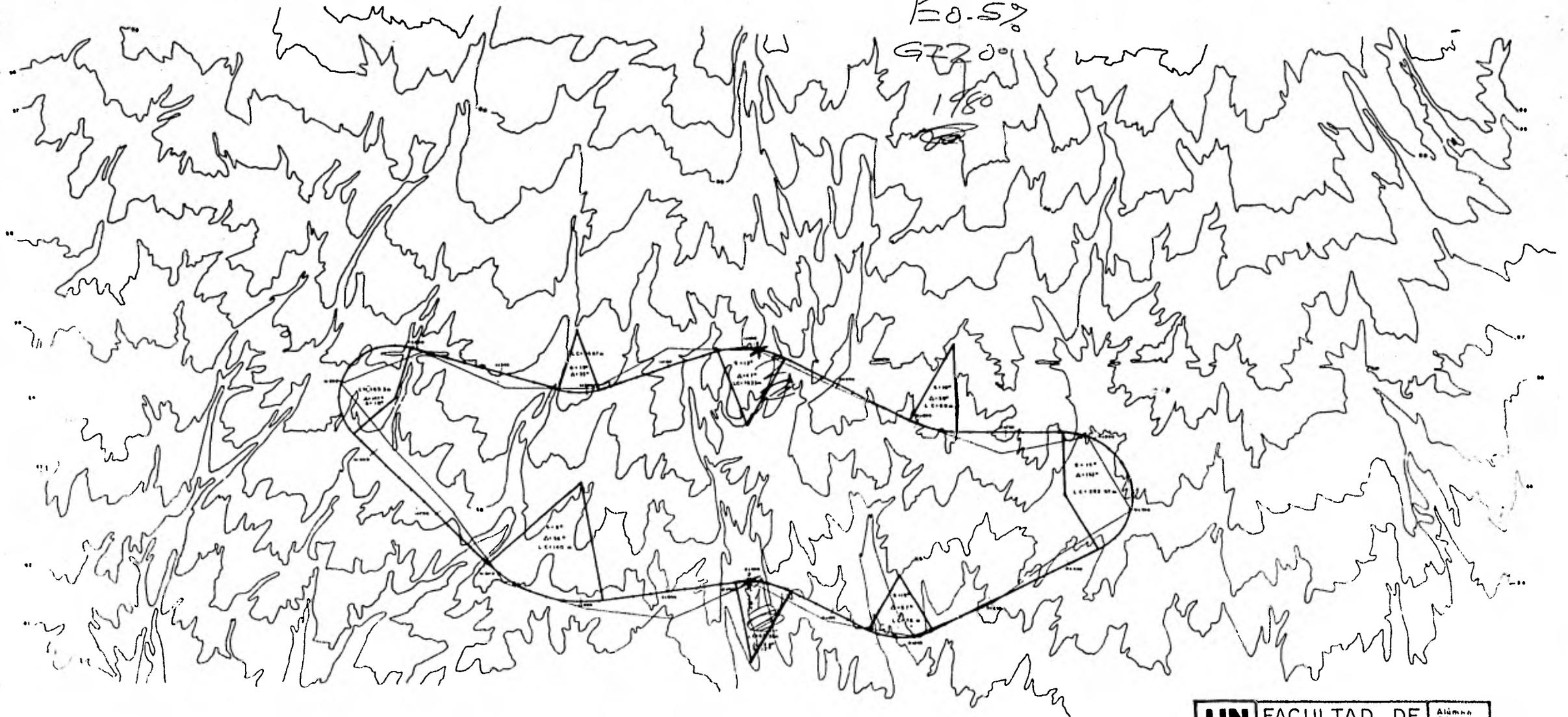
$$\begin{array}{r}
 53.85 \dots\dots\dots P I V \\
 - 0.034 \\
 \hline
 53.816 \dots\dots\dots P T V
 \end{array}$$

LORETO-STA ROSALIA
MODELOS 21-22-23-24 (68A)
Y MODELO 1-2 (69)
ESCALA 1:2000/1

Ro. 57

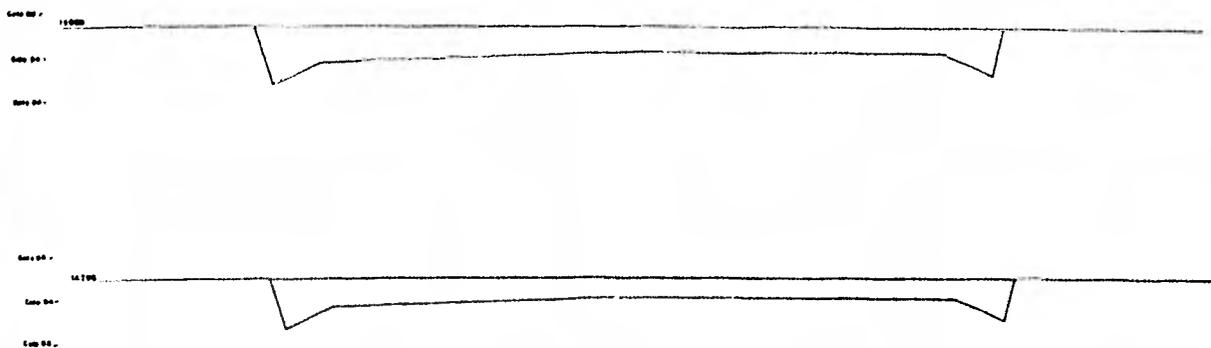
6720'

1980

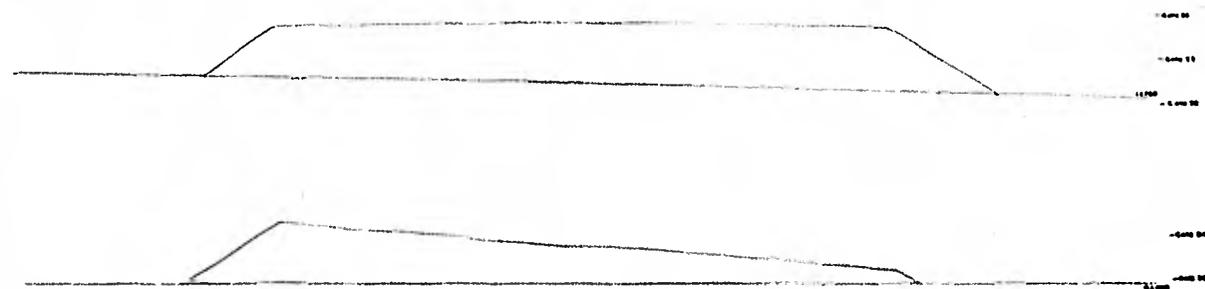


UN AM	FACULTAD DE	Alonso FAUSTO MACIAS LOEZA
	INGENIERIA	
MATERIA:	CARRETERAS	ESCALA 1:2000

CORTES

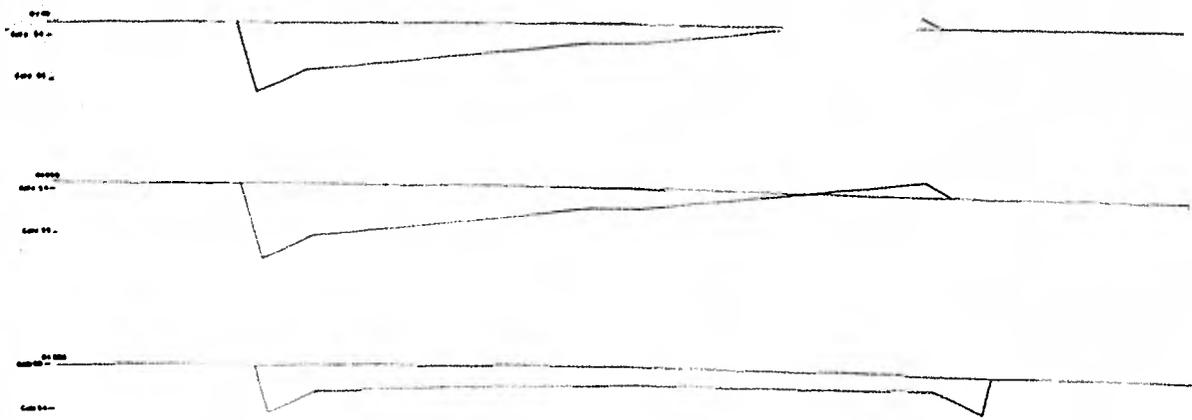


TERRAPLENES

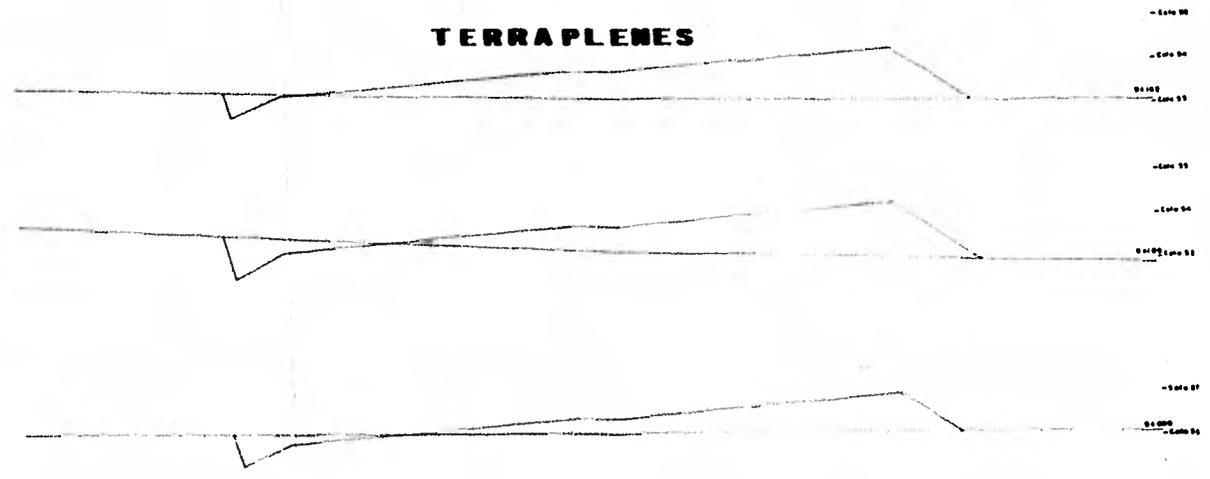


UN AM	FACULTAD DE	ALUMNO NOMBRE MATERIA FECHA
	INGENIERIA.	
CARRETERAS		

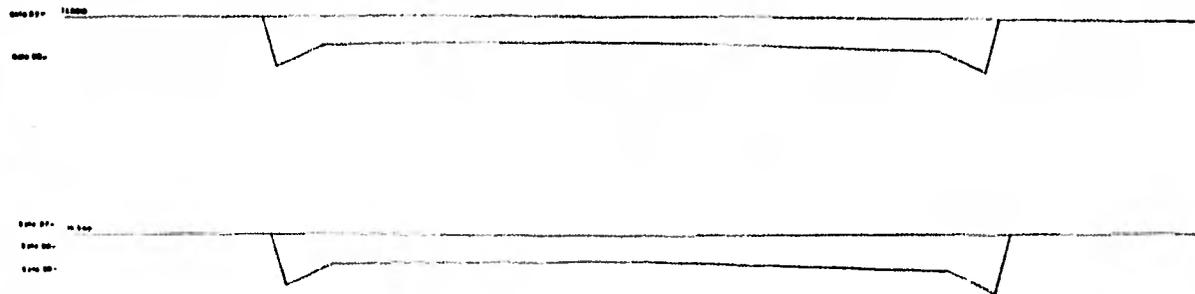
CORTES



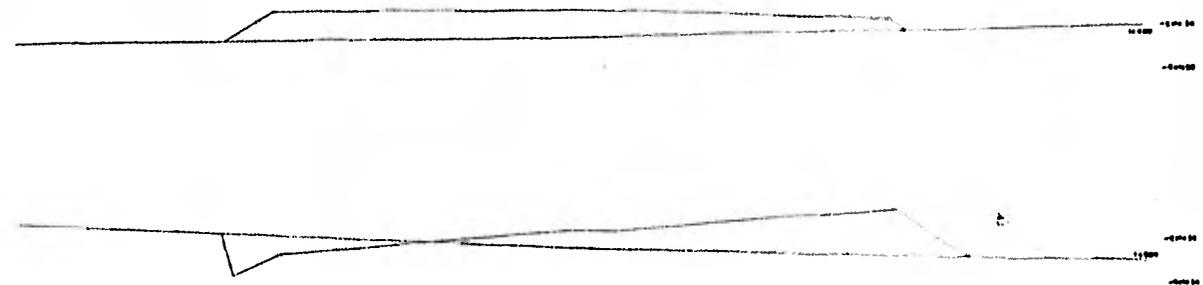
TERRAPLENES



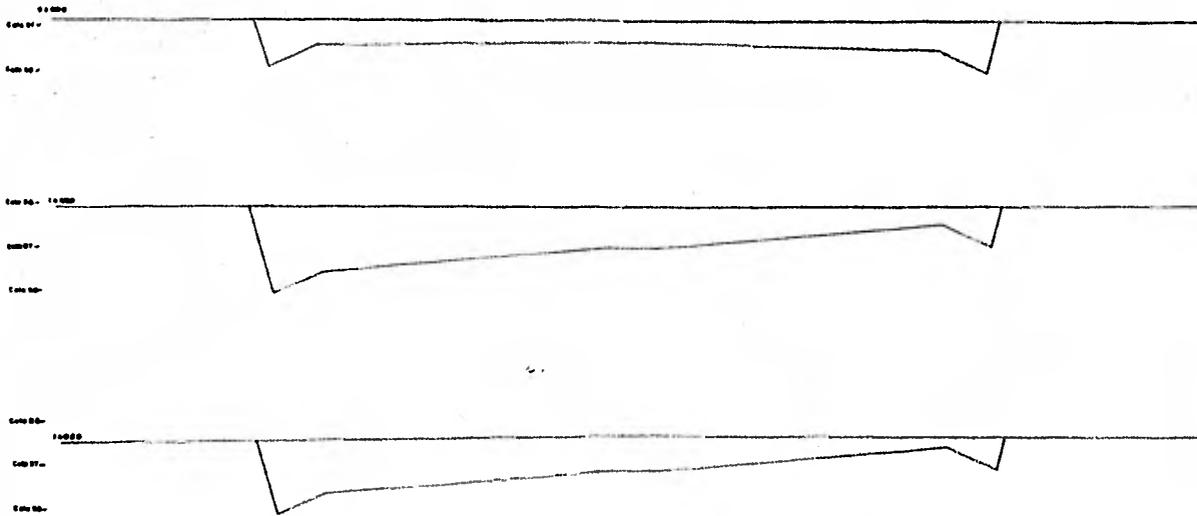
CORTES



TERRAPLENES



CORTES



TERRAPLENES

